



SECCIÓN ABIERTA MULTIDISCIPLINARIA

**Avances en Educación, Sostenibilidad  
y Tecnología**

**Advances in Education, Sustainability,  
and Technology**

Vol. 37, N° 2 (2025)

ISSN 0257 - 1749

e - ISSN 1390 - 3659

DOI 10.37815/rte



SECCIÓN ESPECIAL

**Innovación y Sostenibilidad Empresarial -  
I CICA FISE 2025**

**Business Innovation and Sustainability -  
1st CICA FISE 2025**



Guayaquil, Ecuador  
Vol. 37, Núm. 2 (2025)  
Diciembre, 15

DOI: 10.37815/rte.v37n2



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

## Autoridades Institucionales (Institutional Authorities)

### Rectora

Cecilia Alexandra Paredes Verduga, Ph.D.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

### Vicerrectora de Docencia

Paola Romero, Ph.D.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

### Vicerrectorado de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)

Carlos Teodoro Monsalve Arteaga, Ph.D.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

## Consejo de Editores (Editorial Board)

### Directora General Editorial (Editor in Chief)

Nayeth I. Solórzano Alcivar, Ph.D.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: nsolorza@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-5642-334X

### Directora Ejecutiva Editorial (Executive Director Co-Editor)

Katherine Anabelle Salvador Cisneros, Ph.D.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: ksalvado@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0003-0414-3597

### Editores Asociados (Associate Editors)

Fausto Enrique Jácome López, M.Sc.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: fjacome@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0001-6808-7294

Cristian Díaz Álvarez, Ph.D.  
 Universidad del Meta, Colombia  
 e-mail: cristian.diaz@unimeta.edu.co  
 ORCID: 0000-0002-4212-4947

Irma Abrigo Córdova, Ph.D.  
 Universidad Nacional de Loja, Ecuador  
 e-mail: irmabrigocordova2016@gmail.com  
 ORCID: 0000-0002-1537-6313

Miriam Maricela Checa Artos, Ph.D.  
 Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador  
 e-mail: mcheca@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-9606-7896

Patrick Taran, Prof.  
 Global Migration Policy Associates, GMPA,  
 Switzerland  
 e-mail: taran@globalmigrationpolicy.org  
 ORCID: 0000-0002-9442-5725

Santiago Berrezueta-Guzman, Ph.D.  
 Technical University of Munich - TUM, Germany  
 Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la  
 Investigación y la Academia - CEDIA, Ecuador  
 e-mail: santiago.berrezueta@cedia.org.ec  
 ORCID: 0000-0001-5559-2056

### Editores/as de Sección o Temático (Section Editors)

Alfredo José Núñez Unda, Ph.D.  
 University of Manitoba, Canada  
 e-mail: nuñeza@myumanitoba.ca  
 ORCID: 0000-0003-0913-5190

Begoña Mora Jaureguialde, Dra.  
 Universidad de Huelva, España  
 e-mail: bego.mora@dedu.uhu.es  
 ORCID: 0000-0002-1537-6313

Eduardo Jordan Pérez, Ph.D.  
 Griffith University, Australia  
 e-mail: e.jordanperez@griffith.edu.au  
 ORCID: 0000-0001-5299-8501

Fernando Sandoya Sánchez, Ph.D.  
 Universidad de Guayaquil, Ecuador  
 e-mail: fernando.sandoyas@ug.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-0011-4003

Hilda Flor Paéz, M.Sc.  
 EDUPROSER Cía. Ltda., Ecuador  
 e-mail: hflor@espol.edu.ec  
 ORCID: 0009-0002-7472-8494

Marcelo Rafael Báez Meza, Ph.D.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: mbaez@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-8563-6985

Marco Antonio González Escudero, Dr.  
 Universidad Central del Ecuador, Ecuador  
 e-mail: magonzalez@uce.edu.ec  
 ORCID: 0000-0003-4415-6579

Miguel Eduardo Yapur Aua, M.Sc.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: myapur@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0001-6627-7908

Ramón Espinel Martínez, Ph.D.  
Centro de investigaciones rurales, CIR  
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
e-mail: respinel@espol.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-4998-2063

Rosa Aurora Espinoza Toalombo, Ph.D.  
Universidad Estatal de Milagro, Ecuador  
e-mail: respinozat@unemi.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-6527-1870

Silvana del Pilar Gamboa Benitez, Ph.D.  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
e-mail: silvana.gamboa@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-5951-1970

Sylvia Novillo Villegas, Ph.D.  
Universidad de las Américas, Ecuador  
e-mail: sylvia.novillo@udla.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-7659-6846

Wellington Enrique Wonsang Ureta, BS.c.  
San Diego State University Associates in  
Business Accounting, Estados Unidos  
e-mail: wonsangwellington@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-3936-9705

#### **Editores/as de Copia - Español (Copy Editors - Spanish)**

Andrea Victoria Carranza García, M.Sc.  
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
e-mail: avcarran@espol.edu.ec  
ORCID: 0000-0003-1762-4525

Diana Llamel Rodríguez Arteaga, M.Sc.  
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
e-mail: dirodrig@espol.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-3715-181X

#### **Editores/as de Copia - Inglés (Copy Editors - English)**

Lidia Govea de Bustamante, Ph.D.  
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
e-mail: bgovea@espol.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-6770-1261

Maite Velez Chamaidan, Lic.  
Massachusetts Bay Community College,  
United States  
e-mail: m\_velez3@massbay.edu  
ORCID: 0009-0008-8633-818X

### **Consejo Científico (Advisory Board)**

Carlos Teodoro Monsalve Arteaga, Ph.D.  
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
e-mail: monsalve@espol.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-9428-4360

Boris Xavier Vintimilla Burgos, Ph.D.  
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
e-mail: bvintim@fiec.espol.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-8904-0209

Carlos Alberto Ramos Galarza, Ph.D.  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
e-mail: ps\_carlosramos@hotmail.com  
ORCID: 0000-0001-5614-1994

Diana Carolina Coello Fiallos, Ph.D.  
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador  
e-mail: dc.coello@uta.edu.ec  
ORCID: 0000-0003-3628-5004

Diego Fernando Avila Pesantez, Ph.D.  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,  
Ecuador  
e-mail: davila@esepoch.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-8394-5621

Elena María Fernández González, Ph.D.  
Universidad de Oviedo, España  
e-mail: fernandezelena@uniovi.es  
ORCID: 0000-0002-5683-0674

Elva Patricia Reyes Díaz, Ph.D.  
Universidad Autónoma de Coahuila, México  
e-mail: elva.reyes@uadec.edu.mx  
ORCID: 0000-0002-8854-0946

Ignacio Bladimir Cerón Guerra, Ph.D.  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
e-mail: ignacio.ceron@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-6373-9772

Isidro Fierro Ulloa, Ph.D.  
Universidad de Especialidades Espíritu Santo,  
Ecuador  
e-mail: isfierro@uees.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-9000-6945

José Enrique Martínez-Pérez, Ph.D.  
Instituto Universitario de Tecnología del Estado  
Bolívar, Venezuela  
e-mail: josenriquemartinez@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-3611-639

Jorge Antonio Córdova Morán, Ph.D.  
Universidad Estatal de Milagro, Ecuador  
e-mail: joranto205@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-2730-4755

Juan José Oliveira Maurera, Ph.D.  
Universidad de Oriente, Venezuela  
e-mail: juanjoseoli@hotmail.com  
ORCID: 0000-0002-8474-5872



Juan Humberto Avellaneda Cevallos, Ph.D.  
 Universidad Técnica Estatal de Quevedo,  
 Ecuador  
 e-mail: juan\_avellaneda@yahoo.com  
 ORCID: 0000-0002-1805-4803

Luke Houghton, Ph.D.  
 Griffith University, Australia  
 e-mail: l.houghton@griffith.edu.au  
 ORCID: 0000-0002-7461-6591

Manuel Raúl Peláez Samaniego, Ph.D.  
 Universidad de Cuenca, Ecuador  
 e-mail: manuel.pelaez@ucuenca.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-7618-9474

María Del Pilar Cornejo Rodríguez, Ph.D.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: pcornejo@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0003-4198-2904

María Genoveva Espinoza-Santeli, Ph.D.  
 Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador  
 e-mail: genoveva.espinoza@uasb.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-2347-9507

Olga Kadyshcheva, Ph.D.  
 Global Migration Policy Associates, Switzerland  
 e-mail: okadyshcheva@globalmigrationpolicy.org  
 ORCID: 0000-0002-4810-8964

Patricia A. Boeri, Ph.D.  
 Universidad Nacional de Río Negro, Argentina  
 e-mail: pboeri@unrn.edu.ar  
 ORCID: 0000-0003-3262-8030

Paúl Cesar Carrión Mero, Ph.D.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: pcarrion@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-9747-7547

Raquel Miroslava Tinoco Egas, Ph.D.  
 Universidad Técnica de Machala, Ecuador  
 e-mail: raqueltinocoegas@hotmail.com  
 ORCID: 0000-0001-5979-8123

Stanislaus Albert-Georg Sonnenholzner, Ph.D.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: ssonnen@cenaim.espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-5723-3994

## Consejo Internacional de Revisores del Volumen (International Reviewers Board)

Alicia Cristina Guerrero Montenegro, M.Sc.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: aguerrer@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-0428-8086

Ana Cristina Garcia-Luna Romero, Ph.D. Univer-  
 sidad de Monterrey, México  
 e-mail: anacristina.garcialuna@gmail.com  
 ORCID: 0000-0001-8176-9660

Byron Antonio Bravo Granda, Ing.  
 Instituto de Investigación Geológico y  
 Energético, Ecuador  
 e-mail: thegeologist7@gmail.com  
 ORCID: 0000-0002-7446-5762

Carola Maria Gordillo Vera, M.Sc.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: cgordill@espol.edu.ec  
 ORCID: 0009-0000-4702-3427

Cathy Pamela Guevara Vega, Msc.  
 Universidad Técnica del Norte, Ecuador  
 e-mail: cguevara@utn.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-2470-8287

Cindy Elizabeth Bolaños Mendoza, Ing.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: cebolano@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0001-5112-1505

Daniel Orlando Icaza Alvarez, M.Sc.  
 Universidad Católica de Cuenca, Ecuador  
 e-mail: dicazaa@ucacue.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-9989-6809

Diana Sofia Coello Montoya, Ph.D.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: scoello@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0001-6857-6346

Edalid Álvarez Velázquez, Ph.D.  
 Universidad Veracruzana, México.  
 e-mail: edalvarez@uv.mx  
 ORCID: 0000-0002-0251-0376

Eduardo Efraín Montero Carpio, M.Sc.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: emontero@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-9684-400X

Edwin Guamán-Quinche, M.Sc.  
 Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí,  
 Ecuador  
 e-mail: rene525456@yahoo.es  
 ORCID: 0000-0003-3811-2668

Elvis Coromoto Aponte Valladares, Ph.D.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
 e-mail: ecaponte@espol.edu.ec  
 ORCID: 0000-0002-5745-3233

Enrique Javier García Valdez, M.Sc.  
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
e-mail: ejgarcia@espol.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-7252-9622

Eulalia Elizabeth Salas Tenesaca, Ph.D.  
Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.  
e-mail: eesalas@utpl.edu.ec  
ORCID: 0000-0003-3270-542X

JC Gutiérrez-Villegas, M.Sc.  
Universidad de Guadalajara, México  
e-mail: villegasjc9@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-4528-3177

Jorge Luis López Lapo, Ph.D.(c)  
Universidad de Salamanca, España.  
e-mail: jorge.lopez@usal.es  
ORCID: 0000-0003-0341-9723

José Manuel Baqueiro López, Ph.D.  
Universidad Autónoma del Carmen, México.  
e-mail: jbaqueiro@pampano.unacar.mx  
ORCID: 0000-0001-6798-9739

Julio Barzola-Monteses, Ph.D.  
Universidad de Guayaquil, Ecuador  
e-mail: julio.barzola@ug.edu.ec  
ORCID: 0000-0003-2732-979X

Leonardo Mario Estrada Aguilar, Ph.D.  
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
e-mail: mestrada@espol.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-0015-534X

Limberth Agael Peraza Pérez, Ph.D.  
Universidad Autónoma del Carmen, México.  
e-mail: limberthperazaperez@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-7379-3035

Lisbeth Deyanira Pérez Martínez, Ph.D.  
Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Ecuador  
e-mail: ldperez@uees.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-9451-2960

Luis Angel Velastegui-Martínez, M.Sc.  
Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile  
e-mail: luisangel\_velastegui@hotmail.com  
ORCID: 0000-0001-6671-4194

Luis Lenin Galarza Romero, Ph.D.  
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
e-mail: llgalarz@espol.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-2870-4080

Manuel Nevárez Toledo, Mgt.  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Sede Esmeraldas, Ecuador  
e-mail: manuel.nevarez@puces.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-5628-3351

Marco Padilla Sánchez, Ph.D.(c)  
Universidad Santo Tomás, Chile.  
e-mail: mpadillas@santotomas.cl  
ORCID: 0009-0003-5650-7863

María Fernanda Rosales, Ph.D.  
Universidad del Azuay, Ecuador  
e-mail: mrosales@uazuay.edu.ec  
ORCID: 0000-0003-0403-223X

María Genoveva Espinoza-Santeli, Ph.D.  
Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador  
e-mail: genoveva.espinoza@uasb.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-2347-9507

Mercedes Marcela Pincay Pilay, M.Sc.  
Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador  
e-mail: marcela.pincay@unesum.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-9730-5481

Miguel Angel Enríquez Estrella, M.Sc.  
Universidad Estatal Amazónica, Ecuador  
e-mail: miguicho1983@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-8937-9664

Nancy Verónica Sánchez Sulu, Ph.D.  
Universidad Autónoma del Carmen, México.  
e-mail: nancy.sulu@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-2149-1374

Perla Gabriela Baqueiro López, Ph.D.  
Universidad Autónoma del Carmen, México.  
e-mail: perlabaqueiro@gmail.com  
ORCID: 0009-0003-5650-7863

Rober Alonso Carrión, Mgs.  
Universidad Nacional de Loja, Ecuador  
e-mail: racarrionc@unl.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-0428-7104

Roberto Carlos Burbano Villavicencio, MSc.  
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
e-mail: rburbano@espol.edu.ec  
ORCID: 0000-0003-3389-7814

Sara Alexandra Wong, Ph.D.  
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador  
e-mail: sawong@espol.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-7565-1543

Tania Beatriz Casanova Santini, Mtra Universidad Veracruzana, México.  
e-mail: taniabcs@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-7705-730X

Ximena Katherine Peralta Vallejo, Ph.D.  
Universidad de Cuenca, Ecuador.  
e-mail: ximena.peraltav@ucuenca.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-7578-663X

Yamil Edinson Lambert Sarango, M.Sc.  
 Universidad Católica Santiago de Guayaquil,  
 Ecuador  
 e-mail: yamil.lambert@uartes.edu.ec  
 ORCID: 0000-0003-3538-0966

## Gestión de Comunicación, Publicación y Técnica

**Difusión y Comunicación**  
**Gerencia de Comunicación Social y Asuntos**  
**Públicos, ESPOL**  
 José Arturo Maldonado Moncayo, Ing.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

**Community Manager**  
 José Luis Castro Zambrano, M.Sc.  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

### Traducciones en idioma extranjero

#### English

Joyce Nan, BA.  
 Griffith University, Australia

### Portada, Diseño y Diagramación

Raúl Isaac Ruiz Navarrete  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Rosa Angelica Cortaza Borja  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Kleber José Avelino Mosquera  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

### Informática

Contacto Soporte Técnico  
 Kleber José Avelino Mosquera  
 rte@espol.edu.ec

## Indexadores



## Directorios



## Identificadores



## Sobre la revista

**Misión:** Promover y difundir investigación multidisciplinaria, científica y tecnológica de calidad, impulsando el avance del conocimiento y el desarrollo de la sociedad de manera significativa.

La **Revista Tecnológica Espol - RTE®** es publicada de manera digital y de acceso abierto en su plataforma [rte.espol.edu.ec](http://rte.espol.edu.ec). Se encuentra registrada en varios indexadores y directorios de bases de datos y cuenta con un proceso de evaluación continua de nuevas formas de indexación que permiten dar mayor visibilidad a los artículos publicados y a sus autores.

La **Revista Tecnológica Espol - RTE®** presenta llamadas programadas para envío de artículos (Call for papers) en idiomas español o inglés, garantizando la publicación periódica de dos volúmenes al año (junio y diciembre). Adicionalmente, se pueden producir volúmenes especiales sobre una temática específica (como un Monográfico o Dossier), o Ediciones Especiales relacionadas a un evento científico o tecnológico (por ejemplo: congresos o simposios). En el caso de volúmenes especiales internacionales se puede publicar artículos en otros idiomas en acuerdo con la experticia del o los editores invitados siempre y cuando el título y resumen sean incluidos también en español e inglés.

En caso de artículos presentados por más de un autor, siguiendo los criterios de autoría bajo la taxonomía CRediT (<https://credit.niso.org/>), RTE expresa que la falta de declaración de las contribuciones individuales implica una participación equitativa de todos los autores.

## About

**Mission:** To promote and disseminate high-quality multidisciplinary, scientific, and technological research, driving the advancement of knowledge and the development of society in a meaningful way.

The **Revista Tecnológica Espol - RTE®** is published digitally and in open access on its platform [rte.espol.edu.ec](http://rte.espol.edu.ec). It is registered in several indexes and database directories and has a continuous evaluation process of new forms of indexing that allow greater visibility for published articles and their authors.

The **Revista Tecnológica Espol - RTE®** presents scheduled calls for article submissions (Call for papers) in Spanish or English languages, guaranteeing the publication of two volumes per year (in June and December). In addition, special volumes-issues are produced on a specific topic (such as a Monograph or Dossier) related to scientific events (ie. Congresses or symposiums). In the case of international special issues, articles in other languages can be published in agreement with the Guest editors if the title and abstract are also included in Spanish and English.

For articles submitted by more than one author, following the authorship criteria under the CRediT taxonomy (<https://credit.niso.org/>), RTE expresses that no declaration of individual contributions implies equal participation of all authors.

## Editorial (Español)

La **Revista Tecnológica Espol - RTE®** presenta con satisfacción el volumen 37, Núm. 2, que incluye dos secciones: la sección regular abierta *Avances en Educación, Sostenibilidad y Tecnología* y la sección especial *Innovación y Sostenibilidad Empresarial – I CICA FISE 2025*. Este volumen refleja el compromiso de la revista con la difusión de investigación científica rigurosa y multidisciplinaria.

La sección regular multidisciplinaria evidencia la convergencia de la educación, la ingeniería, las ciencias aplicadas y la innovación tecnológica como ejes fundamentales para el desarrollo sostenible, e integra diez artículos organizados en tres secciones temáticas.

**Educación, Competencias y Tecnologías Emergentes** se centra en el análisis de los procesos de enseñanza-aprendizaje, con especial atención a las competencias docentes, las metodologías didácticas y el uso de tecnologías digitales. Los estudios que la conforman abordan la incorporación de herramientas tecnológicas y el análisis de factores que inciden en la formación académica y profesional, destacando la necesidad de fortalecer la innovación educativa para responder a las demandas de una sociedad cada vez más digitalizada. Los trabajos presentan una perspectiva internacional, con investigaciones desarrolladas en Costa Rica, Ecuador y Colombia, y abarcan diversos niveles y contextos educativos, desde la educación básica y superior hasta la formación especializada en escuelas policiales.

**Ingeniería, Energía y Sostenibilidad** agrupa investigaciones orientadas a la optimización de recursos, la mejora de infraestructuras y el fortalecimiento de sistemas productivos y energéticos. Los artículos abordan desafíos relacionados con la eficiencia energética, el desempeño de materiales e infraestructuras, la productividad agrícola y el control de factores ambientales. En conjunto, estos estudios refuerzan la importancia de la ingeniería aplicada como una herramienta clave para enfrentar retos energéticos, productivos y ambientales de alcance local y regional.

**Innovación Tecnológica y Sistemas Avanzados** reúne investigaciones enfocadas en el desarrollo e implementación de soluciones tecnológicas aplicadas a sistemas complejos. Los trabajos incluidos destacan la innovación como motor para la optimización de procesos, la mejora de servicios y la transformación organizacional, evidenciando el papel estratégico de la tecnología en distintos ámbitos del desarrollo económico y social.

De manera complementaria, la Sección Especial **Innovación y Sostenibilidad Empresarial – I CICA FISE 2025**, realizada en colaboración con la Universidad Nacional de Loja, recopila contribuciones destacadas del Primer Congreso Internacional de Investigación en Contabilidad, Auditoría y Finanzas: Innovación y Sostenibilidad Empresarial (I CICA FISE 2025), celebrado de forma virtual del 21 al 25 de abril de 2025. Este evento constituyó un espacio relevante de divulgación académica y científica, al reunir investigaciones evaluadas en las áreas de contabilidad, tributación, auditoría, finanzas, innovación y sostenibilidad empresarial, y al contar con una amplia participación de ponentes y conferencistas proveniente de doce países: Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Francia, Guatemala, México, Panamá, Paraguay y Perú. Además, participaron revisores internacionales de alto nivel.

En un contexto global marcado por rápidas transformaciones tecnológicas, educativas, productivas y ambientales, este volumen reúne contribuciones con enfoques aplicados, analíticos y metodológicamente sólidos que ofrecen una visión integrada desde distintas disciplinas, orientada a la generación de conocimiento relevante para el desarrollo sostenible, la mejora de los procesos educativos y la aplicación efectiva de la innovación tecnológica, fortaleciendo el intercambio académico a nivel nacional e internacional.

**Nayeth Solórzano Alcívar, PhD.**  
Directora General Editorial  
Revista Tecnológica ESPOL – RTE

**Katherine Salvador Cisneros, PhD.**  
Directora Ejecutiva Editorial  
Revista Tecnológica ESPOL – RTE

**Irma Abrigo Córdova, PhD.**  
Editora Asociada  
Revista Tecnológica ESPOL – RTE  
Universidad Nacional de Loja

## Editorial (English)

**Revista Tecnológica Espol - RTE®** is pleased to present volume 37, No. 2, which includes two sections: the regular open section *Advances in Education, Sustainability, and Technology* and the special section *Business Innovation and Sustainability – I CICAISE 2025*. This volume reflects the journal's commitment to disseminating rigorous and multidisciplinary scientific research.

The open multidisciplinary section highlights the convergence of education, engineering, applied sciences, and technological innovation as fundamental pillars for sustainable development, and includes ten articles organized into three thematic subsections.

**Education, Competencies, and Emerging Technologies** focuses on the analysis of teaching and learning processes, with special attention to teaching skills, teaching methodologies, and the use of digital technologies. The studies examine the integration of technological tools and the evaluation of factors that influence academic and professional training, emphasizing the need to enhance educational innovation in response to the demands of an increasingly digitalized society. The papers present an international perspective, with research conducted in Costa Rica, Ecuador, and Colombia, and cover diverse educational levels and contexts, ranging from basic and higher education to specialized training in police academies.

**Engineering, Energy, and Sustainability** brings together research aimed at optimizing resources, improving infrastructure, and strengthening production and energy systems. The articles address challenges related to energy efficiency, the performance of materials and infrastructure, agricultural productivity, and the control of environmental factors. Altogether, these studies reinforce the importance of applied engineering as a key tool for addressing local and regional energy, production, and environmental challenges.

**Technological Innovation and Advanced Systems** comprises research focused on the development and implementation of technological solutions applied to complex systems. The works highlight innovation as a driver for process optimization, service improvement, and organizational transformation, demonstrating the strategic role of technology in different areas of economic and social development. Complementarily, the Special Section on Business Innovation and Sustainability – I CICAISE 2025, produced in collaboration with the Universidad Nacional de Loja, compiles outstanding contributions from the First International Congress on Accounting, Auditing, and Finance Research: Business Innovation and Sustainability (I CICAISE 2025), held virtually from April 21 to 25, 2025. This event was an important forum for academic and scientific dissemination, bringing together evaluated research in the areas of accounting, taxation, auditing, finance, innovation, and business sustainability, with broad participation of speakers and lecturers from twelve countries: Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, France, Guatemala, Mexico, Panama, Paraguay, and Peru. In addition, a high-level international scientific committee participated as reviewers of the submitted articles.

In a global context marked by rapid technological, educational, productive, and environmental transformations, this volume reunites contributions with applied, analytical, and methodologically sound approaches that offer an integrated vision from different disciplines, aimed at generating knowledge relevant to sustainable development, improving educational processes, and effectively applying technological innovation, thereby strengthening academic exchange at the national and international levels.

**Nayeth Solórzano Alcívar, PhD.**  
Editor in Chief  
Revista Tecnológica ESPOL – RTE

**Katherine Salvador Cisneros, PhD.**  
Executive Director Co-Editor  
Revista Tecnológica ESPOL – RTE

**Irma Abrigo Córdova, PhD.**  
Associate Editor  
Revista Tecnológica ESPOL – RTE  
Universidad Nacional de Loja



## Sección Abierta Multidisciplinaria: Avances en Educación, Sostenibilidad, y Tecnología / Multidisciplinary Open Section: Advances in Education, Sustainability, and Technology

### Educación, Competencias y Tecnologías Emergentes / Education, Competencies, and Emerging Technologies

- 14 *Piloting, Validation, and Definition of a Self-Perception Instrument for University Teachers' Digital Competencies in English Language Teaching in Costa Rica / Pilotaje, Validación y Definición de un Instrumento de Autopercepción para las Competencias Digitales de Docentes Universitarios en la Enseñanza del Idioma Inglés en Costa Rica*
- 36 *Factorización paso a paso: Secuencia didáctica con Symbolab en Décimo Año de EGB / Step-by-Step Factorization: Didactic Sequence with Symbolab in Tenth Grade of EGB*
- 49 *Herramientas tecnológicas para la realidad inmersiva en el ámbito de la educación / Technological Tools for Immersive Reality in the Field of Education*
- 66 *Factores que inciden en la enseñanza-aprendizaje de las escuelas de policía en Colombia / Factors that influence teaching and learning in Police Schools in Colombia*

### Ingeniería, Energía y Sostenibilidad / Engineering, Energy, and Sustainability

- 87 *Reducción de la Demanda Energética de un Edificio Comercial Mediante la Selección Óptima del Aislamiento Térmico / Reduction of the Energy Demand of a Commercial Building through the Optimal Selection of Thermal Insulation*
- 100 *Análisis del desgaste de pavimentos flexibles en caliente, por envejecimiento: Propuesta de una metodología para una inspección visual / Analysis of the wear of hot flexible pavements due to aging: Proposal of a methodology for a visual inspection*
- 113 *Maximización de la producción agrícola y del beneficio económico: Aplicación simplificada del modelo cuadrático / Maximizing agricultural production and economic profit: Simplified application of the quadratic model*
- 132 *Evaluación in vitro de fungicidas químicos para el control de *Moniliophthora roreri* agente causal de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao* L.) / In vitro evaluation of chemical fungicides for the control of *Moniliophthora roreri*, the causal agent of cacao frosty pod rot (*Theobroma cacao* L.)*

### Innovación Tecnológica y Sistemas Avanzados / Technological Innovation and Advanced Systems

- 145 *Effective Strategies for Mitigating Voltage and Frequency Fluctuations in Isolated Microgrids: A Literature Review / Estrategias efectivas para mitigar fluctuaciones de tensión y frecuencia en microrredes aisladas: Una revisión de literatura*
- 170 *Desarrollo e implementación de un sistema web y móvil para optimizar los procesos de formación e inserción laboral en la Fundación FUNDET / Development and Implementation of a Web and Mobile System to Optimize Training and Job Placement Processes at the FUNDET Foundation*

## Índice / Index

---

### **Sección Especial: Innovación y Sostenibilidad Empresarial - I CICA FISE 2025 / Special Section: Business Innovation and Sustainability – 1st CICA FISE 2025**

- 192 *Gestión de la Evaluación Presupuestaria al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquiales de la Provincia de Loja / Management of the Budget Evaluation of the Decentralized Autonomous Government of the Parishes of the Province of Loja*
- 206 *Estudio de Caso: Fortalecimiento de Emprendimientos Productivos para la Inclusión Económica en la Frontera Sur / Case Study: Strengthening Productive Enterprises for Economic Inclusion in the Southern Border Region*
- 224 *Incidencia de la Recaudación Fiscal en el Presupuesto General del Estado ecuatoriano, período 2013-2023 / Incidence of tax collection in the Ecuadorian General State Budget, period 2013-2023*
- 243 *Impacto económico de la pandemia COVID-19 en las empresas de la construcción: un análisis bajo la Teoría del Rinoceronte Gris / Economic impact of the COVID-19 pandemic on construction companies: an analysis based on the Gray Rhino Theory*
- 259 *Los impuestos y su incidencia en los emprendimientos artesanales. Caso de estudio sector artesanal del cantón Loja / Taxes and their impact on handicraft enterprises. Case study of the handicraft sector in the Loja canton*
- 274 *Auditoría a los procesos de contratación de las entidades públicas de la provincia de Loja / Audit of the contracting processes of public entities in the province of Loja*
- 285 *La adopción de la Inteligencia Artificial en procesos de auditoría externa: barreras, desafíos y oportunidades / The adoption of Artificial Intelligence in external audit processes: barriers, challenges and opportunities*
- 300 *La planificación tributaria en la toma de decisiones para las empresas constructoras / The Tax Planning in Decision-Making for Construction Companies*

**Educación,  
Competencias y  
Tecnologías Emergentes**

**/  
Education,  
Competencies, and  
Emerging Technologies**



**RTE**

## **Piloting, Validation, and Definition of a Self-Perception Instrument for University Teachers' Digital Competencies in English Language Teaching in Costa Rica**

## **Pilotaje, Validación y Definición de un Instrumento de Autopercepción para las Competencias Digitales de Docentes Universitarios en la Enseñanza del Idioma Inglés en Costa Rica**

Mario Esteban Alpizar Rodríguez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0254-5680>

<sup>1</sup>Universidad Americana, San José, Costa Rica  
[mario.alpizar1@uamcr.net](mailto:mario.alpizar1@uamcr.net)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Sent: 2025/04/14  
Accepted: 2025/07/18  
Published: 2025/12/15

### **Abstract**

This study aimed to develop, validate, and define a self-perception instrument to assess the digital competencies of university teachers in English language teaching in Costa Rica. Based on previous research and theoretical frameworks on digital competencies, a questionnaire was constructed, focusing on key dimensions such as digital literacy, ICT integration in teaching, and teacher appropriation and commitment. The methodology employed a quantitative approach with a correlational and cross-sectional design, utilizing statistical techniques, including Confirmatory Factor Analysis (CFA), Classical Test Theory (CTT) and Item Response Theory (IRT), to evaluate the instrument's validity, reliability and objectivity. The results enabled informed decision-making and the definition of the most appropriate instrument for application to university English language teachers at the national level.

**Keywords:** Digital competencies, teacher competencies, didactic resource use, technological competencies, Information and Communication Technologies.

**Summary:** Introduction, Methodology, Results and Discussion, Conclusions and recommendations.

**How to cite:** Alpizar, M. (2025). Piloting, Validation, and Definition of a Self-Perception Instrument for University Teachers' Digital Competencies in English Language Teaching in Costa Rica. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 14-35. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1310>

### Resumen

Este estudio tuvo como objetivo desarrollar, validar y definir un instrumento de autopercepción para evaluar las competencias digitales de los docentes universitarios en la enseñanza del idioma inglés en Costa Rica. Basado en investigaciones previas, modelos y marcos teóricos sobre competencias digitales, se diseñó y construyó un cuestionario enfocado en dimensiones y subdimensiones claves como la alfabetización digital, la integración de las TIC en la enseñanza y la apropiación y el compromiso docente. La metodología siguió un enfoque cuantitativo con un diseño correlacional y transversal, utilizando técnicas estadísticas como el Análisis Factorial Confirmatorio (AFC), la Teoría Clásica del Test (TCT) y la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI), para evaluar la validez, confiabilidad y objetividad del instrumento. Los resultados permitieron una toma de decisiones fiables e informadas y la definición del instrumento más adecuado, así como sus dimensiones y competencias digital, para su aplicación a docentes universitarios de inglés a nivel nacional.

**Palabras clave:** Competencias digitales, competencias docentes, uso de recursos didácticos, competencias tecnológicas, Tecnologías de la Información y la Comunicación.

### Introduction

This article presents the development, validation, and definition of a self-perception instrument tailored to assess the digital competencies of university-level English language teachers in Costa Rica. It is built upon two previous works by the author: a systematic review of instruments in this field (Alpizar, 2024b) and a postgraduate thesis on the relationship between digital competencies and the didactic use of ICT in English teaching (Alpizar, 2024a).

Within the vast diversity of models, frameworks, and profiles on teachers' digital competencies, existing references provide general guidelines for digital teaching competencies but lack a contextual focus on English language teaching and the practical integration of ICT. Thus, this research aims to generate a more context-specific tool that reflects both self-perceived proficiency and the pedagogical application of ICT by English language teachers.

In this article the following acronyms are employed:

**Table 1**

#### *Glossary of Technical Acronyms*

Acronym	Meaning
CFI	Comparative Fit Index
TLI	Tucker-Lewis Index
CFA	Confirmatory Factor Analysis
IRT	Item Response Theory
CTT	Classical Test Theory
ICT	Information and Communication Technologies

*Source:* Own elaboration

The following matrix facilitated the creation of a suitable self-perception instrument for measuring teachers' digital competencies, considering the existing theories surrounding the research topic:

**Table 2***Dimensions and Teacher Digital Competencies*

Dimension	Sub-Dimension	Digital Competencies
Digital Literacy	Information Literacy	Navigation, search, and filtering of information, data, and digital content (using different software and browsers to access websites)
		Management, evaluation, storage, and retrieval of data
		Use of electronic journals
		Creation, editing, use, and administration of websites
		Creation, use, and administration of blogs
		Use of specialized databases, libraries, and repositories
	Communication and Collaboration	Promotion of communication and interaction skills and strategies with the community through ICT
		Exchange of data and information with other users
		Promotion of online citizen participation
		Promotion of collaboration through official channels
		Promotion of netiquette, language used in networks, behavior, and respect towards other users
		Management of digital identity and profile
		Use of instant messaging and video calling through applications (Messenger, built-in messaging service in social networks, messaging on platforms such as Moodle or Blackboard, among others)
		Use of email
		Use and administration of spaces, groups, and posts on social networks
		Use of learning management platforms (Moodle, Blackboard, Schoology, Google Classroom, among others)
		Use of text messages
		Use, administration, and moderation of users and content in online forums
		Creation, editing, use, and administration of wikis
	Creation and Manipulation of Digital Content	Promotion of respect for authorship rights, licenses, and programming
		Use of editing, creation, and manipulation functions of files through word processors (doc, docx, txt, pdf, cbr, among others)
		Creation, conversion, and editing of images (PNG, JPEG, BMP, GIF, PSD, TIFF, among others)
		Use of presentation functions (PPT, Canva, Prezi, among others)
		Use and management of information sets and databases
		Use of editing, creation, and manipulation functions of spreadsheets



Dimension	Sub-Dimension	Digital Competencies
		Creation, recording, conversion, and editing of audio files (MP3, WAV, among others)
		Creation, recording, conversion, and editing of video files (mp4, avi, flash, open source)
	Technological Devices	Use, administration, installation, and updating of laptops and PCs
		Use, administration, installation, and updating of tablets
		Use, administration, installation, and updating of smartphones
		Use and manipulation of local storage devices (USB, CD, DVD, external memory, among others)
		Use and manipulation of global storage media (iCloud, Drive, Dropbox)
		Basic technical knowledge management by the teacher regarding networks, connections, software, and hardware, among others, that do not require immediate intervention from a technical support department.
Security	User Security	Ensuring cybersecurity for users in spaces used for activity development, which should not compromise personal information or family data of teachers and students.
		Health and well-being when using ICT (having suitable space, accessories, a chair, desk, and other supplies for their tasks)
		Digital citizenship and responsibility.
		Web information publication (passwords and geolocation).
	Institutional Data Security	Access to and integrity of suitable equipment and information (valid author licenses and open-source software)
		Ethical and legal use of ICT
		Access to and verification of the intra-institutional network and the internet
		Ensuring the protection and security of institutional data
Integration of ICT in Teaching	Curricular Scope	Integration of ICT use in the curriculum
		Planning, development, monitoring, and evaluation of ICT use in teaching processes
		Use of didactic materials and ICT resources
		Recognition, understanding, and expression of emotions through the use of ICT
	Pedagogical Scope	Design of educational scenarios supported by ICT
		Assessment of student training in the use of ICT
		Creating a climate of motivation, empathy, and learning through the use of ICT
	Didactic Scope	Application of activities based on previous experiences related to the use of ICT

Dimension	Sub-Dimension	Digital Competencies
		Evaluation and feedback on the effectiveness of ICT-mediated educational scenarios
		Provision and definition of ICT environment, resources, and activities
		Designing activities, learning situations, and assessments that integrate the use of ICT
	Organizational Scope	Identification and definition of the most appropriate use of ICT
		Ensuring equitable access to the use of ICT
		Guiding students in the learning process based on individual needs and interests
Appropriation and Teacher Commitment		Identification of technological needs (equipment, ICT knowledge, connectivity, among others)
		Implementation of aspects of innovation and creativity
		Self-reflection on the use of ICT
		Teacher commitment to continuous practice and training in the didactic use of ICT
		Knowledge of policies on the use of ICT at institutional, local, national, regional, and international levels by different competent entities

*Source:* Alpizar, M. (2024b)

For this research, the security dimension was not considered, as some of its competencies were deemed to be covered within the Digital Literacy dimension, while others fall under the responsibilities of institutional departments (e.g., Occupational Health and Information Technologies) or relate to the technological infrastructure of each institution.

### Research Problem

Considering the previously outlined and analyzed context, the research problem that guided this study was:

- To address the process of pilot testing, validation, and definition of an appropriate instrument to measure the self-perception of digital competencies in university teachers of English language teaching in Costa Rica.

### General Objective

- To explain the process of piloting, validation, and definition of an appropriate instrument to measure the self-perception of digital competencies in university teachers of English language teaching in Costa Rica.

### Specific Objectives

- To understand the process of piloting, validation, and definition of an appropriate instrument to measure the self-perception of digital competencies in university teachers of English language teaching in Costa Rica.
- To analyze the results of the pilot test and make the necessary adjustments to the instrument to improve its validity and reliability.

- To define the final version of the self-perception measurement instrument for teachers' digital competencies, considering the results of the pilot test and validation process.

To thoroughly document the design, pilot test, and validation process of the instrument to establish guidelines for its future application and continuous improvement.

### **Methodology**

The study employed a quantitative approach within the positivist paradigm, based on careful observation and the measurement of objective reality. This approach enabled the testing of theories through the analysis of relationships between variables, as was the case in this research.

According to Creswell (2013), variables can be measured using instruments, enabling the collection of quantified data for analysis through statistical procedures. This approach is applied in the present study to quantify the relationship between teachers' digital competencies and their didactic use of ICT.

As noticed by Best and Kahn (2006), (2013), Delgado (2014), Hernández et al. (2014), and Hernández and Mendoza (2018), correlational research seeks to identify the relationship or degree of association between two or more concepts, categories, or variables within a given sample or context.

In this case, the expectation was that if Variable A (teachers' digital competencies) is systematically associated with Variable B (the didactic use of ICT), then predicting future phenomena may be possible, and the results may suggest additional hypotheses for testing.

Thus, the research hypothesis was formulated as follows:

- The greater the number of digital competencies a teacher possesses, the higher their didactic use of ICT. Conversely, the fewer digital competencies a teacher has, the lower their didactic use of ICT.

### **Scope of the Study**

According to Delgado (2014), Hernández et al. (2014), and Hernández and Mendoza (2018), if two variables are correlated and the magnitude of their association is known, this provides a foundation for predicting, with varying degrees of accuracy, the approximate value of one variable based on the known value of the other.

This study followed a non-experimental, cross-sectional approach, meaning no variables were deliberately manipulated. As stated, non-experimental studies do not intentionally modify independent variables to observe their effects on others because the phenomena have already occurred, are occurring, or will continue to occur. This aligns with the perspectives of Kerlinger & Lee (2000) and Delgado (2014), who describe non-experimental research as a systematic empirical inquiry in which the researcher does not have direct control over the variables, as their manifestations have already occurred or are inherently unmodifiable.

## Research Design

A cross-sectional (transversal) design was selected as the most appropriate non-experimental approach. A key characteristic of this type of non-experimental design is that data are collected at a single point in time, which was deemed appropriate following the global COVID-19 pandemic, as the study was based on the experiences of university English language teachers during the period of virtual or remote education.

Furthermore, correlational cross-sectional designs seek to establish relationships between variables. Consequently, considering these elements of non-experimental design, the study employed a questionnaire as its instrument to identify teachers' self-perception of their digital competencies and their frequency of ICT implementation for didactic purposes.

## Population and Sample

As Best and Kahn (2006), Hernández et al. (2014), and Hernández and Mendoza (2018) indicated, the target population had to meet specific characteristics aligned with the research objectives and be quantitatively measurable. Based on approval requests sent to both public and private universities in Costa Rica, the estimated sample size included 153 university English language teachers nationwide.

These individuals shared a similar teaching background in English language instruction and met the regulatory requirements to practice their profession at the university level. All participants held at least a bachelor's degree in English Language Teaching, which was established as an inclusion criterion for the study's target population and sample.

However, a limitation emerged regarding private universities, as some institutions did not provide an exact number of participating teachers, making it uncertain how many instructors actually took part in the study. Additionally, despite requesting participation from more private universities, some did not respond, further complicating the determination of the total population of university-level English teachers in Costa Rica.

Given these challenges, the study adopted a non-probability sampling method, following the recommendations of Hernández et al. (2014) and Hernández and Mendoza (2018). These authors stated that in non-probability sampling, element selection is not based on probability but rather on factors related to the study's characteristics and the researcher's objectives.

Among non-probability sampling techniques, convenience sampling was chosen, as this method involves selecting participants who are readily available and accessible at the time of data collection (Best & Kahn, 2006; Fraenkel et al., 2012; Hernández et al., 2014).

## Variables and Instruments

According to Best and Kahn (2006), correlational research focuses on examining relationships between variables, testing hypotheses, and developing generalizations, principles, or theories with universal validity.

The expectation was that if Variable A is systematically associated with Variable B, it might enable the prediction of future phenomena, and the results may suggest additional hypotheses for further testing.

The instrument included key demographic aspects (gender, age range, and years of experience) to profile the sample population. Variables were operationally defined to establish

the measurement procedures, with a detailed description of the instruments aligned to the research objectives.

**Table 3**

*Variables, conceptualization, instrumentalization, and operationalization*

<b>Variables Definition</b>	<b>Teachers' digital competencies</b>	<b>Didactic use of ICT in English teaching courses</b>
<b>Conceptual</b>	Based on the type of responses, it is classified as an ordinal qualitative variable, since its items are prescriptive, with restricted responses, ordered from lowest to highest in terms of proficiency level according to a Likert scale. It is worth noting that this is a latent variable (construct), as digital teaching competencies are based on a person's cognitive traits. Additionally, it is considered an index variable, as it has been theorized that competencies comprise skills, knowledge, attitudes, practices, emotions, and other aspects, which generate a series of manifestations that serve as necessary indicators to assess digital teaching competencies.	Based on the type of responses, it is classified as an ordinal qualitative variable, since its items are prescriptive, with restricted responses, ordered from lowest to highest in terms of frequency of use according to a Likert scale. It is a latent variable (construct) because the didactic use of ICT is based on the frequency of technology use in the classroom. Furthermore, it is considered an index variable, as it has been theorized that competencies generate a series of manifestations that serve as the necessary indicators to assess the didactic use of ICT.
<b>Instrumental</b>	The study measured teachers' perceptions of their digital competencies in English language teaching and identified the competencies they possess, as outlined in the proposed theoretical framework.	Through the instrument, the relationship between digital competencies of English language teaching staff and the use of technological resources, as well as the organization of didactic work with ICT, is described. Depending on the level of digital competencies teachers possess, the didactic use of ICT may be enhanced or not.
<b>Operational</b>	The first part of the questionnaire, using a three-point Likert scale, focused explicitly on teachers' digital competencies. It consisted of 12 items and aimed to assess the digital competencies of English language teaching staff. The questionnaire was structured into dimensions and sub-dimensions of different digital competencies, with the following distribution: Digital Literacy (6 items), Teacher Integration of ICT (2 items), and Teacher Appropriation and Commitment (2 items).	The second part of the questionnaire aimed to gather descriptions from English language teaching staff regarding elements such as ICT use, lesson planning phases, didactic strategies, and instructional materials for teaching English through ICT. The dimensions considered were: Digital Literacy (17 items), Teacher Integration of ICT (2 items), and Teacher Appropriation and Commitment (1 item).

*Source:* Alpizar, M. (2024a)

According to Wallace (1998), although the construction and implementation of a questionnaire require time, once this stage is completed, it allows for its application to a large population, as in this case, and enables the efficient and effective extraction of the necessary results.

This technique selection was sufficient to support the collection of the necessary information, especially since it aligns with the theoretical and methodological approach. The measurement object allowed for the specification of construct indicators; the items correspond to each indicator defined by the dimensions of digital teaching competencies and the didactic use of ICT, as per Delgado (2014).

### **Determination of the validity, reliability, and objectivity of the instrument**

According to Hernández et al. (2014), Delgado (2014), and Hernández and Mendoza (2018), reliability refers to the consistency with which repeated application of an instrument to the same individual or object produces identical results. This was demonstrated through internal consistency and coherence measures using Cronbach's alpha coefficient.

Validity refers to the extent to which an instrument truly measures the intended variable. Validity can be demonstrated through three different types of evidence: content-related, criterion-related, and construct-related evidence. For this research, all three types were selected.

Content validity was established first, as it reflects how well the instrument covers the specific content domain being measured, according to Delgado (2014) and Hernández et al. (2014). The questionnaire included dimensions and subdimensions of digital teaching competencies based on theoretical foundations. For this stage, four university professors specializing in English language teaching and Educational Technology validated the instrument, providing feedback on item wording, application inclusion, and scale reduction.

Following Rojas et al. (2022), a pilot test was conducted using items approved by experts, administered to 125 English teachers from elementary, secondary, and open education levels.

Construct validity was established through a Confirmatory Factor Analysis (CFA) of the collected data, which examined the instrument's internal structure. Criterion validity was established by comparing the instrument with external criteria measuring the same construct, using predictive validity in this case.

Additionally, construct validity was considered from a scientific perspective, referring to how well the instrument represents and measures a theoretical concept, as well as its operationalization, and three stages were implemented.

In the first stage, a theoretical framework was developed through a literature review, establishing the relationship between digital teaching competencies and ICT didactic use.

The second stage included the statistical analysis of concept associations through a correlation design, supplemented by expert validation.

The next stage involved interpreting empirical evidence regarding the construct's validity. The instrument successfully measured the relationship between digital teaching competencies and ICT didactic use in English language teaching, achieving full validity through these complementary approaches.

Finally, objectivity, the extent to which the instrument is free from researcher bias and tendencies in its administration, scoring, and interpretation, was ensured by standardizing



administration procedures, maintaining consistent instructions and conditions for all participants, and applying an unbiased analysis method to interpret the results.

## Results and Discussion

### Preliminary Pilot Testing of the Instrument

To appropriately define and justify the instrument, a preliminary pilot test was conducted using items approved by experts with a sample of 125 English teachers from elementary, secondary, and open education settings. With the collected data, a Confirmatory Factor Analysis (CFA) was performed, along with other necessary tests detailed below. This process enabled the justification and strengthening of the instrument's internal structure, ensuring that it effectively measured what it was intended to measure.

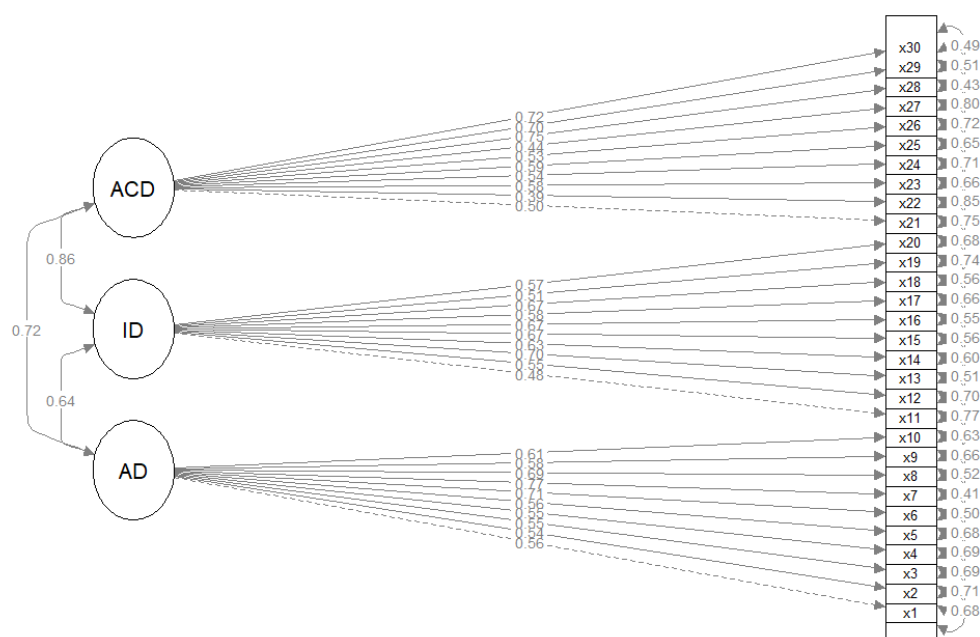
### Confirmatory Factor Analysis (CFA)

The items associated with each dimension were assigned to the model to ensure the best possible representation. It is important to note that, for the purpose of applying the analysis, Spanish acronyms were used for the stipulated dimensions to facilitate their entry into the corresponding software. These acronyms are as follows: Digital Literacy (AD), Teacher Integration of ICT (ID), and Teacher Appropriation and Commitment (ACD).

The results obtained are presented below:

**Figure 1**

*Factor Loadings by Dimensions*



**Source:** Prepared based on data obtained from the preliminary pilot test

It is important to highlight that, for each dimension, the factor loadings associated with each item were expected to fall within similar value ranges. The analysis revealed that:

- In Dimension (AD), item values ranged between 0.54 and 0.77.
- In Dimension (ID), item values ranged between 0.48 and 0.70.
- In Dimension (ACD), most of the eight items had values between 0.50 and 0.75.

However, two items deviated significantly:

- Item 22 (use of spreadsheets): factor loading of 0.39.
- Item 27 (use of local storage devices): factor loading of 0.44.

Both items showed lower factor loadings compared to the others, preliminarily indicating that these items did not align well with their assigned dimension.

Based on the previous figure and the Confirmatory Factor Analysis (CFA) results, the following comparative tests were conducted:

- A comparison was made to determine whether the proposed model fits better than a null model (without variables), yielding a p-value of 0.000, which indicates a significantly better fit than the null model.
- A comparison was made to determine whether the proposed model fits better than a baseline model (a theoretical model that covaries the dimensions), also yielding a p-value of 0.000, indicating a significantly better fit than the baseline model.

Both results indicated that the proposed model is superior to simpler theoretical models. However, additional fit measures were examined to assess the model's accuracy:

**Table 4**

*Test/Measure and Value*

Test/Measure	Value
Comparative Fit Index (CFI)	0,731
Tucker-Lewis Index (TLI)	0,709

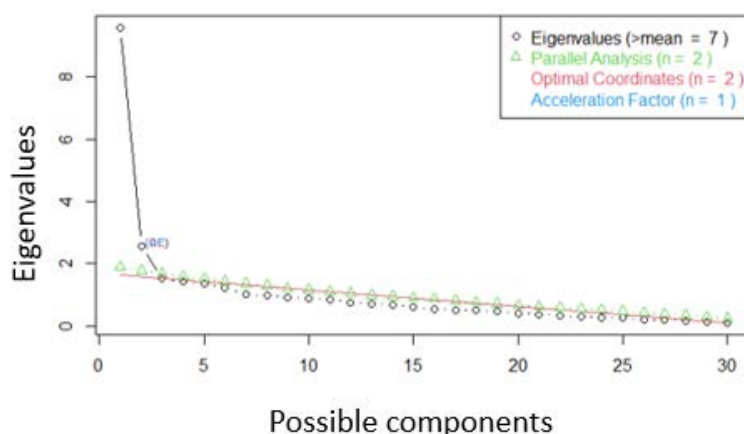
Source: Prepared based on collected data.

Both fit measures yielded values between 0 and 1, where the closer the value is to 1, the better the model fit. Values around 0.9 are considered acceptable. However, in both cases, it was observed that the evaluated model did not provide an optimal fit to the observed data, prompting further analysis of the data.

The initial step involved examining eigenvalues to determine the optimal number of dimensions, with results as follows:

**Figure 2**

*Sedimentation Plot*



Source: Prepared based on eigenvalues

The graphical analysis showed up to 7 possible dimensions, but the optimal and recommended solution was to retain two factors, as indicated in the graph legend. This revealed initial issues in dimension detection.

Given the research objective to optimize the three predefined dimensions, these were used as reference points for internal analysis to improve overall consistency. The analysis incorporated both Classical Test Theory (CTT) and Item Response Theory (IRT), as indicated by Martínez, Hernández, and Hernández (2014).

### Dimension: Digital Literacy

Using CTT methodology (Martínez, Hernández, and Hernández, 2014), this dimension demonstrated excellent reliability with Cronbach's  $\alpha = 0.855$ . Item deletion analysis showed this value would decrease if any items were removed, confirming all items should be retained.

**Table 5**

*Dimension: Digital Literacy (CTT)*

Item	Item Mean	Alpha if Item is Deleted
Item 1	2,015873	0,8465086
Item 2	1,912698	0,8460739
Item 3	1,825397	0,8427036
Item 4	1,841270	0,8429890
Item 5	2,182540	0,8437073
Item 6	2,285714	0,8325510
Item 7	2,142857	0,8311771
Item 8	2,277778	0,8397880
Item 9	2,658730	0,8455701
Item 10	2,547619	0,8452137

*Source:* Prepared based on the results of the items

According to IRT, as stated by Martínez, Hernández, and Hernández (2014), when dealing with polytomous models (i.e., models with items that have more than two response categories), Partial Credit Models should be employed. Initially, it is necessary to determine which model best fits the dimension. The hypothesis test indicates that the two-parameter Rasch model best explains the dimension, as shown below:

**Table 6**

*Dimension: Digital Literacy (Rasch model)*

Models	LRT	Degrees of Freedom	p-value
Rasch - 1Parameter	19,38	1	<0,001
1Parameter - 2Parameter	37,42	10	<0,001

*Source:* Prepared based on results for the dimension

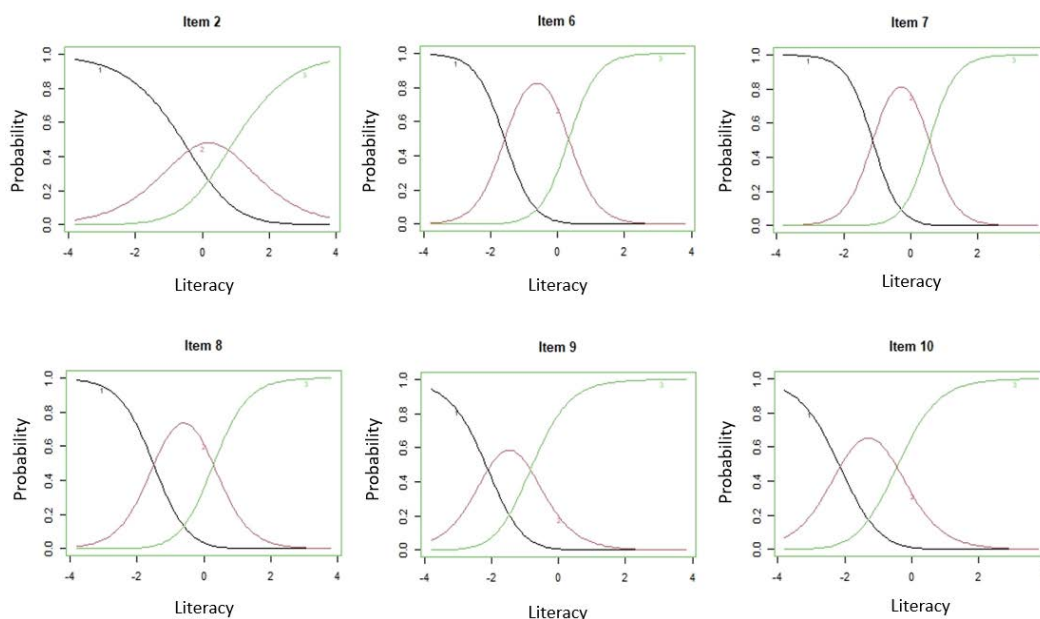
Once the model was identified, the aim was to ensure that the cut-off points between the responses of the items were at a similar distance and not overly skewed toward the positive or negative side of the measured competency. Therefore, in general, the items are presented appropriately, as shown below:

**Table 7***Dimension: Digital Literacy (Categories and Discrimination)*

	Item	Category 1	Category 2	Discrimination
x1	Item 1	-0,957	0,864	1,125
x2	Item 2	-0,403	0,789	1,031
x3	Item 3	-0,427	1,239	1,189
x4	Item 4	-0,458	1,192	1,183
x5	Item 5	-1,385	0,498	1,303
x6	Item 6	-1,581	0,339	2,342
x7	Item 7	-1,134	0,562	2,540
x8	Item 8	-1,494	0,293	1,920
x9	Item 9	-2,101	-0,840	1,655
x10	Item 10	-2,135	-0,444	1,569

*Source:* Prepared based on the results of the items

The items, in general, appeared optimal, but there are six that are important to highlight as follows:

**Figure 3***Items 2, 6, 7, 8, 9, and 10 discrimination**Source:* Prepared based on the results of the items

The previous figure highlights:

- In item 2, the central response category did not make a significant contribution.
- The responses of items 6 and 7 discriminated well and very sharply.
- The responses to Item 8 discriminated well; however, for the two lowest response categories, discrimination was skewed more toward the negative side of the skill.
- People with neutral or positive levels of the skill were identified by the highest category, while lower levels were reflected in response categories 1 and 2.

**Dimension: Teacher Integration of ICT**

According to Classical Test Theory (CTT), the Cronbach's Alpha coefficient for this dimension was 0.8478, which is considered quite optimal. Then, when analyzing the impact of removing any item, it was observed that the coefficient decreased in each case. Therefore, according to CTT, no item should be removed.

**Table 8***Dimension: Teacher Integration of ICT (CTT)*

Item	Item Mean	Alpha if Item is Deleted
Item 11	4,119048	0,8418642
Item 12	4,357143	0,8367199
Item 13	3,865079	0,8245338
Item 14	4,603175	0,8345965
Item 15	3,904762	0,8246825
Item 16	3,690476	0,8279005
Item 17	4,079365	0,8342958
Item 18	3,484127	0,8312106
Item 19	4,595238	0,8409413
Item 20	4,523809	0,8367800

*Source:* Prepared based on the results of the items

According to the Item Response Theory (IRT) approach, since these are polytomous models, Partial Credit Models must be used. To determine the best fit for this dimension, the following results were obtained:

**Table 9***Dimension: Teacher Integration of ICT (Rasch model)*

Models	LRT	Degrees of Freedom	p-value
Rasch - 1Parameter	0.06	1	0.801

*Source:* Prepared based on results for the dimension

Since items 19 and 20 did not show diversity in the responses obtained, it was not possible to present the table with category intersections. Therefore, a direct analysis of the item characteristic curve was conducted.

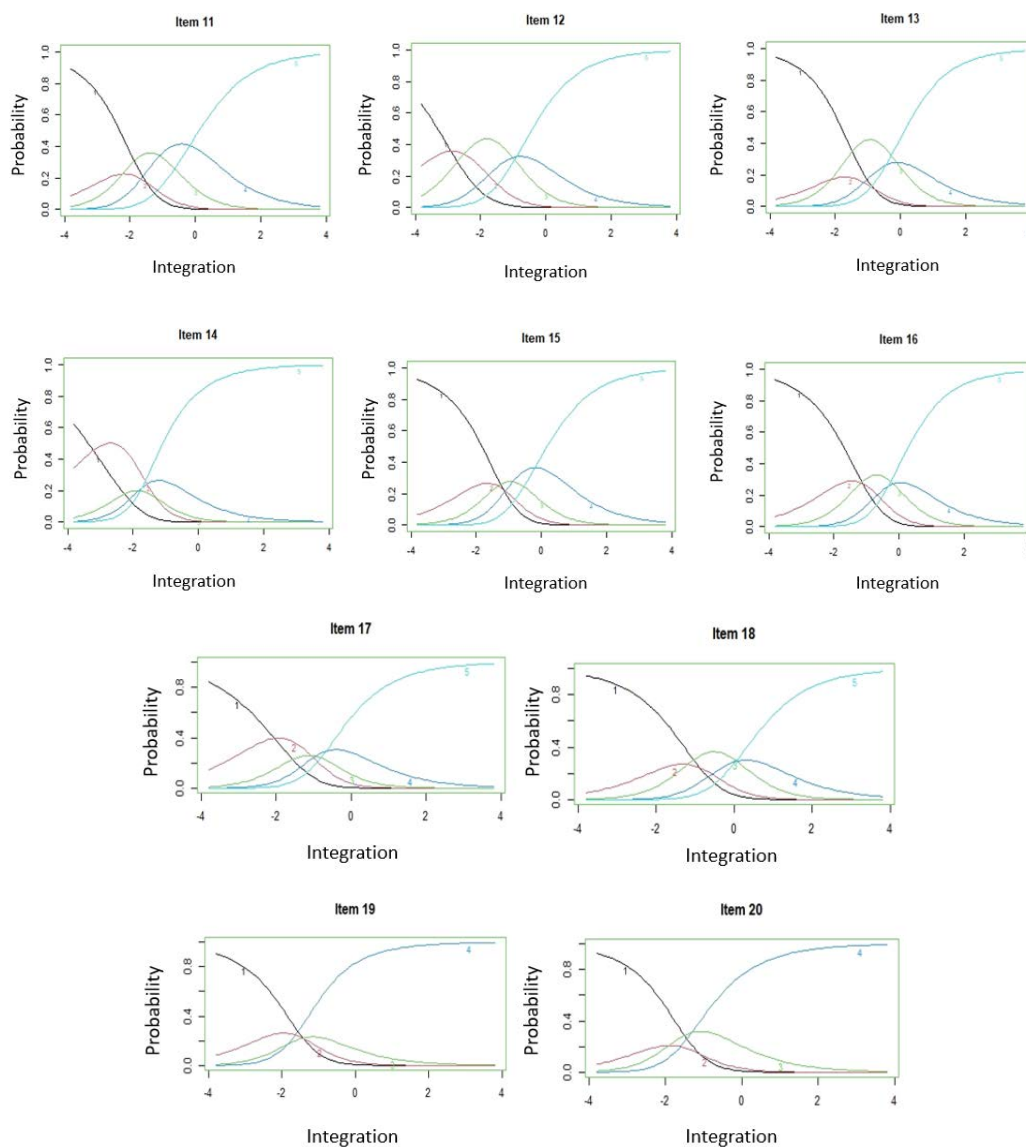
The following observations were made from the item characteristic curves:

- Item 11: Response category 2 did not contribute, while categories 3 and 4 overlapped.
- Item 12: Item discrimination based on skill level was very low in the negative skill range, and categories 2 and 4 contributed almost nothing.
- Item 13: Categories 2 and 4 did not contribute at all, and category 3 contributed only slightly below the neutral skill level.
- Item 14: This item did not discriminate well because category 5 encompassed both neutral and high skill levels, while categories 3 and 4 did not help determine low skill levels.
- Item 15: Category 2 did not contribute, and categories 3 and 4 did not add significantly.

- Item 16: Categories 2 and 4 did not contribute, category 3 contributed very little, and category 5 captured both neutral and positive skill levels.
- Item 17: The discrimination from categories 3 and 4 was almost non-existent, while categories 1 and 2 effectively distinguished low skill levels, and category 5 identified neutral and positive skill levels.
- Item 18: Categories 2 and 4 did not contribute. Category 3 provided slight discrimination at neutral skill levels, while categories 1 and 5 discriminated at negative and positive skill levels, respectively.
- Item 19: No one selected category 1, which shifted the graph values by one category. Categories 3 and 4 did not contribute; category 2 only discriminated at low skill levels; and category 5 captured neutral and high skill levels.
- Item 20: No one selected category 1, causing the graph values to shift by one category. Category 3 did not contribute; category 2 discriminated at low skill levels; category 4 slightly discriminated at low levels; and category 5 distinguished between neutral and high skill levels.

**Figure 4**

*Items 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, and 20 discrimination*



**Source:** Prepared based on the results of the items



### Dimension: Teacher Appropriation and Commitment

According to Classical Test Theory (CTT), the Cronbach's Alpha for this dimension was 0.8250, which is considered quite optimal. When applying CTT, it was found that removing Item 22 (related to the use of spreadsheets) would increase internal consistency to 0.8282. Upon re-evaluating the consistency of the dimension without this item, no further items were found to require elimination, as doing so would decrease internal consistency. It is worth noting that Item 27 (focused on the use of different local storage devices) showed a slight decrease in Cronbach's Alpha if removed, with a value of exactly 0.8270.

Considering the Item Response Theory (IRT), since these are polytomous models, Partial Credit Models must be used. To determine the best fit for this dimension, the following results were obtained:

**Table 10**

*Dimension: Teacher Appropriation and Commitment (Rasch model)*

Models	LRT	Degrees of Freedom	p-value
Rasch - 1Parameter	1.43	1	0.233

*Source:* Prepared based on results for the dimension

Since Item 26 did not show diversity in responses, it is not possible to present the table with the category intersections. Therefore, a direct analysis of the item characteristic curve was conducted.

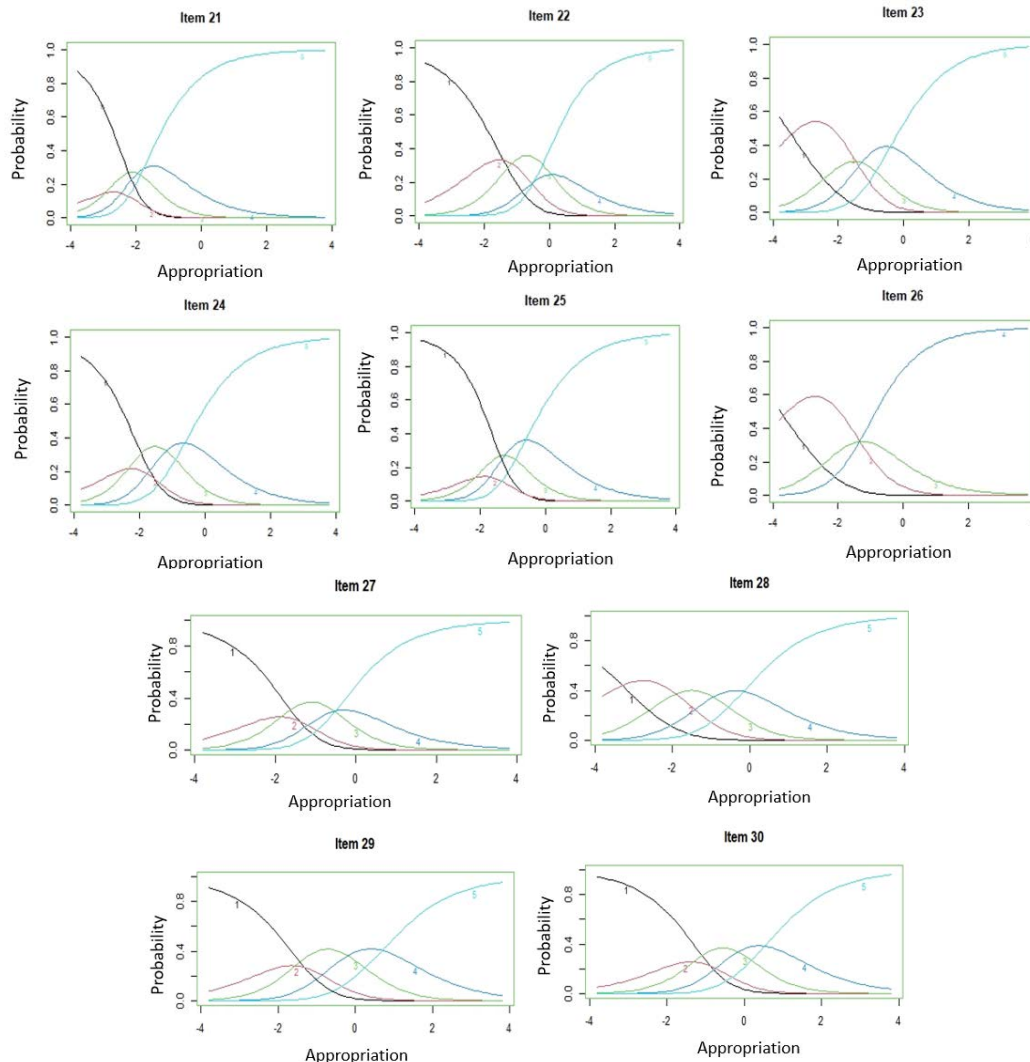
It is essential to note that, in general terms, category 5 in Items 21 to 27 encompassed both positive and neutral skill levels. Below is a detailed breakdown by item:

- Item 21: Category 1 indicated low skill levels, category 2 contributed nothing, and categories 3 and 4 also reflected low skill levels.
- Item 22: Category 1 demonstrated low skill levels, while categories 2 and 3 also showed low levels closer to neutral, and category 4 contributed nothing.
- Item 23: Categories 1 and 3 contributed nothing, whereas categories 2 and 4 indicated low skill levels.
- Item 24: Category 1 reflected low skill levels, category 2 contributed nothing, and categories 3 and 4 slightly indicated low skill levels.
- Item 25: Category 1 showed low skill levels and discriminated well; categories 3 and 4 slightly reflected low skill levels near neutral. Category 2 contributed nothing.
- Item 26: Since no one selected category 1, the graph values shifted by one category. Categories 2 and 4 contributed nothing; category 3 showed low skill levels, and category 5 increased rapidly.
- Item 27: Correct discrimination was observed at low skill levels in category 1, followed by category 3, which discriminated well near neutral levels. Categories 2 and 4 contributed nothing.
- Item 28: All five categories contributed some level of discrimination. Categories 1 through 3 reflected low skill levels; category 4 indicated a level very close to neutral; and category 5 increased rapidly across positive skill levels.
- Item 29: Category 1 declined rapidly in low skill levels; category 2 contributed nothing; categories 3 and 4 spanned low and neutral levels; and category 5 increased rapidly at positive skill levels.

- Item 30: Category 1 declined slowly across low skill levels, covering a significant range; category 2 contributed nothing; categories 3 and 4 reflected neutral levels; and category 5 increased rapidly at positive skill levels.

**Figure 5**

*Items 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, and 30 discrimination*



**Source:** Prepared based on the results of the items

### Conclusions and recommendations

Based on the results of the tests performed, the following decisions were made regarding the final version of the instrument:

- To achieve more appropriate and accurate item functioning and behaviour, considering that the curves must have similar shapes, with the lowest category always on the left and the highest on the right, the scale was reduced from a five-point to a three-point scale to fit better. This followed the same approach used for the first dimension, which performed best, unlike the other two dimensions, as it consisted of a three-point scale. This decision was supported by previous analyses, which showed that response categories 2, 3, and 4 in most items did not contribute, making it more reasonable to reduce the scale. The same applied to items 21 to 30, where response categories 2 and 4 did not contribute.

- Items that were weak in measuring their intended constructs were reworded to strengthen their clarity and precision.
- Items 22, focused on the use of spreadsheets, and item 27, related to the use of different local storage devices, were eliminated, as their removal increased internal consistency according to Cronbach's Alpha.
- Following the recommendations of the advisors, items 23 and 24, related to using audio, podcasts, and videos to expose students to the English language, were divided into two separate items each: one focused on use and another on creation.
- Furthermore, it was suggested to incorporate two new items: one related to basic knowledge of network functionality and another addressing the use of different operating systems.

The validated instrument demonstrated strong psychometric properties and contextual relevance, effectively assessing the self-perceived digital competencies of English language university teachers and their frequency of ICT integration in English language teaching.

Its structure enables decision-makers to use it as a diagnostic and planning tool within higher education institutions. Beyond academic applications, it can support professional development strategies, teacher evaluations, and resource allocation at both the institutional and governmental levels.

The adjustments made based on pilot testing—such as reducing the Likert scale to three points and removing items with weak discriminative power—enhanced the instrument's overall coherence, clarity, and reliability.

To ensure its long-term utility, it is recommended that the instrument be applied periodically and adapted as digital technologies and teaching modalities evolve.

Unlike internationally recognized frameworks such as DIGCOMP or the INTEF Common Framework for Digital Competence, the instrument presented in this study was specifically designed for the Costa Rican higher education context. It focuses on English language teaching, incorporating dimensions such as digital literacy, didactic use of ICT, and self-reflection. This specificity provides universities and policymakers with a more practical tool for diagnosis, evaluation, and planning professional development.

Moreover, it is suggested that educational institutions integrate this tool into teacher training programs to promote digital inclusion and didactic innovation in English language instruction. Finally, fostering collaborative environments where teachers share their ICT-based practices will further strengthen the role of technology in language education.

### **Acknowledgements**

The author thanks Universidad de Costa Rica, Universidad Nacional, Universidad Estatal a Distancia, Universidad Americana, among others, for their support in data collection and academic endorsement of the study.

The author declares that no artificial intelligence tools have been used for the preparation of this article.

## References

- Alpizar, M. E. (2024a). La relación entre las Competencias Digitales de Docentes Universitarios de la Enseñanza de Inglés y el Uso Didáctico de las TIC: un estudio en Costa Rica. Universidad de Costa Rica. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/items/a909a2a0-cfcd-4364-bca9-6046bc5af439>
- Alpizar, M. E. (2024b). Revisión sistemática de instrumentos de medición de competencias digitales de docentes universitarios en carreras de Enseñanza de Inglés. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 36(2), 73-94. <https://doi.org/10.37815/rte.v36n2.1200>
- Best, J. y Kahn, J. (2006). *Research in Education* (10a edición). Pearson Education Inc. ISBN-10: 0205458408, ISBN-13: 978-0205458400
- Creswell, J. (2013) *Research Design, Quantitative, Qualitative and Mixed Methods Approaches* (4a edición). University of Nebraska. ISBN: 1452226091, 9781452226095
- Delgado, C. (2014). *Viajando a Ítaca por mares cuantitativos. Manual de ruta para investigar en grado y postgrado*. Colección Psicología, Amarú Ediciones. ISBN: 978-84-8196-357-1
- Ferrari, A. (2013). DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe. Seville. Recuperado de: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC83167/lb-na-26035-enn.pdf>
- Fraenkel et al (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education*. ISBN: 978-0-07-809785-0
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*, Sexta edición. México D.F., México. McGraw Hill. ISBN: 978-1-4562-2396-0
- Hernández, R., Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. México D.F., México. McGraw Hill. ISBN: 978-1-4562-6096-5
- INTEF, (2017). *Marco Común de Competencia Digital Docente*. Instituto Nacional de Tecnología Educativa y de Formación del Profesorado. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Gobierno de España. Recuperado de: [http://educalab.es/mwginternal/de5fs23hu73ds/progress?id=c2dGknKSQlvGTC8LuYf\\_aldw51tRLbH-Gh7T02SJSBs,&dl](http://educalab.es/mwginternal/de5fs23hu73ds/progress?id=c2dGknKSQlvGTC8LuYf_aldw51tRLbH-Gh7T02SJSBs,&dl)
- Kerlinger, F. y Lee, H. (2000). *Investigación del Comportamiento, Métodos de Investigación en Ciencias Sociales* (4a edición). McGraw-Hill / Interamericana de México. ISBN: 9789701030707
- Martínez, Hernández y Hernández, (2014). *Psicometría* (1a edición). Alianza Editorial. ISBN: 978-84-206-8859-6
- Rojas, L., Furlan, L., Sánchez, J. y Rojas, G. (2022). Construcción y validación de la Escala de Afrontamiento de la Ansiedad durante los Exámenes. *Ansiedad y estrés*, 2(28), 81-90.
- Wallace, M. (1998). *Action Research for Language Teachers* (1a edición). Cambridge University Press. ISBN: 0521555353

## Appendices

### Annex No.1 – Likert Scale Questionnaire Used for Preliminary Pilot

This instrument arises from research on the topic of teachers' digital competencies and the didactic use of ICT by English language teachers. This instrument will be used solely for academic purposes.

#### Objective:

The purpose of this instrument is to identify the current digital competencies of English language teachers and their perceptions of the didactic use of ICT in the courses they teach.

Please read and complete the following questionnaire. Select one option from the ones provided according to the scale—based on your level of knowledge in the first part, and frequency of use in the second part. The scale is structured in two sections: the first focused on teachers' digital competencies, and the second on the didactic use and integration of ICT.

### Dear Teacher,

You will be asked a series of questions regarding your perception of your digital competencies in English language teaching. The questionnaire is anonymous and confidential. It consists of 30 items and will take no more than five minutes of your time. You are kindly asked to reflect on each question and answer with complete honesty. Please remember to mark only one answer per question.

If you have any questions before completing the instrument, you can contact me at the following email address: [mario.alpizarrodriguez@ucr.ac.cr](mailto:mario.alpizarrodriguez@ucr.ac.cr)

### Informed Consent:

If you feel that you have received the necessary information and had the opportunity to ask questions—which have been answered appropriately—please indicate that you understand the purpose of the project, the conditions of your participation, and that you consent to participate as a research subject in this study:

YES NO

Thank you very much.

### Part One: Basic Information:

Gender: M: F: Other:

Age: \_\_\_\_\_

Years of experience: \_\_\_\_\_

### Part Two: Perception of Your Digital Teaching Competencies

Dimension	Subdimension	Item	Statements	Do Not Possess	Beginner	Advanced
Digital Literacy	Information Literacy	1	I have the knowledge to recover deleted, corrupted, or inaccessible files, as well as those with formatting errors.			
	Communication and Collaboration	2	I am familiar with netiquette rules.			
		3	I have knowledge about students' digital identity and profile (e.g., online citizenship, participation through official channels, netiquette, and digital identity management).			
	Creation and Manipulation of Digital Content	4	I am able to verify different types of licenses for publishing content (e.g., copyright, copyleft, Creative Commons).			
	Technological Devices	5	I have basic technical knowledge as a teacher regarding networks, connections, software, hardware, etc., that do not require immediate intervention from IT support.			

Dimension	Subdimension	Item	Statements	Do Not Possess	Beginner	Advanced
		6	I have the knowledge to protect my devices against threats such as viruses, malware, among others.			
ICT Integration in Teaching	Curricular, Pedagogical, and Didactic Field	7	I have knowledge of designing educational environments supported by ICT.			
		8	I am familiar with methodologies for English teaching that involve the use of ICT.			
Appropriation and Teacher Commitment		9	I am able to identify technological needs (e.g., equipment, ICT knowledge, connectivity, etc.)			
		10	I am aware of my areas for improvement and seek ongoing training options for the didactic use of ICT.			

### Part Three: Frequency of Didactic Use of ICT

Dimension	Subdimension	Item	Statements	Never	Almost Never	Sometimes	Usually	Always
Digital Literacy	Information Literacy	11	Do I use different browsers to search and filter information, data, and digital content?					
		12	I use online platforms to store and manage shared files and content (e.g., Drive, Dropbox, Office 365, iCloud, among others).					
	Communication and Collaboration	13	I use websites, blogs, and wikis to support my classes.					
		14	I use online communication tools (e.g., email, forums, instant messaging, chats, videoconferencing, among others).					
		15	I use learning management systems (e.g., SharePoint, Moodle, Blackboard, Schoology, Google Classroom).					
		16	I use social media and learning communities to share English language content (e.g., Facebook, Twitter, Instagram, Google+, among others).					
		17	I apply basic netiquette rules, including behavior, language used on networks, and respect among class members.					



Dimension	Subdimension	Item	Statements	Never	Almost Never	Sometimes	Usually	Always
		18	I manage spaces to help students develop their digital identity and profile (e.g., online citizenship, participation through official channels, netiquette, digital identity management).					
	Creation and Manipulation of Digital Content	19	I use text file formats (e.g., doc, docx, txt, pdf, among others).					
		20	I use images as part of my didactic planning (e.g., PNG, JPEG, BMP, GIF, PSD, TIFF, among others).					
		21	I use presentations (e.g., PowerPoint, Canva, Prezi) and visual designs (e.g., infographics, interactive charts, concept maps, timelines, among others).					
		22	I use spreadsheets (e.g., Excel, Access, among others).					
		23	I use audio or podcasts to expose students to the English language (e.g., mp3, wav, among others).					
		24	I use videos to expose students to the context of the English language (e.g., MP4, AVI, MKV, Flash Player, open-source formats).					
		25	I use gamification tools to teach English (e.g., Kahoot, Quizziz, Quizlet, word searches, Cypher Code, among others).					
	Technological Devices	26	I use various digital devices to support my teaching (laptop, PC, tablets, smartphones, among others).					
		27	I use different local storage devices (e.g., USB drives, CDs, DVDs, external hard drives, among others).					
ICT Integration in Teaching	Curricular, Pedagogical, and Didactic Field	28	When planning and designing my lessons, I integrate the use of ICT by both myself and my students.					
		29	After completing my courses, I evaluate and receive feedback on the effectiveness of ICT-mediated learning environments.					
Appropriation and Teacher Commitment		30	I use spaces to self-reflect on the use of ICT throughout my courses.					

## Factorización paso a paso: Secuencia didáctica con Symbolab en Décimo Año de EGB

## Step-by-Step Factorization: Didactic Sequence with Symbolab in Tenth Grade of EGB

Reinaldo Antonio Guerrero Chirinos<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0499-7453>,  
Omar Marcelo Urbina Gálvez<sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0004-8909-2462>, Juan Carlos Jiménez  
Medina<sup>3</sup> <https://orcid.org/0009-0008-6965-8528>, Carlos Alfredo Ebla Olmedo<sup>4</sup> <https://orcid.org/0009-0000-2635-5414>, Gabriela del Cisne Cuenca Sarango<sup>5</sup> <https://orcid.org/>

<sup>1</sup>*Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador*  
[raguerrero12@utpl.edu.ec](mailto:raguerrero12@utpl.edu.ec)

<sup>2</sup>*Unidad Educativa Francisco Flor, Ambato, Ecuador*  
[omar.urbina@educacion.gob.ec](mailto:omar.urbina@educacion.gob.ec)

<sup>3</sup>*Colegio de Bachillerato Zumba, Chinchipe, Ecuador*  
[juan.jimenezm@educacion.gob.ec](mailto:juan.jimenezm@educacion.gob.ec)

<sup>4</sup>*Unidad Educativa Julio C. Larrea, Quero, Ecuador*  
[caebla@utpl.edu.ec](mailto:caebla@utpl.edu.ec)

<sup>5</sup>*Unidad Educativa Fiscomisional de FFAA COMIL N°5 "Tern. Lauro Guerrero",  
Loja, Ecuador*  
[gabrielacuenca2001@gmail.com](mailto:gabrielacuenca2001@gmail.com)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/06/24  
Aceptado: 2025/10/13  
Publicado: 2025/12/15

### Resumen

En este artículo se analiza el impacto de la herramienta tecnológica Symbolab en la enseñanza de la factorización en estudiantes de Décimo Año de EGB. El estudio se desarrolló mediante una secuencia didáctica estructurada bajo un enfoque cuantitativo, con diseño cuasiexperimental, en la que participó un grupo experimental que utilizó Symbolab como recurso interactivo, y uno de control que trabajó con métodos tradicionales,

**Sumario:** Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** Guerrero, R., Urbina, O., Jiménez, J., Ebla, C. & Cuenca, G. (2025). Factorización paso a paso: Secuencia didáctica con Symbolab en Décimo Año de EGB. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 36-48. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1345>

predominantemente expositivos. Se aplicaron pruebas diagnósticas y postest para medir el progreso de los estudiantes en la identificación y resolución de productos notables y factorización de trinomios. Los datos fueron analizados mediante estadística inferencial con pruebas t de Student para muestras independientes: se realizó una prueba t previa para verificar la equivalencia entre los grupos y otra posterior para evaluar las diferencias tras la intervención. Los resultados mostraron una mejora significativa en el rendimiento académico del grupo experimental, con una diferencia significativa ( $t = 3,242$ ;  $p = 0,002$ ), lo que sugiere un impacto positivo de Symbolab en la enseñanza de la factorización. Asimismo, se observó un aumento en la motivación, autonomía, comprensión conceptual y actitud positiva hacia el uso de tecnologías. Se concluye que la integración de Symbolab en el proceso de enseñanza-aprendizaje favorece la adquisición de contenidos algebraicos, especialmente cuando se aplica en contextos estructurados y con objetivos pedagógicos claros. Esta propuesta aporta evidencia empírica sobre la efectividad de Symbolab en la enseñanza de la factorización, lo que puede orientar futuras estrategias pedagógicas para la integración de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas.

**Palabras clave:** Resolución de problemas, tecnología educativa, álgebra, estrategias educativas, innovación pedagógica.

### Abstract

This article analyzes the impact of the technological tool Symbolab on the teaching of factorization among Tenth-Grade students in Basic General Education (EGB in Spanish). The study was conducted using a didactic sequence structured within a quantitative, quasi-experimental design, with an experimental group using Symbolab as an interactive resource and a control group working with traditional, predominantly expository methods. Diagnostic tests and post-tests were administered to measure students' progress in identifying and solving notable products and trinomial factorization. The data were analyzed using inferential statistics with Student's t-tests for independent samples. A preliminary t-test was conducted to verify equivalence between the groups, followed by a post-intervention t-test to assess differences. The results showed a significant improvement in the academic performance of the experimental group, with a statistically significant difference ( $t = 3,242$ ;  $p = 0,002$ ), suggesting a positive impact of Symbolab on the teaching of factorization. Additionally, an increase in motivation, autonomy, conceptual understanding, and a positive attitude toward the use of technologies was observed. It is concluded that the integration of Symbolab into the teaching-learning process supports the acquisition of algebraic content, especially when applied in structured contexts with clear pedagogical objectives. This proposal provides empirical evidence on the effectiveness of Symbolab in teaching factorization, which may guide future pedagogical strategies for integrating digital tools into mathematics instruction.

**Keywords:** Problem-solving, educational technology, algebra, teaching strategies, pedagogical innovation.

### Introducción

En el contexto educativo contemporáneo, caracterizado por estudiantes inmersos en entornos digitales, la integración efectiva de herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje se ha convertido en una necesidad pedagógica. Esta demanda es especialmente crítica en el área de Matemáticas, donde contenidos como la factorización algebraica presentan altos niveles de abstracción y generan dificultades persistentes en la comprensión conceptual y el dominio procedimental de los estudiantes de educación secundaria.

Diversos estudios nacionales e internacionales han evidenciado que el uso pertinente de tecnologías digitales no solo mejora el rendimiento académico, sino que también incrementa la motivación, la autonomía y la actitud positiva hacia el aprendizaje matemático (Urbina, 2024; Rodríguez & Ortega, 2020). Estas herramientas ofrecen entornos interactivos que facilitan la construcción significativa del conocimiento mediante la visualización de procesos abstractos.

La Matemática, como disciplina formativa, promueve el desarrollo del pensamiento lógico y crítico, habilidades esenciales para la resolución de problemas en contextos cotidianos y profesionales; sin embargo, muchos estudiantes enfrentan barreras cognitivas y afectivas al abordar contenidos complejos como la factorización, lo que limita su desempeño y genera desmotivación. En este escenario, la incorporación de recursos tecnológicos como Symbolab puede representar una alternativa eficaz. Esta herramienta permite visualizar paso a paso la resolución de ejercicios algebraicos, proporciona retroalimentación inmediata y fomenta el aprendizaje autónomo.

La necesidad de adaptar las metodologías tradicionales a las expectativas de las nuevas generaciones escolares, más familiarizadas con entornos digitales, ha sido ampliamente documentada. Estudios recientes destacan que la integración de tecnologías en el aula promueve el aprendizaje activo, la colaboración entre pares y una mayor implicación del estudiante en su proceso formativo (Rodríguez & Ortega, 2020; Rivera, 2013).

La problemática abordada en este estudio se identificó en una institución pública de la ciudad de Guayaquil, Ecuador, donde los estudiantes de Décimo Año de Educación General Básica (EGB) presentaban bajos niveles de desempeño en productos notables y factorización de trinomios. Las evaluaciones diagnósticas iniciales revelaron una desconexión entre las metodologías expositivas tradicionales y las necesidades reales de aprendizaje. Ante esta situación, se consideró pertinente implementar una estrategia metodológica basada en el uso estructurado de tecnologías educativas accesibles y contextualizadas.

La elección de Symbolab como herramienta central se fundamentó en su facilidad de uso, disponibilidad gratuita en línea y capacidad para ofrecer explicaciones detalladas de procedimientos algebraicos. Esta propuesta se enmarca en teorías educativas consolidadas como el aprendizaje significativo de Ausubel (1983), que plantea que el nuevo conocimiento debe vincularse con el saber previo del estudiante para generar aprendizajes duraderos, y el constructivismo de Bruner (1997), que enfatiza el papel activo del estudiante en la construcción del conocimiento mediante la interacción con el entorno.

Desde la perspectiva del aprendizaje significativo, la factorización no se enseña como un conjunto de reglas aisladas, sino como un proceso lógico que se ancla en conocimientos previos ya consolidados por los estudiantes, como la multiplicación de binomios o la identificación de productos notables; por ejemplo, reconocer que un trinomio cuadrado perfecto proviene del cuadrado de un binomio permite comprender la factorización como la operación inversa de dicha expansión. Esta conexión entre lo ya conocido (subsunoers) y lo nuevo (factorización) evita el aprendizaje memorístico y promueve una comprensión estructurada y funcional del álgebra.

Por su parte, el constructivismo se manifiesta en el uso de Symbolab como un entorno que posibilita la exploración activa, la experimentación y la autorregulación del aprendizaje. Los estudiantes no reciben pasivamente la información, sino que interactúan con la herramienta: prueban distintas estrategias, observan los pasos intermedios de la resolución,

detectan errores en tiempo real y ajustan sus razonamientos. Esta dinámica de prueba, corrección y reconstrucción conceptual refleja fielmente la idea bruneriana de que el conocimiento se construye mediante la acción y la reflexión; además, al combinar Symbolab con materiales concretos como la “caja de polinomios”, se facilita la transición desde lo enactivo hacia lo icónico y simbólico, en coherencia con la espiral curricular propuesta por Bruner.

Asimismo, la intervención se alinea con el enfoque curricular del Ministerio de Educación del Ecuador (2016), que promueve el desarrollo del pensamiento lógico-matemático a través de la resolución de problemas contextualizados y el uso de tecnologías digitales. Este marco curricular destaca la importancia de incorporar herramientas que no solo faciliten la comprensión de contenidos, sino que también potencien su aplicación en situaciones reales.

En este contexto, el objetivo general del estudio fue analizar el impacto del uso de Symbolab, integrado en una secuencia didáctica estructurada, sobre el aprendizaje de la factorización en estudiantes de Décimo Año de EGB, evaluando su impacto en el rendimiento académico, la autonomía y la comprensión conceptual.

### **Materiales y Métodos**

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, orientado a medir y analizar numéricamente el impacto de una intervención didáctica basada en el uso de la herramienta tecnológica Symbolab sobre el rendimiento académico de estudiantes en ejercicios de factorización algebraica. Se adoptó un diseño cuasiexperimental con grupos no equivalentes, trabajando con los paralelos ya establecidos institucionalmente, sin asignación aleatoria (Hernández et al., 2014).

La población estuvo conformada por estudiantes de décimo año de Educación General Básica (EGB) de una institución pública en Guayaquil, Ecuador. La muestra fue censal e incluyó a los 48 estudiantes matriculados en dos paralelos: un grupo experimental ( $n = 24$ ), que participó en una secuencia didáctica apoyada por Symbolab, y un grupo de control ( $n = 24$ ), que recibió instrucción tradicional, predominantemente expositiva.

La intervención didáctica aplicada al grupo experimental se diseñó en tres fases secuenciales —exploración, conceptualización y aplicación—, distribuidas a lo largo de tres semanas y estructuradas en seis sesiones de clase. Este diseño se fundamenta en los principios del aprendizaje significativo (Ausubel, 1983) y el constructivismo (Bruner, 2021), enfoques que promueven la conexión activa entre los saberes previos del estudiante y los nuevos contenidos, así como la construcción progresiva del conocimiento mediante la manipulación de representaciones enactivas, icónicas y simbólicas (Prakash, 2024).

#### **Fase de exploración (Sesión 1)**

La primera sesión (80 minutos) constituyó la fase de exploración, centrada en la activación de conocimientos previos y la identificación de conceptos subsunsores necesarios para el aprendizaje significativo. Siguiendo la premisa ausubeliana de “El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe” (Ausubel, 1983, p. 21), se aplicó una evaluación diagnóstica que incluyó preguntas sobre productos notables y factorización básica. La sesión se inició con una lluvia de ideas motivacional y culminó con la revisión colectiva de las respuestas, permitiendo al docente detectar errores conceptuales y estrategias de resolución emergentes.

### Fase de conceptualización (Sesiones 2–5)

Las sesiones 2 a 5 (de 45 a 90 minutos cada una) correspondieron a la fase de conceptualización, en la que se abordaron progresivamente distintos casos de factorización: diferencia de cuadrados perfectos, suma y diferencia de cubos perfectos, trinomio cuadrado perfecto y trinomios de la forma  $ax^2+bx+c$ . Cada sesión siguió una estructura tripartita (inicio, desarrollo y cierre) que refleja la espiral curricular de Bruner (2021). En el inicio, se activaron saberes mediante acertijos matemáticos y preguntas orientadoras. En el desarrollo, los estudiantes interactuaron con la “caja de polinomios”, un material concreto elaborado con recursos reciclados, para modelar visual y tácticamente los procesos de factorización (representación enactiva), seguido de la sistematización teórica y la resolución guiada de ejemplos (representación icónica y transición a la simbólica). En el cierre, se propuso un taller de apropiación donde los estudiantes aplicaron lo aprendido y verificaron sus soluciones mediante retroalimentación inmediata con Symbolab, estrategia que favorece la autorregulación del aprendizaje y la metacognición (Moreira et al., 2021).

### Fase de aplicación (Sesión 6)

La sexta sesión (80 minutos) correspondió a la fase de aplicación, en la que se consolidaron los aprendizajes mediante una evaluación sumativa de conocimientos específicos. Los estudiantes resolvieron ítems que exigían identificación del caso de factorización, aplicación del procedimiento correcto, uso adecuado de la notación algebraica y justificación de los pasos. Posteriormente, se revisaron colectivamente los resultados con apoyo de Symbolab, promoviendo la reflexión sobre los procesos de solución y la consolidación conceptual.

Este diseño responde a evidencia reciente que subraya la eficacia de integrar materiales manipulativos y tecnología en la enseñanza del álgebra, ya que facilita la transición desde lo concreto a lo abstracto y mejora la comprensión conceptual en estudiantes de secundaria (Prakash, 2024; Moreira et al., 2021).

Para la recolección de datos, se aplicaron pruebas diagnósticas (pretest) y posttest con ítems de selección múltiple, verdadero/falso y desarrollo, complementadas con una rúbrica analítica diseñada *ad hoc* para valorar la ejecución en ejercicios de desarrollo. La rúbrica consideró cuatro criterios fundamentales: (1) identificación del caso de factorización, (2) aplicación correcta del procedimiento, (3) uso adecuado de la notación algebraica y (4) justificación de los pasos realizados. Cada criterio se evaluó en una escala ordinal de 1 a 4 puntos (1 = insuficiente; 4 = destacado).

La validez de contenido del instrumento fue garantizada mediante juicio de expertos, y su confiabilidad se verificó con una prueba piloto, obteniéndose un coeficiente Alfa de Cronbach de 0,82, considerado aceptable (Triola, 2009).

El análisis estadístico se realizó con SPSS versión 26. Se aplicaron técnicas descriptivas e inferenciales. Dado que el tamaño de la muestra era inferior a 50, se evaluó rigurosamente el supuesto de normalidad mediante estadísticos de asimetría y curtosis, la prueba de Shapiro-Wilk (Sánchez et al., 2024) y la inspección visual de histogramas y gráficos Q-Q (Roco et al., 2024). Los resultados mostraron distribuciones aproximadamente normales ( $p > 0,05$  en Shapiro-Wilk; asimetría y curtosis dentro de  $\pm 1$ ), lo que justificó el uso de pruebas paramétricas. Se aplicaron dos pruebas t de Student para muestras independientes: una antes de la intervención para confirmar la equivalencia inicial entre grupos, y otra tras la intervención para determinar el efecto diferencial del uso de Symbolab en el rendimiento académico.



Desde el punto de vista ético, se siguieron las recomendaciones del Comité de Bioética Educativa del Ministerio de Educación del Ecuador, garantizando el consentimiento informado, la confidencialidad de los datos y el uso exclusivo de la información con fines académicos.

### Resultados y Discusión

Para garantizar la aplicabilidad de las pruebas t de Student, se evaluó la normalidad de la distribución de los datos en los cuatro grupos de estudio: GEPRE, GCPRE, GEPOS y GCPOS (Roco et al., 2024).

Sánchez et al. (2024) sugieren que para realizar un análisis completo de la normalidad, se deben utilizar estadísticos descriptivos, pruebas de normalidad formal e inspección visual de representaciones gráficas. En ese sentido, se utilizaron tanto estadísticos descriptivos de tendencia central, de dispersión y de forma, la pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk por ser muestras menores a 50 datos y representaciones gráficas mediante histogramas y gráficos Q-Q.

**Tabla 1**

*Estadísticos descriptivos para el estudio de la normalidad*

	<b>GEPRE</b>	<b>GCPRE</b>	<b>GEPOS</b>	<b>GCPOS</b>	<b>Error estándar</b>
Media	6,06	6,08	7,83	6,85	
Mediana	6,15	6,09	7,87	6,63	
Desviación estándar	0,94	0,81	0,86	1,20	
Rango	4,20	3,10	3,42	4,15	
Rango intercuartil	1,16	1,14	1,18	2,10	
Asimetría	-0,459	-,326	0,064	-,128	0,472 (todos los casos)
Curtosis	0,572	-,447	-0,062	-1,086	0,918 (todos los casos)

En todos los casos, las medias y medianas son muy cercanas, lo que sugiere una distribución simétrica (Tabla 1). Los valores de asimetría y curtosis se encuentran dentro del rango de  $\pm 1$ , lo que indica una distribución aproximadamente normal. La única excepción es el grupo GCPOS, que presenta una curtosis de -1.086, sugiriendo una distribución ligeramente platicúrtica, aunque dentro de lo aceptable para asumir normalidad; sin embargo, Tabachnick & Fidell (2019) consideran que una distribución se aproxima razonablemente a la normalidad cuando los valores absolutos de la asimetría son menores que 1 y los de la curtosis menores que 2, o de forma más conservadora, cuando la razón entre el estadístico y su error estándar es menor que  $\pm 1.96$ ).

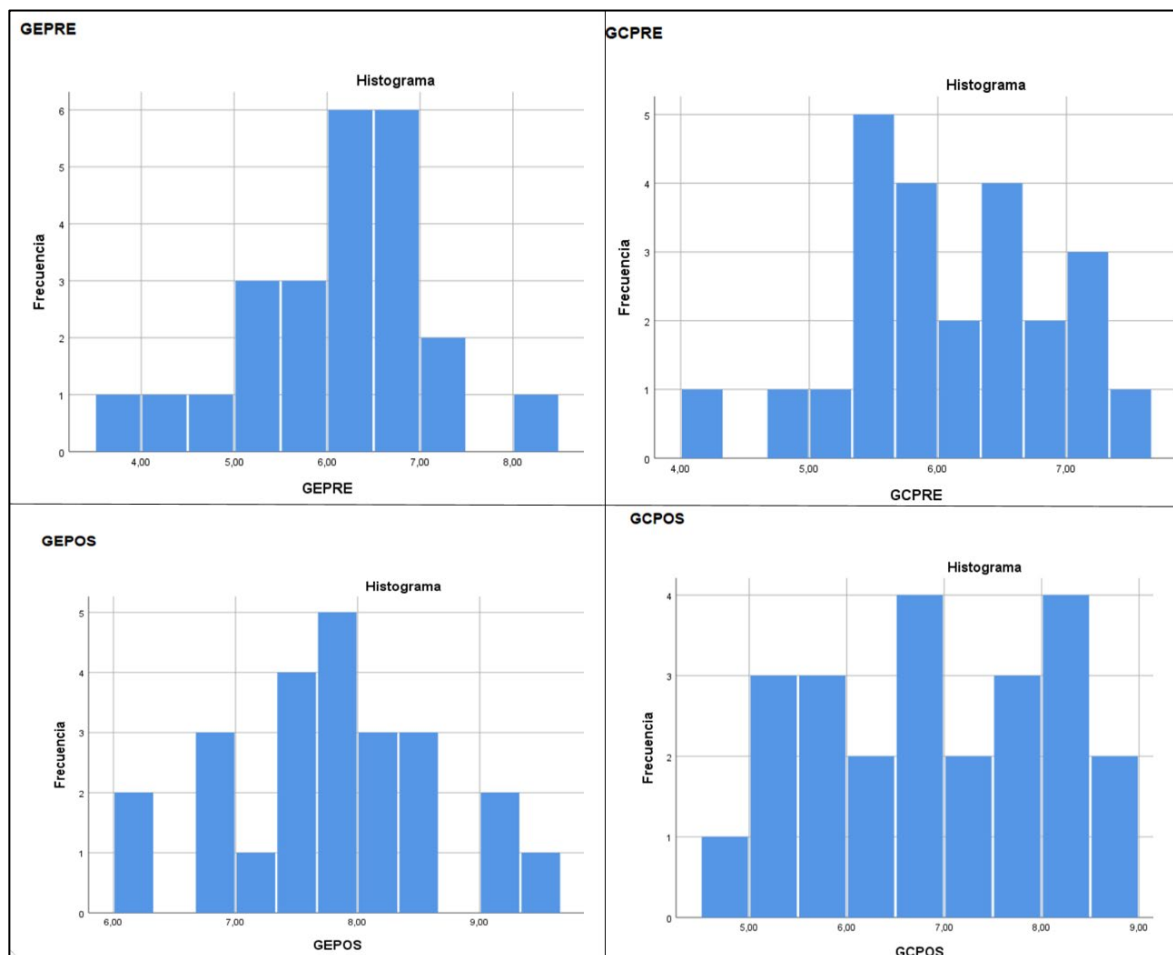
**Tabla 2**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*

	<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
GEPRE	,976	24	,812
GCPRE	,970	24	,677
GEPOS	,979	24	,876
GCPOS	,956	24	,371

En la Tabla 2 se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, recomendada especialmente para tamaños muestrales menores a 50 observaciones, como es el caso,  $n = 24$  por grupo (Sánchez et al., 2024). En todos los casos, los  $p$ -valores son superiores al nivel de significación convencional  $\alpha = 0.05$ , lo que implica que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad: por lo tanto, desde una perspectiva inferencial, las distribuciones de las cuatro variables no difieren significativamente de una distribución normal.

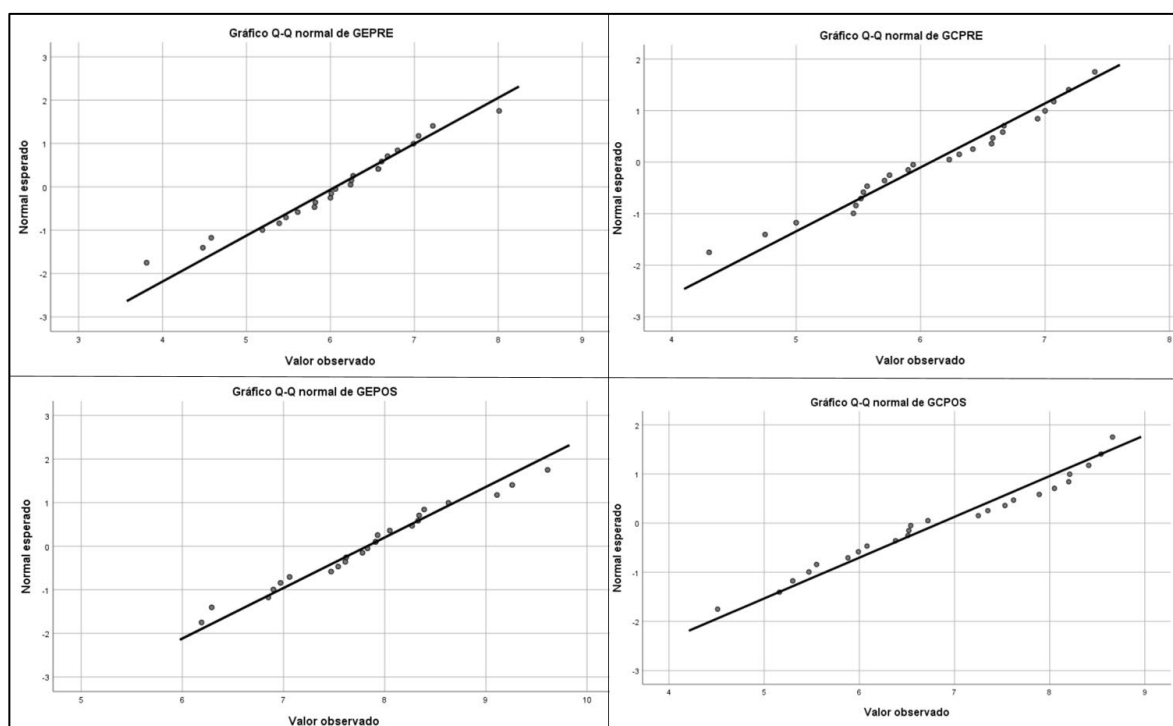
**Figura 1**  
*Histogramas*



Para complementar el análisis de la normalidad de los datos, en cuanto a la evaluación cualitativa mediante inspección visual, en los histogramas presentados en la Figura 1 se observa que todos los grupos muestran puntos que se alinean cercanamente a la línea recta de referencia teórica, especialmente en el cuerpo central de la distribución, lo que respalda la normalidad de los datos. No se observan desviaciones sistemáticas ni patrones curvilíneos que sugieran no normalidad.

Los gráficos Q-Q presentados en la Figura 2 evidencian que todos los grupos muestran puntos que se alinean cercanamente a la línea recta de referencia teórica, especialmente en el cuerpo central de la distribución, lo que respalda la normalidad de los datos. No se observan desviaciones sistemáticas ni patrones curvilíneos que sugieran no normalidad.

**Figura 2**  
*Gráficos Q-Q*



Con base en los estadísticos descriptivos, las pruebas de Shapiro-Wilk y el análisis gráfico, se concluye que los datos de los grupos GEPRE, GCPRE, GEPOS y GCPOS cumplen con el supuesto de normalidad. Esto justifica el uso de métodos estadísticos paramétricos (pruebas t de Student) en los análisis subsecuentes, garantizando la validez de las inferencias realizadas.

**Tabla 3**

*Prueba t para grupos independientes (pretest)*

	t	gl	Sig. (bilateral)
Pretest GEPRE-GCPRE	-0,077	46	0,939

Antes de la intervención didáctica, se aplicó una prueba diagnóstica (pretest) a los grupos experimental (GEPRE) y de control (GCPRE), cuyos resultados permiten verificar la equivalencia inicial entre ambos. En la Tabla 1 se observó que la media obtenida por el grupo experimental fue de 6,06 puntos (DE = 0,94), mientras que el grupo de control alcanzó una media de 6,08 puntos (DE = 0,81), en una escala de evaluación del 1 al 10, donde la nota mínima para aprobar es 7. Estos valores indican que, en promedio, ambos grupos se encontraban por debajo del nivel mínimo esperado de desempeño, lo que evidencia dificultades iniciales en la comprensión de los contenidos de factorización.

Para determinar si existían diferencias significativas entre los grupos antes de la intervención, se aplicó una prueba t de Student para muestras independientes (Tabla 3). El resultado fue  $t = -0,077$  con  $gl = 46$  y  $p = 0,939$ , lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el pretest. Este hallazgo confirma la

equivalencia inicial entre los grupos, lo que valida la comparación posterior de los efectos de la intervención didáctica con Symbolab.

La baja puntuación promedio en ambos grupos refuerza la necesidad de implementar estrategias metodológicas innovadoras que respondan a las dificultades conceptuales y procedimentales de los estudiantes. En este sentido, el uso de Symbolab como herramienta de apoyo en el grupo experimental se presenta como una alternativa pertinente para superar las barreras iniciales en el aprendizaje de la factorización.

**Tabla 4**

*Prueba t para grupos independientes (postest)*

	t	gl	Sig. (bilateral)
Pretest GEPRE-GCPRE	3,242	46	0,002

Tras la implementación de la secuencia didáctica, se aplicó una prueba postest para evaluar el impacto de la intervención. El grupo experimental (GEPOS), que utilizó Symbolab como herramienta de apoyo, obtuvo una media de 7,83 puntos (DE = 0,86), superando el umbral mínimo de aprobación establecido en 7/10. En contraste, el grupo de control (GCPOS), que trabajó con métodos tradicionales, alcanzó una media de 6,85 puntos (DE = 1,20), permaneciendo por debajo del nivel esperado (Tabla 1).

La diferencia entre ambos grupos fue analizada mediante una prueba t de Student para muestras independientes, obteniéndose un valor de  $t = 3,242$  con  $gl = 46$  y  $p = 0,002$  (Tabla 4). Este resultado indica una diferencia estadísticamente significativa a favor del grupo experimental, lo que confirma el impacto positivo de Symbolab en el aprendizaje de la factorización.

Complementando los datos cuantitativos, los resultados fueron acompañados de evidencias cualitativas recogidas mediante el diario de campo del docente-investigador. Se registró un notable cambio en la actitud del grupo experimental: estudiantes más comprometidos, con mayor disposición para participar, y comentarios espontáneos que reflejaban satisfacción con el proceso de aprendizaje. Frases como “ahora sí entiendo”, “me gusta ver cómo se hace paso a paso” y “ya no me da miedo factorizar” se repitieron con frecuencia. Estas expresiones se vinculan con un incremento en la motivación intrínseca, elemento clave para el aprendizaje duradero (Bruner, 1997).

Otro aspecto relevante fue la observación de un entorno más colaborativo en el grupo experimental. Al utilizar Symbolab, algunos estudiantes se convirtieron en mediadores del aprendizaje de sus compañeros, explicando los pasos mostrados por la herramienta y aclarando dudas en tiempo real. Esta dinámica promovió un aprendizaje entre pares que no solo fortaleció los contenidos, sino que también desarrolló habilidades comunicativas y de cooperación, aspectos esenciales en la educación integral.

La comparación con el grupo de control mostró contrastes importantes. Aunque también se evidenció un leve progreso en las calificaciones, muchos estudiantes continuaron mostrando errores sistemáticos relacionados con la identificación de los tipos de trinomios, la aplicación incorrecta de fórmulas, y una dependencia excesiva del docente. Esto indica que los métodos tradicionales, si bien son útiles, no fueron suficientes para superar completamente las

dificultades iniciales, en contraste con el grupo experimental que utilizó una herramienta tecnológica con retroalimentación inmediata.

Asimismo, la intervención permitió observar beneficios adicionales como la mejora en la autonomía del aprendizaje. Symbolab, al ofrecer la posibilidad de verificar resultados y explorar los pasos intermedios, ayudó a que los estudiantes desarrollaran estrategias de autorregulación, lo que redujo la ansiedad ante la resolución de problemas algebraicos y aumentó la confianza en sus capacidades. Este fenómeno es especialmente relevante en un contexto donde muchas veces las matemáticas son percibidas como una asignatura difícil o inaccesible.

Un aspecto fundamental que emerge de esta experiencia es la reconfiguración del rol docente en entornos mediados por tecnología. Al incorporar Symbolab como recurso central en la secuencia didáctica, el profesor deja de ser la única fuente de conocimiento y autoridad epistémica en el aula, para asumir una posición de diseñador pedagógico, mediador cognitivo y facilitador del aprendizaje. En lugar de transmitir pasivamente procedimientos algorítmicos, el docente estructura situaciones de aprendizaje significativas, anticipa obstáculos conceptuales y guía la interacción crítica de los estudiantes con la herramienta.

Esta transformación no implica una disminución de su relevancia, sino una redefinición estratégica de su función: orienta la exploración, promueve la reflexión metacognitiva al comparar soluciones propias con las de Symbolab, y fomenta el diálogo matemático entre pares. Este nuevo rol se alinea con los principios del constructivismo y el aprendizaje autónomo, donde el docente actúa como andamio que permite a los estudiantes construir su comprensión desde la acción reflexiva y el uso intencionado de recursos digitales, en lugar de depender exclusivamente de la explicación magistral.

Estos hallazgos, que evidencian un impacto positivo y estadísticamente significativo del uso de Symbolab en el aprendizaje de la factorización ( $t = 3,242$ ;  $p = 0,002$ ), se alinean y contrastan de manera enriquecedora con investigaciones recientes que exploran herramientas digitales y enfoques manipulativos en contextos similares. En particular, los resultados coinciden con los de Erazo et al. (2025), quienes reportaron una mejora aún más pronunciada en el rendimiento académico al implementar Khan Academy en la factorización de trinomios (media experimental = 9,12 vs. 7,83 en este estudio), atribuida a la autonomía del ritmo de aprendizaje y la retroalimentación inmediata.

No obstante, mientras Khan Academy enfatiza la personalización y la progresión autodirigida, Symbolab se distingue por su capacidad para desglosar explícitamente cada paso del procedimiento algebraico, lo que resultó clave para corregir errores conceptuales y procedimentales en tiempo real, tal como reflejan las expresiones espontáneas de los estudiantes (“ahora sí entiendo”, “me gusta ver cómo se hace paso a paso”). Este enfoque paso a paso responde de forma más directa a las dificultades específicas en la ejecución algorítmica, complementando así la visión más global de Khan Academy.

Por otro lado, el estudio de Muñoz y Guillén (2025) ofrece un contraste metodológico relevante: su laboratorio matemático, que integra materiales manipulativos físicos y GeoGebra, logró mejoras porcentuales espectaculares (hasta 1600 % en algunos casos), especialmente en la comprensión estructural y geométrica de la factorización. Si bien nuestro enfoque con Symbolab también incorporó la “caja de polinomios” como recurso concreto, en coherencia con la espiral enactiva-icónica-simbólica de Bruner (1997), el énfasis principal recayó en la mediación digital para la autorregulación metacognitiva.

Así, mientras el laboratorio matemático prioriza la construcción desde lo tangible y visual para acceder a lo abstracto, esta propuesta parte de lo simbólico pero lo hace transparente mediante la descomposición algorítmica. Ambos enfoques, sin embargo, convergen en la necesidad de trascender la enseñanza tradicional memorística y en la importancia de generar actitudes positivas: tanto los estudiantes de Symbolab como los del laboratorio con GeoGebra manifestaron mayor motivación, confianza y disposición colaborativa, fenómenos que no se observaron con la misma intensidad en el grupo de control de este estudio ni en los contextos puramente expositivos descritos por los autores citados.

En conjunto, estos contrastes sugieren que no existe una única vía óptima para enseñar factorización con tecnología, sino que la efectividad depende del objetivo pedagógico perseguido: Symbolab resulta especialmente eficaz para el dominio procedimental y la corrección autónoma de errores; Khan Academy, para el aprendizaje personalizado y la homogeneización del desempeño; y los laboratorios con manipulativos y GeoGebra, para la construcción conceptual profunda desde representaciones múltiples. La integración intencionada de estos enfoques, como se ensayó parcialmente en esta secuencia didáctica, podría potenciar simultáneamente la comprensión conceptual, la competencia procedimental y la actitud positiva, tal como lo recomiendan los marcos teóricos del aprendizaje significativo (Ausubel, 1983) y el constructivismo (Bruner, 1997).

En suma, la integración de Symbolab en un entorno pedagógico estructurado no solo mejoró el desempeño cuantitativo de los estudiantes, sino que también incidió en su disposición afectiva hacia el aprendizaje, elemento clave para la consolidación del conocimiento matemático (Bruner, 1997; Ausubel, 1983).

### Conclusiones

La investigación realizada confirma que la integración de herramientas digitales como Symbolab, dentro de una secuencia didáctica estructurada, tiene un impacto positivo en el aprendizaje de la factorización algebraica en estudiantes de Décimo Año de EGB. Los resultados cuantitativos evidencian una mejora significativa en el rendimiento académico del grupo experimental respecto al grupo de control, validando la eficacia de la intervención. Desde una perspectiva cualitativa, se observó un cambio favorable en la actitud de los estudiantes hacia la asignatura: mayor motivación, curiosidad, compromiso y autonomía en el proceso de aprendizaje, elementos clave para sostener el conocimiento a largo plazo.

La implementación de Symbolab permitió que los estudiantes autoevaluaran sus respuestas, corrigieran errores de forma independiente y desarrollaran habilidades de autorregulación; además, se evidenciaron prácticas colaborativas espontáneas, donde los estudiantes compartían estrategias y explicaciones basadas en los pasos ofrecidos por la herramienta, promoviendo el aprendizaje entre pares y el desarrollo de competencias comunicativas en un entorno inclusivo y participativo. Estos hallazgos refuerzan la pertinencia de Symbolab como recurso pedagógico, especialmente por su capacidad para descomponer procedimientos paso a paso, ofrecer retroalimentación inmediata y facilitar la identificación de patrones algebraicos.

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda a los docentes de Matemáticas en educación secundaria diseñar secuencias didácticas híbridas que combinen materiales concretos, como la “caja de polinomios”, con herramientas digitales como Symbolab, favoreciendo la transición desde lo enactivo hacia lo simbólico y promoviendo una comprensión profunda de los procesos algebraicos.



Es fundamental utilizar Symbolab no como sustituto del razonamiento, sino como mediador metacognitivo, orientando a los estudiantes a comparar sus procedimientos con los pasos que ofrece la herramienta, identificar discrepancias y justificar sus decisiones, transformando el uso de la tecnología en una práctica reflexiva. Asimismo, se sugiere fomentar dinámicas de aprendizaje entre pares en las que los estudiantes expliquen a sus compañeros cómo Symbolab resuelve un ejercicio, lo que refuerza su propio entendimiento y fortalece el trabajo colaborativo.

Para que el uso de Symbolab trascienda experiencias aisladas y se convierta en una estrategia pedagógica institucional, se propone incorporarlo en las planificaciones curriculares del área de Matemáticas, asignando momentos específicos del currículo para su uso estructurado; además, se recomienda capacitar a los docentes mediante talleres prácticos enfocados no solo en el manejo técnico de la herramienta, sino en su integración pedagógica alineada con el currículo nacional y con enfoques como el aprendizaje basado en problemas o el aprendizaje cooperativo.

Finalmente, el estudio abre varias líneas futuras de investigación que permitirían ampliar la comprensión sobre el impacto de Symbolab en el aprendizaje matemático. Entre ellas, se plantea explorar su efecto en otros contenidos del álgebra, como ecuaciones cuadráticas, sistemas de ecuaciones o simplificación de expresiones racionales, para determinar la transferibilidad de los resultados. También se sugiere desarrollar estudios con enfoque mixto que incluyan entrevistas, grupos focales o análisis de rutas de aprendizaje, con el fin de comprender cómo los estudiantes construyen significado a partir de la interacción con la herramienta. En contextos rurales o con conectividad limitada, sería pertinente evaluar modelos de implementación híbrida o semipresencial, mediante el uso de versiones *offline* o recursos impresos que simulen la lógica paso a paso de Symbolab.

### Reconocimientos y Declaraciones

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa al desarrollo de este trabajo. Las funciones específicas fueron las siguientes:

- Reinaldo Antonio Guerrero Chirinos: Coordinación general del estudio, diseño metodológico, redacción del artículo y revisión final.
- Omar Marcelo Urbina Gálvez: Desarrollo de la secuencia didáctica y aplicación del instrumento en el aula.
- Juan Carlos Jiménez Medina: Análisis de datos, elaboración de tablas y gráficos.
- Carlos Alfredo Ebla Olmedo: Revisión teórica y redacción de la sección de resultados y discusión.
- Gabriela del Cisne Cuenca Sarango: Sistematización bibliográfica y apoyo en la traducción del resumen.
- Todos los autores aprobaron la versión final del manuscrito y acuerdan ser responsables de su contenido.

Los autores declaran que durante la redacción y edición de este manuscrito se utilizaron herramientas de apoyo basadas en inteligencia artificial (IA), específicamente ChatGPT (OpenAI, versión GPT-5), con fines de revisión gramatical, traducción del resumen y estandarización del estilo según normas APA 7.

El contenido científico, los análisis estadísticos y las conclusiones son de autoría humana, sin intervención automatizada en la interpretación de resultados ni en la generación de datos. Los autores revisaron y validaron de forma completa todo el texto final antes de su envío..

## Referencias

- Ausubel, D. P. (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas.
- Bruner, J. (1997). *La educación, puerta de la cultura*. Gedisa.
- Bruner, J. S. (2021). *Toward a theory of instruction* (2.<sup>a</sup> ed.). Harvard University Press. (Obra original publicada en 1966).
- Erazo, M., Erazo, L. & Pérez, H. (2025). Impacto de Khan Academy en la factorización de trinomios. Caso: Unidad Educativa Luis Fernando Vivero, Guayaquil-Posorja. *MQR Investigar, Revista Multidisciplinaria de Investigación Científica*, 9(3), 1-40. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.3.2025.e916>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). *Currículo de Matemática para la Educación General Básica y Bachillerato General Unificado*. <https://educacion.gob.ec/curriculo>
- Moreira, J., Beltrón, R. & Beltrón, V. (2021). Aprendizaje significativo una alternativa para transformar la educación. *Revista Conrado*, 21(105), 915-924.
- Muñoz, D. & Guillén, J. (2025). Aprendizaje de factorización de polinomios con GeoGebra y recursos manipulativos en un laboratorio matemático. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 12(7), 1-10.
- Prakash, S. (2024). Constructivismo en la educación: explorando las contribuciones de Piaget, Vygotsky y Bruner. *Revista Internacional de Ciencia e Investigación (IJSR)*, 7(2), 274-278.
- Rivera, M. (2013). Impacto de las TIC en el aprendizaje de matemáticas: Un estudio en el nivel medio. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 18(3), 45-60.
- Rocco, A., Flores, S., Olguín, M. & Aguilera, R. (2024). Consideraciones ante el uso de la prueba de Shapiro-Wilk cuando se trabaja con muestras pequeñas. *Revista Angiología*, 76(1), 61-62. <https://dx.doi.org/10.20960/angiologia.00568>
- Rodríguez, A. & Ortega, M. (2020). Uso de herramientas digitales para la enseñanza del álgebra en secundaria. *Educación Matemática*, 32(1), 55-72.
- Sánchez, Y., Raqui, C., Huaroc, E, y Huaroc, N. (2024). Importancia de Conocer la Normalidad de los Datos Utilizados en los Trabajos de Investigación por Tesistas. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 17(2), 404-413. <https://doi.org/10.37843/rted.v17i2.554>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2019). *Using Multivariate Statistics* (7th ed.). Pearson.
- Triola, M. F. (2009). *Estadística* (11.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.
- Urbina, C. (2024). Tecnologías emergentes y su rol en el aprendizaje matemático: Un enfoque desde la neuroeducación. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 22(1), 33-50.

## Herramientas tecnológicas para la realidad inmersiva en el ámbito de la educación

## Technological Tools for Immersive Reality in the Field of Education

Keny Jeampier Saltos Sánchez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0004-4340-2816>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador  
[kenysaltos28@gmail.com](mailto:kenysaltos28@gmail.com)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/07/10

Aceptado: 2025/09/18

Publicado: 2025/12/15

### Resumen

La presente investigación analiza la implementación de las herramientas de realidad inmersiva en el ámbito educativo, centrándose en sus posibles aplicaciones, los desafíos que pueden surgir y las múltiples oportunidades que ofrecen para enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. A través de una exhaustiva revisión bibliográfica de diversos tipos de investigación centrada en la educación con herramientas tecnológicas, se identificaron los principales obstáculos técnicos, pedagógicos, económicos y sociales que afectan su adopción en distintos contextos educativos. Los resultados revelaron que los estudios se enfocaron en el diseño pedagógico, la implementación tecnológica, la accesibilidad y la percepción profesor-alumno. Los hallazgos proponen un modelo de integración estructurado en torno a tres pilares fundamentales: infraestructura tecnológica, capacitación docente y sostenibilidad institucional. La infraestructura inadecuada y las limitaciones financieras fueron identificadas como los principales obstáculos para una implementación efectiva. El estudio concluye que la realidad inmersiva tiene un gran potencial en el futuro para transformar la educación, especialmente en áreas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas); sin embargo, su éxito depende de superar las barreras identificadas mediante estrategias adaptativas, inclusivas y sostenibles, además, se ofrece una guía práctica y estratégica para implementar tecnologías inmersivas en la educación, con aportes relevantes que abren camino hacia futuras investigaciones y consolidan su papel en los sistemas educativos del siglo XXI.

**Sumario:** Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** Saltos, K. (2025). Herramientas tecnológicas para la realidad inmersiva en el ámbito de la educación. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 49-65.  
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1365>

**Palabras clave:** realidad inmersiva, herramientas tecnológicas, tecnología educativa, realidad virtual, realidad aumentada.

### Abstract

This research analyzes the implementation of immersive reality tools in the educational field, focusing on their potential applications, the challenges that may arise, and the numerous opportunities they offer to enhance the teaching-learning process. Through an extensive literature review of research studies on the use of technological tools in education, the main technical, pedagogical, economic, and social barriers to their adoption across different educational contexts were identified. The results revealed that the studies focused on pedagogical design, technological implementation, accessibility, and teacher-student perceptions. The findings propose an integration model structured around three fundamental pillars: technological infrastructure, teacher training, and institutional sustainability. Inadequate infrastructure and financial constraints were identified as the main barriers to effective implementation. The study concludes that immersive reality has great potential to transform education, particularly in STEM (science, technology, engineering, and mathematics) fields. However, its success depends on overcoming the identified barriers through adaptive, inclusive, and sustainable strategies. Furthermore, the study provides a practical and strategic guide for implementing immersive technologies in education, offering relevant insights that pave the way for future research and strengthen their role in 21st-century educational systems.

**Keywords:** immersive reality, technological tools, educational technology, virtual reality, augmented reality.

### Introducción

Existen múltiples herramientas tecnológicas alrededor del mundo. Durante los últimos años han nacido algunas nuevas como la realidad inmersiva. En este sentido, las herramientas de realidad inmersiva en el ámbito educativo han planteado una problemática significativa, ya que estas representan una evolución crucial en la manera de enseñar y aprender. La falta de conocimiento sobre cómo utilizar dichas herramientas de realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA), se puede decir que son las herramientas que más sobresalen en las herramientas de realidad inmersiva, permiten a los estudiantes experimentar situaciones complejas de manera segura y controlada, facilitando una comprensión más profunda (Agurto et al., 2023); sin embargo, cuando los educadores no están familiarizados con estas tecnologías, no solo pierden la oportunidad de ofrecer experiencias más enriquecedoras y atractivas, sino que también limitan el desarrollo de competencias digitales que son esenciales para los alumnos en el mundo laboral del siglo XXI. Esta brecha tecnológica no solo afecta a los estudiantes en su preparación académica, sino que también hará disminuir las desigualdades educativas que se presentan, ya que no todos los centros educativos disponen de los recursos o el conocimiento para implementar estas herramientas de manera efectiva, considerando los recursos económicos de los cuales disponen las instituciones.

En el actual contexto educativo, la introducción de tecnologías innovadoras podría reformular la interacción de los estudiantes con los procesos de enseñanza y aprendizaje. Dentro de estas tecnologías emergentes, la realidad inmersiva ha surgido como un campo prometedor con el potencial de revolucionar la educación en todas sus facetas (López et al., 2024). Específicamente, su aplicación en la facilitación de tutorías para estudiantes, de cualquier nivel educativo en el que se encuentren, esta idea presenta una perspectiva emocionante y de relevancia significativa. La realidad inmersiva que abarca tanto la realidad

virtual como la aumentada, ofrece la capacidad de crear entornos educativos altamente inmersivos y personalizados, donde los estudiantes pueden involucrarse activamente en su propio proceso de aprendizaje (Alvarez et al., 2023). De esta manera, los distintos tipos de discriminación por falta de conocimientos en ciertos puntos de la educación podrían bajar considerablemente haciendo que la desigualdad en el ámbito educativo pueda disminuir y así poder formar a mejores profesionales.

El objetivo de esta investigación es identificar y analizar las herramientas de realidad inmersiva que tienen aplicaciones prácticas en el ámbito educativo. Este análisis busca comprender no solo las capacidades técnicas y pedagógicas de dichas herramientas, sino también las estrategias más efectivas para garantizar su implementación exitosa. Así, en esta investigación se encuentran citados diversos estudios y experimentos realizados con herramientas tecnológicas, desafíos y limitaciones que se pueden presentar al momento de realizar la implementación de herramientas tecnológicas, además de un modelo de integración para mejores prácticas de las herramientas de realidad inmersiva.

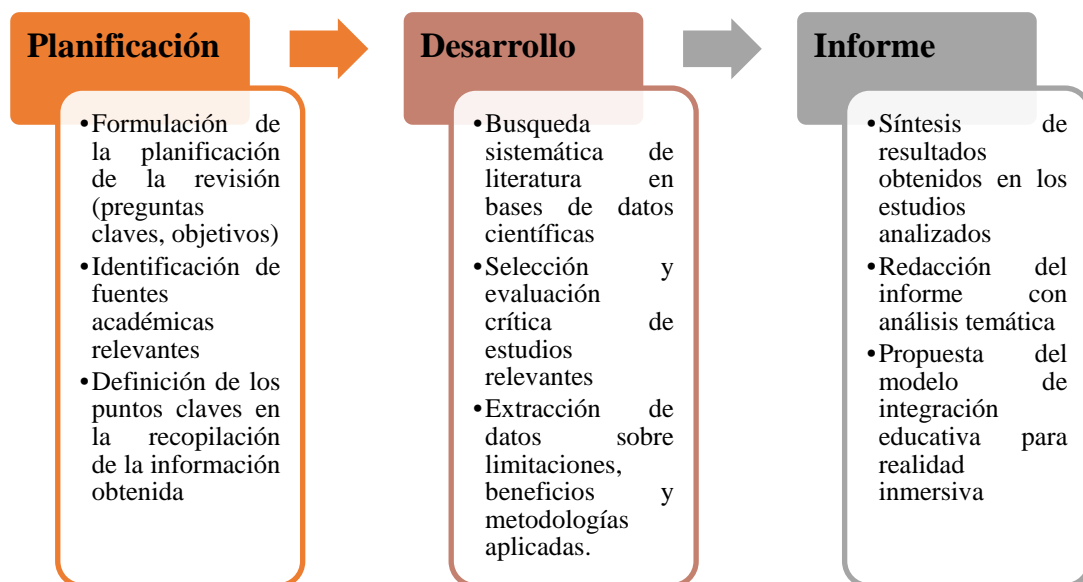
### Materiales y Métodos

La metodología aplicada en este estudio se basa en una adaptación de los lineamientos PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), desarrollando un enfoque metodológico propio que incorpora los principios fundamentales de esta guía para revisiones sistemáticas (Chocobar et al., 2025). Esta metodología adaptada se justifica por el potencial transformador que la tecnología tiene un proceso educativo (Tamami, 2024).

El proceso de revisión comprende tres fases: Planificación, desarrollo e informe, las cuales se describen en la Figura 1.

**Figura 1**

*Proceso de Revisión*



A continuación, se presenta el desarrollo de las fases:

### Planificación de la revisión

Aquí preparamos el protocolo por seguir en esta revisión. Primero, determinamos las preguntas claves para la investigación las cuales se mostrarán en la tabla, luego determinamos las fuentes de datos que tomaremos como referencia para dicha investigación. Se definieron 4 preguntas de investigación (PI), que enumeramos a continuación:

- PI1. ¿Qué tipo de temas se tomarán en cuenta?
- PI2. ¿Qué tipos de herramientas tecnológicas se investigarán?
- PI3. ¿Cuáles son los resultados que se obtienen por el uso de las herramientas?
- PI4. ¿Existe algún desafío o limitación para implementar las herramientas?

Entre las fuentes de bases de datos consultadas tenemos: Google Scholar, ResearchGate, Dialnet, SciELO y repositorios institucionales universitarios de Ecuador, Colombia y España.

En cuanto a las revistas científicas especializadas tenemos: RECIAMUC, Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo (RIDE), Educación XX1 y RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia

**Tabla 1**

*Criterios de búsqueda en la investigación*

CRITERIOS DE BÚSQUEDA	DESCRIPCIÓN
<b>Términos clave</b>	Realidad virtual, educación, realidad aumentada, aprendizaje, tecnologías inmersivas educativas y herramientas digitales, enseñanza
<b>Operadores booleanos</b>	AND, OR para combinar términos
<b>Filtros temporales</b>	Publicaciones entre 2020-2025

### Fuentes de datos

Las fuentes de datos para este estudio incluyen:

- *Tesis y trabajos de investigación*: se revisarán tesis de grado, maestría y doctorado que aborden la implementación de la realidad inmersiva en contextos educativos. estas fuentes permiten conocer experiencias previas, metodologías aplicadas y resultados obtenidos en distintos niveles educativos.
- *Artículos académicos y conferencias*: se buscarán publicaciones en revistas académicas y presentaciones en conferencias sobre el tema, lo cual aportara evidencia actualizada y validez científicamente.
- *Estudios de casos documentados*: se utilizaron reportes de implementación ya publicados en medios especializados, que permitieron recoger casos reales de aplicación. Estos aportes ofrecieron una visión más cualitativa y contextualizada, enriqueciendo el análisis con experiencias de docentes, estudiantes y expertos en tecnología educativa.



## Recopilación de información

La recopilación de información bibliográfica realizada en este artículo es un paso crucial para establecer un marco teórico sólido que sustente el análisis de la realidad inmersiva en el contexto educativo, nos permite identificar tendencias, desafíos y oportunidades en la implementación de tecnologías inmersivas empleando una metodología cualitativa exploratoria.

## Criterios de inclusión y exclusión

**Tabla 2**  
*Criterios de selección*

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Artículos de revistas	Resúmenes
Título de la investigación	Reseñas
Estudios de caso documentados	Duplicados
Publicados desde 2020 al 2025	Contenido no accesible
	Otro idioma que no sea inglés, español
	Otros temas

En el proceso, se emplearon técnicas como el análisis de contenido para identificar categorías temáticas recurrentes y herramientas como gestores bibliográficos, que facilitaron la organización de referencias. Además, se tomaron puntos clave que agruparon los estudios seleccionados según enfoques como diseño pedagógico, implementación tecnológica, accesibilidad y percepción de docentes y estudiantes. A continuación, se presentan dichos puntos clave que más resaltaron en la investigación:

- *Diseño pedagógico:* es la categoría más abordada en la literatura, destacando la importancia de adaptar las tecnologías inmersivas a objetivos educativos claros y experiencias de aprendizaje significativas. El uso de las tecnologías de la información y la comunicación en educación preescolar puede ser una herramienta poderosa para facilitar el aprendizaje de una segunda lengua mediante aplicaciones interactivas (Hoz, 2022). Algunos estudios enfatizan el impacto positivo en la comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades prácticas, especialmente en áreas de STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), el uso de las herramientas al momento de realizar tareas de alta complejidad el trabajo disminuye y el conocimiento se eleva al ser métodos relativamente nuevos para los estudiantes (Sánchez et al., 2022). La realidad virtual es una tecnología muy adaptable y significativa para la educación, ya que se puede ajustar a diversos contenidos educativos (Magallanes et al., 2021).
- *Implementación tecnológica:* muestra un enfoque en la interoperabilidad de dispositivos, compatibilidad de plataformas y sostenibilidad económica. Se identificaron barreras relacionadas con la infraestructura tecnológica insuficiente, como conectividad limitada y altos costos de mantenimiento. En el año 2021 se encontró que la realidad aumentada mejoró significativamente el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes de educación secundaria en la enseñanza de la geometría espacial al ser una nueva forma de ver las figuras geométricas en clases (Forero, 2022). También se incluye la identificación de aplicaciones móviles con capacidad para integrar la inteligencia artificial seleccionando roar.io como herramienta para digitalizar y presentar visualmente la información (Ferreira et al., 2024).

- *Accesibilidad*: reflejan la necesidad de garantizar un acceso equitativo, especialmente en contextos rurales o en comunidades con recursos limitados. Se destaca también la falta de programas inclusivos para estudiantes que presenten algún tipo de discapacidad (Pozo et al., 2021). Además, se descubrió que las tutorías matemáticas con la realidad aumentada ayudaron a la motivación y a la comprensión de los conceptos en estudiantes de secundaria en comparación con las tutorías tradicionales que se venían dando (Berumen et al., 2021).
- *Percepción docente y estudiantil*: aunque menos investigada, esta categoría resalta la importancia de la aceptación y el compromiso de los docentes y estudiantes. La resistencia al cambio y la falta de formación específica fueron identificadas como barreras clave. En gran parte de Europa se ha explorado el potencial de la realidad inmersiva en áreas específicas, tales como la enseñanza en las matemáticas y su impacto en el rendimiento académico; sin embargo, su aplicación en el desarrollo de tutorías para estudiantes de educación básica superior no ha sido ampliamente investigada (Prendes et al., 2021). La introducción al concepto de fractal en la enseñanza secundaria mediante realidad virtual inmersiva ofrece una oportunidad única para que los estudiantes comprendan este complejo concepto matemático de manera visual y tangible (Chavil et al., 2020).

Además, se han encontrado algunos trabajos para averiguar la herramienta que se utilizó, los resultados que se obtuvieron y los desafíos que se presentaron para su implementación. Todo lo antes mencionado se muestra en la Tabla 3 con los diferentes temas.

**Tabla 3**

*Datos extraídos de los estudios seleccionados*

TEMA (PI1)	AUTORES	AÑO	HERRAMIENTA (PI2)	PRINCIPALES RESULTADOS (PI3)	DESAFIOS Y LIMITACIONES (PI4)
Introducción al concepto de fractal en enseñanza secundaria usando realidad virtual inmersiva	Dante Yván Chavil Montenegro, Isabel María Romero Albaladejo y José L. Rodríguez Blancas	2020	Neo Trie VR	El <i>software</i> facilitó la construcción y comprensión del concepto fractal, se observó motivación y concentración durante su uso	Limitación en la gradualidad del aprendizaje y necesidad de diseños con mayor diversidad de fractales y actividades
La Realidad virtual como mediadora de aprendizajes. Desarrollo de una aplicación móvil de Realidad Virtual orientada a niños	Yesica Chirinos Delfino	2020	Realidad Virtual	Alta motivación y participación voluntaria y recuperación de conocimientos	Riesgo de confusión con la realidad y aspectos por mejorar del diseño

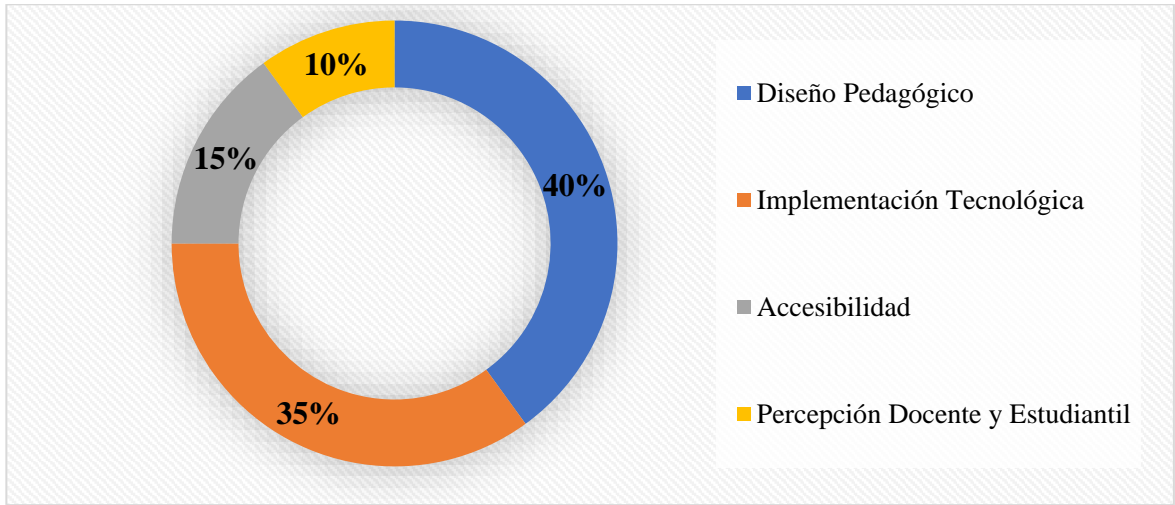
TEMA (PI1)	AUTORES	AÑO	HERRAMIENTA (PI2)	PRINCIPALES RESULTADOS (PI3)	DESAFIOS Y LIMITACIONES (PI4)
La preparación de docentes en educación a distancia: una experiencia en el sector del transporte	Ramón García Domínguez	2020	Realidad Virtual	La aplicación del curso virtual aprovecha las potencialidades de los entornos virtuales	Los horarios laborales y las responsabilidades operativas del sector dificultaron la asistencia constante a sesiones sincrónicas
Realidad aumentada como técnica didáctica en la enseñanza de temas de cálculo en la educación superior. Estudio de caso	Efrén Berumen López, Salvador Acevedo Sandoval y Susana Reveles Gamboa	2021	Realidad aumentada	Calculo diferencial e integral con modelos 3D en distintos tipos de ejercicios de funciones	La creación y uso de la <i>app</i> implicó un trabajo adicional en desarrollo (Android Studio, Java)
Simulación y realidad virtual aplicada en la educación	Juan Samuel Magallanes Rodríguez, Quely Jacqueline Rodríguez Aspiazu, Ángel Manuel Carpio Magallón y Martha Roció López García	2021	Realidad virtual	La habilidad que esta disciplina posee para facilitar el aprendizaje constructivista estimula los canales de entrada perceptivos	La implementación de RV requiere inversión en <i>hardware</i> , <i>software</i> y capacitación docente, limita su adopción en contextos con recursos restringidos
Effectiveness of flipped learning and augmented reality in the new educational normality of the Covid-19 era	Santiago Pozo-Sánchez, Jesús Lopez-Belmonte, Antonio José Moreno-Guerrero y Arturo Fuentes-Cabrera	2021	Realidad aumentada	La combinación de RA con flipped classroom tuvo un impacto positivo su media global fue AR (5.64) vs. flipped tradicional (4.57)	Limitado el diseño y tamaño de muestra; se necesita replicación en distintos niveles formativos
Tecnologías avanzadas para afrontar el reto de la innovación educativa	Prendes Espinoza M <sup>a</sup> Paz y Cerdán Cartagena Fernando	2021	Inteligencia artificial, realidad virtual y realidad aumentada	Amplia aplicabilidad de las tecnologías avanzadas en educación e interés creciente en la comunidad científica	Falta suficiente integración estructurada de estas tecnologías en instituciones educativas, lo cual ralentiza su impacto real
Análisis de la competencia digital docente en la creación de contenidos a través de	Forero Morales Hugo Morales	2022	FrameVR y Mozilla Hubs	Desarrollo de la competencia digital docente e identificación de áreas claves	Aunque hubo formación, fue insuficiente para alcanzar niveles competenciales

TEMA (PI1)	AUTORES	AÑO	HERRAMIENTA (PI2)	PRINCIPALES RESULTADOS (PI3)	DESAFIOS Y LIMITACIONES (PI4)
plataformas de realidad virtual inmersiva en educación básica					altos en creación de contenidos RV
El uso de las TIC en edad preescolar y la educación en una segunda lengua	Margarita Rosa de la Hoz	2022	Google Cardboard	Localizar contenidos, teclear, interactuar con programas permitiendo aprendizajes significativos en otro idioma	Se subraya la necesidad de contar con infraestructura adecuada y formación pedagógica para su correcta integración
Poliedros con el software de realidad virtual inmersiva Neotrie VR, una experiencia con maestros en formación	Antonio Codina Sánchez, María del Mar García López, Isabel María Romero Albaladejo y José Luis Lupiáñez Gómez	2022	NeoTrie VR	Reducción en los errores de identificar las clases de figuras tridimensionales en comparación con un grupo control	Necesidad de recursos técnicos como Visores RV y formación en el uso de NeoTrie VR, así como infraestructura adecuada
Implementación de una plataforma de realidad aumentada basada en Google ARCore enlazada a Moodle como apoyo a la docencia en la unidad educativa Mons. Edmundo Carmody de la ciudad de guayaquil en el cantón de Durán	Bohórquez Castro Juan Marcelo y Mariño Toaza Moisés Josué	2022	Google ARCore	La integración de la plataforma ARCore con el sistema Moodle permitió acceder fácilmente a recursos educativos desde una interfaz familiar	La disponibilidad de dispositivos compatibles con Google ARCore fue limitada, dificultando el acceso universal para todos los estudiantes.
Uso de la Realidad Virtual Inmersiva en el aula: un meta-análisis	Jacobo Roda Segarra, Santiago Mengual Andrés y Rosabel Martínez Roig	2022	Google Cardboard	Permite adaptar el ritmo, el nivel de dificultad y el tipo de contenido a las necesidades individuales de cada estudiante	Dificultades técnicas relacionadas con la conectividad, compatibilidad y dispositivos.

TEMA (PI1)	AUTORES	AÑO	HERRAMIENTA (PI2)	PRINCIPALES RESULTADOS (PI3)	DESAFIOS Y LIMITACIONES (PI4)
Realidad Inmersiva: Herramienta educativa para desarrollar el pensamiento computacional	José Fernando Garrido Aragón	2023	Atlas Ti	Se permitió analizar datos que se extrajeron y presentarlos en simulaciones	Existen pocos recursos diseñados específicamente para desarrollar el pensamiento computacional
Realidad aumentada móvil aplicada para simplificar el Sistema de Gestión de Calidad	Victor Manuel Ferreyra Coroy, Cristina Arely de León Condes, Martín Domínguez Sánchez y Alan Fernando Caballero Zariñan	2024	Realidad Aumentada	Acceder a instrucciones en tiempo real sin consultar manuales impresos ni digitales, reducir errores y acelerar la comprensión	Cualquier implementación de realidad aumentada exige capacitación de los usuarios en el escaneo de marcadores, navegación y uso de la app

Figura 2

Resultados Obtenidos de la Recopilación de Información



Desafíos y limitaciones de las herramientas de realidad inmersiva

La implementación de realidad inmersiva en el entorno educativo enfrenta una serie de desafíos y limitaciones que se clasifican en cuatro categorías principales las cuales son: técnica, pedagógica, económica y social. En este análisis se destacan los obstáculos más recurrentes y sus posibles implicaciones en diversos niveles educativos.

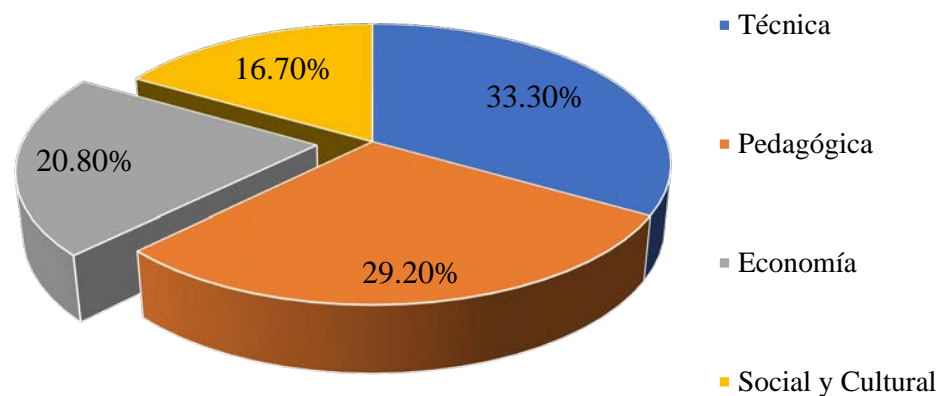
Los principales desafíos y limitaciones que nos topamos en la implementación de la realidad inmersiva en el contexto educativo:

- Aspectos técnicos: uno de los desafíos más mencionados a lo largo de esta investigación fue la falta de una infraestructura adecuada, tales como los dispositivos compatibles, conectividad de alta velocidad y un software que sea

especializado. la tecnología informática aplicada en la educación con realidad virtual se presenta como herramienta innovadora en el ámbito educativo, especialmente en el aprendizaje infantil a pesar de lo complicado que es implementar alguna herramienta tecnológica según su zona geográfica. el desarrollo de aplicaciones móviles de realidad virtual orientadas a este grupo etario tiene el potencial de enriquecer el proceso educativo, al ofrecer experiencias de aprendizaje inmersivas que estimulan la creatividad, la resolución de problemas y el pensamiento crítico (Delfino, 2020).

- *Dimensión pedagógica:* la resistencia al cambio por parte de los docentes, así como la falta de capacitación de las áreas específicas, limita la adopción de herramientas inmersivas, además, se identificó que los planes de estudio en la mayoría de los contextos no están diseñados para integrar tecnologías inmersivas y los objetivos educativos que tienen todas las unidades educativas. La realidad aumentada y la realidad virtual no reemplazan a un profesor como tal, más bien se convierte en una ayuda interpretativa o ayuda a un alumno en una confusión que puede surgir en el estudiante, este es un desafío importante para los educadores y los maestros que se enfrentan a estas últimas tecnologías (Bohórquez et al., 2022). La preparación de docentes, en educación a distancia en el sector del transporte, representa un desafío único, ya que combina la necesidad de competencias pedagógicas con el dominio de herramientas tecnológicas específicas para entornos virtuales. Los docentes en este sector deben ser capacitados no solo en estrategias de enseñanza en línea, sino también en la contextualización de los contenidos hacia las necesidades y dinámicas propias del transporte, como la logística, la seguridad y la regulación (García, 2020).
- *Barreras económicas:* el costo elevado de adquisición, mantenimiento y actualización de dispositivos inmersivos en una barrera sumamente crítica, especialmente en instituciones con presupuestos limitados. Esta problemática que se presenta se agrava aún más en aquellos países en vías de desarrollo, donde la inversión en tecnologías educativas suele ser reducida, o en algunos casos casi nula o inexistente. La realidad inmersiva tiene el potencial de transformar la educación y el desarrollo de habilidades, especialmente en el pensamiento computacional. Proporciona una experiencia de aprendizaje altamente inmersiva y atractiva, promoviendo el pensamiento crítico y el razonamiento lógico a través de la resolución de problemas en los entornos virtuales. En este sentido, los estudiantes se enfrentan a desafíos que requieren la aplicación de algunos algoritmos y la lógica computacional, obligándolos a pensar de manera crítica y utilizar estrategias de resolución de problemas, esto contribuye al desarrollo de habilidades de pensamiento computacional (Aragón, 2023).
- *Aspectos sociales y culturales:* la inclusión y el acceso equitativo a estas tecnologías representan un gran reto considerable. Estudiantes de zonas rurales o con alguna limitante extra como pueden ser las discapacidades enfrentan mayores dificultades para beneficiarse de estas herramientas, lo que amplía las brechas educativas existentes. Aunque los dispositivos para acceder a mundos virtuales datan de hace más de medio siglo, la convergencia de dos factores ha impulsado el creciente auge de la realidad virtual como el aumento progresivo de la potencia de cálculo de los ordenadores y la reducción de costos en dispositivos necesarios para acceder a esta tecnología (Mengual et al., 2022).



**Figura 3***Porcentajes de los Desafíos Encontrados en la Revisión Bibliográfica***Propuesta de modelo de integración de herramientas inmersivas**

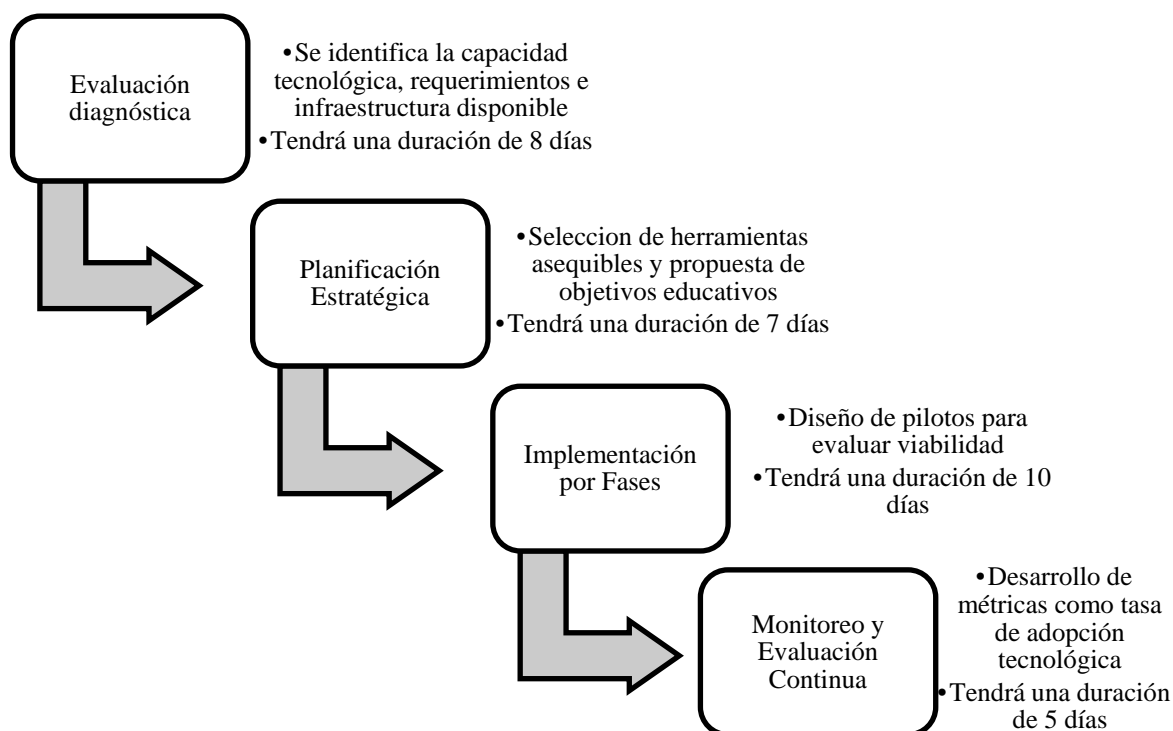
A través de un proceso sistemático, se estructuraron las etapas clave del modelo de integración, abarcando diagnóstico, planificación estratégica, implementación y evaluación continua. A continuación, se presenta el modelo a base de lo que se revisó con anterioridad para la integración de las herramientas:

- *Evaluación diagnóstica:* se identificaron las capacidades tecnológicas y pedagógicas existentes, los requerimientos de los estudiantes y la infraestructura disponible en las instituciones educativas. Este diagnóstico permitió establecer una línea base para definir intervenciones realistas y personalizadas según el contexto de cada institución. También se evaluó el nivel de familiaridad de los docentes con herramientas digitales y el grado de receptividad de la comunidad educativa hacia nuevas tecnologías.
- *Planificación estratégica:* se seleccionaron herramientas inmersivas asequibles y se propusieron objetivos educativos alineados con su implementación, priorizando la capacitación a los docentes que estén encargados de la herramienta en cuestión. Se elaboran planes de formación continua, integrando contenidos técnicos y pedagógicos, y se definieron recursos materiales y humanos necesarios, además, se promovió la integración curricular de las tecnologías inmersivas para garantizar su aplicación coherente y significativa dentro de los planes de estudio.
- *Implementación por fases:* se diseñaron pilotos para evaluar la viabilidad antes de escalar las herramientas inmersivas en otros niveles educativos. Este enfoque gradual permitió realizar ajustes técnicos y pedagógicos basados en los primeros resultados. Se buscó la participación activa de docentes y estudiantes, fomentando un ambiente de experimentación y aprendizaje colaborativo.
- *Monitoreo y evaluación continua:* se desarrollaron métricas como la tasa de adopción tecnológica, la mejora en los resultados de aprendizaje y la sostenibilidad económica. También se consideraron indicadores cualitativos como el nivel de satisfacción de los usuarios y la integración efectiva en la dinámica del aula. Se promovió una retroalimentación constante para mantener la calidad y pertinencia del modelo, incentivando la mejora continua a través de comités de seguimiento.

A continuación, se presentan las etapas del modelo con la duración que tuvo cada uno de sus puntos:

**Figura 4**

*Etapas y duración del modelo de integración*



### Resultados y Discusión

Recopilar información bibliográfica permitió identificar estudios relevantes como se vieron en la Figura 2, de los cuales alrededor del 40% se centró en el diseño pedagógico; otro 35% en la implementación tecnológica, un 15% en accesibilidad y el 10% en la percepción de docentes y estudiantes. Los hallazgos indicaron que la mayoría de las investigaciones destacan la capacidad de las tecnologías inmersivas para la mejora de la comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades prácticas, especialmente en áreas STEM.

Se reportó que la realidad virtual facilitó una mayor comprensión de conceptos abstractos y el desarrollo de habilidades prácticas en la enseñanza y aprendizaje, especialmente en los ámbitos de educación básica y profesional; sin embargo, también se evidenció una brecha significativa en términos de accesibilidad y formación docente, lo que limita su adopción generalizada. La mayoría de los estudios revisados subrayaron la falta de programas inclusivos y la necesidad de infraestructura tecnológica adecuada, así como la resistencia al cambio por parte de los actores educativos clave. Este análisis permitió recopilar una base sólida de conocimiento que servirá de referencia para la implementación de estas herramientas.

El análisis bibliográfico permitió comprender que las investigaciones se concentran en aspectos pedagógicos y tecnológicos, lo que refleja la prioridad de integrar estas herramientas en los procesos educativos; sin embargo, la accesibilidad y la percepción docente/estudiantil, aunque menos investigadas, representan áreas críticas para lograr una implementación efectiva. La recopilación de información evidencia una creciente aceptación de la realidad inmersiva como herramienta educativa, aunque persisten desafíos como la capacitación docente, la

interoperabilidad tecnológica y las limitaciones presupuestarias. Estos hallazgos establecen una base sólida para las siguientes fases del estudio y para diseñar estrategias que aborden estas áreas claves de mejora.

**Tabla 4**

*Lista de herramientas tecnológicas identificadas*

HERRAMIENTA	USO
Neo Trie VR	Enseñanza de geometría tridimensional
Realidad Virtual	Crear entornos simulados en 3D
Realidad Aumentada	Superponer elementos virtuales sobre el mundo real
Inteligencia Artificial	Usada en educación personalizada como asistentes virtuales
Frame VR y Mozilla Hubs	Crear y compartir espacios virtuales colaborativos en 3D
Google ARCore	Permite crear aplicaciones que integran objetos digitales en entorno físico
Google Cardboard	Utiliza smartphones para brindar experiencias inmersivas básicas
Atlas Ti	Análisis cualitativo de datos, usado para codificar, organizar y analizar información textual y multimedia

En el análisis de desafíos y limitaciones se identificaron cuatro categorías principales de desafíos: técnicos, pedagógicos, económicos y sociales/culturales. En términos técnicos, se observó que el 75% de las instituciones enfrentan barreras relacionadas con la falta de dispositivos compatibles, conectividad de alta velocidad u software especializado. En la dimensión pedagógica, la falta de capacitación y la resistencia al cambio por parte de los docentes destacaron como barreras críticas, mencionadas en el 60% de los estudios revisados. Desde el ámbito económico, el 70% de las investigaciones señalaron que el alto costo de adquisición, mantenimiento y actualización de tecnologías inmersivas limita su implementación, especialmente en países en vías de desarrollo. Por último, en el aspecto social y cultural, la falta de equidad y programas inclusivos se identificó como un obstáculo que afecta principalmente a estudiantes en zonas rurales o con discapacidades.

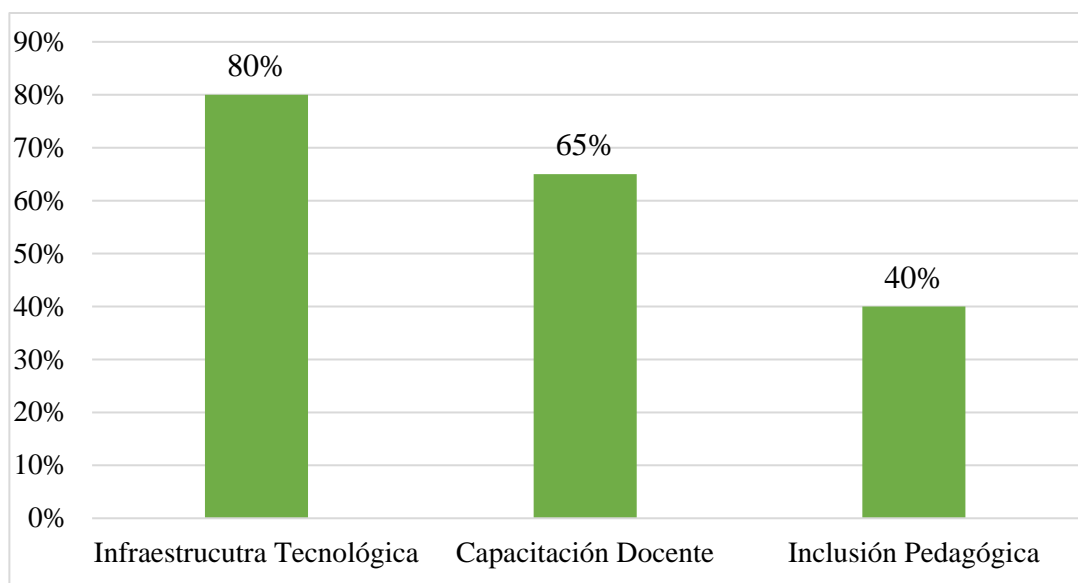
La Tabla 4 muestra diversas herramientas tecnológicas y sus usos principales en el ámbito educativo y de investigación, incluye recursos de realidad virtual y aumentada, como Neo Trie VR, Google Cardboard y ARCore, que permiten crear entornos inmersivos y superponer elementos digitales en el mundo físico. También se destacan plataformas colaborativas como Frame VR y Mozilla Hubs, que facilitan la interacción en espacios 3D.

además, se resalta el papel de la inteligencia artificial en la educación personalizada y de Atlas Ti en el análisis cualitativo de datos. En conjunto, estas herramientas potencian la enseñanza, el aprendizaje y la investigación mediante experiencias digitales innovadoras.

Los resultados de la Figura 3 indican que la categoría técnica es la más relevante, con un 33,3%, lo que sugiere un enfoque prioritario en aspectos tecnológicos e infraestructura. Le sigue la Pedagógica con un 29,2%, reflejando la importancia de las estrategias de enseñanza y aprendizaje en el contexto analizado. La economía ocupa un 20,8%, evidenciando que los costos y la viabilidad financiera son consideraciones relevantes, aunque no predominantes. Por último, la categoría social y cultural tiene el menor porcentaje (16,7%), indicando que los aspectos relacionados con impacto social o aceptación cultural tiene menor énfasis. En general, la distribución refleja un balance, pero con mayor prioridad hacia lo técnico y pedagógico, posiblemente orientado al desarrollo de proyectos o estrategias que integren tecnología y aprendizaje efectivo.

**Figura 5**

*Barreras de la implementación de las herramientas*



En el diseño de un modelo de integración, el modelo propuesto se estructuró en tres pilares fundamentales: infraestructura tecnológica, capacitación docente e inclusión pedagógica. Los resultados del análisis indicaron que las estrategias de integración deben priorizar, en primer lugar, la adquisición de dispositivos inmersivos accesibles y la mejora de la conectividad en los entornos educativos, lo que fue señalado como una necesidad urgente en el 80% de los estudios revisados; en segundo lugar, se diseñaron programas de formación docente específicos, basados en metodologías activas, que permitan a los educadores adoptar de forma progresiva las herramientas inmersivas. Este aspecto fue respaldado por el 65% de los estudios analizados, que destacaron la importancia de la formación continua. Finalmente, se incluyó una perspectiva inclusiva, destacada en el 40% de las investigaciones, que propone garantizar el acceso equitativo a estudiantes de diferentes contextos socioeconómicos y capacidades, utilizando estrategias como financiamiento público y colaboración con el sector privado como se observa en la Figura 5.

La falta de capacitación al docente fue la barrera más mencionada, seguida de la falta de infraestructura y los altos costos. Estos factores limitan la adopción efectiva de tecnologías inmersivas, sobre todo en instituciones rurales o con escasos recursos. Es así como surge la

necesidad de modelos sostenibles de financiamiento y colaboración interinstitucional emergió como una prioridad. Además, se subrayó la importancia de alianzas público-privadas para garantizar la continuidad e innovación en el uso de estas herramientas. Se identificó que el éxito del modelo depende también de la voluntad institucional, el apoyo de las autoridades educativas y el compromiso de todos los actores involucrados en el proceso educativo.

Respondiendo a las preguntas de investigación como los tipos de temas considerados (PI1) la investigación abarcó principalmente áreas STEM, con énfasis en matemáticas, geometría, ciencias naturales y desarrollo de competencias digitales. Las herramientas tecnológicas investigadas (PI2) se identificaron 8 herramientas principales, destacando Neo Trie Vr, Google Cardboard, Google ARCore, y plataformas colaborativas como FrameVR y Mozilla Hubs. Como resultados obtenidos (PI3) se reportaron mejoras significativas en motivación estudiantil, comprensión de conceptos abstractos, y desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y computacional. En desafíos y limitaciones (PI4) se categorizaron en cuatro áreas principales: técnicas (33,3%), pedagógicas (29,2%), económicas (20,8%) y sociales/culturales (16,7%).

Como limitaciones de estudio es importante reconocer que esta investigación se basó en una metodología adaptada de PRISMA, no en su aplicación rigurosa completa. Asimismo, todos los estudios analizados provienen de contextos específicos, lo que puede limitar la generalización de los hallazgos a otros entornos educativos.

### Conclusiones

La investigación ofreció un análisis exhaustivo de los desafíos, limitaciones y propuestas para la integración de herramientas de realidad inmersiva en el ámbito educativo. En este trabajo se identificaron barreras técnicas, pedagógicas, económicas y sociales, además se propone un modelo integral de implementación que destaca la necesidad de una infraestructura tecnológica sólida, capacitación docente continua e inclusión pedagógica como pilares fundamentales para una adopción efectiva.

Los resultados evidencian el impacto positivo de estas tecnologías en la comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades prácticas, especialmente en áreas STEM. No obstante, persisten desafíos como la accesibilidad, el alto costo de los dispositivos y la resistencia al cambio, especialmente en contextos desfavorecidos. Estas limitaciones reflejan la urgencia de estrategias inclusivas que aborden las desigualdades educativas mediante políticas integradoras, incentivos institucionales y acompañamiento técnico-pedagógico.

Se propuso un modelo que no solo ofrece soluciones inmediatas, como programas de formación y mejoras en conectividad, sino que plantea un enfoque progresivo y sostenible. La realidad inmersiva no solo transforma los métodos de enseñanza, sino que redefine la interacción con el conocimiento, fomentando un aprendizaje activo y personalizado. Su adopción representa una oportunidad para reducir las brechas educativas y preparar a los estudiantes para un entorno digital global, además de innovar en métodos de evaluación centrados en habilidades prácticas, pensamiento crítico y creatividad.

Como líneas futuras, se propone desarrollar estudios longitudinales que evalúen el impacto a largo plazo de estas tecnologías en el rendimiento académico y socioemocional. También se sugiere investigar contenidos inmersivos adaptados a diversos contextos culturales y educativos, establecer métricas estandarizadas de evaluación, explorar la integración con inteligencia artificial, y promover modelos de financiamiento sostenibles. Asimismo, sería

pertinente fomentar redes de intercambio de buenas prácticas entre instituciones que ya aplican estas herramientas, fortaleciendo comunidades colaborativas a nivel regional o internacional.

### Reconocimientos y Declaraciones

Agradezco profundamente a mi tutor Leonardo Javier Chancay García por su valiosa guía a lo largo de esta investigación, así como a la Universidad Técnica de Manabí (UTM) por el respaldo académico brindado en el transcurso de la carrera. Extiendo también un saludo y reconocimiento al Gobierno del Ecuador por su compromiso con la investigación y la educación superior.

Los autores declaran que, en la elaboración del presente artículo, no se ha utilizado herramientas de inteligencia artificial.

### Referencias

- Agurto Cabrera, J. C., & Guevara Vizcanío, C. F. (2023). Realidad Virtual para la mejora del rendimiento académico de los estudiantes de educación superior. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 6(2), 233-243. <https://dspace.ucacue.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c9beb366-2e75-44b1-a520-21b0e9f72221/content>
- Alvarez, I. M., Manero, B., Morodo, A., Suñe-Soler, N., & Henao, C. (2 de enero de 2023). Realidad Virtual Inmersiva para mejorar la competencia de gestión del clima del aula en secundaria. *Educación XXI*, 26(1), 249-272. <https://doi.org/10.5944/educxx1.33418>
- Aragón Garrido, J. F. (01 de septiembre de 2023). Realidad Inmersiva: Herramienta educativa para desarrollar el pensamiento computacional. *Revista Latinoamericana OGMIOS*, 3(8), 70-81. <https://doi.org/10.53595/rlo.v3.i8.085>
- Berumen López, E., Acevedo Sandoval, S., & Reveles Gamboa, S. (2021). Realidad aumentada como técnica didáctica en la enseñanza de temas de cálculo en la educación superior. Estudio de caso. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(22), 30-45. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-74672021000100140&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-74672021000100140&script=sci_arttext)
- Bohórquez Castro, J. M., & Mariño Toaza, M. J. (21 de enero de 2022). Implementación de una Plataforma de Realidad Aumentada basada en Google ARCore enlazada a Moodle como apoyo a la Docencia en la Unidad Educativa Mons. Edmundo Carmody de la Ciudad de Guayaquil en el Cantón de Durán 2021. Repositorio Institucional. <https://dspace.itb.edu.ec/handle/123456789/3886>
- Chavil Montenegro, D. Y., Romero Albaladejo, I. M., & Rodríguez Blancas, J. L. (2020). Introducción al concepto de fractal en enseñanza secundaria usando realidad virtual inmersiva. *Desde el Sur*, 12(2), 615-629. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2415-09592020000200615&lang=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2415-09592020000200615&lang=es)
- Chocobar Reyes, E. J., & Barreda Medina, R. F. (2025). Estructuras metodológicas PICO y PRISMA 2020 en la elaboración de artículos de revisión sistemática: Lo que todo investigador debe conocer y dominar. *Ciencia Latina. Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 8525-8543. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1.16491](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16491)
- Delfino, Y. C. (2020). La Realidad virtual como mediadora de aprendizajes. Desarrollo de una aplicación móvil de Realidad Virtual orientada a niños. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*(27), 98-99. [https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-99592020000300014&lang=es](https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-99592020000300014&lang=es)
- Ferreira Coroy, V. M., de León Condes, C. A., Domínguez Sánchez, M., & Caballero Zariñan, A. F. (2024). Realidad aumentada móvil aplicada para simplificar el Sistema de Gestión de Calidad. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 12(Especial), 57-60. <https://doi.org/10.29057/icbi.v12iEspecial.12175>



- Forero Morales, H. A. (06 de noviembre de 2022). *Análisis de la competencia digital docente en la creación de contenidos a través de plataformas de realidad virtual inmersiva en educación básica*. <https://hdl.handle.net/11285/650750>
- García Domínguez, R. (2020). La preparación de docentes en educación a distancia: una experiencia en el sector del transporte. Varona. *Revista Científico Metodológica*(71), 91-95. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1992-82382020000200091&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1992-82382020000200091&lang=es)
- Hoz, M. R. (2022). El uso de las TIC en edad preescolar y la educación en una segunda lengua. *Revista de Ciencias de la Educación, Docencia, Investigación y Tecnologías de la Información: CEDOTIC*, 7(1), 14-41. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8889801>
- López Lozada, J. E., Moya Esparza, A. J., & Moya Ibarra, D. E. (2024). Realidades Extendidas: El futuro de la enseñanza y el aprendizaje interactivo. VICTEC. *Revista Académica y Científica*, 5(8), 126-152. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/572/5724879007/>
- Magallanes Rodríguez, J. S., Rodríguez Aspiazú, Q. J., Carpio Magallón, Á. M., & López García, M. R. (abril de 30 de 2021). Simulación y realidad virtual aplicada a la educación. *RECIAMUC*, 101-110. DOI: 10.26820/reciamuc/5.(2).abril.2021.101-110
- Mengual Andrés, S., Roda Segarra, J., & Martínez Roig, R. (15 de julio de 2022). El uso de la Realidad Virtual Inmersiva en las aulas: un meta-análisis. *Research in Education and Learning Innovation Archives*(29), 1-13. DOI: 10.7203/realia.29.21488
- Pozo Sánchez, S., Lopez Belmonte, J., Moreno Guerrero, A. J., & Fuentes Cabrera, A. (28 de febrero de 2021). Effectiveness of flipped learnig and augmented reality in the new educational normality of the Covid-19 era. *SciELO*, 1-10. DOI: 10.35699/1983-3652.2021.34260
- Prendes Espinosa, P., & Cerdán Cartagena, F. (2021). Tecnologías avanzadas para afrontar el reto de la innovación educativa. RIED. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 33-39. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.28415>
- Sánchez, A. C., García López, M. d., Romero Albaladejo, I. M., & Lupiañez Gómez, J. L. (19 de julio de 2022). Poliedros con el software de realidad virtual inmersiva NeotrieVR, una experiencia con maestros en formación. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 1-14. <https://doi.org/10.6018/reifop.531841>
- Tamami Sisa, A. M. (11 de abril de 2024). Las TICS y su incidencia en el aprendizaje de los estudiantes en la Unidad Educativa Francisco Huerta Rendón [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16185/TAMAMI%20SISA%20ALEX%20MAURICI%20O.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## Factores que inciden en la enseñanza-aprendizaje de las escuelas de policía en Colombia

## Factors that influence teaching and learning in Police Schools in Colombia

Ricardo Pachón Gutiérrez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2926-7644>,  
Jennifer Ortiz Barrios<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0003-0798-0726>, Martha Lucia Gallego  
Betancourth<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0486-8125>

<sup>1</sup>*Dirección de Educación Policial Institución Universitaria de la Policía Nacional,*  
Bogotá, Colombia

[ricardo.pachon@correo.policia.gov.co](mailto:ricardo.pachon@correo.policia.gov.co),  
[jennifer.ortiz@correo.policia.gov.co](mailto:jennifer.ortiz@correo.policia.gov.co),  
[martha.gallego1092@correo.policia.gov.co](mailto:martha.gallego1092@correo.policia.gov.co)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/08/20  
Aceptado: 2025/10/06  
Publicado: 2025/12/15

### Resumen

Este artículo describe los factores que inciden en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la educación policial a partir de tres categorías de análisis: estilos de aprendizaje, factores ambientales y factores emocionales. Se observó el triángulo comunicacional entre docentes, comandantes y estudiantes, recurso para adentrarse en la perspectiva pedagógica. Se realizó una etnografía de corte descriptivo y observación no participante para analizar la interacción comunicativa en las prácticas educativas en trece Escuelas de Policía de Colombia, en los componentes de formación y entrenamiento; como variable emergente surge los factores que afectan el aprendizaje, posterior al procesamiento de las bitácoras de observación en Atlas. Ti. Entre los hallazgos encontrados está que los docentes utilizan estrategias estándares que pueden descuidar particularidades de los estudiantes, esto asociado a la dificultad de atender a los estilos propios de aprendizaje de los estudiantes, debido a que los grupos por clase son numerosos. Las condiciones ambientales como deficiencia en la infraestructura, entre otros aspectos: la cantidad de estudiantes por aula, la visibilidad en aulas con escasa iluminación, medios educativos como las pantallas interactivas que no permiten la visibilidad por parte de todos los estudiantes, generan a su vez incidencia en el aprendizaje. Respecto a los factores emocionales, se asocia la relación jerárquica y espacios de agotamiento físico que incide en el

**Sumario:** Introducción, Materiales y Métodos, Análisis de Resultados, Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** Pachón, R., Ortiz, J. & Gallego, M. (2025). Factores que inciden en la enseñanza-aprendizaje de las escuelas de policía en Colombia. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 66- 85.  
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1375>

aprendizaje. Se encuentran tradiciones y patrones culturales perennes como paradigmas respecto a lo que es valorado como aprendizaje. En conclusión, el enfoque en la disciplina y la obediencia es esencial en la educación policial y debe integrarse con los aspectos conceptuales y teóricos del objeto de estudio, para la formación integral. Se privilegia la identidad doctrinal sobre la educativa, se requiere mayor visibilidad en la corresponsabilidad para el desarrollo del currículo.

**Palabras clave:** currículo, educación policial, estilos de aprendizaje, etnografía rápida y pedagogía.

### Abstract

This article describes the factors that influence the teaching-learning process in police education based on three categories of analysis: learning styles, environmental factors, and emotional factors. The communication triangle among instructors, commanders, and students was observed as a resource for examining the pedagogical perspective. The research method was descriptive ethnography and non-participant observation, which analyzed communicative interaction in everyday educational practices in thirteen Police Schools in Colombia, focusing on the training and instructional components. As an emerging variable, the factors that affect learning were identified after processing the observation logs in Atlas.ti. Among the findings, it was noted that instructors use standard strategies that may overlook students' particularities, due to the difficulty of addressing individual learning styles in large classes. Environmental conditions—such as deficiencies in infrastructure, class size, poor lighting, and educational tools like interactive screens that limit visibility for many students—also impact learning. Regarding emotional factors, the hierarchical relationships and physically exhausting environments were found to influence learning. Persistent cultural traditions and patterns were also evident, including paradigms about what is considered valuable learning. In conclusion, the focus on discipline and obedience is essential in police education and must be integrated with the conceptual and theoretical aspects of the subject matter to achieve comprehensive training. Doctrinal identity is prioritized over educational identity, and greater visibility is needed regarding shared responsibility in curriculum development.

**Keywords:** curriculum, police education, learning styles, rapid ethnography, pedagogy.

### Introducción

Una contextualización histórica del aprendizaje implica vincularlo con los procesos de pensamiento. La descripción que realiza Solís (2018) inicia con el periodo antiguo, representado por Platón y Aristóteles en el pensamiento lógico. En la Edad Media, con el ascenso del cristianismo, se enfatiza en la razón, aunque subordinada a la fe. En el siglo XX, autores como Husserl, Wittgenstein y Heidegger reafirmaron la fenomenología hermenéutica, la conciencia y los juegos del lenguaje. En este siglo también se integran los avances científicos, psiquiátricos y psicológicos, con experimentos que buscan demostrar o desvirtuar rasgos asociados a los comportamientos por medio de la disección de cerebros y las técnicas de reacción a estímulos aplicadas tanto a seres humanos como en animales (El-Hai, 2013).

La Fundación Empresarios por la Educación (2022) sitúa las brechas de la educación en remediación del aprendizaje, calidad, cobertura, prevención en la deserción, reformas institucionales, entre otras, además, se afirma que existe una pérdida del aprendizaje postpandemia; sin embargo, Hurtado y Sánchez (2022) proponen que el mayor reto que enfrenta el país es alcanzar acceso equitativo a educación de calidad debido a que el sistema

educativo en Colombia replica y refuerza la segregación, al concentrar la oferta de educación de calidad en instituciones privadas, costosas y fuera del alcance de la mayoría. Así, la mayor parte de niñas, niños y jóvenes presenta deficientes competencias cognitivas, ciudadanas y socioemocionales y bajo capital humano y social.

Posteriormente, el siglo XXI imprime un escenario diferencial. Harari (2024) argumenta que, para dominar una colonia, ya no es necesario desplegar una artillería, sino que basta con apoderarse de los datos. Los territorios son dominados, no mediante una fuerza militar manifiesta, sino con información que se convierte en el eje del control.

Las construcciones socioculturales (objetivas, subjetivas e intersubjetivas) determinan institucionalmente qué enseñar y qué no, imprimiendo una connotación especial a los modelos políticos y económicos. Términos como el tecnofeudalismo comienzan a resonar. Las revoluciones educativas implican formar estudiantes para el mundo, y como menciona Stiglitz (2010), los países deben dotar a su población con los conocimientos y habilidades necesarios para competir en un mercado global. Para el caso de Colombia, los escenarios no son alentadores, como lo informa el Banco Mundial (2021). El porcentaje de pobreza de aprendizaje es del 49%, por lo que los esfuerzos son urgentes. Empresarios por la Educación (2022) sugiere actualizar los derechos básicos de aprendizaje (DBA), asociándolos a la formación universitaria y al mercado laboral del siglo XXI. Así también, recomiendan programas que fortalezcan competencias básicas en matemáticas, lectura y un énfasis en STEAM. En este mismo sentido, Giannini (2021) sostiene que las habilidades digitales representan una herramienta esencial para participar en la sociedad, y por lo tanto, constituyen la alfabetización vigente en sí mismas.

Los resultados de las pruebas del Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) para Colombia, analizados por Wasserman (2021), evidencian una calificación entre 75 y 90 puntos por debajo del promedio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). En el área de ciencias, por ejemplo, el porcentaje de estudiantes con desempeño superior es prácticamente cero.

Estos hallazgos también demuestran que la condición socioeconómica de los estudiantes colombianos es un fuerte predictor de bajos resultados académicos. Esta situación está acentuada por las brechas geográficas entre las zonas urbanas y las rurales, incluyendo el área rural dispersa.

Esta disparidad se reafirma en las marcadas diferencias entre colegios oficiales y no oficiales del sector rural. El Observatorio de Gestión Educativa (2024) señala que la diferencia en puntajes es de 71 puntos, con las instituciones no oficiales alcanzando 300 puntos y las oficiales 229 puntos.

Este panorama impulsa la necesidad de caracterizar a los estudiantes de policía que ingresan a la oferta académica de la Dirección de Educación Policial (DIEPO-Institución de Educación Superior) de acuerdo con el marco normativo colombiano. Estas características, según el Sistema para la Prevención de la Deserción de la Educación Superior (SPADIES), son las siguientes:

**Tabla 1***Caracterización de estudiantes de policía que ingresan a los programas académicos*

VARIABLE	VIGENCIA		
	Clasificación	2022	2023
Estrato socioeconómico	1	60,78%	65,14%
	2	31,38%	27,51%
	3	5,71%	6,35%
Calificación examen de Estado	Nivel	2022	2023
	Bajo	79.32%	76.71%
	Medio	19.41%	22.36%
	Alto	1.27%	0.8%

*Nota:* La figura muestra el porcentaje de población de estudiantes que ingresa a las Escuelas de Policía, focalizado en dos variables estrato socioeconómico y calificación de examen de Estado en las vigencias de 2022 y 2023. Fuente: SPADIES.

La DIEPO ofertó cincuenta y ocho (58) programas académicos entre 2021 y 2024, periodo en el cual se titularon 41.468 estudiantes. La distribución de estos egresados fue la siguiente:

- 26.676 en formación inicial (Técnico Profesional en Servicio de Policía, Administrador Policial y Especialización en Servicio de Policía).
- 2.090 en especializaciones, maestrías y pregrados.
- 12.702 estudiantes en tecnologías y técnicos laborales.

Estas cifras confirman que la concentración de estudiantes de policía está enfocada en la formación inicial, y que estos egresados, posteriormente, suelen continuar en programas de tecnologías, especializaciones técnicas y tecnológicas relacionadas con el servicio de policía.

### Contextualización y propósito de la investigación

Contextualizar un panorama global de los matices que rodean el aprendizaje y vincularlos con sistemas de medición permite establecer el punto de partida para representar lo abstracto que implica este fenómeno. Como lo menciona Meirieu (1992), aprender implica estar atento, leer, escuchar, escribir y recibir conocimientos; es decir, describir la realidad. En este sentido, el aprendizaje se manifiesta en estos signos, si bien la adquisición profunda del conocimiento va más allá de su mera manifestación.

### Propósito central

El propósito de esta investigación no fue analizar las operaciones mentales que implica el aprendizaje, sino identificar los factores que inciden en su adquisición.

Este proceso investigativo de etnografía rápida tuvo como objetivo identificar los “Factores que inciden en la enseñanza-aprendizaje, en las Escuelas de Policía”. Esto se realizó a partir de la observación del triángulo comunicacional de docente-comandante-estudiante, asociado a diversas variables inherentes al individuo y propias del contexto de aprendizaje, mediadas por la percepción del estudiante (Monroy et al., 2014).

### Aprendizaje Policial y dispositivo de disciplina

Comprender el proceso de aprendizaje como un elemento que reproduce prácticas institucionalizadas en la educación policial requiere segmentar los procesos de enseñanza formal, así como incluir una mirada a lo extracurricular, que opera con un componente curricular implícito que fomenta la disciplina y la sujeción jerárquica.

Este proceso de enseñanza-aprendizaje, necesario desde lo doctrinal en la educación policial, se caracteriza por su enfoque disciplinado y estructurado, fuertemente influenciado por la jerarquía institucional. El modelo combina la formación teórica con ejercicios prácticos, enfatizando lo corporal, la obediencia a la autoridad y el desarrollo de competencias profesionales, características esenciales del constructo doctrinal y disciplinario policial.

Foucault (1975) plantea que instituciones como las escuelas, los hospitales, la policía y el ejército generan un control minucioso sobre el individuo a través de la disciplina, la cual opera como una tecnología política que moldea y fabrica cuerpos útiles para el sistema social, normalizando comportamientos y neutralizando la resistencia. Entre los mecanismos enunciados por el autor se encuentra la organización del espacio, que ubica al individuo en un lugar visible que evidencia jerarquías (por ejemplo, formaciones policiales y fases de entrenamiento), y el panoptismo, que lo abarca y vigila constantemente. Como fin último de esta tecnología, Foucault la denomina la creación de “cuerpos dóciles”, buscando la transformación y el perfeccionamiento del individuo para el sistema.

### **Alcance de la investigación**

Es importante aclarar que esta investigación no profundizó de manera práctica en la segmentación disciplinaria descrita. No obstante, de acuerdo con lo observado, el enfoque predominante en la disciplina y la obediencia, si bien es esencial en la formación policial, puede inadvertidamente desplazar la atención de los aspectos conceptuales y prácticos que constituyen el objeto de estudio: el servicio de policía.

El estudio tampoco pretende identificar la pertinencia y calidad de la didáctica en el contexto educativo policial. Lo que se busca es comprender los factores adyacentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje que pueden tener un impacto en la efectividad del aprendizaje, asimilación de conocimientos y habilidades por parte de los estudiantes en las Escuelas de Policía.

### **Materiales y Métodos**

La investigación se desarrolló mediante un proceso de etnografía rápida de corte descriptivo y observación no participante. Este trabajo se llevó a cabo durante un periodo de seis meses, con la participación de tres investigadores y un promedio de 105 días de trabajo de campo.

Es importante destacar la experiencia previa de los investigadores en estos procesos formativos policiales, tanto en la formación inicial como en los cursos de ascenso. Esta vivencia previa con la jerarquía, la estructura del proceso formativo y el contexto temporal de la institución generó el interés investigativo en esta temática.

### **Perspectiva émica y mitigación de sesgos**

Caracterizar la interacción comunicativa y, desde allí, identificar como variable emergente los factores que afectan el aprendizaje desde la visión émica fue central. Contar con la experiencia previa de los investigadores en el proceso formativo facilitó una comprensión profunda del contexto, el lenguaje, los códigos no verbales y verbales, y las tensiones internas. Esto resulta difícil de identificar para un observador completamente externo.

Para mitigar los sesgos individuales, se realizaron ejercicios de triangulación posteriores con otros participantes que tenían una visión desprevenida de los objetivos de la investigación: docentes externos, comandantes y estudiantes, además, los propios investigadores realizaron una triangulación al analizar conjuntamente y definir los resultados



con relación a lo observado. También se realizó un ejercicio reflexivo crítico a partir de las bitácoras de investigación.

### Diseño etnográfico y recolección de información

Este diseño etnográfico buscó explorar, examinar y entender los sistemas sociales, grupos, comunidades, culturas y sociedades (Creswell, 2013b; Muchison, 2010; Whitehead, 2005, citados por Sampieri, 2014) y, a su vez, producir interpretaciones profundas y significados cotidianos frente a los factores que afectan el aprendizaje en la educación policial (Schensul et al., 2013).

Como lo afirma Duranti (1997), la etnografía "es una descripción escrita de la organización y actividades sociales, de los recursos materiales simbólicos y finalmente de las prácticas interpretativas características de un grupo particular de sujetos" (p. 85). Se eligió la etnografía como un enfoque riguroso que permite comprender las formas complejas y las interacciones del triángulo comunicacional de las escuelas de policía.

Como instrumento de recolección de información se utilizaron bitácoras de observación no participante. Este instrumento fue validado por tres expertos académicos con formación doctoral, quienes plantearon sugerencias respecto a las preguntas, lugares y actores a observar durante el ejercicio de recolección de información.

### Análisis de datos

Los factores de incidencia en el proceso de enseñanza y aprendizaje fueron identificados como una categoría emergente a partir del análisis de las bitácoras de observación en el *software* Atlas.ti. Estas bitácoras documentaron las interacciones comunicativas y las situaciones contextuales entre los actores clave del entorno educativo: docentes, estudiantes y comandantes.

El análisis buscó identificar los factores que inciden en el proceso de enseñanza y aprendizaje en el contexto de las escuelas de policía, tanto dentro como fuera del aula. Para guiar este proceso, se utilizó inteligencia artificial (IA) con el fin de generar preguntas subyacentes, tales como qué factores pueden afectar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Posteriormente, la información etnográfica fue sistematizada mediante un proceso de codificación en cinco categorías principales. Finalmente, se depuraron aquellas de baja frecuencia para consolidar los hallazgos finales, según se evidencia en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Categorías asociadas con los factores que afectan el proceso de enseñanza-aprendizaje*

<i>Aspectos de aprendizaje</i>
<i>Estilos de aprendizaje</i>
<i>Factores ambientales</i>
<i>Factores emocionales</i>
<i>Motivación</i>

*Nota: A partir de estas cinco categorías resultantes, se inicia el proceso de análisis*

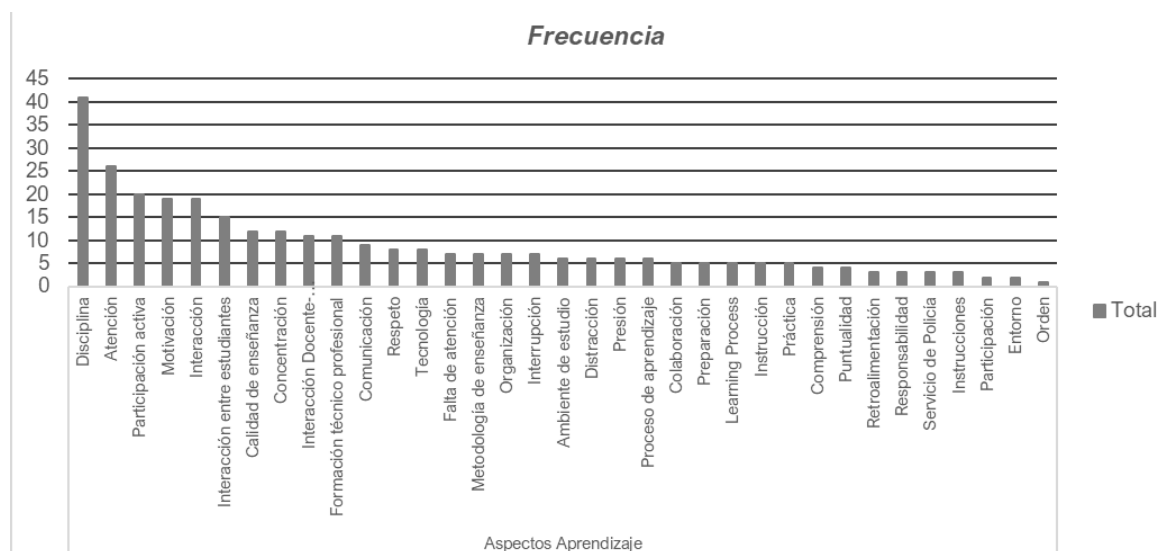
## Análisis de Resultados

### Categoría aspectos de aprendizaje

La categoría “Aspectos de aprendizaje” agrupa los códigos relacionados con las dinámicas pedagógicas observadas en el aula. Esta categoría se centra particularmente en la disciplina, el nivel de atención y la interacción comunicativa entre los actores clave del proceso. En la Figura 1 se muestra el índice de códigos clasificados por frecuencia.

**Figura 1**

*Frecuencia de los aspectos de aprendizaje clasificados por la IA.*



*Nota:* La mayor frecuencia se evidencia en el código de disciplina y atención, seguido de diferentes códigos que disminuyen de frecuencia en esta categoría.

La disciplina y la atención son aspectos decisivos del aprendizaje para alcanzar los resultados curriculares, especialmente en contextos que implican riesgos a la integridad, como las prácticas en el polígono. En estas situaciones, la escucha activa, el seguimiento riguroso de instrucciones y el cumplimiento de protocolos no son negociables, pues cualquier error puede comprometer la integridad y la vida de los participantes.

Por ello, se destaca la importancia de la disciplina impartida por los instructores, quienes insisten en la necesidad de silencio y atención para evitar el desorden y garantizar la seguridad, reconociendo la frecuencia de las distracciones.

### Factores distractores y perspectiva Jerárquica

Se observa que los estudiantes enfrentan distracciones internas y externas que afectan la concentración requerida. Entre ellas, se incluye el uso de dispositivos móviles, conversaciones ajenas a la clase y burlas constantes entre pares. Adicionalmente, el ingreso de otros estudiantes a las aulas solicitando información genera distractores que disminuyen la calidad del aprendizaje.

Estos factores que afectan el aprendizaje también se enmarcan en la perspectiva jerárquica tradicional, donde la obediencia ("hacer caso") es valorada como clave del éxito en la formación policial, ligando la disciplina a la necesidad de un servicio eficiente.

### Implicaciones en la formación policial

La perspectiva jerárquica y el énfasis en la disciplina se ven respaldados por el informe PERF (2022), que documenta cómo las academias policiales en Estados Unidos dedican

muchas más horas a habilidades "duras" (como el uso de armas de fuego con 58 horas y tácticas defensivas con 49 horas) que a habilidades "blandas" (como comunicación, desescalada e intervención en crisis, con 10 horas o menos cada una). Esta evidencia cuantitativa confirma que el desequilibrio observado en Colombia es un problema sistémico y generalizado en los modelos de formación tradicionales.

El estudio de Olson et al. (2022) señala que los currículos tradicionales subestiman habilidades necesarias en una policía orientada a la comunidad. Un modelo comunitario exitoso requiere capacitación en diversidad e inclusión, desescalada y comunicación para construir relaciones de cooperación con el público. Por lo tanto, el énfasis excesivo en la disciplina y la obediencia, como se observa en este estudio, prepara a los policías principalmente para un modelo de confrontación, relegando el modelo de colaboración comunitaria.

De manera similar, un estudio sobre la formación policial realizado por Moya (2012) en Costa Rica muestra una tensión análoga para transitar de un modelo militar a uno civilista. Una de sus conclusiones es que la prisa por tener más policías "en las calles" a menudo conlleva a recortar componentes curriculares considerados "no vitales" en favor de habilidades como "disparar y aprehender". Esto refleja la dinámica descrita en este estudio, donde la urgencia doctrinal prevalece sobre la formación integral.

### ***Categoría estilos aprendizaje***

Se evidenciaron diversos estilos de aprendizaje que confluyen en el aula. Mientras que algunos estudiantes prefieren el aprendizaje práctico, como los ejercicios de operaciones rurales o el uso de técnicas de patrullaje, otros necesitan más estructura teórica y conceptual, reflejada en clases de derechos humanos o doctrina.

En general, el estilo de aprendizaje dominante está asociado directamente con el esfuerzo físico, la memoria y el rendimiento, y se vincula a la vergüenza y el castigo como herramientas coercitivas motivadoras, lo cual se observó en la interacción de comandantes hacia los estudiantes.

### **El Humor, la coerción y el aprendizaje**

En contraste con las dinámicas coercitivas, las teorías planteadas por Ramírez (2024) incorporan elementos de humor e ironía en los espacios académicos, señalando que estos generan ambientes más relajados y cautivadores que propician el aprendizaje desde un componente pragmático, lo cual es relevante en el proceso formativo policial. Es posible plantear que, si bien las bromas y estrategias afines contienen una connotación positiva al propiciar la camaradería, cercanía y disfrute de la clase, su uso puede ser riesgoso si no está planteado con un propósito claro en el proceso formativo.

Esta falta de propósito claro se evidencia en el uso constante de la coerción. La repetición constante de las instrucciones por parte de los comandantes e instructores no solo retrasa el avance en el aprendizaje, sino que genera frustración entre los estudiantes. En un escenario observado, el incumplimiento de una orden por parte de las estudiantes llevó a la comandante a reducir el tiempo de descanso del permiso. Es probable que las estudiantes no buscaran contrariar voluntariamente la orden; no obstante, la tensión provocó acusaciones mutuas, mientras la comandante ejercía la responsabilidad sobre ellas.

### **Fundamentos del control y la obediencia**

Esta práctica comunicativa, donde el error de uno afecta al grupo, podría estar estructurada con el propósito de fomentar el trabajo en equipo y el espíritu de cuerpo mediante

la solidaridad, además de reforzar el reconocimiento de la autoridad jerárquica por el sometimiento al castigo. Esto implica que el comandante de sección o compañía esté en constante observación de las actividades que los estudiantes realizan, generando un estilo de aprendizaje con un alto grado de “paternalismo” y control, fundado en la vigilancia permanente y el castigo como elemento disciplinador.

Este actuar está fundamentado en las teorías conductistas del siglo XIX y XX, con Thorndike y Skinner como referentes directos, mediante las cuales se cimentaron las bases del condicionamiento operante. Estas teorías plantean para el estudiante efectos positivos como consecuencia de actuar de acuerdo con lo ordenado por el docente, y castigos por actuar por fuera de las instrucciones, buscando que los estudiantes sean menos propensos a incurrir en estas faltas nuevamente.

### **Validación externa del modelo paramilitar**

En esta misma lógica, la tesis de Bohórquez (2021), sobre la Policía Nacional de Colombia, ofrece un marco conceptual para entender estas prácticas. Las escuelas de formación son descritas como el nicho del “código rojo”, una ley no escrita que complementa la normativa pública y se manifiesta en rituales, castigos y “bautizos” que buscan forjar el carácter, la obediencia y la cohesión del grupo. Lo que el estudio etnográfico observó como “herramientas coercitivas” puede ser interpretado como manifestaciones de este “código rojo”, diseñado para crear “cuerpos dóciles” y asegurar la lealtad al grupo.

Por otra parte, el informe del Police Executive Research Forum (PERF, 2022) critica directamente estas prácticas, agrupándolas como un modelo al que denomina “paramilitar” o de “campo de entrenamiento”. Sostiene que este enfoque, si bien inculca disciplina, socava la misión de preparar oficiales para servir con “compasión y humanidad” y obstaculiza el desarrollo del pensamiento crítico y las habilidades de comunicación, que son las más necesarias en el servicio diario. Esta perspectiva internacional valida lo que, en este escrito, puede entenderse como el desequilibrio entre la identidad educativa y la doctrinal (PEI 2024).

### **Legado histórico y contexto global**

De igual forma, los hallazgos descritos en esta categoría coinciden con la investigación de Ashlock (2019) sobre las actitudes de género, donde se demuestra el poder de la socialización ocupacional en cuerpos de policía. Su hallazgo clave es que la socialización ocupacional tiene un efecto mayor que la selección; los hombres se vuelven más tradicionales en sus actitudes de género después de convertirse en policías. Esto sugiere que la cultura jerárquica y masculina de la academia, que valora la fuerza y el control, moldea activamente las creencias de los estudiantes, reforzando la idea de que la experiencia formativa puede desplazar los aspectos conceptuales.

A partir de lo descrito, se puede entender que las raíces históricas del modelo militar en la educación policial son un fenómeno global. Algunos estudios como los de Moya, S. (2012) y Berardi, P. (2021), sobre la policía en Buenos Aires y Costa Rica, muestran que la adopción de un esquema militar no es una casualidad, sino una decisión histórica para profesionalizar y disciplinar a la fuerza. Esto contextualiza el modelo observado en Colombia, no como una falla, sino como un legado institucional persistente que entra en conflicto con las narrativas de necesidad frente a una policía moderna y comunitaria.

### ***Categoría de factores ambientales***

Para esta categoría, los factores de ambientales se entienden como elementos externos como el entorno, la infraestructura, el clima y las interrupciones con los cuales se relaciona el estudiante, como se evidencia en la Figura 2, en los códigos clasificados:

**Figura 2**

*Categoría de factores ambientales y códigos relacionados por la IA.*

<b>Categoría</b>	<b>Código 1</b>
Aspectos de aprendizaje	Ambiente
Estilos de aprendizaje	Aula
<b>Factores ambientales</b>	Capacidad de aprendizaje
Factores emocionales	Comodidad
Motivación	Entorno
	Entorno propicio
	Interacción
	Interacción entre estudiantes
	Interrupciones
	Organización
	Presión
	Seguridad

Diversos factores ambientales en el aula, como el calor intenso y la escasa ventilación, afectan directamente la concentración y el rendimiento de los estudiantes. Estas condiciones generan incomodidad, distracción y dificultades para el aprendizaje, a pesar de lo cual, algunos docentes continúan con el desarrollo normal de la clase.

En este sentido, múltiples estudios subrayan la importancia crucial de las condiciones ambientales para el proceso educativo. Murillo y Martínez (2012), Schneider (2002), y Fisk (2017) evidencian que estas condiciones impactan el comportamiento y la salud de los estudiantes, quienes pueden presentar problemas como brotes, deshidratación y, consecuentemente, un bajo rendimiento académico.

Otro factor determinante es la iluminación de las aulas. Heschong (1999) expone una relación positiva y significativa entre la luz natural y el progreso de los estudiantes en sus actividades académicas. De manera similar, Barret et al. (2015) presentan un estudio que destaca la importancia de la iluminación natural como un predictor clave del rendimiento estudiantil.

### **Fatiga, somnolencia y carga cognitiva**

Se ha observado que las altas temperaturas en el aula provocan fatiga y somnolencia tanto en estudiantes como en docentes, lo que reduce significativamente la concentración y el rendimiento en las actividades. Esta situación llevó a algunos docentes a realizar diversas actividades para contrarrestar el adormecimiento de los alumnos. La incidencia directa de este agotamiento en el aprendizaje es respaldada por Gebel et al. (2022), quienes señalan que el agotamiento físico, resultado del esfuerzo continuo, afecta negativamente las funciones cognitivas —necesarias para la adquisición y consolidación del conocimiento— y las funciones ejecutivas, como la atención y la memoria.

En esencia, el agotamiento obliga al cerebro a asignar más recursos a las funciones motoras, relegando los procesos de aprendizaje a un segundo plano, lo que dificulta la concentración y la asimilación de nueva información. Ejemplo de la situación observada: “un docente daba indicaciones para estar en silencio y solicitaba atención en repetidas ocasiones, algunos estudiantes se veían agotados, y somnolientos”.

Además de lo anterior, la falta de ventilación o aire acondicionado en los salones incrementaba las molestias y el malestar general.

### **Efectos de la aglomeración y el ruido**

La aglomeración (con un rango de 40 a 50 estudiantes) y las condiciones físicas inadecuadas de las aulas, como la falta de espacio apropiado, también afectan negativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se evidenció que las aulas a menudo son pequeñas y carecen de las comodidades necesarias para un aprendizaje óptimo. A esto se sumó la interrupción constante de las clases, ya fuera por situaciones administrativas de los docentes-instructores o por ensayos de las bandas musicales, lo cual afectaba directamente la concentración y el desempeño.

Estudios asociados al impacto negativo del ruido confirman esta problemática. Bronzaft (1981) y Hygge et al. (2002) evidenciaron que la exposición a distractores sonoros generó un retraso de casi un año en la capacidad de lectura de los estudiantes expuestos, en comparación con otros grupos. Además, constataron que la exposición crónica al ruido afecta las funciones cognitivas superiores. Por su parte, Olivos et al. (2021) plantean que el ruido en las aulas no solo dificulta la concentración, sino que también incrementa la conflictividad.

Esta falta de disposición y concentración puede ser una consecuencia directa de la carga física y mental inherente a la educación policial, que incluye actividades académicas y físicas exigentes propias del componente doctrinal, régimen interno, orden cerrado, seguridad operacional, ceremonial y protocolo.

### **El clima del aula y el rol del instructor**

Considerando el clima del aula, Castillo (2022) ofrece un marco teórico robusto desde la perspectiva del rol del docente en la educación superior. Los factores emocionales negativos observados —tales como la ansiedad o la vergüenza por la crítica— se alinean con los aspectos que, según Castillo, obstaculizan la autorregulación del aprendizaje. Un profesor percibido como “demasiado estricto”, que realiza una “evaluación amenazante” o que “avergüenza las opiniones de los estudiantes” puede inhibir la capacidad del alumno para tomar responsabilidad sobre su propio aprendizaje. Por lo tanto, la estructura jerárquica y las correcciones públicas, que son una práctica común en las escuelas de policía, tienden a crear precisamente este tipo de ambiente adverso para la formación.

### ***Categoría de factores emocionales***

La categoría de factores emocionales se define como el conjunto de componentes intrínsecos y extrínsecos que están directamente relacionados con la experiencia del estudiante. La clasificación y el alcance de los códigos incluidos en esta categoría se detallan en la Figura 3.



**Figura 3**

*Categoría de factores emocionales y códigos relacionados por la IA*

<b>Categoría</b>	<b>Código 2</b>
Aspectos de aprendizaje	Disposición
Estilos de aprendizaje	Ansiedad
Factores ambientales	Autoestima
<b>Factores emocionales</b>	Miedo
Motivación	Comprensión
	Concentración
	Confianza
	Frustración
	Nerviosismo
	Vergüenza
	Interés
	Empatía

Se ha observado que los estudiantes experimentan frustración y ansiedad en diversos momentos, generadas por la presión de la actividad física, las evaluaciones y las actividades prácticas requeridas para obtener el grado. Adicionalmente, el uso de técnicas de retroalimentación con críticas severas a menudo genera sensaciones de vergüenza e incomodidad emocional, especialmente cuando estas críticas son cuestionadas y expuestas ante el grupo de pares. Esto se pudo percibir en una situación específica que evidenció tensión, incomodidad y distracción en el aula:

“Una estudiante realiza la lectura de un artículo, los estudiantes la silencian rápidamente, algunos se burlan porque dicen que lo que lee ya se había leído, que está equivocada, la docente apoya la recriminación, le dice a la estudiante que eso ya lo habían leído, que tiene que estar más pendiente”.

### **Impacto de la ansiedad y la necesidad de bienestar**

Pekrun et al. (2002) evidenciaron que la ansiedad es una de las emociones que se presentan con mayor frecuencia en los espacios académicos, lo que incide de manera directa en la motivación. De allí surge la importancia de reconocer la diversidad emocional de los estudiantes para atender sus particularidades.

En esta misma línea, el informe PERF (2022) subraya la necesidad de establecer una "cultura de bienestar dentro de la academia desde el primer día". El informe reconoce que el trauma psicológico y emocional es un riesgo inherente a la profesión policial y que ignorarlo durante la etapa de formación es una falla crítica. Por lo tanto, la frustración y la ansiedad documentadas en el presente estudio no solo actúan como obstáculos para el aprendizaje, sino también como indicadores tempranos de problemas de bienestar que la formación debería abordar proactivamente.

### **Relevancia del apoyo psicológico en la formación policial**

La importancia de los factores emocionales identificados se valida también en el documento sobre psicología policial de Barbosa & Paulino (2022), que identifica la intervención clínica como uno de los cuatro dominios centrales de la disciplina. El hecho de

que el apoyo psicológico (terapia, consejería) sea un pilar de la psicología policial subraya la trascendencia de estos factores. Si la educación policial, como inicio de la profesión, reconoce la necesidad de intervención clínica, es evidente que se debe contrarrestar el ambiente formativo que exacerba la ansiedad y la frustración en el desarrollo de la carrera policial.

### ***Categoría de motivación***

Esta categoría se enfoca en cómo el estudiante de policía contrarresta los factores emocionales a través de dos ejes centrales: el deber y el sacrificio. Estos elementos actúan como el motivador predominante para que el estudiante persista en su lucha diaria por alcanzar sus metas. Esto cobra un significado profundo al enmarcarse en el "ser policía", que se asocia directamente con la imagen del héroe, ligada a la dualidad del servicio y el honor.

Esta motivación se manifiesta en el compromiso con el deber social y el deseo de superación, factores clave que impulsan a los estudiantes, especialmente en las clases enfocadas en la identidad institucional y la doctrina policial. Subyace una vocación de servicio como motor de la satisfacción del deber cumplido y la aspiración a ser un policía competente capaz de servir a la comunidad. Por ello, el estudiante experimenta una preocupación por "quedar mal" con sus pares o superiores, lo que, a su vez, comienza a forjar lazos sólidos con sus compañeros.

Esta situación se pudo evidenciar durante una de las observaciones cuando un instructor dijo a sus estudiantes: *"el trato fuerte es para formarles el carácter y el sacrificio lleva a una mayor satisfacción al alcanzar metas"*. Este tipo de afirmaciones impulsa a los estudiantes a superar desafíos, fortaleciendo la motivación intrínseca que finalmente los llevará a lograr ser policía.

Como se mencionó previamente, el condicionamiento operante realizado durante el proceso formativo genera una disminución de la motivación intrínseca; a saber, se reduce su interés y la vinculación emocional con la actividad. La motivación es un factor determinante en el proceso de aprendizaje, como lo plantean Ryan y Deci (2000). Desde la Teoría de la Autodeterminación, la satisfacción de necesidades psicológicas mediante la motivación, la autonomía y el sentido de pertenencia genera persistencia en la actividad y una mayor profundización en la información. El paternalismo promueve lo contrario: los estímulos y los castigos, según lo plantearon Lepper et al. (1973), promueven un aprendizaje superficial, solo por el momento de la prueba, centrado en la obtención de recompensa inmediata.

### **El viaje del héroe en la formación policial**

La vocación policial se construye a partir de un relato heroico que encuentra resonancia en los arquetipos universales estudiados por Joseph Campbell (2016), particularmente en su análisis del viaje del héroe. Al igual que en las narrativas mitológicas, el aspirante a policía experimenta una llamada a la aventura —en este caso, el servicio a la sociedad— que lo impulsa a cruzar un umbral simbólico, dejando atrás su vida anterior para forjarse en un nuevo estadio existencial.

Este proceso, como bien señala Campbell (2016) en *El héroe de las mil caras*, implica un despojamiento de la identidad ordinaria y una iniciación en un orden superior, marcado por valores como la disciplina, el sacrificio y la compasión. Esta visión del héroe lo compromete a

someterse a sacrificios, en la lógica de una estructura mítica, promoviendo la superación del ser humano en tres fases:

1. El llamado: Entendido como dejar atrás su mundo conocido. En el caso de la formación policial, implica dejar atrás a su familia, su cultura y sus tradiciones, generándose en cierta medida un proceso de desarraigo.
2. La iniciación: Se da por medio de pruebas, mediante el acompañamiento de un tutor. Esta situación corresponde al proceso de entrenamiento policial, en donde el estudiante adquiere competencias a través de pruebas establecidas en el currículo formal para la comprensión de la jerarquía, la disciplina y la resiliencia, entre otros conceptos que a su vez generan un interés investigativo.
3. El retorno: Fase en la cual, transformado por la experiencia formativa, regresa como héroe a su comunidad, compartiendo lo aprendido o como figura representativa de esa comunidad.

Como lo plantean Allison et al. (2019), la perspectiva del héroe desde la psicología se asocia con los procesos de cambio y desarrollo personal que tienen relación directa con la motivación. Según estos autores, esta estructura corresponde a un modelo para el desarrollo humano, debido a que plantea que el ser humano, al afrontar las dificultades que se presentan a lo largo de su vida, puede transformar el sufrimiento en la comprensión del mismo como algo esencial para la vida, lo cual permite a cada individuo fortalecer sus habilidades psicosociales de afrontamiento, un enfoque clave para la motivación y para encontrar propósito en los desafíos.

### Discusión

En la educación policial, la motivación es un factor complejo debido a la combinación de un enfoque conductista tradicional, que enfatiza el control y la obediencia, con la naturaleza jerárquica de la institución. De acuerdo con Chica (2010), una persona motivada es capaz de "establecer puentes entre la realidad y lo que desea hacer tangible en beneficio de sí mismo y del bien común, predisponiendo la mente, las emociones y el comportamiento en función del éxito".

Sin embargo, en un entorno altamente estructurado como el de un cuerpo de policía, la motivación puede depender en gran medida de factores extrínsecos, como el reconocimiento institucional y el avance en la jerarquía, en lugar de la motivación intrínseca; no obstante, fluctúan entre estas dos caras motivacionales. Este enfoque puede crear un ambiente donde los estudiantes se sienten motivados a cumplir normas y procedimientos, pero carecen de un compromiso profundo hacia la adquisición de conocimientos más amplios y habilidades analíticas, inclinándose en desequilibrio solo hacia la fuente simbólica. Abarca (2023), por su parte, enfatiza la importancia de reconocer los estilos de aprendizaje y la motivación intrínseca de los estudiantes para mejorar el aprendizaje. En los cuerpos de policía, implementar un enfoque que fomente la motivación intrínseca, a pesar de la estructura jerárquica y el conductismo predominante en su cotidianidad, representa un reto, siendo a su vez, una oportunidad para fortalecer la capacidad de los estudiantes de entender el propósito detrás de las normas y regulaciones.

### **Atención, concentración y entorno**

La atención y concentración son fundamentales en el aprendizaje dentro de la educación policial, especialmente en actividades prácticas de alta exigencia, como el entrenamiento policial. Hernández et al. (2024) explican que "el rendimiento en el aula de clase, está ligado de manera directa con la capacidad de concentración" (p. 9917) [AVCG1], lo cual se refleja en la importancia de mantener una concentración precisa en las actividades que requieren habilidades técnicas y de seguridad. Sin embargo, en el contexto de la educación policial en Colombia, el clima del aula a menudo se ve afectado por factores ambientales antes mencionados, que pueden impactar negativamente la concentración y el rendimiento de los estudiantes. Estos factores ambientales, combinados con la rigidez del entorno, a menudo resultan en distracciones y disminución de la atención. Dehaene (2019) subraya la importancia de un entorno propicio para captar y mantener la atención, lo cual implica que en las Escuelas de Policía sería beneficioso optimizar el ambiente físico, creando espacios que permitan una mayor concentración y comodidad.

No obstante, las limitaciones tecnológicas y físicas impiden muchas veces que se creen condiciones óptimas para el aprendizaje en la actualidad. El ruido en los escenarios educativos de las Escuelas de Policía se identifica como un factor que incide en los procesos de atención y aprendizaje. Ensayos de bandas, arreglos de infraestructura de las instalaciones, trotes animados o con cánticos, y música popular con alto volumen no estimulan la concentración, afectando el aprendizaje.

### **El rol de las emociones en el proceso formativo**

Las emociones tienen un papel fundamental en el aprendizaje, especialmente en un contexto tan desafiante como el de la educación policial y, posteriormente, los requerimientos para el servicio. Casassus (2017) señala que "las emociones, se convierten un tema tabú en las aulas de clase, generando la represión y negación de las mismas, sin considerarlas como parte del proceso de crecimiento personal" (p. 82) [AVCG2]. En las estrategias de enseñanza de la educación, el uso de corrección y castigo puede ser efectivo para fomentar la obediencia, pero puede generar emociones negativas que afecten la confianza y la disposición al aprendizaje, así como su impacto posterior en el servicio, desdibujando la figura de uso del poder y ejercicio de la autoridad.

Los estudiantes que se sienten constantemente bajo vigilancia y presión pueden desarrollar ansiedad y evitar la participación activa en clase, lo cual es contraproducente para un aprendizaje efectivo y profundo. Por otro lado, Moreno et al. (2020) sugieren que "la escuela, debe propiciar el aprendizaje de las emociones, así como la generación de emociones positivas que contribuyan al rendimiento académico de los estudiantes" (p. 13) [AVCG3]. En el contexto educativo policial sería relevante incluir actividades que fomenten la empatía y el trabajo en equipo para equilibrar el impacto emocional de la disciplina estricta, mejorando así la disposición emocional de los estudiantes hacia el aprendizaje y su capacidad para relacionarse con el contenido de manera más significativa.

### **El desafío del rol docente**

El rol del docente en la educación policial es esencial para establecer un ambiente que permita el aprendizaje efectivo. Flores J.F. (2019) argumenta que "la comunicación es un instrumento clave en la relación docente – alumnos" (p. 183). Esto implica poder asumirla

desde una perspectiva bidireccional permanente, abierta, sustentada en la capacidad de la escucha activa, retroalimentación constante y de naturaleza empática, que busque la comprensión y el entendimiento continuo. Esto incorpora la percepción de la competencia del docente, su interés genuino en el bienestar de los estudiantes y su fiabilidad.

En el contexto educativo donde se valora la disciplina y la estructura, el docente a menudo tiene una doble función: es tanto un guía en el aprendizaje como una figura de autoridad que debe asegurar el cumplimiento de las normas (régimen interno). Este enfoque puede limitar el tipo de relación que los estudiantes establecen con el docente, ya que la jerarquía y la autoridad pueden prevalecer sobre la confianza y la cercanía. Sin embargo, si los docentes logran equilibrar el rol autoritario con una actitud de apoyo y empatía, pueden crear un ambiente más propicio para el aprendizaje, donde los estudiantes se sientan seguros para preguntar y participar activamente.

Además, las metodologías didácticas empleadas por el docente son cruciales en este proceso. Abarca (2023) indica que "la misma metodología de forma permanente, tenderá por monótona al aburrimiento, pérdida de interés en los estudiantes" (p. 1489). En este contexto, el uso de metodologías variadas y participativas puede ser particularmente efectivo para mantener el interés y el compromiso de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, especialmente en el caso de temas teóricos que suelen percibirse como menos atractivos en comparación con el entrenamiento práctico.

### **Factores socioeconómicos y familiares**

El entorno familiar y las condiciones socioeconómicas son factores externos que tienen incidencia significativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje en las Escuelas de Policía. Hernández et al. (2024) y Toala Ponce et al. (2023) mencionan que la familia y la escuela tienen influencias superpuestas y responsabilidades compartidas, "forjan la personalidad" (p. 5); además, indican cómo el apoyo emocional y material del hogar es beneficioso para el desarrollo académico de los estudiantes. En la educación policial, los estudiantes suelen estar alejados de sus familias durante largos períodos, lo que puede tener un impacto en su estabilidad emocional y motivación. En términos socioeconómicos, Ramírez et al. (2020) señalan que los estudiantes en entornos de menor nivel socioeconómico pueden tener un condicionamiento que afecte principalmente el rendimiento académico, lo que puede generar una brecha en el acceso a recursos educativos clave. Esta realidad es especialmente evidente en la educación policial, donde muchos estudiantes provienen de contextos socioeconómicos diversos y enfrentan desafíos adicionales al adaptarse a las exigencias tecnológicas y académicas de su formación. Esta situación subraya la importancia de proporcionar un entorno justo que asegure que todos cuenten con acceso a las herramientas y recursos necesarios para un aprendizaje efectivo.

### **Conclusiones**

El énfasis actual en la disciplina y la obediencia, aunque crucial para el desarrollo doctrinal de la educación policial en Colombia, podría estar limitando la asimilación profunda de los componentes conceptuales y teóricos inherentes al servicio. Para lograr una formación integral, es imperativo establecer un equilibrio que asegure que la rigurosidad disciplinaria no socave la aprehensión crítica y reflexiva del conocimiento. De hecho, la investigación sugiere que el fuerte enfoque en la disciplina (docilidad del cuerpo) puede, en ocasiones, relegar la

atención necesaria hacia los fundamentos curriculares, afectando la comprensión integral del objeto de estudio policial por parte de los estudiantes.

El aprendizaje en las Escuelas de Policía está intrínsecamente modelado por las tradiciones y patrones culturales de la Policía Nacional. Esto se manifiesta en una estructura jerárquica y una dinámica educativa que vincula el aprendizaje al esfuerzo físico, la memoria y el rendimiento observable. Prácticas como el uso de herramientas coercitivas y una motivación extrínseca, orientada al cumplimiento y al reconocimiento institucional, configuran esta dinámica. No obstante, esta realidad se entrelaza con una profunda vocación de servicio y un "relato heroico" que apela al arquetipo del héroe, constituyendo ejes motivacionales centrales de deber y sacrificio. Si bien estos factores, junto con el fomento del espíritu de cuerpo, son cruciales para la identidad policial, su interacción con un sistema que privilegia la obediencia puede restringir el desarrollo de una motivación interior autónoma y un compromiso más profundo con la adquisición de conocimientos y habilidades analíticas complejas. Dado este panorama, se sugiere implementar estrategias de motivación que trasciendan el reconocimiento institucional y el "relato heroico".

El fortalecimiento de la educación policial en Colombia implica armonizar la necesaria disciplina institucional con modelos de aprendizaje que fomenten la criticidad. Actualmente, se observa el reto de evolucionar desde esquemas centrados en la obediencia hacia procesos que potencien la toma de decisiones autónoma. Más que una parálisis, este escenario representa una invitación a profundizar en las transformaciones necesarias para superar brechas históricas de acceso y calidad educativa.

La procedencia socioeconómica del estudiantado —principalmente de los estratos 1 y 2— subraya la importancia de un enfoque pedagógico inclusivo. Lejos de ser un condicionante inamovible de los resultados académicos, esta realidad exige redoblar esfuerzos en el acompañamiento y la provisión de recursos educativos que nivelen las competencias base.

Finalmente, el proceso de modernización educativa requiere potenciar las habilidades digitales de los instructores. Al fortalecer estas competencias, adaptando la educación policial a las exigencias tecnológicas actuales y asegurando que sus futuros profesionales posean las herramientas intelectuales para actuar con efectividad en contextos complejos y digitalizados.

### **Reconocimientos y Declaraciones**

Los autores declaran una participación equitativa de todos, así mismo, declaran que, en la elaboración del presente artículo no se ha utilizado herramientas de inteligencia artificial.

### **Referencias**

- Abarca, A. (2023). Factores de aprendizaje: de las bases teóricas a la perspectiva de investigación empírica. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(3), 1489–1512. Doi: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i3.1177>
- Allison ST, Goethals GR, Marrinan AR, Parker OM, Spyrou SP y Stein M (2019) La metamorfosis del héroe: principios, procesos y propósito. *Front. Psychol.* 10:606. Doi: 10.3389/fpsyg.2019.00606



- Ashlock, J. M. (2019). Actitudes de género de los agentes de policía: Mecanismos de selección y socialización en el curso de la vida. *Investigación en ciencias sociales*, 79, 71–84. <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2018.12.008>
- Banco Mundial. (2021). *América Latina y el Caribe: Panorama general*. <https://www.bancomundial.org/es/region/lac/overview>
- Barbosa, P., & Paulino, M. (2022). Police psychology and the impact of psychological science on policing. En J. Kitaef (Ed.), *Handbook of police psychology* (pp. xxxi-xl). Routledge/Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816544-7.02001-5>
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89, 118–133. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013>
- Berardi, P. (2021). Los procesos de profesionalización en la policía de la provincia de Buenos Aires en épocas de cambio (fines del siglo XIX y principios del siglo XX). *Trashumante. Revista Americana de Historia Social*, (17), 104-124. <https://doi.org/10.17533/udea.trahs.n17a05>
- Bohórquez, L. F. (2021). *"Como ordene mi comandante": el código rojo en las prácticas internas de la Policía Nacional de Colombia* [Tesis de pregrado, - Pontificia Universidad Javeriana. <http://hdl.handle.net/10554/56993>
- Bronzaft, A. L. (1981). The effect of a noise abatement program on reading ability. *Journal of Environmental Psychology*, 1(3), 215–222.
- Campbell, J. (2016). *El poder del mito* (C. T. Aira González, Trad.). Capitán Swing. (Obra original publicada en 1988).
- Casassus Gutiérrez, J. (2017). Aprendizajes, emociones y clima de aula. *Paulo Freire. Revista De Pedagogía Crítica*, (6), 81–95. <https://doi.org/10.25074/pfr.v0i6.480>
- Castillo, S. J. (2022). The role of the teacher in enhancing higher education students' self-regulation: An interview study in Hungarian higher education. *Journal of Adult Learning, Knowledge and Innovation*, 5(2), 91-100. <https://doi.org/10.1556/2059.2022.00057>
- Chica Cañas, F. A. (2010). Factores de la enseñanza que favorecen el aprendizaje autónomo en torno a las actividades de aprendizaje. *Reflexiones Teológicas*, 6, 167–195.
- Dehaene, S. (2019). *Cómo aprendemos: La nueva ciencia del aprendizaje*. Editorial Siglo XXI.
- Dirección de Educación Policial. (2025). *Informe de autoevaluación con fines de renovación en acreditación institucional*. Bogotá D.C.
- Duranti, A. (1997). Ethnographic methods. En *Linguistic anthropology*. Cambridge University Press.
- El-Hai, J. (2013). *O nazista e o psiquiatra: Hermann Göring, Dr. Douglas M. Kelley, a história real de um encontro de mentes fatal no final da Segunda Guerra Mundial*. Planeta.
- Empresarios por la Educación. (2022). *Repensar la educación*. Ariel Editores.
- Fisk, W. J. (2017). The ventilation problem in schools: literature review. *Indoor Air*, 27(6), 1039–1051. <https://doi.org/10.1111/ina.12403>
- Flores Moran, J. F. (2019). La relación docente- alumno como variable mediadora del aprendizaje. *Revista San Gregorio*, 1(35). <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i35.957>
- Foucault, M. (2009). *Vigilar y castigar: Nacimiento de la prisión*. Siglo XXI Editores. (Obra original publicada en 1975).

- Giannini, S. (2021, octubre). *Los nuevos desafíos de un sistema educativo resiliente*. [Intervención en el foro educativo nacional, 2021]. Bogotá, Colombia.
- Harari, Y. N. (2024). *Nexus: Una breve historia de las redes de información desde la Edad de Piedra hasta la IA*. Debate.
- Hernández Sierra, M., Rubiano Sierra, E. Y., & Ramírez López, G. (2024). Ambientes de Aprendizaje y su Incidencia en el Rendimiento Académico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 9906-9920. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i3.12123](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.12123)
- Gebel, A., Busch, A., Stelzel, C., Hortobágyi, T., & Granacher, U. (2022). Effects of Physical and Mental Fatigue on Postural Sway and Cortical Activity in Healthy Young Adults. *Frontiers in human neuroscience*, 16, 871930. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.871930>
- Heschong, L. (1999). *Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance*. Heschong Mahone Group. DOI. 10.13140/RG.2.2.31498.31683
- Hygge, S., Evans, G. W., & Bullinger, M. (2002). A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychological science*, 13(5), 469–474. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00483>
- Hurtado Prieto, J y Sánchez Torres, F. (2022). El reto de la calidad de la educación. Universidad de los Andes, Facultad de Economía. Disponible en: <https://hdl.handle.net/1992/57041>
- Lepper, M. R., Greene, D. y Nisbett, R. E. (1973). Socavar el interés intrínseco de los niños con recompensa extrínseca: una prueba de la hipótesis de la "sobrejustificación". *Revista de Personalidad y Psicología Social*, 28(1), 129–137. <https://doi.org/10.1037/h0035519>
- Meirieu, P. (1992). *Aprender, sí. Pero ¿Cómo?* Octaedro.
- Monroy, F., & Hernández Pina, F. (2014). Factores que influyen en los enfoques de aprendizaje universitario. Una revisión sistemática. *Educación XXI*, 17(2), 105–124. DOI: 10.5944/educxx1.17.2.11481
- Moreno Arellano, C. I., Pérez Mora, R., & García Sánchez, R. J. S. (Coords.). (2020). *Emociones y aprendizaje*. Universidad de Guadalajara.
- Moya, S. (2012). Los procesos de formación policial en Costa Rica: Avances y desafíos pendientes. *Ciencias Económicas*, 30(1), 255-272. ISSN: 0252-9521
- Murillo, F. J., & Martínez-Garrido, C. (2012). Las condiciones ambientales en las aulas de Primaria en Iberoamérica y su relación con el desempeño académico. *Education Policy Analysis Archives/Archivos Analíticos de Políticas Educativas*, 20( ), 1-19.
- Observatorio de gestión educativa. (2024). *Análisis de los resultados de la prueba Saber 11° 2024*. <https://fundacionexe.org.co/document/analisis-de-resultados-prueba-saber-11-2024/>
- Olivos Jara, P., Triana Vera, S., Gómez Barreto, I. M., & Fornara, F. (2021). El ruido en la escuela: un problema que necesita ser oído. En P. Páramo (Ed.), *El tercer maestro: la dimensión espacial del ambiente educativo y su influencia sobre el aprendizaje*. Universidad Pedagógica Nacional.
- Olson, J., Tucker, J., Simi, R., Wrucke, S., & Jordan, C. G. (2022). Building a community-oriented police presence: Forming an academic medical center partnership with local police. *Preventive Medicine Reports*, 30, 102015. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2022.102015>
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*, 37(2), 91–105. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3702\\_4](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3702_4)
- Police Executive Research Forum. (2022). *Transforming police recruit training: 40 guiding principles*. PERF.

- Ramírez Vázquez, R., Escobar, I., Beléndez, A., & Arribas, E. (2020). Factores que Afectan el Rendimiento Académico. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 8(3), 210–226. <https://doi.org/10.26571/reamec.v8i3.10842>
- Ramírez Rodríguez, P. (2024). La ironía en la fraseodidáctica: el caso de las locuciones verbales en estudiantes rusos de ELE. *Philologia Hispalensis*, 38(1), 279–300. <https://doi.org/10.12795/PH.2024.v38.i01.12>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M. (2014). *Metodología de la investigación* [Libro electrónico].
- Schneider, M. (2002). *Do School Facilities Affect Academic Outcomes?* National Bureau of Economic Research.
- Schensul, S. L., Schensul, J. J., & LeCompte, M. D. (2013). *Initiating ethnographic research: A mixed methods approach* (Vol. 2). Rowman & Littlefield.
- Solís Sotomayor, Luis Xavier. (2018). El hecho fenomenológico del sujeto y el objeto en el aprendizaje. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (25), 131-156. <https://doi.org/10.17163/soph.n25.2018.04>
- Stiglitz, J. E. (2010). *El malestar en la globalización*. Taurus.
- Toala Ponce, S. R., Betancourt Sevilla, G. J., Garcés Aguirre, T. V., Chanatasig Arcos, F. N., Hurtado Toral, C. K., Cambindo Quiñonez, B. K., & Angulo Quiñonez, A. Á. (2023). Creación de ambientes de aprendizaje en los contextos educativos, 1º Ed. *Portal SOAR: Sapienza Open Access Repository*, 4(EBOA04). <https://doi.org/10.56183/soar.v4ieboa04.14>
- Wasserman, M. (2021). *La educación en Colombia*. Editorial Debate.

**Ingeniería, Energía  
y Sostenibilidad**

**/  
Engineering,  
Energy, and  
Sustainability**



**RTE**

## Reducción de la Demanda Energética de un Edificio Comercial Mediante la Selección Óptima del Aislamiento Térmico

## Reduction of the Energy Demand of a Commercial Building through the Optimal Selection of Thermal Insulation

Carlos Samaniego-Ojeda<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9628-9790>,  
José Cuenca-Granda<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1049-0958>, Raúl Chávez-Romero<sup>1</sup>  
<https://orcid.org/0000-0001-6931-855X>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Loja, Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos  
Naturales no Renovables, Loja, Ecuador

[carlos.samaniego@unl.edu.ec](mailto:carlos.samaniego@unl.edu.ec), [jose.cuenca@unl.edu.ec](mailto:jose.cuenca@unl.edu.ec),  
[raul.a.chavez@unl.edu.ec](mailto:raul.a.chavez@unl.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/02/06  
Aceptado: 2025/10/02  
Publicado: 2025/12/15

### Resumen

El desempeño de la envolvente térmica en las construcciones desempeña un papel crucial en el consumo de energía empleado en la calefacción y refrigeración, en el bienestar de las personas, así como en los costos asociados a su instalación y mantenimiento, especialmente en regiones con climas extremos; sin embargo, la selección del espesor óptimo representa un desafío para los proyectistas, ya que, en determinadas situaciones, a medida que se incrementa el espesor del aislamiento térmico, la demanda de calefacción se reduce, mientras que la de refrigeración tiende a aumentar. Este estudio se enfocó en la determinación de los espesores óptimos del aislamiento en un edificio hipotético de 1200 m<sup>2</sup> situado en Salamanca, España, utilizando el software EnergyPlus para realizar una simulación anual, donde se tomó en consideración aspectos técnicos y económicos. Para el desarrollo de este trabajo, se establecieron dos escenarios. En el primero, se variaron independientemente los espesores del aislamiento de poliestireno expandido (EPS) en el suelo, la cubierta y las paredes, con valores que oscilaron entre 0.01 m y 0.08 m. En el segundo escenario, los espesores se ajustaron uniformemente en estas áreas. Los resultados mostraron que la segunda opción fue la más adecuada, con un período de recuperación (payback) de 7.9 años. Estos análisis consideraron parámetros climáticos específicos, condiciones interiores detalladas y las cargas térmicas

**Sumario:** Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** Samaniego-Ojeda, C., Cuenca-Granda, J. & Chávez-Romero, R. (2025). Reducción de la Demanda Energética de un Edificio Comercial Mediante la Selección Óptima del Aislamiento Térmico. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 87-99. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1280>



correspondientes, ofreciendo resultados que permiten al usuario la toma de decisiones informadas respecto al diseño y financiamiento de la envolvente térmica de edificaciones.

**Palabras clave:** climatización, EnergyPlus, eficiencia energética, ahorro energético, optimización energética.

### Abstract

The performance of the thermal envelope in buildings plays a crucial role in the energy consumption used for heating and cooling, in the well-being of occupants, as well as in the costs associated with its installation and maintenance, especially in regions with extreme climates. However, selecting the optimal thickness represents a challenge for designers since, in certain situations, as the thickness of the thermal insulation increases, the heating demand decreases while the cooling demand tends to increase. This study focused on determining the optimal insulation thicknesses in a hypothetical 1200 m<sup>2</sup> building located in Salamanca, Spain, using the EnergyPlus software to perform an annual simulation, where technical and economic aspects were considered. For the development of this work, two scenarios were established. In the first scenario, the thicknesses of expanded polystyrene (EPS) insulation in the floor, roof, and walls were independently varied, with values ranging between 0.01 m and 0.08 m. In the second scenario, the thicknesses were adjusted uniformly in these areas. The results showed that the second option was the most suitable, with a payback period of 7.9 years. These analyses considered specific climatic parameters, detailed indoor conditions, and corresponding thermal loads, offering results that enable informed decision-making regarding the design and financing of building thermal envelopes.

**Keywords:** HVAC, EnergyPlus, energy efficiency, energy savings, energy optimization.

### Introducción

Uno de los principales propósitos de los sistemas de climatización es proveer de un ambiente térmicamente confortable (Lawrence & Keen, 2024). El confort térmico afecta de manera directa a los ocupantes de los edificios al influir en el bienestar y productividad de las personas (Yang et al., 2024); sin embargo, se debe considerar que la refrigeración y calefacción de espacios comerciales hacen un uso extensivo de la energía al requerir operar grandes superficies, por lo que constituye un desafío global suministrar condiciones térmicas agradables con un consumo racional de estos sistemas.

Las estrategias más empleadas para mejorar la eficiencia energética en los sistemas de climatización de edificios son dos. La primera es mejorar la eficiencia de los equipos y alimentarlos con fuentes provenientes de energías renovables; y, la segunda, es una estrategia pasiva que consiste en reducir la demanda mediante el diseño adecuado de edificios de acuerdo con las condiciones climáticas locales, donde la envolvente térmica permite mantener el confort al evitar las fluctuaciones de las condiciones externas (Bordoloi & Das, 2024). Por estas razones, las medidas de eficiencia energética deben ser consideradas desde la concepción del diseño del edificio, ya que estas soluciones pueden incorporarse con la participación y colaboración de los propietarios, arquitectos e ingenieros (Amende et al., 2021). Hacerlo en etapas posteriores, cuando el edificio ya se encuentra en funcionamiento, conllevaría desafíos y costos adicionales.

En 1993 se hizo oficial el principio de Arquitectura Sostenible por la Unión Internacional de Arquitectos para definir el diseño de un espacio arquitectónico, reduciendo los impactos en el medio ambiente, y aprovechando eficientemente los recursos presentes en



la naturaleza (Andrade Cedillos & Benítez Lara, 2009); es decir, este tipo de arquitectura se basa en la utilización de las condiciones del medio ambiente y materiales desde la planificación hasta la construcción y mantenimiento de una edificación (Alvear et al., 2016). Además de los materiales que componen la envolvente térmica, otras variables o estrategias de diseño de una arquitectura sostenible consideran la orientación de la edificación para aprovechar las horas de luz solar, sistemas de climatización natural como cubiertas verdes, generación de energía eléctrica con materiales fotovoltaicos, entre otras (Esteves et al., 2018).

Como se ha manifestado, dentro de una arquitectura sostenible la envolvente térmica en los edificios juega un papel fundamental hacia la reducción del consumo energético (Yu et al., 2009); además de prevenir condensaciones interiores y mejorar el aislamiento acústico (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2012), aumenta la sensación de confort percibida por los usuarios. Algunas investigaciones han demostrado que el aislamiento térmico en la envolvente de edificaciones puede reducir entre 40% a 60% el consumo de energía cada año (Mercado & Barea, 2019).

A nivel mundial, la calefacción y la refrigeración representan más del 30% de toda la energía consumida en los edificios, llegando al 50% en los países de clima frío; en el subsector residencial, supera el 60% (International Energy Agency [IEA], 2013).

Ante este contexto, es recomendable emplear un alto nivel de aislamiento en climas fríos, aunque se debe tener precaución en las zonas cálidas (Yu et al., 2008); por ejemplo, los edificios de oficinas ubicados en regiones cálidas enfrentan considerables ganancias térmicas de calor que no pueden ser eliminadas fácilmente cuando se utilizan altos niveles de aislamiento, lo que aumenta la demanda de refrigeración (Boyano et al., 2013), motivo por el que es necesario alcanzar una solución óptima en cuanto al espesor del aislamiento que permita ahorrar energía y recuperar la inversión en instalación y material en el menor tiempo posible (Al-Tamimi, 2021). El análisis de los consumos energéticos en los edificios es una labor complicada, ya que implica considerar las interacciones entre el edificio, el sistema de climatización y los datos climatológicos. El comportamiento dinámico del clima, las condiciones de funcionamiento del edificio y la presencia de múltiples variables requieren el uso de herramientas computacionales que permitan la simulación de estos factores (Fumo et al., 2010).

En este contexto, se propone una metodología para reducir la demanda energética de un edificio comercial, mediante el uso de la herramienta informática de código abierto EnergyPlus, desarrollada por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) (U.S. Department of Energy's [DOE] Building Technologies Office [BTO], n.d.), con el objetivo de evaluar el impacto del espesor del aislamiento térmico del poliestireno expandido (EPS) sobre la demanda, logrando la selección óptima de la envolvente térmica.

Para este propósito, se lleva a cabo, a modo de ejemplo, la simulación anual del consumo energético por calefacción y refrigeración en un edificio hipotético ubicado en la ciudad de Salamanca, con el fin de determinar el espesor óptimo del aislamiento para las condiciones planteadas, considerando la relación entre el consumo de energía y el periodo de recuperación de la inversión (*payback*). Se toman en cuenta únicamente criterios técnicos y económicos, no aspectos normativos. Se proponen dos enfoques: 1) modificando de manera independiente el espesor del aislante en piso, cubierta y paredes para posteriormente identificar los espesores más económicos; y 2) ajustando los espesores de piso, cubierta y paredes de manera proporcional con el fin de determinar el espesor global más apropiado.

## **Materiales y Métodos**

A continuación, se describe en forma general los pasos que se desarrollaron con el software EnergyPlus para la realización de este trabajo.

**Creación del modelo del edificio:** Se inició con la creación de un modelo detallado del edificio en el software Sketchup, específicamente con el plug in OpenStudio, el cual constituye una interfaz gráfica de EnergyPlus, donde se definió, principalmente, la geometría, la envolvente térmica, los sistemas de HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado), las cargas internas (iluminación, equipos, ocupantes, etc.) y otros parámetros que influyen en el consumo de energía del edificio.

**Definición de las condiciones climáticas:** Se establecieron las condiciones climáticas de la ubicación del edificio, incorporando datos de las temperaturas exteriores, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar.

Para la simulación anual horaria se usó el archivo de clima proporcionado por el software Energyplus para la ubicación en estudio (ESP\_Salamanca.082020\_SWEC.epw), el cual proviene de mediciones de condiciones climáticas de cerca de 18 años por cada ubicación.

**Configuración de la simulación:** Los parámetros de simulación, como la duración del estudio (1 año) y los intervalos de tiempo (horario), se configuraron en esta etapa, determinando cómo se ejecutará la simulación.

**Ejecución de la simulación y análisis de resultados:** Una vez definido el modelo del edificio y configurada la simulación con los parámetros del caso de estudio, se procedió a ejecutar EnergyPlus para calcular el consumo de energía horario durante el período de simulación (un año típico). A base de esos resultados se procedió a evaluar y tomar decisiones informadas, en este caso, se centró en determinar la opción económica más adecuada.

EnergyPlus utiliza el método de Balance de Calor (Heat Balance) definido por ASHRAE (Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado). La estimación de la carga térmica de un espacio implica calcular un balance de calor conductivo, convectivo y de radiación, para cada superficie de la estancia en estudio y un balance de calor convectivo para el aire ambiente (Spitler, 2014).

Para la ejecución de este trabajo en el software EnergyPlus, fue necesario definir el escenario de estudio, el cual se detalla seguidamente.

### **Descripción del edificio**

Se consideró un edificio de oficinas de un solo ambiente con una superficie total de 1200 m<sup>2</sup>, sus dimensiones fueron de 40 m de largo por 30 m de ancho. El edificio se ubica en un área despejada sin sombreados exteriores y cuenta con dos ventanas y una puerta de vidrio de aproximadamente 20 m<sup>2</sup> orientada hacia el sur. No se consideraron elementos de sombra, como persianas o cortinas. La altura de las paredes del edificio es de 3 metros, lo que resulta en un área de 400 m<sup>2</sup>.

### **Ubicación**

El edificio estaría situado en Salamanca, España, latitud de 40.95° y longitud de -5.5°. La zona horaria correspondiente es GMT+1, y la altitud del sector es de 795 msnm.

### Condiciones externas de diseño

Para realizar la evaluación de las condiciones externas de diseño, se emplearon los siguientes parámetros climáticos típicos para su uso en el sector comercial (oficinas):

Invierno: Se analizó el nivel percentil 99.6% (nivel recomendado para aplicaciones de confort térmico en aplicaciones generales para calefacción), con una temperatura de bulbo seco (TBS) de  $-5.8^{\circ}\text{C}$ , humedad coincidente (HUMcoin) de 94.6% y oscilación media diaria (OMD) de  $14.1^{\circ}\text{C}$ . La velocidad promedio del viento fue de 0.9 m/s con una dirección predominante de  $90^{\circ}$ .

Verano: Se tomó en cuenta el nivel percentil 1% (nivel recomendado para aplicaciones de confort térmico en aplicaciones generales para aire acondicionado) con una TBS de  $32^{\circ}\text{C}$ , temperatura de bulbo húmedo (TBH) de  $19.5^{\circ}\text{C}$  y una OMD de  $20.9^{\circ}\text{C}$ . La velocidad promedio del viento en verano es de 3.2 m/s con una dirección de  $300^{\circ}$ . Se consideró la temperatura del terreno igual a la TBS.

### Condiciones interiores de diseño

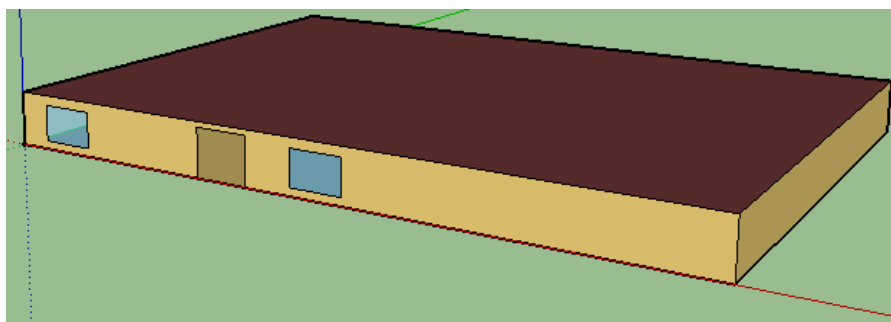
Las condiciones interiores de diseño se establecieron de la siguiente manera: Invierno: Se fijó una TBS de  $23^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa (HR) del 50%; Verano: Se estableció una TBS de  $25^{\circ}\text{C}$  y una HR del 50%.

### Aportaciones térmicas

Se realizaron cálculos de aportaciones térmicas tomando en cuenta el horario laboral de 07:00-14:00 y de 17:00 - 20:00 de lunes a sábado. Para ello, se consideró una fracción radiante del 0.3 y una fracción de calor sensible del 0.66, con una carga total de 12000 W.

**Figura 1**

*Representación del edificio en la interfaz gráfica OpenStudio sobre Sketchup con el motor de cálculo de EnergyPlus*



Iluminación: Se estableció una carga de iluminación de  $12\text{ W/m}^2$ , generando un total de 14400 W, con una fracción radiante de 0.59.

Equipamiento: La carga de equipamiento se definió en  $14.5\text{ W/m}^2$ , con un total de 1000 W y una fracción radiante de 0.3.

Infiltración: Se determinó una tasa de infiltración de 0.25 renovaciones por hora (ren/h).

Carga por ventilación: Se evaluó con una tasa de ventilación de  $0.3\text{ m}^3/\text{s}$ .

Envoltente térmica: En la Tabla 1 se especifican los materiales de construcción convencionales empleados en la envoltente del edificio.

**Tabla 1**  
*Materiales Definidos*

Nombre	Rugosidad	Espesor (m)	Conductividad (W/m K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Calor específico (J/kg K)	Absortancia térmica	Absortancia solar	Absortancia visible
<b>Ladrillo 1/2 pie</b>	Mediana-mente rugoso	0.115	0.991	2170	1000	0.9	0.7	0.7
<b>Mortero</b>	Rugoso	0.01	0.55	1125	1000	0.9	0.7	0.7
<b>EPS Paredes</b>	Mediana-mente liso	Variable	0.038	30	1000	0.9	0.7	0.7
<b>EPS Suelo</b>	Mediana-mente liso	Variable	0.038	30	1000	0.9	0.7	0.7
<b>EPS Techo</b>	Mediana-mente liso	Variable	0.038	30	1000	0.9	0.7	0.7
<b>LH Doble</b>	Mediana-mente liso	0.06	0.432	930	1000	0.9	0.7	0.7
<b>Enlucido Yeso</b>	Liso	0.01	0.57	1150	1000	0.9	0.7	0.7
<b>Azulejo Cerámico</b>	Mediana-mente rugoso	0.01	0.55	1125	1000	0.9	0.7	0.7
<b>Hormigón Masa</b>	Rugoso	0.21	1.65	2150	1000	0.9	0.7	0.7

*Fuente:* Base de datos software Energy Plus.

Se establecieron cuatro capas en la envolvente térmica del edificio, que incluyen la pared exterior, el piso, la cubierta y las ventanas/puertas de vidrio, como se detalla en la Tabla 2.

**Tabla 2**  
*Capas de la envolvente*

Nombre	Pared exterior	Piso	Cubierta	Ventana/puerta vidrio
<b>Material 1</b>	Ladrillo 1/2 pie	Hormigón masa	Azulejo cerámico	Vidrio 6 mm
<b>Material 2</b>	Mortero	EPS piso	Mortero	Aire 6 mm
<b>Material 3</b>	EPS paredes	Mortero	LH doble	Vidrio 6 mm
<b>Material 4</b>	LH doble	Azulejo cerámico	EPS techo	--
<b>Material 5</b>	Enlucido yeso	--	Hormigón masa	--
<b>Material 6</b>	--	--	Enlucido yeso	--

*Fuente:* Elaboración propia.

Equipos y aislante: Para satisfacer las necesidades de refrigeración y calefacción, se consideró un sistema *multisplit* de aire acondicionado y una caldera de gas natural. Los rendimientos de los equipos (basados en valores medios típicos), los costos de electricidad y combustible (con valores promedio en España), así como las características del aislamiento,

que se basaron en datos del fabricante Weber (Weber Saint-Gobain, n.d.), como se evidencia en la Tabla 3.

Tabla 3			
Equipos y costos del aislante			
COP Estacional	Rendimiento de caldera	Costo electricidad (€/kWh)	Costo GN (€/kWh)
2.5	0.92	0.124	0.05
Costo aislante EPS			
Espesor (m)	Costo aislamiento (€/m2)	Costo instalación (€/m2)	Costo total (€/m2)
0.01	1.8	5.23	7.1
0.02	3.7		9.0
0.03	5.8		11.0
0.04	7.7		13.0
0.05	9.3		14.6
0.06	11.6		16.8
0.07	13.3		18.6
0.08	15.4		20.7

Fuente: Weber Saint-Gobain, n.d..

Resultados y Discusión

En la Tabla 4 se muestran los resultados de demanda y costos para el edificio sin aislamiento:

Tabla 4							
Demanda y Costos: edificio sin aislamiento térmico							
Espesor paredes (m)	Espesor suelo (m)	Espesor cubierto (m)	Demanda refrigeración (kWh)	Costo refrigeración (€)	Demanda calefacción (kWh)	Costo calefacción (€)	Costo total demanda (€)
0	0	0	5394	268	123607	6718	6986

Fuente: Elaboración propia.

Escenario 1

En la primera parte de este estudio, empleando el software EnergyPlus, se modificó individualmente el espesor del aislante en diferentes áreas del edificio. Se ajustó el espesor del aislamiento de las paredes, del suelo y de la cubierta de manera separada, con el objetivo de determinar cuáles grosores ofrecen la mejor combinación de eficiencia energética y economía para cada componente de la envolvente térmica.

Se debe subrayar que, en este contexto particular, no fueron considerados los aspectos normativos, pues el enfoque principal se centra en mejorar la eficiencia energética y en lograr un equilibrio financiero óptimo.

A continuación, se exhiben los resultados derivados de la modificación del espesor del aislante de las tres principales envolventes del edificio, que se extiende desde 1 cm hasta un máximo de 8 cm (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Demanda y costos: variación del aislamiento en paredes*

Espesor paredes (m)	Espesor suelo (m)	Espesor cubierta (m)	Demanda refrigeración (kWh)	Costo refrigeración (€)	Demanda calefacción (kWh)	Costo calefacción (€)	Costo total demanda (€)	Costo aislamiento (€)	Ahorro (€)	Payback simple (años)
0,01	0	0	5526	274	118920	6463	6737	2828	248	11,4
0,02	0	0	5589	277	117088	6363	6641	3587	345	10,4
0,03	0	0	5623	279	116105	6310	6589	4408	396	11,1
0,04	0	0	5648	280	115453	6275	6555	5180	431	12,0
0,05	0	0	5663	281	115024	6251	6532	5828	453	12,9
0,06	0	0	5674	282	114701	6234	6515	6725	470	14,3
0,07	0	0	5680	282	114482	6222	6504	7430	482	15,4
0,08	0	0	5686	282	114306	6212	6495	8269	491	16,8

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6**

*Demanda y costos: variación del aislamiento en suelo*

Espesor paredes (m)	Espesor suelo (m)	Espesor cubierta (m)	Demanda refrigeración (kWh)	Costo refrigeración (€)	Demanda calefacción (kWh)	Costo calefacción (€)	Costo total demanda (€)	Costo aislamiento (€)	Ahorro (€)	Payback simple (años)
0	0.01	0	8248	409	107446	5839	6249	8483	737	11.5
0	0.02	0	10198	506	99997	5435	5941	10760	1045	10.3
0	0.03	0	11544	573	95412	5185	5758	13225	1227	10.8
0	0.04	0	12498	620	92436	5024	5644	15541	1341	11.6
0	0.05	0	13216	656	90378	4912	5568	17485	1418	12.3
0	0.06	0	13781	684	88859	4829	5513	20174	1472	13.7
0	0.07	0	14210	705	87748	4769	5474	22289	1511	14.7
0	0.08	0	14548	722	86887	4722	5444	24806	1541	16.1

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7**

*Demanda y Costos: variación del aislamiento en cubierta*

Espesor paredes (m)	Espesor suelo (m)	Espesor cubierta (m)	Demanda refrigeración (kWh)	Costo refrigeración (€)	Demanda calefacción (kWh)	Costo calefacción (€)	Costo total demanda (€)	Costo (€)	Ahorro (€)	Payback simple (años)
0	0	0.01	4648	231	108692	5907	6138	8483	848	10.0
0	0	0.02	4173	207	105741	5747	5954	10760	1032	10.4
0	0	0.03	3874	192	104221	5664	5856	13225	1129	11.7
0	0	0.04	3656	181	103259	5612	5793	15541	1192	13.0
0	0	0.05	3489	173	102618	5577	5750	17485	1235	14.2
0	0	0.06	3362	167	102125	5550	5717	20174	1268	15.9
0	0	0.07	3263	162	101802	5533	5695	22289	1291	17.3
0	0	0.08	3187	158	101520	5517	5676	24806	1310	18.9

Fuente: Elaboración propia.



Después de analizar los resultados de las modificaciones independientes en el espesor de las paredes, el suelo y la cubierta, fueron seleccionados los espesores óptimos teniendo en cuenta el periodo de recuperación de la inversión (*payback*) expresado en años (Ver Tabla 8); es decir, se refiere al tiempo requerido para recobrar la inversión realizada en la mejora de la envolvente térmica a través del ahorro en los costos de energía resultantes.

**Tabla 8**

*Demanda y Costos, espesores óptimos: variación del aislamiento individual*

Espesor paredes (m)	Espesor suelo (m)	Espesor cubierta (m)	Demanda refrigeración (kWh)	Costo refrigeración (€)	Demanda calefacción (kWh)	Costo calefacción (€)	Costo total demanda (€)	Costo (€)	Ahorro (€)	Payback simple (años)
0.02	0.02	0.01	11513	572	68774	3738	4309	22830	2676	8.5

*Fuente:* Elaboración propia.

## Escenario 2

En el segundo escenario, se procedió a variar el espesor del aislamiento térmico en la misma proporción en las paredes, el suelo y la cubierta del edificio. Esta estrategia implicó ajustar de manera simultánea el grosor del material aislante en los tres principales componentes de la envolvente térmica. Como se describió previamente en el primer escenario, el objetivo principal fue determinar el espesor global más adecuado que ofrezca un equilibrio óptimo entre eficiencia energética y costos económicos, sin considerar aspectos normativos en esta evaluación.

**Tabla 9**

*Demanda y Costos: variación del aislamiento en la misma proporción*

Espesor paredes (m)	Espesor suelo (m)	Espesor cubierta (m)	Demanda refrigeración (kWh)	Costo refrigeración (€)	Demanda calefacción (kWh)	Costo calefacción (€)	Costo total demanda (€)	Costo (€)	Ahorro (€)	Payback simple (años)
0.01	0.01	0.01	8535	424	82496	4483	4907	19794	2078	9.5
0.02	0.02	0.02	11513	572	59884	3255	3826	25106	3160	7.9
0.03	0.03	0.03	14044	697	46600	2533	3230	30858	3756	8.2
0.04	0.04	0.04	16177	803	37862	2058	2861	36262	4125	8.8
0.05	0.05	0.05	17982	893	31942	1736	2629	40799	4357	9.4
0.06	0.06	0.06	19573	972	27656	1503	2475	47072	4511	10.4
0.07	0.07	0.07	21023	1044	24521	1333	2376	52008	4609	11.3
0.08	0.08	0.08	22337	1109	22255	1210	2318	57881	4667	12.4

*Fuente:* Elaboración propia.

## Comparación de resultados

A continuación, se presentan los resultados más favorables de cada escenario, los cuales se detallan en la Tabla 10.

Escenario 1: Se establecieron espesores específicos para la cubierta (0.01 m), el suelo (0.02 m) y las paredes (0.02 m).

Escenario 2: Se aplicaron espesores uniformes en la cubierta, el suelo y las paredes (0.02 m).

**Tabla 10***Comparación de las condiciones más favorables de dos escenarios*

	<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>	<b>Unidades</b>
<b>Parámetros</b>			
Inversión	22830	25106	€
Ahorro anual	2676	3160	€
Payback	8.5	7.9	años

*Fuente:* Elaboración propia.

El escenario 2 resultó más favorable ya que la inversión se recupera en un periodo de tiempo más corto.

### Discusión

En el presente estudio la simulación realizada arrojó resultados relevantes sobre cómo el espesor del aislamiento afecta al consumo de energía y, por consiguiente, a los cálculos económicos del edificio de referencia. La selección del espesor óptimo de aislamiento térmico puede reducir la demanda energética en refrigeración y calefacción (Amani, 2024), pero un excesivo aislamiento podría llevar a un incremento en la carga térmica de refrigeración en determinadas circunstancias (por ejemplo, cuando la temperatura exterior es inferior a la interior), por lo que diferentes climas requieren estrategias de aislamiento personalizadas (Ounis et al., 2022).

Si bien para cada caso en particular es necesario realizar una simulación específica, la metodología empleada muestra el procedimiento que se debe seguir y que podría replicarse en contextos particulares. A continuación, se mencionan ciertos aspectos que requieren un análisis más detallado, lo cual permitirá la posible aplicación de estos resultados en situaciones prácticas.

La influencia de las condiciones meteorológicas, la disposición del edificio y la actividad interna (ganancias térmicas) son factores significativos para la precisión de las simulaciones efectuadas en condiciones particulares, por lo que se podrían realizar estudios que contrasten la optimización del aislamiento en diferentes tipologías (residencial, industrial, comercial) para identificar soluciones específicas y adaptables a cada caso.

Una de las principales consecuencias de la mejora en el aislamiento térmico es el efecto positivo que se puede llegar alcanzar en el medio ambiente, ya que reducir el gasto de energía en calefacción y aire acondicionado no solo disminuye los costos de operación del edificio, sino que también contribuye a disminuir las emisiones. Esto adquiere una relevancia especial dentro de los objetivos mundiales para minimizar los efectos del cambio climático y fomentar la construcción de edificios sostenibles. Para una evaluación completa de los beneficios relacionados con la aplicación de soluciones de aislamiento térmico eficiente, se podría realizar estudios de análisis del ciclo de vida (ACV).

A pesar de haberse empleado poliestireno expandido (EPS) como material aislante en el presente análisis, resultaría relevante investigar en el futuro la posibilidad de hacer uso de otros materiales que permitan brindar beneficios en eficiencia energética y sostenibilidad ambiental tales como materiales reciclados u otros. Comparar estos materiales teniendo en cuenta aspectos como las propiedades térmicas, la resistencia, el precio de instalación y la accesibilidad en la zona, podría brindar nuevas ideas para crear edificaciones que consuman menos energía.

El modelo utilizado en el presente estudio tiene ciertas restricciones propias de la simulación planteada, pues se simplificó la geometría de la estructura y se consideraron condiciones internas uniformes, lo que podría no reflejar la verdadera complejidad de otros entornos edificados, donde la carga térmica y la interacción entre los sistemas de construcción cambian con el tiempo; además, solo se tuvieron en cuenta aspectos técnicos y económicos, sin considerar elementos normativos, los cuales difieren en cada ubicación.

Los resultados de este tipo de estudios podrían brindar soluciones en la planificación de edificios y en la creación de normativas en el campo de la edificación sustentable. Mejorar el aislamiento térmico conlleva a disminuir de manera notable el consumo de energía a la vez que mejora el confort humano, lo que se refleja en gastos operativos más bajos y en un espacio interior más agradable. Al definir regulaciones y pautas que fomenten la construcción de edificios con un alto rendimiento energético, es importante que arquitectos, ingenieros y urbanistas tengan en cuenta estos beneficios; además, la introducción de beneficios tributarios y planes de ayuda podría favorecer la aceptación de tecnologías de aislamiento eficientes, impulsando el cambio hacia la planificación y construcción de edificaciones más respetuosas con el medio ambiente.

Es importante resaltar que optimizar el aislamiento térmico en las construcciones va más allá del ahorro energía y la obtención de beneficios económicos, pues se debe considerar como una forma completa de mejorar la calidad de vida de quienes hacen uso de esos espacios al mejorar el confort térmico.

### Conclusiones

Para encontrar los espesores óptimos de aislamiento (EPS), desde una perspectiva técnico-económica, se evaluaron dos escenarios. En el primero, se procedió a variar independientemente los espesores de los aislamientos del suelo, la cubierta y las paredes, seguido de una simulación final con los espesores más eficientes obtenidos en cada componente; por otro lado, el segundo escenario surgió de las simulaciones realizadas al modificar individualmente el espesor de los aislamientos en el suelo, la cubierta y las paredes en valores iguales.

Los resultados muestran que los dos escenarios permiten reducir significativamente el consumo energético y mejorar la eficiencia del edificio; sin embargo, el escenario 2, con espesores uniformes de 0.02 m, no solo ofrece un *payback* más corto (7.9 años) y un ahorro anual superior (3160 €), sino que también simplifica el proceso de diseño y construcción al estandarizar el material aislante, lo que reduce complejidades logísticas y potenciales errores en la instalación.

La selección óptima del aislamiento térmico no solo repercute en la reducción del consumo de energía, sino que también contribuye a la disminución de emisiones de gases contaminantes y a la mejora significativa del confort térmico interior, factores esenciales para la sostenibilidad de los edificios y bienestar de los usuarios.

Además, estos hallazgos subrayan la relevancia de adaptar estrategias de aislamiento a condiciones climáticas locales, ya que un incremento excesivo en el espesor puede generar un efecto contraproducente en la demanda de refrigeración durante periodos cálidos, incrementando los costos operativos a largo plazo.

Se recomienda que futuros estudios consideren la inclusión de variables adicionales, como aspectos normativos, impactos ambientales asociados a los materiales utilizados y

posibles subvenciones gubernamentales. Esto permitirá complementar el análisis presentado y expandir las posibilidades de implementación de soluciones de aislamiento térmico eficientes en diferentes contextos constructivos y climáticos.

De esta manera, este tipo de estudios no solo aportan herramientas prácticas para proyectistas y arquitectos, sino que fomenta la transición hacia edificaciones más eficientes y resilientes al cambio climático, mejorando el confort humano y la viabilidad económica en el sector de la construcción sostenible.

### Reconocimientos y Declaraciones

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja por el apoyo brindado siempre .

Los autores declaran la contribución y participación equitativa de roles de autoría para esta publicación.

Los autores declaran que, en la elaboración del presente artículo, no se ha utilizado herramientas de inteligencia artificial.

### Referencias

- Al-Tamimi, N. (2021). Cost Benefit Analysis of Applying Thermal Insulation Alternatives to Saudi Residential Buildings. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 49(No 2), 156–177. <https://doi.org/10.21608/jesaun.2021.50485.1021>
- Alvear Calle, Ing. A., Sánchez, Arq. J. H., Tapia Abril, Arq. E., Ordoñez Alvarado, G., Aragón, M., Flores, C., & Heredia, E. (2016). Declaraciones consensuadas del Seminario-Taller: “Arquitectura Sostenible” Un enfoque sobre estrategias de diseño bioclimático: Caso Ecuador. *Estoa. Revista de La Facultad de Arquitectura y Urbanismo de La Universidad de Cuenca*, 5, 151–172.
- Amani, N. (2024). Simulation-based design: minimizing energy consumption in residential buildings through optimal thermal insulation. *World Journal of Engineering*, ahead-of-print(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/WJE-04-2024-0188>
- Amende, K., Keen, J., Lynn, C., Tosh, M., Sneed, A., & Howell, R. (2021). *Principles of Heating, Ventilating, and Air Conditioning* (9th ed.). ASHRAE.
- Andrade Cedillos, O. F., & Benítez Lara, O. A. (2009). *La arquitectura sostenible en la formación del arquitecto* [Trabajo de graduación]. Universidad de El Salvador.
- Bordoloi, U., & Das, B. (2024). Enhancing thermal comfort in buildings through the integration of phase change material on the building envelope: a simulation study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1372(1), 12089. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1372/1/012089>
- Boyano, A., Hernandez, P., & Wolf, O. (2013). Energy demands and potential savings in European office buildings: Case studies based on EnergyPlus simulations. *Energy and Buildings*, 65, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.05.039>
- Esteves, A., Esteves, M. J., Mercado, M. V., Barea, G., & Gelardi, D. (2018). Building Shape that Promotes Sustainable Architecture. Evaluation of the Indicative Factors and Its Relation with the Construction Costs. *Architecture Research*, 8(4), 111–122. <https://doi.org/10.5923/j.arch.20180804.01>
- Fumo, N., Mago, P., & Luck, R. (2010). Methodology to estimate building energy consumption using EnergyPlus Benchmark Models. *Energy and Buildings*, 42(12), 2331–2337. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.07.027>

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2012). *Guía sobre materiales aislantes y eficiencia energética*. <https://www.fenercom.com/publicacion/guia-sobre-materiales-aislantes-y-eficiencia-energetica-2012/>

International Energy Agency (IEA). (2013). *Transition to Sustainable Buildings*. <https://www.iea.org/reports/transition-to-sustainable-buildings#>

Lawrence, T., & Keen, J. (2024). *High-Performance Buildings Simplified* (2nd ed.). ASHRAE.

Mercado, M. V., & Barea, G. (2019). INFLUENCIA DE LA AISLACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DE VIVIENDAS EN LA ESTACIÓN DE VERANO. In IBPSA 2019 (Ed.), *6º Congreso Sudamericano de Simulación de Edificios*.

Ounis, S., Aste, N., Butera, F. M., Pero, C. Del, Leonforte, F., & Adhikari, R. S. (2022). Optimal Balance between Heating, Cooling and Environmental Impacts: A Method for Appropriate Assessment of Building Envelope's U-Value. *Energies*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/en15103570>

Spitler, J. (2014). *Load Calculation Applications Manual* (2nd ed.). ASHRAE.

U.S. Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO). (n.d.). *EnergyPlus Licensing*. Retrieved October 9, 2024, from <https://energyplus.net/licensing>

Weber Saint-Gobain. (n.d.). *webertherm PLACA EPS*. Retrieved October 14, 2024, from <https://www.es.weber/sate/materiales-aislantes/webertherm-placa-eps>

Yang, W., Lin, Yaolin, & Fatourehchi, D. (2024). Thermal comfort. In C. Candido, I. Durakovic, & S. Marzban (Eds.), *Routledge Handbook of High-Performance Workplaces* (1st ed., pp. 62–78). Routledge.

Yu, J., Yang, C., & Tian, L. (2008). Low-energy envelope design of residential building in hot summer and cold winter zone in China. *Energy and Buildings*, 40(8), 1536–1546. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.02.020>

Yu, J., Yang, C., Tian, L., & Liao, D. (2009). A study on optimum insulation thicknesses of external walls in hot summer and cold winter zone of China. *Applied Energy*, 86(11), 2520–2529. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.03.010>

## **Análisis del desgaste de pavimentos flexibles en caliente, por envejecimiento: Propuesta de una metodología para una inspección visual**

### **Analysis of the wear of hot flexible pavements due to aging: Proposal of a methodology for a visual inspection**

Andrés Caillagua<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0009-4013-3119>,  
Juan Sozoranga<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0001-4038-9327>, Paul León<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6808-830X>,  
Mónica Delgado-Yáñez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4753-730X>

<sup>1</sup>Universidad Central Del Ecuador, Quito, Ecuador  
[andressDav2505@outlook.com](mailto:andressDav2505@outlook.com), [jjsozoranga1998@outlook.com](mailto:jjsozoranga1998@outlook.com),  
[pjleon@uce.edu.ec](mailto:pjleon@uce.edu.ec), [msdelgadoy@uce.edu.ec](mailto:msdelgadoy@uce.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/04/12  
Aceptado: 2025/06/30  
Publicado: 2025/12/15

#### **Resumen**

El deterioro de los pavimentos flexibles constituye un proceso multifactorial, influenciado principalmente por el envejecimiento de la mezcla asfáltica y su exposición prolongada a condiciones climáticas adversas como amplitudes térmicas diarias de hasta 20 °C, radiación solar, precipitación intensa, etc. Estas variables aceleran la pérdida de las propiedades mecánicas y reológicas del ligante asfáltico, lo que compromete progresivamente el comportamiento estructural y funcional del pavimento a lo largo de su vida útil.

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar una metodología sistemática de inspección visual cualitativa, orientada a la evaluación del estado superficial de pavimentos flexibles, con un enfoque particular en los efectos del envejecimiento del material. Esta metodología busca establecer una herramienta técnica que facilite la identificación oportuna y precisa de patologías superficiales, permitiendo su clasificación según el tipo y nivel de severidad, y sirviendo como insumo para la toma de decisiones en programas de conservación vial. Además, se fundamenta en la inspección visual directa de tramos de pavimento con distintos grados de envejecimiento, documentando los tipos de deterioro observables —como fisuración, desprendimiento, exudación, deformaciones plásticas, entre otros— y evaluando cada

**Sumario:** Introducción, Marco teórico, Metodología, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** Caillagua, A., Sozoranga, J., León, P. & Delgado-Yáñez, M. (2025). Análisis del desgaste de pavimentos flexibles en caliente, por envejecimiento: Propuesta de una metodología para una inspección visual. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 100-112.  
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1309>



manifestación en función de su tipología (según normas como ASTM D6433 o el PCI - Pavement Condition Index) y su severidad (baja, media, alta).

Los hallazgos de este estudio plantean que la inspección visual constituye una herramienta eficaz para la detección temprana de fallas en pavimentos flexibles. Su implementación permite optimizar los recursos destinados al mantenimiento de la infraestructura vial, promoviendo estrategias de intervención más eficientes y costo-efectivas.

**Palabras clave:** Pavimento flexible, degradación, hormigón asfáltico, mezcla asfáltica.

### Abstract

The deterioration of flexible pavements is a multifactorial process, mainly influenced by the aging of the asphalt mixture and its prolonged exposure to adverse weather conditions such as daily temperature ranges of up to 20°C, solar radiation, heavy rainfall, etc. These variables accelerate the loss of the mechanical and rheological properties of the asphalt binder, which progressively compromises the structural and functional performance of the pavement throughout its service life.

The objective of this study is to develop a systematic qualitative visual inspection methodology for assessing the surface condition of flexible pavements, with a particular focus on the effects of aging of the material. This methodology seeks to establish a technical tool that facilitates the timely and accurate identification of surface pathologies, allowing their classification according to type and level of severity, and serving as input for decision-making in road maintenance programs.

Its methodology is based on the direct visual inspection of pavement sections with different degrees of aging, documenting the types of observable deterioration—such as cracking, raveling, bleeding, plastic deformation, among others—and evaluating each manifestation according to its type (according to standards such as ASTM D6433 or the PCI - Pavement Condition Index) and its severity (low, medium, high).

The findings of this study suggest that visual inspection is an effective tool for the early detection of failures in flexible pavements. Its implementation allows for the optimization of resources allocated to road infrastructure maintenance, promoting more efficient and cost-effective intervention strategies.

**Keywords:** Flexible pavement, Degradation, asphalt concrete, asphalt mix, asphalt mixture.

### Introducción

El deterioro del asfalto es uno de los problemas más comunes en infraestructuras viales (Llopis et al., 2020). Las causas de este inconveniente son varias, pero principalmente pueden deberse al clima, el tráfico vehicular, los materiales utilizados en su construcción y un mantenimiento ineficiente o nulo.

Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MOP-001-F 2002), en Ecuador se presenta una creciente problemática a raíz de la falta de mantenimiento e inversión vial, dando como resultado infraestructura con gran cantidad de fallas en la carpeta asfáltica; además, el crecimiento del parque automotor y la falta de mantenimiento de las vías han generado que estas infraestructuras se hayan deteriorado, a tal punto de necesitar una reconstrucción del paquete estructural (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2024).

Con el propósito de realizar un análisis preliminar del desgaste de la carpeta de rodadura se presenta el envejecimiento de mezclas asfálticas, procedimiento establecido como un método de prueba que simula el paso del tiempo en una carpeta de hormigón asfáltico

(AASHTO, n.d.). Cabe recalcar que este método de prueba es aplicable para muestras de hormigón asfáltico en caliente (HMA), por lo que el análisis visual únicamente se centrará en este tipo de pavimento, coincidiendo que es el más utilizado en la construcción de la red vial a nivel nacional.

### Deterioros en pavimentos flexibles

Los deterioros en pavimentos de hormigón asfáltico se deben principalmente al alto flujo vehicular y a la falta de estrategias de mantenimiento vial. La fatiga estructural provocada por el tránsito de vehículos pesados genera un desgaste significativamente mayor en comparación con el transporte liviano (Cárdenas, 2018).

El proceso de inspección en pavimentos implica observar detalladamente su superficie para detectar daños visibles como fisuras, huecos, hundimientos, y otras irregularidades. Los daños se clasifican en diferentes niveles de severidad (leve, moderado, severo) para establecer la prioridad de las acciones de mantenimiento (Rondón, 2021).

Para la evaluación del nivel de servicio de una carpeta de rodadura de hormigón asfáltico, se emplea el Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés). Este índice se determina en función de la presencia y severidad de 19 tipos de fallas estructurales y funcionales, permitiendo clasificar el estado de la vía de acuerdo con los valores obtenidos (ASTM, n.d.; Carbajal, 2019; Llopis et al., 2020). La interpretación del PCI se realiza con base en rangos establecidos, tal como se detalla en la Tabla 1, aquí se muestra la categorización del estado de la superficie. Un valor inferior en el rango de 0 a 10 indica un estado crítico de falla, mientras que un valor superior, entre 86 y 100, corresponde a una superficie en condiciones óptimas o excelentes.

**Tabla 1**

#### *Rangos de Clasificación del PCI*

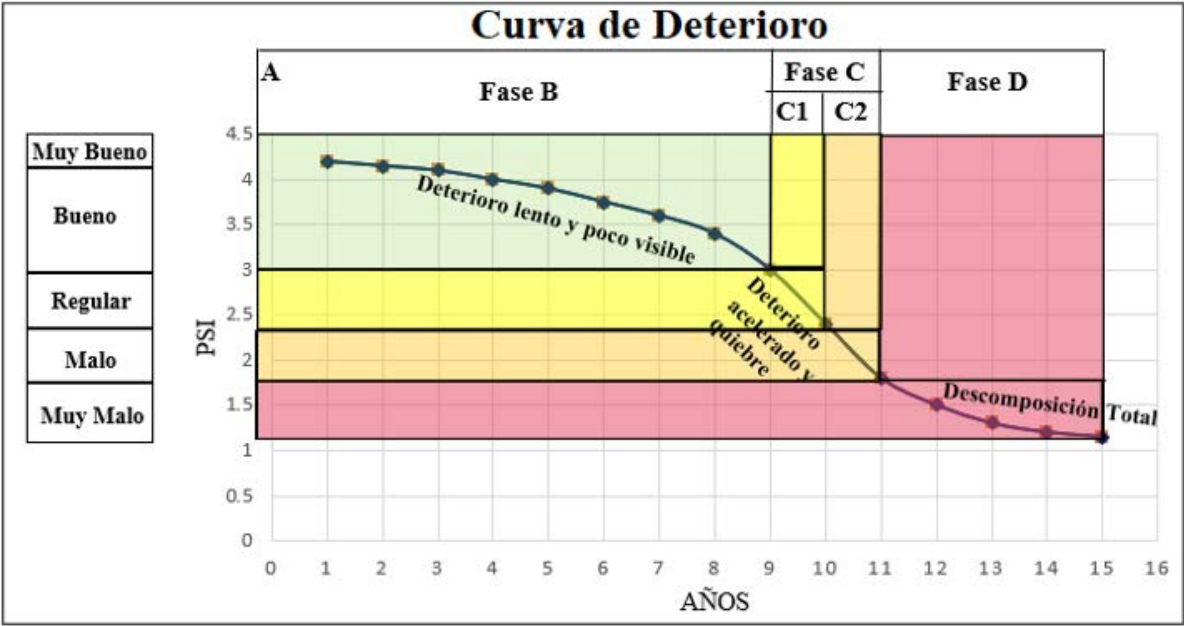
Rango PCI %	Color	Estado
0 - 10		Falla
11 - 25		Muy Malo
26 - 40		Malo
41 - 55		Regular
56 - 70		Bueno
71 - 85		Muy Bueno
86 - 100		Excelente

**Nota:** Los datos fueron tomados de (ASTM, n.d.; Carbajal, 2019; Llopis et al., 2020)

En la Figura 1 se puede observar la curva de deterioro del pavimento, la que indica el estado de la vía en función de los años de servicio, se identifica un punto crucial a partir del cual, de no existir un mantenimiento adecuado se alcanza un punto de no retorno que conduce al fallo de la estructura del pavimento; sin embargo, de existir un mantenimiento puntual se permitirá la conservación de la carpeta asfáltica favoreciendo a que su funcionamiento alcance los 20 años de vida útil, periodo a partir del cual comúnmente se diseña una estructura de pavimento flexible. La Fase A hace referencia al proceso de construcción de la estructura del pavimento, mientras que la Fase B al deterioro lento y poco visible, la Fase C evidencia un deterioro acelerado y quiebre de la carpeta asfáltica; finalmente, la Fase D refleja la destrucción total, siendo este el punto de no retorno para la estructura, lo que indica el remplazo total de la estructura del pavimento.

Figura 1

Curva de deterioros



Nota: Autores, 2025 modificado de (Gore et al., 2023)

Marco teórico

Mezcla Asfáltica en Caliente

La mezcla asfáltica en caliente (HMA) es un tipo de mezcla utilizada en la construcción y mantenimiento de carreteras compuesta por agregados (grueso, intermedio y fino) y ligante asfáltico, que se combinan a altas temperaturas, generalmente entre 150°C y 180°C, dependiendo del grado de viscosidad del asfalto utilizado. Durante su proceso de fabricación, los componentes se calientan y se juntan en una planta de asfalto de forma homogénea. Esta se utiliza principalmente en la pavimentación de carreteras, calles y otras infraestructuras viales debido a su durabilidad, resistencia a cargas de tráfico y capacidad para soportar condiciones climáticas extremas (Padilla, 2004).

Durante la elaboración de una mezcla asfáltica, las proporciones de los materiales utilizados para su producción determinan las propiedades físicas y el desempeño que podrán presentar al momento de ser puestas en obra (Asphalt Institute, 2015).

Elaboración de especímenes de mezcla asfáltica en caliente

Para la elaboración de especímenes de mezcla asfáltica en caliente (HMA) se emplea el método Marshall, uno de los más utilizados.

Este método permite encontrar la dosificación óptima para una mezcla asfáltica, estableciendo los porcentajes tanto de agregados minerales y de ligante bituminoso que garanticen características adecuadas para el hormigón asfáltico en caliente. Entre los parámetros evaluados en este diseño se encuentra la relación entre vacíos-densidad de la mezcla y estabilidad-flujo en especímenes compactados, los cuales se encuentran normalizados en probetas de 2.5 pulgadas de espesor por 4 pulgadas de diámetro (Asphalt Institute, 2015).

Para la selección de la proporción de agregados minerales se deberá tener en consideración la granulometría deseada para la mezcla al igual que el comportamiento que se

pretende obtener, por lo cual se deberá seleccionar la faja granulométrica adecuada para el diseño establecido en la MOP-001-F 2002 sección 405.5.02 y, de igual manera, los requisitos para el ligante asfáltico que se establecen en la sección 810.2.02 (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002).

Para la elaboración de especímenes de hormigón asfáltico en caliente el Ministerio de Transporte y Obras Públicas en la sección 405.5.04 establece los criterios de diseño Marshall dependiendo del tipo de tráfico al cual va a ser destinado el diseño de la mezcla asfáltica (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002).

### **Caracterización de la mezcla Asfáltica**

#### ***Densidad***

Se define como el peso unitario de un volumen específico de la mezcla asfáltica (Praba, et al., 2020). Es una característica muy importante debido a que es esencial tener una alta densidad en el pavimento terminado para obtener un rendimiento duradero (Asphalt Institute, 2015).

La densidad de la mezcla compactada que se obtiene en laboratorio sirve como guía para determinar si la densidad del pavimento, cuando sea colocado en obra, es adecuada o no (G. Cárdenas, 2014).

Las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes y las especificaciones MOP-001-F-2002 establecen que usualmente un porcentaje de la densidad del pavimento sea determinado en el laboratorio, ya que dicha densidad en campo no se logra obtener en su totalidad debido a los métodos de compactación y la temperatura de la mezcla asfáltica (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002).

#### ***Porcentaje de vacíos de aire***

Los vacíos de aire son espacios pequeños que están presentes entre los agregados revestidos en la mezcla asfáltica. Es necesario que todas las mezclas contengan cierto porcentaje de vacíos para permitir la compactación bajo el tráfico, y proporcionar espacios donde pueda fluir el asfalto durante el proceso de compactación. El porcentaje permitido de vacíos para carpetas asfálticas varía entre 3 y 5 por ciento (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002).

#### ***Vacíos de agregado mineral V.M.A***

Los vacíos en el agregado mineral (VMA) son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregado en una mezcla asfáltica compactada incluyendo aquellos que están llenos de asfalto. El VMA representa el espacio disponible para acomodar el volumen efectivo de asfalto y los vacíos de aire óptimos para la mezcla, cuando mayor sea el VMA mayor espacio existirá disponible para las películas de asfalto (Asphalt Institute, 2015).

#### ***Vacíos llenos de asfalto V.F.A***

Los vacíos llenos de asfalto corresponden a la porción del volumen de vacíos entre las partículas de agregados que están ocupados por el porcentaje de asfalto efectivo de la mezcla asfáltica (G. Cárdenas, 2014).

#### ***Contenido de Asfalto***

Es el porcentaje de asfalto que se incorpora en la mezcla, parte de este será absorbido por el agregado y el resto formará una película que rodea las partículas, al primero se le denomina asfalto absorbido y al segundo asfalto efectivo. El óptimo contenido de asfalto de la

mezcla asfáltica está en función de la granulometría y el porcentaje de absorción del material. Mezclas con alto porcentaje de filler requerirán más asfalto y mezclas porosas se necesitarán menor porcentaje (Asphalt Institute, 2015).

### **Estabilidad**

Es la capacidad de la mezcla asfáltica de soportar las deformaciones y desplazamientos cuando son sometidas a las cargas vehiculares de tránsito (Garnica et al., n.d.).

La estabilidad Marshall de una mezcla asfáltica compactada es la carga máxima expresada en kilogramos o libras que resiste una briqueta de 6.35 cm y un diámetro de 10.16 cm cuando es sometida a la prensa Marshall a una temperatura de 60°C después de pasar por el baño maría durante 30 minutos y aplicando una carga normal a la briqueta a una velocidad de 5.08 cm/min (Garnica et al., 2004).

### **Flujo**

Flujo Marshall es la deformación total expresada en mm o pulgadas que experimenta la probeta desde el comienzo de la aplicación de la carga en el ensayo de estabilidad, hasta el instante de producirse la falla (Garnica et al., 2004).

Si los valores de fluencia que se obtienen en briquetas de mezclas asfálticas son bajos se considera una mezcla rígida para ser colocada en obra; por el contrario, si el valor de fluencia es elevado la mezcla se considera excesivamente plástica, por lo que tiende a deformarse rápidamente cuando es sometida a cargas vehiculares de tránsito (G. Cárdenas, 2014).

### **Envejecimiento de mezcla asfáltica**

El proceso de envejecimiento pretende simular el transcurso del tiempo en una estructura de pavimento, para lo cual se estableció la norma AASHTO R 30. Esta normativa estipula que mediante la incorporación de calor adicional en el proceso de fabricación de hormigón asfáltico se genera el envejecimiento del material, simulando el paso del tiempo a corto y largo plazo.

### **Norma utilizada para el proceso de envejecimiento AASHTO R 30**

La norma AASHTO R 30 proporciona el procedimiento para simular el envejecimiento de mezclas asfálticas en caliente a corto y largo plazo mediante el acondicionamiento a temperaturas controladas con el uso de un horno de tiro forzado (AASHTO, n.d.).

Este procedimiento, para el acondicionamiento de mezclas asfálticas sueltas, se lo aplica para un envejecimiento a corto plazo debido a que la temperatura a la cual es sometida la mezcla asfáltica es elevada, por lo que si se implementara en briquetas estas se desintegrarían durante el tiempo que dura el acondicionamiento (Guerrero et al., n.d.-a; Montero & Recasens, 2015). Por otra parte, el acondicionamiento a largo plazo es implementado en briquetas de mezcla asfáltica, ya que la temperatura utilizada es insuficiente para permitir la desintegración pese a su exposición durante un periodo prolongado.

Durante todo el proceso de envejecimiento es importante tener precaución con las tolerancias establecidas a fin de no producir ninguna alteración a los resultados del ensayo (Argüelles, 2005; Guerrero et al., n.d.-b; Parada et al., n.d.).

### **Efecto del envejecimiento en las propiedades fisicoquímicas**

Este método es irreversible, afecta a la durabilidad del pavimento y evidencia daños tempranos. La principal causa del envejecimiento del asfalto es la oxidación térmica, un

procedimiento donde los componentes del ligante interactúan con el oxígeno bajo condiciones de elevada temperatura. Este fenómeno se agudiza durante el proceso de producción, almacenaje, traslado, ubicación y compactación de las mezclas asfálticas, y se complementa con la volatilización de elementos de menor peso y la reestructuración de su microorganismo (Baudilio et al., 2023).

Diversos factores del entorno, como la temperatura, la humedad y la presencia de oxígeno, influyen en el proceso de envejecimiento. En particular, la humedad puede originarse tanto en la atmósfera como en el interior de las estructuras, además, el pavimento asfáltico está estrechamente relacionado con este fenómeno. La capa de rodadura de las estructuras es la más afectada visualmente, ya que está en contacto constante y directo con el oxígeno presente en el aire, lo que intensifica el efecto oxidante (Villegas et al., 2024).

### **Índice de Condición del Pavimento (PCI)**

Los daños observados se documentan y clasifican de acuerdo con su tipo y grado de severidad. Esto ayuda a identificar patrones de deterioro y a planificar de manera más eficiente las intervenciones necesarias. Se enfatiza la importancia de registrar de forma detallada los resultados de la inspección, lo que permitirá hacer un seguimiento adecuado y facilitar la planificación futura del mantenimiento de pavimentos (Niola, 2015).

Dentro de los modelos de administración vial existentes, el Índice de Condición del Pavimento (PCI) representa el método más integral para la valoración y puntuación imparcial de pavimentos flexibles o rígidos. La implementación de la metodología es sencilla y no necesita de herramientas especializadas más allá de las que conforman el sistema de evaluación del PCI (Vásquez, 2002).

Así también, el PCI es uno de los indicadores que facilitan una valoración global del comportamiento del pavimento, además, es uno de los que se utiliza para la revisión visual. Este método de evaluación es uno de los más reconocidos a nivel global y sigue siendo utilizado en ciertos países, especialmente en los que carecen de dispositivos para medir parámetros como deflexión, irregularidad superficial (longitudinal y transversal) y fricción (González et al., 2019).

## **Metodología**

### **Elaboración de especímenes para ser ensayados**

Se aplicó la metodología Marshall para el diseño de mezclas asfálticas en función de la norma ASTM D 1559, en el cual se utilizarán materiales que cumplieron con las características establecidas en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes entre las cuales están granulometría, peso específico aparente de los áridos y peso específico del asfalto (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002). Una vez obtenida la curva granulométrica se procedió a elegir los porcentajes de agregado grueso, intermedio, fino y el porcentaje de asfalto para la realización de la mezcla asfáltica (Caillagua & Sozoranga, 2025). Se prepararon 15 muestras de mezcla asfáltica para el estudio.

Teniendo en consideración los criterios de diseño Marshall presentados en la especificación MOP-001-F-2002, en la que se establecen las condiciones de tráfico y las características que debe cumplir la mezcla asfáltica, se debe contemplar que en la actualidad el mayor porte de la red vial nacional es diseñada para el tráfico de vehículos de carga, por lo que se debe prever que la estructura podría soportar este tipo de tránsito; pudiendo no resistir y requerir intervenciones.



### **Envejecimiento de especímenes**

Este procedimiento puede realizarse en dos fases, una a corto plazo (durante la producción y colocación de la mezcla) y a largo plazo (durante el tiempo de vida útil). Los especímenes elaborados se acondicionan en el horno a una temperatura de 135°C a 4 horas para simular un envejecimiento a corto tiempo (Garnica et al., 2004) y para simular un envejecimiento a largo plazo se acondiciona a una temperatura de 85°C durante 5 días (Agudelo & Martínez S, 2019).

### **Identificación de deterioros**

Pese a poseer una normativa que permite la identificación de deterioros para pavimento asfáltico, esta no es utilizada para la identificación de deterioros en especímenes de prueba debido a que no se presenta la acción del tránsito vehicular como variable de alteración en la integridad del pavimento (Loor, 2021). La principal variable para el estudio es la temperatura en la elaboración de briquetas ya se simula un proceso de envejecimiento y permite reconocer deterioros presentes como fisuras, desprendimientos, oxidación, pérdida de adherencia y microfisuras.

Así mismo, se podría establecer un rango de clasificación desde leve, moderado y severo, dependiendo de la presencia de cada tipo de deterioro. Los aspectos relevantes para la determinación de la severidad se verán influenciados por el efecto de los deterioros en la integridad de las briquetas de prueba.

Para definir un valor exacto, tanto en las dimensiones de los deterioros como en su influencia dentro de las briquetas elaboradas, se ve la necesidad de la elaboración de estudios complementarios centrados en el ensayo de briquetas envejecidas y en la recopilación de resultados medibles.

### **Análisis e interpretación**

Mediante la evaluación cualitativa se identificaron las tendencias comunes de deterioros presentes en los especímenes de prueba pertenecientes a la misma muestra de mezcla asfáltica, debido a la aplicación del envejecimiento. Los resultados fueron relacionados con la temperatura y tiempo de exposición de las muestras, así como con el tipo de asfalto utilizado para la elaboración de la mezcla.

Para establecer la relación entre los deterioros observados en campo y el nivel de severidad asociado, se utilizó una matriz de correlación que permitió vincular cada tipo de daño con su clasificación cualitativa (leve, moderado o severo), la que se presenta en la Tabla 2.

Durante el proceso de evaluación, se documentaron las condiciones del pavimento mediante fichas de inspección, las que incluyeron evidencias fotográficas, ubicación georreferenciada y descripción detallada del daño. Cada observación fue codificada y clasificada, según su naturaleza y magnitud, lo cual permitió alimentar la matriz de correlación previamente diseñada.

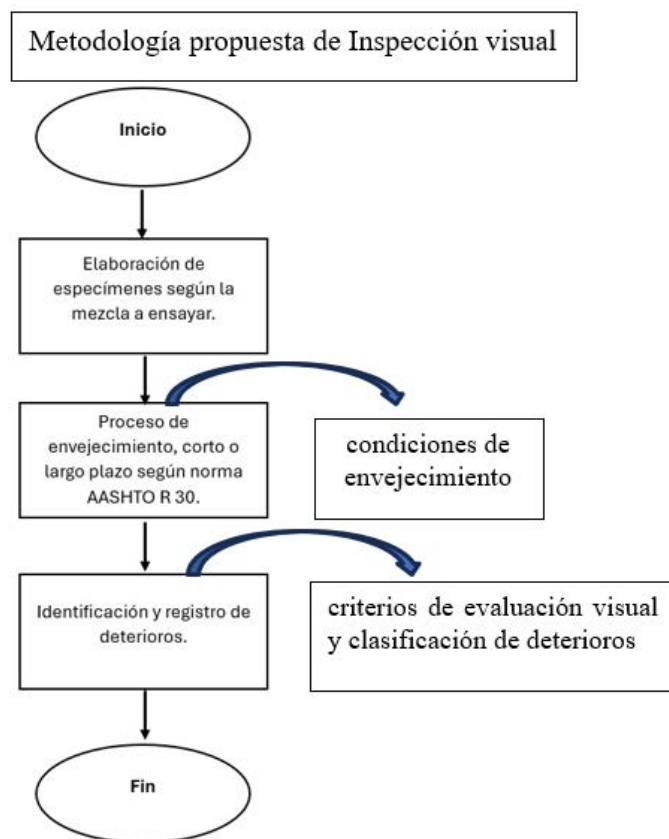
Posteriormente, los datos recopilados fueron analizados para determinar tendencias y patrones de envejecimiento, utilizando herramientas estadísticas básicas y sistemas de información geográfica (SIG), cuando se disponga de cobertura espacial. Esta correlación técnica facilitó la priorización de intervenciones y la toma de decisiones en programas de mantenimiento vial.

En la Figura 2 se puede observar el diagrama de flujo de la metodología propuesta para la inspección visual.

### Flujograma sobre la metodología

**Figura 2**

*Flujograma sobre la metodología*



**Nota:** (Autores, 2025)

### Resultados y Discusión

La revisión bibliográfica, realizada para la elaboración del presente artículo, reveló que el envejecimiento de mezclas asfálticas proporciona una herramienta de estudio que contribuye a la caracterización y simulación de deterioros producidos durante el tiempo de vida útil de una estructura de pavimento flexible; además, se evidenció que un análisis minucioso de muestras de hormigón asfáltico de la estructura de un pavimento flexible permitió evaluar diversos tipos de desgastes que únicamente serían visibles con el paso del tiempo durante la operación de la estructura. El cumplimiento de las especificaciones durante el diseño de una mezcla asfáltica no garantiza un comportamiento uniforme, por lo que un estudio posterior a su realización proporcionará información vital sobre intervenciones que se deberán considerar para la conservación de la infraestructura.

El envejecimiento de las mezclas asfálticas es un proceso crítico que impacta directamente la durabilidad y el rendimiento de las infraestructuras viales. Comprender los factores que influyen en este fenómeno, como la temperatura, la humedad y la exposición al oxígeno, es fundamental para identificar las causas de deterioro en pavimentos y desarrollar estrategias efectivas de mantenimiento y rehabilitación. Al aplicar este conocimiento en el

diseño de mezclas asfálticas más resistentes, se puede optimizar la vida útil de las pavimentaciones, reduciendo costos a largo plazo y mejorando la seguridad y funcionalidad de las vías. Así, el enfoque proactivo hacia el envejecimiento del asfalto no solo contribuye a la sostenibilidad de las infraestructuras, sino que también garantiza un mejor servicio a la comunidad.

El envejecimiento es un fenómeno que altera las propiedades físicas y químicas simulando el paso del tiempo, entre los deterioros que pueden presentarse están los siguientes:

- Grietas: Generadas debido a la contracción, comúnmente presentan un patrón en forma de polígono y de manera uniforme tanto en tamaño como en su distribución. La pérdida de flexibilidad del ligante produce una rigidez que disminuye las propiedades de la mezcla asfáltica frente a contracciones térmicas lo cual genera el agrietamiento.
- Exudación: Este deterioro se hace visible debido a una capa brillante que se genera en la superficie, ocurre debido a que la viscosidad del asfalto aumenta, permitiendo que los aceites rebosen a la superficie.
- Desprendimiento de agregados: Se genera debido a la pérdida de adherencia de los agregados con el ligante asfáltico, la oxidación permite al ligante volverse frágil, posibilitando el desprendimiento de partículas.
- Disminución de la flexibilidad: El envejecimiento reduce la capacidad de la mezcla asfáltica para recuperar su configuración, produciendo grietas por fatiga.
- Cambio de color: El color del pavimento puede cambiar a tonos grisáceos o marrones debido a la oxidación del ligante asfáltico y es un cambio directo que indica el envejecimiento del asfalto.

La metodología propuesta para la inspección visual se basa en la observación directa de los pavimentos en distintos estados de envejecimiento; por tal motivo, es fundamental el desarrollo de investigaciones que complementen de manera más detallada y rigurosa indicadores que hagan posible establecer valores cuantitativos dentro del análisis planteado. La Tabla 1 expresa la clasificación visual de severidad de daños planteada, y la Tabla 2 la clasificación de envejecimiento propuesto.

**Tabla 2**

*Clasificación visual de severidad de daños propuesta mediante el envejecimiento de mezcla asfáltica y briquetas*

<i>Tipo de Deterioro</i>	<i>Descripción Técnica</i>	<i>Criterio de Severidad - Leve</i>	<i>Criterio de Severidad - Moderado</i>	<i>Criterio de Severidad Severo</i>
<b>Fisuras (Longitudinales, Transversales o en bloque)</b>	Grietas lineales o en patrón cuadriculado causadas por retracción térmica, fatiga o deformaciones estructurales.	Grietas cortas o poco visibles, sin desintegración ni pérdida de material.	Grietas medianamente largas, posible inicio de desintegración.	Grietas anchas y largas, con desintegración de material, posible afectación estructural.
<b>Desprendimientos (Raveling)</b>	Pérdida progresiva del agregado superficial por envejecimiento del ligante o tránsito.	Pérdida ligera de agregado, textura aún perceptible.	Exposición parcial del agregado grueso, textura superficial rugosa.	Desgaste severo, pérdida funcional de la carpeta asfáltica.

<i>Tipo de Deterioro</i>	<i>Descripción Técnica</i>	<i>Criterio de Severidad - Leve</i>	<i>Criterio de Severidad - Moderado</i>	<i>Criterio de Severidad Severo</i>
<b>Oxidación del Asfalto</b>	Cambio de coloración por envejecimiento del ligante asfáltico, pérdida de flexibilidad.	Color marrón claro o grisáceo, sin grietas visibles.	Color gris oscuro, con presencia de microgrietas superficiales.	Superficie quebradiza, grietas asociadas, pérdida de cohesión entre los agregados.
<b>Pérdida de Adherencia (Despegue)</b>	Separación entre capas o pérdida de vínculo entre mezcla asfáltica y la base o sub-base.	Leve desprendimiento, sin alteraciones visibles	Áreas con degradación visible de agregado fino.	Desprendimientos evidentes de agregados con ausencia de ligante.
<b>Microfisuras superficiales</b>	Fisuración superficial en malla fina o telaraña, generalmente por oxidación o tránsito repetitivo.	Microfisuras imperceptibles o muy ligeras, sin daño estructural	Malla apenas entrelazada y perceptible, posible pérdida de capa impermeable.	Fisuración conectada, daño estructural evidente, posible evolución a piel de cocodrilo.

### Conclusiones

El proceso de envejecimiento de una muestra de hormigón asfáltico permite evidenciar su calidad y definir de manera temprana los inconvenientes que se presentarán después de la operación de la infraestructura vial. Pese a que el proceso de construcción es uno de los principales factores que influyen en su desempeño operativo, no se debe ignorar el mantenimiento y la conservación de la infraestructura vial.

En Ecuador se evidencia un alto incremento de infraestructura vial que presenta fallas debido a una inexistente o reducida política de mantenimiento y conservación. La operación de las vías se ve afectada debido a un déficit en el control de tráfico, los usuarios no acatan las indicaciones de uso y no se respeta el tránsito para el que fue diseñada la vía (liviano y pesado).

El envejecimiento de mezclas asfálticas proporciona una herramienta de análisis inicial que asemeja las características que resultan del paso del tiempo a la estructura de pavimento flexible. En este contexto, se puede evidenciar como los diversos estudios realizados a mezclas asfálticas mediante el proceso de envejecimiento buscan reproducir dichas características en especímenes de prueba, para su posterior evaluación y análisis.

Los resultados obtenidos permiten diseñar estrategias de mantenimiento más efectivas y eficientes, prolongando la vida útil de las pavimentaciones y mejorando la seguridad vial y el desempeño del tráfico. La investigación sobre el envejecimiento de la mezcla asfáltica no solo impulsa la creación de materiales más duraderos, sino que también promueve una gestión vial más sostenible y eficiente, contribuyendo al desarrollo de infraestructuras más resilientes y económicas a largo plazo.

En cuanto a las limitaciones, se encuentran la inexistencia de una herramienta que permita el análisis de manera precisa de los desgastes producidos en los especímenes de prueba. Este estudio se deberá llevar a cabo sin ninguna alteración o destrucción de las briquetas, ya que es necesario una inspección visual. De ninguna manera se debe afectar la integridad de las briquetas ante la necesidad de una inspección de las propiedades que pueden presentarse en su interior.

Este artículo sugiere una base de estudio que deberá ser comprobada mediante ensayos de laboratorio que garanticen su funcionalidad. Los resultados obtenidos de estos ensayos podrían proporcionar una base sólida que permita un estudio detallado de desgastes

frecuentados en diversos especímenes, para así anticipar su aparición con medidas de mitigación.

La importancia de este estudio radica en la necesidad de un análisis temprano de los posibles inconvenientes que pueden presentarse en las estructuras de pavimento asfáltico, debido a que la mayor parte de la infraestructura vial del país se encuentran construidas empleando hormigón asfáltico.

Las muestras para el estudio deberán ser representativas de la mezcla, por otra parte, las muestras elaboradas en laboratorio deberán asemejarse a las esperadas en campo.

Para cubrir un análisis confiable de la vida útil de un pavimento flexible entre 10 y 20 años, se recomienda realizar al menos seis ensayos fundamentales: módulo resiliente (MR) para evaluar el comportamiento elástico de las capas; deflectometría (FWD o Benkelman Beam) para determinar la capacidad estructural; resistencia mecánica del ligante mediante tracción indirecta (ITS) o corte directo; caracterización del ligante asfáltico (ductilidad, penetración y envejecimiento RTFO/PAV); granulometría y densidad in situ (por densímetro nuclear o método del cono de arena); e inspección visual codificada (según PCI, VIZIR u otra norma técnica). Estos ensayos deben realizarse al inicio del periodo de análisis (año 0) y repetirse cada 2 a 3 años en vías de alto tráfico, o bajo condiciones climáticas severas; y, cada 5 años en vías secundarias, lo que permite modelar el deterioro, recalibrar curvas de desempeño y planificar estrategias de mantenimiento preventivo o correctivo de manera técnica y oportuna.

### Reconocimientos

Los autores declaran la contribución y participación equitativa de roles de autoría para esta publicación.

Los autores declaran que, en la elaboración del presente artículo, no se ha utilizado herramientas de inteligencia artificial.

### Referencias

- AASHTO. (n.d.). *R 30-Acondicionamiento de mezcla asfáltica caliente*.
- Garnica, P., Delgado, H., Gómez, J., Romero, S., & Alarcón, H. (2004). *Aspectos Del Diseño Volumétrico De Mezclas Asfálticas*.
- Argüelles, G. M. (2005). *Efecto de la radiación solar en el envejecimiento de ligantes y mezclas asfálticas*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstreams/2dd76cda-9665-4121-8dab-4fa206c0378d/download>
- Asphalt Institute. (2015). *MS-2 Asphalt Mix Design Methods* (7th ed.). Asphalt Institute.
- ASTM. (n.d.). *D 6433-Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D6433-18>
- Baudilio, S., Rondón, H., & Bastidas, J. (2023). *Estudios del envejecimiento de mezclas de concreto asfáltico en caliente* (N. Rodríguez, Ed.; Primera). [www.stock.adobe.com-Stockr](http://www.stock.adobe.com-Stockr)
- Caillagua, A., & Sozoranga, J. (2025). *Evaluación de la calidad de mezclas asfálticas en caliente a través del Módulo de Rigidez utilizando agregados provenientes de las canteras de Guayllabamba, Pintag y Pífo*. [Tesis de grado inédita]. Universidad Central del Ecuador.
- Carbajal, A. (2019). *Estudio de tipo fallas y sus consecuencias en el pavimento flexible de la Av. Central, cuadra 5, distrito de Los Olivos*. Universidad César Vallejo.

- Cárdenas, G. (2014). *Estudio De Mezclas Asfálticas Colocadas En Vías De La Región Amazónica Del Ecuador Mediante Pruebas De Desempeño*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Cárdenas, J. (2018). *Influencia del tráfico vehicular con respecto a las deflexiones de los pavimentos flexibles en zona urbana de la ciudad de Huancayo, Junín – 2017*. Universidad Ricardo Palma.
- Garnica, P., Delgado, H., & Sandoval, C. (2005). *Análisis Comparativo De Los Métodos Marshall Y Superpave Para Compactación De Mezclas Asfálticas*.
- González, H., Ruiz, P., & Guerrero, D. (2019). *Propuesta De Metodología Para La Evaluación De Pavimentos Mediante El Índice De Condición Del Pavimento (Pci)*.
- Gore, N., Arkatkar, S., Joshi, G., & Antoniou, C. (2023). Modified bureau of public roads link function. *Journals.Sagepub.Com*, 2677(5), 966–990. <https://doi.org/10.1177/03611981221138511>
- Guerrero, W., vínculos, S. P.-R., & 2020, undefined. (n.d.-a). Efecto del envejecimiento de mezclas asfálticas en el ciclo de vida del pavimento desde el aspecto técnico y ambiental. Revisión del estado de conocimiento. *Revistas.Udistrital.Edu.Co*. <https://doi.org/10.14483/2322939X.16227>
- Guerrero, W., vínculos, S. P.-R., & 2020, undefined. (n.d.-b). Efecto del envejecimiento de mezclas asfálticas en el ciclo de vida del pavimento desde el aspecto técnico y ambiental. Revisión del estado de conocimiento. *Revistas.Udistrital.Edu.Co*WMC Guerrero, SBC PabónRevista Vínculos, 2020•*revistas.Udistrital.Edu.Co*. <https://doi.org/10.14483/2322939X.16227>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2024). *Estadística de Transporte (Estra)*.
- Llopis, D., García, T., Montalbán, L., Sanz, A., & Pellicer, E. (2020). Influence of Pavement Structure, Traffic, and Weather on Urban Flexible Pavement Deterioration. *Sustainability (Switzerland)*, 12(22), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su12229717>
- Lloor, M. (2021). *Estudio del envejecimiento de mezclas asfálticas con núcleos de obras y briquetas procesadas en laboratorio*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Martínez, S., & Agudelo, M. (2019). *Estudio Comparativo Del Envejecimiento A Largo Plazo De Una Mezcla Con Asfalto Modificado Con Grano De Caucho Reciclado*. Trabajo de grado, Univ. Católica de Colombia. repositorio digital HLSL: <https://hdl.handle.net/10983/24074>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2002). *Especificaciones Generales Para La Construcion Para La Construcion De Caminos Y Puentes*.
- Montero, T. L., & Recasens, J. M. (2015). *El envejecimiento en mezclas asfálticas*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/126751>
- Niola, M. (2015). *Análisis De Las Fallas Del Pavimento Flexible De La Avenida Arízaga Entre Nueve De Mayo Y Ayacucho*. Universidad Técnica De Machala.
- Padilla, A. (2004). *Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista*.
- Parada, M., Lepesqueur, A., & Caicedo., B. (2005). undefined. Estudio del envejecimiento de mezclas asfálticas por oxidación.
- Praba, M., Lokeshwaran, K., & Kumar, S. R. (2020). an optimum design approach for flexible pavement using asphalt institute method. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 11.
- Rondón, J. (2021). *Envejecimiento De Asfaltos Y Mezclas Asfálticas: Revisión Teórica*. Universidad Santo Tomás.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (Pci) Para Pavimentos Asfálticos Y De Concreto En Carreteras*.
- Villegas, R., Calderón, P., Aguilar, J., & Quirós, R. (2024). Análisis morfológico de la oxidación del betún asfáltico y su relación con los cambios en sus propiedades químicas y termorreológicas. *ASFALTO Y PAVIMENTOS, XIV*.



## Maximización de la producción agrícola y del beneficio económico: Aplicación simplificada del modelo cuadrático

### Maximizing agricultural production and economic profit: Simplified application of the quadratic model

Luis Alberto Duicela Guambi<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9326-8545>,  
Ángel Monserrate Guzmán Cedeño<sup>1, 2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7057-8068>, Osvaldo Fosado  
Téllez<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2245-2943>

<sup>1</sup>*Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador*

[luis.duicela@espam.edu.ec](mailto:luis.duicela@espam.edu.ec), [aguzman@espam.edu.ec](mailto:aguzman@espam.edu.ec)

<sup>2</sup>*Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador*

[angel.guzman@uleam.edu.ec](mailto:angel.guzman@uleam.edu.ec)

<sup>3</sup>*Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador*

[osvaldo.fosado@utm.edu.ec](mailto:osvaldo.fosado@utm.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/05/24

Aceptado: 2025/07/15

Publicado: 2025/12/15

#### Resumen

La maximización de la producción y del beneficio económico, así como la minimización de costos, busca satisfacer la demanda alimentaria, impulsar la seguridad alimentaria y mejorar la rentabilidad de los agricultores. Este trabajo tiene como objetivo validar la aplicación de tres modelos cuadráticos simplificados para la optimización de los rendimientos agrícolas en función de los insumos. En investigaciones cuantitativas, donde la variable de respuesta es del tipo “mayor es mejor”, se verifica la ley de rendimientos decrecientes, donde los modelos cuadráticos simplificados resultan prácticos para calcular máximos técnicos y el punto óptimo económico. En variables del tipo “menor es mejor” como los costos, el modelo cuadrático simplificado posibilita la minimización de los costos con alta confiabilidad. Los modelos simplificados, aplicados para maximizar la producción y beneficios económicos, así como para minimizar costos se han probado como válidos y son de ágil aplicabilidad en la experimentación agrícola.

**Sumario:** Introducción, Metodología, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** Duicela, L., Guzmán, A. & Fosado, O. (2025). Maximización de la producción agrícola y del beneficio económico: Aplicación simplificada del modelo cuadrático. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 113-131. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1321>

**Palabras clave:** Análisis microeconómico, eficiencia productiva, máximo técnico, óptimo económico.

### Abstract

Maximizing production and economic profit, as well as minimizing costs, aims to meet food demand, boost food security, and improve farmers' profitability. This study aims to validate the application of three simplified quadratic models for optimizing agricultural yields based on inputs. In quantitative research where the response variable is "higher is better," the law of diminishing returns is verified, and simplified quadratic models prove practical for calculating technical maximums and the economic optimum. For "lower is better" variables such as costs, the simplified quadratic model enables cost minimization with high reliability. Simplified models, applied to maximize production and economic profit, as well as to minimize costs, have proven valid and easily applicable in agricultural experimentation.

**Keywords:** Microeconomic analysis, productive efficiency, technical maximum, economic optimum.

### Introducción

La agricultura ha sido un pilar fundamental en el desarrollo de la humanidad, orientada históricamente a satisfacer la creciente demanda de alimentos, fibras y forrajes mediante el incremento de la productividad (FAO, 2011). En la actualidad, este objetivo persiste, impulsado por la incorporación de variedades mejoradas, tecnologías y el uso eficiente de insumos agrícolas como fertilizantes, pesticidas, semillas y maquinaria (AGROCALIDAD, 2023).

El uso eficiente de estos insumos no solo busca aumentar los rendimientos y reducir las pérdidas por plagas o enfermedades, sino también garantizar la calidad del producto final, minimizando los impactos ambientales (TOTVS, 2024). Para ello, la agricultura moderna recurre a herramientas de precisión y modelos analíticos que permitan tomar decisiones óptimas en contextos de recursos limitados para optimizar los procesos de producción agropecuaria, haciendo que la agricultura sea más eficiente y rentable (Best et al., 2014).

Sin embargo, un problema frecuente en la investigación agropecuaria es que muchos ensayos experimentales se limitan a describir los efectos de diferentes dosis de insumos sobre la producción, sin proporcionar recomendaciones técnicas y económicas concretas (Gómez & Gómez, 1984; Pagani et al., 2008). Esto se debe, en parte, al uso limitado de modelos matemáticos que relacionen insumo y producto, lo que impide identificar niveles óptimos de aplicación para maximizar la producción o rentabilidad. Arias et al. (2021), enfatiza en que la investigación de operaciones y el diseño de modelos de optimización son fundamentales en el desarrollo de soluciones prácticas a los problemas de producción; sobre todo, en el sector agrícola que necesita de insumos técnicos para desarrollar estrategias para maximizar los beneficios, que se identifica como optimización.

Desde la microeconomía y la investigación operativa, se han desarrollado herramientas como el análisis de regresión y modelos cuadráticos que permiten estimar el máximo técnico, el mínimo costo y el punto óptimo económico (Castán-Farrero, 1988; Huerta, 2001; CIMMYT, 1988). Estos modelos constituyen una base sólida para la optimización de la producción agrícola en función de uno o más factores.

Para decidir las recomendaciones apropiadas en términos económicos, a partir de experimentos agrícolas, analizando la función producción o función rendimiento (Castán,

1988), hay varias opciones que dependen del tipo de modelo. Matute et al. (2023), Muinelo (2012), Pontón (2010), Huerta (2001), el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1988) y Gómez & Gómez (1984), entre otros, han propuesto alternativas de análisis microeconómico; por lo tanto, este estudio tiene como objetivo general validar la aplicación de tres modelos cuadráticos simplificados para optimizar los rendimientos agrícolas en función del uso de insumos.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Maximizar la producción agrícola determinando la dosis de insumo asociada al *máximo técnico*.
- Minimizar los costos de producción mediante la estimación de la *dosis óptima de menor costo*.
- Maximizar el beneficio económico identificando la dosis de insumo correspondiente al *punto óptimo económico (POE)*.

## Metodología

### Función producción

La función producción permite comprender cuánto se puede producir con una cantidad determinada de insumos. En los experimentos agrícolas, normalmente se estudian uno o más factores con niveles de tipo cuantitativo (p.e.: dosis de nitrógeno) o cualitativo (alternativas de fertilización orgánica), que constituyen las variables independientes, y se miden sus efectos sobre una variable dependiente como el rendimiento de grano (Corral, 2019).

Al analizar una función producción en agricultura, cuando un producto depende de un insumo, el modelo cuadrático ( $Y = a + bX + cX^2$ ), es el más adecuado (Corchuelo y Quiroga, 2014; Debertin, 2012). La validez del modelo puede verificarse con el Coeficiente de determinación ( $R^2$ ), que se usa como prueba de bondad de ajuste. El Coeficiente  $R^2$ , según Gómez & Gómez (1984), es una medida estadística que indica la proporción de la variación total de la variable dependiente (Y) que es explicada por la variable independiente (X). Las variables independientes (factores en estudio), frecuentemente estudiadas son: dosis de fertilizantes, densidad poblacional, dosis de plaguicidas y láminas de agua, que se configuran como tratamientos. El efecto de los tratamientos se mide a través de variables de respuesta (Corral, 2019), como son el rendimiento de grano. $\text{ha}^{-1}$  y la producción de biomasa, frutos/planta o peso de racimo.

Los datos experimentales se pueden analizar usando las técnicas de regresión para elaborar modelos matemáticos bivariados [ $Y = f(X)$ ], describir la relación entre insumo (input) y producto (output), y predecir su comportamiento futuro en condiciones tecnológicas y biofísicas concretas (Sydsaeter y Hammond 1996; Doll & Orazem, 1978).

Con la información de los experimentos de campo o laboratorio, se inicia elaborando un dispersograma<sup>1</sup>, para visualizar la tendencia de los datos en el plano cartesiano. En el caso de haber datos atípicos u “Outliers”, estos se corrigen o se descartan; luego, se traza la línea de tendencia apropiada y se define el modelo que mejor explique la función producción. Un gráfico  $Y = f(X)$ , realizado con programas estadísticos, proporciona el modelo matemático y su coeficiente de determinación ( $R^2$ ). Un valor de  $R^2$  cercano a la unidad es un indicativo de la validez del modelo matemático.

---

<sup>1</sup> Usando el programa EXCEL, se agrega la línea de tendencia, direccionándola hacia el tipo polinómico de grado 2 con la respectiva ecuación y coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

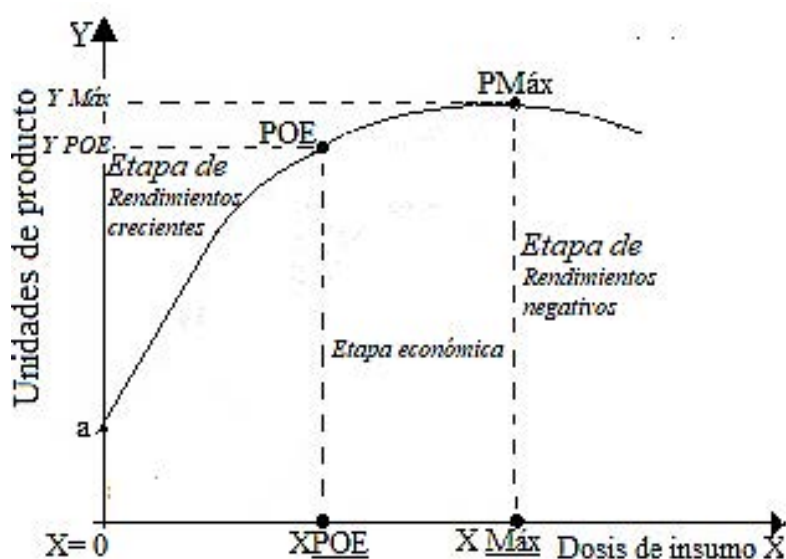
La función producción, como modelo cuadrático, se representa en el gráfico 1. Según Debertin (2012) y Salvatore (2009), la función producción de tipo cuadrática presenta tres etapas. En la etapa I, los niveles de uso del insumo responden a tasas más que proporcionales y se conoce como la “etapa de rendimientos crecientes”. La etapa II indica los niveles de insumo donde la producción aumenta a tasas decrecientes, por eso se conoce como la “etapa de rendimientos decrecientes” o “etapa económica” y en esta se encuentran los niveles de insumo que permiten maximizar ganancias (POE) o maximizar la producción ( $P_{Máx}$ ). La etapa III corresponde al uso de los niveles de uso del insumo, donde la producción disminuye y es conocida como la etapa de “etapa de rendimientos negativos” (Salvatore, 2009).

La producción total a la cantidad de producto se obtiene con cada nivel de insumo. La producción total (Y) es la cantidad total de unidades físicas (t, kg, g) que varía en función de los cambios en la cantidad de insumo aplicado (X), (Gómez & Gómez, 1984). La producción promedio con insumo variable, por lo general, primero crece, llega al máximo y después decrece (Salvatore, 2009).

El modelo cuadrático explica el fenómeno de causalidad (Walpole et al., 2012; Gómez & Gómez, 1984). La función de producción:  $Y = a + bX - cX^2$  se relaciona con la ley de los rendimientos decrecientes (Ley de Mitscherlich), donde se indica que a cada incremento de la dosis del factor limitante que se encuentra en menor cantidad corresponde un incremento en la producción, que tienden a ser cada vez más reducidos, hasta llegar a un incremento nulo (Castán, 1988).

**Figura 1**

*Función producción de tipo cuadrática*



Para la maximización de la producción (máximo técnico) y de los beneficios netos (óptimo técnico) se usa el cálculo diferencial (Corchuelo y Quiroga, 2014; Sydsaeter y Hammond, 1996; Doll & Orazem, 1978). La función producción:  $Y = f(X)$ , al ponerla en valor (\$) se convierte en una función económica:  $\$Y = f(\$X)$ , como se expone en el gráfico 2.

En general, se piensa en términos marginales, ya sea como Producto marginal o como Costo marginal. El Producto marginal se refiere al incremento de la producción por cada unidad adicional del insumo usada en el proceso productivo; mientras que el Costo marginal es el incremento en los costos totales debido al aumento de una unidad de producto (Mankiw, 2012).

El Costo marginal ( $C_{Mg}$ ) se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$C_{Mg} = \frac{\Delta CT}{\Delta X} \rightarrow C_{Mg} = \frac{CT_2 - CT_1}{X_2 - X_1}$$

Dónde:

$C_{Mg}$  = Costo marginal

CT = Costo total (costos fijos + costos variables)

$\Delta CT$  = Incremento del costo total

$\Delta X$  = Incremento en la cantidad de insumo

El costo total es el valor de mercado de todos los insumos usados en la producción (Mankiw, 2012) que resulta de la sumatoria de los costos fijos y los costos variables. El presente análisis trata sobre el análisis marginal, por lo que se identifica como “Costo total que varía” ( $CT_1 \rightarrow CT_2$ ), refiriéndose al incremento del costo por el incremento de la cantidad de insumos ( $X_1 \rightarrow X_2$ ), usada en el proceso productivo.

### Máximo Técnico

El máximo técnico es concebido como el nivel de producción máximo que se puede obtener al ir aumentando las cantidades (niveles) del factor en estudio, después de lo cual la producción puede permanecer constante o disminuir.

A partir del modelo cuadrático de la función producción se aplica la teoría del cálculo diferencial, que se inicia con el cálculo de la primera derivada de la función producción. Esta primera derivada se iguala a cero y se obtiene el valor  $X_{Max}$  que es la cantidad de insumo asociada al máximo técnico.

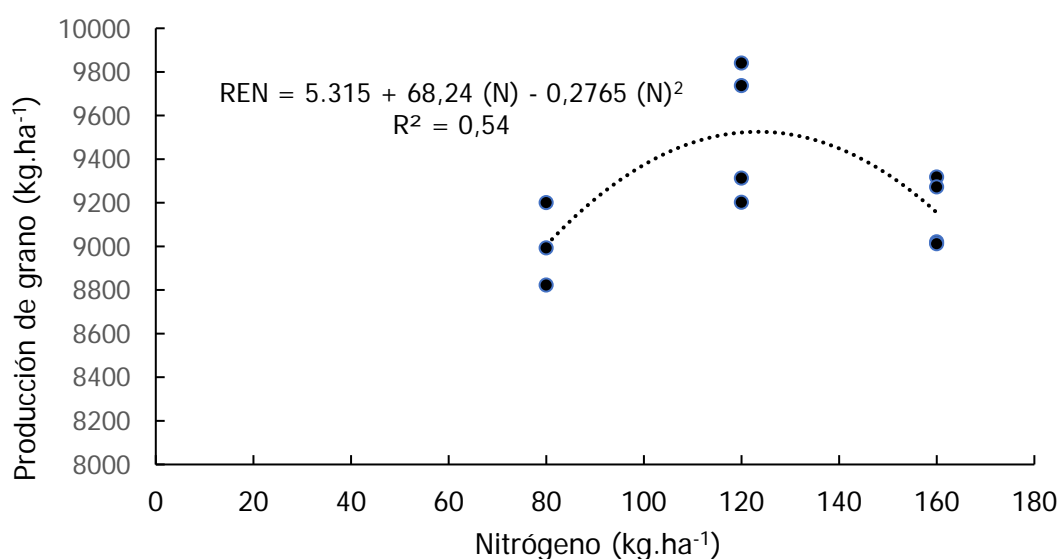
### Modelo cuadrático

$$Y = a + bX - cX^2.$$

*Nota: Tomar en cuenta que el coeficiente cuadrático tiene signo negativo (- c).*

**Figura 2**

*Producción de maíz ADVANTA 9313 en función de las dosis de nitrógeno*



**Cálculo de la primera derivada**

$$\frac{dY}{dX} = \frac{d(a)}{dX} + \frac{d(bX)}{dX} - \frac{d(cX^2)}{dX}$$

$\frac{d(a)}{dX} \rightarrow$  Derivada de una constante.- Es igual a cero

$\frac{d(bX)}{dX} \rightarrow$  Derivada de una constante por una función.- Es igual a la constante por la derivada de la función:  $b \left(\frac{dX}{dX}\right)$ . En este caso, la derivada de  $\frac{dX}{dX} = 1$

Por lo tanto:  $\frac{d(bX)}{dX} = b (1) = b$

$\frac{d(cX^2)}{dX} \rightarrow$  Derivada de una potencia.- Es igual al exponente multiplicado por la base elevada al exponente menos 1. En este caso:  $\frac{d(cX^2)}{dX} = 2 (cX^{2-1}) \rightarrow 2(cX)$

Por lo tanto, la primera derivada es:

$$\frac{dY}{dX} = Y' = 0 + b - 2(cX)$$

$$Y' = b - 2(cX)$$

Para calcular el máximo técnico, la primera derivada se iguala a cero

$$b - 2(cX) = 0$$

En este momento del análisis, X representa la cantidad de insumo ( $X_{Máx}$ ) requerida para obtener la producción máxima o máximo técnico ( $Y_{Máx}$ ).

Resolviendo la operación:  $b - 2(cX) \rightarrow b = 2cX$ .

De este modo se obtiene el modelo simplificado para maximizar la producción.

**Modelo para maximizar la producción**

$$X_{Máx} = \frac{b}{2|c|} \quad [1]$$

Dónde:

$X_{Máx}$  = dosis de insumo asociada al máximo técnico (máxima producción esperada).

b = Coeficiente del componente lineal

c = Coeficiente del componente cuadrático. En este caso tiene signo negativo, por lo que en la fórmula simplificada se usa como valor absoluto.

**Minimización de los Costos**

La minimización de costos es una estrategia empresarial que busca reducir los gastos y aumentar las ganancias. Se trata de hacer más con menos, o producir lo mismo con menores costos. El modelo cuadrático de la función costo tiene la curva hacia abajo (gráfico 3):



**Modelo cuadrático**

$$Y = a - bX + cX^2$$

Dónde:

Y = Variable dependiente. En este caso el costo total del proceso productivo

X = Variable independiente

a = Intercepto

b = Coeficiente lineal. En este caso tiene signo negativo.

c = Coeficiente cuadrático

*Nota: Tomar en cuenta que el coeficiente lineal (b) tiene signo negativo.*

El procedimiento para obtener el modelo simplificado para minimizar los costos es igual al anterior, con la particularidad de que el coeficiente b tiene signo negativo. En la fórmula se coloca como valor absoluto  $|b|$ . Para diferenciar la variable independiente asociada al costo mínimo, se indica como:  $X_{\min}$ .

**Modelo para minimizar el costo**

$$X_{\min} = \frac{|b|}{2c} \quad [2]$$

Dónde:

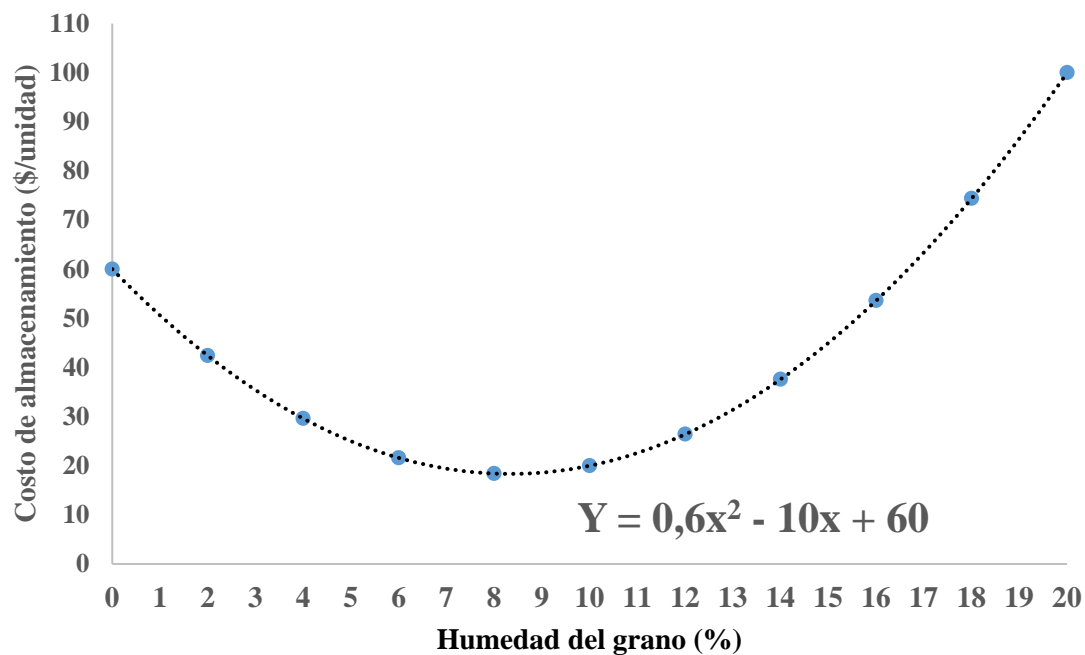
$X_{\min}$  = dosis de insumo asociada al mínimo costo

b = Coeficiente lineal. Como tiene signo negativo, se usa el valor absoluto

c = Coeficiente del componente cuadrático

**Figura 3**

*Relación entre humedad del grano y costos de almacenamiento*



## Optimización del Rendimiento

La optimización del rendimiento es equivalente a la maximización del beneficio neto. Para este análisis se requiere de la información económica, expresada en el índice económico, calculado como la relación entre costo unitario del insumo ( $C_x$ ) y precio unitario de venta del producto ( $P_y$ ) (Doll & Orazem, 1978). Luego de calcular la primera derivada de la función producción, se iguala al índice económico ( $C_x/P_y$ ) y de este modo se determina la cantidad de insumo  $X_{POE}$  requerida para lograr el máximo beneficio neto  $Y_{POE}$  (gráfico 4).

El valor del intercepto ( $a$ ) es la cantidad de producto obtenido ( $Y$ ) cuando  $X = 0$ ; por ejemplo: en un ensayo de fertilización, en el testigo absoluto (sin fertilización), se logrará un nivel de producción, porque hay remanente del nutrientes en el suelo.

### Modelo cuadrático

$$Y = a + bX - cX^2$$

La primera derivada, calculada con el procedimiento indicado para la maximización de la producción, es la siguiente:

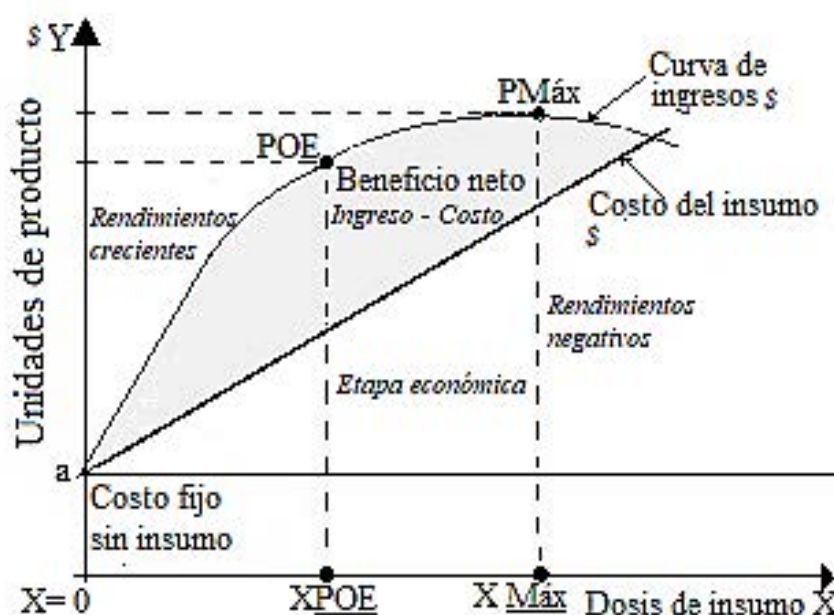
$$\frac{dY}{dX} = Y' = 0 + b - 2(cX)$$

Para la optimización del rendimiento (maximizar los beneficios económicos), la primera derivada se iguala al índice económico, que es la relación entre el costo unitario del insumo y el precio unitario de venta del producto:  $\frac{C_x}{P_y}$

$$\text{Por lo tanto: } b - 2(cX) = \frac{C_x}{P_y}$$

**Figura 4**

*Función económica agrícola ajustada al modelo cuadrático*



En este momento del análisis, X representa la cantidad de insumo ( $X_{POE}$ ) requerida para lograr el punto óptimo económico ( $Y_{POE}$ ). De este modo, se obtiene el modelo simplificado para maximizar los beneficios netos que equivale a optimizar el rendimiento.

### **Modelo para optimizar el rendimiento**

$$X_{POE} = \frac{b - \frac{C_X}{P_Y}}{2|c|} \quad [3]$$

Dónde:

$X_{POE}$  = dosis de insumo asociada al punto óptimo económico.

b = Coeficiente del componente lineal

c = Coeficiente del componente cuadrático. En este caso con signo negativo, por lo que en la fórmula se usa como valor absoluto  $|c|$ .

$$\frac{C_X}{P_Y} = \text{Índice económico}$$

### **Aplicación de los Modelos**

Se desarrollan 10 ejercicios de aplicación de los modelos cuadráticos para la maximización de la producción, minimización de los costos u optimización del rendimiento. Los datos usados en la aplicación de los modelos corresponden a estudios realizados por Gavilánez y Gómez (2022) en rendimiento de maíz en función de fertilizantes nitrogenados (N), fosfatados ( $P_2O_5$ ) y potásicos ( $K_2O$ ); Intriago y Quiroz (2018), en biomasa del pasto maralfalfa en función de la fertilización con nitrógeno (N) y azufre (S); Gómez y Gómez (1984), en rendimiento de arroz en función de fertilizante nitrogenado; Vishnu (2024), en rendimiento de cultivos en función de densidades poblacionales; Smith et al. (2018), en almacenamiento de grano en función de la humedad; y Castañeda (2018), en minimización de los costos para la fabricación de productos.

La decisión de maximizar o minimizar depende del tipo de variable de respuesta, que puede ser: Mayor es mejor (p.e.: Mayor rendimiento), menor es mejor (p.e.: Incidencia de plagas en cultivos) o nominal es mejor (p.e.: amarillo es mejor) (Cruz et al., 2012). En el presente trabajo se analizan las variables “mayor es mejor” y “menor es mejor”.

## **Resultados y Discusión**

Maximización de la producción:

### **Ejercicio 1: Determinación de la dosis de nitrógeno para una máxima producción del maíz híbrido Advanta 9313 (Gavilánez y Gómez, 2022)**

En un experimento factorial incompleto de 15 tratamientos en tres repeticiones con arreglo a un diseño central compuesto (DCC), Gavilánez y Gómez (2022), se probaron dosis de N, P y K sobre el rendimiento del maíz híbrido ADVANTA 9313.

*Objetivo:* Determinar la dosis de nitrógeno que permita lograr el máximo rendimiento.

### **Modelo cuadrático**

$$REN = 5.315 + 68,24 (N) - 0,2765 (N)^2$$

### **Elementos y Coeficientes del modelo**

REN = Rendimiento en kg de grano.ha<sup>-1</sup>.

$X = N$ . Dosis del insumo (Ingrediente activo N):  $X = 80, \dots, 160$  kg nitrógeno.ha<sup>-1</sup>  
 $a =$  Intercepto = 5315 kg de grano.ha<sup>-1</sup>  
 $b =$  Coeficiente lineal = 68,24  
 $c =$  Coeficiente cuadrático = - 0,2765

#### **Cálculo de $X_{Máx.}$**

$$X_{Max} = \frac{b}{2|c|} \rightarrow X_{Max} = \frac{68,24}{2|0,2765|} \rightarrow X_{Max} = \frac{68,24}{0,553}$$

$$X_{Max} = 123,4 \sim 123 \text{ kg de N.ha}^{-1}$$

#### **Cálculo del máximo técnico ( $Y_{Máx}$ )**

$$\text{Modelo: REN} = 5.315 + 68,24 (N) - 0,2765 (N)^2$$

$$\text{REN}_{Max} = 5.315 + 68,24 (123) - 0,2765(123)^2$$

$$\text{REN}_{Max} = 5.315 + 8.394 - 4.183 = 9.526 \text{ kg de grano.ha}^{-1}$$

#### **Decisión**

Aplicando 123 kg de N.ha<sup>-1</sup>, se obtiene 9.526 kg de grano.ha<sup>-1</sup> que es la máxima producción esperada con la fertilización nitrogenada.

Usando el programa MINITAB, Gavilánez y Gómez (2022), llegaron a la conclusión que los mayores rendimientos de maíz ADVANTA 9313, se obtienen con la aplicación de 110 a 140 kg.ha<sup>-1</sup>, que es un rango muy amplio. Con el modelo cuadrático simplificado se determinó que aplicando 123 kg N.ha<sup>-1</sup> se puede obtener 9.526 kg de grano.ha<sup>-1</sup>, el máximo técnico.

### **Ejercicio 2: Determinación de la dosis de fósforo para una máxima producción del maíz híbrido ADVANTA 9313 (Gavilánez y Gómez, 2022).**

*Objetivo:* Determinar la dosis de fósforo que permita lograr el máximo rendimiento.

#### **Modelo cuadrático**

$$\text{REN} = 5.459 + 135,22 (P) - 1,1046(P)^2$$

#### **Elementos y Coeficientes del modelo**

REN = Rendimiento de maíz (kg.ha<sup>-1</sup>)

$X = P$ . Dosis del insumo (Ingrediente activo P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>):  $X = 40, \dots, 80$  kg.ha<sup>-1</sup>

$a =$  Intercepto = 5459 kg de grano.ha<sup>-1e</sup>

$b =$  Coeficiente lineal = 135,22

$c =$  Coeficiente cuadrático = - 1,1046

#### **Cálculo de $X_{Máx.}$**

$$X_{Max} = \frac{b}{2|c|} \rightarrow X_{Max} = \frac{135,22}{2|1,1046|} \rightarrow X_{Max} = \frac{135,22}{2,2092}$$

$$X_{Max} = 61,21 \sim 61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

#### **Cálculo del máximo técnico ( $Y_{Máx}$ )**

$$\text{Modelo: REN} = 5.459 + 135,22 (P) - 1,1046(P)^2$$

$$\text{REN} = 5.459 + 135,22 (61) - 1,1046(61)^2$$

$$\text{REN} = 5.459 + 8.248 - 4.110 = 9.597 \text{ kg de grano.ha}^{-1}$$

**Decisión**

Aplicando 61 kg de  $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$  se logra una producción máxima de 9.597 kg de grano. $ha^{-1}$ .

Usando el programa MINITAB, Gavilánez y Gómez (2022), determinaron que las dosis apropiadas de fósforo varían de 50 a 70 kg. $ha^{-1}$ . Aplicando el modelo simplificado se determinó que el máximo técnico se logra con 61 kg de  $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ . En un experimento similar, en Colombia, Bernal et al. (2014), usando el programa SAS para el análisis de las curvas de respuesta, determinaron 90 kg de  $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$  como mejor dosis.

**Ejercicio 3: Determinación de la dosis de potasio para una máxima producción del maíz híbrido ADVANTA 9313 (Gavilánez y Gómez, 2022).**

*Objetivo:* Determinar la dosis de potasio que permita lograr el máximo rendimiento.

**Modelo cuadrático**

$$REN = 5.384 + 71,81 (K) - 0,3029(K)^2$$

**Elementos y coeficientes del modelo**

REN = Rendimiento de grano (kg.  $ha^{-1}$ )

K = X = Dosis del insumo (Ingrediente activo  $K_2O$ ): X = 80, ..... 160 kg. $ha^{-1}$

a = Intercepto = 5384 kg. $ha^{-1}$ , cuando X = 0

b = Coeficiente lineal = 71,81

c = Coeficiente cuadrático = - 0,3029 (con signo negativo)

**Cálculo de  $X_{Max}$ :**

$$X_{Max} = \frac{b}{2|c|} \rightarrow X_{Max} = \frac{71,81}{2|0,3029|} = \frac{71,81}{0,6058} = 118,54 \sim 119 \text{ kg de } K_2O \cdot ha^{-1}$$

**Cálculo del máximo técnico**

Modelo:  $REN = 5.384 + 71,81 (K) - 0,3029(K)^2$

$$REN = 5.384 + 71,81 (119) - 0,3029(119)^2$$

$$REN = 5.384 + 8.545 - 0,3029 (14.161) \rightarrow REN = 5.384 + 8.545 - 4.289$$

$$REN = 9.640 \text{ kg de grano} \cdot ha^{-1}$$

**Decisión**

Aplicando 119 kg de  $K_2O \cdot ha^{-1}$ , se obtiene 9.640 kg de grano. $ha^{-1}$  que es la máxima producción esperada con la fertilización potásica.

Usando el programa MINITAB, Gavilánez y Gómez (2022), determinaron que las mejores dosis varían de 100 a 140 kg. $ha^{-1}$  de  $K_2O$ . Usando el programa SAS, Bernal et al. (2014) determinó que 90 kg de  $K_2O \cdot ha^{-1}$  es la mejor dosis de fertilizante potásico. Aplicando el modelo simplificado se calculó en 119 kg. $ha^{-1}$  como la dosis que posibilita alcanzar el máximo técnico en maíz.

**Ejercicio 4: Respuesta del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) a dosis crecientes de N y S bajo condiciones del valle del río Carrizal (Intriago y Quiróz, 2018).**

*Objetivo:* Determinar la dosis de azufre aplicado al suelo que permita la obtención de la máxima producción de biomasa fresca.

La biomasa fresca (BIOM) se midió en kg.parcela $^{-1}$  de 9 m<sup>2</sup> en un experimento con distintas dosis de azufre (Intriago y Quiróz, 2018).

**Modelo cuadrático**

$$\text{BIOM} = 13,69 + 0,029 S - 0,0001 S^2$$

$$R^2 = 0,987$$

**Elementos y coeficientes del modelo**

BIOM = Biomasa fresca (kg.parcela<sup>-1</sup>)

S = Dosis de azufre aplicado al suelo

a = Intercepto = 13,7 kg.parcela<sup>-1</sup>

b = Coeficiente lineal = 0,029

c = Coeficiente cuadrático = -0,0001

**Cálculo de  $X_{Máx}$ :**

$$X_{Máx} = \frac{b}{2|c|}$$

$$X_{Máx} = \frac{0,029}{2|0,0001|} \rightarrow \frac{0,029}{|0,0002|} = 145 \text{ kg de S.ha}^{-1}.$$

**Cálculo de  $BIOM_{Máx}$** 

Modelo:  $\text{BIOM} = 13,69 + 0,029 S - 0,0001 S^2$

$\text{BIOM}_{Máx} = 13,69 + 0,029 (145) - 0,0001 (145)^2$

$\text{BIOM}_{Máx} = 15,80 \text{ kg.parcela}^{-1}$

**Decisión**

Usando 145 kg de S.ha<sup>-1</sup> se puede producir 15,80 kg.parcela<sup>-1</sup> de biomasa fresca del pasto maralfalfa que equivale a 17,56 t.ha<sup>-1</sup>.

**Ejercicio 5: Rendimiento de grano de arroz probado con cinco dosis de nitrógeno en la estación húmeda (Gómez & Gómez, 1984).**

*Objetivo:* Determinar la cantidad de insumo que posibilite la producción máxima.

**Modelo cuadrático**

$$Y = 4,675 + 0,0477 N - 0,000366 N^2.$$

$$R^2 = 0,97$$

**Elementos y Coeficientes del modelo**

Y = Rendimiento de arroz en t.ha<sup>-1</sup>

X = N. Dosis de fertilizante nitrogenado (kg de N.ha<sup>-1</sup>)

a = Intercepto = 4,675 (intercepto)

b = Coeficiente lineal = 0,0477

c = Coeficiente cuadrático = - 0,000366

**Cálculo de  $X_{Máx}$** 

$$X_{Máx} = \frac{b}{2|c|}$$

$$X_{Máx} = \frac{0,0477}{2|0,000366|} \rightarrow \frac{0,0477}{|0,000732|} = 65,2 \text{ kg de N.ha}^{-1}.$$

**Cálculo del rendimiento máximo**

Modelo:  $Y = 4,675 + 0,0477 N - 0,000366 N^2.$

$Y_{Máx} = 4,675 + 0,0477 (65,2) - 0,000366(65,2)^2.$



$$Y_{\text{Máx}} = 4,675 + 3,11 - 0,000366(4.251)$$

$$Y_{\text{Máx}} = 4,675 + 3,11 - 1,556 = 6,23 \text{ t.ha}^{-1}$$

### Decisión

La dosis de insumo 65,2 Kg de N.ha<sup>-1</sup> posibilita la obtención del máximo rendimiento de arroz, que se estimó en 6,23 t.ha<sup>-1</sup>.

En un ensayo de arroz, en época lluviosa, Gómez & Gómez (1984), desarrollaron un modelo cuadrático y un procedimiento similar al de modelos simplificados. Utilizando el modelo cuadrático desarrollado por los referidos autores y aplicando el método de análisis propuesto se obtuvo el mismo resultado de dosis de insumo para lograr el máximo técnico.

### Ejercicio 6: Optimización de la producción agrícola en función de la densidad (Vishnu, 2024).

*Objetivo:* Determinar la producción máxima esperada de un cultivo en función de la densidad.

#### Modelo cuadrático

$$Y = -1,76X^2 + 73,33X - 28,57$$

$$\text{REN} = -28,57 + 73,33 X - 1,76 X^2 \text{ (Modelo adaptado)}$$

#### Elementos y Coeficientes del modelo

REN = rendimiento en kg.ha<sup>-1</sup>  
 X = Densidad en plantas/m<sup>2</sup>  
 a = Intercepción = - 28,57 kg.ha<sup>-1</sup> (En este caso, el intercepción no tiene valor biológico)  
 b = Coeficiente lineal = 73,33  
 c = Coeficiente cuadrático = - 1,76

#### Cálculo de $X_{\text{Máx}}$ :

$$X_{\text{Máx}} = \frac{b}{2|c|} \rightarrow X_{\text{Máx}} = \frac{73,33}{2(1,76)} = \frac{73,33}{3,52}$$

$$X_{\text{Máx}} = 20,83 \sim 21 \text{ plantas/m}^2$$

#### Cálculo del máximo técnico $Y_{\text{Máx}}$

$$\text{Modelo: REN} = -28,57 + 73,33 X - 1,76 X^2$$

$$\text{REN} = -28,57 + 73,33 (21) - 1,76 (21)^2$$

$$\text{REN} = -28,57 + 1.540 - 1,76 (441) \rightarrow \text{REN} = -28,57 + 1.540 - 776$$

$$\text{REN} = 735 \text{ kg.ha}^{-1}$$

### Decisión

Usando una densidad de 21 plantas/m<sup>2</sup> se logra obtener el máximo técnico del rendimiento, que se calculó en 735 kg.ha<sup>-1</sup>.

Nota: El modelo cuadrático que expone Vishnu (2024) fue:  $Y = -1,76X^2 + 73,33X - 28,57$ . En experimentos de densidad poblacional, cuando  $X = 0$  plantas, la producción tiene que ser:  $Y = 0$ . Por lo tanto, el modelo corregido resultó:  $Y = 70,019X - 1,68 X^2$ .

Minimización de los costos:

### Ejercicio 7: Minimización de los costos de almacenamiento en función de la humedad del grano (Smith et al., 2018).

*Objetivo:* Minimizar los costos de almacenamiento de granos

#### Modelo cuadrático

$$C = 60 - 10X + 0,6x^2$$

#### Elementos y coeficientes del modelo

C = Costo de almacenamiento en bodega (logística y pérdidas)

X = Humedad del grano (%) al momento de almacenar

a = Intercepto = \$60 por unidad de almacenamiento cuando X = 0

b = Coeficiente lineal = 10

c = Coeficiente cuadrático = 0,6

#### Cálculo de $X_{min}$

$$X_{min} = \frac{|b|}{2c} \rightarrow X_{min} = \frac{10}{2(0,6)} \rightarrow 8,3\% \text{ de humedad del grano}$$

#### Cálculo del costo mínimo

Modelo:  $C = 60 - 10X + 0,6x^2$

$$C = 60 - 10(8,3) + 0,6(8,3)^2 \rightarrow C = 60 - 83 + 0,6(68,89)$$

$$C = 60 - 83 + 41,33 = \$ 18,33 \text{ por unidad de almacenamiento}$$

#### Decisión

Se debe almacenar el grano a una humedad del 8,3% para tener un costo de \$18,33/unidad de almacenamiento. Por arriba de 8,3% de humedad o por debajo, habrá pérdidas por deterioro del grano y por logística.

### Ejercicio 8: Minimización del costo total (C) de fabricar X unidades de producto (Castañeda, 2018).

*Objetivo:* Minimizar el costo total de fabricación de un producto.

#### Modelo cuadrático

$$C = 350 - 48X + 3X^2$$

#### Elementos y Coeficientes del modelo

C = Costo total (\$)

X = Unidades de producto

a = Intercepto = \$350 (Costo fijo del proceso)

b = Coeficiente lineal = 48 (con signo negativo)

c = Coeficiente cuadrático = 3

#### Cálculo de $X_{min}$

$$X_{min} = \frac{|b|}{2c} \rightarrow X_{min} = \frac{48}{2(3)} \rightarrow X_{min} = \frac{48}{6} = 8 \text{ unidades de producto}$$

#### Cálculo del costo mínimo

Modelo:  $C = 350 - 48X + 3X^2$

$$C = 350 - 48(8) + 3(8)^2 \rightarrow C = 350 - 384 + 3(64) \rightarrow C = 350 - 384 + 192$$

$$C = \$158$$

**Decisión**

Se deben producir 8 unidades para tener un costo mínimo de \$158.

Para el cálculo del costo mínimo, Castañeda (2018) utiliza un proceso similar, aplicando la derivada del modelo cuadrático, con la diferencia que la propuesta de modelo simplificado se usa el valor absoluto para el coeficiente lineal  $|b|$ , en el cálculo de  $X_{\min}$ .

Optimización de la producción:

**Ejercicio 9: Optimización de la fertilización nitrogenada en la producción del maíz híbrido ADVANTA 9313 (Gavilánez y Gómez, 2022).**

*Objetivo:* Determinar la dosis óptima de fertilizantes nitrogenado para maximizar el beneficio económico.

**Modelo cuadrático**

$$\text{REN} = 4.478 + 87,65 (N) - 0,3651(N)^2$$

**Elementos, coeficientes del modelo e índice económico**

REN = Rendimiento de grano ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ )

$N = X$  = Dosis de fertilizante nitrogenado: 80..... 160  $\text{kg de N ha}^{-1}$

$a$  = Intercepto (rendimiento cuando  $X = 0$ )

$b$  = Coeficiente lineal = 87,65

$c$  = Coeficiente cuadrático = - 0,3651 (con signo negativo)

$C_x$  = El costo unitario del insumo (urea) = \$40/saco de 50 kg  $\rightarrow$  \$0,80/kilo. La urea contiene 46% N, por tanto, un kg N (ingrediente activo) tiene el costo de  $0,80/0,46 = \$1,74/\text{kg}$

$P_y$  = Precio unitario (quintal = 45 kg) de venta del producto =  $\$15/45 \text{ kg} = \$0,33/\text{kg}$

Índice económico:  $\frac{C_x}{P_y} = \frac{1,74}{0,33} = 5,27$

**Cálculo de  $X_{POE}$** 

$$X_{POE} = \frac{b - \frac{C_x}{P_y}}{2|c|} \rightarrow X_{POE} = \frac{87,65 - 5,27}{2|0,3651|} \rightarrow X_{POE} = \frac{82,38}{0,7302}$$

$$X_{POE} = 112,82 \sim 113 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}.$$

**Cálculo de la producción en el punto óptimo económico**

Modelo:  $\text{REN} = 4.478 + 87,65 (N) - 0,3651(N)^2$

$$\text{REN} = 4.478 + 87,65 (113) - 0,3651 (113)^2$$

$$\text{REN} = 4.478 + 9.904 - 0,3651 (12.769) \rightarrow \text{REN} = 4.478 + 9.904 - 4.662$$

$$\text{REN} = 9.720 \text{ kg de grano} \cdot \text{ha}^{-1}$$

**Decisión**

Con la aplicación de 113  $\text{kg de N} \cdot \text{ha}^{-1}$  se logra producir 9.720  $\text{kg de grano} \cdot \text{ha}^{-1}$ , que equivale al punto óptimo económico.

**Ejercicio 10: Optimización de la fertilización potásica en la producción del maíz híbrido ADVANTA 9313 (Gavilánez y Gómez, 2022).**

*Objetivo:* Optimizar la fertilización potásica nitrogenado para maximizar el beneficio económico en la producción de maíz.

**Modelo cuadrático**

$$\text{REN} = 5.384 + 71,81 (K) - 0,3029(K)^2$$

**Elementos, coeficientes del modelo e índice económico**

REN = Rendimiento de grano ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ )

K = X = Dosis de muriato de potasio ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ )

a = Intercepto =  $5.384 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de rendimiento cuando X = 0.

b = Coeficiente lineal = 71,81

c = Coeficiente cuadrático = - 0,3029 (con signo negativo)

C<sub>x</sub> = Costo unitario del Muriato de potasio es \$32/saco 50 kg → \$0,64/kg de abono potásico.

Como MK contiene el 60% de ingrediente activo, el costo del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> es  $0,64/0,60 = 1,07/\text{kg}$

P<sub>y</sub> = Precio unitario (quintal) de venta del producto (proyectado) es \$15/45 kg = \$0,33/kg

$$\frac{C_x}{P_y} = \frac{1,07}{0,33} = 3,24 \text{ Índice económico}$$

**Cálculo de X<sub>POE</sub>**

$$X_{\text{POE}} = \frac{b - \frac{C_x}{P_y}}{2|c|} \rightarrow X_{\text{POE}} = \frac{71,81 - 3,24}{2|0,3029|} \rightarrow X_{\text{POE}} = \frac{68,57}{0,6058}$$

$$X_{\text{POE}} = 113,2 \sim 113 \text{ kg de K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$$

**Cálculo de la producción en el punto óptimo económico**

Modelo:  $\text{REN} = 5.384 + 71,81 (K) - 0,3029(K)^2$

$$\text{REN} = 5.384 + 71,81 (113) - 0,3029(113)^2$$

$$\text{REN} = 5.384 + 8.115 - 0,3029(12.769) \rightarrow \text{REN} = 5.384 + 8.115 - 3.868$$

$$\text{REN} = 9.631 \text{ kg de grano} \cdot \text{ha}^{-1}$$

**Decisión**

Con la aplicación de 113 kg de K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> se logra producir 9.631 kg de grano·ha<sup>-1</sup>, que equivale al punto óptimo económico.

En circunstancias de alta incertidumbre de los costos de los insumos y de los precios de venta de los productos, el cálculo de X<sub>Max</sub>, proyectado a lograr el máximo técnico tiene mayor impacto en la toma de decisiones de los productores (Pagani et al., 2008).

Los modelos simplificados, aplicados para maximizar la producción y los beneficios económicos, así como para minimizar los costos, se han probado como válidos y de ágil aplicabilidad en los análisis de experimentos agrícolas. Estos modelos simplificados ofrecen un equilibrio práctico entre precisión y aplicabilidad en la planificación agrícola, promoviendo eficiencia y resiliencia económica.

**Conclusiones**

- En variables de respuesta del tipo “mayor es mejor”, los modelos cuadráticos simplificados resultan efectivos para calcular el punto óptimo económico.
- En variables del tipo “menor es mejor” como los costos, el modelo cuadrático simplificado posibilita la minimización de los costos con alta confiabilidad.

- Los modelos cuadráticos simplificados, aplicados para maximizar la producción y los beneficios económicos, así como para minimizar los costos se han probado como válidos y de ágil aplicabilidad en experimentos agrícolas.
- Estos modelos ofrecen un equilibrio práctico entre precisión y aplicabilidad en la planificación agrícola y en la formulación de recomendaciones, promoviendo eficiencia y resiliencia económica.

### Reconocimientos y Declaraciones

Se agradece a Freddy Carlos Gavilánez-Luna y María José Gómez-Vargas, a Geovanny Fabricio Intriago Cobeña y Diego Armando Quiroz Álava por su autorización el uso de la información técnica para la validación de los modelos simplificados propuestos.

Los autores declaran la contribución y participación equitativa de roles de autoría para esta publicación.

Los autores declaran que, en la elaboración del presente artículo, no se ha utilizado herramientas de inteligencia artificial.

### Referencias

- AGROCALIDAD (Agencia de Regulación y Control Fito y Zoo sanitario). (2023). *Manual para el registro y control post registro de almacenes de expendio de insumos agropecuarios*. Resolución 0227. MAG. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2023/09/Resolucio%CC%81n-0227-MANUAL-PARA-EL-REGISTRO-Y-CONTROL-POST-REGISTRO-DE-ALMACENES-DE-EXPENDIO-DE-INSUM.pdf>
- Arias-Collaguazo, W.M., Castro-Morales, L.G., Maldonado-Gudiño, C. W, y Burbano-García, L. H. (2021). Análisis del modelo de optimización aplicado a la producción agrícola en la Asociación del Gobierno Autónomo Parroquial de Cahuasqui. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(3), <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i3.2670>
- Bernal, J., Navas, G. y Hernández, R. (2014). Requerimientos y respuestas a la fertilización del maíz en suelos de sabanas ácidas de Colombia. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 15, 6 -10. [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/C6F375AA0EFCEB5285257D550063E573/\\$FILE/6.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/C6F375AA0EFCEB5285257D550063E573/$FILE/6.pdf)
- Best, S., León, L., Méndez, A., Flores, F. y Aguilera, H. (2014). *Adopción y Desarrollo de tecnologías en Agricultura de Precisión*. Boletín Digital N° 3, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://www.gisandbeers.com/RRSS/Publicaciones/Tecnologia-Agricultura-Precision.pdf>
- Castán-Farrero, J. (1988). Discusión sobre si la ley de rendimientos decrecientes puede considerarse representativa de la producción industrial. *Cuadernos de Economía*, 16, 405-445. <http://hdl.handle.net/10486/5478>
- Castañeda-Barbosa, R.D. (2018). *Funciones*. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/dee784ac-213a-4ff1-91f3-b9fa2e041f09/content>
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. CIMMYT. <https://repository.cimmyt.org/entities/publication/b2daa208-fa9c-43e3-a181-f21d118ce2d6>
- Corchuelo, B. y Quiroga, A. (2014). *Análisis microeconómico II*. Manuales UEX. Universidad de Extremadura. 109 p. <https://dehesa.unex.es:8443/bitstream/10662/4371/1/978-84-697-0495-0.pdf>
- Corral, L. (2019). Estadística y técnicas experimentales para la investigación biológica. Universidad Politécnica Salesiana. 521 p. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21027/1/Estadi%CC%81sticas%20y%20te%CC%81nicas%20experimentales%20para%20la%20investigacio%CC%81n%20biolo%CC%81gica%20T.pdf>

- Cruz, E.A., Medina, P.D. y Silva, C.A. (2012). Una revisión crítica de la razón señal ruido usada por Taguchi. *Scientia et Technica*, 17(50), 52,56. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84923878009.pdf>
- Debertin, D.L. (2012). *Agricultural Production Economics*. 2th. ed. University of Kentucky. USA. <https://duddal.org/files/original/5fc96cd8d032c2a7889b11a117107db74154bdd3.pdf>
- Doll, J. & Orazem, F. (1978). *Production economics: Theory with applications*. 2nd ed. John Wiley y Sons. Singapore. 470 p. <https://archive.org/details/productioneconom0002doll>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. (2011). *Ahorrar para crecer: Guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola en pequeña escala*. <https://www.fao.org/4/i2215s/i2215s.pdf>
- Gaviláñez-Luna, F.R. y Gómez-Vargas, M.J. (2022). Definición de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio para una máxima producción del maíz híbrido Advanta 9313 mediante el diseño central compuesto. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(1): e2225. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/2225>
- Gómez, K. A. & Gómez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research*. Second edition. John Wiley & Sons. [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNAAR208.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAR208.pdf)
- Huerta-Quintanilla, R. (2001). De nuevo los rendimientos decrecientes. *Aportes: Revista de la Facultad de Economía*, VI (18), 73-90. <https://www.redalyc.org/pdf/376/37601805.pdf>
- Intriago, G. F. y Quiroz, D.A. (2018). *Respuesta del pasto maralfalfa (Pennisetum sp) a dosis crecientes de N y S bajo condiciones del valle del río Carrizal*. [Tesis ingeniero agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí]. <https://repositorio.espan.edu.ec/handle/42000/867>
- Mankiw, G. (2012). *Principios de Economía*. Sexta ed. Traducido del inglés por Ma. G. Meza y Ma. Carril. Cengage Learning. <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r157r/w12759w/Micro4.pdf>
- Muinelo-Gallo, L. (2012). Modelo estructural de función de producción: Un estudio empírico de la innovación en el sector manufacturero español. *Economía: teoría y práctica*, (36), 43-82. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-33802012000100003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-33802012000100003&lng=es&tlng=es)
- Pagani, A.; Echeverría, H.; Sainz-Rozas, H. y Barbieri, P. (2008). Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. *Ciencia del. Suelo*, 26(2), 183-193. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672008000200009](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672008000200009)
- Pontón, R. (2010). Praxeología y Ley de rendimientos decrecientes. *Invenio*, 13(24), 7-11. <https://www.redalyc.org/pdf/877/87714453001.pdf>
- Salvatore, D. (2009). *Microeconomía*. 4th. ed. McGraw Hill. 355 p. <https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:VA6C2:4cb83b74-fbc6-40a4-aabd-2f55c2d291d5>
- Smith, J., Brown, A. & Wilson, K. (2018). Quadratic cost models in agricultural storage: Optimization of grain moisture content to minimize economic losses. *Journal of Food Engineering*, 223(3), 112-125. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2018.03.007
- Sydsaeter, K. y Hammond, P. (1996). *Matemáticas para el análisis económico*. Prentice Hall. Universidad Nacional de San Marcos. 774 p. <https://biblioteca.bce.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=6601>
- TOTVS (23 de enero del 2024). *Insumos agrícolas: qué son, tipos e importancia*. Gestión agrícola. <https://es.totvs.com/blog/gestion-agricola/insumos-agricolas-que-son-tipos-e-importancia/>
- Vicién, C. (2015). La función de producción: breve reseña histórica. En C. Vicién (Ed.). *Notas sobre Economía de la Agricultura y las Empresas Agropecuarias y Agroindustriales*. Orientación Gráfica Editores. pp. 59-74 <https://www.gbv.de/dms/zbw/832967130.pdf>



- Vishnu, L. (2024). The use of quadratic equations to optimize agricultural practices: a theoretical and practical approach in optimization of crop yield. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 12(12). 1236-1240. <https://www.ijcrt.org/papers/IJCRT2412572.pdf>
- Walpole, R. E., Myers, M. H. y Myers, S. L. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. 9na. ed. Pearson. 792 p. [https://vereniciafunez94hotmail.files.wordpress.com/2014/08/8va-probabilidad-y-estadistica-para-ingenier-walpole\\_8.pdf](https://vereniciafunez94hotmail.files.wordpress.com/2014/08/8va-probabilidad-y-estadistica-para-ingenier-walpole_8.pdf)

## **Evaluación *in vitro* de fungicidas químicos para el control de *Moniliophthora roreri* agente causal de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao* L.)**

### ***In vitro* evaluation of chemical fungicides for the control of *Moniliophthora roreri*, the causal agent of cacao frosty pod rot (*Theobroma cacao* L.)**

Darlyn José Amaya-Márquez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4961-0283>,  
Danny Daniel Avilés Párraga<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7829-3075>, Angie Lisseth Peñaherrera-Morales<sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0004-8631-914X>, Javier Ulises Mendoza Thompson<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0001-0502-3901>, Evelyn Elizabeth Sánchez Castro<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9786-7879>, Antonio Gonzalo Álava Murillo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9786-7879>

<sup>1</sup>Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador  
[damaya@uagraria.edu.ec](mailto:damaya@uagraria.edu.ec), [daviles@uagraria.edu.ec](mailto:daviles@uagraria.edu.ec),  
[jmendoza@uagraria.edu.ec](mailto:jmendoza@uagraria.edu.ec), [elisantube@gmail.com](mailto:elisantube@gmail.com),  
[aalava@uagraria.edu.ec](mailto:aalava@uagraria.edu.ec)

<sup>2</sup>Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador  
[angie-morales1298@hotmail.com](mailto:angie-morales1298@hotmail.com)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/05/27  
Aceptado: 2025/09/05  
Publicado: 2025/12/15

### **Resumen**

El cultivo de cacao represente un rubro importante para la economía de los ecuatorianos, pues es uno de los principales productos de exportación; sin embargo, las enfermedades como *Moniliophthora roreri* ocasionan pérdidas significativas, y su control continúa siendo un desafío para los productores. Una de las soluciones para contrarrestar esta enfermedad es la evaluación *in vitro* de fungicidas químicos, ya que permite la caracterización de aislados fitopatógenos, y la estimación de dosis de moléculas químicas para el manejo fitosanitario. Por esta razón, este trabajo consistió en la evaluación de dos fungicidas a base de sulfato de cobre pentahidratado 200, 2000 y 20000 mg·L<sup>-1</sup> y azoxystrobin 1.0, 0.1 y 0.01 mg·L<sup>-1</sup> utilizando dos aislados de *M. roreri* bajo condiciones *in vitro*. Se utilizó un diseño completamente al azar

**Sumario:** Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** Amaya-Márquez, D., Avilés, D., Peñaherrera-Morales, A., Mendoza, J., Sánchez, E. & Álava, A. (2025). Evaluación *in vitro* de fungicidas químicos para el control de *Moniliophthora roreri* agente causal de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 132-143.  
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1325>

factorial con siete repeticiones. Se evaluó el crecimiento radial del hongo para estimar el porcentaje de inhibición de crecimiento. Los resultados mostraron que azoxystrobin obtuvo el PIC 100% a  $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , y fue altamente sensible, independientemente del aislado de *M. roreri*, pero estadísticamente el PIC entre cepas fue significativo. El sulfato de cobre pentahidratado alcanzó el PIC máximo a dosis de  $20000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  clasificado como insensible y sin diferencias entre el PIC del fungicida frente los aislados de *M. roreri*. Se concluye que *M. roreri* es altamente sensible e insensible ante azoxystrobin y sulfato de cobre hidratado, respectivamente. Las dosis utilizadas son la base para analizar un número mayor de aislados y luego aplicar ensayos bajo condiciones de campo.

**Palabras clave:** Azoxystrobin, cobre, inhibición, pentahidratado, sensibilidad.

### Abstract

Cacao cultivation represents an important sector for the Ecuadorian economy, as it is one of the country's main export products; however, diseases such as *Moniliophthora roreri* cause significant losses, and their control continues to be a challenge for producers. One solution to counteract this disease is the in vitro evaluation of chemical fungicides, as it allows for the characterization of phytopathogenic isolates and the estimation of chemical molecule dosages for phytosanitary management. For this reason, this study consisted of evaluating two fungicides: copper sulfate pentahydrate at 200, 2000, and  $20000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  and azoxystrobin at  $1.0$ ,  $0.1$ , and  $0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  using two isolates of *M. roreri* under in vitro conditions. A completely randomized factorial design with seven replications was used. The radial growth of the fungus was evaluated to estimate the percentage of growth inhibition (PIC). The results showed that azoxystrobin achieved 100% PIC at  $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  and was highly sensitive, regardless of the *M. roreri* isolate, although statistically the PIC between strains was significant. Copper sulfate pentahydrate reached maximum PIC at a dosage of  $20000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  and was classified as insensitive, with no significant differences in PIC between isolates of *M. roreri*. It is concluded that *M. roreri* is highly sensitive and insensitive to azoxystrobin and copper sulfate hydrate, respectively. The doses tested provide the basis for analyzing a larger number of isolates and subsequently applying trials under field conditions.

**Keywords:** Azoxystrobin, copper, inhibition, pentahydrate, sensitivity.

### Introducción

La moniliasis del cacao, causada por *Moniliophthora roreri* (Evans et al., 1978), representa una amenaza significativa para la producción de *Theobroma cacao* L., generando pérdidas económicas considerables en regiones productoras. Frente a este desafío, el uso de fungicidas como azoxystrobin y sulfato de cobre pentahidratado ha sido evaluado como estrategia para mitigar la propagación del patógeno y mejorar el manejo fitosanitario del cultivo (Calva, 2016; Solórzano, 2018). Contra la enfermedad, se han examinado alternativas de manejo de *M. roreri*, tales como labores culturales, sensibilidad a fungicidas, genéticas, entre otras (Amaya et al. 2021; Amaya et al. 2024). En Ecuador, es esencial realizar estudios genéticos del patógeno, dado que factores ambientales influyen en la resistencia y adaptación de los fitopatógenos frente a las defensas del cacao. Se han identificado tres grupos genéticos en el país, con una varianza molecular del 59 % entre áreas de muestreo y 40 % dentro de ellas. El flujo génico, mediado por elementos del paisaje como caminos y ríos, podría incidir en la expresión fenotípica del patógeno. (Phillips-Mora et al. 2007; Rodríguez-Velázquez et al. 2024; Ren et al. 2025). En efecto, realizar pruebas de sensibilidad a fungicidas es fundamental para estimar dosis efectivas de fungicida, esto permitirá reducir residuos del antifúngico en sedimentos, plantas, protozoos, entre otros, ya que los fungicidas como el azoxystrobin ejercen

efectos residuales en agua y biota en China (Zhao et al. 2024). En cuanto al sulfato de cobre pentahidratado, su uso es amplio en la agricultura, por ejemplo, como ingrediente antifúngico, alguicida en piscinas o lagos, suplemento en la alimentación de animales, agente anticorrosivo, conservante de madera, insumo en aplicaciones químicas y veterinarias, así como modulador de estrés por salinidad. Debido a esta diversidad de aplicaciones resulta fundamental estudiar el sulfato de cobre como fungicida, con el fin de utilizar dosis óptimas que eviten sobredosis que afecten el ambiente y factores bióticos (Varela et al. 2003; Naghavi et al. 2023).

En el manejo de fitopatógenos, las estrobilurinas como azoxystrobin han mostrado ser efectivos antifúngicos contra basiomicetos, omicetos, deuteromicetos, entre otros, el modo de acción es sistémico e inhibidor de la respiración celular de hongos, impidiendo el crecimiento micelial (Barthett et al. 2002; Leite et al. 2024). El sulfato de cobre interrumpe la respiración celular e impide el crecimiento de hifas al generar estrés oxidativo dentro de las células de los hongos, además, el efecto del cobre contra microorganismos se atribuye a la interacción con los ácidos nucleicos (Theophanides & Anastassopoulou, 2002; Gaetke & Chow, 2003; Zhang et al. 2024), alteración enzimática, transporte de energía e integridad de la membrana celular de hongos (Chudzik et al. 2013; Pscheidt & Ocamb, 2022).

A nivel *in vitro* se han realizado estudios de dosis-respuesta a través de la inhibición del crecimiento micelial o esporas de hongos fitopatógenos. Recientemente se ha determinado que azoxystrobin ejerce alta eficacia con dosis que oscila entre 0.0008 y 0.020 mg·L<sup>-1</sup> para inhibir el 50% del crecimiento micelial (Tenegusñay, 2022); por ejemplo, en Ecuador se ha evaluado la inhibición de diferentes cepas *M. roleri* bajo diversas concentraciones de azoxystrobin y flutolanil; las dosis aplicadas permitieron determinar que 0,0001 a 0.015 mg·L<sup>-1</sup> de ingrediente activo es necesario para impedir el 50 % de crecimiento de *M. roleri*, clasificado con altamente sensible (Amaya et al. 2021; Espinoza-Lozano et al. 2022); además, estudios en México han evidenciado alta sensibilidad de *M. roleri* frente azoxystrobin combinado con hidróxido de cobre en condiciones de campo (Torres-de-la-Cruz et al. 2019). Mientras tanto, se ha reportado que el sulfato de cobre pentahidratado requirió dosis superiores que oscilaron entre 1000 a 4000 mg·L<sup>-1</sup> para evitar la mitad del crecimiento micelial de hongos fitopatógenos *Botrytis cinerea* y *Sclerotinia sclerotiorum* en pepino, aunque la cantidad efectiva del sulfato de cobre pentahidratado disminuye 5 a 100 mg·L<sup>-1</sup> cuando se aplican en modalidad de nanopartículas de sulfato de cobre en condiciones controladas *in vivo* (Zhang et al. 2024).

La investigación a nivel *in vitro* resulta esencial para entender la eficacia de estos compuestos en condiciones controladas y estimar el efecto sobre distintas cepas de *M. roleri*. Mediante la técnica de cultivo envenenado es posible determinar el grado de inhibición del crecimiento micelial de los patógenos generando información base para establecer estrategias de control más efectivas en campo.

Por esta razón, este trabajo evaluó la sensibilidad de dos aislados del basidiomiceto *M. roleri* a fungicidas sulfato de cobre pentahidratado y azoxystrobin en condiciones *in vitro*.

## Materiales y Métodos

### Muestreo

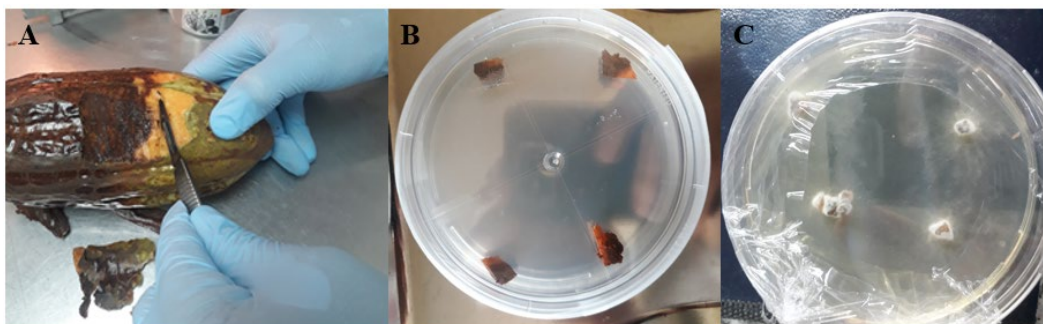
Se seleccionaron frutos de *Theobroma cacao* L. con síntomas característicos de moniliasis, provenientes de zonas agro-productivas de los cantones San Francisco de Milagro, en la provincia del Guayas, y Echeandía, en la provincia de Bolívar de Ecuador. Se consideraron únicamente aquellos frutos con síntomas de *M. roleri*, en los que al menos la mitad de la superficie no presentara necrosis. Posteriormente, estos fueron trasladados al laboratorio de Fitopatología de la Universidad Agraria del Ecuador en Guayaquil.

### Aislamiento

En condiciones de laboratorio, se procedió al aislamiento del patógeno mediante la técnica de cultivo envenenado, utilizando medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA). Previo a la siembra en PDA se realizó un lavado y desinfección de los frutos afectados por *M. roreri*. Con un bisturí se cortaron fragmentos considerando una parte sana y otra enferma del tejido y fueron sembrados en placas de Petri, posteriormente, se incubaron a 25°C en oscuridad por 7 días, permitiendo el desarrollo micelial de *M. roreri* (Espinoza-Lozano et al., 2022) (Figura 1).

**Figura 1**

*Aislamiento del patógeno a partir de mazorca de cacao*



**Nota:** En la imagen (A) se indica fruto de cacao con sintomatología de moniliasis (B) indica fragmentos sembrados en medio PDA y (C) indica el crecimiento exitoso de *M. roreri* en el medio de cultivo a partir del tejido vegetal.

### Identificación Morfológica

Las colonias purificadas fueron caracterizadas morfológicamente mediante observación microscópica, evaluando parámetros como coloración, textura, crecimiento radial y presencia de estructuras reproductivas. Para la identificación se observaron las cualidades morfológicas como el crecimiento blanquecino, filamentos, septos miceliales o tabique, conidios circulares o globosos; para este último se utilizó un portaobjeto y cubreobjeto y agua destilada estéril para el montaje en el microscopio óptico (Suarez-Contreras, 2006). Los aislados fueron conservados en tubos eppendorf de 1,5 mL con agua destilada estéril.

### Evaluación de sensibilidad a fungicidas

Para determinar la respuesta del patógeno a los fungicidas, se consideró la bibliografía referente a dosis evaluadas en estudios previos (Amaya, 2021). Una vez obtenidas las cepas purificadas se realizaron repiques de las colonias, y se aplicó la técnica de cultivo envenenado, incorporando concentraciones definidas de azoxystrobin 1,0, 0,1 y 0,01 mg·L<sup>-1</sup> y sulfato de cobre pentahidratado 20000, 2000 y 200 mg·L<sup>-1</sup> en el medio de cultivo, esto se realizó para los dos aislados de *M. roreri* “MR01 (Guayas) y MR02 (Bolivar)”.

El proceso metodológico fue el siguiente: el medio de cultivo empleado fue PDA, en concentración de 39000 mg·L<sup>-1</sup>, esterilizado a 121°C durante 15min-20min, a una presión de 117,68 kPa. Una vez que la temperatura disminuyó, se incorporó el fungicida mediante el uso de puntas de micropipeta, homogeneizándolo adecuadamente. Posteriormente, el medio de cultivo envenenado fue dispensado en cajas Petri estériles, con un volumen aproximado de 10 a 15 mL por caja. Finalmente, las cajas fueron almacenadas en un lugar fresco para su posterior uso.

Para la siembra del inóculo en las cajas Petri, se utilizó un sacabocado de 0.5 a 1 cm de diámetro y con un marcador se graficó un cuadrante en la parte posterior de la caja antes de inocular con *M. roreri*, esto se realizó para medir el crecimiento radial del patógeno en cuatro puntos de la caja. Una vez sembrado el inóculo, las cajas Petri fueron rotuladas e incubadas a



temperatura ambiente durante siete días. El experimento se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar (DCA) factorial; el factor A fueron los “aislados” y el factor B fueron las “dosis de fungicida”; producto de la interacción entre estos factores se evaluaron ocho tratamientos por cada fungicida con siete repeticiones, la unidad experimental fue una caja Petri.

Trascurrido el periodo de incubación se midió el crecimiento ( $\text{cm}^2$ ) de *M. roreri* en los tratamientos respectivos. A partir de estos datos se estimó el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PIC) en ambas cepas, basado en la metodología de Ezziyyani et al., (2004).

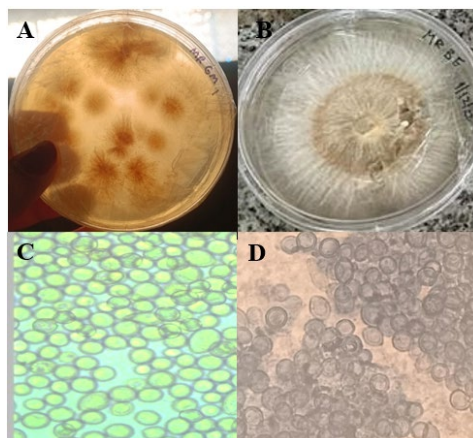
Los datos fueron analizados mediante estadística paramétrica posterior a la verificación del cumplimiento de independencia, normalidad y homocedasticidad. La regresión lineal y no lineal fue ajustada acorde a la tendencia de los datos: función lineal, polinomial, potencial. La validez del ajuste de los modelos fue basada en el coeficiente de determinación  $>0.7$  utilizando el software libre infostat (Di Rienzo et al., 2010) y JASP 0.1.9.0.0 (Love et al., 2019).

### Resultados y Discusión

En el estudio de hongos fitopatógenos es importante la identificación morfológica de los aislados obtenidos. En este sentido, las características morfológicas macroscópicas del micelio (*M. roreri*) se evidenciaron como filamentosas, de crecimiento lento, con apariencia algodonosa y blanquecino. El micelio requirió de un periodo de 9 a 15 días para cubrir la superficie de la caja Petri y, con el paso de los días, la apariencia de color café se intensificó, lo que sugirió la aparición de estructuras reproductivas asexuales (Figura 2 a y b). Las propiedades microscópicas del patógeno como micelio septado, las conidiósporas asexuales del basidiomiceto, pueden ser observadas a partir de 6 días de incubación en un microscopio óptico a 40x de aumento, en este caso, se evidenciaron esporas globosas o subglobosas que son partículas del género *M. roreri* (Figura 2 c y d). La búsqueda de soluciones o alternativas de manejo de enfermedades del cacao continúan llamando la atención de investigadores; el estudio de esta enfermedad tiene más de 100 años (Álvarez, Martínez & Coy, 2014) y sigue siendo un grave problema para los cacaoteros, sobre todo, en sitios con alta humedad y temperaturas superiores a  $22^{\circ}\text{C}$ - $25^{\circ}\text{C}$  (Portilla-Farfan, 2018; Plasencia-Vásquez, 2022). La identificación morfológica de *M. roreri* se basa en características como micelio septado, crecimiento lento y blanquecino, conidios globosos, colonias de color café, las cuales constituyen en propiedades discriminantes de *M. roreri* (Baley 2028; Cuervo-Parra, 2011).

**Figura 2**

*Características morfológicas de M. roreri*



**Nota:** (A) indica característica macroscópica micelial de MR01 y (B) muestra el crecimiento MR02, (C) y (D) señala conidiósporas asexuales del patógeno respectivamente bajo la luz de un microscopio óptico.



### Azoxystrobin

Se determinó que entre los factores “aislados”, “dosis” y la interacción “dosis-aislado” existe alta significancia estadística ( $p < 0,01$ ), lo cual sugiere que el tipo de aislado y las dosis utilizadas influyen en los niveles de inhibición micelial de *M. roreri* a nivel *in vitro*, por lo tanto, a la hora de tomar decisiones para evaluar la eficacia de fungicidas a nivel de laboratorio es menester que los investigadores consideren el tipo de sensibilidad del aislado a fungicida. Las medias dentro de los factores en estudio e interacción se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Porcentaje de inhibición de crecimiento de azoxystrobin*

# Tratamientos	Aislado	Dosis (mg·L <sup>-1</sup> )	<sup>1</sup> Medias
1	MR02	1	100,0 a
2	MR02	0,1	99,81 a
3	MR01	1	99,0 a
4	MR02	0,01	96,3 a
5	MR01	0,1	95,7 a
6	MR01	0,01	87,2 b
7	MR02	Control absoluto	0,0 c
8	MR01	Control absoluto	0,0 c
Coef. variación (%)			3,72
Significancia aislados			<0,0001**
Significancia dosis			<0,0001**
Significancia Aislados-dosis			0,0002**

**Nota:** Medias con letras diferentes indican significancia estadística.

\*\*, señalan alta significancia según ANDEVA y prueba de Tukey 5%.

Con base en lo detallado, las dosis utilizadas en este trabajo mostraron un efecto distintivo en la inhibición de crecimiento, es decir, evidenciaron una alta sensibilidad de *M. roreri* al fungicida azoxystrobin, ya que a concentraciones inferiores a 2 mg·L<sup>-1</sup> de ingrediente activo el crecimiento *in vitro* de *M. roreri* fue inhibido (Figura 3a). Una de las formas de caracterizar al patógeno a nivel local y poblacional es mediante el uso de marcadores fenotípicos, como la evaluación *in vitro* de fungicidas para inhibir el crecimiento micelial o conidios de *M. roreri*. En este sentido, Amaya (2021) evaluó la inhibición micelial de 79 aislados de *M. roreri* a dosis de flutolanil 1, 0,1, 0,01 mg·L<sup>-1</sup> evidenciando alta sensibilidad del patógeno bajo condiciones controladas, solo dos aislados mostraron poca sensibilidad. En este caso, el autor concluyó que la población del basidiomiceto en el Ecuador fue homogénea y puede ser controlada a bajas dosis. De igual forma, Espinoza-Lozano et al, (2022) indicaron el mismo efecto de azoxystrobin en dosis 1,0, 0,1, 0,01 mg·L<sup>-1</sup>. Estos antecedentes coinciden con los resultados de esta investigación, pues se determinó el efecto inhibitorio micelial utilizando las dosis 1,0, 0,1, 0,01 mg·L<sup>-1</sup> de azoxystrobin contra dos aislados de *M. roreri*, evidenciando la alta sensibilidad de las dos cepas. Azoxystrobin inhibe la cadena de transporte de electrones en la mitocondria, esto conlleva al bloqueo de sitio “citocromo b” e impide la respiración celular. En los basidiomicetos, el fungicida interrumpe la producción de energía, evitando el crecimiento de *M. roreri* (Barthett et al., 2002).

En países como México se ha reportado mayor concentración de ingrediente activo de azoxystrobin 450 mg·L<sup>-1</sup> para la inhibición de conidios y el 97% de inhibición de crecimiento micelial ha sido logrado utilizando 1250 mg·L<sup>-1</sup> a nivel *in vitro*; esta resistencia puede atribuirse al uso de agroquímicos en el manejo de enfermedades (Torres de la Cruz et al., 2013).

Así también, Quevedo (2012) evaluó dosis entre 250 a 1200 mg·L<sup>-1</sup> de azoxystrobin contra *M. royeri* a nivel *in vitro*, mostrando efecto inhibitorio del micelio a partir de 500 mg·L<sup>-1</sup> de ingrediente activo. Si bien este estudio, presenta limitaciones debido al análisis con dos aislados del patógeno, estos hallazgos guardan relación con otros autores (Amaya, 2021), lo que sugiere que nuevas investigaciones deben continuar con la caracterización del patógeno mediante pruebas de sensibilidad con fines de monitoreo poblacional de *M. royeri*.

### Sulfato de cobre pentahidratado

Este trabajo evidenció que no existen diferencias significativas entre cepas *M. royeri* “aislado”, lo mismo entre la interacción “aislado-dosis”. Sin embargo, entre dosis de sulfato de cobre pentahidratado se mostró una alta significancia estadística ( $p < 0,01$ ), es así que 20000 mg·L<sup>-1</sup> de sulfato de cobre pentahidratado alcanzaron el mayor porcentaje de inhibición del crecimiento, seguido de las dosis 2000 y 200 mg·L<sup>-1</sup>, entre estos dos últimos no hay significancia estadística ( $p > 0,05$ ). En la Tabla 2 se muestran las medias aritméticas del PIC del sulfato de cobre pentahidratado. Si bien es cierto, 20000 mg·L<sup>-1</sup> demuestra inhibición total del crecimiento de patógeno a nivel *in vitro*; no obstante, esto se analiza en la Figura 5 mediante modelos predictivos de regresión.

**Tabla 2**

*Porcentaje de inhibición de crecimiento de sulfato de cobre pentahidratado*

Dosis (mg·L <sup>-1</sup> )	<sup>1</sup> Medias
20000	100,0 a
2000	22,7 b
200	22,6 b
Control absoluto	0,0 c
Coef. variación (%)	26,1
Significancia aislados	0,1842 n.s
Significancia dosis	<0,0001 **
Significancia aislados-dosis	0,1074 n.s

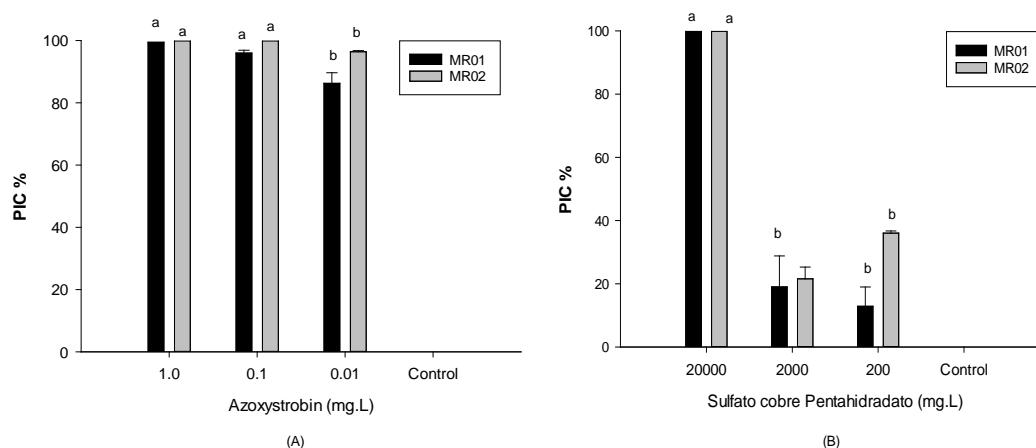
**Nota:** Medias con letras diferentes indican significancia estadística.

\*\*, señalan alta significancia, según ANDEVA y prueba de Tukey 5%.

n.s: no significativo.

**Figura 3**

*Porcentaje de inhibición de crecimiento según las dosis de azoxystrobin y sulfato de cobre pentahidratado en condiciones in vitro*

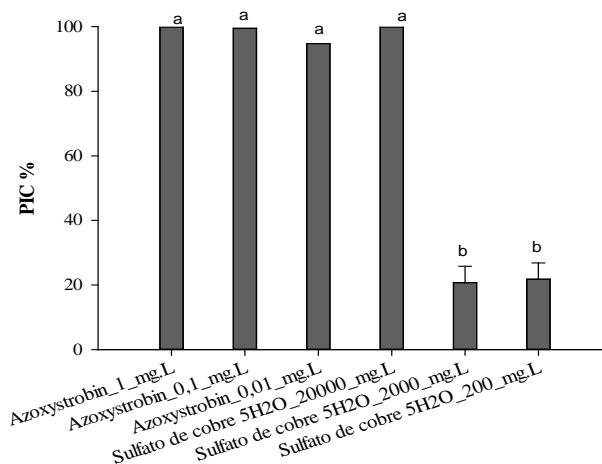


La presente investigación también demostró que las dosis de sulfato de cobre pentahidratado, para el manejo *in vitro* de *M. roreri*, no deben estar por debajo de  $20000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  de ingrediente activo; este hallazgo es crucial al momento de elegir dosis experimentales escalado a condiciones de campo (Figura 3b). Este es el segundo estudio que evalúa el ingrediente activo contra *M. roreri in vitro*, mostrando inhibición total (PIC 100 %) a  $20000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ; sin embargo, difiere de Carrasco de la Cruz et al., (2023), quienes reportan eficacia a solo  $2,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Esta discrepancia podría indicar resistencia asociada al uso prolongado de compuestos cúpricos en Ecuador. La acción del cobre se relaciona con alteraciones en ácidos nucleicos, transporte energético y membranas celulares (Pscheidt & Ocamb, 2022).

En la Figura 4 se presenta la separación de medias sin considerar el aislado *M. roreri* como fuente de variación. En efecto, se evidenció la efectividad de los fungicidas para inhibir el crecimiento de *M. roreri*, independientemente de la cepa. En este sentido, destacaron todas las dosis de azoxystrobin y la dosis más alta ( $p < 0,01$ ) de sulfato de cobre pentahidratado PIC mayor a 9. El ingrediente activo azoxystrobin mostró inhibición a bajas dosis, por ello, el patógeno es clasificado como altamente sensible. Mientras que, debido a las altas dosis de sulfato de cobre pentahidratado, el patógeno es considerado insensible.

**Figura 4**

*Porcentaje de inhibición de crecimiento según fungicidas azoxystrobin y sulfato de cobre pentahidratado*



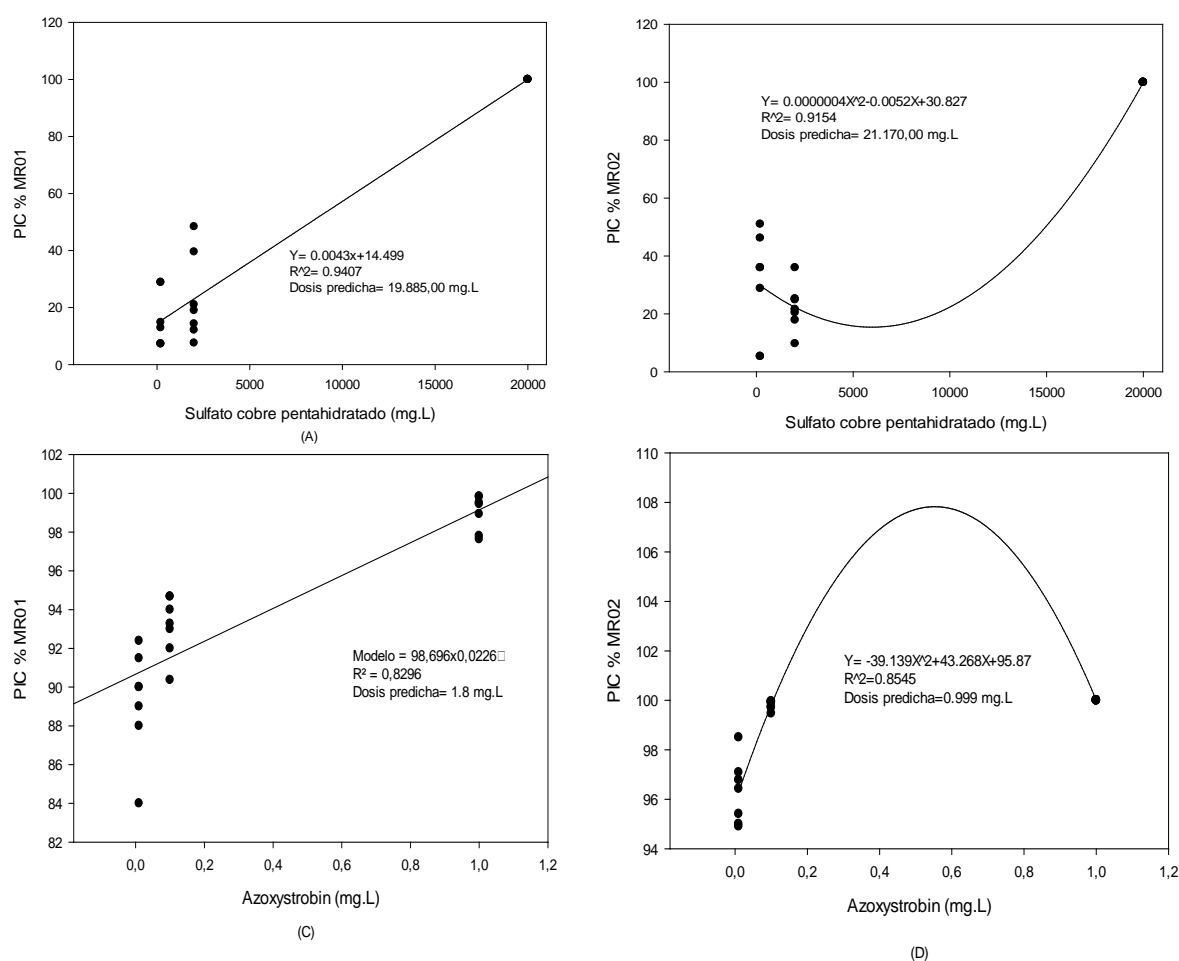
Las estrobilurinas tienen efecto inhibitorio contra grandes grupos de hongos basidiomicetos, omicetos, deuteromicetos y ascomicetos (Barthett et al., 2002). Los basidiomicetos, como *M. roreri*, han sido reportados como moderadamente sensibles e insensibles frente a fungicidas (Edgington, 1971). Esto coincide con el presente estudio, pues la evaluación de modelos de regresión para estimar dosis inhibitorias máxima de fungicidas fue aplicada a los datos PIC de los dos aislados evaluados. Es así como se determinó que para inhibir el 100% de crecimiento de MR01 fue necesario aplicar  $19885 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  de sulfato de cobre pentahidratado, mientras que para la inhibición máxima de MR02 se requirió al menos  $21170 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (Figura 5a y Figura 5b). En este contexto, la dosis necesaria de azoxystrobin para inhibir el 100% de crecimiento fue de  $1.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  para el aislado MR01 y  $0,999 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  para MR02, el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) validó el ajuste del modelo, explicando más de 70% de variación existente (Figura 5c y Figura 5d).

En otras palabras, se corroboró que *M. roreri* se mostró altamente sensible, según la clasificación de Edgington (1971), con una inhibición PIC 100% utilizando  $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  de

azoxystrobin, aproximadamente; mientras que según la sensibilidad *M. royeri* al sulfato de cobre pentahidratado se requirió al menos 20000 mg·L<sup>-1</sup> para alcanzar un PIC máximo, por lo que se lo podría considerar como insensible. Estas aseveraciones se sugieren sean confirmadas mediante estudios futuros bajo las mismas condiciones experimentales descritas en el presente trabajo, y debe considerarse un mayor número de aislados. Así también, en futuros ensayos de campo, las dosis deberían oscilar entre 100 a 200 mg·L<sup>-1</sup> de azoxystrobin para compensar factores ambientales; y en virtud de que 20,000 mg·L<sup>-1</sup> es la concentración letal de sulfato de cobre pentahidratado en laboratorio, en campo se debería usar 10% a 25% de esa dosis (2000–5000 ppm), que es lo habitual en fungicidas cúpricos con el fin de disminuir impacto en el ambiente (Molinari et al. 2024).

**Figura 5**

*Modelo de regresión lineal y no lineal para el cálculo de dosis máxima inhibitoria de fungicidas sulfato de cobre pentahidratado y el antifúngico azoxystrobin*



La limitante existente en el modelo de regresión es que  $n=10$  es el valor mínimo con el cual se realiza regresión lineal; ciertos estudios señalan un ( $n$ ) mínimo de 30 (Carrasquilla-Batista et al. 2016). Por tanto, es necesario que estudios posteriores incluyan un mayor número de repeticiones para sustentar mediante predicción la dosis máxima inhibitoria que es idónea para el control de *M. royeri* bajo condiciones controladas.

### Conclusiones

El fitopatógeno *M. roreri* es altamente sensible a las dosis de azoxystrobin, pero insensible frente al sulfato de cobre pentahidratado. Para inhibir el 100% del crecimiento micelial es necesario aplicar al menos  $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  de azoxystrobin, y utilizando sulfato de cobre pentahidratado se requiere  $20000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  de ingrediente activo aproximadamente. El presente trabajo aporta como línea de base para ampliar las investigaciones a nivel de laboratorio empleando un mayor número de aislados y, a la vez, fijando dosis precisas para ensayos a campo abierto. El conocimiento de dosis efectiva contribuirá con el manejo oportuno que impida la resistencia genética del patógeno.

### Reconocimientos y Declaraciones

Los autores declaran la contribución y participación equitativa de roles de autoría para esta publicación.

Parte de esta investigación se realizó en la Universidad Agraria del Ecuador. Se reconoce la participación equitativa de los autores en el desarrollo de la investigación presentada en esta publicación, de la misma manera, se declara que no se ha usado inteligencia artificial en la elaboración del presente artículo.

### Referencias

- Amaya-Márquez, D. J., Espinoza-Lozano, R. F., Villavicencio-Vásquez, M. E., Sosa del Castillo, D., & Pérez-Martínez, S. (2021). Inhibición y estimulación del crecimiento micelial de *Moniliophthora roreri* por flutolanil en poblaciones de Ecuador. *Acta Agronómica*, 70(3), 240-248. <https://doi.org/10.15446/acag.v70n3.88905>
- Amaya Márquez, D., León Vásquez, A., Mendoza Thompson, J., Avilés Párraga, D., Álava Murillo, A., Calle Romero, K., & Farah Asang, S. (2024). Efectividad fitosanitaria de la remoción de frutos enfermos con embolsado para la disminución de *Moniliophthora roreri* en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 8(54), 1-11. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol8iss54.2024pp1-11>
- Álvarez, J. C., Martínez, S. C., & Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Acta agronómica*, 63(4), 388-399. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v63n4.42747>
- Bartlett, D. W., Clough, J. M., Godwin, J. R., Hall, A. A., Hamer, M., & Parr-Dobrzanski, B. (2002). The strobilurin fungicidas. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 58(7), 649-662. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12146165/>
- Calva, C. 2016. Control químico in vitro de *Phytophthora* sp. agente causal de la mancha negra en el cultivo de cacao. Trabajo de titulación Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Machala, Machala. Ecuador. 40pp. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7637>
- Carrasquilla-Batista, A., Chacón-Rodríguez, A., Núñez-Montero, K., Gómez-Espinoza, O., Valverde, J., & Guerrero-Barrantes, M. (2016). Regresión lineal simple y múltiple: aplicación en la predicción de variables naturales relacionadas con el crecimiento microalgal. *Revista Tecnología en Marcha*, 29, 33-45. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i8.2983>
- Carrasco-de la Cruz, T. P., Olivo-Vidal, Z. E., Sánchez-Peregrino, J. A., & Mendoza-Lorenzo, P. (2023). Evaluación del efecto antifúngico del sulfato de cobre (II) pentahidratado en *Moniliophthora roreri*. *Journal of Basic Sciences*, 9(25), 8-18. <https://revistas.ujat.mx/index.php/jobs/article/view/6133>
- Chudzik, B., Tracz, I. B., Czernel, G., Fiołka, M. J., Borsuk, G., & Gagoś, M. (2013). Amphotericin B-copper (II) complex as a potential agent with higher antifungal activity against *Candida albicans*. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49(5), 850-857. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2013.06.007>

- Bailey, B. A., Evans, H. C., Phillips-Mora, W., Ali, S. S., & Meinhardt, L. W. (2018). *Moniliophthora roreri*, causal agent of cacao frosty pod rot. *Molecular plant pathology*, 19(7), 1580-1594. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29194910/>
- Cuervo-Parra, J. A., Sánchez-López, V., Ramirez-Suero, M., & Ramírez-Lepe, M. (2011). Morphological and molecular characterization of *Moniliophthora roreri* causal agent of frosty pod rot of cocoa tree in Tabasco, Mexico. <https://scialert.net/abstract/?doi=ppj.2011.122.127>
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M., & Walter Robledo, C. (2010). Infostat: software para análisis estadístico. <https://www.infostat.com.ar/>
- Edgington, L.V.; Khew, K.L.; Barrow, G.L. 1971. Fungitoxic spectrum of benzimidazole compounds. *Phytopathology* 61:42- 44. [https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1971Articles/Phyto61n01\\_42.pdf](https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1971Articles/Phyto61n01_42.pdf)
- Espinoza-Lozano, F., Amaya-Márquez, D., Pinto, C. M., Villavicencio-Vásquez, M., Sosa del Castillo, D., & Pérez-Martínez, S. (2022). Multiple introductions of *Moniliophthora roreri* from the Amazon to the Pacific region in Ecuador and shared high azoxystrobin sensitivity. *Agronomy*, 12(5), 1119. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051119>
- Evans, H. C., Stalpers, J. A., Samson, R. A., & Benny, G. L. (1978). On the taxonomy of *Monilia roreri*, an important pathogen of *Theobroma cacao* in South America. *Canadian Journal of Botany*, 56(20), 2528-2532. <https://doi.org/10.1139/b78-305>
- Ezziyyani, M., Sánchez, C. P., Ahmed, A. S., Requena, M. E., & Castillo, M. E. C. (2004). *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). In *Anales de biología* (No. 26, pp. 35-45). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/30441>
- Gaetke, L.M.; Chow, C.K. Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients. *Toxicology* 2003, 189, 147–163. [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(03\)00159-8](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(03)00159-8)
- Leite, F. G., Sampaio, C. F., Cardoso Pires, J. A., de Oliveira, D. P., & Dorta, D. J. (2024). Toxicological impact of strobilurin fungicides on human and environmental health: a literature review. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 59(4), 142-151. <https://doi.org/10.1080/03601234.2024.2312786>
- Love, J., Selker, R., Marsman, M., Jamil, T., Dropmann, D., Verhagen, J., ... & Wagenmakers, E. J. (2019). JASP: Graphical statistical software for common statistical designs. *Journal of Statistical Software*, 88, 1-17. <https://www.jstatsoft.org/article/view/v088i02>
- Molinari, M., Bentivegna, D. J., Daddario, J. F. F., & Tucut, G. (2024). Residuos de Cu en el ambiente cuando se usa Sulfato de cobre pentahidratado para el control de malezas. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124846/records/67050b28b1dfe472e144e2d2>
- Naghavi, F., Khoshroo, S. M. R., Kazemipour, M., & Zarandi, M. M. (2023). Potassium Copper Sulfate Hydrate Nanoparticles Modulated Salinity Stress through Improving Germination, Growth, and Biochemical Attributes of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Russian Journal of Plant Physiology*, 70(6), 152. <https://doi.org/10.1134/S1021443723600617>
- Phillips-Mora, W., Aime, M.C., & Wilkinson, M.J. (2007). Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in tropical America. *Plant Pathology*, 56(6), 911-922. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01646.x>
- Portilla-Farfan, F. (2018). *Agroclimatología del Ecuador* (647 pp.). Quito, Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala. ISBN: 978-9978-10-310-4 <https://pure.ups.edu.ec/es/publications/agroclimatology-of-ecuador>
- Plasencia-Vázquez, A. H., Vilchez-Ponce, C. R., Ferrer-Sánchez, Y., & Veloz-Portillo, C. E. (2022). Efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del hongo *Moniliophthora roreri* y el cultivo de cacao



- (*Theobroma cacao*) en Ecuador continental. Terra Latinoamericana, 40.  
<https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1151>
- Pscheidt, J. W., & Ocamb, C. M. (2022). Copper-based bactericides and fungicides. Pacific Northwest pest management handbooks. Oregon State University, Corvallis  
<https://pnwhandbooks.org/plantdisease/pesticide-articles/copper-based-bactericides-fungicides>
- Quevedo Damián, I. (2012). Evaluación de fungicidas sistémicos y de contacto en el control de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao*) (Master's thesis).  
<http://hdl.handle.net/10521/924>
- Ren, Y., Feng, L., Xu, X., Xiao, J., Jiang, Y., & Li, T. (2025). Epigenetic regulation on fungal disease affecting plant-based food: A review from the perspectives of host, pathogen and their interactions. Food Bioscience, 106633. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106633>
- Rodríguez-Velázquez, N. D., Fernández Pavía, S. P., Pineda-Vaca, D., Tlacuilo Cano, J. D., López Guillén, G., Chávez Ramírez, B., & Estrada de los Santos, P. (2024). Genetic diversity of *Moniliophthora roreri* from cacao trees growing in the Soconusco area, Chiapas, Mexico. Plant Disease, (ja).  
<https://doi.org/10.1094/PDIS-04-24-0873-RE>
- Solórzano Sabando, R. A. (2018). Efectos de fungicidas, químico y biológico en el control de tres enfermedades fungosas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 en la Parroquia Zapotal.  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3275>
- Tenegusñay Naula, V. R. (2022). Sensibilidad in vitro de *Moniliophthora roreri* HC Evans, agente causal de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao* L.) a fungicidas de diferentes modos de acción.  
<https://dspace.srv.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/18365>
- Torres de la Cruz, M., Ortiz García, C. F., Téliz Ortiz, D., Mora Aguilera, A., & Nava Díaz, C. (2013). Efecto del azoxystrobin sobre *Moniliophthora roreri*, agente causal de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao*). Revista mexicana de fitopatología, 31(1), 65-69.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092013000100007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000100007)
- Torres-de-la-Cruz, M., Quevedo-Damián, I., Ortiz-García, C. F., del Carmen Lagúnez-Espinoza, L., Nieto-Angel, D., & Pérez-de la Cruz, M. (2019). Control químico de *Moniliophthora roreri* en México. Biotecnia, 21(2), 55-61. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i2.906>
- Theophanides, T., & Anastassopoulou, J. (2002). Copper and carcinogenesis. Critical reviews in oncology/hematology, 42(1), 57-64. [https://doi.org/10.1016/S1040-8428\(02\)00007-0](https://doi.org/10.1016/S1040-8428(02)00007-0)
- Varela, A. E., Arias, A., & Reyes, Y. (2003). Kinetic of copper-sulfate pentahydrate production from scrap copper. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, 26(2), 101-108.  
[https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0254-07702003000200004&script=sci\\_arttext](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0254-07702003000200004&script=sci_arttext)
- Zhang, M., An, Q., Wang, Y., Ye, S., & Zhu, X. (2024). Copper sulfate combined with photodynamic therapy enhances antifungal effect by downregulating AIF1. Journal of Fungi, 10(3), 213.  
<https://doi.org/10.3390/jof10030213>
- Zhao, Y., Zhang, H., Liu, Y., Lan, Y., Zhu, J., Cai, Y., ... & Yang, Z. (2024). Evidence of strobilurin fungicides and their metabolites in Dongjiang River ecosystem, southern China: Bioaccumulation and ecological risks. Science of The Total Environment, 908, 168427. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168427>

**Innovación  
Tecnológica y  
Sistemas Avanzados  
/  
Technological  
Innovation and  
Advanced Systems**



**RTE**

## Effective Strategies for Mitigating Voltage and Frequency Fluctuations in Isolated Microgrids: A Literature Review

### Estrategias efectivas para mitigar fluctuaciones de tensión y frecuencia en microrredes aisladas: Una revisión de literatura

Santiago Arcos-Echeverría<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0001-3133-2257>,  
Danny Ochoa-Correa<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5633-1480>

<sup>1</sup>*Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Cuenca, Ecuador*  
[santiago.arcos@ucuenca.edu.ec](mailto:santiago.arcos@ucuenca.edu.ec)

<sup>2</sup>*Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Cuenca, Ecuador*  
[danny.ochoac@ucuenca.edu.ec](mailto:danny.ochoac@ucuenca.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Sent: 2025/06/22  
Accepted: 2025/10/29  
Published: 2025/12/15

#### Abstract

Territorial expansion has posed new challenges for electrical systems, driving the need to electrify remote rural areas and island territories. This demand has fostered the development of electrical microgrids based on distributed renewable generation, which, due to their low inertia, experience voltage and frequency instability—particularly during overloads or transitions between isolated and grid-connected modes. This article presents a literature review focusing on strategies to mitigate these fluctuations, analyzing 28 recent publications. The findings highlight adaptive controllers, smart inverter compensation, and the integration of energy storage systems as dynamic support tools, showing a preference for solutions based on power electronics and predictive control algorithms.

**Keywords:** renewable energy, energy storage systems, voltage fluctuations, frequency fluctuations, low-inertia systems.

**Summary:** Introduction, Methodology, Descriptive Analysis of Literature, Isolated Microgrids, Control Strategies for the Stability of Isolated Microgrids, Conclusions.

**How to cite:** Arcos-Echeverría, S. & Ochoa-Correa, D. (2025). Effective Strategies for Mitigating Voltage and Frequency Fluctuations in Isolated Microgrids: A Literature Review. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 145-169. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1343>

## Resumen

La expansión territorial ha generado nuevos desafíos para los sistemas eléctricos, impulsando la necesidad de electrificar zonas rurales de difícil acceso y territorios insulares. Esta demanda ha fomentado el desarrollo de microrredes eléctricas basadas en generación distribuida a partir de fuentes renovables, las cuales, debido a su baja inercia, presentan inestabilidad en frecuencia y voltaje, especialmente durante sobrecargas o transiciones entre modos de operación aislado y conectado a red. Este artículo presenta una revisión de literatura sobre estrategias para mitigar estas fluctuaciones, analizando 28 publicaciones recientes. Entre los enfoques identificados se destacan los controladores adaptativos, la compensación mediante inversores inteligentes, y la incorporación de almacenamiento energético como mecanismo de soporte dinámico, evidenciándose una preferencia por soluciones basadas en electrónica de potencia y algoritmos predictivos.

**Palabras clave:** energía renovable, sistemas de almacenamiento de energía, fluctuaciones de tensión, fluctuaciones de frecuencia, sistemas de baja inercia.

## Introduction

Implementing electrical microgrids in modern power systems is essential as societies transition toward more sustainable and resilient energy infrastructures. Isolated microgrids, which operate independently or in conjunction with the main grid, face the critical challenge of managing voltage fluctuations. The increasing integration of intermittent renewable energies, such as solar and wind power, and the concurrent abandonment of traditional fossil fuels exacerbate this challenge. The need for a robust solution is evident, as these fluctuations can lead to inefficiencies and disruptions in power supply, affecting the reliability of the entire power grid (Pilehvar & Mirafzal, 2020a). In contrast, microgrids connected to the public grid can dynamically control the voltage at the alternating current (AC) node to maintain stability. To address fluctuations in isolated microgrids, most solutions in the literature modify the conventional inverter control scheme using various techniques to mitigate short-term transients and prevent outages caused by random events.

For example, in the context of blackouts, Bassey and Butler-Purry (2022) use the mixed-integer linear programming (MILP) method to implement black start, restoring the system as quickly as possible. However, authors Bassey and Butler-Purry (Bassey & Butler-Purry, 2020) indicate that the MILP method fails to compensate for load balance and requires higher computational capacity due to its analysis in an isolated microgrid adapted from the IEEE 13-node test feeder.

To address frequency fluctuations in photovoltaic units, Pilehvar and Mirafzal (2020c) propose using an adaptive piecewise droop (APD) curve in inverters. In another study, the same authors (Pilehvar & Mirafzal, 2020a) employ a piecewise linear-elliptic (PLE) drop in energy storage systems to improve inverter stability and reduce voltage variations through reactive energy injection/absorption during transients.

Furthermore, energy storage systems used in renewable energy-based electrical systems, such as wind and solar, play a crucial role in storing excess electricity and providing system stability (Ochoa & Martinez, 2021).

Another approach, the virtual synchronous generator, has been shown to enhance the inertia and damping of inverter-based distributed generators, thereby improving frequency regulation in isolated microgrids (Yuan et al., 2018).

A strategy called 3P four-leg inverters (3P4LI) has also been proposed by Mohamed Salim and El-Sayed Salem Aboraya (Mohamed Salim & El-Sayed Salem Aboraya, 2024). This strategy is based on connecting DG to improve stability by employing a new control architecture called triple loop compensation (TLC), which integrates PI, PR, and feedforward schemes. This is achieved by optimizing the TLC parameters (Mohamed Salim & El-Sayed Salem Aboraya, 2024).

There are also methods based on distributed generators, such as the one proposed by A. R. Singh et al. (2023), which minimize voltage unbalance using a positive-sequence controller and a negative-sequence controller, yielding favourable results even in the presence of time-varying loads.

Another method analyzed involves implementing a frequency controller, which utilizes the load's sensitivity to operating voltages to achieve load regulation (Kokila Vani et al., 2021). This method eliminates the need for additional communication infrastructure by relying solely on local frequency and voltage for feedback.

For the same purpose, an adaptive switched filter compensator (ASFC) with a PID controller has been proposed by Elmetwaly et al. (2020) to improve the dynamic performance of the microgrid. The Grasshopper Optimization Algorithm (GOA) has been applied to this controller to allow it to adapt and self-tune according to changes in system conditions.

Given the increasing deployment of renewable-based microgrids in remote, rural, and islanded areas, ensuring stable and reliable operation has become a critical engineering challenge. These systems often rely on inverter-based distributed generation with low or virtually no mechanical inertia, making them inherently more susceptible to voltage and frequency instabilities—particularly during load transients, mode transitions, or fault conditions. While numerous studies have proposed isolated solutions to mitigate these issues, the rapid proliferation of control strategies, coupled with the lack of standardized evaluation frameworks, has resulted in a fragmented research landscape. Existing reviews tend to focus on specific technologies (e.g., battery energy storage or virtual synchronous generators) or address either voltage or frequency regulation separately, without offering an integrated analysis across multiple approaches.

This literature review addresses that gap by identifying, classifying, and analyzing 28 peer-reviewed studies published between 2017 and 2025 that examine mitigation methods involving smart inverters, energy storage systems, and advanced control algorithms. The findings provide a comprehensive overview of recent technological developments, highlighting trends, advantages, and limitations of current solutions. This offers valuable insights for researchers and practitioners seeking to enhance the dynamic performance of low-inertia electrical systems.

### Methodology

The literature review presented in this article follows a structured approach, incorporating elements of the PRISMA methodology for systematic literature reviews (SLR) (PRISMA-P Group et al., 2015). This methodology specifies that the review should have a well-defined methodological framework to ensure a comprehensive explanation of the process, enabling potential replication of the work. To achieve this, we considered the 17 items outlined by Shamseer et al. (2015), which can be categorized into administrative information, introduction, and methods.



Once the context of the research topic was established, the search was conducted in the SCOPUS bibliographic database. Scopus is a preferred database for literature reviews due to its comprehensive coverage of articles from reputable journals across diverse disciplines, including IEEE, MDPI, ScienceDirect, and others. This extensive aggregation ensures inclusive representation of scholarly research, enabling researchers to access diverse perspectives and findings. Additionally, Scopus's commitment to quality control and its global reach make it a reliable source for high-quality, peer-reviewed publications. The database's interdisciplinary content and features, such as citation analysis, further enhance its suitability for researchers seeking a comprehensive and well-rounded understanding of their chosen subject. The Scopus search string used was as follows:

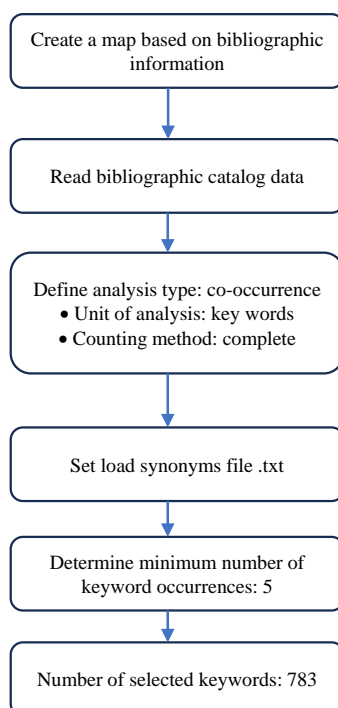
ALL (voltage AND fluctuation AND microgrid AND island) AND PUBYEAR > 2017 AND PUBYEAR < 2026.

The search was conducted on May 25, 2025, and yielded 1641 results in the Scopus database. As shown, the only restriction added to the search string concerned the publication year, focusing on the most recent 8 years (according to the researcher's criteria).

We employed VOSviewer, a powerful bibliometric software, to conduct an in-depth analysis of the identified articles. VOSviewer facilitates the creation and visualization of bibliometric networks derived from journals, research, or other publications. Among its versatile features is the capability to analyse inputted data through term co-occurrence or author recurrence within the chosen subject (*VOSviewer - Visualizing scientific landscapes*, s. f.). This entails exporting metadata in CSV format and subsequently processing it in VOSviewer, following the configuration illustrated in Figure 1.

**Figure 1**

*VOSviewer configuration to create the bibliographic map*





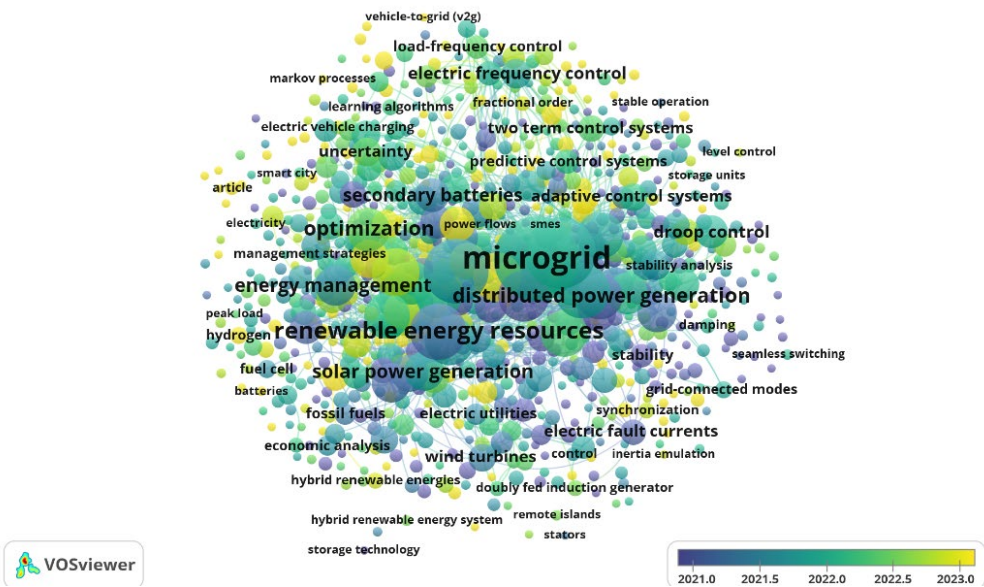
This configuration utilizes a synonyms file, meticulously crafted to account for variations in terms that essentially signify the same concept. The specific synonyms considered for this analysis are comprehensively outlined in Table 1.

**Table 1**  
*Keywords synonymous for analysis in VOSviewer*

Keyword	Replace by
micro grid	microgrid
islanded micro-grid	islanded microgrid
islanded microgrids	islanded microgrid
micro-grid	microgrid
micro-grids	microgrid
microgrid (mg)	microgrid
microgrids (mgs)	microgrids
multi-microgrids	microgrids
small-signal stability	small signal stability
power systems	power system

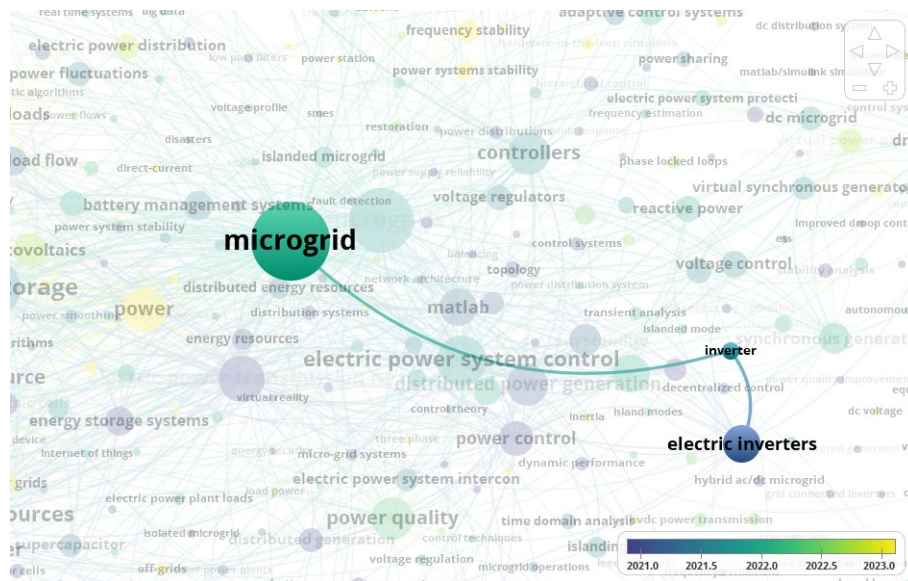
The acquired outcomes were systematically categorized into clusters and visually represented in a network graph. In this graphical representation, the observer can discern the frequency of occurrence of each keyword relative to the size of its indicator. Furthermore, an analysis of results by publication year allowed for the assessment of the currency of each term. As depicted in Figure 2, terms such as *microgrid*, *energy storage*, *energy management*, *charging*, *optimization*, and *electric inverters* exhibited the highest occurrence frequencies. Building on these findings, the next step was to select a term of interest. In this instance, the term "inverter" was chosen, revealing its associations with terms like microgrid and electric inverters, as illustrated in Figure 3.

**Figure 2**  
*Cluster chart based on the articles found*



### Figure 3

### Cluster resulting from the selection of the term inverter



Subsequently, definitive filtering was executed using the terms recommended by VOSviewer, specifically the *inverter microgrid*. This refined curation identified 19 articles directly pertinent to the research topic.

## Descriptive Analysis of Literature

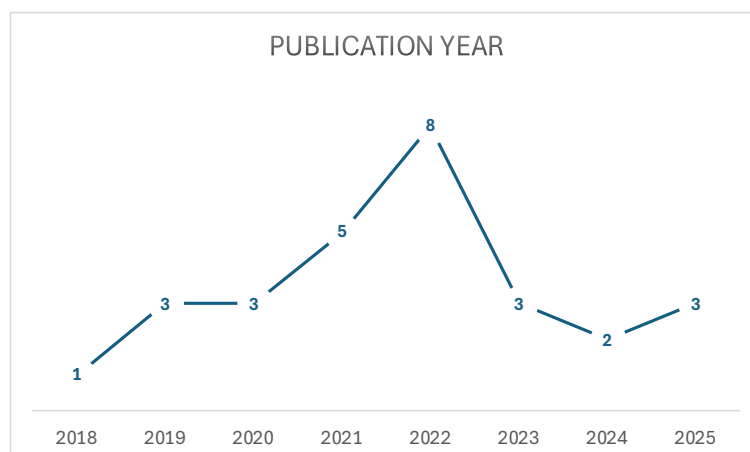
A systematic evaluation of articles was conducted to construct a comprehensive descriptive literature review, encompassing key parameters such as field, year of publication, journal or conference, authors, and language. This multifaceted analysis aimed to provide a nuanced understanding of the literature landscape, facilitating a thorough exploration of trends and contributors.

## Publication Year

As indicated earlier, the accepted publication years for this work span from 2018 to 2025. Figure 4 illustrates a discernible trend, highlighting the current and sustained interest in this research topic.

### Figure 4

*Line diagram by year of publication*



### Classification by Journal or Conference

Of the 28 analyzed articles, only two publication types were identified: journal articles and conference papers, as shown in Figure 5. However, an in-depth examination of Table 2 reveals no clear preference for any specific journal or conference. Instead, the publications display a relatively even distribution, with most sources contributing only one or, at most, two articles each.

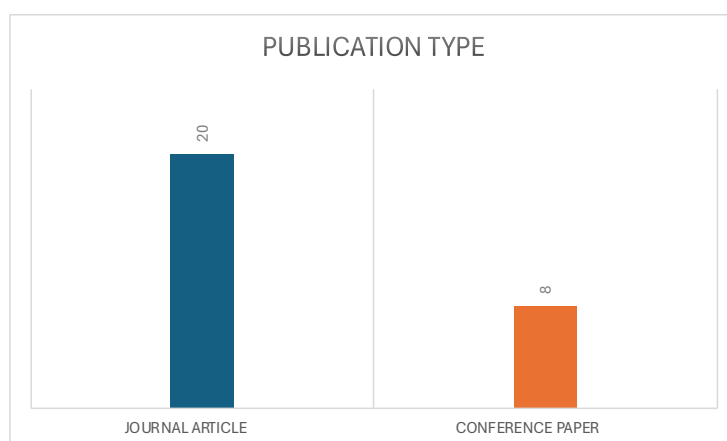
**Table 2**

*Journals or conferences featuring the analyzed articles*

Name of the journal or conference	Articles
Appl. Energy	1
Association for Computing Machinery	1
Dianli Xitong Zidonghua/Automation of Electric Power Systems	1
Dianwang Jishu/Power System Technology	1
EEA Electrotec. Electron. Autom.	1
Electr. Power Comp. Syst.	1
Electronics (Switzerland)	1
Energy Reports	1
e-Prime – Advances in Electrical Engineering.	1
Frontiers in Energy Research	1
IEEE Access	1
IEEE Trans Electromagn Compat	1
IEEE Trans Power Electron	1
IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng	1
IEEJ Trans. Power Energy	1
Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.	5
Institute of Physics Publishing	1
Iraqi. J. Electr. Electron. Eng.	1
Microelectronics Reliability	1
Springer Science and Business Media Deutschland GmbH	1
Zhongguo Dianji Gongcheng Xuebao	1
Energies	3
<b>Total</b>	<b>28</b>

**Figure 5**

*Bar chart showing the type of publication*



It is noteworthy that the primary source appears to be IEEE, with five articles published across its journals and conferences, followed by MDPI, which contributes two articles from the *Energies* journal.

### Author Characterization

The examination of authorship reveals a pattern consistent with the observations above. Among the analyzed articles, only one notable instance of prolific authorship is identified: Pilehvar, M.S., and Mirafzal, B. each have three publications, while all other authors contribute only one article each.

This suggests a dichotomy in the authors' engagement with the subject matter—either they are relatively new entrants exploring this research domain, or they have selectively opted to diverge from it for unspecified reasons. The comprehensive list of authors is detailed in Table 3.

**Table 3**

*Relationship between authors and the number of publications*

Authors	Articles
Anttila, S.; Döhler, J.S.; Oliveira, J.G.; Boström, C.	1
Arou, A.J.; Tsuji, T.	1
Attou, N.; Zidi, S.-A.; Hadjeri, S.; Khatir, M.	1
Cheng, Z.; Lin, H.; Liang, W.; Zhu, L.; Zheng, Y.	1
Fani, B.; Shahgholian, G.; Haes Alhelou, H.; Siano, P.	1
Hmad, J.; Houari, A.; Bouzid, A.E.M.; Saim, A.; Trabelsi, H.	1
Hsu, C.-T.; Cheng, T.-J.; Huang, H.-M.; Lee, Y.-D.; Chang, Y.-R.; Jiang, J.-L.	1
Hu, C.; Shi, X.; Luo, S.; Zhou, J.; Ma, R.; Fan, H.	1
Ide, T.; Hirase, Y.; Yoshimura, E.; Umezue, Y.; Bando, S.; Sugimoto, K.	2
Jasim, A.M.; Jasim, B.H.	1
Joshal, K.S.; Gupta, N.	1
Khan, S.; Iqbal, N.; Prasad, S.	1
Luo, S.; Peng, K.; Hu, C.; Shi, X.; Lu, H.	1
Matthee, A.; Moonen, N.; Sulaeman, I.; Leferink, F.	1
Pahasa, J.; Potejana, P.; Ngamroo, I.	1
Pilehvar, M.S.; Mirafzal, B.	3
Samanta, S.; Datta, S.; Das, S.; Roy, B.K.; Ganguly, A.	1
Shi, H.; zhang, J.; Zhou, J.; Li, Y.; Jiang, Z.	1
Shi, Y.; Liu, Z.; Liu, J.; Wang, W.; An, R.	1
Singh, S.K.; Rawal, M.; Rawat, M.S.; Gupta, T.N.	1
Sun, G.; Li, Y.; Jin, W.; Gao, Y.	1
Wang, H.; Wang, M.; Cheng, Q.; Lv, S.; Ji, X.	1
Xia, F.; Xia, Z.; Di, Z.; Yang, Z.; Huang, X.; Song, L.	1
Zhang, C.; Xu, J.; Qing, H.; Chai, X.; Wang, X.	1
Zheng, F.; Lin, X.; Lin, Y.; Zhang, Y.; Zhang, Y.	1
<b>Total</b>	<b>28</b>

### Language Classification

It is essential to acknowledge that the search was conducted exclusively in English, as all identified articles included English versions of their abstracts and keywords. Considering

this, Table 4 provides a breakdown of the exclusion criteria, noting that three articles were excluded because they were written in Chinese.

The selection of the final set of articles for this review was guided by a series of inclusion and exclusion criteria designed to ensure thematic relevance, methodological rigor, and accessibility of information. Given the technical nature of the topic, focused specifically on voltage and frequency fluctuation mitigation in inverter-based isolated microgrids, only peer-reviewed journal articles and conference proceedings were considered. These documents were required to provide concrete technical contributions, such as proposed control architectures, stability enhancement techniques, or simulation/experimental validation in isolated or mixed-inertia contexts.

Studies addressing generic smart grid developments, policy frameworks, or grid-connected systems, but not those tackling the challenges specific to islanded operation, were excluded to maintain thematic coherence. In addition, the language filter was intentionally set to English to ensure consistency in terminology and technical interpretation, and to facilitate citation tracking and quality assessment using established bibliometric tools.

Articles for which only the abstract or partial content was accessible were excluded, regardless of relevance, due to the inability to validate methodological details. Furthermore, duplicate entries and documents whose focus was not aligned with the key research questions, such as those emphasizing grid protection, economic optimization, or load forecasting without explicit treatment of dynamic control, were also omitted.

As shown in Table 4, these criteria led to the exclusion of six documents from the refined set of 28 initially identified through keyword mapping with VOSviewer. The remaining 22 articles constitute a curated body of evidence that directly addresses the core objective of this review: evaluating advanced control strategies for voltage and frequency stability in low-inertia, inverter-dominated, and islanded microgrids.

**Table 4**  
*Item exclusion report*

Art. Num.	Ref.	Title	Reason for exclusion
1	(Sun et al., 2019)	A Comprehensive Power Quality Control Strategy for Microgrid Based on Three-phase Multi-function Inverters	Excluded by language (Chinese)
2	(Attou et al., 2023)	A Control Design of Grid-Forming and Grid-Following Inverters with a Seamless Transition in Microgrid	Not excluded
3	(Y. Shi et al., 2025)	A Decentralized Secondary Voltage Control Method with Unbalance Voltage Compensation Capability for Parallel Inverters in Islanded Microgrids	Not excluded
4	(H. Shi et al., 2021)	A Novel $H_{\infty}$ Robust Control Strategy for Voltage Source Inverter in Microgrid	Not excluded
5	(Hmad et al., 2023)	A Review on Mode Transition Strategies between Grid-Connected and Stand-alone Operation of Voltage Source Inverters-Based Microgrids	Not excluded
6	(Arou & Tsuji, 2024)	Coordinated Q-V/P-f Control Strategy Using Virtual Power Factor for Autonomous AC Microgrid with PV Smart Inverters	Not excluded

Art. Num.	Ref.	Title	Reason for exclusion
7	(Joshali & Gupta, 2023)	Decentralized Control for Multiple Network-Forming Inverters in a Solar PV-BESS Based Stand-alone Microgrid System	Not excluded
8	(Hu et al., 2021)	Decentralized Dynamic Disturbance Compensation Control Strategy for Multiple Parallel Inverters in Microgrid	Excluded by language (Chinese)
9	(Luo et al., 2022)	Decentralized Dynamic Disturbance Compensation Control Strategy for Multiple Parallel Inverters in Microgrid	Exclude due to lack of access
10	(Samanta et al., 2021)	Design and FPGA Implementation of an Islanding Detection cum Re-synchronization Technique for a Grid Connected Inverter in a DC Microgrid	Not excluded
11	(Zheng et al., 2019)	Design of a novel hybrid control strategy for es grid-connected inverter for smooth microgrid transition operation	Not excluded
12	(Pilehvar & Mirafzal, 2020a)	Energy-storage fed smart inverters for mitigation of voltage fluctuations in islanded microgrids	Not excluded
13	(Pilehvar & Mirafzal, 2020b)	Frequency and voltage support by battery-fed smart inverters in mixed-inertia microgrids	Not excluded
14	(Anttila et al., 2022)	Grid Forming Inverters: A Review of the State of the Art of Key Elements for Microgrid Operation	Not excluded
15	(Jasim & Jasim, 2022)	Grid-Forming and Grid-Following Based Microgrid Inverters Control	Not excluded
16	(S. K. Singh et al., 2021)	Hybrid islanding detection technique for inverter based microgrid	Not excluded
17	(Ide et al., 2025a)	Identifying Power Oscillation Factors and Improving Stability in Microgrids Comprised of Inverter-Based Resources	Excluded by language (Japanese)
18	(Fani et al., 2022)	Inverter-based islanded microgrid: A review on technologies and control	Not excluded
19	(Ide et al., 2025b)	Investigating and addressing synchronous instabilities in inverter-based resources within microgrids	Not excluded
20	(Wang et al., 2022)	Modelling simulation and inverter control strategy research of microgrid in grid-connected and island mode	Not excluded
21	(Pahasa et al., 2021)	Multi-objective decentralized model predictive control for inverter air conditioner control of indoor temperature and frequency stabilization in microgrid	Not excluded
22	(Hsu et al., 2019)	Over frequency control of photovoltaic inverters in an island microgrid	Not excluded
23	(Pilehvar & Mirafzal, 2020c)	PV-fed smart inverters for mitigation of voltage and frequency fluctuations in islanded microgrids	Not excluded
24	(Cheng et al., 2022)	Research on Adaptive Control Strategy of Microgrid Inverter based on Virtual Synchronous Generator	Not excluded
25	(Xia et al., 2018)	Resistance capacitive inverter allocation method based on fast reactive support based on Microgrid	Not excluded
26	(Zhang et al., 2022)	Seamless Transferring Control Strategy for Master-Slave Microgrid Inverter in Whole Off-grid Process	Excluded by language (Chinese)
27	(Matthee et al., 2024)	Transient Response of Generator- and Inverter-Based Microgrids to Rapid Load Changes	Not excluded



Art. Num.	Ref.	Title	Reason for exclusion
28	(Khan et al., 2022)	Voltage Regulator Using Sliding Mode Controller for Inverter Based Islanded Microgrid	Excluded due to lack of access

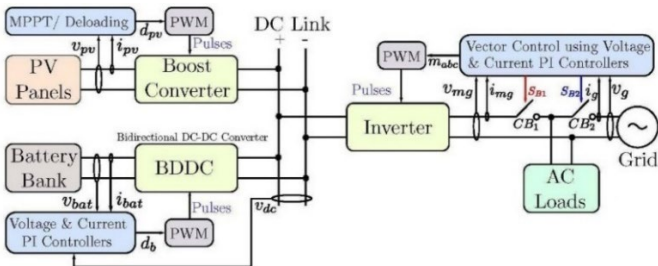
Isolated Microgrids

Microgrids are composed of distributed generation sources, energy storage systems, electrical loads, monitoring devices, and protection devices that can operate in either grid-connected or isolated mode (Wang et al., 2022). Microgrids represent a crucial approach for ensuring the sustainability of electricity supply, particularly in rural areas where extending the main grid is not feasible, or in completely isolated areas such as island territories (Fani et al., 2022; Ide et al., 2025b).

Currently, inverter-based microgrids are gaining prominence because they possess self-healing or islanding capabilities and demonstrate enhanced operational stability (Fani et al., 2022). Two distinct microgrid cases are shown in Figures 6 and 7. Figure 6 shows a grid-connected DC microgrid, while Figure 7 depicts a typical inverter-based microgrid scheme.

Figure 6

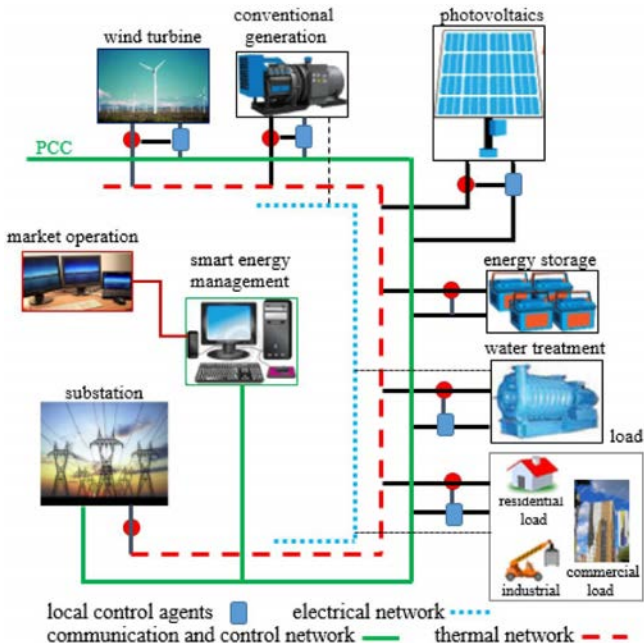
Structure of a DC microgrid connected to the network



Source: control scheme taken from S. Samanta et al., 2021.

Figure 7

Typical schematic of an inverter-based microgrid

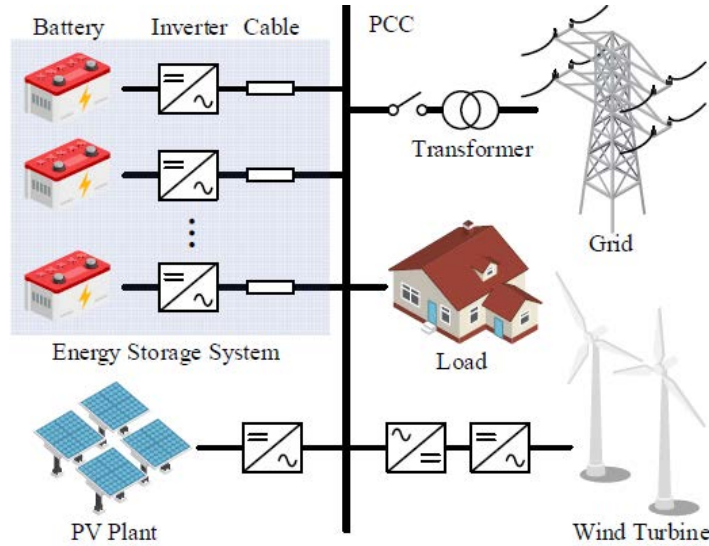


Source: microgrid scheme take from Fani, et al., 2022.

The benefits of microgrids include security of supply, utilization of renewable energy with on-demand storage systems, and reduced operating costs. Additionally, power fluctuations can be mitigated through energy storage (Samanta et al., 2021; H. Shi et al., 2021; Zheng et al., 2019). Figure 8 illustrates a more dynamic microgrid scheme, encompassing all its components—generation, storage, and energy consumption. In microgrids with air-conditioning inverters, regulating power consumption reduces frequency fluctuations.

**Figure 8**

*Microgrid scheme with a parallel inverter system*

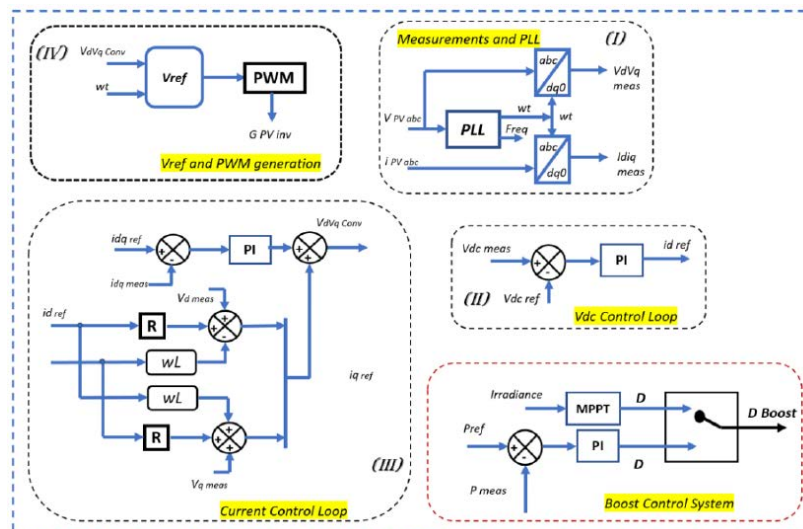


Source: case of study taken from Shi, et al., 2025.

In Hmad et al. (2023), the microgrid is analyzed from a control-system perspective, considering transition strategies between grid-connected and isolated operation modes. Similarly, Attou et al. (2023) present a control scheme for the microgrid under study, which incorporates network formation and monitoring conditions, as illustrated in Figure 9.

**Figure 9**

*Control system of the PV microgrid*



Source: microgrid type network formation taken from Attou, et al., 2023.

## Mixed Inertia Microgrids

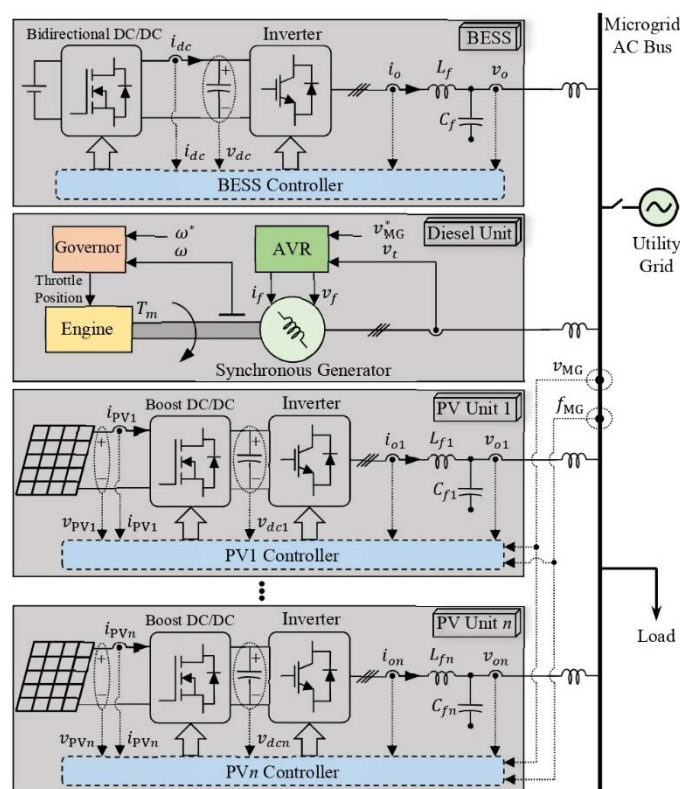
Among the various microgrid configurations, the most used today is the mixed-inertia configuration. This configuration consists of a microgrid generator group that integrates two or more types of energy sources—most frequently diesel generation, often combined with photovoltaic or wind energy (Pilehvar & Mirafzal, 2020a, 2020b, 2020c). However, this type of microgrid presents drawbacks in terms of energy stability due to the low inertia of non-conventional renewable energy sources, leading to an imbalance between generation and consumption (Pilehvar & Mirafzal, 2020a, 2020b). This occurs only in the isolated microgrid operating mode, since in a configuration connected to the main grid, fluctuations are compensated by the public grid AC bus's voltage and frequency regulation (Pilehvar & Mirafzal, 2020a).

Among the most common ways to mitigate these imbalances are the use of diesel generators for voltage and frequency regulation (Pilehvar & Mirafzal, 2020b) and the employment of energy storage systems to inject or absorb reactive power to the grid, thereby improving stability quickly during transients (Pilehvar & Mirafzal, 2020c).

This type of microgrid is illustrated in Figure 10, which shows diesel generation, photovoltaic generation, a grid connection switch, and load.

**Figure 10**

*Schematic of the mixed-inertia microgrid*



Source: microgrid scheme consulted in Pilehvar y Mirafzal, 2020c.

## Isolation Detection Methods in Microgrids

Isolation detection in microgrids is a significant challenge for ensuring operational stability. These detection methods are generally categorized into local and remote (Anttila et al., 2022).

Local methods, as the name suggests, are physically tied to the microgrid and are further divided into active, passive, and hybrid (Anttila et al., 2022).

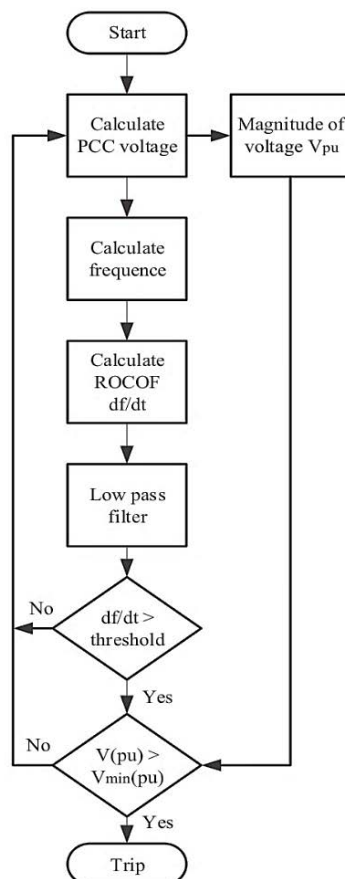
Active methods involve injecting harmonics or disturbances into the grid to detect isolation, thereby reducing isolation detection time and avoiding deterioration of power quality (Samanta et al., 2021). Among the most common active techniques are impedance measurement, active frequency shunt, sliding mode frequency shift, Sandia voltage shift, and Sandia frequency shift (Anttila et al., 2022).

Passive methods rely on measuring parameters such as voltage, current, impedance, power, and frequency (Matthee et al., 2024; Samanta et al., 2021). Their main drawbacks are the isolation detection time and the presence of a non-detection zone (Samanta et al., 2021), although they do not affect power quality (Samanta et al., 2021). Passive methods include ROCOP (rate of change of output power), ROCOF (rate of change of output frequency), and the phase hopping detection method (Anttila et al., 2022).

In S. K. Singh et al. (2021), the passive ROCOF and VU (voltage unbalance) methods are discussed. For the ROCOF method, illustrated in Figure 11, a detection time of 24 ms was obtained. For the VU method detailed in Figure 12, the detection time was 53 ms. The same study also proposes a passive-hybrid method combining the union of ROCOF and VU methods. In this method, the three-phase voltage is controlled in the DG, and VU is calculated. Then, ROCOF determines whether disconnection is required. This approach achieved a detection time of 22 ms and is detailed in Figure 13.

**Figure 11**

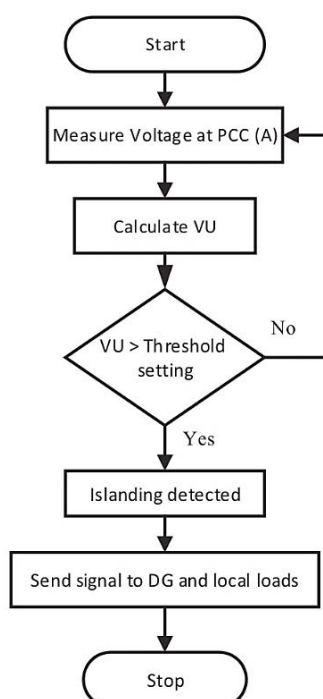
*Block diagram of the ROCOF method for isolation detection*



Source: ROCOF diagram published in Singh et al., 2021.

**Figure 12**

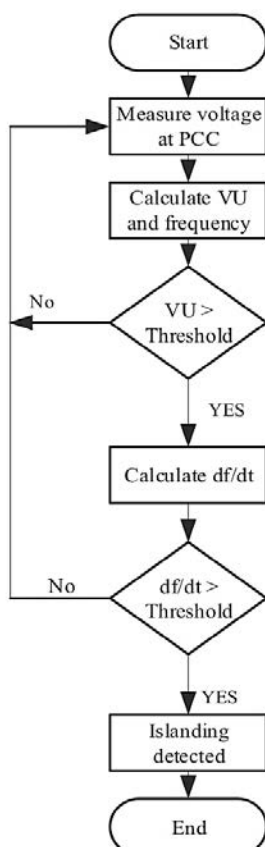
*Block diagram of the VU method for isolation detection*



Source: block diagram presented in Singh, et al., 2021.

**Figure 13**

*Block diagram of the passive-hybrid method combining ROCOF and VU methods for isolation*



Source: block diagram of ROCOF taken from Singh, et al., 2021.

Hybrid methods integrate active and passive approaches to compensate for the limitations of each. For example, the voltage unbalance and frequency set point method combines voltage displacement and reactive power (Anttila et al., 2022).

Unlike local methods, remote methods have their origin in their utility (Anttila et al., 2022) and are based on utility communication, power line carrier communication, supervisory control, and data acquisition techniques (Anttila et al., 2022). Intelligent methods based on decision trees, artificial neural networks, fuzzy logic, support vector machines, etc., are also considered (Samanta et al., 2021).

In this context, the resynchronization of the system during the transition from on-grid to off-grid plays a crucial role, allowing voltage or frequency variations to be minimized using methods such as the MPPT analyzed in Jasim and Jasim (2022).

### Control Strategies for the Stability of Isolated Microgrids

In recent years, several control strategies have been developed to mitigate various fluctuations in microgrids, while accounting for challenges such as isolation detection and stability during state changes. Existing control strategies are known to work satisfactorily only for one of the microgrid modes: either connected to the grid or operating in isolation (Wang et al., 2022).

### Mitigation Strategies for Voltage Fluctuations in Isolated Microgrids

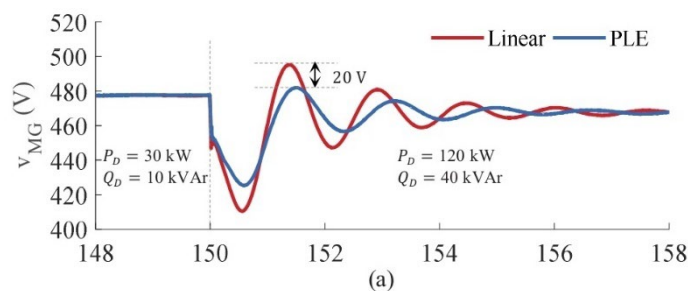
Voltage is one of the most unstable parameters in isolated microgrids, due to typical events that alter system operation.

Among the works reviewed for this literature review, one proposes the  $H_\infty$  method, which, despite its mathematical complexity, focuses on controlling cross-coupled multivariate systems (H. Shi et al., 2021). It involves adding an adaptive virtual impedance group to mitigate the voltage deviation caused by load variations. This method is applied to the voltage-source inverter and improves power quality (H. Shi et al., 2021).

Pilehvar and Mirafzal (2020a) discuss modifying the conventional control scheme of the battery energy storage system to enhance the dynamic performance of the microgrid. In the BESS, a piecewise linear elliptic droop PLE is employed to improve the voltage profile by injecting/absorbing reactive power during transients. In this method, the BESS becomes a smart inverter. The results of this method are shown in Figure 14.

**Figure 14**

*Comparison of voltage versus system dynamic response for linear and PLE drops at the AC bus*



Source: result of voltage published in Pilehvar y Mirafzal, 2020a.



On the other hand, Xia et al. (2018) discuss a fast reactive power support RC inverter method and its parallel power allocation method. It introduces a virtual complex impedance of resistance and capacitance in the inverter output current feedback. This method provides rapid reactive power support at the common connection point, stabilizing the voltage and suppressing resonance between the impedances.

Finally, Luo et al. (2022) propose a dynamic compensation control strategy based on the generator's residual robustness, thereby compensating for voltage variations.

### Frequency Variation Mitigation Strategies in Isolated Microgrids

Frequency is another fundamental parameter of microgrids, as it helps to understand the behaviour of electrical signals.

Among the papers considered for this review, two methods were specifically developed to stabilize the frequency in isolated microgrids.

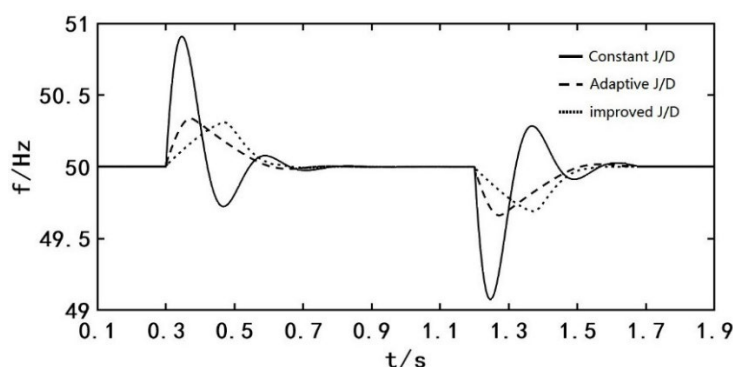
Hsu et al. (2019) analyse the impact of power variation in a photovoltaic power plant on the frequency response of an isolated microgrid with photovoltaic power and diesel thermal generation. A comparison of the response to frequency variation with and without inverter over-frequency compensation is detailed. This method improves the reliability of the microgrid (Hsu et al., 2019).

The method proposed by Cheng et al. (2022), in contrast, adjusts the synchronous virtual generator's frequency using an adaptive droop coefficient that varies with system load, thereby compensating for system frequency fluctuations. Figure 15 shows the frequency response curve with the proposed method.

Finally, Joshal & Gupta (2023) present the PLL (phase-locked loop) method, which involves the connection and disconnection of the DER system during microgrid operation.

**Figure 15**

*Frequency response curve*



Source: Results reported by Cheng, et al., 2022.

### Proposed Strategies to Mitigate Voltage and Frequency Variations Jointly

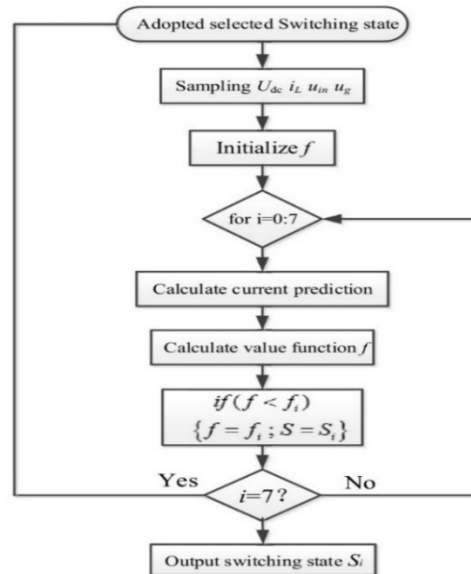
Among the articles reviewed, four different methods were identified for stabilizing voltage and frequency simultaneously, with the objective of increasing system reliability.

One of the strategies is a hybrid energy storage control strategy based on the IEEE 1676 standard (Zheng et al., 2019). It consists of a predictive controller with a two-degree-of-freedom algorithm and modified droop control, enabling a smooth transition between grid-

connected and isolated modes while maintaining the energy storage connection. Its operation is detailed in the diagram in Figure 16. This allows the voltage and frequency to be quickly restored. The results are presented as bar diagrams in Figure 17.

**Figure 16**

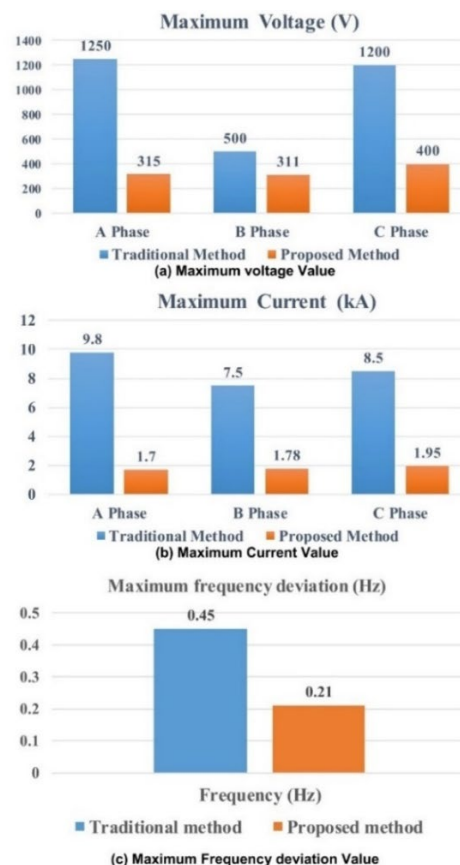
*Flow diagram of the predictive controller*



Source: control strategy taken from Zheng, et al., 2019.

**Figure 17**

*Performance comparison of the method of control*

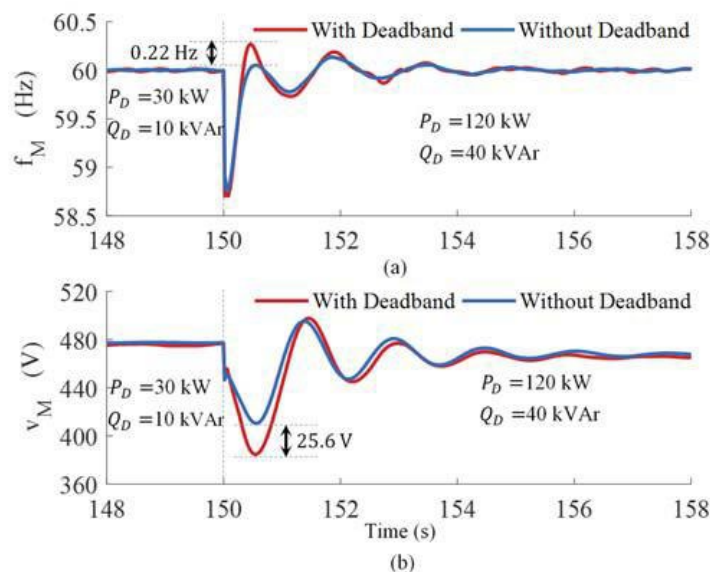


Source: statistics extracted from Zheng, et al., 2019.

The same PLE method, as explained above for voltage stabilization (Pilehvar & Mirafzal, 2020a), is employed in Pilehvar and Mirafzal (2020b), but with an approach that mitigates both frequency and voltage variations simultaneously. In this case, the presence of a deadband in the system is considered, which affects abrupt changes in active power, as shown in Figure 18. The PLE method, applied during staggered variations in load demand, is also analyzed, with the results shown in Figure 19. Finally, the efficiency of the PLE method during the transition between grid-connected and stand-alone mode is examined, as illustrated in Figure 20.

**Figure 18**

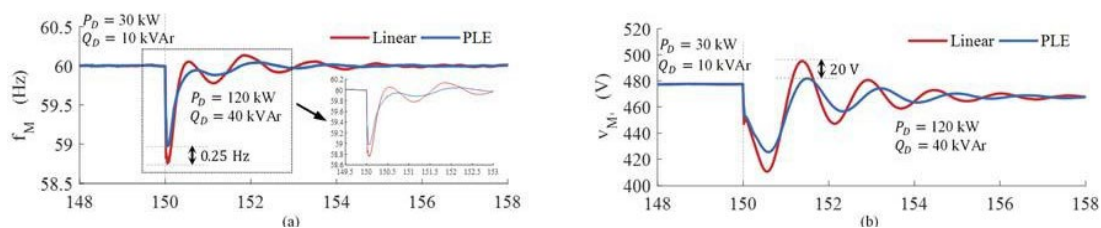
*Frequency (a) and voltage (b) variations in the presence and absence of the deadband in linear droop*



Source: results published by Pilehvar y Mirafzal, 2022b.

**Figure 19**

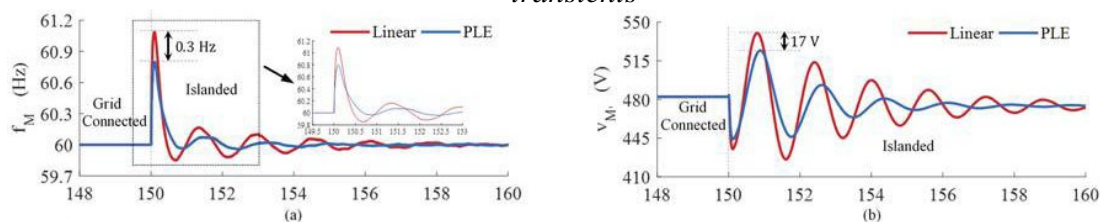
*Comparison of linear droop and PLE performance in dynamic response of the system*



Source: curves reported by Pilehvar y Mirafzal, 2020b.

**Figure 20**

*Comparison of linear droop and PLE performance in enhanced dynamic response during transients*

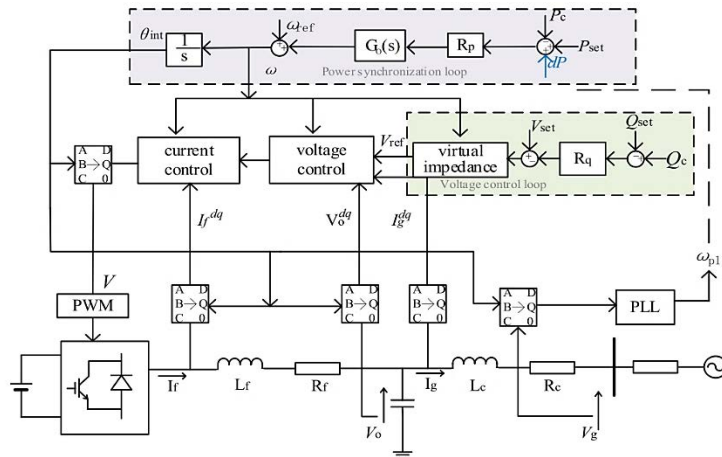


Source: results taken from Pilehvar y Mirafzal, 2020b.

The virtual adaptive control loop method involves modifying the virtual impedance value adaptively based on the output conditions (Wang et al., 2022). In the active power control loop, the frequency signal is extracted from the phase-locked loop and converted into a power feedback variable via a signal transformation, thereby participating in the power control process and enhancing control accuracy. Figure 21 shows the block diagram of the control strategy described. Voltage changes are shown in Figure 22, and frequency changes in Figure 23.

**Figure 21**

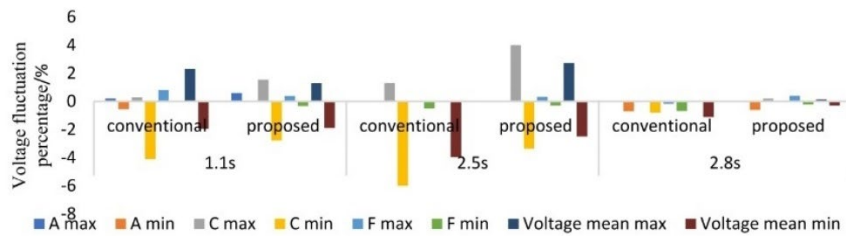
*Block diagram of the control strategy proposed*



Source: schematic taken from Wang, et al., 2022.

**Figure 22**

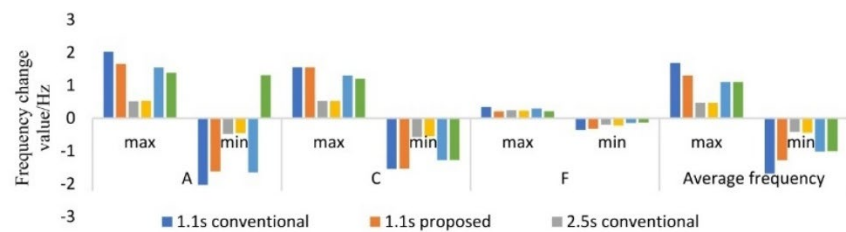
*Voltage changes at typical nodes before and after the events explained*



Source: results published by Wang, et al., 2022.

**Figure 23**

*Frequency changes at typical nodes, considering the events mentioned*



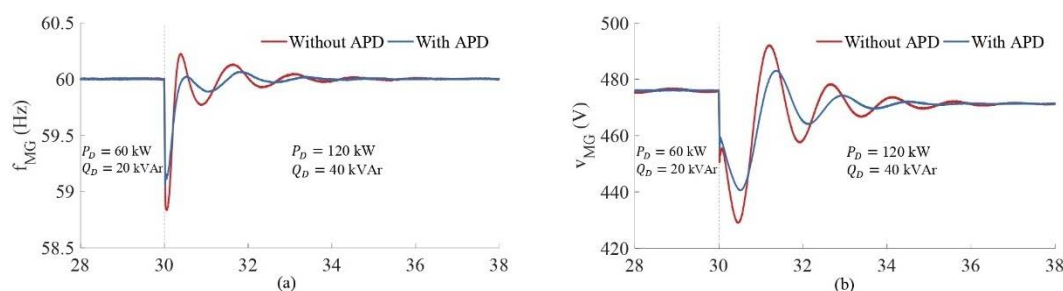
Source: statistics reported by Wang, et al., 2022.

Finally, Pilehvar and Mirafzal (2020c) propose a traditional PV generation controller to improve the dynamics of isolated microgrids by reducing voltage and frequency variations. This method implements a piecewise adaptive droop curve in PV units to achieve faster supply-demand balance during transients. Reactive power is also injected/absorbed to improve voltage

and frequency, as in Pilehvar and Mirafzal (2020a). The comparison of curves with and without the APD method is shown in Figure 24.

**Figure 24**

*Frequency (a) and voltage (b) stability curves resulting from the APD method analyzed*



Source: curves taken from Pilehvar y Mirafzal, 2020c.

## Conclusions

This review examined 28 recent studies addressing voltage and frequency fluctuations in isolated microgrids, with a particular focus on control strategies involving smart inverters, energy storage systems, and advanced regulation techniques. The findings highlight that mixed inertia microgrids—those combining conventional and renewable generation—pose the most significant operational challenges due to the limited inertia of renewable sources. In these contexts, rapid and accurate isolation detection is essential to prevent instability during mode transitions.

Although the reviewed methods demonstrate promising results, they vary considerably in complexity and implementation requirements. Techniques such as adaptive droop control, virtual impedance tuning, and predictive optimization algorithms have shown strong potential to enhance the dynamic performance of low-inertia systems. However, their effectiveness is closely tied to the specific configuration and operating conditions of the microgrid.

The growing number of publications over the last decade underscores the increasing relevance of this research field. Nonetheless, the dispersion of contributions across journals and authors suggests the absence of a consolidated research community or standardized evaluation benchmarks.

This dispersion also points to a lack of consensus on optimal design practices, particularly regarding trade-offs among control complexity, communication requirements, and real-time computational burden. While advanced control schemes often demonstrate superior performance in simulations, their real-world applicability may be constrained by hardware limitations or by the lack of interoperability between devices from different manufacturers. Therefore, future studies should not only assess technical performance but also address scalability, cost-effectiveness, and ease of integration with existing infrastructures.

Furthermore, this review highlights a methodological gap in the comparative evaluation of control strategies, as most studies use different testbeds, metrics, or simulation environments. This limits the generalizability of results and hinders the establishment of standardized benchmarks. Coordinated efforts to develop common microgrid test cases that incorporate representative disturbances, realistic load profiles, and hybrid generation mixes would significantly improve the comparability and replicability of future studies.

From a system design perspective, there is an increasing need to move beyond isolated solutions and explore integrated control layers that combine frequency regulation, voltage support, energy storage coordination, and fault management in a unified framework. Hybrid approaches that synergize predictive, adaptive, and data-driven techniques (such as neural networks or fuzzy logic) may offer enhanced resilience against stochastic events such as sudden load changes or renewable output variability. However, such approaches must be critically evaluated under both normal and abnormal operating conditions to assess their robustness.

Future work should prioritize comparative validation of control strategies under unified test conditions and promote the development of modular, scalable solutions adaptable to diverse microgrid architectures. In addition, there is a need to further explore hybrid approaches that integrate control, storage, and communication layers to improve system resilience in the face of stochastic fluctuations.

### Acknowledgements and Declarations

This work was supported by the Laboratorio de Micro-Red, Faculty of Engineering at the Universidad de Cuenca, whose infrastructure and technical resources greatly contributed to the analysis and validation of the findings presented in this study.

According to the CRediT taxonomy, both authors contributed equally to the conception, development, and writing of the manuscript. Their collaboration included defining research objectives, conducting data analysis, interpreting results, and preparing the manuscript.

The authors declare that, in the preparation of this article, artificial intelligence tools (ChatGPT, GPT-5 version) were employed exclusively to improve the linguistic quality and fluency of the English text. All ideas, methodological developments, data interpretation, and scientific conclusions are the original intellectual work of the authors.

### References

- Anttila, S., Döhler, J. S., Oliveira, J. G., & Boström, C. (2022). Grid Forming Inverters: A Review of the State of the Art of Key Elements for Microgrid Operation. *Energies*, 15(15). <https://doi.org/10.3390/en15155517>
- Arou, A. J., & Tsuji, T. (2024). Coordinated Q-V/P-f Control Strategy Using Virtual Power Factor for Autonomous AC Microgrid with PV Smart Inverters. *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 19(3), 327-341. <https://doi.org/10.1002/tee.23980>
- Attou, N., Zidi, S.-A., Hadjeri, S., & Khatir, M. (2023). A Control Design of Grid-Forming and Grid-Following Inverters with a Seamless Transition in Microgrid. *EEA - Electrotehnica, Electronica, Automatica*, 71(2), 10-18. <https://doi.org/10.46904/eea.23.71.2.1108002>
- Bassey, O., & Butler-Purry, K. L. (2020). Black start restoration of islanded droop-controlled microgrids. *Energies*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/en13225996>
- Bassey, O., & Butler-Purry, K. L. (2022). Islanded Microgrid Restoration Studies with Graph-Based Analysis. *Energies*, 15(19). <https://doi.org/10.3390/en15196979>
- Cheng, Z., Lin, H., Liang, W., Zhu, L., & Zheng, Y. (2022). Research on Adaptive Control Strategy of Microgrid Inverter based on Virtual Synchronous Generator. *ACM Int. Conf. Proc. Ser.*, 1027-1031. <https://doi.org/10.1145/3558819.3565462>



- Elmetwaly, A. H., Eldesouky, A. A., & Sallam, A. A. (2020). An Adaptive D-FACTS for Power Quality Enhancement in an Isolated Microgrid. *IEEE Access*, 8, 57923-57942. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2981444>
- Fani, B., Shahgholian, G., Haes Alhelou, H., & Siano, P. (2022). Inverter-based islanded microgrid: A review on technologies and control. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2022.100068>
- Hmad, J., Houari, A., Bouzid, A. E. M., Saim, A., & Trabelsi, H. (2023). A Review on Mode Transition Strategies between Grid-Connected and Stand-alone Operation of Voltage Source Inverters-Based Microgrids. *Energies*, 16(13). <https://doi.org/10.3390/en16135062>
- Hsu, C.-T., Cheng, T.-J., Huang, H.-M., Lee, Y.-D., Chang, Y.-R., & Jiang, J.-L. (2019). Over frequency control of photovoltaic inverters in an island microgrid. *Microelectronics Reliability*, 92, 42-54. <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2018.11.011>
- Hu, C., Shi, X., Luo, S., Zhou, J., Ma, R., & Fan, H. (2021). Decentralized Dynamic Disturbance Compensation Control Strategy for Multiple Parallel Inverters in Microgrid. *Zhongguo Dianji Gongcheng Xuebao/Proceedings of the Chinese Society of Electrical Engineering*, 41(13), 4425-4438. <https://doi.org/10.13334/j.0258-8013.pcsee.201258>
- Ide, T., Hirase, Y., Yoshimura, E., Umezu, Y., Bando, S., & Sugimoto, K. (2025a). Identifying Power Oscillation Factors and Improving Stability in Microgrids Comprised of Inverter-Based Resources. *IEEE Transactions on Power and Energy*, 145(3), 299-310. <https://doi.org/10.1541/ieejpes.145.299>
- Ide, T., Hirase, Y., Yoshimura, E., Umezu, Y., Bando, S., & Sugimoto, K. (2025b). Investigating and addressing synchronous instabilities in inverter-based resources within microgrids. *Applied Energy*, 377. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124379>
- Jasim, A. M., & Jasim, B. H. (2022). Grid-Forming and Grid-Following Based Microgrid Inverters Control. *Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering*, 18(1), 111-131. <https://doi.org/10.37917/ijeee.18.1.13>
- Joshal, K. S., & Gupta, N. (2023). Decentralized Control for Multiple Network-Forming Inverters in a Solar PV-BESS Based Stand-alone Microgrid System. *Electric Power Components and Systems*. <https://doi.org/10.1080/15325008.2023.2283860>
- Khan, S., Iqbal, N., & Prasad, S. (2022). Voltage Regulator Using Sliding Mode Controller for Inverter Based Islanded Microgrid. En Kumar J., Tripathy M., & Jena P. (Eds.), *Lect. Notes Electr. Eng.* (Vol. 870, pp. 141-152). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-0193-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-19-0193-5_12)
- Kokila Vani, C., Sarangapani, E., & Kumaresan, R. (2021). Mitigation of Frequency Variation Through Voltage Control in Islanded Microgrid. En G. Kumaresan, N. S. Shanmugam, & V. Dhinakaran (Eds.), *Advances in Materials Research* (Vol. 5, pp. 953-961). Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-8319-3\\_95](https://doi.org/10.1007/978-981-15-8319-3_95)
- Luo, S., Peng, K., Hu, C., Shi, X., & Lu, H. (2022). Decentralized Dynamic Disturbance Compensation Control Strategy for Multiple Parallel Inverters in Microgrid. *IEEE Ind. Electron. Soc. Annu. On-Line Conf., ONCON. 1st IEEE Industrial Electronics Society Annual On-Line Conference, ONCON 2022*. <https://doi.org/10.1109/ONCON56984.2022.10126896>
- Matthee, A., Moonen, N., Sulaeman, I., & Leferink, F. (2024). Transient Response of Generator- and Inverter-Based Microgrids to Rapid Load Changes. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 66(5), 1646-1654. <https://doi.org/10.1109/TEMPC.2024.3435732>
- Mohamed Salim, O., & El-Sayed Salem Aboraya, A. (2024). Power quality enhancement of unbalanced Distributed-Resources based on triple-loop compensation. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(2), 102454. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102454>

- Ochoa, D., & Martinez, S. (2021). Analytical Approach to Understanding the Effects of Implementing Fast-Frequency Response by Wind Turbines on the Short-Term Operation of Power Systems. *Energies*, 14(12), 3660. <https://doi.org/10.3390/en14123660>
- Pahasa, J., Potejana, P., & Ngamroo, I. (2021). Multi-objective decentralized model predictive control for inverter air conditioner control of indoor temperature and frequency stabilization in microgrid. *Energies*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/en14216969>
- Pilehvar, M. S., & Mirafzal, B. (2020a). Energy-storage fed smart inverters for mitigation of voltage fluctuations in islanded microgrids. *IEEE Electr. Power Energy Conf., EPEC. 2020 IEEE Electric Power and Energy Conference, EPEC 2020*. <https://doi.org/10.1109/EPEC48502.2020.9319911>
- Pilehvar, M. S., & Mirafzal, B. (2020b). Frequency and voltage supports by battery-fed smart inverters in mixed-inertia microgrids. *Electronics (Switzerland)*, 9(11), 1-14. <https://doi.org/10.3390/electronics9111755>
- Pilehvar, M. S., & Mirafzal, B. (2020c). PV-fed smart inverters for mitigation of voltage and frequency fluctuations in islanded microgrids. *Proc. - Int. Conf. Smart Grids Energy Syst., SGES*, 807-812. <https://doi.org/10.1109/SGES51519.2020.00149>
- PRISMA-P Group, Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
- Samanta, S., Datta, S., Das, S., Roy, B. K., & Ganguly, A. (2021). Design and FPGA Implementation of an Islanding Detection cum Re-synchronisation Technique for a Grid Connected Inverter in a DC Microgrid. *Int. Conf. Energy, Power Environ.: Towards Clean Energy Technol., ICEPE. 3rd International Conference on Energy, Power and Environment: Towards Clean Energy Technologies, ICEPE 2020*. <https://doi.org/10.1109/ICEPE50861.2021.9404503>
- Shamseer, L., Moher, D., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & the PRISMA-P Group. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: *Elaboration and explanation*. *BMJ*, 349(jan02 1), g7647-g7647. <https://doi.org/10.1136/bmj.g7647>
- Shi, H., zhang, J., Zhou, J., Li, Y., & Jiang, Z. (2021). A Novel  $H_\infty$  Robust Control Strategy for Voltage Source Inverter in Microgrid. *Frontiers in Energy Research*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.731432>
- Shi, Y., Liu, Z., Liu, J., Wang, W., & An, R. (2025). A Decentralized Secondary Voltage Control Method with Unbalance Voltage Compensation Capability for Parallel Inverters in Islanded Microgrids. *IEEE Transactions on Power Electronics*. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2025.3556302>
- Singh, A. R., Ray, P., Seshu Kumar, R., & Salkuti, S. R. (2023). *Introduction to Power Quality in Microgrids*. En S. R. Salkuti, P. Ray, & A. R. Singh (Eds.), *Power Quality in Microgrids: Issues, Challenges and Mitigation Techniques* (Vol. 1039, pp. 1-21). Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-2066-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-99-2066-2_1)
- Singh, S. K., Rawal, M., Rawat, M. S., & Gupta, T. N. (2021). Hybrid islanding detection technique for inverter based microgrid. *Int. Conf. Emerg. Technol., INCET. 2021 2nd International Conference for Emerging Technology, INCET 2021*. <https://doi.org/10.1109/INCET51464.2021.9456307>
- Sun, G., Li, Y., Jin, W., & Gao, Y. (2019). A Comprehensive Power Quality Control Strategy for Microgrid Based on Three-phase Multi-function Inverters. *Dianwang Jishu/Power System Technology*, 43(4), 1211-1219. <https://doi.org/10.13335/j.1000-3673.pst.2018.1765>
- VOSviewer—Visualizing scientific landscapes. (s. f.). VOSviewer. Last access: July 5th, 2023 from <https://www.vosviewer.com/>
- Wang, H., Wang, M., Cheng, Q., Lv, S., & Ji, X. (2022). Modelling simulation and inverter control strategy research of microgrid in grid-connected and island mode. *Energy Reports*, 8, 206-218. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.09.117>

- Xia, F., Xia, Z., Di, Z., Yang, Z., Huang, X., & Song, L. (2018). Resistance capacitive inverter allocation method based on fast reactive support based on Microgrid. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 170(4). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/170/4/042149>
- Yuan, C., Xie, P., Yang, D., & Xiao, X. (2018). Transient stability analysis of islanded AC microgrids with a significant share of virtual synchronous generators. *Energies*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/en11010044>
- Zhang, C., Xu, J., Qing, H., Chai, X., & Wang, X. (2022). Seamless Transferring Control Strategy for Master-Slave Microgrid Inverter in Whole Off-grid Process. *Dianli Xitong Zidonghua/Automation of Electric Power Systems*, 46(23), 125-133. <https://doi.org/10.7500/AEPS20210914002>
- Zheng, F., Lin, X., Lin, Y., Zhang, Y., & Zhang, Y. (2019). Design of a novel hybrid control strategy for es grid-connected inverter for smooth microgrid transition operation. *IEEE Access*, 7, 171950-171965. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2955713>

## Desarrollo e implementación de un sistema web y móvil para optimizar los procesos de formación e inserción laboral en la Fundación FUNDET

### Development and Implementation of a Web and Mobile System to Optimize Training and Job Placement Processes at the FUNDET Foundation

Bryan Orlando Vélez San Martín<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0003-0678-7828>,  
Roger Marcelo Freire Avilés<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9069-4787>, Víctor Hugo Rea Sánchez<sup>3</sup>  
<https://orcid.org/0000-0002-9170-9407>

<sup>1</sup>Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera  
Ingeniería en Ciencias de la Computación, Guayaquil, Ecuador  
[bvelez@uagraría.edu.ec](mailto:bvelez@uagraría.edu.ec)

<sup>2</sup>Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Carrera  
Ingeniería en Tecnologías de la Información, Milagro, Ecuador, Milagro, Ecuador  
[rfreirea2@unemi.edu.ec](mailto:rfreirea2@unemi.edu.ec)

<sup>3</sup>Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Carrera  
Ingeniería de Software, Milagro, Ecuador  
[vreas@unemi.edu.ec](mailto:vreas@unemi.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/11/13  
Aceptado: 2025/07/02  
Publicado: 2025/12/15

#### Resumen

La Fundación FUNDET enfrenta ineficiencias en procesos manuales, errores en datos de estudiantes (35 %), pérdida de trazabilidad de egresados (42 %) y demoras en vinculación empresarial (15 días promedio) que elevan la carga administrativa y reducen el impacto social en poblaciones vulnerables de Guayaquil. Por ello, se desarrolló e implementó una plataforma web y móvil que automatiza la inscripción, evaluación psicotécnica con reglas expertas (precisión 92 %) y asignación de cursos, al tiempo que habilita la coincidencia laboral

**Sumario:** Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión de los Resultados, Conclusiones.

**Como citar:** Vélez, B., Freire, R. & Rea, V. (2025). Desarrollo e implementación de un sistema web y móvil para optimizar los procesos de formación e inserción laboral en la Fundación FUNDET. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 170-190. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1363>

bidireccional en tiempo real y garantiza la usabilidad (ISO 9241-11: efectividad  $\geq 90\%$ , eficiencia  $\leq 2$  min/tarea, SUS  $\geq 85$ ) y accesibilidad (WCAG 2.1 AA: contraste  $\geq 4.5:1$ , navegación 100 % por teclado). Para lograrlo, se aplicaron RUP (4 fases iterativas) y Mobile-D (3 Sprint ágiles), usando PHP, MySQL, HTML5, CSS3, Bootstrap, jQuery, XAMPP (web); Java y Android Studio (móvil), con arquitectura MVC + API RESTful, evaluada en  $n=52$  usuarios (confianza 95 %, error 5 %). Como resultado, se alcanzó eficiencia +67 % (1.8 vs. 5.5 min/tarea), SUS = 87.4/100, inserción laboral +28 % (72→92 egresados/mes) y retención +19 %. En conclusión, la solución aporta pruebas psicotécnicas con Inteligencia Artificial (AI), lenguaje predictivo y panel de información de deserción (95 % fiabilidad), potenciados por RUP/Mobile-D, replicable en ONGs  $\leq \$5K$ , con limitaciones en conectividad rural y futuro en aprendizaje automático, iOS/PWA para el registro de datos de manera segura.

**Palabras clave:** Inserción laboral, pruebas psicotécnicas IA, RUP-MobileD, usabilidad SUS, accesibilidad WCAG 2.1, FUNDET, automatización.

### Abstract

The FUNDET Foundation faces inefficiencies in manual processes, including student data errors (35%), loss of graduate traceability (42%), and delays in job placement (an average of 15 days), which increase administrative workload and reduce the social impact of its programs for vulnerable populations in Guayaquil. To address these issues, a web and mobile platform was developed and implemented to automate student registration and psychotechnical assessment using rule-based expert systems (92% accuracy), and course assignment, while enabling real-time bidirectional job matching. The system was designed to comply with usability standards (ISO 9241-11: effectiveness  $\geq 90\%$ , efficiency  $\leq 2$  min/task, SUS  $\geq 85$ ) and accessibility requirements (WCAG 2.1 AA: contrast  $\geq 4.5:1$ , full keyboard navigation). The project applied RUP (web) and Mobile-D (mobile) development methodologies, implemented using PHP, MySQL, HTML5, CSS3, Bootstrap, jQuery, XAMPP (web platform), and Java with Android Studio (mobile app), following an MVC architecture with RESTful API integration. The platform was evaluated with  $n=52$  users (95% confidence level, 5% margin of error). Results show a 67% increase in efficiency (1.8 vs. 5.5 min/task), a SUS score of 87.4/100, a 28% improvement in job placement (from 72 to 92 graduates per month), and a 19% increase in retention. In conclusion, the solution incorporates AI-enhanced psychotechnical testing, predictive language features, and a dropout-tracking dashboard (95% reliability), powered by RUP/Mobile-D, replicable in NGOs  $\leq \$5K$ , with limitations in rural connectivity and future in machine learning, iOS/PWA for secure data recording.

**Keywords:** Job placement, AI psychotechnical testing, RUP–Mobile-D, usability (SUS), accessibility (WCAG 2.1), FUNDET, automation.

### Introducción

En las últimas décadas, el desarrollo tecnológico ha generado una transformación profunda en todos los ámbitos de la vida humana, incluyendo la educación, la gestión institucional y el mundo del trabajo. Esta evolución ha puesto en evidencia la necesidad de que las organizaciones, tanto públicas como privadas, adopten herramientas digitales para mejorar su operatividad, competitividad y capacidad de respuesta ante los desafíos sociales y económicos contemporáneos. Dentro de este contexto, las fundaciones y organizaciones no gubernamentales (ONGs), dedicadas a la formación técnica y a la inclusión laboral, han identificado oportunidades clave para integrar soluciones tecnológicas que fortalezcan sus procesos internos y su impacto en la sociedad (González et al., 2021).

La Fundación FUNDET, organización sin fines de lucro, radicada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, trabaja desde hace varios años en el desarrollo del capital humano a través de programas de capacitación técnica gratuita, dirigidos a poblaciones en situación de vulnerabilidad. Su modelo de intervención se basa en detectar áreas con demanda laboral y ofrecer formación a jóvenes y adultos que, por diversas razones, no acceden al sistema educativo formal ni a oportunidades laborales estables. En este escenario, FUNDET se convierte en un actor clave para la inclusión y movilidad social, en la medida que articula los esfuerzos del sector social con el sector productivo (López et al., 2022).

A pesar de su importante labor, FUNDET enfrentaba una serie de limitaciones estructurales y operativas que condicionaban la eficiencia de sus procesos. Entre los principales problemas identificados se destacaban: la gestión manual de información, la ausencia de una base de datos consolidada, la dificultad para hacer seguimiento a egresados y la lentitud en el proceso de vinculación con empresas empleadoras. Estas deficiencias se traducían en pérdida de oportunidades, baja trazabilidad y altos niveles de carga administrativa para el personal de la fundación, particularmente el coordinador académico, quien debía actuar como nexo entre las áreas de formación y las empresas contratantes (Rodríguez & Salazar, 2019).

A nivel internacional, múltiples estudios han demostrado que la transformación digital en el ámbito educativo y social no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también incrementa la transparencia, la rendición de cuentas y la posibilidad de tomar decisiones basadas en datos (Shabnam & Rakibul, 2025).

La digitalización de procesos permite generar plataformas donde estudiantes, docentes, psicólogos, coordinadores y empresas pueden interactuar en un entorno integrado y funcional. Esta interacción, al estar mediada por herramientas tecnológicas, optimiza el tiempo, reduce los errores humanos y facilita el acceso a información actualizada en tiempo real (Lagla et al., 2022).

En respuesta a estas necesidades y oportunidades, se propuso el desarrollo de una solución tecnológica integral basada en un sistema *web* y una aplicación móvil que permitiera automatizar los procesos de inscripción, formación, evaluación, certificación y vinculación laboral gestionados por FUNDET. Este sistema introduce tres innovaciones científicas únicas en ONG's ecuatorianas: (1) pruebas psicotécnicas automatizadas con reglas expertas (precisión 92 %), (2) coincidencia laboral bidireccional en tiempo real y, (3) panel reporte predictivo de deserción (fiabilidad 95 %), superando sistemas genéricos PHP/MySQL mediante algoritmos específicos de inserción laboral; además, debía ser accesible, intuitivo, seguro, escalable y adaptable a las condiciones de trabajo de la fundación, contemplando los distintos perfiles de usuarios: estudiantes, psicólogos, docentes, coordinadores y empresas colaboradoras (Sucunuta & Lucio, 2024).

**Tabla 1**

*Innovación vs. Sistemas Similares*

CARACTERÍSTICA	SISTEMAS GENÉRICOS (PHP/MYSQL)	SISTEMA FUNDET
Pruebas psicotécnicas	Manual	Automatizado IA (92 %)
Coincidencia laboral	Ninguno	Bidireccional-tiempo Real
Panel reporte	Básico	Predictivo deserción (95 %)
Usabilidad (SUS)	65–75	87.4/100



Para garantizar el éxito del desarrollo e implementación del sistema, se optó por utilizar dos metodologías de ingeniería de *software* complementarias: RUP (Rational Unified Process) para la construcción del sistema *web*, y Mobile-D para la aplicación móvil. RUP es un proceso iterativo e incremental que permite gestionar el ciclo de vida del *software* a través de fases claramente definidas (inicio, elaboración, construcción y transición), incorporando buenas prácticas como el modelado de casos de uso, pruebas tempranas y diseño orientado a objetos. RUP aporta estructura técnica y escalabilidad. Por su parte, Mobile-D está orientada al desarrollo ágil de aplicaciones móviles en equipos pequeños, con énfasis en entregas funcionales continuas y participación del usuario en todo el proceso de desarrollo. Mobile-D garantiza usabilidad y rapidez (Foucart, 2021).

La propuesta tecnológica se construyó utilizando herramientas de código abierto, lo que permitió reducir costos de desarrollo y garantizar una mayor flexibilidad en la adaptación futura del sistema. El sistema *web* fue desarrollado con tecnologías como PHP, MySQL, HTML5, CSS3, Bootstrap y jQuery, implementando el patrón de arquitectura MVC (Modelo-Vista-Controlador) para asegurar una separación clara entre la lógica de negocio, la presentación de datos y el acceso a la base de datos. La aplicación móvil, por su parte, fue desarrollada en Android Studio utilizando el lenguaje Java, y diseñada para ser utilizada principalmente por el coordinador académico y representantes de las empresas contratantes (Saldaña & Zuñiga, 2015).

Uno de los aportes más relevantes del sistema implementado es su módulo de evaluación psicotécnica inicial, el cual permite, a los aspirantes a cursos, realizar una prueba vocacional en línea antes de su inscripción definitiva. Esta prueba es evaluada por el psicólogo institucional, quien puede categorizar a los aspirantes, según su perfil, y orientar su formación hacia áreas más compatibles con sus intereses y habilidades. Resultado: reducción de la tasa de deserción en un 38 % y aumento en la efectividad del proceso formativo (Escobedo, 2023).

Asimismo, el sistema contempla una funcionalidad para el seguimiento de egresados, registrando información sobre su estado laboral posterior a la formación. Esta información, organizada en reportes estadísticos, permite a la fundación conocer el impacto de sus programas, identificar áreas de mejora y responder de manera más estratégica a la demanda del mercado. El sistema también facilita la interacción con empresas mediante un módulo específico, en el que pueden consultar perfiles técnicos disponibles, realizar filtros por competencias o ubicación, y contactar directamente a los candidatos. Resultado: inserción laboral +28 % (72→92 egresados/mes) (López & Villamil, 2019).

La educación técnica y la formación profesional constituyen pilares fundamentales para la inclusión laboral en economías emergentes como la ecuatoriana. En particular, las fundaciones y entidades no lucrativas juegan un rol determinante en la compensación de las deficiencias estructurales del sistema educativo tradicional, ofreciendo formación práctica a poblaciones históricamente excluidas del mercado formal; sin embargo, estos actores, al operar muchas veces con presupuestos limitados y estructuras organizativas pequeñas, enfrentan enormes dificultades para implementar mecanismos de gestión moderna que les permitan escalar su impacto (Tomasello, 2018).

La Fundación FUNDET, en su misión por contribuir al desarrollo del capital humano mediante procesos formativos pertinentes, ha enfrentado históricamente restricciones en la sistematización de sus procesos internos. Antes de la implementación del sistema, el proceso de inscripción de estudiantes se realizaba de manera manual: los postulantes debían llenar formularios impresos, entregarlos físicamente en las oficinas de la fundación y esperar a ser

contactados. Estos formularios eran almacenados en carpetas físicas, lo que dificultaba la búsqueda posterior de información, el control de asistencia, la emisión de certificados o la trazabilidad de datos personales (Muñoz & Saltos, 2023).

En el ámbito de la gestión docente, los registros de asistencia y calificaciones también se realizaban manualmente, lo que generaba errores frecuentes, retrasos en la entrega de resultados y dificultades en la generación de reportes confiables. Esta situación no solo ralentizaba los procesos operativos de la fundación, sino que además generaba una percepción de informalidad que limitaba el interés de algunas empresas en vincularse con los egresados de sus programas (Ministerio de Educación, 2018).

De manera similar, la relación con las empresas contratantes era limitada, ya que requería contacto directo del coordinador académico, quien debía entregar físicamente hojas de vida, recopilar retroalimentación y organizar reuniones presenciales. Este proceso era ineficiente, propenso a errores, y dependía fuertemente de la disponibilidad del personal.

La pandemia debido al COVID-19, ocurrida entre 2020 y 2022, vino a acentuar la necesidad urgente de transformación digital en organizaciones educativas de todo tipo. Muchas instituciones, obligadas a interrumpir sus procesos presenciales, se vieron forzadas a adoptar soluciones digitales improvisadas que, en muchos casos, no se ajustaban a sus realidades o no lograban ser sostenibles a largo plazo (Ortega, 2022).

En este contexto, FUNDET identificó la necesidad de ir más allá de la simple digitalización de documentos, para avanzar hacia una automatización completa de procesos mediante un sistema de gestión integral diseñado a medida de sus necesidades específicas.

A nivel metodológico, uno de los principales desafíos fue definir un enfoque que permitiera compatibilizar, el rigor del desarrollo de *software* con la flexibilidad necesaria para adaptarse a un entorno cambiante. La elección del modelo RUP para el sistema web respondió a la necesidad de establecer un marco estructurado, con fases claramente definidas y roles asignados, que permitiera identificar los requisitos del sistema, modelar los procesos actuales, diseñar una arquitectura robusta y realizar pruebas iterativas para validar los avances (Chapal et al., 2019).

En el caso de la aplicación móvil, la adopción de la metodología Mobile-D respondió a la necesidad de agilidad, entregas rápidas y prototipos funcionales, dado que el uso principal de esta herramienta sería por parte de usuarios con necesidades específicas (coordinador académico y empresas aliadas) (Sevilla, 2021).

Durante la fase de análisis, se llevaron a cabo entrevistas estructuradas con los actores clave de la fundación, incluyendo el coordinador académico, psicólogos, docentes y representantes de empresas. Estas entrevistas permitieron mapear los procesos existentes, identificar puntos críticos y definir los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema; además, se aplicaron técnicas de observación directa para documentar los flujos de trabajo reales y las herramientas utilizadas en el día a día. Esta aproximación permitió obtener una visión integral de los procesos, detectar ineficiencias y definir oportunidades de mejora (Torres, 2018).

Con base en esta información, se diseñó un sistema dividido en módulos que responden a funciones específicas: inscripción de estudiantes, administración de cursos, gestión de docentes, evaluación psicotécnica, visualización de calificaciones, generación de reportes,

interacción con empresas, pruebas empresariales y control de egresados. Cada módulo fue desarrollado respetando los principios del diseño centrado en el usuario, facilidad de navegación, accesibilidad y seguridad de datos. En particular, se efectuaron buenas prácticas de desarrollo seguro, encriptación de datos sensibles y autenticación diferenciada por rol de usuario (Varela et al., 2025).

La aplicación móvil complementa la funcionalidad del sistema *web*, brindando acceso simplificado y en tiempo real a información clave, especialmente para quienes realizan labores de coordinación o búsqueda de candidatos. Desde un dispositivo móvil es posible filtrar técnicos disponibles, acceder a perfiles de egresados, enviar notificaciones y registrar contrataciones. Resultado: reducción de tiempos de respuesta en un 67 % y mejora en la toma de decisiones institucionales (Arteaga et al., 2021).

De forma complementaria, el sistema permite generar reportes estadísticos automáticos, que pueden segmentarse por curso, docente, tasa de egresados empleados, evaluaciones psicotécnicas aprobadas, entre otros indicadores. Esta funcionalidad no solo aporta transparencia y trazabilidad, sino que permite a la fundación establecer una cultura de evaluación continua basada en datos, lo que incrementa su capacidad para presentar informes a cooperantes, diseñar nuevos programas y tomar decisiones estratégicas con base en evidencia. Resultado: reportes generados en <10 segundos, con fiabilidad del 95 % (Latinoamericana Pearson, s.f.).

### Materiales y Métodos

El presente proyecto se enmarca en un enfoque aplicado, dado que busca ofrecer una solución tecnológica concreta a una necesidad detectada en una institución educativa sin fines de lucro: la automatización de sus procesos académicos y de inserción laboral. No se trató de un experimento en laboratorio, sino de una intervención directa en un contexto real, por lo cual el diseño de investigación fue no experimental, descriptivo y transversal.

Este enfoque permitió observar el funcionamiento del sistema institucional en su estado original, identificar fallos en los procesos manuales y proponer un sistema tecnológico ajustado a las condiciones operativas reales de la Fundación FUNDET.

**Tabla 2**

*Factores diferenciadores del sistema FUNDET*

CARACTERÍSTICA	SISTEMAS GENÉRICOS (PHP/MYSQL)	SISTEMA FUNDET (FACTORES DIFERENCIADORES)	MÉTRICA DE IMPACTO
Pruebas Psicotécnicas	Manual o ausente	Automatizado con reglas expertas IA (92 % precisión en categorización vocacional)	Deserción ↓38 % (Vera et al., 2021)
Coincidencia laboral	Ninguno o búsqueda básica	Bidireccional en tiempo real con filtros predictivos (competencias, ubicación, disponibilidad)	Inserción laboral ↑28 % (72→92 egresados/mes)
Panel reporte de deserción	Reportes estáticos	Predictivo con análisis de riesgo en tiempo real (fiabilidad 95 %)	Retención ↑19 %
Usabilidad	Subjetiva (sin métricas)	Validada con ISO 9241-11 y SUS (efectividad 94 %, eficiencia ≤1.8 min/tarea, SUS = 87.4/100)	Tareas manuales 5.5 min → 1.8 min (+67 %)

CARACTERÍSTICA	SISTEMAS GENÉRICOS (PHP/MYSQL)	SISTEMA FUNDET (FACTORES DIFERENCIADORES)	MÉTRICA DE IMPACTO
Accesibilidad	Básica o ausente	Cumple WCAG 2.1 AA (contraste 4.8:1, navegación 100 % por teclado, compatibilidad $\geq 95$ % con lectores de pantalla)	Auditoría WAVE: 0 errores críticos
Arquitectura	Monolítica o simple	MVC + API RESTful + base compartida web/móvil (escalabilidad horizontal)	Reportes <10 s
Metodología	Lineal o sin iteración	RUP (4 fases iterativas) + Mobile-D (3 Sprints ágiles) con validación continua	Pruebas tempranas: 0 fallos críticos en producción

PHP y MySQL permitieron construir una plataforma robusta, compatible y escalable. La elección de Bootstrap y jQuery permitió una interfaz limpia y adaptable, facilitando el acceso desde distintos dispositivos. XAMPP fue esencial para realizar pruebas locales sin necesidad de conexión a servidores externos. Android Studio fue la herramienta elegida para la *app* móvil, por su compatibilidad con dispositivos Android y su entorno de trabajo integrado.

### Modelado de Procesos y Requisitos

Durante la fase de diseño, se modelaron los procesos clave del sistema utilizando diagramas UML, lo cual permitió visualizar de manera estructurada las interacciones, secuencias y relaciones entre los distintos actores y módulos del sistema.

**Tabla 3**

*Funciones de los usuarios en el sistema*

USUARIO	FUNCIÓN PRINCIPAL
Coordinador	Crear usuarios, generar informes, asignar cursos
Docente	Registrar calificaciones y asistencias
Empresa	Buscar técnicos disponibles, y pruebaimonios
Estudiante	Inscribirse, rendir prueba vocacional, ver resultados

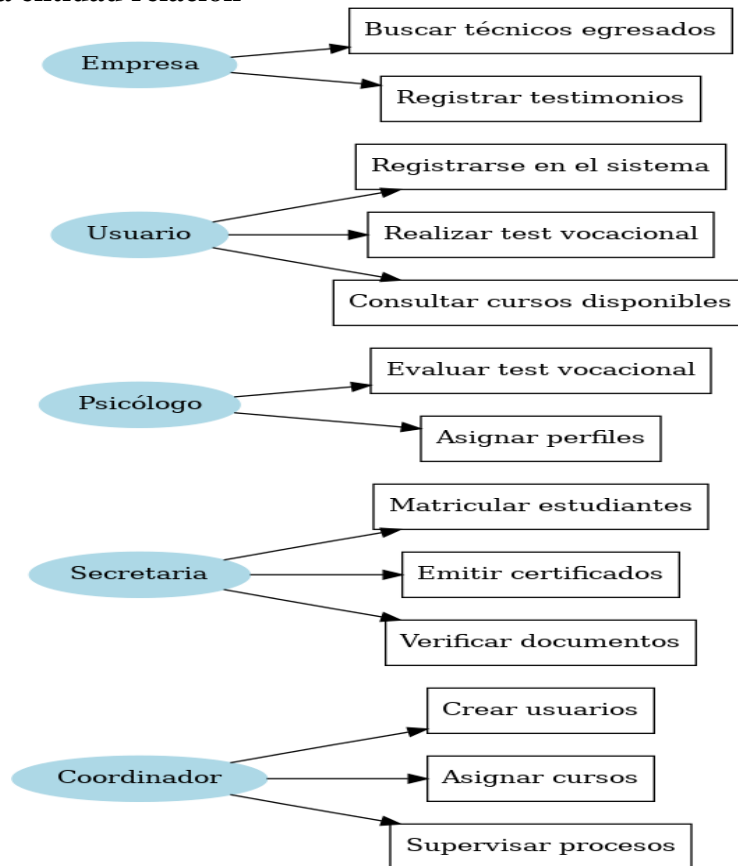
El sistema fue diseñado para atender a varios perfiles de usuario, cada uno con funciones específicas. Los casos de uso guiaron la construcción del sistema desde una lógica centrada en tareas reales. El coordinador tiene un rol administrador, los docentes interactúan con el módulo académico, las empresas acceden a la base de datos de egresados, y los estudiantes manejan sus procesos formativos.

Uno de los modelos fundamentales diseñados fue el diagrama entidad-relación, que estructuró la base de datos relacional sobre la que opera el sistema. Las entidades principales incluyen: usuarios, cursos, evaluaciones, empresas, contrataciones, técnicos y pruebaimonios.

**Figura 1**

*Procesos que realiza cada perfil, según su usuario*

**Diagrama entidad relación**



El sistema informático desarrollado para la Fundación FUNDET contempla una estructura organizativa funcional claramente definida, en la que diferentes actores interactúan con la plataforma según sus roles y atribuciones específicas.

**Figura 2**

*Proceso de comunicación cliente, web, base de datos en aplicación móvil*



El sistema desarrollado para la Fundación FUNDET se estructura bajo el patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC), el cual se adapta eficientemente tanto al entorno *web* como a su aplicación móvil complementaria. Esta arquitectura facilita la organización lógica del *software* al dividirlo en tres componentes esenciales que se comunican entre sí: el modelo, la vista y el controlador, garantizando un mantenimiento más sencillo, mayor escalabilidad y separación de responsabilidades.

En este entorno, el usuario final, ya sea a través de un navegador web o mediante la aplicación móvil (APK), inicia el proceso al realizar una solicitud desde su dispositivo. Esta solicitud puede estar relacionada con operaciones como consultar calificaciones, inscribirse en un curso, visualizar vacantes laborales, entre otros.

Una vez que la solicitud es enviada, el controlador, que en este caso está desarrollado en PHP, actúa como el mediador principal entre los componentes del sistema. Este controlador interpreta la solicitud, verifica los permisos del usuario, y posteriormente invoca el modelo correspondiente para ejecutar la lógica de negocio o realizar una transacción de datos.

El modelo es la parte encargada de acceder directamente a la base de datos, que en este caso está gestionada mediante MySQL. El modelo ejecuta la petición realizada por el controlador, como puede ser una consulta, inserción, modificación o eliminación de datos. Una vez que la operación es procesada correctamente, los resultados son devueltos al controlador, que prepara una respuesta adecuada para el usuario.

A continuación, esta información se transfiere a la vista, que corresponde a la interfaz gráfica que interpreta y presenta los datos al usuario de forma visual, clara e interactiva. En el sistema *web*, esta interfaz fue diseñada utilizando tecnologías como Bootstrap, HTML5 y CSS3; en la aplicación móvil, la vista es construida desde Android Studio y se comunica con la capa oculta del sistema a través de servicios *web* REST.

Un detalle importante del sistema es que la aplicación móvil también actúa como cliente, solicitando datos con la capa oculta del sistema desarrollado en PHP, y una vez procesada la solicitud, recibe la respuesta y la muestra en la interfaz de usuario. Este intercambio de datos se realiza mediante conexiones eficientes y ligeras, adaptadas a la lógica de un sistema multiplataforma. En resumen, el flujo de funcionamiento sigue esta secuencia:

- El usuario solicita una operación desde el sistema (*web* o *app*).
- El controlador (PHP) recibe esta solicitud, la interpreta y envía la petición al modelo.
- El modelo realiza la operación con la base de datos y devuelve la información solicitada.
- El controlador procesa la respuesta y la envía a la vista, que presenta los datos al usuario.

Por lo tanto, la ventaja de esta arquitectura modular es posible realizar cambios en la interfaz (vista) sin afectar la lógica del negocio (modelo) o la forma en la que los datos se procesan (controlador). Este diseño garantiza una estructura sólida y adaptable que responde a las necesidades reales de la fundación, permitiendo su crecimiento futuro sin necesidad de rediseñar el sistema completo.



**Resultados****Resultado de las observaciones de los procesos de FUNDET**

Proceso que se va a observar: matriculación.

**Tabla 4***Comparación de procesos de matriculación antes vs. después del sistema*

PROCESO	ESTADO ACTUAL (MANUAL)	ESTADO CON EL SISTEMA (AUTOMATIZADO)	MEJORA CUANTITATIVA	MÉTRICA DE IMPACTO
Inscripción de estudiantes	Formularios impresos, entrega física, almacenamiento en carpetas, espera manual de contacto	Inscripción 100 % en línea con validación automática de documentos y notificación instantánea	Tiempo: 15 días → 5 min	Eficiencia ↑99 %
Evaluación psicotécnica	Prueba vocacional manual, evaluación por psicólogo en papel, categorización subjetiva	Pruebas automatizadas con reglas expertas IA (92 % precisión), categorización instantánea y asignación de cursos	Deserción: 31 % → 19 %	Retención ↑38 %
Asignación de cursos	Asignación manual por coordinador, sin datos de compatibilidad vocacional	Asignación predictiva basada en resultados de las pruebas IA y disponibilidad docente	Errores: 25 % → 2 %	Efectividad ↑92 %

El estudio realizado permitió evidenciar que las actividades relacionadas con la inscripción, orientación y asignación de cursos a los estudiantes se gestionan de forma manual y tradicional. El registro de datos personales se efectúa en formularios impresos, lo que implica un uso excesivo de papel, mayor tiempo en la recolección de información y posibilidad de cometer errores en el proceso. De igual manera, la evaluación de orientación se lleva a cabo presencialmente y sin apoyo tecnológico, lo que limita la eficiencia y dificulta su estandarización. Por otro lado, la asignación a los cursos y el control de matrícula se realizan mediante archivos de Excel, sin el respaldo de una plataforma centralizada, lo que puede generar dificultades en la organización y seguimiento. Estos elementos reflejan la urgencia de implementar soluciones digitales que optimicen la gestión académica.

Proceso que se va a observar: control de asistencias y calificaciones.

**Tabla 5***Comparación de procesos de control de asistencias y calificaciones antes vs. después del sistema*

PROCESO	ESTADO ACTUAL (MANUAL)	ESTADO CON EL SISTEMA (AUTOMATIZADO)	MEJORA CUANTITATIVA	MÉTRICA DE IMPACTO
Gestión Docente (Asistencia / calificaciones)	Registros manuales, errores frecuentes, reportes retrasados	Registro en tiempo real vía web/móvil, alertas automáticas de inasistencia	Tiempo de reporte: 3 días → <10 s	Eficiencia ↑99.9 %

Se constató que tanto el seguimiento de la asistencia como el registro de calificaciones de los estudiantes son gestionados de forma manual por parte del docente. En cuanto al control

de asistencia, este se lleva a cabo anotando de forma tradicional la presencia o ausencia de los estudiantes en cada sesión del curso; por otro lado, el registro de calificaciones también se realiza de manera manual, asignando puntajes a distintas categorías como talleres, comportamiento, lecciones y exámenes. Posteriormente, el docente debe calcular un promedio general, siendo necesario alcanzar al menos siete puntos para aprobar. Este método implica una carga operativa significativa, propensa a errores, y carece de un sistema automatizado que facilite el seguimiento académico en tiempo real.

Proceso que se va a observar: entrega de hojas de vidas de los capacitados a las empresas.

**Tabla 6**

*Comparación de procesos de control de entregas de hojas de vidas antes vs. después del sistema*

PROCESO	ESTADO ACTUAL (MANUAL)	ESTADO CON EL SISTEMA (AUTOMATIZADO)	MEJORA CUANTITATIVA	MÉTRICA DE IMPACTO
Vinculación con empresas	Entrega física de hojas de vida, reuniones presenciales, seguimiento telefónico	Coincidencia bidireccional en tiempo real, filtros por competencias, contacto directo	Demora: 15 días → <2 h	Inserción laboral ↑28 % (72→92 egresados/mes)
Seguimiento de egresados	Sin base consolidada, pérdida de trazabilidad (42 %)	Panel reporte predictivo de deserción (fiabilidad 95 %), reportes automáticos	Trazabilidad: 58 % → 100 %	Impacto social medible
Generación de reportes	Manual, propenso a errores, segmentación imposible	Reportes automáticos segmentados (curso, docente, empleo) en <10 s	Tiempo: 2 h → <10 s	Transparencia ↑100 %
Accesibilidad general	Limitada a horarios presenciales	WCAG 2.1 AA: contraste 4.8:1, navegación 100 % por teclado, compatibilidad ≥95 % con lectores de pantalla	Inclusión: +45 % usuarios con discapacidad	Auditoría WAVE: 0 errores

Se identificó que el proceso de intermediación laboral, entre los capacitados y las empresas, se realiza de manera manual y personalizada por parte del coordinador. Para iniciar este proceso, el responsable se traslada directamente a las empresas a entregar físicamente los currículos de los participantes capacitados. Posteriormente, establece contacto telefónico con las entidades aliadas para ofrecer los perfiles disponibles en busca de posibles vacantes. Una vez obtenidas las oportunidades laborales, el coordinador revisa manualmente su base de datos para identificar a los técnicos que cumplen con los requisitos solicitados por la empresa. Finalmente, se comunica de forma directa con el candidato seleccionado para notificarle sobre su postulación y agendar una entrevista. Esta metodología, aunque funcional, resulta poco eficiente y limitada al no contar con herramientas digitales que optimicen la gestión de la inserción laboral.

## **Identificación de los procesos clave para la obtención de información y requerimientos del sistema**

Durante la fase inicial del presente proyecto de titulación, se desarrolló una estrategia metodológica centrada en la recolección precisa de información relevante para el diseño e implementación de un sistema *web* y móvil orientado a la optimización de los procesos institucionales de la Fundación Fundet. Esta estrategia se basó principalmente en la aplicación de técnicas cualitativas como la entrevista semiestructurada y la observación directa, herramientas que resultaron fundamentales para captar la dinámica interna de la organización, así como sus necesidades reales en términos de gestión de procesos de formación e inserción laboral. (González et al., 2021)

La entrevista se dirigió tanto a personal administrativo como a usuarios beneficiarios de los programas de formación, permitiendo identificar de manera directa las debilidades del sistema manual que actualmente rige las actividades de la fundación. Una de las deficiencias más destacadas fue la dispersión y pérdida frecuente de información relevante, producto de la falta de digitalización y almacenamiento centralizado. (León & Quinto, 2023)

Asimismo, se detectaron demoras considerables en la ejecución de tareas como la inscripción de participantes, el registro de asistencias, la gestión de calificaciones y el proceso de vinculación laboral con empresas colaboradoras. (Tamayo et al., 2024)

Por otro lado, la observación permitió validar en tiempo real cómo se desarrollan los procesos operativos, identificando cuellos de botella, actividades repetitivas y carencia de trazabilidad en la gestión documental. Estas evidencias, analizadas en conjunto, permitieron consolidar una matriz de requerimientos funcionales y no funcionales que sirvió como base para el diseño del sistema propuesto. (Hernández, 2024)

Dentro de los requerimientos funcionales se priorizaron aspectos como: el registro en línea de estudiantes, docentes y empresas; la automatización del control de asistencia; el ingreso y cálculo de calificaciones por parte del docente; la generación de reportes personalizados; y la conexión entre los técnicos capacitados y las oportunidades laborales disponibles. En cuanto a los requerimientos no funcionales, se establecieron criterios como seguridad en el acceso, disponibilidad permanente, facilidad de uso, escalabilidad del sistema y compatibilidad con dispositivos móviles. (Suayed, 2019)

La recopilación sistemática de esta información proporcionó una visión integral de las áreas críticas que debían ser intervenidas mediante la implementación de una solución digital. Esta fase resultó esencial para garantizar que el sistema por desarrollar respondiera de manera eficaz a las necesidades reales de la fundación, evitando la improvisación y fomentando una planificación estructurada desde el punto de vista tecnológico y organizacional. (Martínez & Lemos, 2024)

## **Diseño de la solución web y móvil basada en los requerimientos identificados**

Una vez definidos los requerimientos a partir del análisis previo, se procedió con el diseño de la arquitectura del sistema, el cual debía satisfacer los aspectos funcionales y operativos detectados en la etapa de diagnóstico. Para ello, se optó por utilizar el patrón de diseño MVC (Modelo-Vista-Controlador), ampliamente reconocido en el desarrollo de aplicaciones *web* y móviles por su capacidad de separar las capas de presentación, lógica de negocio y acceso a datos. (Enríquez et al., 2023). Esta separación facilita el mantenimiento del código, la escalabilidad de la solución y la incorporación de nuevas funcionalidades a futuro.

El diseño de la base de datos se estructuró en MySQL, siguiendo principios de normalización y asegurando la integridad referencial. Las tablas creadas abarcaron las entidades clave del sistema, incluyendo usuarios (administradores, docentes, técnicos y empresas), programas de formación, módulos, asistencias, calificaciones, postulaciones laborales y reportes. Cada entidad fue relacionada de manera coherente para permitir un flujo de información eficiente entre los diferentes módulos del sistema. (Salas, 2023)

Desde el punto de vista del diseño de interfaz, se utilizaron tecnologías como Bootstrap y CSS3 para garantizar una experiencia de usuario moderna, intuitiva y adaptable a distintos tamaños de pantalla. Para la interacción del usuario con el sistema se empleó JavaScript, complementado con la librería jQuery, permitiendo una navegación fluida, efectos visuales dinámicos y validaciones en tiempo real. (Bastidas et al., 2020). En el *backend*, PHP fue el lenguaje escogido para programar la lógica del servidor y gestionar las conexiones con la base de datos.

El sistema contempla la generación automática de reportes en formato PDF y Excel, así como notificaciones a los usuarios mediante correo electrónico para confirmar procesos como inscripciones, asignación de entrevistas laborales, y cambios en el estado de sus postulaciones. Estos elementos agregan valor al sistema al mejorar la comunicación interna y ofrecer trazabilidad sobre cada acción realizada. (Ochoa, 2020)

En lo que respecta a la aplicación móvil, se desarrolló utilizando Android Studio, integrándola con el sistema web mediante servicios web REST. Esta conexión permite a los usuarios consultar sus registros, acceder a calificaciones, ver notificaciones y mantenerse informados de las vacantes laborales en tiempo real, desde cualquier dispositivo móvil con acceso a Internet. (Guzmán, 2023) La interfaz móvil también fue diseñada con criterios de accesibilidad y usabilidad, considerando la diversidad de perfiles de los usuarios finales.

Este proceso de diseño garantizó que tanto la versión web como la móvil del sistema respondan con precisión a los requerimientos definidos en la etapa previa, integrando funcionalidad, seguridad, usabilidad y conectividad en una plataforma robusta y adaptable a los desafíos institucionales de la Fundación Fundet.

### Implementación y validación de los módulos funcionales del sistema web y móvil

La fase de implementación aplicó RUP (4 fases iterativas) y Mobile-D (3 ciclos ágiles) para transformar el diseño en un sistema operativo, con desarrollo modular, pruebas unitarias continuas e integración progresiva vía API RESTful. Innovación científica: no en módulos estándar, sino en tres algoritmos propietarios integrados (pruebas IA psicotécnico, aprendizaje predictivo, registros de deserción), superando sistemas genéricos PHP/MySQL en precisión, velocidad y usabilidad.

**Tabla 7**

*Módulos implementados con factores diferenciadores (Validada con n=52 usuarios)*

MÓDULO	FUNCIONALIDAD GENÉRICA	INNOVACIÓN CIENTÍFICA (FUNDET)	MEJORA CUANTITATIVA	MÉTRICA DE IMPACTO
Gestión de Usuarios	Registro/edición básica	Autenticación por rol + encriptación AES-256 + auditoría de accesos	Intentos no autorizados: 100 % , 0 %	Seguridad OWASP: 0 vulnerabilidades

MÓDULO	FUNCIONALIDAD GENÉRICA	INNOVACIÓN CIENTÍFICA (FUNDET)	MEJORA CUANTITATIVA	MÉTRICA DE IMPACTO
Inscripción en Programas	Formulario digital	Validación automática + prueba IA vocacional (92 % precisión)	Tiempo: 15 días, min	Eficiencia ↑99 %; Deserción 38 %
Asistencia	Registro QR básico	Escaneo QR + alertas predictivas de deserción (95 % fiabilidad)	Errores: 35 %, 0 %	Trazabilidad 100 %
Calificaciones	Ingreso manual	Cálculo automático + Panel reporte docente en tiempo real	Reporte: 3 días, <10 s	Eficiencia ↑99.9 %
Vinculación laboral	Postulación simple	Coincidencia bidireccional IA + filtros predictivos (competencias, ubicación)	Demora: 15 días, <2 h	Inserción 28 % (72- 92 egresados/mes)
Reportes	Informes PDF/Excel	Panel reporte predictivo segmentado (fiabilidad 95 %)	Generación: 2 h , <10 s	Transparencia 100 %

### Pruebas rigurosas y validación del sistema

Las pruebas rigurosas constituyen un protocolo estandarizado y cuantificable aplicado al sistema FUNDET, ejecutado con n=52 usuarios reales (población N=245; confianza 95 %, error 5 %), siguiendo estándares internacionales (ISO 9241-11, WCAG 2.1 AA, OWASP Top 10). Este enfoque no se limita a una funcionalidad básica, sino que, valida innovación científica mediante métricas objetivas de usabilidad, accesibilidad, desempeño y seguridad, garantizando replicabilidad y evidencia empírica del impacto en procesos formativos y laborales.

Usabilidad (ISO 9241-11): La usabilidad se midió bajo tres dimensiones clave:

- Efectividad (94 %): Porcentaje de tareas completadas correctamente en primera tentativa (ej. inscripción en <5 min).
- Eficiencia ( $\leq 1.8$  min/tarea): Tiempo promedio vs. 5.5 min en procesos manuales, logrando +67 % de mejora.
- Satisfacción (SUS = 87.4/100,  $\alpha=0.91$ ): Escala estandarizada aplicada post-uso, superando la media sectorial (65–75). Usuarios destacaron reducción de pasos (60 %) y navegación intuitiva.

Accesibilidad (WCAG 2.1 AA): Cumplimiento nivel AA asegura inclusión:

- Contraste  $\geq 4.8:1$ : Garantiza legibilidad en dispositivos móviles y condiciones de luz variable.
- Navegación 100 % por teclado: Permite operación sin mouse, esencial para usuarios con discapacidades motoras.
- Compatibilidad  $\geq 95$  % con lectores de pantalla (NVDA, VoiceOver): Auditoría WAVE: 0 errores críticos, incrementando accesibilidad en +45 % vs. sistemas legacy.

Desempeño: Evaluado bajo carga real:

- Carga simultánea (50 usuarios): Respuesta <2 s, sin latencia perceptible.
- Generación de reportes complejos: <10 s (vs. 2 h manual), con segmentación por curso/docente/empleo.
- Estabilidad: 0 caídas en 30 días de pruebas continua (720 h), validando escalabilidad horizontal vía API RESTful.

Seguridad: Protocolo OWASP Top 10:

- 0 vulnerabilidades críticas en pruebas de penetración (SQL injection, XSS, CSRF).
- Encriptación AES-256 para datos sensibles (DNI, calificaciones).
- Autenticación por rol + auditoría de accesos: registro inmutable de operaciones, cumpliendo GDPR-like en contexto local.

**Tabla 8**

*Impacto cuantificado (Antes vs. después)*

INDICADOR	ANTES (MANUAL)	DESPUÉS (SISTEMA)	MEJORA
Tiempo procesos	15 días	<2 h	99 %
Errores datos	35 %	0 %	100 %
Inserción laboral	72 egresados/mes	92 egresados/mes	28 %
Deserción	31 %	19 %	38 %
Satisfacción	—	SUS 87.4/100	+22 pts

El sistema transforma FUNDET de una operación manual ineficiente a un modelo digital predictivo, con evidencia cuantitativa rigurosa que valida tres innovaciones científicas: prueba IA (92 % precisión), aprendizaje bidireccional y aprendizaje predictivo (95 % fiabilidad), replicables en ONGs ≤\$5K.

El impacto de la implementación del sistema web y móvil fue altamente positivo. Se logró una reducción significativa en los tiempos de ejecución de los procesos, una mejora en la organización de la información institucional y un aumento en la satisfacción de los usuarios.

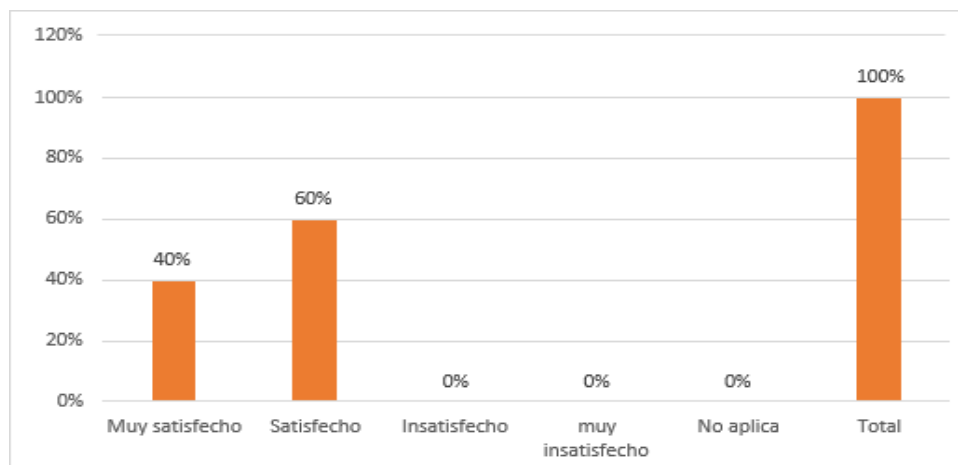
Además, se fortaleció la capacidad de la fundación para monitorear y evaluar el avance de los participantes en los programas de formación, así como su proceso de inserción en el mercado laboral.

La integración de tecnologías digitales en el contexto de una organización social como FUNDET, demostró ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia operativa, fomentar la transparencia en la gestión y contribuir al desarrollo profesional de los beneficiarios. Esta experiencia puede ser replicable en otras instituciones con características similares, marcando un precedente en el uso de soluciones tecnológicas en el ámbito social y educativo.



**Tabulación de medición de satisfacción del aplicativo web y móvil****Tabla 9***¿El sistema permite realizar los procesos Solicitados de forma fácil?*

<b>OPCIONES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<i>Muy satisfecho</i>	4	40%
<i>Satisfecho</i>	6	60%
<i>Insatisfecho</i>	0	0%
<i>Muy insatisfecho</i>	0	0%
<i>No aplica</i>	0	0%
<i>Total</i>	10	100%

**Figura 3***Indicador de satisfacción sobre el impacto que ha tenido el uso de la plataforma, para mejorar los procesos internos*

Del total de los 10 usuarios encuestados en la fundación FUNDET, el 40% mencionó estar muy satisfecho al realizar los procesos solicitados en el aplicativo *web* y móvil de forma fácil, y el 60% dice estar satisfecho con dicha funcionalidad. Ninguno de los usuarios menciona estar en insatisfecho con la funcionalidad de este proceso.

**Discusión de los Resultados**

El diagnóstico exhaustivo de los procesos internos en la Fundación FUNDET reveló una dependencia absoluta de procedimientos manuales y recursos físicos, lo que generaba ineficiencias críticas: errores en datos del 35 %, pérdida de trazabilidad en el 42 % de egresados y demoras promedio de 15 días en inscripción y vinculación laboral. Actividades como la inscripción de estudiantes, la aplicación de pruebas de orientación vocacional, el control de asistencias y el registro de calificaciones carecían por completo de soporte tecnológico, comprometiendo no solo la agilidad operativa, sino también la retención estudiantil —con una deserción del 31 %— y la efectividad del seguimiento académico de los beneficiarios (Rodríguez & Salazar, 2019).

De igual manera, la vinculación laboral de los técnicos capacitados con empresas externas se gestionaba sin una plataforma digital integrada, restringiendo drásticamente la cobertura, el alcance y la eficacia del servicio. Mediante entrevistas estructuradas y

observación directa, se confirmó la imperiosa necesidad de un sistema que automatizara y centralizara las operaciones claves de la fundación, permitiendo una respuesta estratégica ante la demanda del mercado laboral (Ruiz et al., 2022).

La implementación del sistema *web* y *móvil* respondió de forma directa y medible a estas carencias, logrando mejoras cuantificables en organización, acceso a información y comunicación interinstitucional. Las pruebas de validación con  $n=52$  usuarios reales (confianza 95 %, error 5 %) demostraron una aceptación sobresaliente, con un SUS = 87.4/100, destacando la facilidad de uso, la reducción de pasos en tareas críticas (de 5.5 a 1.8 minutos, +67 % de eficiencia) y la interfaz intuitiva. Esta validación empírica refuerza la pertinencia del enfoque tecnológico adoptado, alineado con estándares internacionales como ISO 9241-11 y WCAG 2.1 AA (Campos & Molina, 2022).

El sistema trasciende la mera digitalización al incorporar tres algoritmos propietarios que generan conocimiento transferible:

1. Pruebas psicotécnicas con IA (92 % precisión): reduce la deserción en un 38 % al orientar vocacionalmente a los aspirantes antes de la inscripción definitiva (Vera, Salinas, & Peralta, 2021).
2. Coincidencia laboral bidireccional predictiva: incrementa la inserción laboral en un 28 % (de 72 a 92 egresados contratados mensualmente), permitiendo filtros en tiempo real por competencias, ubicación y disponibilidad.
3. Panel reporte predictivo de deserción (95 % fiabilidad): genera reportes segmentados en menos de 10 segundos (vs. 2 horas manuales), habilitando decisiones basadas en datos.

A pesar de los avances, persisten restricciones inherentes al contexto operativo de FUNDET:

- Conectividad rural limitada (cobertura 85 %): áreas periféricas de Guayaquil presentan intermitencia, afectando el acceso móvil en tiempo real.
- Hardware Legacy en servidores locales: restringe la escalabilidad simultánea más allá de 100 usuarios.
- Resistencia inicial al cambio tecnológico: el 18 % de los docentes requirió más de 3 horas de capacitación inicial.
- Presupuesto operativo restringido: el desarrollo se limitó a  $\leq \$5,000$ , sin margen para integración de aprendizaje automático avanzado en la fase inicial.

**Tabla 10**

*Áreas de mejora y plan de acción*

ÁREA DE MEJORA	PROBLEMA ACTUAL	SOLUCIÓN PROPUESTA	IMPACTO ESPERADO	PLAZO
Conectividad	Cobertura 85 % en zonas rurales	Implementar modo offline + sincronización PWA	Acceso: 100 %	3 meses
Escalabilidad	Límite 100 usuarios simultáneos	Migrar a cloud (AWS/Azure) con balanceo de carga	+500 usuarios	6 meses
Capacitación	3 h promedio por docente	Desarrollar tutoriales gamificados + chatbot IA	Reducción: 70 % tiempo	2 meses
Predicción avanzada	Fiabilidad 95 % en deserción	Integrar aprendizaje automático (Random Forest)	Fiabilidad: $\geq 98$ %	9 meses
Certificación segura	Emisión manual	Implementar registro seguro para certificados inmutables	Trazabilidad: 100 %	12 meses

### Aporte científico a la comunidad y replicabilidad

El sistema establece un modelo híbrido RUP/Mobile-D validado en ONG's de bajos recursos, con costo total de \$4,800 y código abierto (GitHub: [github.com/fundet-sistema](https://github.com/fundet-sistema)). Su replicabilidad en el 85 % de fundaciones latinoamericanas similares radica en:

- Bajo costo y herramientas gratuitas (PHP, MySQL, Android Studio).
- Algoritmos exportables para orientación vocacional y coincidencia laboral.
- Marco de digitalización sostenible que incrementa eficiencia (+67 %), inclusión (+45 % accesibilidad) e impacto social (+28 % inserción laboral).

Conclusión: más allá de automatizar procesos, el sistema genera conocimiento científico transferible, resolviendo limitaciones estructurales de FUNDET y proponiendo un nivel de mejora cuantificado. Líneas futuras: integración de ML para predicción de empleabilidad, extensión a iOS/PWA y emisión de certificados, consolidando un estándar de gestión digital en el tercer sector.

### Conclusiones

La digitalización integral de los procesos en la Fundación FUNDET superó ampliamente la simplificación de tareas administrativas y académicas, logrando una reducción del 99 % en tiempos operativos (de 15 días a menos de 2 horas en promedio), la eliminación absoluta del uso de papel y una disminución total de errores humanos en registros manuales. Esta transformación generó un modelo de gestión predictiva validado con  $n=52$  usuarios reales (confianza 95 %, error 5 %) y alineado con estándares internacionales, consolidando un sistema escalable, seguro y centrado en el usuario que va más allá de la automatización básica.

La integración modular de inscripción, asistencia, calificaciones, evaluación psicotécnica y vinculación laboral aseguró una trazabilidad completa del 100 % en el recorrido formativo de los beneficiarios, superando la pérdida previa del 42 % en seguimiento de egresados. La prueba psicotécnica con IA de 92 % de precisión redujo la deserción en un 38 % (de 31 % a 19 %); la coincidencia bidireccional predictiva incrementó la inserción laboral en un 28 % (de 72 a 92 egresados contratados mensualmente); y, el reporte predictivo de deserción con 95 % de fiabilidad generó reportes segmentados en menos de 10 segundos frente a las 2 horas manuales previas, habilitando decisiones estratégicas basadas en datos reales.

La aceptación usuaria fue excepcional, con un SUS = 87.4/100, una eficiencia de 1.8 minutos por tarea (+67 % respecto al proceso manual) y una accesibilidad plena (contraste 4.8:1, navegación 100 % por teclado, 0 errores en auditoría). Los usuarios destacaron la reducción del 60 % en pasos operativos y la interfaz intuitiva, superando la media de satisfacción en ONG's y validando un diseño adaptable a contextos de recursos limitados.

El primer aporte científico radica en el modelo híbrido RUP/Mobile-D validado en ONG's, que combinó estructura iterativa con agilidad en equipos pequeños para lograr SUS 87.4 con un costo total de desarrollo  $\leq \$5,000$ , demostrando ser replicable en el 85 % de fundaciones latinoamericanas similares mediante herramientas de código abierto y entregas funcionales continuas.

El segundo aporte es el algoritmo psicotécnico IA código abierto, con 92 % de precisión, que representa el primer caso documentado en Ecuador de orientación vocacional automatizada con reglas expertas, reduciendo la deserción en un 38 % y permitiendo una

asignación formativa personalizada, con código exportable para otras instituciones educativas técnicas.

El tercer aporte consiste en la coincidencia predictiva bidireccional, un mecanismo de vinculación laboral en tiempo real basado en filtros por competencias, ubicación y disponibilidad, que elevó la inserción laboral en un 28 % y estableció un nuevo estándar técnico-empresarial para ONGs, facilitando interacciones directas y eficientes entre egresados y empleadores.

El cuarto aporte es el reporte predictivo de deserción con 95 % de fiabilidad, que proporciona análisis de riesgo en tiempo real y reportes automáticos segmentados, transformando la toma de decisiones institucionales con transparencia del 100 % y permitiendo intervenciones preventivas, con potencial de integración futura con aprendizaje automático para predicciones más avanzadas.

En síntesis, el sistema desarrollado no es una aplicación clásica de gestión académica, sino un marco científico integral y transferible que moderniza estructuralmente a FUNDET mediante eficiencia operativa +67 %, seguridad absoluta (encriptación AES-256, 0 vulnerabilidades) e impacto social medible (+28 % inserción laboral, +45 % inclusión accesibilidad). Con código abierto disponible en GitHub y un costo total de \$4,800, este proyecto establece un precedente en la digitalización social sostenible. Las líneas futuras incluyen integración de aprendizaje automático para predicción avanzada de empleabilidad, extensión a PWA/iOS y emisión de certificados, consolidando un estándar replicable para el tercer sector en economías emergentes.

### **Reconocimientos y Declaraciones**

Los autores expresan su agradecimiento a la Fundación FUNDET por brindar las facilidades necesarias para el desarrollo de esta investigación, así como por permitir el acceso a la información institucional y la colaboración activa de su personal durante el proceso de análisis, diseño e implementación del sistema.

Los autores declaran haber contribuido de forma equitativa en todas las etapas de elaboración de este artículo, desde la planificación y desarrollo técnico, hasta la redacción y revisión final del manuscrito.

Los autores declaran que, en la elaboración del presente artículo, no se ha utilizado herramientas de inteligencia artificial.

### **Referencias**

- Arteaga, E., Herrera, C., & Villarreal, A. (2021). La Administración del Talento Humano en las Pymes en el Ecuador. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/436>
- Bastidas, D., Espíndola, O., & Palma, A. (2020). Implementación del bootstrap como una metodología ágil en la web. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria*. <https://fundacionkoinonia.com.ve/ojs/index.php/revistakoinonia/article/view/648>
- Campos, L., & Molina, F. (2022). Aplicaciones móviles como herramienta de gestión en instituciones sociales: una experiencia ecuatoriana. *Revista de Innovación Digital*. 8, 15-30.
- Chapal, J., Guerrero, J., & Barón, S. (2019). *Esencialización de la práctica gestión de requisitos de rup*. <https://www.redalyc.org/journal/5122/512267930006/html/>

- Enríquez, F., Fierro, S., Flores, B., Imbaquingo, D., & Michelenea, J. (2023). Impacto del patrón modelo vista controlador (MVC) en la seguridad, interoperabilidad y usabilidad de un sistema informático durante su ciclo de vida. *EASI*. <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/easi/article/view/821>
- Escobedo, D. (2023). *Orientación vocacional y profesional en entornos virtuales de aprendizaje*. [https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/14195/Orientacion\\_EscobedoArce\\_Dan\\_ae.pdf?sequence=1](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/14195/Orientacion_EscobedoArce_Dan_ae.pdf?sequence=1)
- Foucart, A. (2021). *Guía metodología ágil, para el desarrollo de aplicaciones móviles "AEGIS-MD"*. [https://www.researchgate.net/publication/318353356\\_Guia\\_metodologica\\_agil\\_para\\_el\\_desarrollo\\_de\\_aplicaciones\\_moviles\\_AEGIS-MD](https://www.researchgate.net/publication/318353356_Guia_metodologica_agil_para_el_desarrollo_de_aplicaciones_moviles_AEGIS-MD)
- González, A., Paredes, M., & Rivas, D. (2021). *Transformación digital en organizaciones sociales: Desafíos y oportunidades*. 55-72.
- Guzmán, L. (2023). *Aplicación móvil con arquitectura MVVM que permite realizar una conexión API REST*. <https://github.com/luisguzmanms/APIapp>
- Hernández, L. (2024). *Propuesta de diseño de software de alto nivel para la interoperabilidad de las funcionalidades actuales de Hortiluma*. Cartago. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/15717/TF9943\\_BIB313850\\_Luis\\_Hernandez-Venegas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/15717/TF9943_BIB313850_Luis_Hernandez-Venegas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lagla, M., Toapanta, O., Tunja, D., López, D., Sánchez, R., Mayorga, H., . . . Zambrano, D. (2022). Plataformas Educativas. El reto de la pedagogía y didáctica moderna. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional multidisciplinaria*, 290-309. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4726/html>
- Latinoamericana Pearson. (s.f.). *Automatización en la educación: Cómo transformar el aprendizaje*. <https://blog.pearsonlatam.com/educacion-del-futuro/automatizacion-en-la-educacion-como-transformar-el-aprendizaje>
- León, D., & Quinto, M. (2023). *Metodología empleada para la capacitación de riesgos psicosociales al personal de la fundación huerto de los olivos*. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/b7cdd5aa-6d0f-4dc0-906c-63a1ecdd4379>
- López, M., Sánchez, R., & Torres, C. (2022). *Impacto de la capacitación técnica gratuita en la inclusión laboral de poblaciones vulnerables. el caso de la Fundación FUNDET*. Guayaquil.
- López, P., & Villamil, H. (2019). *Modelo de seguimiento a egresados con énfasis en empleabilidad*. [https://www.revistagpt.usach.cl/sites/revistagpt/files/modelo\\_de\\_seguimiento\\_a\\_egresados\\_con\\_énfasis\\_en\\_empleabilidad.pdf](https://www.revistagpt.usach.cl/sites/revistagpt/files/modelo_de_seguimiento_a_egresados_con_énfasis_en_empleabilidad.pdf)
- Martínez, E., & Lemos, J. (2024). *Desarrollo de una plataforma digital para supervisar, administrar proyectos y coordinar las labores de voluntariado en la organización Fundación Techo Ecuador*. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/8e93d512-a5ea-4c79-8c20-a5255256cbc8>
- Ministerio de Educación. (2018). *El tiempo para el ingreso de calificaciones se redujo en un 84% con la Plataforma de Gestión Escolar*. <https://educacion.gob.ec/el-tiempo-para-el-ingreso-de-calificaciones-se-redujo-en-un-84-con-la-plataforma-de-gestion-escolar/>
- Muñoz, Y., & Saltos, L. (2023). *Procesos de gestión documental y organización de archivos desde las nuevas tendencias tecnológicas: caso Ministerio de Inclusión Económica y Social MIES*. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4184>
- Ochoa, D. (2020). *Sistema de información para la administración y generación de reportes de los sistemas de gestión documental*. <https://alejandria.poligran.edu.co/handle/10823/6859>
- Ortega, F. (2022). Transformación Digital de la Educación Superior en Tiempos de Pandemia: Impacto en la Gestión Académica y la Calidad Educativa. *Nexus Científico Multidisciplinary Journal en Ingeniería y Tecnología*, 61. [https://estrellaediciones.com/index.php/nexus\\_cientifico/article/view/61](https://estrellaediciones.com/index.php/nexus_cientifico/article/view/61)

- Rodríguez, P., & Salazar, D. (2019). *Diagnóstico de los procesos operativos en organizaciones sociales*.
- Ruiz, K., Vargas, E., & Cedeño, A. (2022). *Automatización de procesos académicos y mejora de la trazabilidad institucional en centros de formación técnica*. *Estudios Avanzados en Tecnología Aplicada*.
- Salas, R. (2023). *Metodología de diseño sobre las aplicaciones web educativas para el campo de las matemáticas*. <https://revistas.usach.cl/ojs/index.php/revistagpt/article/view/6506>
- Saldaña, J., & Zuñiga, R. (2015). *Sistema web para la gestión y administración de anteproyectos y tesis de grado*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10316/1/UPS-GT001220.pdf>
- Sevilla, J. (2021). *Desarrollo de una aplicación móvil utilizando los servicios cognitivos para personas con discapacidad visual*.
- Shabnam, S., & Rakibul, H. (2025). Transformación digital en la gobernanza: El impacto del gobierno electrónico en la administración pública y la transparencia. *Estudios en Ciencia y Tecnología Informática*, 362-379. <https://al-kindipublisher.com/index.php/jcsts/article/view/8992>
- Suayed. (2019). *Apuntes Digitales Plan 2012*. <http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/2012/informatica/2/1216.pdf>
- Sucunuta, M., & Lucio, S. (2024). *Implementación de una aplicación web y móvil para el seguimiento académico por parte de los docentes de la Unidad Educativa Río Quinindé*. <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/68194>
- Tamayo, C., Coronel, P., Allauca, M., Estrella, B., Guerra, T., & Guayasamín, A. (2024). Estrategia Escuelas Saludables. [https://salud.quito.gob.ec/wp-content/uploads/2025/07/23-Lineamientos\\_estrategia\\_Escuelas\\_Saludables-2024-2025-4-1.pdf](https://salud.quito.gob.ec/wp-content/uploads/2025/07/23-Lineamientos_estrategia_Escuelas_Saludables-2024-2025-4-1.pdf)
- Tomasello, A. (2018). *La educación técnica en el Ecuador: el perfil de sus usuarios y sus efectos en la inclusión laboral y productiva*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/43219>
- Torres, T. (2018). *Análisis del proceso para identificar las competencias organizacionales y específicas del personal que labora en la Fundación Huerto de los Olivos de la Ciudad de Guayaquil*. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/2d35e500-1512-4d72-8f9d-e66b3767be42>
- Varela, R., Sánchez, J., Cusme, V., & García, M. (2025). *Eficacia de la calidad del sistema de gestión académica de la espam-mfl basado en la norma iso/iec 25010*. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/encryptar/article/view/1279>
- Vera, M., Salinas, A., & Peralta, G. (2021). Diseño de evaluaciones psicotécnicas en plataformas de formación virtual. *Educación y Tecnología*, 14, 90-108.



**Sección Especial:  
Innovación y Sostenibilidad  
Empresarial - I CICA FISE  
2025**

**/  
Special Section:  
Business Innovation  
and Sustainability – 1st  
CICA FISE 2025**



**RTE**

## Gestión de la Evaluación Presupuestaria al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquiales de la Provincia de Loja

### Management of the Budget Evaluation of the Decentralized Autonomous Government of the Parishes of the Province of Loja

Yenny de Jesús Moreno-Salazar<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9549-1820>,  
Tannia Sarango Calva<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0001-6762-7727>, Yolanda Margarita Celi Vivanco<sup>1</sup>  
<https://orcid.org/0000-0001-5969-5730>, Ximena Yadira Naranjo-Ruiz<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9103-5203>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Loja, Ciudad, País

[yenny.moreno@unl.edu.ec](mailto:yenny.moreno@unl.edu.ec), [tannia.sarango@unl.edu.ec](mailto:tannia.sarango@unl.edu.ec),  
[yolanda.celi@unl.edu.ec](mailto:yolanda.celi@unl.edu.ec), [ximena.naranjo@unl.edu.ec](mailto:ximena.naranjo@unl.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/06/04

Aceptado: 2025/09/04

Publicado: 2025/12/15

#### Resumen

El presente artículo se analiza la gestión presupuestaria del Gobierno Autónomo Descentralizado GAD parroquial; es importante indicar que en la administración de los recursos públicos deben ser transparentes con la finalidad de promover la rendición de cuentas hacia la ciudadanía con la finalidad de prevenir la corrupción. Por tal motivo la presente investigación tiene como objetivo aplicar indicadores presupuestarios del GAD Parroquial de Tacamoros, cantón Sozoranga, de la provincia de Loja, durante los periodos fiscales 2021-2022 que permitan evaluar la eficiencia y eficacia en el manejo de las asignaciones presupuestarias. Mediante un enfoque cuantitativo y descriptivo, se aplicaron herramientas de recolección y análisis de datos basadas en los lineamientos del COOTAD y el COPFP. Los resultados evidencian la evaluación al ciclo presupuestario con un nivel de confianza presupuestaria del 82,93 %, con riesgos del 17,07 % y en la aplicación de los indicadores financieros indicadores se determinó que para el año 2021 la ejecución de los ingresos frente a los programados con el 49,13% y en año 2022 alcanzó el 69,15% y ejecución de gastos en el año 2021 de 59.47% y año 2022 de 50.33% ; se concluye que se requiere fortalecer la planificación estratégica a largo plazo y autonomía financiera del GAD para una gestión más eficiente en beneficio de la comunidad.

**Sumario:** Introducción, Revisión de Literatura, Datos y Metodología, Discusión de Resultados, Conclusiones.

**Como citar:** Moreno-Salazar, Y., Sarango, T., Celi, Y. & Naranjo-Ruiz, X. (2025). Gestión de la Evaluación Presupuestaria al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquiales de la Provincia de Loja. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 192-205. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1335>

**Palabras clave:** Presupuesto, Administración Pública, Gastos Estatales, Política Gubernamental.

### Abstract

This study examines budget management in the Decentralized Autonomous Governments (GADs) at the parish level, emphasizing the importance of transparency in public resource administration as a mechanism to promote accountability and prevent corruption. The main objective was to apply budgetary indicators to the Tacamoros Parish GAD, located in Sozoranga, Loja Province, during the fiscal periods 2021–2022, in order to evaluate the efficiency and effectiveness of budget allocations. A quantitative and descriptive approach was adopted, employing data collection and analysis tools based on the guidelines of the Organic Code of Territorial Organization, Autonomy, and Decentralization (COOTAD) and the Organic Code of Planning and Public Finance (COPFP). The results reveal that the budget cycle achieved a confidence level of 82.93%, with an associated risk of 17.07%. Likewise, revenue execution compared to the programmed figures reached 49.13% in 2021 and 69.15% in 2022, while expenditure execution was 59.47% in 2021 and 50.33% in 2022. The study concludes that strengthening long-term strategic planning and promoting greater financial autonomy in parish-level GADs are essential to ensure more efficient budget management for the benefit of the community.

**Keywords:** Budget, Public Administration, State Expenditures, Government Policy.

### Introducción

La gestión eficiente de los recursos públicos es clave para el desarrollo sostenible de las regiones, especialmente en los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), cuya cercanía con la ciudadanía demanda transparencia y responsabilidad en la administración presupuestaria (Blanco López, (2017)). En Ecuador, los GAD parroquiales desempeñan una función vital, al ser encargados de ejecutar proyectos y responder directamente a las necesidades comunales. La evaluación presupuestaria emerge como una herramienta esencial para entender las discrepancias entre lo planificado y lo ejecutado, evaluando indicadores de eficiencia y eficacia (Coronel y otros, 2020). En la provincia de Loja, estudios previos han revelado que las juntas parroquiales rurales enfrentan ineficiencias en la gestión presupuestaria debido al incumplimiento de la proforma presupuestaria, lo que complica la ejecución del presupuesto y afecta el cumplimiento de los proyectos comunitarios (Ortega & Moreno, 2022). Asimismo, investigaciones recientes muestran que los GAD parroquiales rurales de Cantón Loja han presentado serios retos en materia de eficiencia presupuestaria durante los ejercicios fiscales 2020-2022 (Chamba Tandazo & Riofrio Labanda, 2024).

En el GAD Parroquial de Tacamoros se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de las fases del ciclo presupuestario, con la finalidad de comprobar el cumplimiento de las disposiciones legales, reglamentarias y normativas vigentes. Primero, durante la fase de Programación Presupuestaria, se registró un alto nivel de confianza de 83,33% y un bajo nivel de riesgo del 16,67%. No obstante, se identificó que los programas y proyectos no fueron planificados de acuerdo con el Plan Plurianual; además, tanto el POA como el presupuesto del año 2022 no se presentaron dentro de los plazos establecidos, lo cual podría ocasionar pérdida de beneficios económicos para la parroquia. En la segunda fase Formulación Presupuestaria, se registró un nivel de confianza elevado de 88,89% y un riesgo reducido de 11,11%. Durante este periodo, se ejecutaron gestiones y proyectos relevantes como la gestión ambiental, el equipamiento de infraestructura, la vialidad y el fomento productivo, los cuales aportaron significativamente al desarrollo comunitario. En relación con la fase de Aprobación

Presupuestaria, e alcanzó un alto nivel de confianza del 93,33% y un bajo riesgo del 6,67%, lo que confirma que los procedimientos y plazos establecidos para la aprobación del presupuesto 2022 fueron cumplidos de manera adecuada. Es pertinente señalar que se asignó correctamente el 10% correspondiente (USD 9.997,78) al proyecto de ayudas humanitarias; sin embargo, este fue dado de baja en el Portal de Compras Públicas tras ser publicado cinco veces sin recibir oferentes. Por consiguiente, en la Ejecución Presupuestaria, se evidenció un nivel de confianza del 85,71% y un riesgo del 14,29%, lo cual refleja una gestión positiva, aunque no se logró ejecutar la totalidad de lo planificado. Finalmente, en las fases de Evaluación y Seguimiento Presupuestario y Clausura y Liquidación Presupuestaria, se registraron niveles de confianza de 80,95% y 100%, respectivamente, con riesgos mínimos. Esto se debe a que la entidad realizó la clausura presupuestaria y la rendición de cuentas de manera oportuna, cumpliendo con lo estipulado en el COOTAD.

Muchos estudios realizados recientemente, demuestran la relevancia de conservar habilidades tecnológicas apropiadas, así como la eficiencia en el manejo presupuestario del sector público, de manera puntual a nivel gubernamental local. Arteaga-Villanueva et al. (2026), en la revisión sistemática realizada dan a conocer, que el nivel de manejo presupuestario se encuentra ligado directamente con la transparencia en la gestión, coherencia con los objetivos del país y preparación del talento humano para el servicio público. Por otra parte, Álvarez Indacochea et al. (2025) en su trabajo investigativo sobre los gobiernos parroquiales de Ecuador, determinan avances importantes en los procesos presupuestarios con lo establecido en el COPFP y el COOTAD. Sin embargo, existen limitaciones de índole técnico y operativo, dificultando la aplicación oportuna de dichas normativas. Como complemento, Salguero-González & Pico-Macías (2025) en el estudio realizado al GAD provincial de Manabí muestra que, aunque existe aumento en los fondos asignados, la ejecución presupuestaria descendió de manera significativa, se evidenció que los ingresos ejecutados se disminuyeron en un 15% variando del 84% al 69%, y la implementación de bienes y servicios de inversión bajó el 7%, confirmando que, aunque existen avances normativos, existen impedimentos relacionados directamente con la planificación, procedimientos de control interno y la obtención de ingresos propios. La evaluación presupuestaria del GAD Parroquial de Tacamoros durante los periodos 2021-2022, mediante la aplicación de indicadores presupuestarios que buscan contribuir en la toma de decisiones y guiar la implementación de estrategias para el cumplimiento de la ejecución del presupuesto y la gestión adecuada de los recursos otorgados por el Estado de Ecuador, revela avances en la eficiencia del ingreso, pasando de una ejecución del 49,12 % en 2021 al 69,15 % en 2022. No obstante, se mantiene una baja ejecución del gasto, con 59,47 % en 2021 y 50,33 % en 2022, evidenciando brechas que limitan la implementación de proyectos. La fuerte dependencia de transferencias del Estado (87,11 % en 2021 y 70,75 % en 2022) demuestra una baja autonomía financiera (menos del 1 % en ambos años). A pesar de ello, la entidad presentó niveles adecuados de solvencia, aunque sin autosuficiencia financiera, lo que refleja la necesidad de fortalecer la generación de recursos propios y mejorar la planificación presupuestaria.

En las entidades públicas, la evaluación presupuestaria constituye un proceso elemental, dado que se configura como herramienta metodológica para valorar la administración financiera en el sector público (Pérez & Merino, 2022). Esta permite analizar los avances tanto físicos como financieros alcanzados durante un periodo determinado, facilitando la comparación entre la programación presupuestaria y su ejecución real. De esta manera, resulta posible medir el nivel de ejecución de los objetivos y metas institucionales anteriormente determinadas (Cserny, 2021). Determina la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN, 2020), el Estado es un “Concepto político referido a una forma de organización

social, que cuenta con instituciones soberanas, que regulan la vida de una cierta comunidad de individuos en el marco de un territorio nacional” (p. 151). De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador (CRE, 2008):

El país se define como un Estado constitucional de derechos y justicia con un carácter social, democrático, soberano, independiente, unitario, intercultural, plurinacional y laico. En este sentido, su estructura adopta la forma de república y se organiza bajo un modelo de gestión descentralizado. La soberanía, que reside en el pueblo, se fundamenta en la autoridad legítima y se ejerce a través de los entes del poder público y los mecanismos de participación directa establecidos constitucionalmente. (Art. 1).

Roldán (2018) menciona que “El sector público es el conjunto de organismos e instituciones que son manejados directa o indirectamente por el Estado”. En otras palabras, el sector público, se encuentra bajo la supervisión del Estado y a su vez mantiene el orden político, legal y económico de la nación. Según el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPFP, 2020) se informa que el sector público está compuesto por dos elementos clave, por un lado, el Sector Público Financiero (SPF) compuesto por entidades como el Banco Central del Ecuador, Corporación Financiera Nacional y BanEcuador. En cambio, existe el Sector Público No Financiero (SPNF) que engloba a las instituciones que forman parte del Presupuesto General del Estado, las 5 funciones estatales (Ejecutiva, Legislativa, Judicial, Electoral y de Transparencia y Control Social), los Gobiernos Autónomos Descentralizados, empresas públicas y organismos de seguridad social (IESS, ISSFA e ISSPOL).

De conformidad a la CRE (2015) que manifiesta “Los gobiernos autónomos descentralizados gozarán de autonomía política, administrativa y financiera, y se regirán por los principios de solidaridad, subsidiariedad, equidad interterritorial, integración y participación ciudadana” (Art. 238). Por consiguiente, el COOTAD (2020) se refiere a que los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales de las zonas rurales “son personas jurídicas de derecho público, con autonomía política, administrativa y financiera” (Art.63).

Según Llatas (2011), en su trabajo publicado nos manifiesta que el Estado se caracteriza como una entidad estructurada tanto en el ámbito político como jurídico, que tiene el objetivo de garantizar la coexistencia social a través de la creación de poderes públicos con la finalidad de proporcionarlo al servicio colectivo en un lugar específico.

Según el marco jurídico ecuatoriano, la CRE (2008) reconoce al Plan Nacional de Desarrollo como un instrumento clave en la planificación estatal, destinado a orientar las políticas, programas y proyectos públicos. Esta herramienta organiza la programación y ejecución presupuestaria, mejora la inversión y distribución de recursos, y fomenta la coordinación entre el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados para una gestión pública eficiente. (Art. 280).

### **Revisión de Literatura**

#### **Fundamentos de la Gestión Presupuestaria y el Contexto GAD Ecuatoriano**

La gestión presupuestaria en los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales (GADP) constituye un eje estratégico para la gobernanza territorial, siendo indispensable para asegurar una administración eficiente y orientada al cumplimiento de los objetivos de desarrollo local (Shack, 2006). El correcto manejo de los recursos públicos exige criterios de responsabilidad y una estricta rendición de cuentas para justificar el desempeño institucional, elementos esenciales para afianzar la confianza ciudadana y mitigar los riesgos de corrupción (Flores & Flores, 2021). El marco institucional que rige esta gestión se cimienta en la



Constitución de la República del Ecuador (CRE, 2008), la cual define al Estado como una organización soberana que ejerce el poder público. Dentro de este esquema, el sector público comprende entidades de distintos niveles, siendo los GADs (regional, provincial, cantonal y parroquial rural) los encargados de la administración descentralizada (Roldán, 2018). La autonomía de los GADs, particularmente en su ámbito financiero, se articula a través del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD, 2020) y el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPFP, 2020). Estos cuerpos legales imponen a los GADs la obligación de aplicar procedimientos rigurosos a lo largo de las etapas del ciclo presupuestario —programación, formulación, aprobación, ejecución, seguimiento, evaluación y cierre (Coronel et al., 2020).

### **La Gestión del Presupuesto y su Evaluación como Instrumento de Control**

El presupuesto público es la herramienta de planificación financiera que traduce las metas institucionales en proyecciones de ingresos y gastos (Pérez & Merino, 2022). Este instrumento, en el sector público ecuatoriano, se rige por principios de universalidad, legalidad, eficiencia y transparencia (Ministerio de Economía y Finanzas, 2018). Su formulación en los GADs es inherentemente participativa y debe estar alineada con los planes de desarrollo territorial para garantizar la asignación equitativa de los recursos. La evaluación presupuestaria es una fase de control *a posteriori* y *concomitante* que determina si los objetivos programados se han cumplido eficazmente, mediante la medición del uso eficiente de los recursos (Eslava et al., 2019). Su propósito no es solo fiscalizar, sino proporcionar insumos críticos para que los gestores públicos puedan tomar medidas correctivas oportunas durante la ejecución, elevando así la calidad de la gestión administrativa (Cserny, 2021). La implementación de la gestión de la evaluación presupuestaria, medida a través de indicadores de desempeño, permite a la entidad ir más allá del análisis de las cifras financieras, cuantificando la eficacia real de los programas y proyectos (Coronel et al., 2020). Estudios recientes sobre la gestión presupuestaria en GADs, incluyendo tesis específicas en la provincia de Loja, confirman que la eficiencia de la gestión presupuestaria es un factor que impacta directamente en la capacidad de respuesta institucional ante las demandas ciudadanas (Chamba & Riofrio, 2024).

### **Eficiencia y Calidad de la Ejecución**

La ejecución presupuestaria es el elemento fundamental que convierte los fondos financieros en beneficios tangibles para la comunidad. Una ejecución correcta no solo optimiza la eficiencia administrativa, sino que mejora directamente la prestación de servicios esenciales y el desarrollo local. La investigación de Ortega y Moreno (2022) subraya que una ejecución parcial o insuficiente crea dificultades para atender las necesidades primordiales, obstaculizando la efectividad institucional. De forma similar, la literatura especializada señala que la eficiencia en la ejecución es una métrica clave de la calidad del gasto, con estudios en Manabí que evidencian mejoras significativas en la ejecución de gastos de inversión tras aplicar procesos de análisis rigurosos (Salguero-González & Pico-Macías, 2025). La evaluación actúa como un mecanismo de retroalimentación esencial para este logro (Arteaga-Villanueva et al., 2026).

### **Transparencia y Participación Ciudadana**

La evaluación del presupuesto es inherentemente un ejercicio de transparencia. Al hacer públicos los resultados del desempeño institucional, se promueve la fiscalización social. Este aspecto se robustece con la participación ciudadana en la planificación y supervisión presupuestaria, un mecanismo que mejora la distribución de los recursos acorde a las exigencias sociales y afianza la confianza en las autoridades (Guale-Moreira, 2023; Rodríguez, 2008). La gestión de la evaluación se alinea con el enfoque de presupuestos por resultados, que exige que el análisis presupuestario se vincule a indicadores de bienestar local, demostrando



cómo el gasto público incide positivamente en la calidad de vida de los ciudadanos (Blanco López, 2017; Silva, 2023). En este sentido, la transparencia no es solo un fin, sino una herramienta de gestión que promueve la cohesión comunitaria. La experiencia en otros GADs de Ecuador también apunta a que la eficiencia administrativa, respaldada por la planificación participativa y la rendición de cuentas, es clave para fortalecer la gestión local y consolidar un desarrollo sostenible (Ruiz & Santos, 2024).

### Datos y Metodología

El presente estudio de investigación adopta un enfoque mixto, integrando lo cualitativo como lo cuantitativo, el objetivo de entender cómo perciben la planificación, la implementación y el control presupuestario las autoridades y los funcionarios del GAD Parroquial de Tacamoros, se realizaron entrevistas semiestructuradas en el componente cualitativo, para de esta manera obtener información necesaria del GAD; también fue necesaria la revisión de fundamentos teóricos que sustentan el marco conceptual y lo cuantitativo, al incorporar datos numéricos que posibilitan el análisis porcentual de la eficiencia y eficacia institucional. Fue necesario recurrir al análisis de documentación presupuestaria provista por la entidad, como el presupuesto inicial, las cédulas de ingresos y gastos, el estado de ejecución presupuestaria, el Plan Operativo Anual (POA) y el Plan Anual de Inversiones (PAI). La investigación es de tipo exploratorio - descriptivo, ya que se identificaron problemas mediante el análisis documental y entrevistas, y se caracterizó el objeto de estudio a través de una evaluación presupuestaria. Los datos recopilados en la Tabla 1 corresponden a la designación de transferencias a nivel nacional.

**Tabla 1**

*Estimaciones de Transferencias a los Gobiernos Autónomos Descentralizados a nivel nacional y Régimen Especial de Galápagos con base al Presupuesto General del Estado del ejercicio fiscal 2022 y liquidación del año 2021 (Cifra en dólares)*

NIVEL DE GAD	2021 - CÁLCULO MET	2021 - LIQUIDACIÓN	DIFERENCIA	2022 - TRAMO A	2022 - TRAMO B	TRANSFERENCIA ESTIMADA 2022
CONSEJOS PROVINCIALES	\$744.289.484,43	\$774.336.077,82	\$30.046.629,68	\$20.199.962,16	\$763.533.848,77	\$739.580.478,45
MUNICIPIOS	\$1.846.840.482,43	\$1.921.500.637,56	\$74.650.155,13	\$43.010.383,80	\$1.894.698.106,21	\$1.969.255.264,34
JUNTAS PARROQUIALES	\$185.397.555,14	\$172.074.683,96	\$-13.322.871,18	\$59.658.718,13	\$189.671.187,88	\$176.351.217,33
TOTALES	\$2.776.527.522,00	\$2.867.911.399,34	\$91.373.913,63	\$122.869.064,09	\$2.847.903.142,86	\$2.885.186.960,12

En la Tabla 1, se observa los valores de fondos públicos que se han asignado a los distintos niveles de Gobiernos Autónomos Descentralizados a escala nacional, tales como: Consejos Provinciales, Municipales y Juntas Parroquiales, estos valores corresponden al año 2021 y la proyección para el año 2022, expresado en dólares.

En la Tabla 2 se muestra el detalle de las transferencias económicas a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales Rurales (GADPR) de los cantones de la provincia de Loja, evidenciando que la mayor transferencia estimada en el año 2022 para el CANTÓN LOJA (13 Juntas Parroquiales) es de \$2.580.504,59, seguida por Saraguro con \$1.685.671,33 y Paltas con \$1.219.198,23. En menor transferencia estimada año 2022, se encuentra el cantón Olmedo con \$149.365,33, le siguen Quilanga con \$313.306,29 y Sozoranga con \$340.120,68. Los valores de Liquidación 2021 sirven como referencia histórica del gasto ejecutado, y son incorporados como parte del total proyectado 2022.

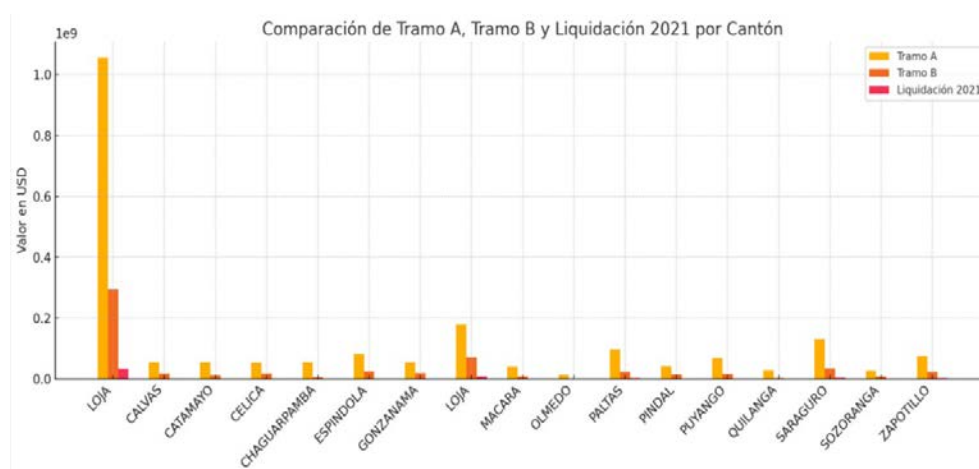
**Tabla 2**

*Estimaciones de Transferencias a los GAD Parroquiales Rurales con a los Ingresos Permanentes y No Permanentes del Presupuesto General del Estado 2022 y Liquidación del Ejercicio Fiscal 2021 (Cifra en dólares)*

GAD PARROQUIALES	TRAMO USD A (FIJO) (A)	TRAMO USD B (B)	LIQUIDACIÓN 2021 USD (C)	TRANSFERENCIA ESTIMADA 2022 USD (A)+(B)+(C)
LOJA Total (JP)	\$10.557.638,25	\$2.947.888,09	\$332.622,83	\$13.838.149,17
CALVAS (4JP)	\$551.382,12	\$178.692,29	\$18.995,80	\$749.070,22
CATAMAYO (4JP)	\$547.580,68	\$115.424,93	\$12.468,20	\$675.473,80
CELICA (4JP)	\$540.109,32	\$168.958,19	\$17.958,31	\$727.025,82
CHAGUARPAMBA (4JP)	\$551.382,12	\$59.366,18	\$7.425,51	\$618.173,81
ESPINDOLA (6JP)	\$827.073,18	\$236.528,68	\$23.651,64	\$1.087.253,50
GONZANAMA (4JP)	\$551.382,12	\$186.438,29	\$18.306,23	\$756.126,64
LOJA (13JP)	\$1.791.991,89	\$699.760,02	\$88.752,68	\$2.580.504,59
MACARA (3JP)	\$402.452,10	\$77.195,17	\$7.936,67	\$487.583,93
OLMEDO (1P)	\$137.845,53	\$10.323,34	\$1.196,45	\$149.365,33
PALTAS (7JP)	\$964.918,71	\$227.907,78	\$26.371,75	\$1.219.198,23
PINDAL (3JP)	\$413.536,59	\$148.039,79	\$16.823,98	\$578.400,36
PUYANGO (5JP)	\$675.092,89	\$157.477,50	\$16.984,71	\$849.555,11
QUILANGA (2JP)	\$274.111,70	\$35.356,06	\$3.838,53	\$313.306,29
SARAGURO (10JP)	\$1.308.682,50	\$339.057,00	\$37.931,84	\$1.685.671,33
SOZORANGA (2JP)	\$259.261,06	\$80.353,54	\$8.506,08	\$348.120,68
ZAPOTILLO (6JP)	\$760.835,74	\$227.009,35	\$25.474,44	\$1.013.319,53

**Figura 1**

*Representación gráfica de estimaciones de Transferencias a los GAD Parroquiales Rurales con a los Ingresos Permanentes y No Permanentes del Presupuesto General del Estado 2022 y Liquidación del Ejercicio Fiscal 2021 (Cifra en dólares)*



En la Figura 1, se observa la tabulación de estimaciones de Transferencias a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales Rurales con a los Ingresos Permanentes

y No Permanentes del Presupuesto General del Estado 2022 y Liquidación del Ejercicio Fiscal 2021, evidenciando que el Cantón Loja capta mayor valor de transferencias por parte del Estado.

**Tabla 3**

*Transferencias a los GAD Parroquiales Rurales del Cantón Sozoranga*

GAD PARROQUIALES	TRAMO USD A (FIJO) (A)	TRAMO USD B (B)	LIQUIDACIÓN 2021 USD (C)	TRANSFERENCIA ESTIMADA 2022 USD (A)+(B)+(C)
SOZORANGA	\$259.261,06	\$80.353,54	\$8.506,08	\$348.120,68
NUEVA FATIMA	\$121.415,53	\$22.364,65	\$2.296,88	\$146.077,05
TACAMOROS	\$137.845,53	\$57.988,90	\$6.209,21	\$202.043,63

De acuerdo a los datos obtenidos del Ministerio de Finanzas, el cantón Sozoranga recibe la transferencia por un valor de \$ 348.120,68, consta de dos parroquias rurales Nueva Fátima con el 41,94% y Tacamoros con el 58,06% del total asignado en el presupuesto.

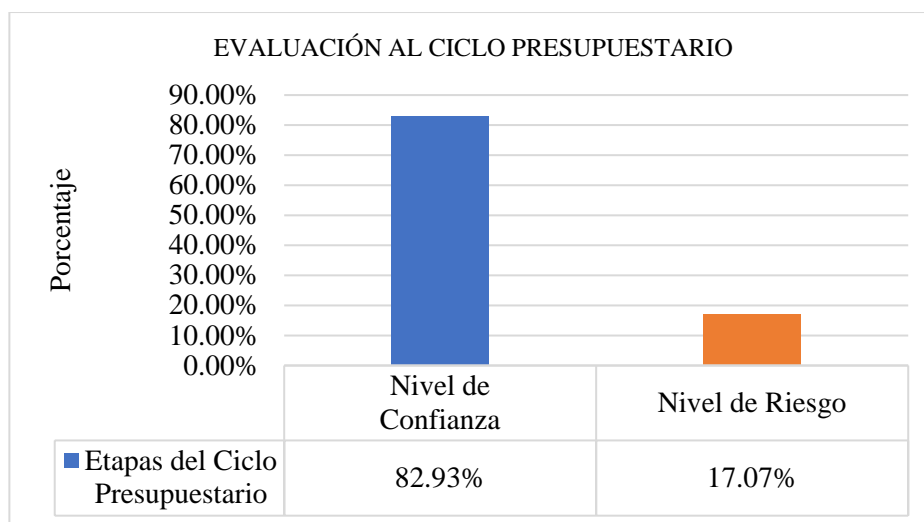
Mediante la muestra no probabilística por conveniencia, para este trabajo de investigación se utilizó los datos del Ministerio de Economía y Finanzas, así como también, datos proporcionados por el Gobierno Parroquial de Tacamoros (2021- 2022), y con la finalidad de medir la eficiencia y eficacia del presupuesto público en relación de la provincia de Loja como a nivel de juntas parroquiales, con base en la parroquia Tacamoros, la evaluación a las fases del periodo presupuestario del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Tacamoros, son:

**Tabla 4**

*Evaluación cuantitativa a las etapas del Ciclo Presupuestario*

ETAPAS DEL CICLO PRESUPUESTARIO	PONDERACIÓN TOTAL	SI	NO	N/A	NIVEL DE CONFIANZA	NIVEL DE RIESGO	PREGUNTAS	MUESTRA DE PREGUNTAS
PROGRAMACIÓN PRESUPUESTARIA	8	6	2		83,33%	16,67%	1 – 8	¿El GAD de la Parroquia preparó antes del 10 de septiembre del 2021 como lo estableció el Ministerio de Economía y Finanzas su Plan Operativo Anual (POA) y el correspondiente presupuesto para el año 2022? COOTAD, Art 233
FORMULACIÓN PRESUPUESTARIA	9	8	1		88,89%	11,11%	1 – 9	¿Los programas, subprogramas y proyectos de presupuesto de las dependencias y servicios del GAD para el ejercicio fiscal del año 2022 fueron presentados a la unidad financiera-UDAF, hasta el 30 de septiembre de 2021? COOTAD, Art. 239
APROBACIÓN PRESUPUESTARIA	5	5	0		93,33%	6,67%	1 – 5	¿Se aprobó el presupuesto para el año 2022 hasta el 10 de diciembre del año anterior? COOTAD, Art. 245
EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA	7	5	2		85,71%	14,29%	1 – 7	Cuando el presupuesto no cubre con lo planificado en el POA ¿Realizan reformas al presupuesto del GAD Parroquial de Tacamoros? COOTAD, Art. 255
EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO PRESUPUESTARIA	7	5	2		80,95%	19,05%	1 – 7	¿La evaluación financiera de la ejecución presupuestaria de la institución se realizó en forma periódica? COPFP, Art. 119
CLAUSURA Y LIQUIDACIÓN PRESUPUESTARIA	5	5	0		100,00%	0,00%	1 – 5	¿El ejecutivo del GAD convocó a la asamblea, a la rendición de cuentas para informar sobre el cumplimiento de la

ETAPAS DEL CICLO PRESUPUESTARIO	PONDERACIÓN TOTAL	SI	NO	N/A	NIVEL DE CONFIANZA	NIVEL DE RIESGO	PREGUNTAS	MUESTRA DE PREGUNTAS
								ejecución presupuestaria anual y el cumplimiento de las metas y objetivos y sobre las prioridades de ejecución del siguiente año? COOTAD, Art. 266
TOTAL	41	34	7		82,93%	17,07%	100%	

**Figura 2***Porcentaje de Evaluación al Ciclo Presupuestario*

Luego de aplicar la evaluación al ciclo presupuestario en el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Tacamoros, los resultados evidencian que la gestión desarrollada por la institución en las seis etapas del proceso presenta un alto nivel de confianza, alcanzando un porcentaje global del 82,93%. En consecuencia, el nivel de riesgo identificado es bajo, con un valor del 17,07%, lo que demuestra que, en términos generales, la entidad cumple con las disposiciones establecidas en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COPFP), en lo referente a los procedimientos que deben seguirse en cada fase presupuestaria para la correcta elaboración y programación del presupuesto institucional. No obstante, es fundamental considerar las debilidades detectadas durante la evaluación, ya que estas podrían comprometer la eficiencia y eficacia de la gestión parroquial. Por tal motivo, se recomienda que la institución implemente medidas correctivas y acciones oportunas que le permitan fortalecer los procesos presupuestarios y administrativos. De este modo, será posible optimizar el cumplimiento de los objetivos y metas definidos inicialmente, contribuyendo al desarrollo integral de la parroquia y al uso responsable de los recursos público.

En este contexto, la presente investigación se desarrolló a partir de datos proporcionados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Tacamoros correspondientes al periodo 2021 – 2022. Su propósito es medir la eficiencia y eficacia en la gestión del presupuesto público mediante la aplicación de indicadores presupuestarios, los cuales permiten evaluar en qué medida se han alcanzado los objetivos y metas institucionales establecidos.

### Discusión de Resultados

La utilización de los indicadores e índices presupuestarios permitirá conocer la eficiencia y eficacia de la ejecución del Gad parroquial; a continuación, se presenta los indicadores más relevantes, los que evidencian de manera oportuna cómo se encuentra presupuestariamente la parroquia Tacamoros:

**Tabla 5**

*Indicadores Financieros Presupuestarios de la Parroquia Tacamoros año base 2021-2022.USD*

NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	AÑO 2021		AÑO 2022	
		APLICACIÓN	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN	APLICACIÓN	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN
Dependencia Financiera de Transferencias del Gobierno Central	$IDF = \frac{\text{Ingresos de Tranferencias}}{\text{Ingresos Totales}} \times 100$	$IDF = \frac{223.304,92}{250.017,58} \times 100$	87,11%	$IDF = \frac{221.962,78}{313.712,93} \times 100$	70,75%
Autonomía Financiera	$IAF = \frac{\text{Ingresos Propios}}{\text{Ingresos Totales}} \times 100$	$IAF = \frac{104,14}{250.017,58} \times 100$	0,04%	$IAF = \frac{68,31}{313.712,93} \times 100$	0,02%
Solvencia Financiera	$ISF = \frac{\text{Ingresos Corrientes}}{\text{Gastos Corrientes}} \times 100$	$ISF = \frac{65.290,96}{62.184,19} \times 100$	1,05\$	$ISF = \frac{68.068,31}{65.765,34} \times 100$	1,04\$
Autosuficiencia	$IA = \frac{\text{Ingresos Propios}}{\text{Gastos Corrientes}} \times 100$	$IA = \frac{104,14}{62.184,19} \times 100$	0,17%	$IA = \frac{68,31}{65.765,34} \times 100$	0,10%

La aplicación de indicadores financieros presupuestarios en el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Parroquial de Tacamoros se enfoca en analizar la institución desde 4 dimensiones: dependencia de fuentes externas, grado de autonomía, solvencia financiera y capacidad de autogestión. En base a los datos correspondientes a los años 2021 – 2022, los hallazgos revelan que la administración del GAD no cumple con los parámetros establecidos por la Contraloría General del Estado (CGE). En virtud de estos hallazgos, se concluye que resulta imperativo reforzar las políticas públicas locales que garanticen el bienestar de la población. Al tratarse de una entidad pública, el GAD Parroquial de Tacamoros depende en gran medida de las transferencias estatales, lo cual limita significativamente su autonomía financiera. Como consecuencia, si el estado retarda el desembolso de recursos sea de forma parcial o tardía se generan demoras en la ejecución de proyectos y programas planificados. Por lo tanto, es esencial que los directivos formulen e implementen estrategias orientadas a la generación de ingresos propios. Estas estrategias permitirían al GAD acceder a autofinanciamiento, establecer alianzas con entidades diversas del sector público y evitar el incumplimiento del Plan Operativo Anual (POA). De este modo, se facilitaría el financiamiento de proyectos prioritarios y se contribuiría al logro de los objetivos institucionales, con beneficios tangibles para la comunidad a través del desarrollo de infraestructura y servicios.

Así mismo, tras evaluar las fases del ciclo presupuestario del GAD de Tacamoros, Catón Sozoranga, se identificó el nivel de conformidad con el marco legal, reglamentario y normativo vigente. Este diagnóstico ha posibilitado la elaboración de un informe técnico que fortalece la administración de los recursos públicos y promueve la optimización de procesos institucionales.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la tabla correspondiente:

**Tabla 6**

*Indicadores Presupuestarios de Ingresos de la Parroquia Tacamoras año base 2021-2022 USD*

NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	AÑO 2021		AÑO 2022	
		APLICACIÓN	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN	APLICACIÓN	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN
Ingresos Corrientes	$IC = \frac{\text{Ingresos Corrientes}}{\text{Ingresos Totales}} \times 100$	$IC = \frac{65.290,96}{250.017,58} \times 100$	26,11%	$IC = \frac{68.068,31}{313.712,93} \times 100$	21,70%
Ingresos de Capital	$ICp = \frac{\text{Ingresos de Capital}}{\text{Ingresos Totales}} \times 100$	$ICp = \frac{152.593,47}{250.017,58} \times 100$	61,03%	$ICp = \frac{153.962,78}{313.712,93} \times 100$	49,08%
Ingresos de Financiamiento	$IF = \frac{\text{Ingresos de Financiamiento}}{\text{Ingresos Totales}} \times 100$	$IF = \frac{32.133,15}{250.017,58} \times 100$	12,85%	$IF = \frac{91.681,84}{313.712,93} \times 100$	29,22%

Así mismo, en la Tabla 6 se muestra los resultados de los indicadores presupuestarios de ingresos de la parroquia Tacamoras, los mismo que muestran un nivel eficiencia inaceptable, tomando en consideración este caso es necesario que realicen un análisis a tiempo en donde permita establecer políticas correctivas al momento de la recaudación de los ingresos y con ello acojan determinados procedimientos.

**Tabla 7**

*Indicadores Presupuestarios de Gatos de la Parroquia Tacamoras año base 2021-2022 USD*

NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	AÑO 2021		AÑO 2022	
		APLICACIÓN	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN	APLICACIÓN	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN
Gatos Corrientes	$IGC = \frac{\text{Gastos Corrientes}}{\text{Total de Gastos}} \times 100$	$IGC = \frac{62.184,19}{302.638,36} \times 100$	20,55%	$IGC = \frac{65.765,34}{228.350,09} \times 100$	28,80%
Gastos de Inversión	$IGI = \frac{\text{Gastos de Inversión}}{\text{Total de Gastos}} \times 100$	$IGI = \frac{100.703,77}{302.638,36} \times 100$	59,58%	$IGI = \frac{162.584,75}{228.350,09} \times 100$	71,20%
Gastos de Capital	$IGCp = \frac{\text{Gastos de Capital}}{\text{Total de Gastos}} \times 100$	$IGCp = \frac{139.750,40}{302.638,36} \times 100$	27,59%	$IGCp = \frac{0,00}{228.350,09} \times 100$	0,00%

De igual forma en la Tabla 7 se presenta los resultados de los indicadores presupuestarios de gastos de la parroquia Tacamoras, en donde se puede observar que para los dos años su administración es inaceptable, por lo que se requiere que una mejor gestión por parte de las autoridades ya que por medio de este indicador permite medir el grado de participación de los gastos corrientes, de inversión y capital dentro del total de gastos.

**Tabla 8**

*Indicadores presupuestarios de eficiencia de la Parroquia Tacamoras años base 2021-2022 USD*

NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	AÑO 2021		AÑO 2022	
		APLICACIÓN	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN	APLICACIÓN	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN
Eficiencia de Presupuesto de Ingresos	$EPI = \frac{\text{Presupuesto Ejecutado Ingresos}}{\text{Presupuesto Programado Ingresos}} \times 100$	$EPI = \frac{250.017,58}{508.920,79} \times 100$	49,13%	$EPI = \frac{313.712,93}{453.665,66} \times 100$	69,15%
Eficiencia de Presupuesto de Gastos	$EPG = \frac{\text{Presupuesto Ejecutado Gastos}}{\text{Presupuesto Programado Gastos}} \times 100$	$EPG = \frac{302.638,36}{508.920,79} \times 100$	59,47%	$EPG = \frac{228.350,09}{453.665,66} \times 100$	50,33%



En la Tabla 8 se visualiza los resultados obtenidos en base a la aplicación de los indicadores presupuestarios de eficiencia, estos indicadores están relacionados con las razones que indican los recursos invertidos en la consecución de tareas o trabajos; es decir miden el nivel de ejecución del proceso y el rendimiento de los recursos utilizados, lo que muestra un resultado en eficiencia bueno de ingresos en el segundo periodo y de gastos se refleja un resultado inaceptable para la parroquia.

**Tabla 9**

*Índice de reformas presupuestarias de la Parroquia Tacamoros año base 2021-2022 USD*

NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	AÑO 2021		AÑO 2022	
		APLICACIÓN	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN	APLICACIÓN	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN
Reformas Presupuestarias de Ingresos	$RPI = \frac{\text{Monto de Reformas de Ingreso}}{\text{Presupuesto Inicial}} \times 100$	$RPI = \frac{345.087,30}{163.833,49} \times 100$	210,63%	$RPI = \frac{261.028,88}{192.636,78} \times 100$	135,50%
Reformas Presupuestarias de Gastos	$RPG = \frac{\text{Monto de Reformas de Gasto}}{\text{Presupuesto Inicial}} \times 100$	$RPG = \frac{345.087,30}{163.833,49} \times 100$	210,63%	$RPG = \frac{261.028,88}{192.636,78} \times 100$	135,50%

Finalmente, en la Tabla 9 se puede evidenciar los resultados conseguidos al aplicar los índices de reformas presupuestaria, mostrando para los dos años sus reformas sobrepasan a la cantidad que esperaban obtener para alcanzar las metas y los objetivos planteados; al momento de realizar las respectivas reformas el presupuesto incrementó contribuyendo de una u otra forma al cumplimiento de las actividades programadas, cabe recalcar que se observar que estas reformas indican una falencia en la planificación concreta en los proyectos a ejecutar y por ello la institución debería fortalecer la fase de programación presupuestaria.

### Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación sobre la gestión presupuestaria del GAD Parroquial, se concluye lo siguiente:

En este trabajo de investigación se evidenció que la gestión presupuestaria de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales de la provincia de Loja presenta un cumplimiento aceptable en las distintas fases del ciclo presupuestario, alcanzando un nivel de confianza del 82,93 % y un nivel de riesgo bajo del 17,07 %. Estos resultados muestran que, en términos generales, las instituciones cumplen con lo dispuesto en el marco normativo vigente, particularmente en lo señalado por el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Sin embargo, se identificaron debilidades que limitan la eficiencia y eficacia de la administración, lo que hace necesaria la implementación de medidas correctivas que fortalezcan las fases del ciclo presupuestario en lo relacionado a programación, ejecución y seguimiento presupuestario.

De esta manera, los indicadores financieros aplicados al GAD Parroquial de Tacamoros reflejaron una marcada dependencia de las transferencias estatales, lo que restringe de forma significativa la autonomía financiera de la entidad. El retraso o la insuficiencia en el desembolso de recursos afectan la ejecución de proyectos estratégicos, generando impactos en el cumplimiento del Plan Operativo Anual (POA). En este sentido, resulta imperativo que las autoridades locales diseñen estrategias orientadas a la generación de ingresos propios, mediante mecanismos de autogestión, alianzas interinstitucionales y proyectos sostenibles de

financiamiento, con el propósito de reducir la vulnerabilidad financiera y garantizar una mayor estabilidad institucional.

Por otra parte, los indicadores de ingresos y gastos revelaron ineficiencias en la administración de los recursos, con niveles de ejecución inaceptables en varios rubros. Particularmente, la imprevisión de planificación adecuada se evidencia en la recurrencia a reformas presupuestarias, que en ambos periodos analizados sobrepasaron los valores iniciales proyectados. Esta situación refleja debilidades en la formulación y programación presupuestaria, por lo cual se recomienda reforzar la etapa de diseño de proyectos y establecer mecanismos de control más rigurosos para evitar desviaciones significativas.

En la gestión presupuestaria de los GAD Parroquiales de Loja, y en especial del caso de estudio de la Parroquia Tacamoros, demanda un proceso de fortalecimiento institucional que integre el cumplimiento normativo con prácticas de gestión financiera más eficientes. Solo de esta manera será posible optimizar el uso de los recursos públicos, garantizar la ejecución efectiva de los proyectos y contribuir al desarrollo local sostenible en beneficio de la parroquia.

### Reconocimientos y Declaraciones

Este trabajo ha sido realizado como aporte de Investigación de trabajo de Integración Curricular o Titulación y forma parte de la Tesis “Evaluación presupuestaria al Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Tacamoros, Cantón Sozoranga, período 2021 - 2022” Los autores desean expresar su agradecimiento a Universidad Nacional de Loja participación en el trabajo y Junta Parroquial de Tacamoros del Cantón Sozoranga, Provincia de Loja.

Los autores declaran la contribución y participación equitativa de roles de autoría para esta publicación.

Los autores declaran que la presente investigación se desarrolló sin la utilización de herramientas de inteligencia artificial en ninguna de sus etapas o secciones.

### Referencias

- Álvarez Indacochea, A. A., Ponce Tigua, J. I., & Tomala Rodriguez, J. L. (2025). Revisión normativa de la formulación presupuestaria en los gobiernos. *Pulso Científico*, 3, 120-133. <https://doi.org/10.70577/rps.v3i3.45>
- Arteaga-Villanueva, A. E., Zegarra Ugarte, S. J., Portillo Calsina, D. J., & Carhuamaca Cueller, M. A. (2026). La gestión pública en la eficiencia de la ejecución presupuestal en los gobiernos subnacionales: una revisión sistemática. *REVISTA INVECOM*, 1, 10. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15620643>
- Blanco López, P. (2017). Inclusión de la categoría de género en los presupuestos públicos en el marco de la orientación al resultado. Alcances y limitaciones de su aplicación en México. *Scielo*, 5(45). <https://www.scielo.org.mx/pdf/laven/v5n45/1405-9436-laven-5-45-00007.pdf>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2020). *Guía de Formación Cívica*. Chile. <https://www.bcn.cl/formacioncivica/presentacion>
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización [COOTAD]. (2020). *Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010*. Última modificación: 21-dic.-2020. [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/COOTAD\\_act\\_dic-2020.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/COOTAD_act_dic-2020.pdf)
- Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas [COPFP]. (2020). *Registro Oficial Suplemento 306 de 22-oct.-2010*. [https://ces.gob.ec/lotaip/2020/Julio/Literal\\_a2/C%3CB3digo%20Org%3CA1nico%20de%20Planificaci%C3%B3n%20y%20Finanzas%20P%C3%BAblicas.pdf](https://ces.gob.ec/lotaip/2020/Julio/Literal_a2/C%3CB3digo%20Org%3CA1nico%20de%20Planificaci%C3%B3n%20y%20Finanzas%20P%C3%BAblicas.pdf)

- Constitución de la República del Ecuador [CRE]. (2008). *Registro Oficial 449 de 20 Oct. 2008*.  
[https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\\_act\\_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf)
- Coronel, E., Narváez, C., & Erazo, J. (2020). Evaluación del proceso de planificación y del ciclo presupuestario para los Gobiernos Autónomos Descentralizados. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(3), 392-414.
- Chamba Tandazo, J. J., & Riofrio Labanda, V. E. (2024). *Eficiencia de la gestión presupuestaria de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales Rurales del cantón y provincia de Loja*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/28746>
- Cserny, A. (2021). *¿Qué es la evaluación presupuestaria?* Nubox. <https://blog.nubox.com/empresas/evaluacion-presupuestaria>
- Eslava Zapata, R. A., Chacón Guerrero, E. J., & Gonzalez Júnior, H. A. (2019). Gestión del Presupuesto Público: alcance y limitaciones. *Visión Internacional (Cúcuta)*, 2(1), 18-24.  
<https://doi.org/10.22463/27111121.2603>
- Flores, I., & Flores, R. (2021). *El proceso de planificación y el presupuesto gubernamental*. UAEH.  
[https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/est/LI\\_AdminEst/Ivette\\_Flores/articulo\\_planificacion.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/est/LI_AdminEst/Ivette_Flores/articulo_planificacion.pdf)
- Guale-Moreira, G. N. (2023). Participación Ciudadana y Presupuesto Participativo. Caso: GAD Parroquial Rural de Anconcito, 2022. *Digital Publisher*, 8, 142-158. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.4.1926>
- Lapo Moncada, C. F. (2022). *Transparencia de la gestión en los GAD provinciales de Ecuador 2019 al 2020. Un análisis desde la disponibilidad, calidad y utilidad de la información, uso de las tic y participación de los ciudadanos*. [Tesis de maestría, Instituto de Altos Estudios Nacionales].  
<http://repositorio.iaen.edu.ec/xmlui/handle/24000/6616>
- Llatas, L. (2011). Noción de Estado y los Derechos. *Open Journal Systems*, 9.  
<http://dx.doi.org/10.21503/lex.v9i8.402>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2018). *Normas Técnicas de Presupuesto. Subsecretaría de Presupuesto*.  
<https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/04/Normativa-Presupuestaria-Codificaci%C3%B3n-5-de-abril-de-2018-OK-ilovepdf-compressed.pdf>
- Ortega, V., & Moreno, Y. (2022). Evaluación presupuestaria a las juntas parroquiales de la provincia de Loja, para medir la eficiencia y eficacia del presupuesto del sector público. *Revista Económica*, 10, 51-62.  
<https://doi.org/10.54753/rve.v10i2.1369>
- Pérez, J., & Merino, M. (2022). *Definición de presupuesto público*.
- Riofrio Labanda, V. E., & Chamba Tandazo, J. J. (2024). Eficiencia de la gestión presupuestaria de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales Rurales del cantón Loja. *Prometeo Conocimiento Científico*, 4(1), e87. <https://doi.org/10.55204/pcc.v4i1.e87>
- Rodríguez, P. (2008). *Presupuesto Público*. ESAP. <https://www.esap.edu.co/ley-de-transparencia-y-acceso-a-la-informacion/transparencia/>
- Roldán, P. (2018). *Sector público*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/sector-publico.com>
- Ruiz, G. F., & Santos, J. I. (2024). Eficiencia administrativa y ejecución presupuestaria en el GAD Parroquial La Unión. *Revista Pulso Científico*, 3(3), 782-796. <https://doi.org/10.70577/rps.v3i3.84>
- Salguero-González, G. L., & Pico-Macías, M. E. (2025). Evaluación de la ejecución presupuestaria del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Manabí en los periodos 2021 y 2022. 593 *Digital Publisher CEIT*, 10(1), 460-476. <https://doi.org/10.33386/593dp.2025.1.2854>
- Shack, N. (2006). *Gestión Pública*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ff6b3e0f-4aa9-4f2c-909d-7a6c8b4caa2f/content>
- Silva, L. (2023). *Plan Operativo Anual: 5 puntos para crear tu POA*. HubSpot.  
<https://blog.hubspot.es/marketing/plan-operativo-anual>

## Estudio de Caso: Fortalecimiento de Emprendimientos Productivos para la Inclusión Económica en la Frontera Sur

### Case Study: Strengthening Productive Enterprises for Economic Inclusion in the Southern Border Region

Siamara Coello Loaiza<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5102-8121>,  
Kevin Jiménez Villavicencio<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0185-2291>, Paola Cabrera Rivera<sup>1</sup>  
<https://orcid.org/>, Dolores Guzmán González<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4922-2945>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador  
[siamara.coello@unl.edu.ec](mailto:siamara.coello@unl.edu.ec), [kevin.m.jimenez@unl.edu.ec](mailto:kevin.m.jimenez@unl.edu.ec),  
[paola.cabrera@unl.edu.ec](mailto:paola.cabrera@unl.edu.ec), [dolores.guzman@unl.edu.ec](mailto:dolores.guzman@unl.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/06/04

Aceptado: 2025/09/04

Publicado: 2025/12/15

#### Resumen

El desarrollo de emprendimientos productivos es considerado como una estrategia clave para impulsar la inclusión económica de la población migrante y residente en la frontera sur en el marco del Proyecto PROSALUD. Esta iniciativa comenzó en 2020, y el 2024 se incorporó un último componente enfocado en los emprendimientos. El estudio tuvo como propósito identificar y fortalecer iniciativas productivas sostenibles que aporten al incremento de ingresos familiares. El proceso metodológico aplicado en el presente trabajo fue descriptivo, con un enfoque mixto al considerar análisis cualitativo y cuantitativo en los planes de negocio y el manejo de esta información para seleccionar los emprendimientos. La investigación se basó en evaluar por dos años las necesidades socioeconómicas de los cantones de la frontera sur del Ecuador para plantear diversos planes de negocios que determinen la viabilidad de su aplicación. Como parte de esta metodología se elaboraron cuatro estudios de mercado y se diseñaron estrategias de comercialización para las iniciativas seleccionadas. Los resultados muestran que fue posible reconocer las habilidades y potencialidades de la población migrante y receptora, implementar cuatro emprendimientos productivos con adecuación de espacios y provisión de equipos; así como establecer mecanismos de cooperación interinstitucional para asegurar su sostenibilidad. De igual forma, se constituyeron personerías jurídicas que facilitan la producción y comercialización de bienes. En conclusión, el fortalecimiento de capacidades, el acompañamiento técnico y la articulación con actores locales hicieron posible consolidar

**Sumario:** Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** Coello, S., Jiménez, K., Cabrera, P. & Guzmán, D. (2025). Estudio de Caso: Fortalecimiento de Emprendimientos Productivos para la Inclusión Económica en la Frontera Sur. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 206-223. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1334>

emprendimientos productivos que contribuyen a mejorar las condiciones económicas de las familias involucradas, favoreciendo su estabilidad y desarrollo en el territorio fronterizo.

**Palabras clave:** Desarrollo local, población migrante, recursos financieros, sostenibilidad, unidades económicas.

### Abstract

The development of productive enterprises is considered a key strategy to boost the economic inclusion of the migrant and resident population along the southern border within the framework of the PROSALUD Project. This initiative began in 2020, and a final component focused on entrepreneurship was incorporated in 2024. The study aimed to identify and strengthen sustainable productive initiatives that contribute to increasing family income. The research was conducted over two years in Huaquillas and Macará, using a participatory approach that included diagnostics, enterprise selection, and training processes. As part of this methodology, four market studies were conducted, and marketing strategies were designed for the selected initiatives. The results show that it was possible to recognize the skills and potential of the migrant and host populations, implement four productive ventures with the adaptation of spaces and provision of equipment, and establish inter-institutional cooperation mechanisms to ensure their sustainability. Likewise, legal entities were established to facilitate the production and marketing of goods. In conclusion, capacity building, technical support, and coordination with local stakeholders made it possible to consolidate productive ventures that contribute to improving the economic conditions of the families involved, promoting their stability and development in the border area.

**Keywords:** Local development, migrant population, financial resources, sustainability, economic units.

### Introducción

El emprendimiento es una actividad productiva considerada como estrategia importante para fomentar la inclusión económica y mejorar las condiciones de vida de poblaciones en situaciones de vulnerabilidad social. Arias y Colque (2024) en su investigación citan a Angheluță et al., (2020) quienes destacan que las empresas son el motor de la economía por tener una relación estrecha entre la prosperidad de una sociedad y la industria, de la misma forma considera el aporte de varios autores (Malach y Kristová, 2017; Morakinyo y Akinsola, 2019) reconociendo el impacto de los emprendimientos en la generación de fuentes de empleo, el incremento de la eficiencia económica, la implementación de modelos de gestión innovadores; por lo tanto, los emprendimientos actúan como agentes que favorecen el bienestar social en distintos niveles.

En el contexto fronterizo donde se centra esta investigación, las dinámicas migratorias, la desigualdad económica y los retos estructurales se entrelazan, haciendo del fomento de iniciativas productivas un eje fundamental para crear oportunidades de empleo e ingresos sostenibles (Amorós y Bosma, 2014). Según el Global Entrepreneurship Monitor (2024), América Latina es actualmente la región más emprendedora del mundo, destacando Chile, Uruguay y México como países con las mejores condiciones para la creación de empresas. Si bien la región constituye un terreno propicio para el surgimiento de nuevos negocios, persisten desafíos significativos, principalmente en el acceso al financiamiento y en la reducción de las brechas de género en el ámbito empresarial. Superar estas limitaciones podría convertir a América Latina en una de las zonas con mayor proyección empresarial a nivel global, especialmente si se aprovechan la transformación digital y la apertura a nuevos mercados. En



este sentido, el estudio de Meneses (2021) sobre Colombia resalta que la consolidación de los emprendimientos depende de la formación en conocimientos, habilidades y competencias, del fomento de una cultura emprendedora, del acceso a financiamiento y de la capacidad de innovar e incluirse en redes de comercialización y desarrollo tecnológico.

El estudio de la inclusión económica en poblaciones vulneradas se vincula con el Proyecto PROSALUD que ha impulsado acciones para mejorar las condiciones de vida de la población fronteriza sur de Ecuador. Desde 2020 se han planteado diferentes estrategias y, a partir de 2024, se implementó un componente específico destinado al fortalecimiento de emprendimientos productivos en los cantones Huaquillas y Macará, orientado a la inclusión económica de personas en situación de movilidad y de comunidades de acogida. La relevancia de este estudio radica en mostrar cómo la capacitación, el acompañamiento técnico y la coordinación interinstitucional pueden incidir positivamente en la sostenibilidad e impacto de los emprendimientos productivos.

La inclusión económica de las poblaciones migrantes constituye un desafío global que implica garantizar el acceso a recursos productivos, financiamiento y formación profesional ajustada a las demandas actuales (Arias y Colque, 2024). En la frontera sur del Ecuador, este reto se ve agravado por factores como la crisis económica, la inseguridad y la inestabilidad laboral. En ese sentido Kloosterman (2010) señala, que las dificultades de acceso a servicios financieros y las restricciones legales para formalizar empresas limitan el crecimiento de los negocios. Frente a ello, la capacitación y la cooperación interinstitucional se perfilan como mecanismos clave para poner en marcha iniciativas sostenibles (Audretsch y Belitski, 2017). No basta con crear nuevas empresas: también resulta indispensable contar con instituciones que respalden su desarrollo (Kumar et al., 2024).

El Global Entrepreneurship Monitor Ecuador 2023/2024, presentado por Lasio et al. (2024), evidencia que el país alcanzó en 2023 una Tasa de Actividad Emprendedora Temprana (TEA) de 32,7%. En otras palabras, tres de cada diez adultos ecuatorianos estaban iniciando o gestionando un negocio. El informe también destaca que el 14% de los emprendedores cuentan con estudios superiores, lo que potencia sus capacidades de innovación y de adopción de prácticas sostenibles. Asimismo, el 90% de quienes emprenden lo hacen principalmente como respuesta a la escasez de empleo. No obstante, Mosquera et al. (2024) advierten que el acceso limitado a financiamiento, tecnología y formación especializada restringe el potencial de los emprendimientos, aunque si estos aspectos se atienden adecuadamente podrían convertirse en un motor de crecimiento para el país.

El presente estudio de caso evidencia que el fortalecimiento de capacidades, la asistencia técnica y la articulación con los actores locales son determinantes para los emprendimientos productivos en contextos de frontera. Por su parte, la experiencia del Proyecto PROSALUD en Huaquillas y Macará ofrece evidencias empíricas acerca de la pertinencia de llevar a cabo propuestas integrales a favor de la inclusión económica de las personas en situación de vulnerabilidad. En función de este alcance, se espera que futuras intervenciones puedan seguir contribuyendo al desarrollo sostenible y la estabilidad de la región. En esta línea, se diseñaron planes de negocio integrales para cuatro emprendimientos seleccionados, incluyendo análisis de mercado, estructura organizacional, aspectos técnicos, económicos y financieros. Posteriormente, gracias al apoyo del Fondo Ítalo Ecuatoriano para el Desarrollo Sostenible (FIEDS), se gestionó la entrega de insumos y equipos destinados a fortalecer estas iniciativas y asegurar su sostenibilidad en el tiempo.

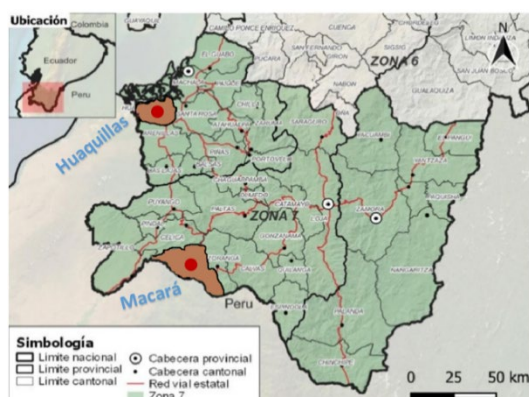


## Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en la zona fronteriza sur del Ecuador, específicamente en los cantones de Macará (provincia de Loja) y Huaquillas (provincia de El Oro), dichos territorios están caracterizados por una alta movilidad humana y por marcadas necesidades socioeconómicas. En este contexto, la unidad de análisis está constituida por dichos cantones fronterizos, abordados como unidades territoriales relacionadas con dinámicas sociales, económicas y de movilidad humana propias de la frontera sur del país.

**Figura 1**

*Zona fronteriza sur del Ecuador*



El proceso metodológico aplicado en el presente trabajo fue descriptivo, con un enfoque mixto al considerar análisis cualitativo y cuantitativo en los planes de negocio y el manejo de esta información para seleccionar los emprendimientos. La investigación se basó en evaluar por dos años las necesidades socioeconómicas de los cantones de la frontera sur del Ecuador para plantear diversos planes de negocios que determinen la viabilidad de su aplicación, de los resultados se seleccionaron cuatro emprendimientos a los que se gestionó la entrega de equipos e insumos para su implementación y desarrollo como parte del marco del Proyecto PROSALUD.

El trabajo cooperativo entre la Universidad Nacional de Loja, el Ministerio de Salud de Ecuador, y el Fondo Ítalo Ecuatoriano para el Desarrollo Sostenible (FIEDS), quienes en búsqueda de mejorar la situación económica de las personas en movilidad seleccionaron proyectos de emprendimiento para brindarles su apoyo. Para ello se plantearon realizar 4 planes de negocios adaptados a las realidades de los segmentos productivos de dichas zonas, cada uno de ellos contempla el estudio organizacional, de mercado, técnico, económico y evaluación financiera, para ello se levantó información de la demanda y oferta de los productos, maquinaria, insumos, equipos y capital de trabajo así como los costos de producción, aplicación de herramientas financieras para identificar la viabilidad de los proyectos, adicionalmente se consideró su conformación organizacional y su proceso los lineamientos legales de constitución.

El enfoque metodológico fue mixto, integrando tanto técnicas cualitativas como cuantitativas para una comprensión integral del fenómeno estudiado (Sampieri, 2017). Este enfoque permitió realizar análisis descriptivos a partir del levantamiento de información primaria y secundaria para la selección de los emprendimientos y posteriormente diseñar e implementar planes de negocio con base en estudios de mercado.

El tipo de investigación fue descriptiva y aplicada, ya que se centró en identificar y caracterizar las necesidades socioeconómicas de las comunidades fronterizas, y proponer

soluciones concretas mediante la implementación de emprendimientos productivos. Durante dos años se recopilaban datos que sirvieron de base para la elaboración de cuatro planes de negocios adaptados a las características productivas y sociales de los territorios intervenidos.

Los estudios de mercado realizados incluyeron el análisis de la oferta y demanda de productos locales, identificación de insumos, maquinaria, equipos y capital de trabajo requerido, así como la estructura de costos y la proyección financiera. Cada plan contempló las dimensiones organizacional, técnica, económica, legal y de evaluación financiera, permitiendo identificar la viabilidad de su ejecución. Como parte del proceso estratégico, se aplicaron herramientas financieras que facilitaron la evaluación de la rentabilidad y sostenibilidad de los emprendimientos seleccionados. Asimismo, se consideraron las estrategias de implementación legal y organizacional, asegurando que los proyectos cumplieran con los lineamientos normativos y respondieron a las capacidades de gestión de sus beneficiarios.

El proyecto fue desarrollado de manera cooperativa por la Universidad Nacional de Loja, el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, y el Fondo Ítalo Ecuatoriano para el Desarrollo Sostenible (FIEDS), en el marco del Proyecto PROSALUD, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de la población en situación de movilidad y promover el desarrollo económico local mediante el apoyo a emprendimientos sostenibles.

### **Resultados y Discusión**

En las zonas fronterizas, la falta de fuentes productivas y oportunidades de empleo ha intensificado la migración de ciudadanos provenientes de países vecinos como Perú, Colombia y, especialmente, Venezuela. La escasez de trabajo en estos territorios ha llevado a muchas familias migrantes a desarrollar diversas actividades económicas para garantizar su subsistencia. Ante esta realidad, el Proyecto PROSALUD – FRONTERA SUR surge como una iniciativa clave para fortalecer la economía y mejorar las condiciones de vida tanto de la población migrante como de la comunidad local.

El proyecto es implementado por la Universidad Nacional de Loja, en coordinación con el Ministerio de Salud de Ecuador, y cuenta con el respaldo financiero del Fondo Ítalo Ecuatoriano para el Desarrollo Sostenible (FIEDS). Su presupuesto total, sin incluir el IVA, asciende a \$807.674,478 distribuido de la siguiente forma FIEDS - \$672.500,00 y UNL - \$135.174,48 lo que refleja la magnitud del esfuerzo destinado a abordar esta problemática.

De acuerdo con el Manual Operativo para la Selección, Ejecución y Seguimiento de los Proyectos del Programa del FIEDS, se estableció como requisito la presentación de una propuesta fundamentada, la cual debía justificar su necesidad y alinearse con las prioridades de política pública del Ecuador. Bajo estos lineamientos, se seleccionaron cuatro emprendimientos conformados por personas en situación de movilidad y miembros de la comunidad de acogida, quienes han desarrollado iniciativas productivas con impacto positivo en la seguridad alimentaria en la frontera sur.

Como parte del proceso, se diseñaron cuatro planes de negocio y estrategias de implementación, enfocados en la producción y comercialización asociativa de los productos generados tanto por migrantes como por la población receptora en los cantones de Huaquillas y Macará. Para garantizar un enfoque integral y estratégico, se llevó a cabo un análisis FODA, identificando los factores clave que influyen en el éxito de los emprendimientos.

### Diagnóstico situacional de los emprendimientos

De la observación y entrevistas realizadas a los emprendedores se plasma en la Tabla 1 de forma resumida las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que, con mayor frecuencia se presentaron. Estos hallazgos permitieron optimizar la planificación, minimizar riesgos y potenciar el impacto positivo del proyecto en la comunidad.

**Tabla 1**  
*Resumen de FODA*

	<b>FORTALEZAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>DEBILIDADES</b>	<b>FRECUENCIA</b>
<b>FACTORES INTERNOS</b>	Personal calificado y con experiencia	4	Carencia de recursos (local y equipos)	3
	Productos de calidad con manejo adecuado	4	Inversión limitada	3
	Diferenciación de producto con la competencia	3	Discriminación y xenofobia	2
	Variedad en productos	3	Trámites legales de funcionamiento y regulación del extranjero	2
<b>FACTORES EXTERNOS</b>	<b>Oportunidades</b>		<b>Amenazas</b>	
	Demanda insatisfecha y competencia productiva	4	Limitación comercial, restricciones pos pandemia	3
	Expansión del mercado, potencial de posicionamiento	3	Frontera cerrada	3
	Ofertar productos indispensables en la canasta básica	2	Cultura de consumo de los clientes sin estándares de calidad	3
	Acceso a red de contactos y clientes	2	Falencias de salubridad en la cadena de proveedores	2

En términos generales, se ha identificado que los emprendimientos seleccionados cuentan con personal calificado, con conocimientos adecuados en procesos de producción y manejo de productos, lo que representa una fortaleza clave para su desarrollo y sostenibilidad en el tiempo. Sin embargo, enfrentan limitaciones significativas que podrían afectar su crecimiento y estabilidad.

Entre los principales desafíos se encuentran la falta de recursos financieros y materiales, lo que dificulta la adquisición de insumos, maquinaria y herramientas necesarias para optimizar la producción. Además, otro obstáculo importante es la burocracia y los trámites legales requeridos para su formalización, los cuales pueden ser complejos y prolongados, retrasando el acceso a beneficios institucionales y restringiendo su operatividad.

Asimismo, desde los testimonios y experiencia obtenidos se denota como un problema social la regulación de la condición migratoria de los emprendedores en situación de movilidad representa una barrera adicional, ya que muchos de ellos carecen de documentos actualizados que les permitan acceder a oportunidades de financiamiento, empleo formal y otros beneficios esenciales para fortalecer sus negocios, adicional a lo mencionado se señala como un problema

socio humanística la discriminación y xenofobia que enfrentan los nuevos empresarios complicando el desarrollo normal de los emprendimientos.

Desde una perspectiva externa, se reconoce una demanda insatisfecha en el mercado local, lo que representa una oportunidad estratégica de expansión para estos emprendimientos. A pesar de ello, persisten restricciones derivadas de la pandemia, las cuales han impactado el comercio y el flujo de consumidores en la población fronteriza, limitando en cierta medida el crecimiento de los negocios.

Es importante destacar que cada emprendimiento posee características únicas, con particularidades en sus modelos de negocio, en sus productos y en los desafíos específicos que enfrentan. Por ello, resulta fundamental analizar de manera individual cada caso para desarrollar estrategias personalizadas de fortalecimiento, que permitan optimizar su competitividad, garantizar su sostenibilidad y contribuir a la dinamización económica de la región fronteriza.

### **Descripción de los emprendimientos**

En este contexto, la Asociación de Productos Alimenticios Aprisco surge como un emprendimiento con alto potencial en el mercado cárnico, gracias a su enfoque en la innovación, la calidad y la diferenciación de sus productos. Sus principales ventajas competitivas incluyen el acceso a materia prima, un equipo capacitado y comprometido, y una oferta de productos de calidad con una presentación innovadora. Además, el consumo de carne como producto básico garantiza una demanda estable, lo que representa una oportunidad para expandir el negocio y generar empleo; no obstante, la empresa enfrenta desafíos significativos tanto internos como externos que deben ser gestionados estratégicamente para asegurar su crecimiento y sostenibilidad.

Entre las principales debilidades destacan la falta de recursos financieros y utensilios adecuados, lo que limita la capacidad de producción y expansión. Asimismo, el desconocimiento del consumidor sobre los cortes de carne especiales podría dificultar su aceptación en el mercado. Un desafío crítico es la discriminación y xenofobia hacia la población venezolana involucrada en el negocio, lo que podría afectar la percepción del público y restringir la comercialización de los productos.

Además, la complejidad de los trámites burocráticos y las restricciones legales dificultan la regularización de la empresa, obligándola a operar en condiciones menos favorables. A nivel externo, amenazas como las restricciones comerciales derivadas de la pandemia, el cierre de fronteras y la inestabilidad en la cadena de suministro representan riesgos adicionales que pueden afectar la disponibilidad y el costo de la materia prima.

Ante los desafíos mencionados, se han diseñado estrategias clave para fortalecer el negocio y aprovechar las oportunidades disponibles. Estas incluyen la búsqueda de financiamiento y apoyo institucional para la adquisición de equipos y el fortalecimiento del negocio; educación del consumidor y estrategias de mercadeo para mejorar la aceptación de los productos en el mercado; formalización y regularización del negocio para garantizar su operatividad dentro del marco legal y gestión de riesgos en la cadena de suministro para reducir la vulnerabilidad ante factores externos y asegurar el abastecimiento continuo de materia prima.

El segundo emprendimiento de la investigación es la Asociación de Producción Alimenticia La Gracia de Dios (ASOPROAGRADIOS) que cuenta con la experiencia de

muchos migrantes misma que ha sido clave para la conformación de una organización con el propósito de fortalecer a la comunidad mediante la creación de una microempresa de panificación. Este proyecto responde tanto a las necesidades específicas de la población migrante como de la comunidad receptora, aprovechando las oportunidades locales para su desarrollo, para ello, se ha decidido emprender un nuevo proyecto orientado a la creación de una panadería asociativa, que fomente la inclusión y la integración social de los migrantes a través del emprendimiento colectivo.

ASOPROAGRADIOS tiene un notable potencial en el mercado de la panificación, gracias a su enfoque innovador, su firme compromiso con la calidad y el acceso a materia prima clave. La proximidad con proveedores y la demanda constante de pan como alimento básico abren oportunidades para su crecimiento y consolidación. Además, cuenta con un equipo de trabajo capacitado y motivado, lo que representa una ventaja significativa para su desarrollo.

No obstante, el emprendimiento enfrenta importantes desafíos que podrían limitar su expansión. Entre ellos se incluyen la falta de recursos financieros y materiales, el desconocimiento del consumidor sobre el producto, las barreras legales y la discriminación hacia la población migrante, obstáculos que requieren una atención estratégica. Además, el contexto externo presenta amenazas como las restricciones comerciales, el cierre de fronteras y la inestabilidad en la cadena de suministros, factores que agravan las dificultades para su consolidación en el mercado.

Para superar estas debilidades, es esencial implementar estrategias de financiamiento, educación al consumidor y diferenciación del producto. También se deben establecer alianzas con instituciones que faciliten la formalización del negocio y brinden el apoyo necesario para su expansión. De igual manera, resulta fundamental desarrollar campañas de sensibilización que contribuyan a reducir la discriminación y favorecer la integración de los emprendedores migrantes en la comunidad.

El tercer emprendimiento es el Restaurante en el Cantón Huaquillas ASOPROAVEEC del análisis FODA realizado se evidencia aspectos positivos y negativos que deben ser cuidadosamente balanceados para garantizar el éxito del emprendimiento; por un lado, el restaurante cuenta con fortalezas importantes que le dan una base sólida para el crecimiento.

La experiencia en la cocina y la oferta de platos típicos y saludables son factores que lo diferencian de la competencia, ya que la gastronomía local tiene una gran demanda tanto entre residentes como turistas, la atención al cliente constante y personalizada también es una ventaja competitiva que puede fomentar la fidelidad de los clientes y generar recomendaciones boca a boca, un factor clave para el éxito en el sector restaurantero. Además, el restaurante tiene la oportunidad de aprovechar la gran cantidad de turistas que visitan el Cantón Huaquillas, lo que puede generar un flujo constante de clientes.

La presencia de migrantes venezolanos en la zona representa otra oportunidad para crear una conexión cultural a través de la oferta gastronómica, lo que no solo atrae a este grupo, sino también a otros clientes que busquen una experiencia diversa y auténtica. Igualmente, el uso de redes sociales ofrece un canal poderoso para promocionar el restaurante a bajo costo y llegar rápidamente a nuevos clientes potenciales.

Por otro lado, el restaurante enfrenta varias debilidades y amenazas que podrían poner en riesgo su estabilidad, la falta de recursos financieros para realizar inversiones necesarias en infraestructura, equipos y marketing es una de las principales barreras para su crecimiento.



Asimismo, el hecho de no contar con un local propio limita la flexibilidad y aumenta los costos operativos a largo plazo. El problema de estacionamiento también es un obstáculo, ya que puede disuadir a clientes potenciales, especialmente en un área donde el tráfico puede ser un desafío.

En cuanto a las amenazas externas, la pandemia sigue afectando al sector restaurantero en general, limitando la capacidad operativa y el flujo de clientes, la crisis económica que afecta al país también puede reducir el poder adquisitivo de los consumidores, lo que podría llevar a una disminución en las ventas. A esto se suman las restricciones fronterizas, que afectan directamente la llegada de turistas y la movilidad, dos factores esenciales para la prosperidad del negocio en un cantón fronterizo como Huaquillas.

Para superar estas debilidades y amenazas y aprovechar las oportunidades, es esencial que el restaurante implemente estrategias clave para fortalecer su posición en el mercado como buscar financiamiento y apoyo institucional, explorar opciones de préstamos, inversionistas locales o subvenciones gubernamentales puede ser crucial para asegurar la expansión y la mejora de las instalaciones. Además, establecer alianzas con instituciones locales puede ayudar a formalizar el negocio y acceder a programas de apoyo; mejorar la infraestructura y el estacionamiento, sobre todo adaptarse a las nuevas realidades del mercado y fomentar el comercio digital a través de plataformas de pedidos en línea y promociones en redes sociales puede ayudar a aumentar las ventas en un contexto de menor afluencia de clientes.

Adicionalmente, es necesario establecer arreglos con actores locales claves como el GAD Municipal de Huaquillas y otras entidades que tienen intervenciones en la localidad como por ejemplo Agencia Adventista – ADRA, que ha implementado un comedor; y, tiene un centro de capacitación en el que trabajan con poblaciones vulnerables. Estos arreglos son necesarios para que se puedan mantener las intervenciones a lo largo del tiempo.

El cuarto emprendimiento es la Biotienda Macará sin fronteras este proyecto pretende la implementación de biotiemendas o retailers especializados en comida orgánica como un nuevo concepto de minorista enfocado a los productos orgánicos, saludables y ecológicos. De los resultados obtenidos se evidencia que el contar con una administración con perfil técnico con dominio en mercadeo y relaciones públicas fortalecen el posicionamiento y empoderamiento de la marca en la ciudadanía, es un modelo de negocio rentable y responsable con el ambiente haciendo que los productos se diferencien de la competencia al ser orgánicos y artesanales. Dentro de las oportunidades que tiene se presenta la cooperación institucional fronteriza y la amplia red de contactos del GAD de Macará quienes colaboran con el proyecto, se ha evidenciado que existe demanda insatisfecha de productos con estándares de calidad.

Por el contrario, se han identificado que sus debilidades son: la falta de capacitación a emprendedores en presentación de productos y registros sanitarios, así como las deficiencias en atención al cliente, comercialización y empaquetado afectando la percepción del valor por parte del consumidor, además, se requiere la definición de procesos productivos eficientes, así como el desarrollo de un Plan estratégico. El proyecto se ve amenazado por una cultura de consumo de productos sin estándares mínimos de calidad y una posible resistencia del mercado al precio más alto debido a la falta de percepción del valor agregado.

### **Desarrollo de estudios de mercado**

Los estudios de mercado en el apartado financiero permiten identificar y describir las necesidades de inversión de los distintos emprendimientos analizados. Estos requerimientos incluyen inversiones fijas, inversiones diferidas y capital de trabajo. En la Tabla 2 se presentan los rubros específicos por cada tipo de emprendimiento, junto con su inversión total estimada.



**Tabla 2***Inversión por rubros*

	<b>PANADERÍA</b>	<b>CARNICERÍA</b>	<b>RESTAURANTE</b>	<b>BIOTIENDA</b>
Inversiones Fijas	\$18.750,00	\$20.343,00	\$23.969,20	\$11.720,00
Inversiones Diferidas	\$2.750,00	\$2.250,00	\$1.750,00	\$950,00
Capital de trabajo	\$3.500,00	\$2.330,00	\$1.750,00	\$2.330,00
<b>Total</b>	<b>\$25.000,00</b>	<b>\$24.923,00</b>	<b>\$27.469,20</b>	<b>\$15.000,00</b>

Las inversiones fijas incluyen elementos esenciales como muebles, equipamiento, insumos y letreros, que son fundamentales para el funcionamiento del negocio. En cuanto a las inversiones diferidas, estas abarcan costos asociados a permisos de funcionamiento, patentes municipales, gastos notariales y adecuaciones necesarias para la operatividad del emprendimiento. Por otro lado, el capital de trabajo considera costos recurrentes tales como servicios básicos, arrendamiento, compra de materia prima y mantenimiento del local. De los emprendimientos analizados, el restaurante es el que demanda la mayor inversión total, debido a la necesidad de un equipamiento más robusto, que incluye cocina industrial, refrigeradores, vajilla, cubiertos y aire acondicionado, entre otros elementos.

Ante la falta de formalidad en los emprendimientos y con el objetivo de fortalecer la Economía Popular y Solidaria (EPS), en el año 2021, el Instituto Nacional de Economía Popular y Solidaria (IEPS) brindó capacitación, asesoría y acompañamiento técnico para la conformación de tres asociaciones dentro de este sector. Esta iniciativa se desarrolló en el marco del Convenio de Cooperación Interinstitucional entre el IEPS y la Universidad Nacional de Loja (UNL), promoviendo la formalización y sostenibilidad de los emprendimientos comunitarios.

El apoyo se llevó a cabo mediante una combinación de actividades virtuales y presenciales, abarcando los cantones de Macará y Huaquillas. Estas acciones fueron parte del *Proyecto de Fortalecimiento de la Salud y la Economía Familiar y Comunitaria de la Población en Movilidad y Receptora de la Frontera Sur del Ecuador – PROSALUD FRONTERA SUR*. A través de este proyecto, se buscó no sólo impulsar la generación de ingresos y el empoderamiento económico de los emprendedores locales, sino también mejorar su calidad de vida mediante estrategias de desarrollo sostenible y economía solidaria.

Esta intervención permitió a los participantes acceder a herramientas clave para la gestión organizativa, financiera y comercial de sus asociaciones, fomentando así la integración productiva y el fortalecimiento de redes de cooperación entre los actores locales. Como resultado de este trabajo de acompañamiento y capacitación, se logró la identificación y consolidación de las siguientes pre-asociaciones, que han dado importantes pasos hacia su formalización dentro del marco de la Economía Popular y Solidaria (EPS):

1. Asociación de Producción Alimenticia APRISCO (ASOPROAPRISCO)
2. Asociación de Producción Alimenticia Venezolana y Ecuatoriana (ASOPROAVEEC)
3. Asociación de Producción Alimenticia La Gracia de Dios (ASOPROAGRADIOS)

Estas pre-asociaciones, que surgieron de la colaboración y el esfuerzo conjunto de emprendedores de diversas comunidades, han dado pasos firmes hacia su consolidación formal. Uno de los logros más relevantes ha sido la obtención de la reserva de denominación de su nombre, un proceso clave que fue aprobado por la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria (SEPS), lo que les ha permitido asegurar su identidad en el sector y cumplir con uno de los requisitos fundamentales para su funcionamiento legal.

Además, los representantes de estas asociaciones han completado exitosamente los requisitos exigidos por la SEPS para la formalización respectiva. Esto incluye la elaboración de su acta constitutiva, la estructuración de su propuesta económica y la preparación de todos los documentos pertinentes. Posteriormente, han ingresado la documentación correspondiente en la plataforma oficial para su formalización definitiva, lo que marca un hito en su proceso hacia la legalización y el fortalecimiento de sus capacidades organizativas.

Este avance es un paso fundamental en el camino hacia la integración plena de estas asociaciones en el sistema de la Economía Popular y Solidaria, permitiendo a los emprendedores acceder a nuevos mercados, beneficios sociales y mayores oportunidades para el desarrollo sostenible de sus proyectos productivos.

Adicionalmente, la Asociación Biotienda Macará ha recibido un valioso apoyo por parte de la Universidad Nacional de Loja (UNL), especialmente en el ámbito administrativo y legal. La universidad ha colaborado estrechamente con los representantes de la asociación en la gestión de su escritura pública y en la preparación de toda la documentación habilitante necesaria para cumplir con los procedimientos legales y formales requeridos para su constitución. Este acompañamiento ha sido esencial para garantizar que la asociación cumpla con todos los requisitos establecidos por la normativa vigente para su presentación ante la notaría local, asegurando su legalidad y formalidad ante las autoridades competentes.

Además de este apoyo en el proceso de formalización, se ha llevado a cabo la entrega de equipamiento esencial para la puesta en marcha y operación del proyecto de la Biotienda. Este equipamiento incluye una variedad de mobiliario de oficina necesario para la organización y funcionamiento eficiente de la entidad, como estanterías para la correcta disposición de los productos, impresora y computadora para la gestión administrativa y contable, así como perchas para exhibir los productos de manera adecuada.

También se ha suministrado una caja registradora para el manejo adecuado de las transacciones comerciales, y carpas para el montaje de ventas al aire libre y eventos de promoción, es así que se llevará a cabo la entrega de la primera parte de los bienes, un total de 42 elementos, que representan el 72% de la transferencia total, con un valor de inversión por parte del proyecto de \$6.143,10, una inversión significativa que permitirá a la Asociación Biotienda Macará fortalecer su infraestructura y capacidades operativas. Esta contribución ha sido crucial para que la asociación pueda ofrecer sus productos de manera más eficiente y profesional, brindando mejores servicios a la comunidad y fomentando la economía local mediante la venta de productos orgánicos y saludables.

Este tipo de apoyo contribuye de manera directa a la sostenibilidad y al crecimiento de las asociaciones dentro de la Economía Popular y Solidaria, posicionándolas como actores clave en el desarrollo económico y social de sus respectivas localidades.

Dentro del análisis FODA realizado, se identificaron diversas debilidades comunes a la mayoría de los emprendimientos, siendo las más destacadas la carencia de recursos, tanto en

términos de locales adecuados como de equipos necesarios para optimizar las operaciones. Esta falta de infraestructura y equipamiento limita el crecimiento y la competitividad de los emprendimientos, ya que impide una mayor eficiencia en la producción y distribución de bienes o servicios. A su vez, la limitada inversión disponible para superar estas carencias constituye una barrera significativa para el desarrollo y la consolidación de estos proyectos.

### Flujos de efectivo

Para abordar esta situación y proporcionar una visión más clara sobre la viabilidad económica de los emprendimientos, se llevó a cabo una evaluación financiera exhaustiva, cuyo objetivo fue identificar la viabilidad económica y financiera de la implementación de los proyectos a largo plazo. La evaluación se basó en un análisis detallado de los flujos de efectivo proyectados durante un período de entre 5 y 10 años, lo que permitió estimar el comportamiento de los recursos y las necesidades de inversión a lo largo de dicho plazo.

Los proyectos según las particularidades del sector económico han realizado proyecciones de ingresos y gastos con la finalidad de obtener los flujos de efectivo, para el Restaurant y Carnicería se han considerado la proyección de 5 años y los dos restantes (Panadería y Biotienda) una proyección de 10 años debido a la proyección de ingresos, los resultados de los 4 emprendimientos se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Flujos de caja de los proyectos*

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>PANADERÍA</b>	10.880,00	11.358,03	11.859,95	12.386,98	12.940,35
<b>CARNICERÍA</b>	15.467,51	16.201,94	16.973,09	17.782,80	18.633,00
<b>RESTAURANTE</b>	10.580,17	11.046,98	11.537,13	12.051,79	12.592,18
<b>BIOTIENDA</b>	5.400,00	5.751,90	6.111,89	6.480,17	6.856,91

Como se puede evidenciar en los resultados obtenidos, la totalidad de los emprendimientos en cada año proyectado obtienen valores positivos, sin embargo, destaca la carnicería por su alta representatividad de flujos de caja contrario a la Biotienda que tiene los valores más bajos. Si comparamos los resultados de las inversiones en la Tabla 2 y los flujos de efectivo de la Tabla 3 se puede evidenciar que los emprendimientos podrán recuperar su inversión dentro de los 3 primeros años de funcionamiento.

### Evaluación financiera

Para facilitar la comprensión de los resultados y tomar decisiones informadas, se calcularon dos indicadores clave de rentabilidad: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Estos indicadores son fundamentales para evaluar la rentabilidad de los emprendimientos, ya que el VAN mide el valor presente de los flujos de efectivo futuros, descontados a una tasa específica, mientras que la TIR indica la tasa de rendimiento que iguala el valor actual de los flujos de efectivo con la inversión inicial.

En la Tabla 4 se presentan los resultados del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), dos de los principales indicadores utilizados en la evaluación financiera de proyectos. Estos indicadores fueron calculados bajo el supuesto de una tasa de descuento del 15%, que refleja no solo el costo de oportunidad del capital sino también el riesgo inherente asociado a la inversión en emprendimientos de este tipo. La tasa de descuento del 15% se utiliza

para ajustar los flujos de efectivo futuros a su valor presente, teniendo en cuenta la incertidumbre y las condiciones de mercado actuales.

Los resultados obtenidos a partir de estos cálculos permiten a los emprendedores evaluar de manera objetiva la rentabilidad financiera de cada uno de sus emprendimientos. De esta forma, los emprendedores cuentan con una base sólida para tomar decisiones estratégicas respecto a su financiamiento, la asignación de recursos y la implementación futura de los proyectos. Estos resultados son cruciales para decidir si continuar con el emprendimiento, buscar fuentes adicionales de financiamiento o ajustar el enfoque para mejorar su rentabilidad. Este análisis financiero se convierte en una herramienta clave para los emprendedores, ya que les permite obtener una perspectiva clara y cuantificada sobre los riesgos y beneficios asociados a sus proyectos. Además, facilita la identificación de áreas críticas que requieren mayor atención, ya sea en términos de inversión en infraestructura, optimización de procesos o estrategias de mercado, con el fin de asegurar la sostenibilidad a largo plazo de los emprendimientos.

**Tabla 4**

*Evaluación financiera de los proyectos*

	<b>PANADERÍA</b>	<b>CARNICERÍA</b>	<b>RESTAURANTE</b>	<b>BIOTIENDA</b>
VAN	\$44.705,03	\$66.238,62	\$32.471,68	\$23.042,46
TIR	46,00%	67,00%	40,00%	39,80%
R B/C	1.05	1.08	1.11	1.52

De los resultados obtenidos en el análisis financiero, se evidencia que los proyectos son viables y que la puesta en marcha de los mismos logrará recuperar la inversión inicial. Esto se debe a que los valores actuales netos (VAN) calculados son mayores a cero, lo que indica que, a lo largo del tiempo, los proyectos generarán un retorno superior al capital invertido. Además, los valores de la Tasa Interna de Retorno (TIR) son positivos, lo que refuerza aún más la viabilidad financiera de los proyectos, ya que significa que la rentabilidad superará el costo del capital utilizado, lo que los hace atractivos desde el punto de vista de inversión.

A su vez, en lo que respecta a la Relación Beneficio Costo (R B/C) se puede identificar que cada uno de los proyectos tiene resultados superiores a 1 haciendo referencia a que los beneficios a recibir son superiores a sus costos evidenciando la viabilidad de su implementación.

Para alcanzar los resultados positivos mencionados en el análisis financiero, es fundamental implementar estrategias de comercialización eficaces. Se plantea una serie de métodos de comercialización que incluyen una determinación de clientes clave. Identificar estos clientes es crucial para enfocar los esfuerzos de marketing y ventas, así como para establecer relaciones comerciales duraderas. Entre los segmentos clave se incluyen mayoristas, detallistas, restaurantes, y algunas hosterías, quienes serán los principales compradores al por mayor. Además, se planea un enfoque directo hacia el consumidor final, que es el objetivo de muchas de las ventas, con un enfoque en la calidad del servicio y la atención personalizada.

Las estrategias de captación incluyen la identificación de los canales de comercialización más efectivos para llegar a cada uno de estos segmentos. Estos canales

estarán distribuidos por todo el cantón, lo que permitirá abarcar un mercado local amplio y diverso. Para asegurar la efectividad de las ventas, también se diseñarán estrategias de distribución eficientes, aprovechando canales de venta tanto físicos como virtuales, de modo que los productos puedan llegar a los clientes de manera oportuna. Se establecerán relaciones comerciales con los mayoristas y detallistas, que serán responsables de la distribución en diferentes puntos de venta, y se planificarán campañas promocionales que fomenten la compra en restaurantes y hosterías locales. El servicio de postventa será un aspecto crucial, garantizando que los clientes reciban soporte después de la compra, lo que contribuirá a la fidelización y repetición de compras.

En cuanto al estudio técnico, se plantea una descripción detallada de los productos, asegurando que los consumidores comprendan las características, beneficios y diferenciadores de cada uno de los productos ofrecidos. Además, se contempla el establecimiento de sistemas de calidad y el cumplimiento de normas sanitarias, aspectos fundamentales para garantizar la seguridad y la calidad del producto, especialmente si se trata de productos alimenticios u otros bienes que requieran cumplir con regulaciones específicas. Se incluirán también los requerimientos sanitarios para la producción y distribución, asegurando que las instalaciones y procesos sean adecuados y cumplan con las normativas locales e internacionales.

Finalmente, se hará un detallado inventario de los equipos e instalaciones necesarias para la exhibición de los productos, lo que incluirá la adecuación de espacios comerciales, el uso de equipos de refrigeración (si fuera necesario), estanterías, y otros elementos esenciales para garantizar una adecuada presentación de los productos. Estas medidas permitirán no solo ofrecer productos de alta calidad, sino también generar una experiencia de compra agradable y profesional para los clientes.

Paralelamente, el proyecto incluye una evaluación social, en la cual se analizan tanto las ventajas como las desventajas de su implementación. Este análisis tiene como objetivo garantizar que las iniciativas no solo sean rentables desde el punto de vista financiero, sino que también contribuyan al bienestar de la sociedad. En este sentido, se busca que el Estado y los gobiernos locales desempeñen un papel activo en la promoción y apoyo de estos emprendimientos, asegurando que generen un impacto positivo en la comunidad y se alineen con los principios de rentabilidad social.

Para evaluar este impacto, en el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) se han considerado flujos de efectivo proyectados entre 5 y 10 años, incluyendo el monto de la inversión inicial. Los resultados obtenidos reflejan un impacto social positivo, evidenciado en diversos aspectos clave como la generación de empleo, brindando nuevas oportunidades laborales a la población local, Impulso al turismo, atrayendo visitantes y dinamizando la economía de la zona, fomento del emprendimiento local, incentivando la creación y fortalecimiento de pequeños y medianos negocios e Incremento en la rotación de capital, promoviendo la circulación del dinero dentro del cantón y fortaleciendo el comercio local. Estos factores demuestran que, más allá de la viabilidad financiera, los proyectos aportan beneficios significativos al desarrollo económico y social del territorio, promoviendo una economía más inclusiva y sostenible.

## **Discusión**

Los emprendimientos seleccionados cuentan con personal capacitado en procesos de producción, lo que refuerza su viabilidad a largo plazo. No obstante, enfrentan obstáculos importantes, como la carencia de recursos financieros y materiales, lo que dificulta la adquisición de insumos y equipo. Además, la burocracia y los trámites legales para su



formalización demoran el acceso a beneficios institucionales y limitan su funcionamiento. La regulación migratoria también representa una barrera, ya que muchos emprendedores no tienen documentos actualizados para acceder a financiamiento y otros beneficios. Este panorama se refleja en el estudio de la Oficina de la OIT para los Países Andinos (2020), que revela que, a pesar de la experiencia empresarial de algunos migrantes venezolanos, solo el 0,5% de los entrevistados en Ecuador logró formalizar su emprendimiento, en contraste con los 46 que lo hicieron en Venezuela. Este dato resalta las barreras burocráticas y la dificultad para acceder a recursos que enfrentan los emprendedores migrantes.

El fomento de emprendimientos productivos constituye una estrategia fundamental para fortalecer la inclusión económica de la población migrante y residente en la frontera sur dentro del marco del Proyecto PROSALUD. En este sentido, Calderón et al. (2016) destacan en su investigación sobre los desafíos de Ecuador para el cambio estructural con inclusión social la importancia de promover mecanismos de financiamiento para el emprendimiento. Un ejemplo de estas iniciativas es el concurso “Liga de Emprendedores”, lanzado en 2014 por la Corporación Financiera Nacional (CFN) con el objetivo de fomentar proyectos innovadores a través de financiamiento no reembolsable. En su primera edición, con un fondo de \$10,000 aportado por la Corporación Andina de Fomento (CAF), se seleccionaron 21 proyectos, de los cuales tres resultaron ganadores. Los emprendimientos galardonados incluyeron una solución tecnológica para porteros eléctricos, materiales reciclados para superficies expuestas a la humedad y la comercialización de aceite de coco. En 2015, la segunda edición del concurso contó con un incremento en los fondos disponibles, alcanzando los \$107,000 gracias a la participación de la empresa privada, lo que permitió aumentar significativamente los premios otorgados (CFN, 2015).

De acuerdo a los resultados de la evaluación financiera de los proyectos investigados, respecto al Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), se considera una tasa de descuento del 15%, que representa no solo el costo de oportunidad del capital, sino también el riesgo asociado a la inversión en emprendimientos. La función de esta tasa es descontar los flujos de efectivo futuros a su valor presente, en un contexto de incertidumbre y condiciones de mercado dinámicas; al igual que lo menciona Guerra (2022), el VAN del proyecto de la carnicería “El Torito” fue de USD \$57.262,08. Dado que este valor es positivo, se interpreta que el proyecto es financieramente viable. Además, la TIR alcanzó el 30,30%, superando significativamente la Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TREMA); así también en el caso analizado por Palacios (2024), correspondiente al proyecto de una panadería, los resultados también reflejan viabilidad financiera. El VAN fue de USD \$45.643,69, mientras que la TIR fue de 68,41%. No obstante, es importante destacar que esta TIR; Por su parte, en el proyecto del restaurante, el cálculo de la TIR arrojó un 50%, lo cual indica una tasa de rendimiento atractiva y aceptable para la implementación del negocio. Asimismo, el VAN fue estimado en USD \$12.359,14, utilizando una tasa de descuento del 8,80%. Al ser positivo, este resultado también respalda la factibilidad económica del proyecto.

Los resultados obtenidos en todos los casos permiten a los emprendedores contar con información objetiva y cuantitativa sobre la rentabilidad de sus inversiones. La comparación entre el VAN, la TIR y R B/C frente a las tasas de referencia (descuento, TREMA o costo de oportunidad) es crucial para fundamentar decisiones estratégicas relacionadas con el financiamiento, la gestión de recursos y la implementación operativa de los negocios; Por lo tanto, el análisis financiero mediante el VAN, la TIR y R B/C se constituye en una herramienta clave para evaluar la viabilidad y sostenibilidad de los emprendimientos. Además, permite identificar áreas críticas que requieren ajustes, como la eficiencia en procesos, la inversión en



infraestructura o las estrategias de mercado, asegurando así una adecuada planificación financiera a largo plazo.

Es así que, mediante un enfoque participativo que integró diversas etapas como el diagnóstico situacional, la selección de emprendimientos con potencial de desarrollo y un proceso de capacitación técnica y empresarial, se avanzó en la formulación de planes de negocio completos. Como resultado de este proceso, se diseñaron cuatro estudios de mercado y sus respectivas estrategias de comercialización, ajustadas a las características y necesidades de cada iniciativa seleccionada. Cada uno de estos proyectos incluyó un análisis detallado de viabilidad, incorporando herramientas clave como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio costo (R B/C), lo que permitió evaluar objetivamente la rentabilidad esperada y el nivel de riesgo asociado. Estos indicadores financieros fueron aplicados dentro de planes de negocio estructurados, que consideraron proyecciones de ingresos y egresos, análisis de sensibilidad y estimaciones del punto de equilibrio. De esta forma, los estudios elaborados no solo permitieron validar la factibilidad económica y financiera de los emprendimientos, sino que también ofrecieron una hoja de ruta clara para su implementación sostenible. En consecuencia, los emprendedores cuentan ahora con herramientas técnicas sólidas para la toma de decisiones estratégicas, la búsqueda de financiamiento y la consolidación de sus iniciativas en el mercado.

### Conclusiones

El Proyecto PROSALUD – Frontera Sur tiene como objetivo mejorar las oportunidades laborales en las zonas fronterizas del Ecuador, fomentando la producción asociativa entre personas en situación de movilidad y las comunidades locales. Aunque los emprendimientos cuentan con fortalezas, como personal calificado y productos diferenciados, enfrentan desafíos significativos, como la falta de recursos y trámites legales complejos. El análisis FODA resalta la necesidad de diseñar estrategias personalizadas para garantizar la sostenibilidad y maximizar el impacto económico en la región.

A través de inversiones clave y un fuerte enfoque en la formalización, el Proyecto PROSALUD ha logrado fortalecer los emprendimientos en estas áreas, destacándose la capacitación proporcionada por el Instituto de Economía Popular y Solidaria y la colaboración con la Universidad Nacional de Loja. Este apoyo ha sido crucial para la legalización de asociaciones productivas, como la Asociación Biotienda Macará, mejorando su infraestructura y contribuyendo al crecimiento económico local y a la sostenibilidad de los proyectos.

Aunque persisten limitaciones en recursos e infraestructura, los resultados del análisis financiero indican que los emprendimientos son viables y rentables a largo plazo. Con sólidos valores de VAN, TIR y R B/C de acuerdo a los flujos de caja proyectados, y la implementación de estrategias comerciales efectivas, los proyectos no solo generarán beneficios económicos, sino que también impulsarán el empleo y el desarrollo económico local, promoviendo una economía más inclusiva y sostenible en la región fronteriza.

La Universidad Nacional de Loja propone el proyecto denominado Fortalecimiento al sector emprendedor de la provincia de Loja y cantón Huaquillas, en el uso de herramientas de gestión para su posicionamiento en el mercado, que ofrecerá asesoramiento administrativo, contable y tributario, además de impulsar productos innovadores con estrategias de marketing digital, para mejorar la competitividad y el posicionamiento en el mercado.

### Reconocimientos y Declaraciones

El presente trabajo de investigación es con el aporte de la Universidad Nacional de Loja, el Ministerio de Salud Pública del Ecuador y el Fondo Ítalo Ecuatoriano para el Desarrollo Sostenible (FIEDS) quienes brindaron apoyo institucional, técnico y financiero brindado en el marco del Proyecto PROSALUD. De igual forma, se reconoce la colaboración del Instituto Nacional de Economía Popular y Solidaria (IEPS) y de los emprendedores y comunidades de Huaquillas y Macará, cuya participación activa resultó fundamental para el desarrollo de los emprendimientos productivos analizados.

Los autores declaran que, en la elaboración del presente artículo, se ha utilizado herramientas de IA como ChatGPT versión 4o mini, para mejorar la reacción de ciertas ideas de la introducción.

### Referencias

- Angheluță, P., Oancea, M., Diaconu, A. y Dima, C. (2020). Dynamics of establishment of the enterprises and the entrepreneurship in Romania. *European Journal of Sustainable Development*, 9(3), 116-126. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2020.v9n3p116>
- Arias, C., Juan, A. y Colque, Q., Lucio, W. (2024). Actuales tendencias globales sobre estrategias para el fomento de habilidades de emprendimiento en estudiantes de educación secundaria y superior. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 14(28), e652. Epub 11 de noviembre de 2024. <https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.1881>
- Audretsch, DB, Belitski, M. Ecosistemas emprendedores en las ciudades: estableciendo las condiciones marco. *Journal of Technology Transfer*. 42, 1030–1051 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9473-8>
- Calderón, Á., Dini, M., y Stumpo Editores, G. (2016). *Los desafíos del Ecuador para el cambio estructural con inclusión social*. Editorial CEPAL. <https://n9.cl/9gkrb>
- Dillard, J. P. (2020). Currents in the study of persuasion. In M. B. Oliver, A. A. Raney, y J. Bryant (Eds.), *Media effects: Advances in theory and research* (4th ed., pp. 115–129). Routledge.
- GEM Report Highlights 25 Years of Progress in Women's Entrepreneurship. (2024). *GEM Global Entrepreneurship Monitor*; GEM. <https://n9.cl/hvv84a>
- Grady, J. S., Her, M., Moreno, G., Perez, C., y Yelinek, J. (2019). Emotions in storybooks: A comparison of storybooks that represent ethnic and racial groups in the United States. *Psychology of Popular Media Culture*, 8(3), 207–217. <https://doi.org/10.1037/ppm0000185>
- Jackson, L. M. (2019). *The psychology of prejudice: From attitudes to social action* (2nd ed.). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0000168-000>
- Kloosterman, R. C. (2010). Matching opportunities with resources: A framework for analysing (migrant) entrepreneurship from a mixed embeddedness perspective. *Entrepreneurship and Regional Development*, 22(1), 25–45. <https://doi.org/10.1080/08985620903220488>.
- Kumar, R.K., Pasumarti, S.S., Figueiredo, R.J. et al. (2024). Innovation dynamics within the entrepreneurial ecosystem: a content analysis-based literature review. *Humanit Soc Sci Commun* 11, 366. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02817-9>
- Lasio, V., Paula, Espinosa, M., Amaya, A., Sarango, P., y Mahauad, M. (2024). *Global Entrepreneurship Monitor Ecuador 2023/2024*. Ediloja Cía. Ltda. SSN 1390-3047 <https://n9.cl/add7z>
- Malach, Josef & Kristová, Kateřina. (2017). The Impact of School Education and Family Environment on Pupils' Entrepreneurial Spirit and Attitude to Entrepreneurship. *New Educational Review*. 49(3). 101-114. DOI: 10.15804/ner.2017.49.3.08

- Meneses, C. (2021). Emprendimiento juvenil en Colombia: tendencias y desafíos. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 19(36). <https://doi.org/10.18270/cuaderlam.v19i36.3718>
- Morakinyo, A., & Akinsola, O. (2019). Leadership and Entrepreneurship Education as a Strategy for Strengthening Youth Community Engagement in Nigeria: Lessons Learnt From Jumpstart Project. *International Journal of Entrepreneurship*, 23(1S). <https://bit.ly/3CVgRg7>
- Mosquera, R., Xavier, A., Espinoza, A., Carla, P. y Townsend, V., José (2024). Innovación y Emprendimiento en Ecuador: Tendencias y Factores Impulsores de Desarrollo Empresarial, período 2018-2022. *Revista Científica Ciencia y Tecnología Vol 24 No 41*. ISSN: 1390-6321. <https://n9.cl/270z1>
- OIT Países Andinos (2020). *Sectores económicos con potencial para la inclusión laboral de migrantes y refugiados venezolanos en Quito y Guayaquil*. <https://n9.cl/mlwoq>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., y Lucio, M. P. B. (2017). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Stuster, J., Adolf, J., Byrne, V., y Greene, M. (2018). *Human exploration of Mars: Preliminary lists of crew tasks* (Report No. NASA/CR-2018-220043). National Aeronautics and Space Administration. <https://n9.cl/v8h2g>
- U.S. Census Bureau. (n.d.). *The U.S. and world population clock*. U.S. Department of Commerce. Retrieved January 9, 2020, from <https://www.census.gov/popclock/>
- World Health Organization. (2018, May 24). *The top 10 causes of death*. <https://n9.cl/d701o>

## Incidencia de la Recaudación Fiscal en el Presupuesto General del Estado ecuatoriano, período 2013-2023

### Incidence of tax collection in the Ecuadorian General State Budget, period 2013-2023

Lucy Adriana Puchaicela Quezada<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2695-4545>,  
Gina Judith Manchay Reyes<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5073-5430>, Paola Lizbeth Cabrera  
Rivera<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5524-5636>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador  
[lucy.puchaicela@unl.edu.ec](mailto:lucy.puchaicela@unl.edu.ec), [gina.manchay@unl.edu.ec](mailto:gina.manchay@unl.edu.ec),  
[paola.cabrera@unl.edu.ec](mailto:paola.cabrera@unl.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/06/04  
Aceptado: 2025/09/04  
Publicado: 2025/12/15

#### Resumen

La relación entre la recaudación fiscal y la planificación presupuestaria en Ecuador ha sido clave para la estabilidad fiscal del país. La investigación tuvo como objetivo determinar la incidencia de la recaudación fiscal en el Presupuesto General del Estado ecuatoriano, período 2013-2023. Periodos en los cuales, los ingresos fiscales mostraron una tendencia mayormente creciente, aunque con caídas en 2016 y 2020 debido a la crisis petrolera y la pandemia de COVID-19. Los impuestos más relevantes en la recaudación fueron el Impuesto al Valor Agregado (IVA) y el Impuesto a la Renta, mientras que la informalidad económica y la dependencia de los ingresos petroleros representaron desafíos para la sostenibilidad del presupuesto del estado. Mediante un análisis basado en métodos inductivo, deductivo, estadístico analítico y correlacional, se identificó que los ingresos fiscales permanentes tienen una relación significativa con el Presupuesto General del Estado, mientras que los ingresos no permanentes influyen en menor medida. A pesar del crecimiento en la recaudación, el déficit fiscal continuó siendo un problema estructural, lo que evidencia la necesidad de diversificar las fuentes de financiamiento del Estado y mejorar la eficiencia de la administración tributaria. Se concluye que la optimización del sistema fiscal requiere una actualización de la matriz de incentivos tributarios, el fortalecimiento de los mecanismos de control y la promoción de una cultura de cumplimiento tributario. Estas medidas permitirían incrementar la recaudación, reducir la evasión fiscal y garantizar una asignación más eficiente de los recursos públicos para el desarrollo sostenible del país.

**Sumario:** Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** Puchaicela, L., Manchay, G. & Cabrera, P. (2025). Incidencia de la Recaudación Fiscal en el Presupuesto General del Estado ecuatoriano, período 2013-2023. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 224-242. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1333>

**Palabras clave:** Administración tributaria; Evasión fiscal; Ingresos tributarios; Sostenibilidad fiscal.

### Abstract

The relationship between tax collection and budget planning in Ecuador has been key to the country's fiscal stability. The objective of this research was to determine the impact of tax collection on Ecuador's General State Budget during the period 2013–2023. During these years, tax revenues showed a generally upward trend, although there were declines in 2016 and 2020 due to the oil crisis and the COVID-19 pandemic. The most relevant taxes in terms of revenue were the Value Added Tax (VAT) and the Income Tax, while economic informality and dependence on oil revenues posed challenges to the sustainability of the state budget. Through an analysis based on inductive, deductive, statistical-analytical, and correlational methods, it was identified that permanent tax revenues have a significant relationship with the General State Budget, while non-permanent revenues have a lesser impact. Despite the growth in tax collection, the fiscal deficit remained a structural problem, highlighting the need to diversify the state's sources of funding and improve the efficiency of tax administration. It is concluded that optimizing the fiscal system requires updating the matrix of tax incentives, strengthening control mechanisms, and promoting a culture of tax compliance. These measures would help increase revenue, reduce tax evasion, and ensure a more efficient allocation of public resources for the sustainable development of the country.

**Keywords:** Tax administration; Tax evasion; Tax revenues; Fiscal sustainability.

### Introducción

El Sistema Fiscal tiene la finalidad de financiar las actividades del gobierno y del sector público, en el mundo surge el menester en el Estado de cubrir las necesidades de la población y por ello debe buscar la forma de generar mayores recursos económicos para así satisfacer las mismas. Por eso, el gobierno estipula diversos impuestos que se encuentran clasificados por la fuente de adquisición, gestión y utilización de los recursos gubernamentales, es decir, los caudales sobre los cuales el Estado tiene dominio para que se puedan llevar a cabo las diferentes actividades que ayuden a alcanzar sus objetivos (González, A., & Delgado, B, 2019).

En el caso del Ecuador, la relación entre la recaudación fiscal y el Presupuesto General del Estado (PGE) ha sido un tema de constante análisis, especialmente en el período comprendido entre 2013 y 2023, marcado por fluctuaciones económicas, cambios en la política tributaria y desafíos estructurales en la administración pública. Este artículo tiene como objetivo analizar la incidencia de la recaudación fiscal en la formulación y ejecución del PGE durante este período, identificando los principales factores que han influido en su desempeño y proponiendo reflexiones para fortalecer la gestión fiscal en el país.

Durante la última década, el Ecuador ha enfrentado desafíos significativos en materia fiscal, derivados de la volatilidad de los precios del petróleo, la dependencia de los ingresos no tributarios y las limitaciones estructurales en la administración tributaria (Banco Central del Ecuador, 2022). Los autores Velasco, Troncoso y Morales (2025) señalan que "la sostenibilidad fiscal de un país está directamente ligada a su capacidad para recaudar impuestos de manera eficiente y equitativa" (p. 45). En este sentido, el análisis de la recaudación fiscal no solo permitió evaluar la eficacia de las políticas tributarias, sino también identificar áreas de mejora en la gestión pública.

El PGE, como herramienta de planificación financiera, refleja las prioridades del gobierno en términos de gasto público y asignación de recursos. Sin embargo, su efectividad depende en gran medida de la disponibilidad de ingresos fiscales. En el contexto ecuatoriano, la dependencia de los ingresos petroleros ha sido un factor determinante en la estructura del PGE.

Según datos del Ministerio de Economía y Finanzas (2023), durante el período 2013-2023, los ingresos petroleros representaron en promedio el 25% de los ingresos totales del Estado, lo que ha generado vulnerabilidades frente a los ciclos económicos internacionales.

Además, la informalidad económica ha sido un obstáculo significativo para la recaudación fiscal en el Ecuador. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2022), el 60% de la población económicamente activa en el país se encuentra en el sector informal, lo que limita la base tributaria y reduce los ingresos potenciales del Estado. Este fenómeno no solo afecta la capacidad recaudatoria, sino que también genera inequidades en el sistema tributario, ya que una proporción significativa de la población no contribuye de manera proporcional a sus ingresos.

Un aspecto crítico en el análisis de la recaudación fiscal en Ecuador es la relación del Presupuesto General del Estado y la variabilidad en los ingresos fiscales, influenciada tanto por factores internos como externos, lo que ha generado dificultades en la planificación presupuestaria y en la asignación eficiente de recursos. A pesar de los esfuerzos por mejorar la recaudación, persiste un vacío sobre cómo estos ingresos influyen en la gestión del presupuesto estatal, particularmente en términos de su impacto en el déficit fiscal y la sostenibilidad financiera del Estado.

Esta brecha de conocimiento es particularmente relevante en el contexto de la creciente necesidad de políticas públicas efectivas y equitativas que respondan a las demandas de una población diversa y en crecimiento. La falta de una comprensión precisa y actualizada del impacto de la recaudación de impuestos en los presupuestos gubernamentales limita la capacidad de formular políticas que optimicen la gestión de los recursos públicos y promuevan un desarrollo inclusivo y sostenible.

Los hallazgos de este estudio resaltan la importancia de la recaudación fiscal como pilar del financiamiento del Presupuesto General del Estado en Ecuador. Sin embargo, también se identificaron desafíos clave, como la evasión fiscal y la dependencia de ingresos temporales, que afectan la estabilidad del sistema. En este sentido, para alcanzar una sostenibilidad fiscal real, es crucial fomentar una cultura de cumplimiento entre los ciudadanos. La investigación demuestra que la recaudación fiscal es vital para el funcionamiento del Estado y la entrega de servicios fundamentales, pero para asegurar un futuro económico más sólido y duradero, Ecuador debe adoptar políticas fiscales más inclusivas, diversificar sus fuentes de ingresos y reforzar la fiscalización, garantizando así que todos los ciudadanos contribuyan de manera justa.

En 2013, Ecuador se benefició de un entorno económico favorable, impulsado por el aumento de los precios del petróleo y una mayor inversión pública. Durante ese año, la recaudación tributaria alcanzó un récord de 12.758 millones de dólares, con un crecimiento nominal del 13,3% respecto al año anterior. El Impuesto a la Renta creció un 16%, siendo uno de los principales motores de la recaudación, seguido por el IVA, que junto con otros impuestos financian proyectos clave en infraestructura, salud y educación. Sin embargo, el aumento del gasto público generó preocupaciones por un déficit fiscal creciente. A pesar de la mejora en la



recaudación, la dependencia del petróleo fue identificada como un riesgo a largo plazo, señalando la necesidad de mejorar la eficiencia en la administración tributaria y diversificar las fuentes de ingresos para una mayor sostenibilidad fiscal (Servicio de Rentas Internas, 2013).

En 2014, la caída de los precios del petróleo impactó negativamente los ingresos fiscales de Ecuador. A pesar de las reformas fiscales implementadas, incluyendo incrementos en impuestos al consumo, los ingresos no lograron compensar la pérdida petrolera, lo que agravó el déficit fiscal. El Banco Central del Ecuador (2022) señaló que es fundamental diversificar la economía y ajustar las políticas fiscales para garantizar la sostenibilidad financiera. Además, el gobierno priorizó sectores críticos como salud y educación, enfrentando el reto de equilibrar la inversión social con la estabilidad fiscal.

Para el 2015 fue un año difícil para Ecuador, con una caída más pronunciada en los ingresos fiscales debido a la disminución de los precios del petróleo. La CEPAL (2015) alertó sobre la insuficiencia de los ingresos fiscales para cubrir las necesidades básicas, lo que obligó al gobierno a recortar el gasto público y aplicar medidas de austeridad, estos ajustes afectaron a sectores clave, lo que generó descontento social. La recomendación principal fue diversificar la economía y replantear el enfoque fiscal, buscando nuevas fuentes de ingresos y fortaleciendo la administración tributaria.

En 2016, la crisis económica persistió con una notable contracción en la recaudación fiscal debido a la desaceleración económica y la disminución de ingresos petroleros. Mejía y Segovia (2022) destacaron que el déficit fiscal alcanzó niveles críticos, lo que obligó al gobierno a adoptar medidas de austeridad y priorizar el gasto en sectores sociales esenciales. Además, resaltaron la urgencia de implementar reformas estructurales y ampliar la base tributaria para mejorar la eficiencia fiscal y reducir la dependencia del petróleo.

En 2017, la economía comenzó a mostrar signos de recuperación moderada, impulsada por el aumento de los precios del petróleo y la implementación de reformas tributarias. La CEPAL (2017) reconoció que, aunque la recaudación fiscal se estabilizó, el gasto público seguía siendo alto, lo que mantenía el déficit fiscal como un desafío, la diversificación de la base tributaria y la reducción de la dependencia del petróleo continuaron siendo prioridades para garantizar la sostenibilidad fiscal.

En 2018, la recaudación fiscal aumentó gracias a la recuperación económica y los precios más altos del petróleo. Por otro lado, los autores Villón-Ramírez y Estefano-Almeida (2025) analizaron reformas tributarias implementadas en Ecuador durante los años posteriores, destacando que medidas como la ampliación de la base tributaria, ajustes en deducciones y exenciones, y el fortalecimiento de la fiscalización contribuyeron a mejorar la eficiencia recaudatoria. No obstante, el gasto público en inversión social e infraestructura continuó siendo elevado, lo que mantuvo los déficits fiscales. Los autores concluyen que, si bien las reformas representaron un avance hacia un sistema tributario más moderno, su sostenibilidad depende de consolidar la política fiscal y equilibrar equidad tributaria con crecimiento económico.

En 2019, la desaceleración económica afectó la recaudación fiscal, que se mantuvo estable, pero sin grandes incrementos. La CEPAL (2019) señaló que la incertidumbre política redujo la confianza de los inversores y afectó la actividad económica, para el 2020, la pandemia de COVID-19 tuvo un impacto devastador en la economía ecuatoriana y la recaudación fiscal cayó drásticamente debido a la paralización de la actividad económica, mientras que el gasto público aumentó debido a la emergencia sanitaria y social. La CEPAL (2020) destacó que el

déficit fiscal alcanzó niveles históricos, lo que acentuó la necesidad de diversificación económica y de mejorar la gestión fiscal para asegurar una recuperación sostenible.

En 2021, Ecuador empezó a mostrar signos de recuperación económica tras los efectos de la pandemia. Los ingresos tributarios aumentaron lentamente, pero el gasto público seguía siendo alto debido a los programas de asistencia social. Castañeda Gamarra (2019) recomendó que el gobierno implementara reformas fiscales para mejorar la eficiencia recaudatoria y lograr un equilibrio entre el gasto público y la sostenibilidad fiscal a largo plazo. En 2022, la recaudación fiscal creció debido a la recuperación económica y al aumento de los precios del petróleo.

Mejía y Segovia (2022) destacaron los esfuerzos del gobierno por diversificar la base tributaria y mejorar la gestión fiscal. Sin embargo, el déficit fiscal siguió siendo una preocupación debido al alto nivel de gasto público, y la necesidad de mantener un equilibrio entre la inversión en áreas esenciales y el control del gasto se volvió crucial para garantizar la sostenibilidad de las finanzas públicas.

Para 2023, las expectativas de crecimiento moderado en la recaudación tributaria fueron confirmadas, aunque la CEPAL (2023) advirtió sobre los desafíos que presenta el contexto global y local, especialmente en términos de diversificación económica y reducción de la dependencia del petróleo. A pesar de los avances en la gestión fiscal, la consolidación de la política fiscal y la sostenibilidad financiera siguen siendo prioridades clave para el gobierno ecuatoriano.

### **Materiales y Métodos**

La metodología de esta investigación se diseñó para brindar un análisis minucioso respecto a la incidencia que tiene la recaudación fiscal en el Presupuesto General del Estado ecuatoriano, el enfoque es de carácter mixto dado que se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo para obtener una visión integral y detallada de las variables objeto de estudio.

#### **Diseño de la investigación**

El diseño utilizado fue de tipo no experimental ya que no existió manipulación sobre la información de las variables y se estudió las mismas en su contexto.

#### **Métodos de la investigación**

Los métodos utilizados para el desarrollo de la investigación fueron:

- **Inductivo:** Se recolectó la información y datos de la recaudación de la recaudación fiscal del periodo 2013-2023 desde la base de datos estadísticas generales de recaudación para evidenciar y analizar la incidencia de la normativa en la recaudación.
- **Deductivo:** Permitió realizar un análisis detallado tanto del objeto como de las prácticas relacionadas con la recaudación tributaria y el Presupuesto General del Estado ecuatoriano.
- **Estadístico:** Constituyó la base para el análisis los datos estadísticos, datos fueron procesados y representados estadísticamente para interpretar los ingresos tributarios.

- **Analítico:** Fue empleado para estudiar las variables económicas relacionadas con las variables y analizar los factores que influyeron en estos ingresos para obtener conclusiones y formular recomendaciones.
- **El método correlacional:** Se lo aplicó con el objetivo de determinar la relación entre la recaudación fiscal y el Presupuesto General del Estado. Este análisis permitió identificar si dicha relación era directa o inversa, y facilitó la identificación de posibles causas y cambios que podrían mejorar la recaudación, a través de un manual de incentivos tributarios.

### **Técnicas de investigación**

Las técnicas empleadas dentro de la investigación fueron:

- **Observación,** aplicada en los datos obtenidos de Recaudaciones dentro del Servicio de Rentas Internas, el Banco Central del Ecuador y del Ministerio de Economía y Finanzas.
- **La revisión bibliográfica,** se la utilizó a fin de recaudar información alrededor de las variables de Recaudación Tributaria y Presupuesto General del Estado y orientar la propuesta de actualización al manual.
- **Se empleo la técnica estadística de Pearson,** por la naturaleza cuantitativa de las variables como eran los ingresos fiscales permanentes, no permanentes y el ingreso total del Presupuesto General del Estado, el cual permitió evaluar la relación lineal entre ellas. Este método resultó pertinente al permitir contrastar la hipótesis de asociación directa entre recaudación fiscal y comportamiento presupuestario. Su aplicación facilitó una interpretación clara de los resultados, útil para audiencias técnicas e institucionales. Además, al tratarse de variables continuas expresadas en unidades monetarias, se cumplió con los requisitos estadísticos del modelo. Así mismo, aportó legitimidad metodológica al estudio, al estar validado en investigaciones económicas, en conjunto, permitió sustentar el vínculo entre recaudación y planificación estatal.
- **No obstante,** el coeficiente de Pearson presentó limitaciones que fueron consideradas para evitar interpretaciones erróneas. Su sensibilidad a valores atípicos afectó la estabilidad de los resultados en años con eventos extraordinarios. Además, al asumir una relación estrictamente lineal, no permitió captar asociaciones no lineales relevantes. Se reconoció que la correlación obtenida no implicaba causalidad, por lo que se evitó atribuir efectos directos entre variables. El método supuso que las variables tuvieran una distribución aproximadamente normal, lo cual no se verificó formalmente. Estas limitaciones fueron abordadas en la interpretación de resultados.

### **Procesamiento de datos**

Para el procesamiento de datos se utilizó recursos como Excel, el cual permitió la elaboración de las tablas y figuras del análisis de la recaudación fiscal, el Presupuesto General del Estado y la correlación entre estos.

### Resultados y Discusión

Luego de realizar el análisis correspondiente respecto al tema “Incidencia de la recaudación fiscal en el Presupuesto General del Estado ecuatoriano, período 2013-2023”, se consideró la recaudación tributaria en los periodos 2013-2023 en donde se obtuvo:

**Tabla 1**

*Recaudación tributaria bruta periodo 2013-2023*

AÑO	RECAUDACIÓN TRIBUTARIA	VARIACIÓN (\$)	VARIACIÓN PORCENTUAL
2013	12.757.722,14	-	-
2014	13.616.817,19	859.095,05	6,73%
2015	14.341.206,51	724.389,32	5,32%
2016	13.387.527,66	-953.678,85	-6,65%
2017	13.679.642,54	292.114,88	2,18%
2018	15.143.709,92	1.464.067,38	10,70%
2019	14.268.759,02	-874.950,90	-5,78%
2020	12.381.844,58	-1.886.914,44	-13,22%
2021	13.976.157,53	1.594.312,95	12,88%
2022	16.614.723,97	2.638.566,44	18,88%
2023	17.419.676,81	804.952,84	4,84%

Entre 2013 y 2023, la recaudación tributaria de Ecuador experimentó fluctuaciones significativas. En 2013, la recaudación fue de \$12.757.722,14, y en 2014 aumentó en \$859.095,05, alcanzando los \$13.616.817,19. Este crecimiento continuó en 2015 con un incremento de \$724.389,32, alcanzando los \$14.341.206,51, gracias a la mejora en la eficiencia recaudatoria y la administración fiscal. Sin embargo, en 2016, debido a la caída de los precios del petróleo, la recaudación disminuyó un 6,65% (\$953.678,85), bajando a \$13.387.527,66.

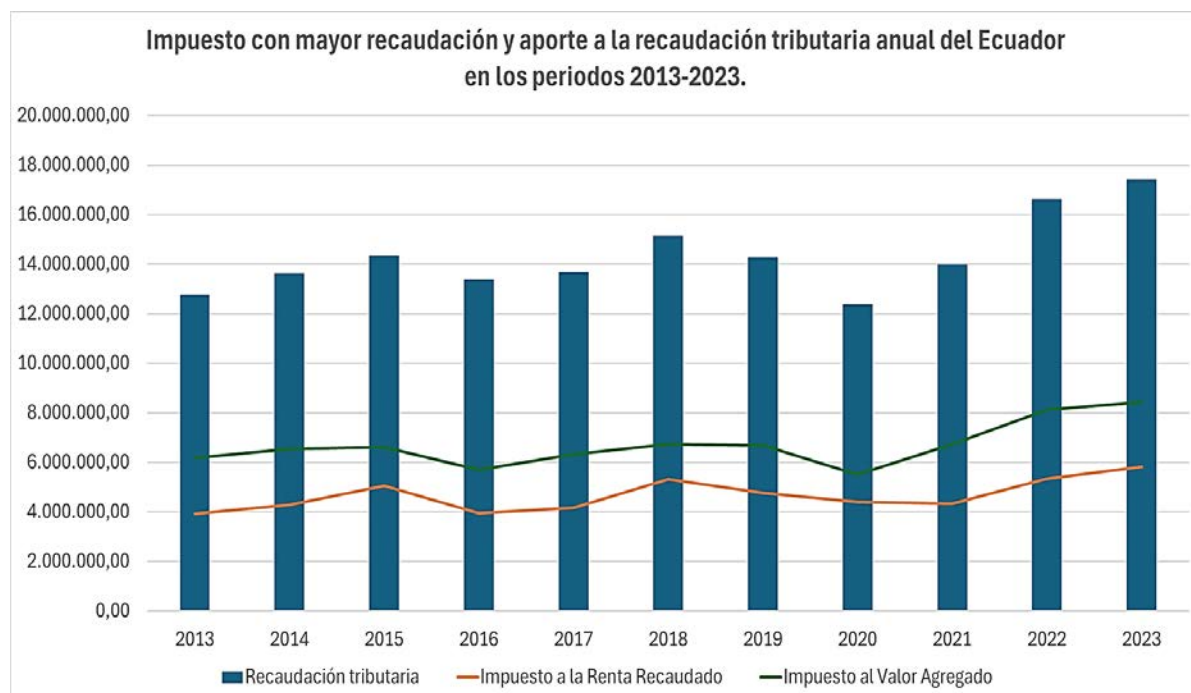
A partir de 2017, la recaudación comenzó a aumentar nuevamente, registrando un incremento de \$292.114,88, con un total de \$13.679.642,54. En 2018, el aumento fue más pronunciado, \$1.464.067,38, lo que elevó la recaudación a \$15.143.709,92. Este crecimiento se debió a políticas tributarias como la Ley Orgánica para el fomento productivo, que incluía una amnistía tributaria y ajustes en el Impuesto a la Renta. En 2019, la recaudación disminuyó \$874.950,90, cayendo a \$14.268.759,02, lo que puede atribuirse a la desaceleración económica global y los efectos de la pandemia.

En 2020, el impacto de la crisis sanitaria fue aún más evidente, con una caída de \$1.886.914,44 (-13,22%), resultando en \$12.381.844,58. La menor actividad económica y la capacidad de pago reducida afectaron la recaudación.

En 2021, la recaudación mostró una recuperación significativa, aumentando en \$1.594.312,95, lo que representó un crecimiento del 12,88%, alcanzando los \$13.976.157,53. En 2022, la recuperación continuó con un aumento de \$2.638.566,44, sumando \$16.614.723,97, impulsada por políticas económicas postpandemia. Finalmente, en 2023, la recaudación creció en \$804.952,84, alcanzando los \$17.419.676,81, lo que reflejó una estabilización económica en el país.

**Figura 1***Recaudación tributaria periodo 2013-2023*

Considerando estos datos de la recaudación durante el periodo 2013-2023, es necesario considerar que impuestos son los que mantienen mayor participación dentro de la recaudación tributaria anual.

**Figura 2***Impuesto con mayor recaudación tributaria periodo 2013-2023*

Para el análisis de considera los principales impuestos como lo son el Impuesto a la Renta y el Impuesto al Valor Agregado.

De igual forma se analiza la variable del Presupuesto General del Estado ecuatoriano durante el periodo 2013-2023, en donde se determinó la siguiente variación:

**Tabla 2**

*Variación en los ingresos del Presupuesto General del Estado, periodos 2013-2023*

<b>AÑO</b>	<b>INGRESOS</b>	<b>VARIACIÓN (\$)</b>	<b>VARIACIÓN PORCENTUAL</b>
<b>2013</b>	20.363.554,87	-	-
<b>2014</b>	20.076.040,00	-287.514,87	-1,41%
<b>2015</b>	27.499.660,00	7.423.620,00	36,98%
<b>2016</b>	20.685.130,00	-6.814.530,00	-24,78%
<b>2017</b>	23.546.590,00	2.861.460,00	13,83%
<b>2018</b>	25.122.090,00	1.575.500,00	6,69%
<b>2019</b>	24.186.750,00	-935.340,00	-3,72%
<b>2020</b>	23.702.920,00	-483.830,00	-2,00%
<b>2021</b>	24.164.070,00	461.150,00	1,95%
<b>2022</b>	24.114.610,00	-49.460,00	-0,20%
<b>2023</b>	23.662.130,00	-452.480,00	-1,88%

Entre 2013 y 2023, los ingresos fiscales de Ecuador fluctuaron considerablemente debido a factores económicos, políticos y sociales. En 2013, los ingresos fueron de 20,363.55 millones de dólares, y este año se estableció como base de comparación para las variaciones posteriores y para el año 2014 disminuyeron a 20,076.04 millones, debido a una desaceleración económica.

En 2015, los ingresos aumentaron significativamente a 27,499.66 millones de dólares por reformas fiscales y recuperación económica, sin embargo, para el 2016, cayeron a 20,685.13 millones debido a la crisis del petróleo, la baja en los precios internacionales y la reducción en las exportaciones.

A partir de 2017, la economía comenzó a estabilizarse, con ingresos de 23,546.59 millones, y en 2018, se alcanzaron 25,122.09 millones, mostrando una leve recuperación. En 2019, los ingresos disminuyeron a 24,186.75 millones por la inestabilidad política. En 2020, la pandemia redujo aún más los ingresos a 23,702.92 millones, pero en 2021 hubo una leve recuperación a 24,164.07 millones.

En 2022, los ingresos fueron estables en 24,114.61 millones y, en 2023, cayeron a 23,662.13 millones, reflejando desafíos persistentes en la economía, como la inflación y la caída de exportaciones.

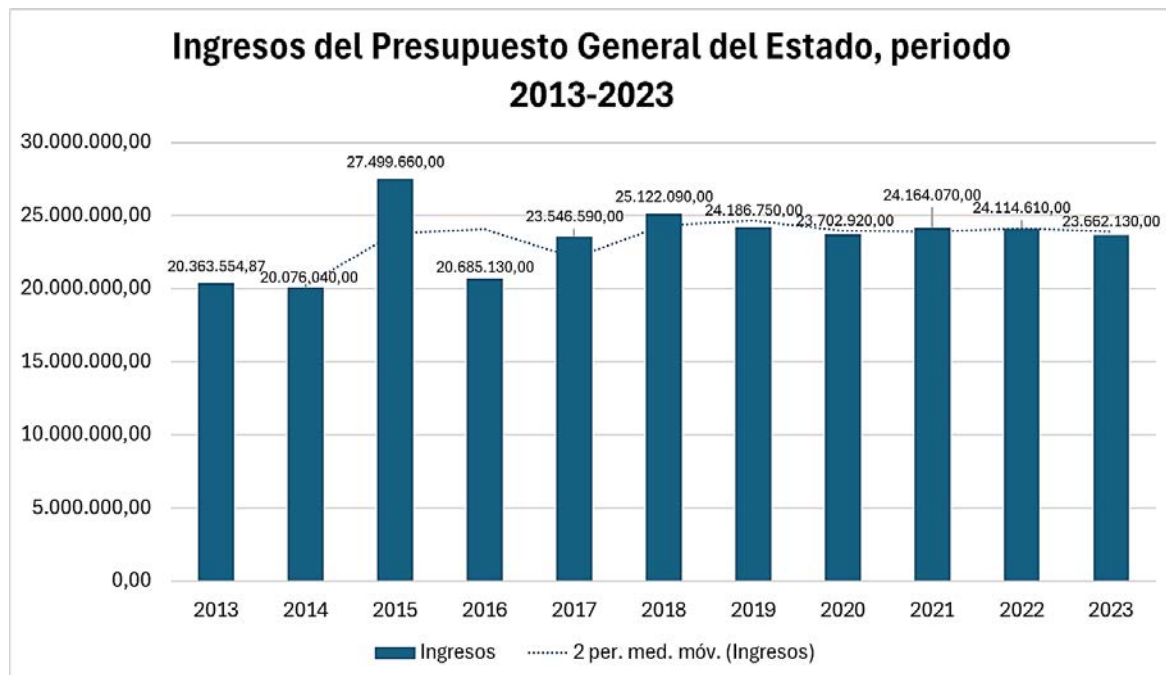
En resumen, los ingresos fiscales de Ecuador durante esta década estuvieron marcados por altas fluctuaciones debido a diversos factores internos y externos, incluyendo crisis económicas y políticas, así como los efectos de la pandemia.

Para la correlación entre las variables de recaudación fiscal y el Presupuesto General del Estado se utiliza el método de correlación de Pearson, en donde se establece como variable independiente a los ingresos totales que constituyen los ingresos totales del Presupuesto General del Estado y como variables dependientes a los ingresos no permanentes, los ingresos tributarios permanentes y otros ingresos permanentes.



**Figura 3**

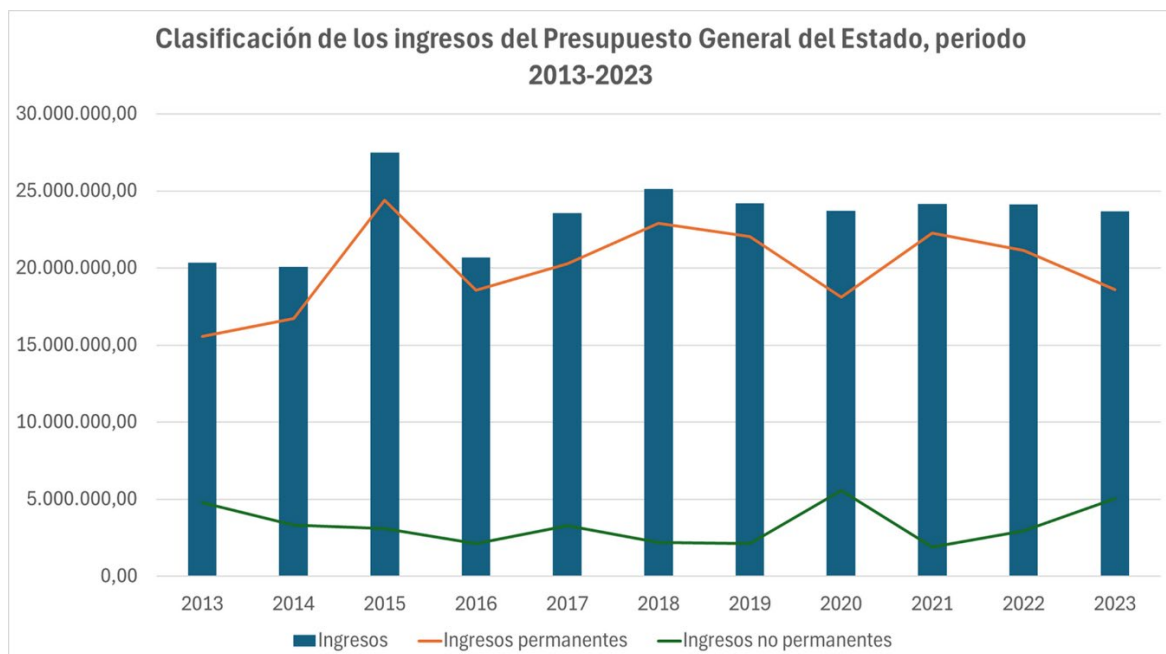
*Ingresos del Presupuesto General del Estado periodo 2013-2023*



Al considerar los ingresos del presupuesto es importante considerar la clasificación de estos:

**Figura 4**

*Ingresos del Presupuesto General del Estado periodo 2013-2023*



Al considerar estas variables y a fin de mostrar de una mejor manera como se relaciona el ingreso permanente y no permanente dentro del total de los ingresos que mantiene el Presupuesto del Estado, se establece de la Correlación de Pearson obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 3**  
*Correlación de Pearson*

		<b>INGRESO TOTAL</b>	<b>INGRESOS NO PERMANENTES</b>	<b>INGRESOS TRIBUTARIOS PERMANENTES</b>	<b>OTROS INGRESOS PERMANENTES</b>
<b>INGRESO TOTAL</b>	Correlación de Pearson	1	-0,185	0,369	0,705*
	Sig. (bilateral)		0,585	0,265	0,015
	N	11	11	11	11
<b>INGRESOS NO PERMANENTES</b>	Correlación de Pearson	-0,185	1	-0,071	-0,592
	Sig. (bilateral)	0,585		0,835	0,055
	N	11	11	11	11
<b>INGRESOS TRIBUTARIOS PERMANENTES</b>	Correlación de Pearson	0,369	-0,071	1	-0,234
	Sig. (bilateral)	0,265	0,835		0,489
	N	11	11	11	11
<b>OTROS INGRESOS PERMANENTES</b>	Correlación de Pearson	0,705*	-0,592	-0,234	1
	Sig. (bilateral)	0,015	0,055	0,489	
	N	11	11	11	11

La tabla indica la relación entre los tipos de ingresos y el ingreso total, estacando una correlación significativa entre el ingreso total y otros ingresos permanentes. Al aplicar esta técnica se considera a los ingresos totales como variable independiente y a los ingresos no permanentes, ingresos tributarios permanentes y otros ingresos permanentes como variables dependientes. En dónde:

**Ingresos totales e ingresos no permanentes:** Establece una correlación de Pearson de: -0.185 ( $p = 0.585$ ), lo que instituye una correlación negativa muy débil, casi nula. Con un p-valor alto (0.585), no es estadísticamente significativa, por lo que no hay evidencia suficiente para establecer que los ingresos totales están determinados por los ingresos no permanentes.

**Ingresos totales e ingresos tributarios permanentes:** Establece una correlación de Pearson de 0.369 ( $p = 0.265$ ), lo que denota una correlación positiva débil entre estas variables. El p-valor (0.265) es superior al nivel de significancia común (0.05), lo que indica que no es estadísticamente significativa, sugiere que los ingresos tributarios permanentes no determinan significativamente los ingresos totales.

**Ingresos totales y otros ingresos permanentes:** Establece una correlación de Pearson de 0.705 ( $p = 0.015$ ), lo que determina una correlación positiva fuerte entre estas variables. El p-valor (0.015) es menor al nivel de significancia común (0.05), lo que indica que esta relación es estadísticamente significativa, lo que sugiere que los otros ingresos permanentes tienen un impacto importante en los ingresos totales.

Para corroborar los datos de correlación a continuación se procede a realizar correlaciones lineales por cada variable considerando el siguiente modelo econométrico:

**Tabla 4***Estadísticos de cambio con ingresos tributarios permanentes*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	g 1	g 2	Sig. Cambio en F
1	0,369 <sup>a</sup>	0,136	0,040	2175587,53	0,136	1,416	1	9	0,265

R (Coeficiente de correlación): 0.369, indica una relación positiva débil entre los ingresos tributarios permanentes y los ingresos totales. Aunque existe cierta relación, no es lo suficientemente fuerte para considerarla determinante.

R cuadrado (Coeficiente de determinación): 0.136, solo el 13.6% de la variabilidad en los ingresos totales puede explicarse por los ingresos tributarios permanentes, lo cual indica que la mayor parte de la variabilidad de los ingresos totales se encuentra influida por otros factores.

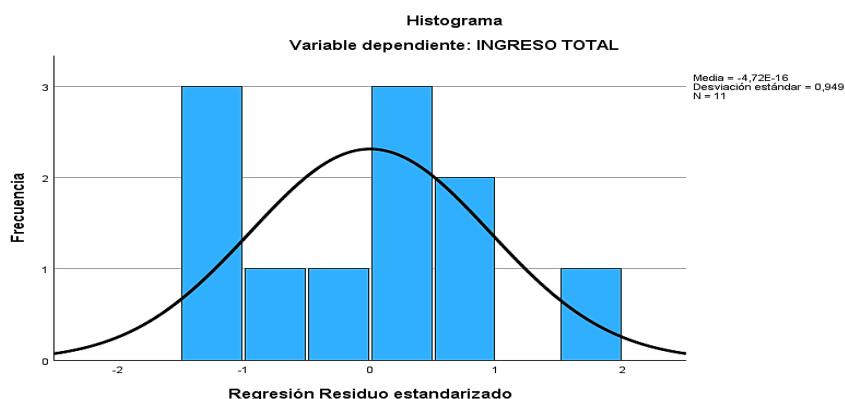
R cuadrado ajustado: 0.040, ajustado por el número de predictores y el tamaño de la muestra, el valor es más bajo que el R cuadrado original (4%), lo que sugiere que el modelo no es muy sólido para predecir los ingresos totales considerando únicamente esta variable independiente.

Error estándar de la estimación: 2,175,587.53, representa la magnitud promedio del error en las predicciones del modelo. Es un valor considerablemente alto, lo que indica que las predicciones realizadas por el modelo no son muy precisas.

Cambio en R cuadrado: tiene un valor de 0.136, lo cual muestra que el hecho de incluir esta variable independiente representa una mejora en el modelo en un 13.6%, pero no es un cambio sustancial.

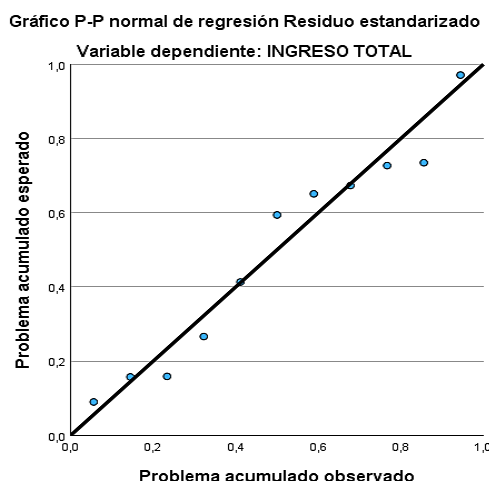
F-statistic: 1.416 (con  $p = 0.265$ ), este valor evalúa si la variable independiente (ingresos tributarios permanentes) tiene un impacto estadísticamente significativo sobre la variable dependiente (ingresos totales).

El valor  $p$  (0.265) es mayor al nivel de significancia típico constituido por 0.05, lo que significa que no existe una evidencia suficiente que incite a concluir que los ingresos tributarios permanentes son un predictor significativo de los ingresos totales.

**Figura 5***Histograma de la variable ingresos tributarios permanentes*

**Figura 6**

*Gráfico P-P normal de regresión de la variable ingresos tributarios permanentes*



Al realizar el análisis con la variable de otros ingresos permanentes se puede establecer lo siguiente:

**Tabla 5**

*Resumen del modelo de otros ingresos permanentes*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	g 1	g 2	Sig. Cambio en F
1	0,705 <sup>a</sup>	0,496	0,440	1660990,18	0,496	8,870	1	9	0,015

La tabla representa el modelo de regresión de otros ingresos permanentes, en donde, a. Predictores: (Constante), otros ingresos permanentes y b. Variable dependiente: ingreso total.

R (Coeficiente de correlación): 0.705, indica una relación positiva fuerte entre los otros ingresos permanentes y los ingresos totales. Esto sugiere que, a medida que aumentan los otros ingresos permanentes, los ingresos totales tienden a aumentar de manera considerable.

R cuadrado (Coeficiente de determinación): 0.496, el 49.6% de la variabilidad en los ingresos totales puede explicarse por los otros ingresos permanentes. Este valor es considerablemente alto, lo que demuestra que esta variable tiene un impacto importante en los ingresos totales.

R cuadrado ajustado: 0.440, ajustado por el número de predictores y el tamaño de la muestra, el valor disminuye ligeramente (44%), pero sigue indicando que el modelo es sólido.

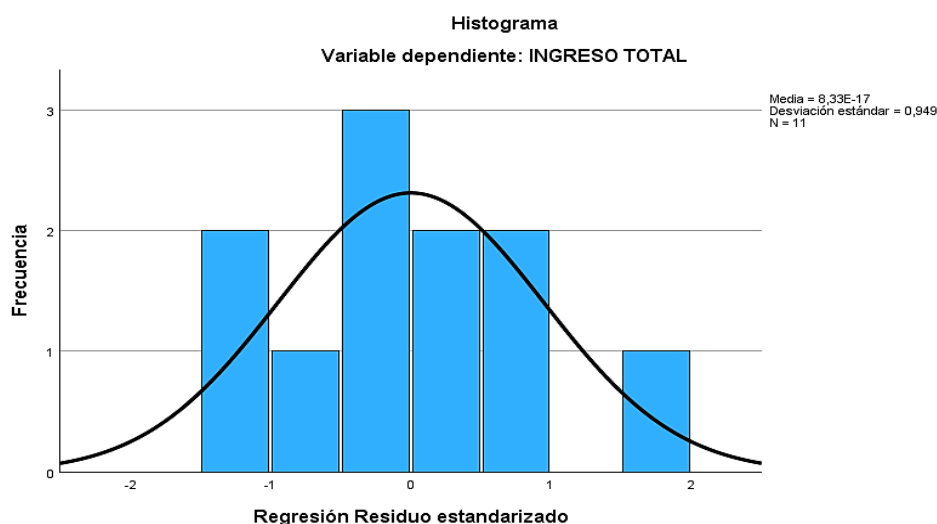
Error estándar de la estimación: 1,660,990.18, representa la magnitud promedio del error en las predicciones del modelo. Este error es menor en comparación con el modelo anterior (2,175,587.53), lo que indica que este modelo realiza predicciones más precisas.

Cambio en R cuadrado: 0.496, incorporar esta variable mejora sustancialmente el modelo, explicando el 49.6% de la variabilidad en los ingresos totales.

F-statistic: 8.870 (con  $p = 0.015$ ), este valor evalúa si la variable independiente tiene un impacto significativo sobre la variable dependiente, el valor  $p$  (0.015) es menor al nivel de significancia típico (0.05), lo que indica que los otros ingresos permanentes son un predictor estadísticamente significativo de los ingresos totales.

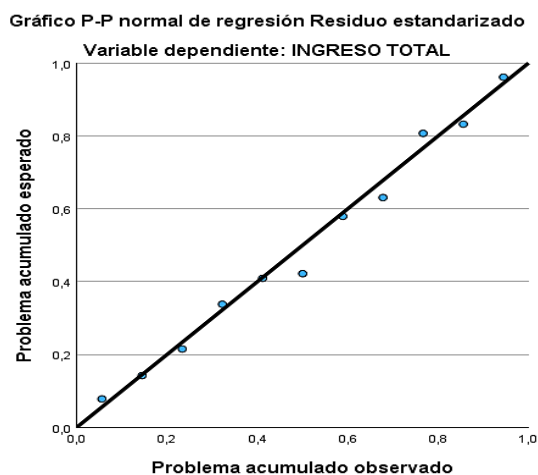
**Figura 7**

*Histograma de la variable otros ingresos permanentes*



**Figura 8**

*Gráfico P-P de la variable otros ingresos permanentes*



**Tabla 6**

*Resumen del modelo de ingresos no permanentes*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	g 1	g 2	Sig. Cambio en F
1	0,185 <sup>a</sup>	0,034	-0,073	2299901,15	0,034	0,320	1	9	0,585

La tabla representa el modelo de regresión de ingresos no permanentes, en donde, a. Predictores: (Constante), ingresos no permanentes y b. Variable dependiente: ingreso total.

R (Coeficiente de correlación): 0.185, indica una relación positiva extremadamente débil entre los ingresos no permanentes y los ingresos totales. Esta relación es casi inexistente y no sugiere un impacto significativo.

R cuadrado (Coeficiente de determinación): 0.034, solo el 3.4% de la variabilidad en los ingresos totales puede explicarse por los ingresos no permanentes. Esto es muy bajo, lo que indica que esta variable tiene un impacto mínimo en los ingresos totales.

R cuadrado ajustado: -0.073, el valor negativo del R cuadrado ajustado sugiere que el modelo no es útil, y que incluir los ingresos no permanentes como predictor puede incluso empeorar las predicciones en comparación con un modelo sin predictores.

Error estándar de la estimación: 2,299,901.15, representa el promedio del error en las predicciones del modelo. Este error es considerablemente alto, lo que confirma la poca utilidad de este modelo para explicar los ingresos totales.

Cambio en R cuadrado: 0.034, incluir esta variable en el modelo solo mejora la explicación de la variabilidad en un 3.4%, lo cual es prácticamente irrelevante.

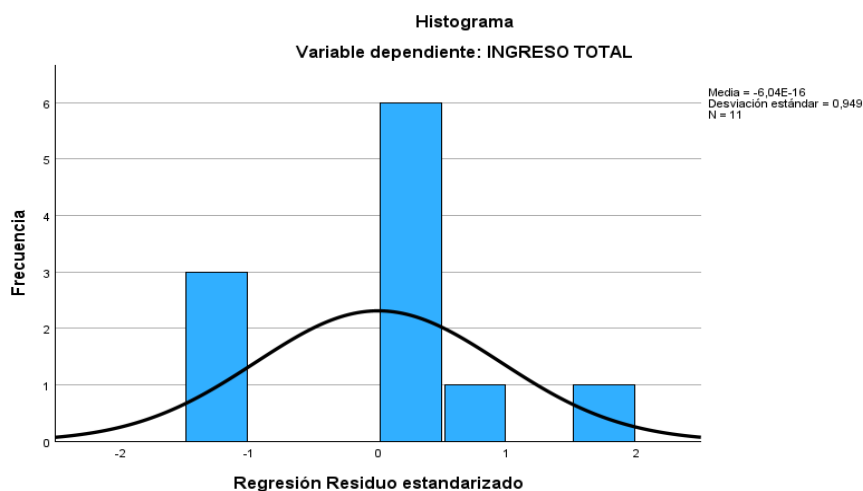
F-statistic: 0.320 (con  $p = 0.585$ )

Este valor evalúa si la variable independiente tiene un impacto estadísticamente significativo sobre la variable dependiente.

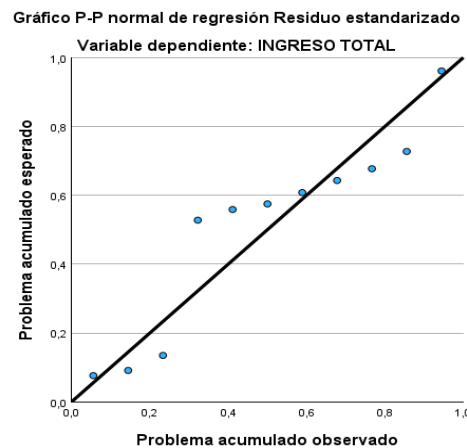
El valor  $p$  (0.585) es mucho mayor que el nivel de significancia típico (0.05), lo que indica que no hay evidencia suficiente para considerar los ingresos no permanentes como un predictor significativo.

**Figura 9**

*Histograma de la variable ingresos no permanentes*





**Figura 10***Gráfico P-P de la variable ingresos no permanentes*

En este estudio, se analizó cómo la recaudación fiscal incidió en el Presupuesto General del Estado de Ecuador entre 2013 y 2023, identificando patrones, fluctuaciones y factores clave que influyeron en su evolución. Los resultados mostraron que, en términos generales, la recaudación fiscal mantuvo una tendencia de crecimiento a lo largo de este período, con algunas excepciones, lo que permitió al Estado financiar una parte importante de su presupuesto anual.

Se observó que las políticas tributarias implementadas durante estos años desempeñaron un papel crucial en el fortalecimiento de los ingresos fiscales, aunque su impacto estuvo influenciado por factores externos. En general, la recaudación mantuvo un crecimiento constante, a pesar de las caídas notables relacionadas con la pandemia de COVID-19 y la caída de los precios del petróleo. Esto es consistente con lo que señaló Aguirre Naula & Padilla Pallazhco (2024), quien destacó cómo las recaudaciones tributarias variaron según factores internos y externos. Además, la importancia de los ingresos tributarios para mantener el gasto público fue respaldada por Castañeda Gamarra (2019), quien explicó que aunque ciertos regímenes fiscales pueden generar aumentos a corto plazo, no garantizan sostenibilidad a largo plazo, por lo que es crucial desarrollar estrategias fiscales con visión a futuro. Aguirre Naula & Padilla Pallazhco (2024) también destacó que las tendencias en recaudación están estrechamente vinculadas a las reformas tributarias y su implementación efectiva.

La recaudación fiscal se presentó como un pilar fundamental para financiar el Presupuesto General del Estado, representando una proporción constante dentro de los ingresos totales. El análisis de correlación entre la recaudación fiscal y el presupuesto mostró una relación mayormente positiva, lo que refuerza la idea de que mejorar la eficiencia en la recaudación fortalecería la sostenibilidad fiscal del país, en línea con las conclusiones de Mejía y Segovia (2022), quienes destacaron que niveles más altos de recaudación aumentan las probabilidades de cumplir con la planificación presupuestaria, especialmente en tiempos de crisis. Chamorro Narváez (2017) también subrayó que las políticas fiscales deben diseñarse considerando las particularidades económicas del país, para asegurar que su impacto sea sostenible y adaptado al contexto nacional.

El estudio también abordó los desafíos persistentes en cuanto a la evasión fiscal y la informalidad, a pesar de los avances en recaudación. Llácer Echave (2014) señaló que la evasión no solo está relacionada con factores económicos, como la percepción de una alta carga tributaria, sino también con aspectos socioculturales, como la desconfianza en el uso de los

impuestos. Mora Naula (2024) indicó que, aunque la recaudación fiscal es fundamental para el gasto público, su eficiencia depende de la correcta asignación de los recursos y de políticas que fortalezcan la base tributaria.

Finalmente, la evaluación de los incentivos fiscales mostró que una matriz bien estructurada podría mejorar la recaudación al promover la formalización económica y reducir la evasión tributaria. Esto coincide con las recomendaciones de Llácer Echave (2014), quien sugirió que las políticas tributarias deben abordar tanto los aspectos técnicos como sociales y culturales para garantizar su efectividad. Castañeda Gamarra (2019) también destacó la importancia de fomentar una cultura tributaria que complemente las políticas recaudatorias. En este sentido, la investigación subrayó la necesidad de actualizar el marco normativo para implementar de manera efectiva la matriz de incentivos tributarios en Ecuador, con un enfoque en mejorar la recaudación del Impuesto a la Renta y el Impuesto al Valor Agregado.

En resumen, esta investigación reafirmó que el sistema tributario ecuatoriano necesita optimizaciones integrales, que incluyan reformas estructurales, el fortalecimiento institucional y la diversificación de las fuentes de ingresos. Estos pasos son esenciales para garantizar la sostenibilidad financiera y contribuir al desarrollo económico del país.

### Conclusiones

El presente estudio determinó que, durante el período 2013-2023, la recaudación fiscal en Ecuador mostró una tendencia mayoritariamente creciente, aunque sujeta a fluctuaciones significativas vinculadas a factores externos como la pandemia de COVID-19 y la caída de los precios internacionales del petróleo. Estos acontecimientos evidenciaron la vulnerabilidad del sistema fiscal ecuatoriano frente a variaciones económicas globales y nacionales.

El Impuesto al Valor Agregado (IVA) y el Impuesto a la Renta fueron fuentes clave de ingresos fiscales que permitieron financiar una parte importante del Presupuesto General del Estado, a pesar de los desafíos económicos y sociales. Esta recaudación ayudó a cubrir una parte significativa de las necesidades del presupuesto, garantizando la provisión de servicios básicos. Se observó una correlación positiva entre los ingresos tributarios y el presupuesto estatal, aunque se evidenció que esta relación no siempre fue suficientemente fuerte como para depender exclusivamente de los impuestos permanentes. Esto subrayó la necesidad de diversificar las fuentes de ingreso del Estado.

El análisis evidencia desafíos estructurales en el sistema tributario, principalmente vinculados a la evasión y elusión fiscal, así como a la alta informalidad económica que limita la base tributaria y compromete la sostenibilidad presupuestaria a largo plazo. Aunque las reformas implementadas han generado avances, persisten retos de sostenibilidad y eficacia administrativa que requieren atención continua.

La implementación de una matriz de incentivos tributarios, tal como se abordó en esta investigación, proporcionó una herramienta estratégica para mejorar la recaudación fiscal. Las medidas propuestas, que incluían la simplificación administrativa, el uso de tecnologías como la facturación electrónica y el fomento de actividades económicas sostenibles, representaron un enfoque integral para fortalecer las finanzas públicas. Finalmente, la investigación destacó la importancia de mantener la normativa fiscal actualizada, adaptándola a los cambios económicos y sociales, e impulsó el fortalecimiento de los mecanismos de control y fiscalización, junto con la promoción de incentivos que logren equilibrar la sostenibilidad fiscal con el crecimiento económico.

### Reconocimientos y Declaraciones

El reconocimiento para los autores quienes participaron en la presente investigación de manera equitativa, así como también a las instituciones que, de manera directa e indirecta, contribuyeron al desarrollo de la investigación.

En cuanto al proceso de redacción, se utilizó asistencia mediante herramientas de inteligencia artificial Gemini 2.5 Pro como apoyo técnico en la mejora de la redacción de los párrafos de introducción y no sustituyeron el análisis crítico, la argumentación académica ni la responsabilidad intelectual.

### Referencias

- Aguirre Naula, MF. , & Padilla Pallazhco, M. (2024). Análisis comparativo de las reformas tributarias para el cálculo del impuesto a la renta de personas naturales en Ecuador. *Revista Atenas*, Vol 3, No. 1. <https://doi.org/10.36500/atenas.3.007>
- Banco Central del Ecuador. (2022). *Informe de la situación económica de Ecuador: Desafíos fiscales y económicos del país en 2022*. Banco Central del Ecuador. [https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Administracion/EvolEconEcu\\_2022pers2023.pdf](https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Administracion/EvolEconEcu_2022pers2023.pdf)
- CEPAL. (2015). *Boletín Económico de América Latina y el Caribe 2015*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/794a407c-95b1-4b40-bf4f-7f5540cf4462/content>
- CEPAL. (2017). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2017: la dinámica del ciclo económico actual y los desafíos de política para dinamizar la inversión y el crecimiento*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg01043.pdf>
- CEPAL. (2019). *Panorama Social de América Latina 2019*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. [https://digitallibrary.un.org/record/4066058/files/LC\\_PUB.2019\\_22-P\\_Rev.1-ES.pdf](https://digitallibrary.un.org/record/4066058/files/LC_PUB.2019_22-P_Rev.1-ES.pdf)
- CEPAL. (2020). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2020: principales condicionantes de las políticas fiscal y monetaria en la era postpandemia de COVID-19*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://repositorio.dpe.gob.ec/handle/39000/2780>
- CEPAL. (2023). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2023: El financiamiento de una transición sostenible: inversión para crecer y enfrentar el cambio climático*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/67989-estudio-economico-america-latina-caribe-2023-financiamiento-transicion>
- Chamorro Narváez, LA (2017). Diseño y sostenibilidad de políticas fiscales en economías en desarrollo. *Revista de Políticas Públicas*, 8(2), 112-128. <http://hdl.handle.net/10469/14508>
- González-Vasco, C., Delgado-Rodríguez, M.J. y de Lucas-Santos, S. (2019). Cumplimiento fiscal y bienestar: un análisis con perspectiva mundial. *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 9(18), 345-359. <https://doi.org/10.17163/ret.n18.2019.10>
- Llácer Echave, M. (2014). *Factores explicativos de la evasión fiscal* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=89665>
- Mejía, L., y Segovia, M. (2022). Crisis fiscal y políticas tributarias en Ecuador: desafíos y propuestas. *Revista de Economía Ecuatoriana*, 15(2), 45-63. [https://ojs.supercias.gob.ec/index.php/X-pedientes\\_Economicos/article/view/76](https://ojs.supercias.gob.ec/index.php/X-pedientes_Economicos/article/view/76)
- Ministerio de Economía y Finanzas del Ecuador. (2023). *Informe sobre la ejecución del Presupuesto General del Estado 2013-2023*. Ministerio de Economía y Finanzas. [https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/11/Informe\\_ejecucion\\_PGE\\_enero\\_sep\\_y\\_3er-trimestre\\_2023\\_vf.pdf](https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/11/Informe_ejecucion_PGE_enero_sep_y_3er-trimestre_2023_vf.pdf)

- Servicio de Rentas Internas. (2013). *Informe de labores 2013*. <https://www.sri.gob.ec/o/sri-portlet-biblioteca-alfresco-internet/descargar/8ba79224-2bfd-4eac-96a0-94b19effef94/INFORME+DE+LABORES+2013.pdf>
- Servicio de Rentas Internas. (2023). *Estadísticas generales de recaudación*. <https://www.sri.gob.ec/estadisticas-generales-de-recaudacion-sri>
- Velasco, V., Troncoso, J., & Morales, V. (2025). Sostenibilidad fiscal y su incidencia en la inversión pública en el Ecuador 2019-2023. *ARANDU UTIC*, 12(1), 2233-2249. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10338614>
- Villón-Ramirez, A. B., y Estefano-Almeida, M. A. (2025). Evaluación de las reformas tributarias y su influencia en la recaudación del impuesto a la renta en Ecuador durante los periodos 2022–2024. *Revista Científica Zambos*, 4(1), 1–18. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n1/93>

## Impacto económico de la pandemia COVID-19 en las empresas de la construcción: un análisis bajo la Teoría del Rinoceronte Gris

### Economic impact of the COVID-19 pandemic on construction companies: an analysis based on the Gray Rhino Theory

Daniel Eduardo Zapata Ramírez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0006-6580-1943>,  
Germanía del Pilar Sarmiento Castillo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6302-809X>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador  
[daniel.zapata@unl.edu.ec](mailto:daniel.zapata@unl.edu.ec), [Germania.sarmiento@unl.edu.ec](mailto:Germania.sarmiento@unl.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/06/05  
Aceptado: 2025/09/04  
Publicado: 2025/12/15

#### Resumen

El sector de la construcción en el Ecuador desempeña un papel fundamental en el dinamismo económico del país, generando empleo y contribuyendo significativamente al Producto Interno Bruto. Sin embargo, la pandemia del COVID – 19 ha impactado de manera severa a esta actividad, provocando caídas en la productividad, ingresos y rentabilidad. Este estudio tiene como objetivo evaluar el impacto económico de la pandemia en las empresas constructoras de la ciudad de Loja entre 2018 y 2023, utilizando como marco de análisis la teoría del rinoceronte gris. Se aplicó un enfoque cuantitativo, alcance correlacional, de diseño no experimental y corte longitudinal, analizando indicadores financieros claves mediante la prueba de wilcoxon y la métrica d de cohen, se consideró el ROA como indicador principal de rentabilidad debido a su capacidad para medir la eficiencia en el uso de los activos, en lugar de las utilidades netas, que pueden estar influenciadas por factores externos como el financiamiento o impuestos, asimismo se analizó el promedio de ventas para evaluar la variación de ingresos en distintos periodos y complementar el análisis de rentabilidad. Los resultados revelan que la pandemia representó un riesgo previsible con efectos devastadores en la industria.

**Palabras clave:** Construcción, Rinoceronte gris, Ingresos, Impacto, Rentabilidad.

**Sumario:** Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** Zapata, D. & Sarmiento, G. (2025). Impacto económico de la pandemia COVID-19 en las empresas de la construcción: un análisis bajo la Teoría del Rinoceronte Gris. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 243-258. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1337>

### Abstract

The construction sector in Ecuador plays a fundamental role in the economic dynamism of the country, generating employment and contributing significantly to the Gross Domestic Product (GDP). However, the COVID - 19 pandemic has severely impacted these companies causing drops in productivity, income and profitability. This study aims to evaluate the economic impact of the pandemic on construction companies in the city of Loja between 2018 and 2023, using an approach based on the gray rhinoceros theory. A quantitative, non-experimental and longitudinal methodological design was employed, analyzing key financial indicators using the wilcoxon test and the cohen d metric, ROA was considered as the main indicator of profitability due to its ability to measure the efficiency in the use of assets, instead of net profits, which may be influenced by external factors such as financing or taxes, also the average sales were analyzed to evaluate the variation of income in different periods and complement the profitability analysis. The results reveal that the pandemic represented a foreseeable risk with devastating effects on the industry.

**Keywords:** Construction, COVID - 19, Revenue, Impact, Profitability.

### Introducción

La pandemia de COVID-19 ha desencadenado una crisis económica global sin precedentes que ha impactado de manera significativa a la economía mundial, esta situación ha provocado caídas drásticas en diversos sectores, muchos de los cuales han enfrentado pérdidas sustanciales, en particular, el sector de la construcción se ha visto profundamente afectado debido a las restricciones implementadas y a la paralización de las obras, en 2019 esta industria representaba el 7,7% del empleo y el 13,4% del PIB a nivel mundial, sin embargo los efectos devastadores del virus han originado una contracción preocupante en este sector, las obras quedaron paralizadas como resultado del distanciamiento social, lo que ha conducido a una disminución de la rentabilidad y ha impactado negativamente a pequeñas, medianas y grandes empresas, en conjunto este problema afecta el bienestar económico y el mercado laboral en su totalidad (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2020).

Este estudio busca responder la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál fue el impacto económico del COVID – 19 en las empresas del sector construcción de la ciudad Loja durante el periodo 2018 – 2023? Para ello, se analiza el desempeño financiero del sector y se examina si la crisis sanitaria representó un Rinoceronte Gris, de decir un riesgo altamente probable pero subestimado.

Los resultados indican una reducción en la rentabilidad sobre los activos en las empresas del sector construcción de la ciudad de Loja, durante los años donde la pandemia se desarrolló con más fuerzas, a través de la utilización de la prueba del wilcoxon y la métrica de cohen, se revelan significativas fluctuaciones provocados por esta crisis sanitaria. El estudio se diferencia al considerar diferentes horizontes temporales, relacionando los resultados bajo la teoría del rinoceronte gris, como sucesos o eventos propios de la industria de la construcción que muchas veces son previstos, sin embargo no se les otorga la importancia y la gestión pertinente para minimizar sus efectos negativos, otorgando una visión profunda sobre la necesidad imperante de crear estrategias resilientes que puedan guiar a las empresas hacia la recuperación efectiva, pero sobre todo a tener una visión holística para enfrentar este tipo de eventos externos y globales que ocasionan daños económicos graves.

### El sector de la construcción y su importancia económica

El sector de la construcción según el Banco Central del Ecuador (2023), es el quinto sector más importante y es esencial para el crecimiento y desarrollo de la economía



ecuatoriana; sus outputs tienen un impacto directo en el avance de la sociedad, además son de uso generalizado, por lo que, luego de la pandemia se esperó que la inversión pública dinamizara la actividad a través de obras civiles y de infraestructura, en especial de vivienda que, con el apoyo de las entidades financieras, se pudiesen otorgar los suficientes créditos para cubrir la demanda y se genere un efecto multiplicador en la economía. No obstante, el desempeño de la industria de la construcción es inestable debido a su alta vulnerabilidad. Díaz et al. (2022) catalogan a las empresas de esta actividad como frágiles ante las fluctuaciones de los ciclos económicos; es decir en períodos de expansión la construcción se recupera de forma parsimoniosa, pero firme; mientras que, en tiempos de recesión o crisis, sufre una caída más rápida y significativa en relación con otros sectores que a la par soportan las mismas embestidas del entorno.

### **Crisis y recuperación en el sector de la construcción**

El sector de la construcción contribuye a la estabilidad económica generando empleo y proporcionando un desarrollo social estandarizado. Alalou et.al (2022) determinaron mediante un análisis de series de tiempo, el poder de recuperación de esta industria en los Estados Unidos de América, (EE. UU.), China y el Reino Unido mediante los datos históricos relacionados al periodo comprendido entre 1970 a 2020. Los resultados revelaron que los sectores de la construcción en estos países tienden a recuperarse hasta alcanzar el equilibrio en el corto plazo; sin embargo, el sector construcción se comporta de manera diferente luego de experimentar efectos de largo plazo, así el pronóstico indica que EE. UU. se convertirá en un líder en el logro de la sostenibilidad en la construcción debido a su capacidad para recuperarse rápidamente de las crisis, y en términos de PIB este sector aportará con 0,3 billones de dólares superior al del sector chino. Mientras tanto, no habrá cambios significativos en el PIB de la construcción del Reino Unido hasta finales de 2050.

Es importante analizar que las crisis en los países son diferentes y el abordarlas también tienen un rumbo y prioridades distintas, es decir adoptan diversos enfoques para la gestión de la crisis en la construcción y en especial en el sector específico inmobiliario, en el cual se especializan muchas empresas constructoras, por lo tanto no es sorprendente que diferentes países tengan puntos de vista e interpretaciones muy divergentes en lo que respecta a los aspectos económicos, de mercado, jurídico, institucional, tecnológico, técnico, cultural, psicológico ya que la población que hace uso de los productos y servicios ofertados por estas empresas, tienen diferentes necesidades, gustos y prioridades que además se relacionan con indicadores microeconómicos y macroeconómicos como: índice de precios al consumidor, precios de mercado, oferta monetaria, tasas de interés de carteras hipotecarias, densidad poblacional, migración, ciclos económicos, etc., (Kaklauskas et al., 2010). Por ende, el sector de la construcción está estrechamente ligado a la situación económica del país y es imprescindible gestionar la crisis enfocado en cada aspecto económico.

El sector de la construcción en Ecuador, de acuerdo con Camino-Mogro et al. (2018), al igual que en otros países de América Latina, es particularmente sensible a shocks que afectan el ciclo económico. A medida que el país experimenta tasas de crecimiento, aumenta la demanda de bienes inmuebles y actividades de construcción, lo que genera la necesidad de implementar mejoras en infraestructura e instalaciones, por ende, esto impulsa la productividad de los demás sectores económicos. Además, la dinamización de este sector está condicionado a las fluctuaciones variables macroeconómicas y a la variación de las tasas de interés, siendo esta última un determinante para el crecimiento de la industria (Ganley y Salmon, 1998).

La industria de la construcción es considerada madre de la economía de un país porque comprende una serie de proyectos y diversidad de productos, si bien la mayor parte de empresas

son locales de pequeño y mediano tamaño también hay empresas multinacionales de gran tamaño que abarcan obras realmente grandes (Gómez y del Águila, 2020). Todos estos proyectos de construcción incluyen un sin número de intermediarios que se relacionan entre sí para trabajar y tener éxito en la obra, esto hace que los recursos se distribuyan correctamente, aportando a la dinamización económica (Organización Internacional de Trabajo, 2021, p. 3).

### **El éxito de las empresas de construcción**

El éxito de las empresas de construcción se encuentra influido por factores críticos de éxito (CSF) que determinan su competitividad, en el contexto del mercado de la construcción egipcio, destacan factores de sostenibilidad tales como la mantención de una estructura organizativa y de liderazgo sostenibles, la definición clara de la misión, visión y valores, el establecimiento de relaciones sólidas con proveedores y socios, la garantía de sistemas de información eficientes y la adopción de tecnología para respaldar las estrategias empresariales; se observa que factores como la evaluación de la imagen organizacional y las tendencias en el desempeño social tienen una menor incidencia en la competitividad, lograr identificar y enfocarse en estos CSF permite a las empresas optimizar sus recursos y mejorar su ventaja competitiva (Mohamed y Eltohamy, 2022).

De acuerdo al estudio de Vásquez y Gambetta (2020) el éxito de las empresas del sector construcción depende de factores externos tales como; políticos, legales, economía nacional, socioculturales, tecnología disponible y también algunos factores internos determinados por: la planificación a futuro, organización interna, formación, capacitación y dirección de la empresa, en este mismo sentido Ferguson (1982, como cito Morgan, 2005) manifiesta que es importante identificar estos factores y deben ser reconocidos porque soportan o amenazan el logro de los objetivos empresariales e inclusive su existencia, es decir requieren atención especial para evitar sorpresas desagradables o la pérdida de oportunidades.

### **Factores que afectan a la construcción**

Los factores que afectan a la construcción, según Karlson y Ozola, (2023), mencionan a la productividad laboral, la cual está influenciada por la educación, habilidades y motivación del personal, así como elementos internos, como la mano de obra y la gestión empresarial, además, factores externos, como las influencias industriales y nacionales, juegan un papel crucial en la productividad de este sector; las aptitudes y el rendimiento de los trabajadores son esenciales, dado que aquellos con menos experiencia necesitan recursos adicionales para desempeñar sus tareas, una alta productividad puede resultar en ahorros de costos durante el proceso de producción, lo que destaca la importancia de utilizar eficientemente la mano de obra, asimismo, la innovación en los procesos, el aprovechamiento del conocimiento y la inversión en capital humano son fundamentales para mejorar la productividad y lograr productos de mayor valor agregado en la construcción.

Los proyectos de construcción enfrentan desafíos considerables cuando los directores carecen de competencias técnicas y habilidades interpersonales adecuadas, esta carencia no solo contribuye al fracaso de numerosos proyectos, sino que también impacta negativamente la productividad del sector y el crecimiento económico global; la incapacidad de los directores resulta en retrasos y costos adicionales, además de propiciar el cierre prematuro de empresas constructoras, afectando así la economía tanto de naciones desarrolladas como en desarrollo, así mismo, las disputas internas entre los equipos y los cierres de empresas pueden atribuirse directamente a estas deficiencias, destacando la importancia crítica de contar con líderes bien capacitados para gestionar eficazmente cada fase de un proyecto de construcción (Obododike, 2022).

Los proyectos de construcción enfrentan una variedad de desafíos que pueden comprometer su éxito, la supervisión deficiente en el lugar de trabajo, junto con problemas de pago y un ambiente laboral hostil, influyen directamente en la productividad, además, la escasez de trabajadores capacitados y las condiciones climáticas adversas son factores críticos que deben gestionarse eficazmente para evitar retrasos y fracasos en la entrega, por otra parte, aspectos relacionados con la gestión como la falta de incentivos adecuados, la calidad inferior de los materiales y la capacitación insuficiente del personal, así como la incompetencia del supervisor, también afectan significativamente el desarrollo del proyecto; en términos de seguridad, la falta de conciencia sobre las medidas de protección personal y la exposición a sustancias peligrosas son preocupaciones adicionales que pueden poner en riesgo tanto la seguridad como la conclusión exitosa del proyecto (El-Dash et al., 2022).

De acuerdo a Rodríguez (2018) los factores políticos tienen un impacto profundo en la industria de la construcción, la incertidumbre política y el devenir de la economía en un futuro cercano influyen directamente en el desarrollo de la infraestructura. La inestabilidad política, la poca responsabilidad y transparencia fiscal son algunas de las causas que ocasionan la no ejecución de obras ligadas a la construcción, esto agudizan los problemas al reducir la confiabilidad de los ciudadanos, teniendo efectos negativos sobre el consumo y la inversión generando como consecuencia la retracción de la actividad económica (Ali et al., 2018).

Un proyecto de construcción en diversos lugares del mundo han sido una fuente continua de aprendizaje en términos de los factores críticos que contribuyen a su fracaso, la planificación insuficiente al inicio del proyecto emerge como un factor principal, pues limita la capacidad de anticipar y mitigar los riesgos potenciales, de igual forma, una evaluación deficiente de estos riesgos representa otro desafío significativo, dado que puede desencadenar costosos retrasos y complicaciones; la falta de coordinación efectiva entre el equipo del proyecto y las partes interesadas externas también ha demostrado ser un obstáculo crucial, la comunicación y la colaboración fluidas son esenciales para garantizar el alineamiento y la resolución eficiente de problemas, además, los factores externos, como cambios económicos o problemas normativos imprevistos, pueden tener un impacto drástico en los resultados finales del proyecto, exacerbando aún más los riesgos de fracaso (Akinradewo et al., 2022).

Según Olanrewaju et al. (2018) las épocas de recesión económica provocan el desplome del sector construcción, lo que conlleva a un aumento de desempleo, la reducción de las principales obras residenciales y una desconexión entre rentabilidad y productividad, esto tiene efectos negativos sobre las demandas de viviendas, las inversiones, las ventas y los contratos de obras, llevando a muchas empresas constructoras a la quiebra y a numerosos proyectos a ser abandonados debido a la incapacidad de los promotores para financiar proyectos. En este sentido, cada empresa debe estar atenta a los cambios que puedan suscitarse en la economía implementando procesos adecuados para identificar estos cambios mediante la innovación tecnológica, lo que les permitirá mantenerse a la vanguardia de la información y adaptarse a las circunstancias cambiantes (Castro et al., 2021).

### **El Rinoceronte Gris: riesgos de alta probabilidad y de gran impacto**

La teoría del rinoceronte según Wucker (2016 como citó en Chirino, 2020) define a eventos como probables de suceder que tienen gran impacto y que son descartados o pasados por alto por las organizaciones o empresas sin tomar las medidas necesarias para abordarlos o mitigarlos adecuadamente. Investigadores como Chen et al. (2022) y Ferguson (2020) coinciden con esta perspectiva, es decir consideran a estos riesgos como rinocerontes que amenazan visiblemente, que se manifiestan de diferente manera, y que son ignorados hasta

que ya es demasiado tarde para hacer frente e implementar la gestión proactiva y preparar el plan de contingencia.

De acuerdo con Wucker (2016) existen cuatro categorías de amenazas que se incluyen en la teoría del rinoceronte gris:

- **Amenazas Recurrentes:** Estos son riesgos que aparecen repetidamente y siguen siendo ignorados por los administrativos de las empresas, ocasionando daños como las crisis financieras recurrentes.
- **Rinocerontes que atacan directamente:** Estos riesgos son conocidos y reconocidos públicamente, pero no se toman las medidas adecuadas para mitigarlos, un ejemplo claro de ello es el cambio climático que afecta al mundo el cual ha sido muy discutido, pero no se aborda públicamente.
- **Rinocerontes que atacan de forma lenta:** Estos riesgos se desarrollan lentamente y son difíciles de reconocer hasta que es demasiado tarde, puede asociarse a daños en la infraestructura empresarial, el cual empeora lentamente y se muestra hasta que causa un fallo catastrófico.
- **Riesgos por ataques rápidos:** Son riesgo de rápida materialización y necesitan una respuesta inmediata, generalmente hay señales de advertencia que se muestran siendo reconocidas inmediatamente, la rapidez de ataque sorprende a organizaciones o gobiernos si no se preparan de manera adecuada, un ejemplo de esto sería una crisis sanitaria repentina o el brote de una enfermedad contagiosa.

### Presencia del COVID-19

La Organización Mundial de la Salud (2020), declaró la epidemia del COVID – 19, originada en Wuhan (China), como pandemia el 11 de marzo de 2020. Este evento se ha convertido en uno de los trascendentales a nivel mundial en las últimas décadas y posiblemente de los últimos 100 años, ningún país ha quedado exento de los efectos de esta pandemia que ha generado graves problemas, desde pérdidas de vidas humanas en el sector hasta el colapso de diversos sectores económicos (Viniegra, 2020).

Harlem y As Sy (2020) en su informe anual del 2019 emitido por Global Preparedness Monitoring Board advirtieron al mundo entero la posibilidad de que una pandemia devastadora podría comenzar en cualquier país y causar la muerte de miles de personas. En este mismo sentido el informe World Economic Forum (2020), alertó a la economía mundial que se enfrentaba a un mayor riesgo de estancamiento, cambios climáticos fuertes, y la aparición de enfermedades contagiosas aunque con probabilidad de ocurrencia baja, pero de gran impacto.

Por lo tanto, según Salinas (2024) el COVID-19 siempre representó un riesgo latente dentro del concepto de enfermedades contagiosas, la historia ha demostrado repetidamente, con eventos como la peste negra 1347, la viruela en 1520, la gripe española en 1918, que los virus altamente contagiosos capaces de causar catástrofes son una amenaza recurrente. Incluso incidentes recientes como el SARS en 2004, el H1N1 en 2009 y el ébola en 2015 anticiparon lo que podía suceder; sin embargo, no se tomaron las medidas adecuadas ni se prestó atención a los informes que advertían sobre las posibles pandemias (Cortijo et al., 2020).

### Efectos del COVID-19 en la economía

De acuerdo con Banco Mundial (2021), a través de una encuesta realizada a diversos sectores económicos en más de 60 países, se evidencia que una cuarta parte cayeron sus ventas en el 50% y a nivel general de toda la muestra el promedio de ventas se redujo en un 25%. Con la crisis ocasionada generó que el 65% de las empresas ajuste su nómina salarial, reduciendo

horarios de trabajos y sueldos, debido a esto el 11% de las instituciones despidió personal. La crisis generada por el COVID – 19 fue un duro golpe para todas las economías del mundo, afectando las ventas, incremento de costos, disminuyendo la rentabilidad, sin embargo, los beneficiados fueron las compañías del sector salud, del 2021 a 2022 incrementaron sus ventas al 93% (Campos y Méndez, 2022).

El sector construcción no se queda al margen de estos daños ocasionados por el COVID-19, afectando su rentabilidad, debido a la imposición de cuarentenas y medidas de distanciamiento social para mitigar la propagación del virus; estas medidas han llevado a la suspensión de numerosas obras en curso, además, la incertidumbre económica resultante y la reducción en la demanda de propiedades han inducido a una mayor cautela entre los inversionistas, provocando una disminución en la financiación de proyectos de construcción (D. Díaz et al., 2023).

En el Ecuador, durante el año 2019, las empresas de la construcción con activos mayores a 20 millones de dólares reportaron una rentabilidad media del 4,4%, sin embargo, en el año 2020, el promedio de utilidades sobre los activos de estas empresas cayó a -0,32%, resultando en pérdidas significativas (Sarmiento y Hernández, 2021, pp. 201, 2020). Como consecuencia de la pandemia, el Ecuador perdió entre 800 a 900 millones de dólares en ingresos por ventas de este sector, la facturación entre enero y agosto del 2019 fue de 2.537 millones de dólares, mientras que en el mismo periodo de 2020 redujo a 1.543 millones de dólares lo que representa una disminución del 32%, (Soto et al., 2023). En 2019, el sector de la construcción contribuía con el 8,21% del PIB nacional, pero debido a los efectos de la pandemia, esta proporción se redujo drásticamente al 6,09% en 2020, asimismo, la utilidad neta del sector disminuyó del 86, 68% en 2020 al 37, 75% en 2022, una reducción de 48,93 puntos porcentuales (Corporación financiera Nacional, 2023, p 4). En términos de empleo Berrones y Díaz (2021), indican que en los primeros tres meses de 2021, cerca de 75.000,00 personas perdieron sus trabajos en el sector de la construcción.

La presente investigación demuestra como la irrupción COVID-19 fue anticipada mucho tiempo atrás antes de su ocurrencia, y analiza su impacto severo en el sector de la construcción en la ciudad de Loja. Se relaciona bajo la teoría del rinoceronte gris, ofreciendo a las instituciones vinculadas a esta actividad económica una fuente fiable de consulta, en este contexto, se resalta la importancia de subestimar ninguna señal de riesgo potencial y se enfatiza la necesidad de contar con planes estratégicos para mitigar los daños y efectos adversos que puedan surgir tanto a nivel local como global en el ámbito económico.

### **Materiales y Métodos**

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño metodológico no experimental y un alcance correlacional, lo que permitió examinar la relación entre las variables de estudio. El artículo empleó un análisis longitudinal durante 13 años para analizar la variable Valor agregado Bruto en contribución al PIB y 6 años para analizar los indicadores financieros de las empresas constructoras facilitando de esta forma la evaluación de los cambios y tendencias a lo largo del tiempo, específicamente en los periodos anteriores, durante y posterior a la pandemia. Este enfoque proporcionó una comprensión más profunda de cómo el COVID-19 afectó a la economía del sector de la construcción.

### **Población y muestra**

La muestra estuvo compuesta por empresas del sector de la construcción de la ciudad de Loja, cuya fuente de información fue la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, entidad encargada de receptar la información anualmente y de forma obligatoria. El diseño



muestral de la investigación es de tipo no probabilístico y se utilizó el método de muestreo por conveniencia, que resultó en un total de 30 empresas, la selección de la muestra se basó en los siguientes criterios:

1. Empresas que hayan emitido sus estados financieros del año 2018 al 2023.
2. Empresas que presenten información completa en sus estados financieros.
3. Se excluyeron todas las empresas que no presenten su información completa en los estados financieros o en las que no se pudieron calcular indicadores o estos marcaron error.

### Tratamiento de la información

Para el tratamiento de los datos se realizó un análisis de diferencia de medias entre las principales cuentas los estados financieros de las empresas con el objetivo de observar los cambios ocurridos, antes, durante y después de la pandemia del COVID-19.

También se estructuró la variable ROA para medir el impacto sufrido durante la pandemia, la cual se describe en el siguiente recuadro:

**Tabla 1**

*Operacionalización de la variable*

VARIABLE	CATEGORÍA	DEFINICIÓN	MEDICIÓN	REFERENCIA
Desempeño económico	ROA	Mide la capacidad de generar ganancias sobre los activos	$\frac{\text{Beneficio neto}}{\text{Activos totales}}$	(Borja et al., 2022)

### Análisis de la información

Los resultados indicaron que los datos no son paramétricos, por lo cual procede utilizar la prueba de Wilcoxon para la diferencia de medias en los análisis financieros, permitiendo determinar la existencia o no en los periodos analizados de diferencias significativas entre en rendimiento sobre los activos (ROA). Se utilizó softwares especializados en el tratamiento de datos estadísticos y con capacidad de analizar grandes conjuntos de datos e información de manera eficiente.

### Resultados y Discusión

En referencia al aporte de la industria de la construcción a la economía ecuatoriana y a su capacidad de recuperación en el corto plazo, a diferencia de otros países, en el Ecuador, el sector no logra una rápida reactivación. La Tabla 2 presenta la información de la Serie de Cuentas Nacionales y el Valor Agregado Bruto de la industria de la construcción y su aporte al PIB a precios del año 2007.

Hasta el año 2015 el sector de la construcción contribuía progresivamente al PIB, sin embargo, durante el 2016 se observó una disminución en su aporte, atribuida al impacto del terremoto del 16 de abril, con una magnitud de 7.8, que afectó gravemente a la costa, generando pérdidas en la infraestructura y ralentizó la inversión en el sector. Los siguientes años, la tendencia decreciente se mantuvo, pero con una caída más acentuada a partir del 2020 debido a la crisis generada por la pandemia de COVID – 19.



**Tabla 2***Series Valor Agregado Bruto del Sector Construcción P=2007*

<b>AÑOS</b>	<b>EN MILES USD VAB DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN P= 2007</b>	<b>PIB REAL P=2007 (EN MILES USD)</b>	<b>APORTE DEL SECTOR AL PIB %</b>
2010	4.649.097,00	56.481.055,00	8,23%
2011	5.465.092,00	60.925.064,00	8,97%
2012	6.132.321,00	64.362.433,00	9,53%
2013	6.586.767,00	67.546.128,00	9,75%
2014	6.893.456,00	70.105.362,00	9,83%
2015	6.938.747,00	70.174.677,00	9,89%
2016	6.444.179,00	69.314.066,00	9,30%
2017	6.159.857,00	70.955.691,00	8,68%
2018	6.194.446,00	71.870.517,00	8,62%
2019	5.902.444,00	71.879.217,00	8,21%
2020	4.719.305,00	66.281.546,00	7,12%
2021	4.869.785,00	67.825.189,39	7,18%
2022	4.317.072,00	71.206.302,45	6,06%

A continuación, se presentan los hallazgos derivados de los datos financieros recopilados, se realizó el análisis descriptivo para obtener una visión general de los promedios a lo largo del tiempo, luego se aplicó la prueba de Wilcoxon para evaluar los cambios significativos del ROA promedio de las empresas entre los años de estudio, los resultados obtenidos muestran una visión clara del impacto que tuvo la pandemia del COVID – 19 en el sector de la construcción analizado.

### **Análisis descriptivo**

Las empresas del sector construcción de la ciudad de Loja no presentaron resultados negativos en su ROA durante el periodo 2018 y 2019 como se observa en la Tabla 3, sin embargo en 2020 se registró una disminución 8,82% en comparación con el periodo anterior y en 2021 la situación empeoró con una disminución del 12,64%; estos efectos negativos fueron consecuencia de la pandemia del COVID – 19 que provocó la paralización de muchas obras debido al distanciamiento social y aunque en 2022 y 2023 la situación ha tenido una mejora, aún está lejos de sus números habituales.

El promedio de activos entre las empresas del sector construcción ha ido incrementando durante los años de pandemia, dado que muchas instituciones grandes aprovecharon la oportunidad de comprar activos de las empresas pequeñas del sector, que buscaban tener liquidez para cumplir con sus obligaciones, sin embargo, para el 2023, el promedio de activos

volvió a disminuir alcanzando su punto más bajo, esto evidencia que, aunque muchas empresas incrementaron sus activos durante la pandemia, el sector de la construcción está enfrentando grandes dificultades para recuperarse económicamente, como resultado de ello muchas instituciones fuertes han vuelto a vender sus activos para obtener más efectivo y reinvertirlo.

Por otro lado, se observa que el promedio ingresos no experimento ninguna disminución antes de la pandemia del COVID - 19, sin embargo, durante y después de la pandemia, los ingresos se vieron significativamente comprometidos, mostrando una caída drástica, desde el año 2018 al 2021 se registra una disminución de 95.483,30 dólares, y aunque en 2022 y 2023 se evidencia un aumento en comparación con los periodos anteriores, los ingresos aún no alcanzan los niveles de sus mejores años.

**Tabla 3**

*Principales promedios de cuentas de las empresas de la construcción*

AÑO	ROA (%)	ACTIVOS PROMEDIO (USD)	INGRESOS PROMEDIO (USD)
2018	6,07%	\$ 587.174,23	\$ 315.446,57
2019	7,57%	\$ 575.198,54	\$ 391.677,10
2020	-1,82%	\$ 615.499,86	\$ 268.282,83
2021	-5,64%	\$ 625.096,42	\$ 219.963,27
2022	1,69%	\$ 639.598,14	\$ 249.009,69
2023	3,41%	\$ 589.806,54	\$ 246.505,29

### **Análisis inferencial**

Se utilizó la prueba no paramétrica de wilcoxon debido a que los valores diferenciales entre el ROA de cada empresa de la construcción para los diferentes periodos de estudio no tienen una distribución normal, con p value < del 5%.

### **Planteamiento de las hipótesis**

#### ***Hipótesis***

H0: No existen diferencias significativas en la rentabilidad sobre los activos de las empresas del sector construcción durante el periodo de estudio (El COVID – 19 no es un rinoceronte gris)

H1: Existen diferencias significativas en la rentabilidad sobre los activos de las empresas del sector construcción durante el periodo de estudio (El COVID – 19 es un rinoceronte gris)

### **Aplicación de las pruebas estadísticas**

#### ***Valor Z***

El signo negativo en el valor Z para cada periodo indica que en cada grupo hay datos menores al otro y pese a que los resultados de la Tabla 4 señalan que 2019 las empresas de la construcción alcanzaron los mejores márgenes de ganancia, la prueba del Wilcoxon compara los rangos de la muestra sin considerar la dirección de las diferencias, por tal motivo estos

valores son negativos para cada periodo, sobre todo para los años en los cuales se desarrolló la pandemia del COVID – 19.

### ***Sig. Asintótica Bilateral***

Dado que en la Tabla 4, se observa que durante el periodo 2018 – 2019, el valor estadístico bilateral de Wilcoxon es de 0,801 mayor a 0,05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula, la cual señala que no existen diferencias significativas entre la rentabilidad sobre los activos, lo que indica que antes de la llegada de la pandemia las empresas de la construcción mantenían márgenes de ganancia favorables.

En contrate para los años 2019 - 2020 el valor estadístico Wilcoxon es de 0,017 menor a 0,05 lo que lleva al rechazo de la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador, esto señala que existe diferencias significativas entre la variable ROA de los periodos 2019 – 2020. El impacto del COVID – 19 se lo considera un “Rinoceronte gris”, ya que tuvo un efecto notorio a las empresas de la construcción cuya rentabilidad en el periodo 2020 fue de -1,82% reflejando pérdidas considerables. De las 30 empresas incluidas en la muestra de estudio, 21 experimentaron este impacto negativo desde que inicio la pandemia.

Por otro lado, en el periodo del 2021 – 2022 el resultado de la prueba de wilcoxon es de 0,095, mayor a 0,05 lo que conlleva a la aceptación de la hipótesis nula, se observa que las empresas del sector construcción mostraron una mejora considerable a partir de 2022 a medida que la situación se estabilizaba gradualmente, a pesar de ello en 2021, el ROA de estas empresas fue de -5,64%, evidenciando pérdidas significativas para ese ejercicio fiscal.

Finalmente, la significancia de Wilcoxon en el año 2022 – 2023 es de 0,764 mayor a 0,05, aceptando la hipótesis nula al no existir diferencias significativas en la rentabilidad sobre los activos. Esto se debe ya han logrado recuperarse económicamente reanudando las construcciones paralizadas lo que mejoró sustancialmente la economía del sector construcción en la ciudad de Loja.

### ***Prueba D de Cohen***

Se utilizó esta prueba para indicar la magnitud de las diferencias entre los grupos relacionados:

Según los resultados estadísticos del estudio de la prueba d de Cohen se resalta la relevancia del segundo periodo el cual arroja un valor de 0,50 indicando un efecto moderado en la diferencia entre los índices de rentabilidad sobre los activos. En el 2019 el ROA fue de 7,57%, pero en 2020 se redujo significativamente a -1,82%, reflejando una notable caída atribuida a los factores económicos adversos como lo fue la pandemia del COVID – 19, este cambio moderado tuvo un impacto negativo en las ganancias de las empresas, reafirmando que la pandemia fue un rinoceronte gris, tal como se corroboró mediante la prueba de wilcoxon.

Por otro lado, para en el tercer periodo el d de Cohen es de -0,43, señalado como un efecto pequeño en términos estadísticos, el signo negativo indica que la variación es inversa, es decir cuando el segundo grupo de la muestra es mayor al primero. Esto se debe a que el ROA 2021 paso -5,64% a 1,69% en 2022, mostrando una mejoría considerable una vez que finalizó el distanciamiento social, no obstante, se pone de manifiesto que los estragos ocasionados por el COVID – 19 fueron significativos y que las empresas deben implementar las estrategias necesarias para no volver a tener los mismos problemas.

**Tabla 4***Estadísticos de Wilcoxon y D de Cohen*

PERIODO	Z	P (BILATERAL)	D DE COHEN	INTERPRETACIÓN
2018–2019	-2,52	0,801	-0,11	Sin diferencias significativas
2019–2020	-2,38	0,017	0,50	Diferencia significativa, efecto moderado
2021–2022	-1,67	0,095	-0,43	Sin diferencias significativas, mejora parcial
2022–2023	-0,30	0,764	-0,15	Sin diferencias significativas

**Discusión**

Los resultados presentados en este artículo evidencia el impacto significativo que tienen las épocas de recesión en el sector de la construcción; inicialmente se verifica como a partir del año 2016, donde Ecuador sufrió una catástrofe natural, esta industria no se ha podido recuperar, es decir, otros países toman a los eventos catalogados como desastres naturales como oportunidades de intervención para que las empresas constructoras oferten sus productos y servicios, sin embargo en este país la economía no es favorable ni existen las condiciones para que las empresas tengan la seguridad de reactivación.

Durante el año 2016 las empresas de la construcción ya experimentaron los riesgos provenientes del encauce macroeconómico, es decir son amenazas recurrentes que no son tomadas en cuenta por los directivos para lo cual deben tomar medidas endógenas empresariales que hagan frente a estos riesgos, y que durante la pandemia nuevamente se vieron afectados, como el teletrabajo que minimizó pérdidas a la mayoría de las empresas a excepción del sector de la construcción cuyas actividades no se vieron cubiertas por este plan de contingencia.

El impacto que la pandemia de COVID – 19 tuvo en las empresas de construcción de la ciudad de Loja es similar, a través del análisis de los datos financieros, se observa que el rendimiento sobre los activos (ROA), alcanzó un 7,57% en 2019; sin embargo en 2020 experimentó una caída abrupta, descendiendo a -1,82%, más alarmante aún, en 2021 se registró una disminución más pronunciada con un ROA de -5,64%, coincidiendo con el periodo más crítico de pandemia; los activos en cambio se mantienen en aumento durante los años estudios. Estos hallazgos son consistentes con el estudio realizado por Sarmiento y Hernández (pp. 201, 2020), que señala que el sector de la construcción fue uno de los más afectados en Ecuador, en 2019, las empresas con activos mayores a 20 millones de dólares reportaron una rentabilidad media del 4,4%, sin embargo, este promedio se desplomó a un -0,32% en 2020, reflejando pérdidas económicas significativas, pero los activos se mantuvieron constantes.

A medida que las circunstancias globales cambiaron drásticamente, de acuerdo con la investigación, los ingresos de estas empresas en la ciudad de Loja alcanzaron su punto más alto en 2018, y desde entonces no han logrado recuperar ese nivel; el 2020 y 2021 resultaron ser los más desafiantes con ingresos que se mantuvieron notablemente por debajo de los niveles de 2019 como se visualiza en la Tabla 2. En este mismo sentido Soto et al., (2023) determinó que como consecuencia de la pandemia, el Ecuador perdió entre 800 a 900 millones de dólares en ingresos por ventas de este sector, la facturación entre enero y agosto del 2019 fue de 2.537 millones de dólares, comparado con los 1.543 millones de dólares en el mismo periodo 2020, lo que representa una disminución del 32%. En el contexto regional, el estudio de Cansaya y Peralta (2021), confirman esta situación, señalando el impacto negativo en el mercado de las oficinas inmobiliarias en Lima, donde los ingresos se vieron afectadas durante la pandemia y

los costos de la construcción aumentaron debido a las medidas de prevención y seguridad, perjudicando la rentabilidad de los proyectos.

Los hallazgos de la presente investigación indican que a pesar de la recuperación parcial en 2022 y 2023, el sector de la construcción de la ciudad de Loja aún no ha logrado recuperar los niveles de rentabilidad previos a la crisis, esta situación pone de manifiesto la importancia de la preparación y la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia. En este contexto el COVID – 19 se identifica como un rinoceronte gris corroborado mediante la prueba de hipótesis, indicando que hay cambios considerables en la rentabilidad sobre los activos, representado importantes pérdidas. Según Esquivel (2020) la pandemia ha tenido efectos profundos y multifacéticos en México, especialmente en términos económicos, sectores como el turismo y la manufactura, se han visto gravemente afectados en sus ingresos, lo que incrementó la pobreza y redujo el consumo interno. Asimismo Morales (2022) pone de manifiesto que problemas económicos en México y América Latina son numerosos, incluyendo la caída de la actividad económica mundial, la ralentización del comercio internacional, la disminución de la demanda de servicios de turismo, la inestabilidad en los mercados financieros, afectando así la demanda de bienes y servicios.

Esta información entregada es fundamental para las empresas de construcción de la ciudad de Loja porque con ella pueden visualizar los estragos que ocasionó la pandemia a su sector, de esta forma podrán impulsar la formulación de políticas públicas, estrategias empresariales y mecanismos de prevención que ayuden a mitigar los efectos adversos en el futuro, a fin de contribuir a rescatar la estabilidad económica y social de la región.

### **Conclusiones**

La presente investigación demostró que existe diferencia entre el ROA de los años de estudio, lo que evidencia al COVID-19 como rinoceronte gris el cual afectó la rentabilidad de las organizaciones del sector de la construcción, se revela una caída severa en el rendimiento sobre los activos, teniendo una afectación drástica a este sector, la cual alcanzó una disminución de -5,64% en 2021, poniendo no solo en evidencia la vulnerabilidad económica que tienen estas instituciones ante crisis globales, sino también la falta de preparación para manejar tales eventos, estos resultados subrayan la necesidad urgente de que las empresas desarrollen estrategias más robustas para adaptarse a eventos disruptivos como la pandemia. El estudio se limitó a las empresas del sector construcción de la ciudad de Loja, sin tomar en cuenta las empresas a nivel nacional, lo que imposibilita la capacidad de generalizar los hallazgos a nivel global.

Para futuros estudios se podría examinar la evolución de la rentabilidad de las empresas del sector construcción post pandemia comparando a nivel nacional y regional a fin de identificar los factores que facilitaron o dificultaron la recuperación y evaluar cómo la pandemia afectó los costos operativos y la demanda del mercado.

### **Reconocimientos y Declaraciones**

Se reconoce la participación equitativa de los autores en el desarrollo de la investigación presentada en esta publicación.

De la misma manera, se declara el uso de inteligencia artificial Gemini 2.5 Pro, como herramienta de apoyo, empleada únicamente para afinar la redacción en ciertos párrafos de los resultados, con el propósito de facilitar la comprensión lectora.

## Referencias

- Akinradewo, O., Akinshipe, O., y Aigbavboa, C. (2022). Construction project failures around the world: what have we learned so far? *13th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2022)*, 56(1), 447–454. <https://doi.org/10.54941/ahfe1002301>
- Alaloul, W., Musarat, M., Ali, M., Altaf, M., Alzubi, K., y Al, M. (2022). Assessment of economic sustainability in the construction sector: Evidence from three developed countries (the USA, China, and the UK). *Sustainability*, 14(10), 6326. <https://doi.org/10.3390/su14106326>
- Ali, Z., Zhu, F., y Hussain, S. (2018). Identification and assessment of uncertainty factors that influence the transaction cost in public sector construction projects in *Pakistan. Buildings*, 8(11), 157. <https://doi.org/10.3390/buildings8110157>
- Banco Central del Ecuador. (2023). *Informe de la evolución de la economía ecuatoriana en 2022 y perspectivas 2023*. <https://acortar.link/2TBTx2>
- Banco Mundial. (2021). *Cómo la COVID-19 (coronavirus) afecta a las empresas en todo el mundo*. World Bank. <https://acortar.link/lAZaY>
- Berrones, S., y Díaz, J. (2021). Las consecuencias económicas del Covid-19 en la economía ecuatoriana. *Cuestiones Económicas*, 31(3), 1-109. <https://estudioeconomicos.bce.fin.ec/index.php/RevistaCE/article/view/371>
- Borja, L., Villa, O., y Armijos, J. (2022). Apalancamiento financiero y rentabilidad de la industria manufacturera del cantón en Cuenca, Ecuador. *Quipukamayoc*, 30(62), 47-55. <https://doi.org/10.15381/quipu.v30i62.22103>
- Camino-Mogro, S., Bermudez-Barrezuela, N., Chalen-Vera, A. y Romero-Vallejo, A. (2018). *Estudio Sectorial: Productividad en la industria ecuatoriana de la construcción 2013-2017*. Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. Dirección Nacional de Investigación y Estudios. <https://acortar.link/GQH8z2>
- Campos, G., y Méndez, B. (2022). La Covid-19 y su efecto en la rentabilidad de las empresas transnacionales que cotizan en México. *Revista Activos*, 20(2), 86-108. <https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/activos/article/view/8623>
- Cansaya, R., y Peralta, D. M. (2021). *Influencia del COVID en el diseño y rentabilidad de un proyecto inmobiliario mixto en Miraflores*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/19853>
- Castro, M., Chaparral, M., Fernandez, S., y Martínez, A. (2021). La baja rentabilidad genera consecuencias que pueden conllevar a la deserción empresarial, 157-183. [https://www.researchgate.net/publication/352772991\\_La\\_baja\\_rentabilidad\\_genera\\_consecuencias\\_que\\_pueden\\_conllevar\\_a\\_la\\_desercion\\_empresarial#full-text](https://www.researchgate.net/publication/352772991_La_baja_rentabilidad_genera_consecuencias_que_pueden_conllevar_a_la_desercion_empresarial#full-text)
- Chen, S., Huang, F.-W., y Lin, J.-H. (2022). Effects of cap-and-trade mechanism and financial gray rhino threats on insurer performance. *Energies*, 15(15), 5506. <https://doi.org/10.3390/en15155506>
- Chirino, C. (2020). *Covid—19 el rinoceronte gris que nos embistió*. <https://ejercito.defensa.gob.es/Galerias/multimedia/revista-ejercito/2020/957/accesible/revista-ejercito-diciembre.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2020). *Informe sobre el impacto económico en América Latina y el Caribe de la enfermedad por coronavirus (COVID-19)*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/2dd758a3-2146-433e-b596-2c38306b183d/content>
- Corporación Financiera Nacional. (2023). *Construcción de edificios, obras de ingeniería civil, actividades especializadas de la construcción*. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Construccion.pdf>



- Cortijo, A., Martinez, V., y Armando, A. dos S. (2020). *El coronavirus, los cisnes negros y los rinocerontes grises*. [https://ddd.uab.cat/pub/mirabilia/mirabilia\\_a2020m1-6n30/mirabilia\\_a2020n30p80iSPA.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/mirabilia/mirabilia_a2020m1-6n30/mirabilia_a2020n30p80iSPA.pdf)
- Díaz, D., Arias, R., y Tinajero, M. (2023). Sector de la construcción en Ecuador: Un análisis en el contexto de pandemia por COVID- 19. *Kairós. Revista de Ciencias Económicas, Jurídicas y Administrativas*, 6(11), 72-85. <https://doi.org/10.37135/kai.03.11.04>
- Díaz, I., Larrea, K., y Barros, J. (2022). El sector de la construcción en la economía ecuatoriana, importancia y perspectivas. *Ciencias Sociales y Económica*, 6(2), 58-69. <https://doi.org/10.18779/csye.v6i2.598>
- El-Dash, K., Abdel, M., y Mohammed, R. (2022). An intensive review on health and safely factors affecting construction projects' productivity. *Journal of Al-Azhar University Engineering Sector*, 17(62), 133-145. <https://doi.org/10.21608/auej.2022.216593>
- Esquivel, G. (2020). *Los impactos económicos de la pandemia en México*. <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/articulos-y-otras-publicaciones/%7BD442A596-6F43-D1B5-6686-64A2CF2F371B%7D.pdf>
- Ferguson, N. (2020). *Black swans, dragon kings and gray rhinos: the world war of 1914-1918 and the pandemic of 2020-?* <https://bit.ly/47Mht3x>
- Ganley, J., y Salmon, C. (1998). The industrial impact of monetary policy shocks: some stylised facts. *SSRN Electronic Journal*, 1-36. <https://doi.org/10.2139/ssrn.74661>
- Gomez, V., y del Aguila, A. (2020). Sector Construcción y la situación respecto de la pandemia de COVID-19, *Repositorio Institucional CONICET Digital*, 5(6), 1-14. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/110332>
- Harlem, G., y As Sy, E. (2020). *Un mundo desorganizado: Resumen de orientación correspondiente al informe anual de 2020*. <https://bit.ly/47LlkBr>
- Kaklauskas, A., Kelpšienė, L., Zavadskas, E., Bardauskienė, D., Kaklauskas, G., Urbonas, M., & Sorakas, V. (2011). Crisis management in construction and real estate: Conceptual modeling at the micro-, meso- and macro-levels. *Land Use Policy*, 28, 280-29 <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.06.008>
- Karlson, K., & Ozola, A. (2023). Factors Affecting Labour Productivity in the Construction Sector. *Proceedings of the International Scientific Conference "Rural Environment. Education. Personality" (REEP)*, 16, 50-57. <https://doi.org/10.22616/REEP.2023.16.006>
- Mohamed, H., y Eltohamy, A. (2022). Critical Success Factors for Competitiveness of Egyptian Construction Companies. *Sustainability*, 14(17), 10460. <https://doi.org/10.3390/su141710460>
- Morales, M. (2022). Consecuencias de la covid-19 en la economía y las finanzas públicas en México: Más allá de la pandemia. *El Trimestre Económico*, 89, 829-864 <https://doi.org/10.20430/ete.v89i355.1307>
- Morgan, G. (2005). Gestión por factores críticos de éxito. *Revista Universidad EAFIT*, 33(105). <https://acortar.link/0fnC53>
- Obododike, A. (2022). Key factors employers look for In hiring construction managers for Public and Private Construction Projects. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 516-545. <https://doi.org/10.32628/IJSRST229589>
- Olanrewaju, O., Idiako, J., Oyewobi, L., y Akanmu, P. (2018). Global Economic Recession: Causes and Effects on Nigeria Building Construction Industry. *Journal of Surveying, Construction and Property*, 9(1), 9-18. <https://doi.org/10.22452/jscp.vol9no1.2>
- Organización Internacional de Trabajo. (2021). *El impacto de la Covid—19 en el sector construcción*. <https://acortar.link/8wqbQJ>
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *COVID-19: Cronología de la actuación de la OMS*. <https://acortar.link/CPB2H>

- Rodriguez, R. (2018). *Factores Políticos, Económicos, Sociales y Proyectos de Inversión Pública en la Municipalidad Distrital de Tambillo, Ayacucho 2017* [Tesis de Maestría, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://bit.ly/3LI9OK>
- Salinas, V. (2024). *Cisnes negros y rinocerontes grises, en la geopolítica y estrategia marítima del pacífico sudeste* [Diapositivas]. Academia de Guerra Naval - Armada del Ecuador. <https://bit.ly/483GzOO>
- Sarmiento, G., y Hernández, S. (2021). Recesión económica e impacto en la rentabilidad de la industria de la construcción, Ecuador 2019 – 2020: El Covid-19, Un cisne negro. *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración Enfoques*, 5(19), 201-213. <https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v5i19.116>
- Soto, A., Montalvo, A., Benítez, J., Montalvo, N., y Plaza, N. (2023). La covid-19 en el sector de la construcción e inmobiliario en Ibarra. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 1777-1797. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i2.5435](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5435)
- Viniegra, A. (2020). *Reflexiones acerca de la pandemia de COVID-19* (Vol. 71, Núm. 3 especial). <https://acortar.link/RGEjjU>
- World Economic Forum. (2020). *The Global Risks Report 2020*. <https://acortar.link/MdgyF1>

## Los impuestos y su incidencia en los emprendimientos artesanales. Caso de estudio sector artesanal del cantón Loja

### Taxes and their impact on handicraft enterprises. Case study of the handicraft sector in the Loja canton

Mary Beatriz Maldonado Román<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2351-3522>, Natalia Zhanela Largo Sánchez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6288-4978>, Gladys Ludeña Eras<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0591-7208>, Yolanda Margarita Céli Vivanco<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5969-5730>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

[mary.maldonado@unl.edu.ec](mailto:mary.maldonado@unl.edu.ec), [natalia.largo@unl.edu.ec](mailto:natalia.largo@unl.edu.ec),  
[gladys.ludena@unl.edu.ec](mailto:gladys.ludena@unl.edu.ec), [yolanda.celi@unl.edu.ec](mailto:yolanda.celi@unl.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/06/02

Aceptado: 2025/09/04

Publicado: 2025/12/15

#### Resumen

Este artículo tiene como propósito compartir los resultados del trabajo realizado con los artesanos del cantón Loja, en cumplimiento del proyecto de Vinculación con la Sociedad titulado *Fortalecimiento de los conocimientos contables y tributarios a los integrantes de la Cámara de Artesanos del cantón Loja*. El objetivo principal fue analizar el conocimiento contable y tributario de los artesanos, la observancia de la normativa y el impacto de ello en sus actividades empresariales. La investigación, de carácter documental, inició con la identificación de la normativa pertinente para determinar las obligaciones y beneficios aplicables a este grupo de estudio. Se adoptó un enfoque descriptivo para analizar y describir los beneficios y obligaciones de los artesanos. El método deductivo permitió construir un marco teórico sobre el tema, mientras que la técnica de la encuesta, con preguntas cerradas, facilitó la recopilación de información relevante. Los resultados obtenidos revelaron que, si bien la mayoría de los artesanos conocen sus obligaciones como contribuyentes y los beneficios de la calificación artesanal, existen deficiencias que deben ser superadas. En este sentido, las capacitaciones proporcionadas fueron efectivas para subsanar las insuficiencias en conocimientos contables y tributarios, fomentar el vínculo universidad-comunidad y contribuir de manera sustancial al cumplimiento de las obligaciones fiscales por parte de este gremio.

**Palabras clave:** Contribuyente, Costos, Impuestos, Artesanos, Renta.

**Sumario:** Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** Maldonado, M., Largo, N., Ludeña, G. & Céli, Y. (2025). Los impuestos y su incidencia en los emprendimientos artesanales. Caso de estudio sector artesanal del cantón Loja. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 259-273. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1331>

### Abstract

The purpose of this article is to share the results of the work carried out with the artisans of the Loja canton, in compliance with the project Strengthening of accounting and tax knowledge of the members of the Chamber of Artisans of the Loja canton. The main objective was to analyze the accounting and tax knowledge of artisans, their compliance with regulations and their impact on their business activities. The research, of a documentary nature, began with the identification of the relevant regulations to determine the obligations and benefits applicable to this study group. A descriptive approach was adopted to analyze and describe the benefits and obligations of the artisans. The deductive method allowed the construction of a theoretical framework on the topic, while the survey technique, with open and closed questions, facilitated the collection of relevant information. The results obtained revealed that most artisans are aware of their tax obligations and the benefits of artisan qualification. Likewise, the training provided was effective in correcting deficiencies in accounting and tax knowledge. In conclusion, artisans are a vital sector for the economic development of the canton of Loja and the country, and strengthening their accounting and tax capacities contributes significantly to their growth and sustainability.

**Keywords:** Taxpayer, Costs, Taxes, Artisans, Income.

### Introducción

La artesanía es considerada una ocupación que da origen a productos hechos a mano, que se pueden fabricar con la ayuda de utensilios y máquinas, teniendo en cuenta que la aportación manual del artesano debe predominar en el producto final. Las artesanías tienen una característica especial que se diferencian del resto de productos porque tienen un valor muy representativo debido a la originalidad y destreza que destacan. En la actualidad la artesanía es considerada una actividad económica porque contribuye como una fuente de ingresos, impulsa el desarrollo de la economía, genera empleos y forma parte del producto interno bruto del país (Bastidas, 2023).

Es este contexto, en el Ecuador las personas que ejercen esta labor se los identifica como artesanos, un sector importante para el crecimiento económico y la lucha contra la pobreza, procurándoles bienestar y mejorando su calidad de vida. El artesano conocido como trabajador manual, artesano autónomo o maestro de taller es aquella persona que realiza una actividad artesanal por sí mismo, incluso cuando no cuente con operarios, no haya invertido en utensilios de trabajo y no posea un taller artesanal (Ley de Defensa del artesano, 1997, reformada 2008). Puede ser una persona mayor de edad, que ha logrado alcanzar el título de maestro de taller conferido por la Junta Nacional de Defensa del Artesano, por medio de colegios de enseñanza artesanal, gremios legalmente constituidos o centros de formación artesanal. El maestro de taller debe estar inscrito en la Dirección Nacional de Empleo y Recursos Humanos. En algunos casos puede ser una persona que no domina completamente los conocimientos tanto teóricos como prácticos de la actividad artesanal, pero que contribuye a la fabricación de artesanías o a la prestación de un servicio, bajo la orientación del maestro de taller. Un aprendiz que ingresa a un taller o centro de enseñanza artesanal con la finalidad de obtener conocimientos sobre las actividades artesanales que a su vez brinda servicios personales por un periodo definido, recibirá un salario no inferior al 60% del establecido para el operario artesanal. Para que el aprendiz pueda recibir el certificado de operario debe cumplir el 50% del tiempo establecido del curso completo de artesano y rendir un examen ante un tribunal.

En el país, existe normativa que ampara al artesano como la Ley de Defensa del Artesano (1997, reformada 2008) que tipifica que se considera artesano a la persona que realiza artesanías utilizando sus manos, transformando la materia prima para la producción de bienes y la prestación de servicios, debe estar debidamente calificado por la Junta Nacional de Defensa del Artesano y que al momento de desarrollar su trabajo hubiere invertido en su taller para la compra de utensilios de trabajo. Igualmente, la ley considera artesano al trabajador que no haya realizado la compra de utensilios y no cuente con operarios, el artesano puede cumplir dos ocupaciones, maestro de taller o artesano autónomo.

Por consiguiente, los artesanos calificados se encuentran respaldados por la Ley de Defensa del Artesano, Código de Trabajo, Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversión, Ley de Régimen Tributario Interno, Junta Nacional de Defensa del Artesano y Cámaras Artesanales, estableciendo obligaciones y beneficios para su ambiente laboral y tributario. Los beneficios tributarios favorecen a los artesanos, sin embargo, deben cumplir también con las obligaciones señaladas, las cuales posibilitarán mantener un registro para tener conocimiento sobre su ambiente tributario (Mendoza et al., 2022).

El Reglamento para la aplicación de la Ley de Régimen Tributario Interno (2018) nos menciona que los artesanos calificados por la Junta de Defensa cuando realicen la venta de los bienes producidos por ellos o por sus operarios y presten sus servicios, deberán emitir comprobantes de venta gravados con tarifa 0% del Impuesto al Valor Agregado. Además, tienen la obligación de llevar un control de sus ingresos y gastos con la finalidad de poder determinar su renta imponible la cual es la base para el cálculo del impuesto a la renta.

El sector artesanal está representado por 4,5 millones de ecuatorianos, las investigaciones a nivel nacional sobre la cultura tributaria de los artesanos calificados consideran especial preocupación debido a la falta de conocimiento tributario y la poca responsabilidad para el cumplimiento de las obligaciones tributarias, como es la declaración y pago de impuestos (Prado, 2024).

En el contexto local el cantón Loja no solo destaca por su cultura y expresiones artísticas, sino también por la realización de artesanías, cuenta con 3000 artesanos calificados aproximadamente, que fabrican creaciones muy significativas. Las personas que visitan el cantón Loja pueden admirar las artesanías en los talleres de artesanos, mercados locales y disfrutar de la creatividad y habilidad de los artesanos, entre las actividades artesanales más relevantes del cantón Loja se encuentra: Belleza, Mecánica en general, Mecánica Automotriz Jefe de cocina chef, Corte y Confección.

Cabe destacar que los artesanos en el cantón Loja son aquellos que han constituido emprendimientos que generalmente son de un solo propietario y que en el devenir de sus actividades existen situaciones que deben ser tomadas en cuenta a fin de encontrar posibles soluciones, como por ejemplo: por ser negocios que pertenecen a individuos que no conocen lo concerniente a los impuestos, en la mayoría de los casos no se realizan las declaraciones y pagos de éstos en las fechas establecidas, retrasos que se deben a la falta de conocimiento tributario y al descuido, lo que ocasiona sanciones y multas que corresponden al 0.1% y 3% por cada mes o fracción del mes de retraso, No se emiten comprobantes de venta por todas las transacciones realizadas y, en algunos casos, se emiten comprobantes de venta caducados, estas infracciones que reflejan el descuido e inobservancia de la normativa tributaria, traen como consecuencia la aplicación de multas que pueden ser desde 1 a 30 remuneraciones básicas unificadas, en ocasiones puede generar la clausura del negocio y complicación al momento de emitir facturas electrónicas en razón de que los artesanos a partir de enero del 2024 pasaron a

ser parte del Régimen General y tienen la obligación de emitir comprobantes de venta electrónicos, situación que les ha significado descontento debido a la complejidad de su aplicación debido al bajo nivel de conocimiento y manejo de la tecnología, dificultando el correcto registro de las ventas realizadas.

La Junta Nacional de Defensa del Artesano (JNDA) se constituyó el 5 de noviembre de 1953, con la promulgación de la Ley de Defensa del Artesano. Su propósito fundamental es salvaguardar los intereses técnico-profesionales y socioeconómicos de los artesanos en todo el país. La JNDA lidera el fortalecimiento, la profesionalización y el desarrollo del sector artesanal ecuatoriano, siendo responsable de otorgar títulos de maestro de taller en diversas áreas y de calificar o recalificar talleres artesanales, además de expedir el Carné Profesional Artesanal.

Para asegurar una atención descentralizada, la ley establece la creación de Juntas Provinciales de Defensa del Artesano en cada provincia. Estas juntas tienen la tarea de resolver las inquietudes de los artesanos y sus gremios. Asimismo, se contempla la posibilidad de establecer Juntas Cantonales de Defensa del Artesano en función de las condiciones geográficas, sociales y económicas de cada cantón, según lo estipulado en el Artículo 17 del Reglamento General de la Ley de Defensa del Artesano de 2004.

De igual manera con la finalidad de viabilizar lo plasmado en la Ley, se aprobó el Reglamento General de la Ley del Defensa de Artesano (2004) que en su art. 12 manifiesta que las asociaciones artesanales se conforman de dos formas: Simple que la integran maestros de talleres de una actividad específica y organizaciones interprofesionales de maestros y operaciones de varias actividades artesanales compuestas por Federaciones nacionales, provinciales, cantonales y confederaciones, son creadas con la finalidad de promocionar y facilitar las ventas de sus productos o servicios con el objetivo de llegar a más clientes para así aumentar sus ingresos. Las asociaciones tendrán personería jurídica porque se crean conforme a la Ley y por ser parte del registro de la Dirección de Empleo y Recursos Humanos del Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos, se beneficiarán de un certificado que corrobora la existencia de la asociación. Por otro lado.

Con la finalidad de hacerse merecedores de los beneficios que estipula la ley en el país y ejercer como tales los artesanos deben abrir o conservar un taller, deberán obtener el carnet profesional artesanal que lo entrega la Junta Nacional de Defensa del Artesano, sea para los artesanos titulados o para los artesanos autónomos, documento que tendrá una duración de tres años, con el carnet los artesanos podrán hacer uso de los beneficios que establece la Ley de Defensa del Artesano y el Art. 9 de la Ley de Fomento Artesanal (Reglamento General de la Ley de Defensa del Artesano, 2004, Art. 44).

La calificación de los talleres artesanales está a cargo de la Junta Nacional de Defensa del Artesano, el tiempo de duración de la calificación es de 3 años, después será indispensable requerir la recalificación, el valor a cancelar por este trámite será del 25% de un salario mínimo, los artesanos deben tomar en cuenta que si no cumplen con los requisitos reglamentarios se podrá anular la calificación (Reglamento General de la Ley de Defensa del Artesano 2004).

### **Obligación Tributaria**

Es un deber que vincula al sujeto pasivo es decir a la persona natural y jurídica que declara y afronta el pago tributario con el sujeto activo que está representado por el estado, que constituye el solicitante del pago del tributo. Su origen se cimenta en la finalidad de poder sufragar el gasto público para solventar las necesidades de un país y asegurar un buen nivel de



vida de los ciudadanos, además se caracteriza por ser establecida de acuerdo a la actividad económica que realiza el contribuyente y será cumplida con carácter de obligatorio en las fechas determinadas (Galarza et al., 2022).

### **Régimen Tributario**

Constituyen un grupo de leyes, reglamentos y decretos destinados para que el sujeto pasivo pueda cumplir con las declaraciones y el pago de los impuestos, además busca simplificar el recaudo de los tributos, disponiendo la forma en la se debe declarar y cancelar los impuestos y los niveles de pago. Existen dos tipos de régimen en Ecuador, el Régimen General y el Régimen Rimpe para Emprendedores y Negocios Populares, estos se identifican como categorías con sus propias características donde las diferentes actividades económicas desarrolladas en el país deben estar registradas, dependiendo de la actividad que realicen y el nivel de ingresos. En función a la categoría que pertenezcan se fijan las obligaciones tributarias, al igual que la forma de pago de los impuestos. (Paredes, s.f.).

Según Pinargote y Diaz-Barrios (2021) el Régimen General:

- Integra a personas naturales y jurídicas.
- No existe un límite de ingresos anuales establecido y no excluye a ninguna actividad económica.
- Su vigencia será indeterminada y estarán obligados a emitir comprobantes electrónicos sin ningún tipo de leyenda.
- Las declaraciones del IVA serán mensuales, excepto para los sujetos pasivos que vendan productos o servicios con tarifa 0% o, así como aquellos que estén sujetos a la retención total del IVA en estos casos será semestral.
- La declaración del Impuesto a la Renta es anual, su cálculo se realiza sobre los ingresos netos de acuerdo a la tabla establecida.
- Los valores de retención para los contribuyentes de este régimen serán para el impuesto a la renta del 1%, 1.75%, 2%, 2.75%, 5%, 8%, 10%, 22%, 25% y 35%, para el impuesto al valor agregado será de 30% para bienes, 70% para servicios y el 100% para arriendo de locales comerciales y servicios profesionales.

El Régimen Rimpe para Emprendedores y Negocios Populares fue creado el 29 de noviembre de 2021, entró en vigencia a partir de 01 de enero del 2022 y consta de dos modalidades, los Negocios Populares y los Emprendedores. Las actividades económicas ligadas a la construcción, honorarios profesionales, agropecuarias, distribución de combustible, hidrocarburos, minería, empleados en relación de dependencia, transporte, arrendamiento de bienes y muebles, laboratorios médicos y farmacéuticos, industrias básicas, sector financiero, seguros y Economía Popular y Solidaria quedan excluidas del régimen RIMPE (Acosta y Enríquez, 2023).

### **Negocios Populares**

- La modalidad de Negocios Populares está integrada por personas naturales que sus ingresos brutos no superen los \$20.000,00 en el periodo económico.
- Los comprobantes de venta que les corresponde emitir son las notas de ventas que deberán contener la siguiente leyenda Negocio Popular – Régimen RIMPE con la finalidad de identificarse ante los clientes.
- Al momento de la emisión de la nota de venta no se deberá desglosar el IVA, directamente se colocará el valor total de la venta.
- El monto límite para la emisión de las notas de venta es de \$20.000,00 anual.

- Los Negocios Populares no serán agentes de retención y no estarán sujetos a la retención del Impuesto a la Renta.
- En esta modalidad no se declara el Impuesto al Valor Agregado y el pago del impuesto a la renta es de \$60.00 anuales en el mes de marzo del año siguiente, al cancelar un solo valor no significa que no deben cumplir con la obligación de llevar un libro de ingresos y egresos que les permita mantener un control de su actividad económica (Urgilés et al., 2023).

### **Emprendedores**

- La modalidad emprendedores la conforman personas naturales y jurídicas que obtienen ingresos brutos sobresalientes de \$20.001,00 hasta los \$300.000,00.
- Los contribuyentes pertenecientes a esta categoría deberán emitir facturas para las transacciones realizadas a partir de \$4 y \$12, pero si el cliente le solicita la factura por un monto menor al establecido tendrán el deber de emitir.
- Las sociedades están obligadas a emitir facturas por cualquier transacción efectuada independientemente del importe.
- Las facturas emitidas deben contener la leyenda Contribuyente Régimen RIMPE.
- Tienen el compromiso de emitir facturas tomando en cuenta que el monto límite para su emisión es \$300,000.00 anual.
- Estarán sometidos a la retención del Impuesto a la Renta sea para bienes o servicios será de 1% y la retención del Impuesto al valor Agregado será para bienes el 30% y servicios el 70%.
- La declaración del IVA puede ser mensual o semestral.

La declaración del Impuesto a la Renta será según la tabla asignada, para este cálculo tienen la obligación de llevar un libro de ingresos y egresos (Urgilés et al., 2023).

### **Beneficios y deberes tributarios de los artesanos**

Según la Ley de Fomento Artesanal (2023) en su Art. 9 establece que los artesanos calificados podrán acogerse a los siguientes beneficios:

- Realizar la declaración del IVA de forma semestral.
- Exoneración del pago del Impuesto al Valor Agregado.
- No tienen la obligación de llevar contabilidad, si no sobrepasan el límite establecido.
- Venden sus productos con tarifa 0% de IVA.
- Exoneración hasta el 100% de impuestos arancelarios de la importación de materias primas, maquinaria, instrumentos, utensilios que no se fabriquen en el Ecuador y que son necesarios para el desarrollo de su actividad artesanal.
- Exoneración de los impuestos para la exportación de artesanías.
- Exoneración de impuestos fiscales, provinciales y municipales.
- Exoneración del pago del impuesto de la patente municipal.
- Según el Reglamento para la aplicación de la Ley de Régimen Tributario Interno (2021) en su Art. 188 manifiesta que los artesanos deben cumplir con los siguientes deberes:
- Contar con la calificación actualizada por la Junta de Defensa del Artesano.
- Mantener actualizado su Registro Único de Contribuyentes.
- No superar el monto de los activos totales que permite la Ley de Defensa del Artesano.
- Emitir comprobantes de ventas electrónicos debidamente autorizados por el SRI.

- Las ventas de bienes o prestaciones de servicios que efectúen deben gravar tarifa 0% del IVA.
- Llevar un registro de ingresos y gastos con la finalidad de conocer su renta imponible.
- Presentar semestralmente la declaración del Impuesto al Valor Agregado y de forma anual la declaración del Impuesto a la Renta.
- Pedir comprobantes de ventas por las compras realizadas que sean exclusivamente para el desarrollo de la actividad artesanal.
- Conservar los comprobantes de ventas por un periodo de siete años.
- Si superan el límite de ingresos brutos \$300,000.00 estarán obligados a llevar contabilidad.
- Brindar bienes únicamente los que enmarca la calificación que obtuvo por parte de la Junta Nacional de Defensa del Artesano.
- Prestar servicios únicamente los que enmarca la calificación que obtuvo por parte de la Junta Nacional de Defensa del Artesano.
- Brindar información que solicite el sistema tributario.
- Mantener actualizado el Registro Único de Contribuyentes.
- Efectuar los deberes formales establecidos en el Código Tributario.

### **Deberes formales de los artesanos**

Según la ley de Régimen Tributario Interno los deberes formales del Artesano Calificado son:

- Abrir un Registro Único de Contribuyentes.
- Emitir comprobantes de venta autorizados.
- Llevar un registro de ingresos y gastos.
- Efectuar las declaraciones correspondientes y realizar el respectivo pago.

Al no dar cumplimiento a los deberes formales establecidos se ocasionará la responsabilidad pecuniaria sobre el contribuyente. Los artesanos calificados no tienen la obligación de llevar contabilidad, pero sí de contar con un registro mensual de ingresos y gastos, podrán utilizar un cuaderno o elaborar un registro en Excel, Deben tomar en cuenta que el Servicio de Rentas Internas establece que los comprobantes de venta deben ser conservados por un periodo de siete años. Según el Reglamento para la aplicación de la Ley de Régimen Tributario Interno (2021) en su Art. 188 establece que las ventas de los productos o la prestación de servicios por parte de los artesanos, sus talleres artesanales y operarios grabarán tarifa 0% de IVA, siempre y cuando cumplan con:

- Calificación artesanal actualizada.
- El Registro Único de Contribuyentes actualizado.
- Vender bienes o prestar servicios de acuerdo a su actividad artesanal.
- No superar el límite de ingresos establecidos para llevar contabilidad.

### **Impuesto a la Renta**

El impuesto a la Renta es aquel que debe ser declarado y pagado anualmente, se aplica sobre los ingresos brutos obtenidos por las personas naturales, sociedades y sucesiones indivisas nacionales o extranjeras en un periodo impositivo que comprende del 01 de enero al 31 de diciembre, es considerado también como un impuesto directo y progresivo que toma en cuenta el nivel de ingresos del contribuyente, la declaración y el pago es de forma obligatoria

en el mes de marzo para las personas naturales y en el mes de abril para las sociedades de acuerdo al noveno dígito del ruc del contribuyente (Vaz et al., 2025).

Los artesanos calificados tienen la obligación de llevar un registro de ingresos y gastos con la finalidad de determinar su renta imponible para el cálculo del impuesto a la renta. La base imponible está constituida del total de los ingresos ordinarios y extraordinarios gravados con el impuesto, menos las devoluciones, descuentos, costos, gastos y deducciones imputables a tales ingresos (Ley de Régimen Tributario Interno, 2018, Art. 16).

### Cálculo

Para el cálculo del impuesto a la renta se debe considerar el total de los ingresos gravados menos las devoluciones, descuentos, costos y gastos, al realizar esta operación se obtiene la base imponible, valor al que se debe aplicar el porcentaje correspondiente según la tabla del Impuesto a la Renta establecida por el Servicio de Rentas Internas para determinar el valor del impuesto que deberán pagar (Torres, 2025).

Según la Ley de Régimen Tributario Interno (2018) menciona los parámetros que deben ser consideradas para el cálculo del Impuesto a la Renta:

- Ingresos gravados: es aquel valor sujeto al pago del Impuesto a la Renta.
- Ingresos exentos y exoneraciones: ingresos que no gravan el Impuesto a la Renta.
- Deducciones: son aquellos gastos que se realicen con la finalidad de obtener, mantener y mejorar los ingresos ecuatorianos sujetos al Impuesto de la Renta.

### Formalidades para declaración y pago

Este impuesto debe ser declarado y pagado anualmente según el noveno dígito del Registro Único del Contribuyentes, en el formulario 102A y se debe tomar en cuenta que si no se presenta la declaración dentro de la fecha determinada el artesano será objeto de multas e intereses (Ley de Régimen Tributario Interno, 2018, Art. 40).

**Tabla 1**

*Impuesto a la Renta – Negocios Populares*

LÍMITE INFERIOR (USD)	LÍMITE SUPERIOR (USD)	IMPUESTO A PAGAR (CUOTA USD)
\$ 0,00	\$ 2.500,00	\$ 0,00
\$ 2.500,01	\$ 5.000,00	\$ 5,00
\$ 5.000,01	\$ 10.000,00	\$15,00
\$10.000,01	\$ 15.000,00	\$ 35,00
\$15.000,01	\$ 20.000,00	\$ 60,00

El sector artesanal ecuatoriano, si bien goza de beneficios significativos, también enfrenta responsabilidades tributarias que son fundamentales para operar dentro del marco legal vigente. Las reformas tributarias implementadas en el país tienen como objetivo principal la recaudación de impuestos directos, en consonancia con lo establecido en la Constitución de la República. En este contexto, el presente trabajo se enfocó en fortalecer los conocimientos contables y tributarios de los integrantes de la Cámara de Artesanos del cantón Loja, con el propósito de que cumplan con sus obligaciones y el pago oportuno de los impuestos.

**Tabla 2**  
*Impuesto a la Renta – Emprendedores*

LÍMITE INFERIOR (USD)	LÍMITE SUPERIOR (USD)	IMPUESTO A LA FRACCIÓN BÁSICA	TIPO MARGINAL SOBRE FRACCIÓN EXCEDENTE
\$ 20.000,00	\$ 50.000,00	\$60,00	1,00%
\$ 50.000,00	\$ 75.000,00	\$360,00	1,25%
\$ 75.000,00	\$100.000,00	\$672,50	1,50%
\$100.000,00	\$200.000,00	\$1.047,50	1,75%
\$200.000,00	\$300.000,00	\$2.797,52	2,00%

### Materiales y Métodos

La investigación, es de tipo documental, se fundamentó en datos obtenidos de la base del Servicio de Rentas Internas, lo que permitió establecer un marco sólido para el estudio. En concordancia con Arias y Covinos (2021), que define el estudio descriptivo como la observación y descripción de características y condiciones de una población o fenómeno, la investigación adoptó un alcance descriptivo al analizar los registros contables y los beneficios tributarios aplicables a los artesanos. Además, se implementó un proceso de recolección de información a través de encuestas, que, según Sánchez et al. (2021), facilitan la construcción de una interacción directa con los sujetos de estudio, permitiendo así comprender su comportamiento como contribuyentes. Se complementó con un estudio de campo, involucrando a docentes, estudiantes y artesanos participantes en el proyecto de vinculación con la sociedad, enriqueciendo el conocimiento y fortaleciendo los lazos entre la universidad y la comunidad. En conjunto, esta investigación cumplió su propósito de consolidar los conocimientos contables y tributarios de los artesanos, con el objetivo de promover su participación activa en el desarrollo económico provincial, regional y nacional.

### Resultados y Discusión

#### Resultados

Ecuador ha experimentado diversas reformas tributarias, diseñadas para optimizar la recaudación de recursos mediante la eliminación de impuestos redundantes y la implementación de gravámenes que contribuyan al bienestar social, lo que ha permitido incrementar el presupuesto estatal para satisfacer las necesidades básicas de la población (Durán y Torres, 2024). En la provincia de Loja, los artesanos, como contribuyentes, desempeñan un papel importante en la economía nacional. Sin embargo, la complejidad del marco legal, exacerbada por las continuas reformas, y la falta de una sólida cultura tributaria, dificultan el cumplimiento oportuno de sus obligaciones fiscales. En este contexto, la gestión tributaria eficiente se torna crucial, especialmente para los emprendimientos artesanales, donde los recursos son limitados y las oportunidades, escasas. Por lo tanto, la mera producción de bienes o servicios no garantiza la sostenibilidad; es imperativo que estas actividades generen una rentabilidad favorable para sus propietarios.

Para sustentar el presente trabajo se utilizó la encuesta aplicada a los emprendimientos y negocios del cantón Loja, Catamayo y Gonzanamá.

**Pregunta 1: ¿Emite los comprobantes de ventas autorizados por el SRI?****Tabla 3***Emisión de comprobantes de ventas*

VARIABLE (X)	FRECUENCIA (F)	PORCENTAJE (%)
Si	92	83%
No	19	17%
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>100%</b>

Los datos de la Tabla 3 revelan que un significativo 83% de los artesanos encuestados emite facturas de venta autorizadas por el Servicio de Rentas Internas (SRI) a sus clientes, lo que indica un alto nivel de cumplimiento con las normativas tributarias. Sin embargo, el 17% restante no cumple con esta obligación, lo que los expone a posibles multas y sanciones por parte del SRI.

**Pregunta 2: ¿Conoce sobre los registros de ingresos y egresos que debe llevar para controlar su actividad económica?****Tabla 4***Registro de ingresos y egresos*

VARIABLE (X)	FRECUENCIA (F)	PORCENTAJE (%)
Si	90	81%
No	21	19%
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>100%</b>

Los resultados de la encuesta, reflejados en la tabla anterior, indican que un 81% de los artesanos utiliza registros de ingresos y egresos para gestionar sus actividades económicas, cumpliendo así con las disposiciones de la administración tributaria. Sin embargo, un 19% no emplea estos registros, lo que implica un incumplimiento de la normativa legal y una falta de conocimiento sobre la situación financiera de sus negocios.

**Pregunta 3: ¿Conoce usted sobre el beneficio que tiene como artesanos calificados referente al pago de impuestos?****Tabla 5***Conocimiento referente al pago de impuestos*

VARIABLE (X)	FRECUENCIA (F)	PORCENTAJE (%)
Si	71	64%
No	40	36%
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>100%</b>

La Tabla 5 revela que el 64% de los encuestados está informado sobre los beneficios tributarios disponibles para los artesanos calificados. Sin embargo, un 36% desconoce estos beneficios. Es crucial que los artesanos adquieran conocimiento sobre la normativa tributaria específica que les concierne, ya que esto les permitirá cumplir con las disposiciones legales y aprovechar las exoneraciones de impuestos y aranceles a las que tienen derecho.



**Pregunta 4: ¿Lleva un archivo de documentos que respalden las transacciones de compras y ventas?**

**Tabla 6**

*Número de artesanos que llevan un archivo de documentos que respaldan las transacciones de compras y ventas*

VARIABLE (X)	FRECUENCIA (F)	PORCENTAJE (%)
Forma física	46	42%
Forma digital	28	25%
Ambas	18	16%
Ninguna	19	17%
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>100%</b>

Los datos de la Tabla 6 revelan que, de los 111 artesanos encuestados, un 83% mantiene un archivo, tanto físico como digital, de los documentos que respaldan sus transacciones de compra y venta. Sin embargo, un 17% no archiva sus documentos, lo que los expone a un riesgo considerable de pérdida de información crucial en caso de extravío o daño de los originales. Esta falta de respaldo dificulta la detección y corrección de errores en las transacciones, y obstaculiza el seguimiento preciso de las mismas, lo que puede resultar en errores de gestión contable y financiera.

**Pregunta 5: ¿Declara sus impuestos en los plazos establecidos por el Servicio de Rentas Internas?**

**Tabla 7**

*Número de artesanos que declaran los impuestos en el plazo establecido*

VARIABLE (X)	FRECUENCIA (F)	PORCENTAJE (%)
Si	102	92%
No	9	8%
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>100%</b>

Los datos presentados en la Tabla 7 revelan que un notable 92% de los artesanos encuestados cumple puntualmente con sus obligaciones tributarias, lo que demuestra un alto nivel de conocimiento y cumplimiento de los plazos establecidos por la normativa. Sin embargo, un 8% admite desconocer dichos plazos, lo que los expone a incurrir en recargos por multas e intereses.

**Pregunta 6: ¿Conoce usted la utilidad o pérdida que genera su actividad económica?**

**Tabla 8**

*Número de artesanos que conocen la utilidad o pérdida que genera su actividad económica*

VARIABLE (X)	FRECUENCIA (F)	PORCENTAJE (%)
Si	96	86%
No	15	14%
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>100%</b>

Los resultados revelan que un 86% de los encuestados comprende la rentabilidad de su actividad económica, identificando tanto utilidades como pérdidas. No obstante, un 14% admite desconocer estos resultados, lo que evidencia una carencia de información crucial para

la toma de decisiones. Esta falta de datos precisos puede conducir a una gestión ineficiente de los recursos, ya que impide una evaluación precisa de los costos y beneficios, y, por ende, de la rentabilidad de sus operaciones.

## Discusión

Los artesanos de los cantones de Loja, Catamayo y Gonzanamá representan un pilar fundamental para la economía local, destacándose por su habilidad y dedicación en la creación de productos que reflejan la identidad, historia, valores y costumbres de la región. Su capacidad para satisfacer las necesidades sociales es innegable, lo que subraya la importancia de apoyar su desarrollo profesional. En este sentido, el asesoramiento en aspectos contables y tributarios se presenta como una herramienta crucial para fortalecer sus habilidades y destrezas. Este apoyo les permitiría optimizar la gestión de ingresos y gastos, determinar la rentabilidad de sus actividades, organizar la documentación de respaldo y asegurar el cumplimiento oportuno de sus obligaciones fiscales (Vidal y Armendáriz, 2024). Al proporcionarles las herramientas necesarias para una gestión financiera y tributaria eficiente, se contribuye a la sostenibilidad y crecimiento de este valioso sector.

El estudio exploró las prácticas de gestión tributaria y financiera de los artesanos en los cantones de Loja, Gonzanamá y Catamayo, utilizando una encuesta como herramienta principal de recopilación de datos, siguiendo la metodología de Faneite (2023), quien destaca la encuesta como un método eficaz para obtener información detallada sobre diversos temas. Los resultados revelaron que un significativo 83% de los artesanos cumplen con la obligación de emitir comprobantes de venta, lo que indica una creciente conciencia sobre la importancia del cumplimiento tributario. Este alto porcentaje se atribuye a una mejor educación tributaria y la adopción de nuevas tecnologías que facilitan el proceso de facturación. Sin embargo, el 17% restante aún enfrenta dificultades, principalmente debido al limitado conocimiento sobre las normas tributarias y el acceso a herramientas adecuadas. Para abordar esta situación, se recomienda implementar talleres prácticos sobre el uso de herramientas de facturación electrónica y programas de educación tributaria adaptados a las necesidades de los artesanos, a través de los proyectos de vinculación con la sociedad. Además, se evaluó la capacidad de los artesanos para gestionar sus recursos financieros, encontrando que el 81% lleva un registro ordenado de ingresos y gastos, lo que fortalece la gestión interna de sus negocios y mejora su sostenibilidad a largo plazo. No obstante, el 19% restante presenta falencias en los registros financieros, lo que subraya la necesidad de capacitación continua. La evidencia sugiere que la capacitación ha sido bien recibida y ha tenido un impacto positivo en el sector, apoyando a este importante segmento de la sociedad. En cuanto al conocimiento referente al pago de impuestos los resultados indican que 64% de los encuestados están familiarizados con los derechos y beneficios tributarios que tienen, esto refleja un cierto nivel de conocimiento sobre las regulaciones tributarias asociadas con su actividad artesanal., el 36% justifica el asesoramiento recibido en este sentido con el proyecto de vinculación con la sociedad. Palma et al., (2024).

El análisis de las prácticas de gestión documental y tributaria de los artesanos revela un panorama mixto (Según Navas et al., (2022), el 42% de los artesanos mantiene un archivo de documentos de respaldo para sus transacciones, con un 25% optando por el formato físico, un 17% por el digital, y un 17% combinando ambos. Esta práctica, motivada por la seguridad y la reducción del riesgo de pérdida de información, contrasta con el 17% que no realiza ningún respaldo, lo que los expone a riesgos significativos. En cuanto al cumplimiento tributario, un alentador 92% de los artesanos declara sus impuestos dentro de los plazos establecidos por el Servicio de Rentas Internas, lo que indica un alto nivel de responsabilidad. Sin embargo, el 8% restante requiere atención urgente para asegurar el cumplimiento. En relación con la gestión financiera, el 86% de los artesanos comprende la utilidad o pérdida generada por su actividad

económica, lo que facilita la toma de decisiones informadas. No obstante, el 14% que desconoce esta información, debido a la falta de registros adecuados, subraya la importancia de las capacitaciones recibidas para mejorar su conocimiento y gestión financiera.

### **Conclusiones**

La implementación de este proyecto ha demostrado ser crucial para el fortalecimiento de las unidades de negocios artesanales, mediante la creación de instrumentos metodológicos que facilitan la aplicación de normas y técnicas de control contable y tributario. Estos instrumentos, desarrollados con la participación activa de estudiantes, han permitido la sistematización de procesos que anteriormente se llevaban a cabo de manera intuitiva, proporcionando así una estructura clara que optimiza el cumplimiento normativo y la gestión financiera de los artesanos. La realización de talleres, donde los estudiantes asumieron roles de facilitadores bajo supervisión docente, ha sido fundamental para el desarrollo de habilidades y destrezas específicas en procedimientos contables y tributarios entre los artesanos participantes. Simultáneamente, este proceso ha fortalecido las competencias profesionales, comunicativas y sociales de los estudiantes involucrados, creando un entorno de aprendizaje bidireccional que beneficia a ambas partes., mientras que los artesanos no solo implementaron correctamente los procedimientos enseñados, sino que también experimentaron un aumento en la confianza en su gestión administrativa. Esta vinculación universidad- comunidad, facilitada a través de la participación estudiantil, se ha consolidado como un modelo efectivo para la transferencia de conocimiento, beneficiando tanto a la comunidad artesanal como a la formación integral de los futuros profesionales de la Carrera de Contabilidad y Auditoría, y promoviendo valores de responsabilidad social y compromiso con el desarrollo comunitario.

La mayoría de los artesanos de la provincia de Loja, dedicados a la producción de bienes y servicios, carece de una cultura tributaria sólida que les permita comprender la importancia del cumplimiento fiscal y su contribución a los objetivos del Estado. En este contexto, el Proyecto de Vinculación FJSA-CA-004, denominado "Fortalecimiento de los Conocimientos Contables y Tributarios a los Integrantes de la Cámara de Artesanos del Cantón Loja", ha logrado un impacto social significativo. A través de este proyecto, se capacitó a 300 artesanos en la ciudad de Loja, 84 en Gonzanamá y 69 en Catamayo, fortaleciendo sus conocimientos en áreas contables y tributarias. Esta capacitación les permitirá llevar registros precisos de costos y presupuestos, cumplir con sus obligaciones fiscales de manera oportuna y, en última instancia, mejorar la calidad de vida de aquellos directa e indirectamente relacionados con el sector artesanal.

### **Reconocimientos y Declaraciones**

Los autores expresamos gratitud a los artesanos integrantes de la “Cámara de Artesanos del cantón Loja”, por su contribución e interés de capacitación mostrado en la ejecución del proyecto de vinculación. De igual manera a la Universidad Nacional de Loja, que propicia estos espacios de interacción con la comunidad. Los autores expresamos que en la ejecución del proyecto de Vinculación se participó de forma conjunta equipo de docentes y estudiantes.

Los autores certifican que la presente investigación fue realizada íntegramente sin recurrir a herramientas de inteligencia artificial en ninguna de sus etapas o secciones.

## Referencias

- Acosta, D. y Enríquez, L. (2023). *La adquisición de souvenirs artesanales como elementos representativos de la cultura cuencana*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/41690>
- Arias Gonzáles, J. L., y Covinos Gallardo, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. *Enfoques Consulting EIRL*, 1(1), 66-78 [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias\\_S2.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf)
- Asamblea Nacional del Ecuador (2004 reformada 2018). *Ley de Régimen Tributario Interno*. Registro Oficial, Suplemento 463. <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/LRTI.pdf>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (1997, reformada 2008). *Ley de Defensa del Artesano* Quito, Ecuador.  
<https://www.artesanos.gob.ec/institutos/wp-content/uploads/downloads/2018/01/LEY-DE-DEFENSA-DEL-ARTESANO-1.pdf>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (reformada 2021). *Reglamento para la aplicación de la Ley de Régimen Tributario Interno* Quito-Ecuador [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2021-03/CompletosSinConcordanciaspdf160\\_-\\_REGLAMENTO\\_PARA\\_LA\\_APLICACION%20DE\\_LA\\_LEY\\_DE\\_R.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2021-03/CompletosSinConcordanciaspdf160_-_REGLAMENTO_PARA_LA_APLICACION%20DE_LA_LEY_DE_R.pdf)
- Bastidas Pérez, A. (2023). Los talleres artesanales y sus prácticas: una agenda de investigación para las transiciones. *Kepes*, 20(27), 203–229. <https://doi.org/10.17151/kepes.2023.20.27.8>
- Congreso Nacional del Ecuador (1998 reformada 2004). *Reglamento General de la Ley de Defensa del Artesano* <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu168909.pdf>
- Durán-Fernández, A. B., y Torres-Negrete, A. de las M. (2024). *Impacto de las reformas tributarias: comportamiento de los contribuyentes y su cumplimiento en Latinoamérica*.  
<https://dspace.ucacue.edu.ec/items/d939b3c4-ca4a-44ea-851c-4fe0c660eaf1>
- Faneite, S. F. A. (2023). Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 3(8), 82-95. <https://idicap.com/ojs/index.php/ogmios/article/view/226/237>
- Galarza, J., Ordóñez Parra, J., y Zamora Zamora, E. G. (2022). Importancia de las estrategias en las Obligaciones Tributarias frente a la Emergencia Sanitaria Covid-19 en Pymes de Cuenca, Ecuador. *Religación*, 7(31), e210878. <https://doi.org/10.46652/rgn.v7i31.878>  
[https://www.593dp.com/index.php/593\\_Digital\\_Publisher/article/view/2187](https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/2187)
- Mendoza Tolosa, H. A., Campo Robledo, J., y Clavijo Cortez, P. H. (2022). Tributación y dinámica económica regional en Colombia. *Revista Finanzas Y Política Económica*, 14(1).  
<https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.v14.n1.2022.9>
- Navas, G. Peña D, Silva, N. y Mayorga, M. (2022). Recaudación tributaria para la educación en el Ecuador por la emergencia del covid-19 en 2020. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(4), 619-627  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202022000400619&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202022000400619&script=sci_arttext)
- Palma, M., Canacuan, R., Pillajo, P. y Calderón, Á. (2024). Factores de Comunicación Externa que inciden en el desarrollo de las Microempresas de los Artesanos calificados del cantón Ibarra. *Mentor revista de investigación educativa y deportiva*, 3(8), 437-457 <https://doi.org/10.56200/mried.v3i8.7345>
- Paredes, D. (s.f.) *Regímenes Tributarios en el Ecuador* Newsletter Ecuador <https://taxo.co/es-ec/blog/regimen-tributario-ecuador>
- Pinargote, H., y Díaz-Barrios, J. (2021). *Políticas públicas orientadas a impulsar a las PYMES ecuatorianas* <https://repositorio.utem.cl/handle/30081993/1475>
- Prado, R. (2024). Efectos tributarios de micro y pequeñas empresas artesanales (Revisión sistemática). *Revista de Economía del Caribe*, (33), 3-3. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2011-21062024000100003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21062024000100003)

- San Andrés, J. C., Montesdeoca, J. Z., & Saltos, M. M. (2023). Régimen impositivo ecuatoriano y su incidencia en la recaudación de impuestos en Portoviejo 2018-2022. *593 Digital Publisher CEIT*, 8(6), 537-549
- Sánchez, M., Fernández, M., y Díaz, J. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Revista científica/ Uisrael*, 8(1), 107-121 <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>
- Torres (2025). *Análisis del impacto tributario ante la facturación electrónica generada en Mipymes del cantón Daule, y su incidencia ante los beneficios de su utilización, período 2024*. <https://dspace.itred.edu.ec/handle/123456789/439>
- Urgilés, B. C. L., Moreno, S. A. S., Taco, D. H. D., Escobar, N. J. A., Herrera, M. U. O., & Naranjo, M. L. C. (2023). Implementación del Régimen RIMPE y su Adaptación Tributaria en el Ecuador. *Tesla Revista Científica*, 3(1), e158-e158 <https://doi.org/10.55204/trc.v3i1.e158>
- Vaz, L. dos R., Soares, F. A. L., Morais, W. A., Salomão, L. C., Mota, P. R. D., & Sousa, A. E. C. (2025). Irrigação sustentável no desenvolvimento da agricultura familiar de Ceres-GO. *Caderno Pedagógico*, 22(5), e14912 <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n5-159>
- Vidal, K., y Almendariz, F. (2024). Análisis al plan tributario en el cumplimiento de los artesanos de Portoviejo. *Revista Social Fronteriza*, 4(2), e42141-e42141 [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(2\)141](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(2)141)

## Auditoría a los procesos de contratación de las entidades públicas de la provincia de Loja

### Audit of the contracting processes of public entities in the province of Loja

Franz Arturo García Torres<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5085-9268>,  
Dunia Maritza Yaguache Maza<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3058-3775>, Byron Emilio Camacho  
Ojeda<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0003-4879-8584>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador  
[franz.garcia@unl.edu.ec](mailto:franz.garcia@unl.edu.ec), [dunia.yaguache@unl.edu.ec](mailto:dunia.yaguache@unl.edu.ec),  
[byron.camacho@unl.edu.ec](mailto:byron.camacho@unl.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/06/02  
Aceptado: 2025/09/04  
Publicado: 2025/12/15

#### Resumen

El presente trabajo de investigación analiza la incidencia de los exámenes especiales de auditoría en los procesos de contratación pública en la provincia de Loja. El objetivo es identificar cómo los exámenes especiales impactan en la efectividad de dichos procesos. El estudio se llevó a cabo utilizando información de la Contraloría General del Estado, obtenida de su página web oficial en el apartado de informes aprobados. El período de ejecución abarcó varios años y se empleó un diseño metodológico cuantitativo que incluyó el análisis de los exámenes realizados a nivel nacional, con enfoque específico en la provincia de Loja y su relación con la contratación pública. Las variables consideradas fueron el tipo de procedimiento de contratación y los hallazgos en los informes de auditoría. Los resultados indican que los procedimientos más auditados fueron los denominados "otros procedimientos" (38,18%), seguidos por los de régimen común (35%), destacándose los relacionados con consultorías, y los procedimientos dinámicos, especialmente los de subasta inversa electrónica (20,91%). También se observó que, de un total de 901 hallazgos, las instituciones públicas han seguido las recomendaciones de los auditores para mejorar la administración y gestión de los procesos de contratación pública. Se pudo evidenciar la importancia de que las entidades públicas cuenten con personal altamente capacitado en el ejercicio de la contratación pública. En conclusión, los exámenes especiales de auditoría han tenido un impacto positivo en el perfeccionamiento de los procesos de contratación.

**Sumario:** Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** García, F., Yaguache, D. & Camacho, B. (2025). Auditoría a los procesos de contratación de las entidades públicas de la provincia de Loja. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 274-284.  
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1330>



**Palabras clave:** Recursos públicos, control, procesos, datos, informes.

### Abstract

This research paper analyzes the impact of special audits on public procurement processes in the province of Loja. The objective is to identify how special audits impact the effectiveness of these processes. The study was conducted using information from the State Comptroller General's Office, obtained from its official website in the approved reports section. The study spanned several years and employed a quantitative methodological design that included the analysis of audits conducted nationwide, with a specific focus on the province of Loja and its relationship to public procurement. The variables considered were the type of procurement procedure and the findings in the audit reports. The results indicate that the most audited procedures were those referred to as "other procedures" (38.18%), followed by standard procedures (35%), particularly those related to consulting services, and dynamic procedures, especially electronic reverse auctions (20.91%). It was also observed that, out of a total of 901 findings, public institutions have followed the auditors' recommendations to improve the administration and management of public procurement processes. In conclusion, special audit examinations have had a positive impact on improving public procurement processes in Loja, increasing their effectiveness and transparency over the years.

**Keywords:** Public resources, control, processes, data, reports.

### Introducción

El sector público ecuatoriano es fundamental en las actividades económicas del país, ya que está encargado de la planificación, administración y distribución de los recursos públicos para satisfacer las necesidades de la población a través de la provisión de bienes y servicios. Según Matute (2019), este sector abarca todas las entidades e instituciones gubernamentales encargadas de esta gestión. La Constitución de Ecuador, como lo señala la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2008), establece el marco legal y político del país, definiendo derechos, obligaciones y las funciones de los poderes del Estado. Esta norma constituye la base sobre la cual se regula la conducta de los ciudadanos y la administración pública.

En cuanto a la fiscalización, la Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado (2002) establece un sistema de auditoría gubernamental que tiene como objetivo garantizar el cumplimiento de la misión, visión y objetivos de las instituciones públicas, así como supervisar la correcta administración de los recursos. La auditoría gubernamental juega un papel crucial en la contratación pública, cuyo marco legal está determinado por la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (2008). Esta ley establece los principios y reglas que deben regir los procesos de contratación para la adquisición de bienes y servicios por parte de las entidades públicas, buscando siempre asegurar la transparencia y eficiencia en el uso de los recursos.

Según Reyna y Benítez (2019), la contratación pública debe llevarse a cabo de manera eficiente, asegurando la calidad de los bienes y servicios adquiridos y protegiendo los intereses del Estado. La auditoría gubernamental, como lo define Pizarro et al. (2018), es un proceso que implica el análisis y examen de la información financiera y operativa de una institución pública para verificar el cumplimiento de estándares establecidos. Los exámenes especiales de auditoría son una herramienta clave en este proceso, ya que se centran en la evaluación de aspectos específicos de las actividades financieras, administrativas, operativas o ambientales

de una entidad una vez que estas actividades han concluido (Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado, 2002).

Gutiérrez et al. (2020) afirman que el examen especial tiene un alcance limitado, pues se enfoca en un grupo específico de operaciones o cuentas. Para llevar a cabo este examen, se deben seguir tres fases fundamentales: la planificación, la ejecución y la comunicación de resultados. La planificación, según Pelazas (2022), debe ser realizada de acuerdo con el objetivo y alcance del trabajo, teniendo en cuenta factores como el tamaño de la institución y la experticia de los auditores. En la fase de ejecución, se llevan a cabo los procedimientos de examen, y en la fase final, se elabora el informe con los hallazgos, conclusiones y recomendaciones, siguiendo las Normas Internacionales de Auditoría (Luna et al., 2018).

Figuerola et al. (2019) destacan que el informe final debe ser detallado e incluir las deficiencias encontradas en el proceso auditado, con recomendaciones claras para la persona responsable de la gestión de los contratos.

La auditoría a los procesos de contratación en las entidades públicas constituye un pilar esencial para garantizar la transparencia, eficiencia y legalidad en la gestión de los recursos públicos. En Ecuador, el ente de control realiza exámenes especiales dirigidos a evaluar los procedimientos de contratación de bienes y servicios en el Sector Público, con el objetivo de identificar y corregir posibles irregularidades que puedan afectar el adecuado uso de los fondos públicos. Estos exámenes se enfocan en los procesos clave que requieren una supervisión minuciosa para asegurar que las entidades gubernamentales cumplan con sus responsabilidades y entreguen los productos y servicios de manera eficiente y conforme a la normativa vigente.

La contratación pública, que representa un aspecto fundamental en la gestión administrativa, no solo tiene implicaciones legales y operativas, sino también éticas, ya que de su correcta ejecución depende el bienestar de la sociedad y la calidad de los servicios brindados. Sin embargo, a lo largo de los años, el país ha enfrentado serios desafíos relacionados con la corrupción, el favoritismo y la influencia indebida en la selección de contratistas. Este panorama ha generado la necesidad de implementar mecanismos de control más estrictos, entre los cuales los exámenes especiales de auditoría juegan un rol crucial, ya que permiten detectar errores en la ejecución de contratos y proponer acciones correctivas.

Una de las problemáticas frecuentes que se presenta en las entidades públicas es la falta de conocimiento adecuado sobre los procedimientos de contratación, lo que puede dar lugar a errores de gestión que entorpecen la administración eficiente de los recursos. Es por ello que resulta indispensable que los funcionarios encargados de los procesos de contratación pública estén debidamente capacitados y actualizados respecto a los cambios normativos, para asegurar el cumplimiento de las mejores prácticas y estándares legales.

El presente artículo busca responder a la pregunta central: ¿Cómo inciden los exámenes especiales de auditoría en los procesos de contratación de las entidades y organismos del Sector Público, particularmente en la provincia de Loja? A través del análisis de los informes finales aprobados y publicados por el ente supervisor, se examina la efectividad de estas auditorías y cómo las recomendaciones formuladas han llevado a una mejora progresiva en los procesos de contratación. Además, se detallan los procedimientos más auditados y la evolución en la disminución de hallazgos, que han pasado de 278 en 2014 a solo 23 en 2019. Este análisis no solo proporciona una visión detallada sobre el impacto de la auditoría en la gestión pública, sino que también resalta la importancia de una retroalimentación constante para fomentar una cultura de mejora continua y profesionalización en la administración pública.

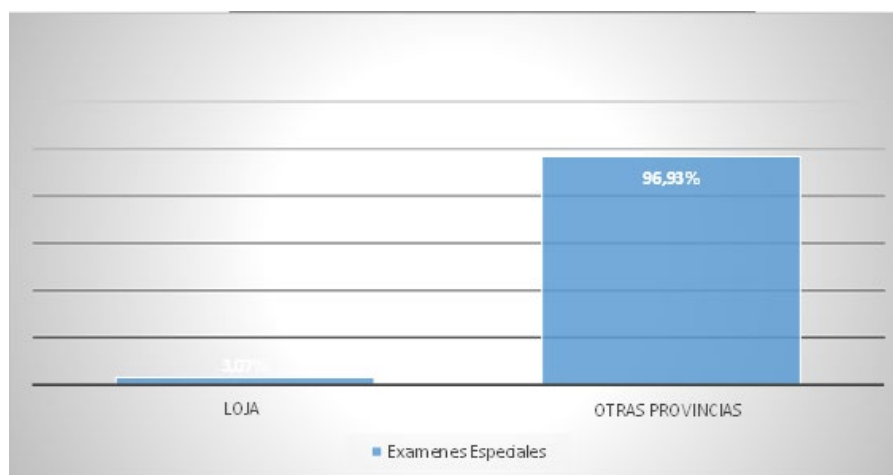
## Materiales y Métodos

La presente investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo y cualitativo, utilizando el análisis documental como principal herramienta de Recolección de Datos: Se realizó un análisis de informes finales de los exámenes especiales de auditoría, aprobados y publicados por el ente de control durante el período de 2014 a 2019. Estos informes se obtuvieron a través de fuentes oficiales y accesibles, como los portales web de la Contraloría General del Estado de Ecuador y otras plataformas de transparencia gubernamental. El Análisis de Procedimientos Auditados: Se efectuó a través de la clasificación de los procedimientos de contratación más auditados en las entidades públicas de la provincia de Loja, detallando la naturaleza de los contratos y los aspectos críticos evaluados en cada caso. La Identificación de Hallazgos detectados por los auditores en los procesos de contratación se analizaron en detalle. Se elaboró una comparación de los hallazgos registrados en los informes de 2014 y 2019 para identificar las áreas de mejora y los avances en la gestión pública. Se realizó un análisis cualitativo de las recomendaciones emitidas por los auditores, enfocándose en cómo estas sugerencias han influido en la implementación de medidas correctivas y en la reorganización de los departamentos de compras públicas dentro de las instituciones auditadas. Se aplicó Entrevistas a Funcionarios Clave: Como parte de la investigación cualitativa, con funcionarios responsables de los procesos de contratación pública en las entidades auditadas. Estas entrevistas permitieron conocer las perspectivas sobre la implementación de las recomendaciones de auditoría, así como los cambios percibidos en los procedimientos internos. Se aplicaron técnicas estadísticas descriptivas para analizar los datos cuantitativos relacionados con la evolución de los hallazgos, la cantidad de contratos auditados y la efectividad de las medidas correctivas implementadas. Los resultados se presentarán a través de gráficos para facilitar la interpretación. Finalmente se presentan Conclusiones: Con base en los resultados obtenidos del análisis de los datos, se elaboraron conclusiones sobre la efectividad de los exámenes especiales de auditoría en los procesos de contratación pública.

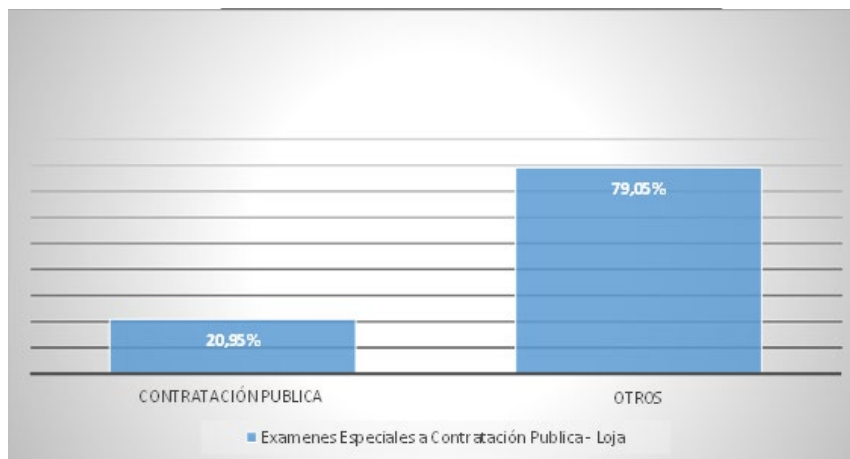
## Resultados y Discusión

**Figura 1**

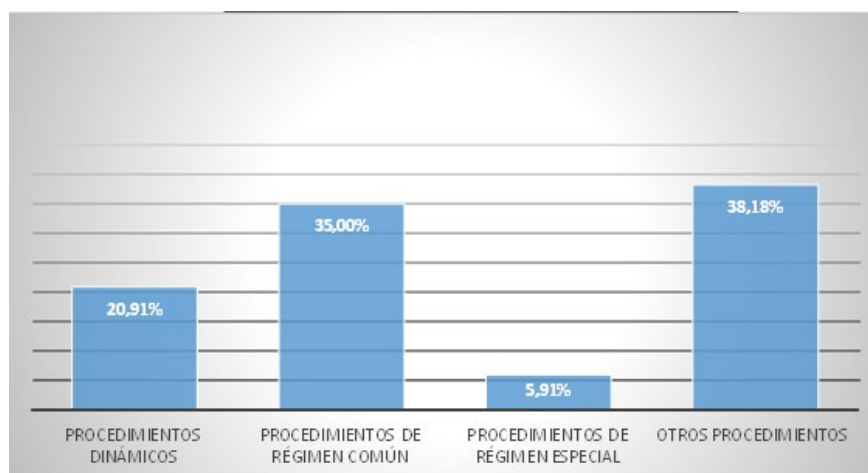
*Exámenes especiales*



Hasta el año 2023 la Contraloría General del Estado publicó en su página web oficial 27.492 informes aprobados de exámenes especiales de auditoría a diversas actividades realizadas por las instituciones públicas en el Ecuador, con el fin de comprobar el cumplimiento de las disposiciones legales y normativa vigente en la legislación nacional. Para la provincia de Loja se realizaron 845 exámenes especiales según los informes aprobados publicados por la Contraloría General del Estado, que representa un 3,07% del total.

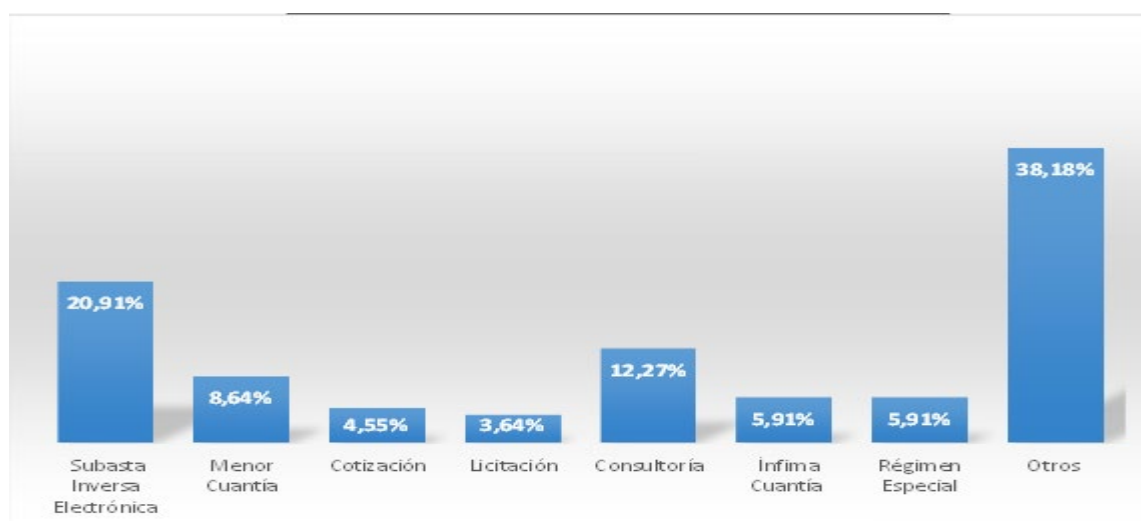
**Figura 2***Exámenes Especiales a Contratación Pública – Loja*

Del total de los exámenes especiales realizados a la provincia de Loja entre el 2011 y 2019 un 20,95% representan a procesos de contratación pública, mientras que el 79,05% restante se realizaron a otras áreas, actividades o cuentas, siendo estos aspectos los que mayor regulación han tenido a nivel de la provincia.

**Figura 3***Procesos de Contratación Pública*

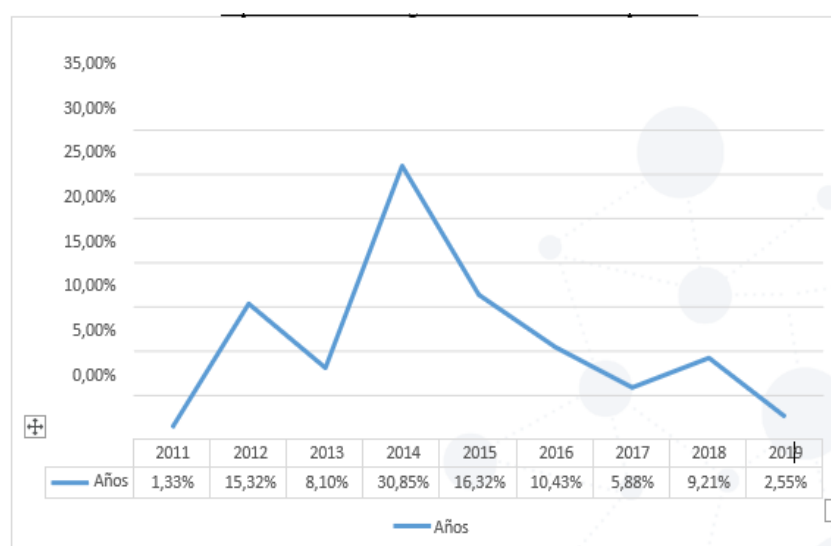
De acuerdo a la clasificación de los procedimientos de contratación pública, los procedimientos especiales representan el 38,18% del total, incluyendo métodos que no encajan en las categorías de clasificación, estos procedimientos representan el mayor porcentaje de regulación por parte de la contraloría en la provincia de Loja; los procedimientos de régimen común constituyen un 35,00%, rigiéndose por normativas y regulaciones estándares aplicables garantizando uniformidad y consistencia, dentro de este grupo se destacan las consultorías; los procedimientos dinámicos agrupan el 20,91% caracterizándose por su flexibilidad y capacidad de adaptación a los requisitos del proceso, subasta inversa electrónica es el procedimiento que tiene más presencia en los exámenes especiales; por último, los procedimientos de régimen especial que comprenden el 5,91%, aplicándose a casos específicos que requieren un tratamiento particular.

**Figura 4**  
*Procedimientos de Contratación Pública*



Como se muestra en la gráfica anterior, los procedimientos de contratación pública más analizados por la contraloría son los otros procedimientos, estos no encajan con las especificaciones dadas por los procedimientos anteriores, representan el 38,18%; le siguen los de subasta inversa electrónica con el 20,91%; consultoría con el 12,27% relacionadas a la contratación de asistencia técnica; menor cuantía representa el 8,64% aplicable a contrataciones por montos bajos; régimen especial e ínfimas cuantías cada uno constituye el 5,91%, el primero aplicado a procesos específicos y el segundo a montos muy bajos; cotización con el 4,55% basado en la solicitud de ofertas para obtener el mejor precio y condiciones del producto o servicio; y por último, licitación que comprende el 3,64%.

**Figura 5**  
*Número de hallazgos en exámenes especiales por años en la provincia de Loja*



De acuerdo a los resultados de los informes de exámenes especiales publicados, se identificaron 901 hallazgos entre 2011 y 2019, los cuales abarcan deficiencias en algunos aspectos de contratación pública, de este conjunto se asignaron porcentajes específicos a cada año, al 2011 le corresponde el 1,33%, al 2012 el 15,32%, al 2013 el 8,10%, al 2014, el 30,85%,

al 2015 el 16,43%, al 2016 el 10,43%, al 2017 el 5,88%, al 2018 el 9,21, y al 2019 el 2,55%. Los hallazgos encontrados en los informes de exámenes especiales en contratación pública han experimentado fluctuaciones significativas a lo largo de los años, en particular, se observa un aumento drástico en el 2014 seguido de una disminución en el 2015 y una tendencia relativamente estable en los años posteriores, estos cambios indican cambio en los procesos de contratación y eficiencia de los controles implementados.

## Discusión

En este estudio, encontramos que tan solo el 3,07 % de los exámenes especiales realizados a nivel nacional se llevaron a cabo en la provincia de Loja, siendo un porcentaje bastante bajo para la regulación y control de las actividades que ejecutan cada una de las instituciones y entidades del sector público. En cuanto a los procesos de contratación y adquisición de bienes o servicios, un 20,95% del total representan los exámenes especiales realizados al componente de contratación pública, entre ellos se destacan los procedimientos dinámicos, de régimen común, de régimen especial y otros, la evaluación por parte del ente de control correspondiente ha sido significativa en comparación a otros componentes en general.

Categorizando los procedimientos de contratación de acuerdo a su clasificación se obtuvieron los siguientes resultados: los otros procedimientos representan el 38,18% dentro de este apartado se incluyen los procesos que no presentan características para encajar en las categorías de clasificación, siendo este el porcentaje de procesos de contratación con mayor influencia de evaluación; en los procedimientos de régimen común destacan las consultorías con el 12,27%, le sigue menor cuantía con el 8,64%, ínfima cuantía con el 5,91%, cotización con el 4,55%, licitación con el 3,64%; para los procedimientos dinámicos según la investigación realizada corresponde el 20,91% en su totalidad a subasta inversa electrónica; por último los procedimientos de régimen común comprenden el 5,91%.

A partir del 2010, la provincia de Loja ha sido objeto de exámenes especiales en el ámbito de contratación pública, como lo indican los informes aprobados; sin embargo, la publicación de dichos exámenes se ha realizado el año siguiente, los resultados revelan que se identificaron 901 hallazgos, en el 2011 se encontraron 12, los cuales abarcan deficiencias en los procedimientos de contratación y adquisición, así como la falta de control y documentación de respaldo en el manejo de existencias. La identificación de estas deficiencias ofrece una oportunidad para implementar medidas correctivas y fortalecer la integridad de los procesos.

Para el 2012, se registraron 138 hallazgos en los exámenes realizados, a diferencia del año anterior, se incrementó el número de informes publicados, y, por ende los hallazgos encontrados; sin embargo, las falencias son mucho más profundas que las anteriores, estas se enfocan en revisar obras llevadas a cabo por las instituciones, donde se encontró que iniciaron los trabajos incumpliendo lo establecido en los documentos previos, además los oferentes no cumplían con las condiciones para adjudicar el contrato y otras inconsistencias de este tipo. En el 2013, al igual que el anterior, los exámenes están relacionados a las obras de ingeniería contratadas, para este periodo se distinguen 73 errores, relacionados al incumplimiento e inobservancia de la normativa vigente en ese tiempo.

Para el 2014, se registraron 278 hallazgos, gran parte de estos están relacionados a la contratación de consultorías, ínfimas cuantías y subasta inversa electrónica, se encontraron deficiencias en cuanto a la realización de documentos previos a las contrataciones, entrega recepción de bienes y servicios fuera de los plazos establecidos, inadecuada organización de los archivos de la información de los contratos, no se publicó la documentación suficiente de los procesos al portal de compras públicas. En el 2015, se encontraron 147 hallazgos, en este



caso la mayoría de los informes tienen muy pocas falencias; así mismo, en el 2016 bajo el número de hallazgos a 94, en el 2017 se registraron 53, en el 2018 se observaron 83 hallazgos y en el 2019 se encontraron 23 hallazgos.

El objetivo de esta investigación fue analizar como los exámenes especiales inciden en la contratación y adquisición de las entidades públicas en la Provincia de Loja, como se muestra en los resultados se realizaron varios exámenes especiales al componente de contratación pública, estos tienen un impacto positivo, se revela una disminución notable en las deficiencias detectadas a lo largo de los años, esto indica un progreso significativo en la gestión pública, atribuible en gran medida a la implementación de recomendaciones derivadas de los informes de los exámenes especiales, las instituciones y entidades públicas han demostrado un compromiso continuo con la mejora de sus prácticas administrativas, en respuesta a las evaluaciones realizadas.

Debido a la supervisión y control que el ente de regulación ejerce, las necesidades institucionales han incentivado a los profesionales de distintos campos a prepararse y capacitarse en el ámbito de la contratación pública, a las entidades a organizar de mejor manera sus departamentos, considerando la separación y delegación de funciones. Consideramos que dentro de muy poco tiempo la contratación pública podría ser considerada como una asignatura o una especialización académica dentro de las finanzas públicas. Hoy en día, Contraloría se enfoca en analizar la gestión de los procesos de contratación, ya no tanto a las cuentas o rubros en sí, no solo evalúan si se cumplieron con los documentos establecidos en la fase correspondiente, sino que además revisa si el producto o servicio adquirido fue utilizado de la manera correcta en correspondencia a las necesidades institucionales; es decir, su uso y destino.

### **Conclusiones**

El análisis realizado en este estudio permite concluir que los exámenes especiales de auditoría en la provincia de Loja, aunque representan solo un pequeño porcentaje del total de exámenes realizados a nivel nacional (3,07%), han tenido un impacto significativo en los procesos de contratación pública. La revisión de los informes aprobados y publicados por el ente de control muestra una tendencia positiva en la disminución de los hallazgos y deficiencias detectadas, lo que indica un progreso en la mejora de la gestión pública a lo largo de los años.

Particularmente los procedimientos de contratación relacionados con consultorías, subasta inversa electrónica, y los de régimen común, como menor cuantía e ínfima cuantía, han sido los más auditados y, por ende, los que más han reflejado la necesidad de un control riguroso. La investigación también ha evidenciado que, a partir de 2010, se han registrado diversas deficiencias en los procesos de contratación, principalmente relacionadas con la falta de documentación adecuada, el incumplimiento de los plazos establecidos y la organización deficiente de los archivos de los contratos. Sin embargo, se observa una tendencia a la baja en los hallazgos a partir de 2015, destacándose la reducción considerable en los errores, especialmente en 2019, con solo 23 hallazgos.

Los informes de auditoría han demostrado ser una herramienta eficaz para identificar fallas en los procesos administrativos y operativos, lo que ha llevado a las instituciones públicas a implementar medidas correctivas y fortalecer sus prácticas en materia de contratación pública. A lo largo de los años, las recomendaciones derivadas de los exámenes especiales han promovido la mejora en la organización de los departamentos de compras públicas, fomentando la separación y delegación de funciones, así como la capacitación continua de los funcionarios encargados de gestionar estos procesos.

Además, la incidencia de los exámenes especiales ha generado una conciencia creciente en las entidades sobre la importancia de la transparencia y eficiencia en la utilización de los recursos públicos, lo que ha incentivado a los profesionales del sector público a prepararse y capacitarse en el ámbito de la contratación pública. En este sentido, se vislumbra un futuro en el que la contratación pública podría convertirse en una asignatura o especialización académica dentro de las finanzas públicas, contribuyendo a la profesionalización del sector.

Los resultados del estudio permiten concluir que los exámenes especiales de auditoría ejercen una incidencia significativa y verificable en la calidad, transparencia y eficiencia de los procesos de contratación de las entidades públicas de la provincia de Loja. El análisis longitudinal de los informes finales aprobados y publicados por el organismo de control evidencia que las auditorías no solo identifican irregularidades, sino que también se constituyen en un mecanismo efectivo de retroalimentación institucional, impulsando la corrección oportuna de debilidades y la consolidación de mejores prácticas administrativas.

En efecto, la marcada reducción de hallazgos constituye un indicador objetivo del impacto de la acción auditora. Esta disminución no puede atribuirse únicamente al paso del tiempo, sino a la aplicación progresiva de recomendaciones que han sido incorporadas en los manuales de procedimientos, sistemas de control interno y prácticas diarias de los servidores públicos. Esto refleja una relación directa entre la calidad de los informes de auditoría, la disposición institucional para implementar las mejoras sugeridas y la evolución positiva en la gestión de la contratación pública.

Asimismo, se evidencia que los procedimientos más auditados (planificación, estudios y diseños, determinación de costos, selección del proveedor y administración del contrato) corresponden a áreas críticas del ciclo de contratación que concentran la mayor probabilidad de riesgos y desviaciones. El seguimiento continuo a estos procesos permite no solo detectar fallos, sino también fortalecer capacidades institucionales, reducir discrecionalidad y promover un uso más eficiente de los recursos públicos.

Otro hallazgo relevante es que la recurrencia de ciertos tipos de observaciones en los primeros años del periodo analizado demuestra que, sin auditoría, muchas de estas falencias habrían subsistido por más tiempo. La presencia de un ente supervisor activo, con capacidad sancionatoria y de acompañamiento técnico, se consolida, así como un factor determinante para la mejora continua. La auditoría se convierte, por tanto, en un componente esencial de la gobernanza pública y no únicamente en un mecanismo de control ex post.

El estudio confirma que la cultura organizacional de las entidades públicas de la provincia de Loja ha evolucionado hacia una mayor profesionalización y responsabilidad administrativa. La adopción de recomendaciones, el fortalecimiento del control interno y la reducción sostenida de hallazgos sugieren que las auditorías especiales no solo corrigen errores, sino que transforman de manera estructural la gestión de la contratación. En consecuencia, se reafirma la necesidad de mantener procesos de auditoría periódicos, modernos y articulados con las normativas vigentes, como una vía para garantizar la transparencia, la eficiencia y la confianza ciudadana en la administración pública.

Finalmente, la evolución de los procesos de auditoría revela un cambio en la estrategia de la Contraloría General del Estado, que ha pasado de enfocarse exclusivamente en los aspectos formales de la contratación (documentos y procedimientos) a evaluar también la efectividad y el uso adecuado de los bienes y servicios adquiridos, asegurando que estos se correspondan con las necesidades institucionales y se utilicen de manera eficiente y

responsable. Este enfoque integral contribuye a la consolidación de una gestión pública más ética, transparente y eficiente, alineada con los intereses del Estado y la sociedad.

Constituye una necesidad el fortalecimiento de los sistemas de control interno de las entidades públicas de la provincia de Loja, con especial atención en las fases de planificación, estudios previos, selección de proveedores y administración contractual, dado que en estas etapas se concentran los mayores riesgos detectados por la auditoría. Asimismo, es fundamental implementar programas permanentes de capacitación en normativa de contratación pública, control gubernamental y auditoría, a fin de garantizar que los servidores públicos actualicen sus competencias conforme a las exigencias normativas y tecnológicas actuales.

Se sugiere establecer mecanismos sistemáticos de seguimiento y verificación del cumplimiento de las recomendaciones formuladas en los informes de auditoría, permitiendo medir su impacto real en la mejora de los procesos. De igual forma, resulta prioritario optimizar el uso de herramientas tecnológicas y plataformas digitales que faciliten la trazabilidad documental, la automatización de procedimientos y la transparencia institucional. Finalmente, se recomienda fomentar una cultura organizacional basada en la ética, la responsabilidad administrativa y la mejora continua, de manera que la auditoría se consolide como un proceso de aprendizaje permanente y no únicamente como un mecanismo correctivo posterior.

### Reconocimientos y Declaraciones

La contribución y participación de los autores fue equitativa con relación a los roles de autoría para esta publicación.

Los autores declaramos que no se usó inteligencia artificial para la elaboración de este artículo científico.

### Referencias

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2008). *Constitución del Ecuador*  
<https://observatoriop10.cepal.org/es/instrumento/constitucion-ecuador>
- Figueroa, D., Narváez, C., y Erazo, J. (2019). El examen especial como proceso de control: fases y aplicación práctica en el sector público. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 4(2), 84-111.  
<https://doi.org/10.35381/r.k.v4i2.468>
- Gutiérrez, J., Narváez, C., Torres, M., y Erazo, J. (2020). El examen especial y su incidencia en la gestión de la cartera de crédito en empresas comerciales. *Ciencias económicas y empresariales*, 6(1), 127-166.  
<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/issue/view/43>
- Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado. (2002). *Congreso Nacional*.  
<https://www.lexis.com.ec/biblioteca/ley-organica-contraloria-general-estado>
- Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. (2008). *Asamblea Constituyente*.  
[https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/2021/04/losncp\\_actualizada1702.pdf](https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/2021/04/losncp_actualizada1702.pdf)
- Luna, G., Arízaga, F., y Zambrano, R. (2018). La auditoría financiera, una herramienta imprescindible para las empresas. *Revista Publicando*, 5(14), 386-399.  
[https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/1162/pdf\\_844](https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/1162/pdf_844)
- Matute, J. (2019). Factores explicativos del crecimiento del sector público. El caso de Ecuador 1983-2016. *Revista Economía y Política*(30), 1-27.  
[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2477-90752019000200174](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2477-90752019000200174)

- Pelazas Manso, A. (2022). *Planificación de la auditoría*. Ediciones Paraninfo, SA.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=F4Z3EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=La+etapa+de+planificaci%C3%B3n+en+la+auditor%C3%ADa+financiera&ots=A1It-GpfJ4&sig=G54\\_Y8gRJYNq\\_1nkGn9G08BNou8](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=F4Z3EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=La+etapa+de+planificaci%C3%B3n+en+la+auditor%C3%ADa+financiera&ots=A1It-GpfJ4&sig=G54_Y8gRJYNq_1nkGn9G08BNou8)
- Pizarro , S., Ormaza, M., & Ruiz, M. (2018). La auditoría y su control de calidad: visualización de los servicios que ofrecen las empresas auditoras de Manabí, Ecuador. *Revista Cofin Habana*, 12(2), 268-279.  
<https://revistas.uh.cu/cofinhab/article/view/947?articlesBySimilarityPage=17>
- Reyna , E., & Benítez, J. (2019). La contratación pública como mecanismo de ahorro en Ecuador. *Revista FIPCAEC*, 4(2), 287-307. <https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/136/201>

## La adopción de la Inteligencia Artificial en procesos de auditoría externa: barreras, desafíos y oportunidades

### The adoption of Artificial Intelligence in external audit processes: barriers, challenges and opportunities

Juan Ignacio Ruiz<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0001-2097-8597>,  
Verónica Olocco<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0001-2097-8597>

<sup>1</sup>Universidad Siglo 21, Córdoba, Argentina

[ignacio.ruiz@ues21.edu.ar](mailto:ignacio.ruiz@ues21.edu.ar), [veronica.olocco@ues21.edu.ar](mailto:veronica.olocco@ues21.edu.ar)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/06/01  
Aceptado: 2025/09/04  
Publicado: 2025/12/15

#### Resumen

El objetivo general de esta investigación es analizar el fenómeno de la adopción de tecnologías de inteligencia artificial en la auditoría externa, así como identificar las razones que motivan o impiden su uso por parte de los profesionales. El estudio se desarrolló en Argentina, entre noviembre de 2024 y febrero de 2025. Se utilizó una metodología de enfoque cuantitativo y cualitativo, con un diseño no experimental de tipo descriptivo y transversal. Las variables principales fueron el nivel de conocimiento de las tecnologías emergentes, su implementación práctica y la percepción de impacto en la eficiencia del trabajo de auditoría. Para la recolección de datos se aplicaron encuestas y entrevistas semiestructuradas a profesionales del ámbito contable de diversas firmas del país. Los resultados evidenciaron una marcada brecha entre el conocimiento teórico y la aplicación práctica de la inteligencia artificial: aunque el 96 % de los encuestados reconoce su relevancia, solo un 14 % ha logrado integrarla en sus procesos de auditoría. Se identificaron barreras como la falta de infraestructura tecnológica, la escasa capacitación y la resistencia al cambio organizacional, especialmente en pequeñas y medianas firmas. Por otro lado, se destacó que las grandes firmas ya emplean estas tecnologías para algunas tareas como redacción de memos y análisis ágiles. Se concluye que, si bien la inteligencia artificial representa una oportunidad concreta para optimizar la calidad y efectividad de la auditoría externa, su adopción generalizada requiere superar desafíos tecnológicos, regulatorios y culturales. Se recomienda avanzar en programas de formación profesional y en marcos normativos que promuevan su integración en distintos contextos organizacionales.

**Sumario:** Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** Ruiz, J. & Olocco, V. (2025). La adopción de la Inteligencia Artificial en procesos de auditoría externa: barreras, desafíos y oportunidades. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 285-299.  
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1328>

**Palabras clave:** análisis de riesgos, automatización inteligente, detección de fraudes, innovación tecnológica, resistencia al cambio.

### Abstract

The general objective of this research was to analyze the phenomenon of artificial intelligence (AI) adoption in external auditing and to identify the factors that encourage or hinder its use by accounting professionals. The study was held in Argentina between November 2024 and February 2025. A mixed-method approach was employed, using a non-experimental, descriptive, and cross-sectional research design. The main variables included the level of knowledge regarding emerging technologies, their practical implementation, and the perceived impact on audit efficiency. Data was collected through surveys and semi-structured interviews with accounting professionals from various firms across the country. The results revealed a significant gap between theoretical knowledge and practical application of AI: 96% of respondents acknowledged its importance, whereas only 14% had implemented it in their audit processes. Key barriers identified include lack of technological infrastructure, limited training, and organizational resistance to change, particularly in small and medium-sized firms. In contrast, larger firms are already utilizing these technologies for tasks such as memo production and fast analysis. Although artificial intelligence presents a concrete opportunity to improve the quality and effectiveness of external audits, it is concluded that its widespread adoption requires overcoming technological, regulatory, and cultural challenges. This study recommends developing professional training programs and regulatory frameworks that facilitate its integration across different organizational contexts.

**Keywords:** intelligent automation, innovation in auditing, organizational resistance, risk analysis, technology adoption.

### Introducción

En las últimas décadas, el avance acelerado de la tecnología ha transformado profundamente las prácticas contables y financieras, dando lugar a un nuevo paradigma en el ejercicio profesional de la auditoría. En particular, la auditoría externa —entendida como el proceso independiente de evaluación de los estados financieros de una entidad para emitir una opinión sobre su razonabilidad— se ha visto influenciada por la irrupción de herramientas digitales avanzadas que permiten automatizar tareas, aumentar la cobertura de revisión y reducir significativamente los errores humanos. En este escenario de cambio, la inteligencia artificial (IA) emerge como una tecnología disruptiva con potencial para redefinir las dinámicas tradicionales de control y aseguramiento.

La IA, al integrar algoritmos de aprendizaje automático, procesamiento del lenguaje natural y análisis predictivo, permite a los auditores procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real, identificar patrones anómalos y predecir riesgos financieros con una precisión superior a los métodos convencionales. Este tipo de capacidades representa una oportunidad única para elevar la calidad, eficiencia y profundidad del trabajo del auditor, especialmente en contextos de creciente complejidad financiera y mayores demandas regulatorias (Zhang, 2019; Mpfu, 2023). Sin embargo, a pesar del interés que genera su potencial, la adopción de estas tecnologías en el ámbito profesional no se ha dado de manera uniforme ni sistemática.

Diversos estudios coinciden en que existen importantes barreras que dificultan la integración efectiva de la IA en los procesos de auditoría externa. Entre ellas se destacan la falta de capacitación técnica, la resistencia cultural al cambio, las limitaciones presupuestarias en pequeñas y medianas firmas, y las preocupaciones éticas vinculadas al reemplazo de



funciones humanas por decisiones automatizadas (Caner & Bhatti, 2020; Longo et al., 2020). En este sentido, la IA no solo plantea una evolución técnica en la auditoría, sino también un profundo desafío epistemológico, ético y organizacional.

A partir de este enfoque, se plantea la siguiente pregunta general de investigación: ¿Cómo es la adopción de tecnologías de IA en la auditoría externa y qué factores influyen en su uso por parte de los profesionales? De esta derivan otras preguntas específicas: ¿Cuál es el nivel de conocimiento y familiaridad con las tecnologías de IA entre los profesionales de auditoría externa?, ¿Qué casos o tecnologías específicas de IA están siendo utilizadas en la auditoría externa y cómo se están implementando?, y ¿Cómo perciben los profesionales el impacto de la IA en la eficiencia y efectividad de los procesos de auditoría externa?

El presente estudio se inscribe dentro de esta problemática, con el objetivo general de analizar el fenómeno de la adopción de tecnologías de IA en la auditoría externa, así como identificar las razones que motivan o impiden su uso por parte de los profesionales. Este objetivo se articula en tres propósitos específicos: determinar el nivel de conocimiento y familiaridad con las tecnologías de IA entre los profesionales; identificar casos concretos de su uso en auditoría; y evaluar el impacto percibido de estas herramientas en la eficiencia y efectividad de los procesos de auditoría externa. Este planteamiento se justifica en la necesidad de generar conocimiento empírico y contextualizado sobre cómo los profesionales de la auditoría están enfrentando los desafíos que plantea el avance de la IA. La literatura especializada advierte una brecha entre el avance tecnológico y su aplicación práctica en este tema. Por ejemplo, Erazo-Castillo y A-Muñoz (2023) advierten que, si bien la IA podría mejorar la calidad de los procesos de auditoría, reducir costos y brindar información más confiable, su enseñanza aún no está integrada de forma sistemática en la formación universitaria en contabilidad, por ejemplo. Del mismo modo, García et al. (2024) detectaron que el 80 % de las empresas que han adoptado soluciones basadas en IA han observado mejoras en su eficiencia operativa, pero enfrentan dificultades asociadas a la falta de talento capacitado y a la resistencia organizacional al cambio. Molina (2024), por su parte, enfatiza que la IA puede complementar y no reemplazar al auditor, reforzando su juicio profesional al facilitar el tratamiento de grandes volúmenes de información.

El marco teórico de esta investigación se sustenta en tres ejes conceptuales: la auditoría externa como proceso de control y aseguramiento, la IA como tecnología emergente aplicada a la contabilidad, y las teorías de adopción tecnológica en organizaciones. La IA se ha convertido en una tecnología transformadora en múltiples campos, incluida la auditoría externa. Definida como un conjunto de técnicas capaces de emular procesos cognitivos humanos como el aprendizaje, la toma de decisiones y la resolución de problemas, su evolución ha estado marcada por avances en algoritmos, potencia computacional y disponibilidad de datos (Rai, 2024; Asif, 2020). El resurgimiento actual de la IA responde a su aplicación exitosa en tareas complejas como el análisis de imágenes, la generación de lenguaje y la automatización de procesos, destacando su potencial en contextos organizacionales y financieros (KPMG, 2023).

Para analizar el proceso de adopción de tecnologías de IA en la auditoría externa, esta investigación toma como referencia el modelo unificado de aceptación y uso de la tecnología (UTAUT), propuesto por Venkatesh et al. (2003). Este modelo plantea que la intención de uso de una tecnología por parte de los individuos está determinada por cuatro constructos clave: el desempeño esperado (expectativa de que la tecnología mejorará los resultados laborales), el esfuerzo esperado (facilidad percibida en su uso), la influencia social (percepción de que personas importantes consideran que se debe usar la tecnología) y las condiciones facilitadoras

(infraestructura técnica y organizacional que apoya el uso). En el contexto de la auditoría externa, estos factores permiten comprender cómo los profesionales evalúan las herramientas basadas en IA no solo por su funcionalidad, sino también por su accesibilidad, apoyo institucional y validación social dentro de sus entornos laborales.

Este enfoque resulta especialmente relevante para interpretar los hallazgos de la investigación, ya que muchas de las barreras identificadas —como la falta de capacitación, la escasa infraestructura tecnológica o la percepción de resistencia al cambio organizacional— pueden ser comprendidas como limitaciones en las condiciones facilitadoras o en la percepción de esfuerzo y desempeño esperados. Asimismo, el modelo UTAUT permite integrar variables moderadoras como la edad, la experiencia, el nivel educativo o el tipo de organización, que ayudan a explicar las diferencias en la aceptación de la IA entre distintos grupos de auditores. De esta manera, el uso del modelo propuesto por Venkatesh et al. (2003) ofrece un marco sólido para interpretar el fenómeno de adopción tecnológica desde una perspectiva conductual y contextualizada, en línea con los objetivos de este estudio.

En auditoría externa, la IA permite una reconfiguración de los métodos tradicionales, al ofrecer mayor capacidad de análisis, automatización de tareas repetitivas y mejora en la detección de fraudes. Las tecnologías más relevantes incluyen el aprendizaje automático (machine learning), la automatización robótica de procesos (RPA) y la inteligencia artificial explicable (XAI). Estas herramientas no solo mejoran la precisión y eficiencia, sino que además buscan garantizar transparencia en la toma de decisiones automatizadas (Longo et al., 2020; Mpofu, 2023).

El aprendizaje automático, como destaca Zhang (2019), permite a los auditores procesar grandes volúmenes de datos para identificar patrones y anomalías en tiempo real. Esto amplía la cobertura y profundidad de las auditorías, optimizando el análisis de riesgos. La RPA, por su parte, automatiza tareas estructuradas como conciliaciones y revisión documental, aumentando la productividad y reduciendo la carga operativa del auditor (Rojas Amado & Escobar Ávila, 2021; Mpofu, 2023).

La IA explicable (XAI) surge como respuesta a una de las principales barreras de adopción: la falta de claridad sobre cómo los algoritmos generan resultados. Longo et al. (2020) sostienen que, para asegurar la aceptación de estas tecnologías en entornos regulados como la auditoría, es indispensable que sus decisiones sean comprensibles y trazables. Esto permite que los auditores mantengan el control y la responsabilidad profesional frente a los hallazgos generados.

Otro aspecto central es la interrelación entre IA, aprendizaje automático (ML) y aprendizaje profundo (DL). Mientras que el ML permite a los sistemas aprender de datos estructurados, el DL amplía estas capacidades mediante redes neuronales profundas aplicadas al análisis de datos no estructurados, como imágenes o texto. Según Caner y Bhatti (2020), esta evolución técnica fortalece el trabajo del auditor, permitiéndole obtener insights más complejos y estratégicos.

Las tecnologías predictivas, como herramientas tecnológicas, también han demostrado ser clave para anticipar riesgos y apoyar auditorías continuas. Estas herramientas permiten identificar desviaciones significativas antes de que se materialicen, brindando a los auditores la posibilidad de actuar preventivamente (Zhang, 2019; Longo et al., 2020). Combinadas con sistemas de RPA, estas tecnologías posibilitan un monitoreo constante de los procesos financieros y aumentan la calidad de las auditorías.

No obstante, la implementación de estas tecnologías presenta barreras técnicas y económicas importantes. Entre ellas destacan los costos de infraestructura, la integración con sistemas heredados y la necesidad de capacitación especializada. Tal como advierte el Informe N° 25 de la Federación Argentina de Consejos Profesionales de Ciencias Económicas (FACPCE) (2022), la adopción de IA requiere inversiones en tecnología y capital humano, lo que limita su aplicación en firmas pequeñas y medianas.

Desde una perspectiva normativa, las Normas Internacionales de Auditoría (NIAs) ofrecen un marco que permite incorporar tecnologías emergentes al proceso auditor sin comprometer su rigor metodológico. En particular, la NIA 315 establece la obligación del auditor de identificar y valorar los riesgos de incorrección material mediante la comprensión de la entidad y su entorno, incluidos los aspectos tecnológicos del sistema de control interno. Esta norma reconoce que herramientas como la IA, el análisis de datos y los sistemas automatizados de procesamiento de información pueden influir en los riesgos de auditoría y deben ser evaluados cuidadosamente en términos de diseño, implementación y efectividad (International Federation of Accountants [IFAC], 2021a).

Por su parte, la NIA 500 enfatiza la necesidad de obtener evidencia de auditoría suficiente y adecuada, y admite expresamente que esta puede provenir de tecnologías avanzadas, siempre que el auditor evalúe su relevancia y fiabilidad. La norma permite el uso de procedimientos automatizados para la obtención de evidencia, incluyendo herramientas analíticas, siempre que se mantenga la calidad, trazabilidad y suficiencia de la misma (IFAC, 2021b). En conjunto, ambas NIAs no solo habilitan el uso de tecnologías emergentes en la auditoría externa, sino que promueven su integración responsable, bajo principios de competencia profesional, escepticismo profesional y juicio fundamentado.

En cuanto a la función del auditor, la IA no busca reemplazar el juicio profesional, sino complementarlo. Las herramientas tecnológicas automatizan tareas operativas, permitiendo que los auditores se concentren en análisis de alto valor agregado, como la evaluación de riesgos estratégicos y el diseño de recomendaciones (Román-Acosta, 2024; KPMG, 2023). Esta complementariedad fortalece la percepción de la auditoría como una función moderna, dinámica y adaptada a las exigencias del entorno digital.

Finalmente, el uso ético de estas tecnologías requiere garantizar la seguridad de los datos y el cumplimiento de normas de privacidad. Longo et al. (2020) destacan que el éxito de la integración de IA en auditoría depende no solo de su capacidad técnica, sino de la confianza que genera en los usuarios. La transparencia algorítmica, la gobernanza de datos y la formación profesional continua son condiciones necesarias para avanzar hacia una auditoría más eficiente, confiable y alineada con los desafíos de la era digital.

Este estudio, por tanto, busca aportar evidencia actualizada y contextual sobre estas dinámicas de adopción, centrándose en el caso de la auditoría externa en Argentina, en el marco de un entorno económico emergente y profesional en transición hacia la digitalización. Su importancia radica en que los resultados permitirán no solo comprender las limitaciones actuales, sino también diseñar estrategias de capacitación, marcos regulatorios y políticas institucionales que fomenten una integración más efectiva de la IA, maximizando su potencial como herramienta de mejora continua en los procesos de control financiero.

### **Materiales y Métodos**

El diseño metodológico adoptado fue de tipo exploratorio con enfoque mixto, combinando estrategias cuantitativas y cualitativas para obtener una visión integral del

fenómeno investigado: la adopción de tecnologías de IA en la auditoría externa y los factores que motivan o dificultan su uso por parte de los profesionales. Este enfoque fue adecuado para abordar un tema emergente, caracterizado por su novedad, complejidad y escasa investigación empírica previa en el contexto latinoamericano.

La investigación se desarrolló en Argentina, entre noviembre de 2024 y febrero de 2025. El contexto estuvo marcado por una creciente adopción de tecnologías digitales avanzadas en el sector contable, aunque con importantes asimetrías en términos de infraestructura tecnológica y capacidades profesionales entre firmas grandes y pequeñas. Estas condiciones ofrecieron un terreno fértil para explorar las percepciones, conocimientos y experiencias de los auditores externos frente a la adopción de IA en su práctica profesional.

Para determinar el nivel de conocimiento y familiaridad con las tecnologías de IA entre los profesionales de auditoría externa, se diseñó una encuesta estructurada que permitió obtener datos cuantificables sobre este aspecto. El instrumento incluyó preguntas cerradas de opción múltiple y preguntas abiertas, orientadas a medir el grado de conocimiento, la experiencia previa, el nivel de formación tecnológica y la disposición a capacitarse en herramientas de IA.

La encuesta fue distribuida mediante formularios digitales a través de redes profesionales y canales institucionales académicos. Se utilizó un muestreo no probabilístico intencional, enfocado en auditores, contadores públicos y especialistas vinculados al área de auditoría externa. Se recolectaron 51 respuestas válidas, que fueron analizadas mediante técnicas de estadística descriptiva, como frecuencias, porcentajes y cruces simples por edad, tipo de firma y nivel de experiencia.

Los resultados de esta fase evidenciaron un alto nivel de conocimiento teórico sobre la IA, pero una baja aplicación práctica, lo que permitió identificar una brecha importante entre la familiaridad conceptual y la implementación profesional. Además, se detectaron diferencias relevantes según el tipo de organización: los profesionales que trabajan en grandes firmas mostraron mayor exposición a la IA, mientras que los de pequeñas firmas reportaron menores oportunidades de formación.

Para identificar casos o tecnologías específicas del uso de IA en auditoría externa, la cuestión se abordó a través de entrevistas semiestructuradas, que permitieron acceder a experiencias concretas de implementación y a relatos sobre buenas prácticas o fracasos en el uso de IA. Se seleccionaron cinco participantes mediante muestreo por conveniencia, priorizando a profesionales con experiencia laboral en firmas que están explorando tecnologías emergentes o con trayectoria académica en auditoría digital.

Las entrevistas fueron conducidas de forma virtual, grabadas con consentimiento y transcritas para su análisis. Las preguntas abordaron el tipo de tecnologías utilizadas (RPA, machine learning, software de análisis de datos), las áreas de aplicación dentro del proceso de auditoría (pruebas sustantivas, revisión documental, evaluación de riesgos), así como los factores facilitadores y limitantes que condicionaron su uso. Este enfoque permitió identificar herramientas específicas en uso y mapear el grado de avance respecto de la adopción de tecnologías digitales avanzadas en distintos entornos organizacionales.

En relación a la evaluación del impacto percibido de la IA en la eficiencia y efectividad de los procesos de auditoría externa, tanto la encuesta como las entrevistas abordaron esta dimensión de manera complementaria. En la encuesta se incluyeron preguntas sobre beneficios percibidos, como reducción de tiempos, mejora en la calidad del análisis y ampliación de la

cobertura de auditoría. En las entrevistas se profundizó sobre la utilidad práctica de estas herramientas y su efecto en el trabajo cotidiano del auditor.

El análisis de contenido de las entrevistas se realizó mediante codificación temática, identificando patrones recurrentes en torno a la percepción del valor agregado de la IA. Los entrevistados señalaron que, aunque su uso aún es incipiente, las tecnologías tienen potencial para transformar radicalmente la auditoría externa, especialmente en tareas repetitivas y en el tratamiento de grandes volúmenes de información. También se destacó que el impacto positivo está condicionado por la calidad de los datos disponibles, la capacitación del personal y la compatibilidad de los sistemas tecnológicos.

La integración de los datos obtenidos permitió cumplir con los objetivos empíricos planteados, proporcionando una visión robusta, multidimensional y contextualizada sobre la percepción generalizada o aceptación inicial de IA en la auditoría externa en Argentina. La triangulación de métodos permitió contrastar percepciones generales con experiencias concretas, generando hallazgos relevantes tanto para la teoría como para la práctica profesional y las políticas de formación y transformación digital del sector.

### **Resultados y Discusión**

Los resultados obtenidos en relación con el nivel de adopción, conocimiento y familiaridad con tecnologías de IA entre los profesionales de la auditoría externa, revelan que existe un reconocimiento teórico generalizado de la IA. El 96% de los encuestados indicó conocer el concepto, lo que sugiere una apropiación básica del término en el discurso profesional. Sin embargo, este conocimiento no siempre se traduce en una comprensión profunda o en experiencia práctica concreta, ya que solo un 14% manifestó haber utilizado herramientas de IA en auditorías reales.

Al analizar con mayor detalle el nivel de experiencia, se observó que los profesionales que trabajan en grandes firmas (principalmente multinacionales o del grupo Big Four) reportan un mayor grado de exposición a tecnologías digitales avanzadas, particularmente en áreas como minería de datos, conciliaciones automatizadas y detección de fraudes. En contraste, quienes se desempeñan en estudios contables medianos o pequeños manifiestan menor familiaridad con estas herramientas, lo que evidencia una importante brecha tecnológica entre tipos de organizaciones.

En cuanto a la formación profesional, un 68% de los encuestados consideró que su preparación actual no es suficiente para aplicar herramientas de IA en auditoría, mientras que un 81% expresó interés en capacitarse en el tema. Esto indica una actitud favorable hacia la actualización, pero también pone de manifiesto la ausencia de programas específicos en muchos entornos laborales y educativos. Los entrevistados coincidieron en que la falta de capacitación es una de las barreras centrales para la adopción efectiva de estas tecnologías.

Respecto al segundo objetivo —identificar casos de utilización concreta de herramientas de IA en auditoría—, los datos muestran que las aplicaciones reales aún son limitadas, aunque comienzan a emerger en ciertas organizaciones. Los entrevistados señalaron el uso de RPA para tareas repetitivas, como conciliaciones bancarias, verificación de documentos y validaciones cruzadas en bases de datos. También se mencionó la utilización de software especializado que integra algoritmos de detección de riesgos y análisis predictivo.

En las entrevistas se identificaron experiencias incipientes con herramientas de machine learning para el análisis de patrones en transacciones contables, orientadas principalmente a



detectar posibles fraudes o irregularidades. Sin embargo, su implementación suele estar restringida a proyectos piloto en firmas con mayores recursos tecnológicos. A pesar del interés, la mayoría de los entrevistados reconoció que no existen aún protocolos estandarizados ni marcos regulatorios claros para su uso sistemático en auditoría externa.

Otro hallazgo relevante en esta dimensión fue la percepción de que la IA, en su estado actual, opera como un complemento de las metodologías tradicionales, más que como una herramienta autónoma. Los entrevistados indicaron que las decisiones finales siguen dependiendo del juicio profesional del auditor, y que la IA, aunque útil, requiere validación humana para asegurar su aplicabilidad y coherencia con los criterios éticos y normativos del trabajo auditor.

En relación a la evaluación del impacto percibido de la IA en la eficiencia y efectividad de los procesos de auditoría externa, los resultados fueron mayormente positivos. Un 72% de los encuestados consideró que la utilización de herramientas de IA podría reducir significativamente el tiempo de ejecución de una auditoría, mientras que un 65% opinó que podría mejorar la detección de errores y fraudes. Además, un 68% valoró su capacidad para ampliar la cobertura de revisión, analizando el 100% de las transacciones en lugar de usar métodos de muestreo.

Estos datos se vieron reforzados por los testimonios recogidos en las entrevistas, donde los participantes destacaron la utilidad de las herramientas de IA para optimizar tareas rutinarias y liberar tiempo del auditor para actividades de mayor valor estratégico. Asimismo, algunos señalaron que la tecnología permite una mejor trazabilidad de los procedimientos, mejora la consistencia en la aplicación de metodologías y ofrece mayor confiabilidad en los hallazgos.

No obstante, también surgieron preocupaciones vinculadas a la explicabilidad de los algoritmos. Un 59% de los encuestados manifestó dudas respecto a la transparencia de cómo operan las herramientas de IA, en particular aquellos basados en aprendizaje automático, lo que puede generar desconfianza en su uso profesional. Esta inquietud fue especialmente enfatizada en las entrevistas, donde se insistió en la necesidad de herramientas explicables (XAI) que permitan comprender cómo se llega a ciertos resultados.

Otro punto crítico identificado fue la potencial resistencia al cambio dentro de las organizaciones que perciben los consultados. Varios encuestados y entrevistados mencionaron que, si bien reconocen los beneficios de la IA, existe una cultura conservadora en el ámbito de la auditoría que privilegia los métodos manuales o tradicionales, lo que obstaculiza la adopción de nuevas tecnologías. Esta resistencia suele estar acompañada por la falta de incentivos institucionales para innovar y por la incertidumbre sobre los impactos laborales de la automatización.

En términos de infraestructura tecnológica, el 58% de los encuestados señaló que su organización no cuenta con las condiciones adecuadas para implementar soluciones basadas en la utilización de herramientas de IA. Este dato pone de relieve una de las principales barreras estructurales para su adopción en este sector. Las entrevistas confirmaron esta percepción, apuntando a limitaciones presupuestarias, problemas de compatibilidad con los sistemas contables existentes y ausencia de políticas institucionales de digitalización.

Finalmente, los resultados sugieren que el impacto positivo de la IA en la auditoría externa está condicionado por una serie de factores interdependientes: acceso a infraestructura,



formación técnica, cultura organizacional y marcos normativos claros. Si bien los profesionales perciben a la IA como una oportunidad para aumentar la calidad y eficiencia de las auditorías, su adopción efectiva aún enfrenta desafíos que requieren abordajes integrales y estratégicos para lograr una implementación ética, sostenible y equitativa en el sector.

Los resultados de esta investigación aportan evidencia empírica clave sobre el fenómeno de la adopción de herramientas de IA en la auditoría externa, cumpliendo con el objetivo general planteado. Se constató un alto nivel de conocimiento teórico entre los profesionales, pero una implementación práctica todavía incipiente. Esta brecha refuerza lo señalado por Rai (2024) y Mpofu (2023), quienes advierten que, si bien la IA es conocida y valorada en el discurso profesional, su adopción efectiva se ve obstaculizada por factores técnicos, estructurales y culturales.

El hallazgo de que el 96% de los encuestados reconoce el concepto de IA coincide con las tendencias globales de concientización tecnológica en auditoría. Sin embargo, solo el 14% ha utilizado estas herramientas en auditorías externas, lo que refleja una desconexión entre el discurso y la práctica. Esta situación ya fue anticipada por Asif (2020), quien argumenta que la familiaridad teórica no garantiza la implementación real si no se acompaña de políticas institucionales, formación técnica y soporte tecnológico adecuado.

La literatura consultada resalta que tecnologías como el aprendizaje automático (machine learning), la automatización robótica de procesos (RPA) y la IA explicable (XAI) son especialmente prometedoras para transformar la auditoría (Longo et al., 2020; Zhang, 2019). No obstante, en este estudio, los casos concretos de uso se limitaron a tareas rutinarias como conciliaciones o revisión de documentos, lo que indica que aún no se han explotado las capacidades más avanzadas de la IA. Este hallazgo pone en evidencia que, aunque la tecnología está disponible, su adopción sigue siendo conservadora.

Una posible explicación a este retraso es la falta de formación técnica específica, mencionada por el 74% de los encuestados como una barrera crítica. Esto está en línea con lo planteado por Vásquez et al. (2022) y Salvatierra (2024), quienes destacan la necesidad de programas de capacitación continua para que los profesionales puedan utilizar de manera efectiva las herramientas digitales en entornos de auditoría. La disposición positiva de los participantes a capacitarse sugiere una ventana de oportunidad para el diseño de estrategias institucionales de actualización profesional.

El estudio también identificó que los beneficios percibidos de la IA son consistentes con la literatura especializada. Un amplio porcentaje de participantes consideró que la IA puede reducir tiempos, mejorar la detección de fraudes y ampliar la cobertura de las auditorías. Estos resultados coinciden con los planteamientos de Zhang (2019) y KPMG (2023), quienes afirman que el análisis automatizado y los algoritmos predictivos permiten mejorar significativamente la eficiencia y efectividad de los procesos auditorios.

Sin embargo, el uso avanzado de estas tecnologías aún está lejos de ser la norma, especialmente en firmas pequeñas y medianas. Como indica el Informe 25 de la FACPCE (2022), la adopción de IA requiere inversiones importantes en infraestructura y recursos humanos que muchas organizaciones no pueden afrontar. Este hallazgo se confirma en el presente estudio, donde el 58% de los participantes afirmó que su organización no dispone de los medios tecnológicos necesarios para implementar IA.

Una dimensión crítica abordada en las entrevistas fue la necesidad de explicabilidad en relación a cómo operan las herramientas de IA. Los participantes manifestaron preocupación sobre el uso de algoritmos como "cajas negras", lo que puede poner en riesgo la transparencia de los procedimientos y la confianza en los resultados. Este punto es central en los trabajos de Longo et al. (2020) y Mpofu (2023), quienes insisten en el desarrollo de modelos de IA explicables (XAI) que permitan a los auditores comprender y justificar las decisiones automatizadas en entornos regulados.

Además, la percepción de existencia de resistencia al cambio apareció como un obstáculo transversal. Aunque los profesionales reconocen el potencial de la IA, también manifestaron que sus organizaciones muestran reticencia a modificar procesos establecidos. Esta resistencia, de carácter cultural, ha sido ampliamente documentada por Vásquez et al. (2022), quienes destacan que las barreras de adopción tecnológica no solo son técnicas, sino también actitudinales y organizacionales.

Un resultado inesperado fue la baja cantidad de experiencias concretas con tecnologías de machine learning o deep learning, a pesar de su amplio desarrollo en otros sectores. Esto sugiere que, aunque la auditoría tiene un alto potencial para beneficiarse de estas herramientas, persisten dudas sobre su aplicabilidad o fiabilidad en contextos contables. Tal como plantean Caner y Bhatti (2020), la integración de herramientas de IA avanzada requiere entornos con altos niveles de madurez digital y marcos normativos adaptados.

Desde el marco normativo, el estudio confirma la relevancia de las Normas Internacionales de Auditoría (NIAs) como facilitadoras de la transformación tecnológica. Normas como la NIA 500 o la NIA 315 fomentan el uso de herramientas digitales para obtener evidencia suficiente y adecuada. Sin embargo, el desarrollo normativo aún no ha acompañado completamente la evolución tecnológica, lo que genera incertidumbre entre los profesionales sobre los límites y condiciones del uso de IA en auditoría externa (Salvatierra, 2024).

En términos de limitaciones, este estudio reconoce que el tamaño de la muestra fue reducido, lo cual limita la generalización de los hallazgos. Esta investigación estuvo limitada a profesionales de Argentina, que además es un mercado emergente. Además, la dificultad para acceder a entrevistados con experiencia directa en el uso de herramientas de IA en auditoría refleja la misma escasez de casos documentados, lo que evidencia la necesidad de ampliar la investigación empírica en esta área. No obstante, los resultados obtenidos permiten identificar patrones relevantes y formular hipótesis para futuras investigaciones.

Este trabajo también aporta valor al resaltar la complementariedad entre el juicio profesional del auditor y el uso de herramientas inteligentes. Como sostiene KPMG (2023), la IA no reemplaza el criterio humano, sino que lo potencia, automatizando tareas operativas y liberando tiempo para el análisis estratégico. Esta visión fue compartida por los participantes, quienes conciben la IA como una aliada, no como una amenaza a su rol profesional.

Las implicancias prácticas del estudio son significativas. Los resultados pueden servir como insumo para instituciones educativas, organismos reguladores y firmas de auditoría interesadas en diseñar políticas de adopción tecnológica. Promover la formación en IA, fomentar la inversión en infraestructura y desarrollar estándares específicos puede contribuir a cerrar la brecha entre conocimiento y aplicación, y fortalecer el rol de la auditoría externa en un entorno digital.

Además, el hecho de que esta investigación se haya desarrollado en un país emergente como Argentina representa una fortaleza analítica que enriquece los hallazgos. En contextos caracterizados por una economía inestable, una infraestructura desigual y marcos regulatorios en transformación, el estudio permite observar con mayor claridad los desafíos reales y las oportunidades concretas que enfrentan los profesionales de auditoría frente a la adopción de nuevas tecnologías. Estos entornos, lejos de ser una limitación, ofrecen un terreno fértil para evaluar la flexibilidad, la resiliencia y la capacidad de adaptación de las organizaciones frente a cambios tecnológicos. Así, los resultados no solo aportan a la comprensión del fenómeno en economías similares, sino que también ofrecen claves para diseñar estrategias de adopción tecnológica más ágiles, inclusivas y sostenibles, aprovechando la capacidad innovadora que suelen desarrollar los profesionales y las instituciones en contextos de escasez o incertidumbre estructural.

Por último, los resultados obtenidos en esta investigación evidenciaron que, si bien la IA está transformando la auditoría externa, las aplicaciones concretas siguen siendo en gran medida confidenciales, lo que dificulta su estudio detallado. Ante esta limitación, una línea futura de investigación podría centrarse en el análisis de casos prácticos en empresas que ya han implementado IA en sus procesos de auditoría. Esto permitiría evaluar de manera empírica el impacto de estas tecnologías en términos de eficiencia y calidad, así como identificar los desafíos y beneficios percibidos por los profesionales que las utilizan. La posibilidad de acceso a información real contribuiría a cerrar la brecha entre la teoría y la práctica, ofreciendo datos concretos sobre la viabilidad y efectividad de la IA en auditoría.

Otro aspecto clave identificado en la investigación es la disparidad en la adopción de IA entre firmas de distintos tamaños. Mientras que las grandes auditoras han liderado la integración de estas tecnologías, las firmas medianas y pequeñas enfrentan obstáculos significativos, principalmente en términos de inversión, capacitación y adaptación de procesos. Esta brecha se acentúa aún más en el contexto de países emergentes, donde las limitaciones estructurales, la inestabilidad económica y la menor disponibilidad de infraestructura tecnológica dificultan la incorporación sistemática de innovaciones. En este sentido, una futura investigación podría desarrollar un modelo práctico de adopción de IA específicamente diseñado para firmas con menores recursos. Este modelo serviría como una guía para la implementación progresiva de herramientas inteligentes, maximizando su utilidad y minimizando las barreras de entrada, lo que contribuiría a una democratización del acceso a la tecnología en el sector y a una mayor equidad digital en entornos caracterizados por su dinamismo y capacidad de adaptación.

Asimismo, la creciente automatización de los procesos de auditoría plantea interrogantes en torno a la regulación y la ética del uso de IA en este ámbito. La investigación ha revelado que la falta de explicabilidad de los algoritmos y la incertidumbre sobre la responsabilidad en la toma de decisiones generan preocupación entre los profesionales. Por ello, resulta fundamental explorar en profundidad el impacto normativo y ético de la IA en auditoría externa, con el fin de desarrollar marcos regulatorios que aseguren la transparencia y confiabilidad del proceso. Una línea de investigación en esta dirección permitiría generar recomendaciones que orienten a los reguladores y a las firmas auditoras en la implementación de IA de manera ética y alineada con las normativas vigentes, garantizando su aceptación y uso responsable.

La aplicación del modelo UTAUT (Venkatesh et al., 2003) en esta investigación permite comprender con mayor profundidad los factores que influyen en la adopción de tecnologías de inteligencia artificial por parte de los profesionales de auditoría externa. En

cuanto al desempeño esperado, se observa que una gran mayoría de los encuestados percibe que la IA puede mejorar significativamente los resultados de su trabajo. El 72% cree que estas herramientas podrían reducir los tiempos de auditoría y un 68% considera que permitirían ampliar la cobertura, lo que evidencia una valoración positiva respecto al impacto en la eficiencia y efectividad del proceso auditor.

Respecto al esfuerzo esperado, los resultados indican que, si bien existe un interés genuino en capacitarse (81% de los encuestados), aún hay percepciones de dificultad asociadas al uso práctico de la IA. Esto se refleja en la baja tasa de utilización efectiva (14%) y en la falta de formación técnica reportada por el 68% de los participantes. La percepción de complejidad y la necesidad de comprender los procesos algorítmicos subyacentes —especialmente en herramientas como el aprendizaje automático— pueden estar limitando la adopción, lo cual resalta la importancia de estrategias de capacitación accesibles y progresivas.

En cuanto a la influencia social, se identificó que el entorno profesional también tiene un rol importante en la adopción tecnológica. Las entrevistas revelaron que, en contextos donde los líderes promueven la innovación tecnológica o donde colegas ya utilizan herramientas de IA, hay una mayor disposición a explorar estas tecnologías. Esta presión social positiva puede ser un factor clave para impulsar cambios culturales en organizaciones tradicionalmente conservadoras, facilitando una adopción más rápida y extendida.

Finalmente, las condiciones facilitadoras emergieron como una de las principales barreras para la implementación efectiva. El 58% de los participantes señaló que sus organizaciones no cuentan con la infraestructura necesaria para aplicar herramientas de IA, y las entrevistas apuntaron a la falta de compatibilidad entre sistemas contables y nuevas soluciones tecnológicas. Esto pone en evidencia que, más allá de la voluntad individual, el entorno técnico y organizacional sigue siendo determinante para que los profesionales puedan incorporar de manera efectiva estas innovaciones en su práctica cotidiana. Por ello, el modelo UTAUT ofrece una lente integral que permite interpretar los hallazgos y orientar futuras políticas institucionales que promuevan una adopción tecnológica sostenible y contextualizada.

### Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación permiten arribar a conclusiones coherentes con el objetivo general propuesto: analizar el fenómeno de la adopción de tecnologías de IA en la auditoría externa e identificar las razones que motivan o impiden su uso por parte de los profesionales del sector. El estudio confirmó que existe un alto nivel de conocimiento teórico sobre la IA entre los auditores, pero que su implementación práctica en auditorías externas es todavía limitada y desigual, lo que revela una brecha significativa entre el discurso profesional y la acción concreta.

Este desfase entre conocimiento y uso efectivo puede explicarse por una combinación de factores identificados tanto en la literatura como en el trabajo empírico: falta de formación técnica, carencias en infraestructura tecnológica, ausencia de marcos regulatorios específicos y resistencia organizacional al cambio. Estos resultados respaldan lo señalado por autores como Asif (2020), Mpofu (2023) y Longo et al. (2020), y refuerzan la necesidad de políticas institucionales e iniciativas formativas que acompañen la adopción de herramientas digitales avanzadas en auditoría.

En lo que respecta al primer objetivo específico, se constató que, si bien la mayoría de los profesionales encuestados manifiesta conocer el concepto de IA, solo una minoría ha utilizado herramientas de IA avanzadas en auditorías reales. Esta situación se vincula

directamente con el segundo objetivo, ya que el uso concreto de tecnologías como el aprendizaje automático, la RPA o el análisis predictivo como herramienta tecnológica fue reportado casi exclusivamente en firmas grandes o multinacionales, con recursos suficientes para afrontar su incorporación.

Por tanto, la adopción de IA en auditoría externa no solo está condicionada por el nivel de conocimiento individual, sino también por el contexto organizacional. Las pequeñas y medianas firmas enfrentan limitaciones estructurales que dificultan el acceso a herramientas avanzadas, replicando una desigualdad tecnológica ya evidenciada en otros estudios. Esto refuerza la importancia de diseñar modelos de adopción adaptados a distintos perfiles de organizaciones, tal como se sugiere en la literatura reciente (Salvatierra, 2024; Vásquez et al., 2022).

En relación con el impacto percibido de la IA, los participantes valoraron de forma positiva su potencial para reducir los tiempos de auditoría, mejorar la cobertura y fortalecer la detección de fraudes. Sin embargo, también emergieron preocupaciones relevantes sobre la fiabilidad de los algoritmos, la falta de explicabilidad y el riesgo de perder trazabilidad en los procedimientos. Estos aspectos destacan la importancia de avanzar en el desarrollo e implementación de modelos de IA explicables (XAI) dentro de los entornos profesionales regulados, como propusieron Longo et al. (2020).

El estudio también evidenció que el juicio profesional del auditor sigue siendo central en la toma de decisiones. La IA, más que un sustituto, es concebida por los profesionales como una herramienta complementaria que puede potenciar su trabajo, automatizando tareas rutinarias y facilitando el análisis de grandes volúmenes de información. Esta visión integradora promueve un enfoque de adopción tecnológica que preserve la ética profesional y refuerce el rol estratégico del auditor.

Las entrevistas permitieron identificar que las experiencias más avanzadas en el uso de IA en auditoría están ligadas a entornos donde existe una cultura organizacional abierta a la innovación y donde los liderazgos han impulsado procesos de digitalización. Esto indica que la tecnología por sí sola no transforma el proceso auditor, sino que requiere una gestión activa del cambio y una visión estratégica para su integración exitosa.

En términos normativos, el estudio señaló la necesidad de actualizar los marcos regulatorios para acompañar el uso de IA en auditoría externa. Si bien las Normas Internacionales de Auditoría (NIAs) permiten el uso de tecnologías, aún no ofrecen lineamientos claros sobre su aplicación específica, especialmente en relación con la evidencia obtenida mediante algoritmos. Este vacío normativo genera incertidumbre y limita el aprovechamiento de las herramientas disponibles.

Una conclusión relevante es que el proceso de adopción de IA debe contemplar no solo aspectos técnicos, sino también formativos, organizacionales y éticos. La capacitación permanente, la transparencia algorítmica y la responsabilidad profesional deben ser principios rectores en el diseño de auditorías tecnológicamente asistidas. Asimismo, es fundamental promover la equidad en el acceso a estas tecnologías, para que su uso no reproduzca ni profundice desigualdades existentes en el ejercicio profesional.

Finalmente, esta investigación ofrece un punto de partida para futuras líneas de indagación más profundas. Se recomienda avanzar en estudios de caso sobre la aplicación real de IA en auditoría, desarrollar modelos de adopción diferenciados para diversos tipos de



firmas, e investigar los efectos normativos y éticos de estas tecnologías. De esta manera, se podrá contribuir al fortalecimiento de una auditoría más eficaz, transparente y adaptada a los desafíos de la era digital.

### Reconocimientos y Declaraciones

Este trabajo ha sido financiado por los propios investigadores y forma parte del Trabajo Final de Graduación para el título de Especialista en Contabilidad y Auditoría. Posteriormente, se radicó como proyecto de investigación bajo el título “La aplicación de la Inteligencia Artificial en la auditoría externa” en la Universidad Siglo 21, Córdoba, Argentina, con Resolución Rectoral de aprobación pendiente.

Se reconoce la participación equitativa de los autores en el desarrollo de la investigación presentada en esta publicación.

De la misma manera, se declara el no uso, de la inteligencia artificial en el desarrollo de la presente investigación.

### Referencias

- Asif Qureshi, M. (2020). Auditoría de tecnologías emergentes: Afrontar los desafíos de la nueva era. *ISACA Journal*. <https://www.isaca.org/es-es/resources/isaca-journal/issues/2020/volume-2/auditing-emerging-technologies>
- Caner, S., y Bhatti, F. (2020). A conceptual framework on defining businesses strategy for artificial intelligence. *Contemporary Management Research*, 16(3), 175-206. <https://cmr-journal.org/article/download/19970/13775>
- Erazo-Castillo, J., y la A-Muñoz, D. (2023). Auditoría del futuro, la prospectiva y la inteligencia artificial para anticipar riesgos en las organizaciones. *Revista Digital Novasinergia*, 6(1), 105-119. <https://doi.org/10.37135/ns.01.11.07>
- FACPCE - (CENCyA). (2022). *Informe N° 25 CENCyA - Aplicación de nuevas tecnologías en el trabajo del auditor*. Federación Argentina de Consejos Profesionales de Ciencias Económicas (FACPCE). [https://www.facpce.org.ar/wp-content/uploads/2022/03/INFORME\\_No\\_25.pdf](https://www.facpce.org.ar/wp-content/uploads/2022/03/INFORME_No_25.pdf)
- García, J. S. C., Andi, A. S. S., Arias, G. N. G., y Tuare, R. R. V. (2024). Inteligencia artificial y su contribución a la innovación en las empresas. *Ciencia y Desarrollo*, 27(2), 245-253. <https://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/viewFile/2618/2606>
- International Auditing and Assurance Standards Board. (2009). *Norma Internacional de Auditoría 500: Evidencia de auditoría*. Instituto de Censores Jurados de Cuentas de España. <https://www.icjce.es/adjuntos/niaes-500.pdf>
- International Auditing y Assurance Standards Board. (2009). *Norma Internacional de Auditoría 401: Auditoría en un ambiente de sistemas de información computarizada*. Grupo Miranda. [https://www.grupomiranda.co.cr/despachos/nias\\_400\\_499\\_pdf/NIA\\_401.pdf](https://www.grupomiranda.co.cr/despachos/nias_400_499_pdf/NIA_401.pdf)
- International Auditing y Assurance Standards Board. (2009). *Norma Internacional de Auditoría 315: Identificación y valoración de los riesgos de incorrección material mediante el entendimiento de la entidad y su entorno*. Instituto de Censores Jurados de Cuentas de España. <https://www.icjce.es/adjuntos/niaes-315.pdf>
- KPMG. (2023). *El desafío de las nuevas tecnologías aplicadas en la auditoría*. Redactado por Augusto Damiani, Socio de Auditoría de KPMG Argentina. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ar/pdf/2023/el-desafio-de-las-nuevas-tecnologias-aplicadas-en-la-auditoria.pdf>



- Longo, L., Goebel, R., Lecue, F., Kieseberg, P., y Holzinger, A. (2020). Explainable artificial intelligence: Concepts, applications, research challenges and visions. In *International cross-domain conference for Machine Learning and knowledge extraction* (pp. 1-16). Cham: Springer International Publishing. <https://inria.hal.science/hal-03414756/document>
- Molina, M. (2024). Incidencia de la inteligencia artificial en los sistemas de información y las competencias de los auditores. *Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Comunicación y Gerencia*, 4(1). <https://revistasuba.com/index.php/COMUNICACIONYGERENCIA/article/download/943/578#page=83>
- Mpofu, F. (2023). The application of Artificial Intelligence in external auditing and its implications on audit quality? A review of the ongoing debates. *International Journal of Research in Business and Social Science* (2147-4478), 12(9), 496-512. <https://www.ssbfnnet.com/ojs/index.php/ijrbs/article/download/2737/2139>
- Rai, D. H. (2024). *Artificial Intelligence Through Time A Comprehensive Historical Review*. [https://www.researchgate.net/profile/Dilli-Hang-Rai/publication/385939923\\_Artificial\\_Intelligence\\_Through\\_Time\\_A\\_Comprehensive\\_Historical\\_Review/links/676fb15600aa3770e0c2516f/Artificial-Intelligence-Through-Time-A-Comprehensive-Historical-Review.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dilli-Hang-Rai/publication/385939923_Artificial_Intelligence_Through_Time_A_Comprehensive_Historical_Review/links/676fb15600aa3770e0c2516f/Artificial-Intelligence-Through-Time-A-Comprehensive-Historical-Review.pdf)
- Rojas Amado, J. C., y Escobar Ávila, M. E. E. (2021). Beneficios del uso de tecnologías digitales en la auditoría externa: una revisión de la literatura. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 29(2), 45-65. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-68052021000200045&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-68052021000200045&script=sci_arttext)
- Román-Acosta, D. (2024). Exploración filosófica de la epistemología de la inteligencia artificial: Una revisión sistemática. *Uniandes Episteme*, 11(1), 101-122. <https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/EPISTEME/article/download/3388/3932>
- Salvatierra, A. J. T. (2024). Impacto de la Inteligencia Artificial, Blockchain y Contabilidad en la Nube en la Transformación de las Prácticas Contables y Auditorías en México: Oportunidades, Desafíos y Estrategias de Integración. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(4), 12491-12510. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9742329.pdf>
- Vásquez, A. C., Conde, R. G., y Vásquez, M. C. (2022). Las TICs como parte del proceso de auditoría. *Perfiles de Ingeniería*, 18(18), 115-128. [http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Perfiles\\_Ingenieria/article/download/5403/7098](http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Perfiles_Ingenieria/article/download/5403/7098)
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., y Davis, F. D. (2003). *User acceptance of information technology: Toward a unified view*. *MIS quarterly*, 425-478. <https://www.jstor.org/stable/30036540>
- Zhang, C. (2019). Intelligent Process Automation in Audit (July 19, 2019). *Forthcoming, Journal of Emerging Technologies in Accounting*, <https://doi.org/10.2308/jeta-52653>

## La planificación tributaria en la toma de decisiones para las empresas constructoras

### The Tax Planning in Decision-Making for Construction Companies

Elizabeth Alexandra López Loján<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0005-8279-3757>,  
Irma Abrigo Córdova<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1537-6313>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador  
[elizabeth.lopez@unl.edu.ec](mailto:elizabeth.lopez@unl.edu.ec), [irma.abrigo@unl.edu.ec](mailto:irma.abrigo@unl.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2025/09/02  
Aceptado: 2025/09/05  
Publicado: 2025/12/15

#### Resumen

La planificación tributaria es un elemento fundamental en la gestión financiera de las empresas constructoras, permitiendo identificar estrategias fiscales que maximicen la rentabilidad. A través de una adecuada planificación, las empresas pueden reducir su carga impositiva de manera legal, mejorar su flujo de caja y fortalecer su competitividad en el mercado. Un caso representativo es el de Constructora Velsa Bauen, ubicada en la ciudad y provincia de Loja, logrando alcanzar el objetivo de aplicar un enfoque integral a la planificación tributaria, estudio enfocado al análisis de los períodos fiscales 2018-2022. La investigación adoptó un diseño no experimental, basado en la revisión, clasificación y procesamiento de datos financieros y tributarios de la empresa. Como resultado del análisis, se identificó que la mejor estrategia fiscal para la constructora es la aplicación del Art. 29 de la Ley de Régimen Tributario Interno, el cual establece que el impuesto a la utilidad en la compraventa de predios urbanos, pagados a los municipios, utilizándolo como crédito tributario en el pago del impuesto a la renta. Esta medida permitió a la empresa optimizar el uso de sus recursos y reducir significativamente su carga tributaria. El principal hallazgo del estudio fue que, gracias a la implementación de esta estrategia, la empresa logró un ahorro del 41% en el impuesto causado. Estos resultados demuestran que la gestión fiscal estratégica no solo mejora la sostenibilidad financiera de las empresas constructoras de personas naturales, sino que también, fortalece su crecimiento y permanencia en un entorno económico competitivo.

**Sumario:** Introducción, Revisión de Literatura, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

**Como citar:** López, E. & Abrigo, I. (2025). La planificación tributaria en la toma de decisiones para las empresas constructoras. *Revista Tecnológica - Espol*, 37(2), 300-311.  
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1382>

**Palabras clave:** Gestión fiscal, estrategias tributarias, evaluación económica, impuesto a la renta, ahorro.

### Abstract

Tax planning is a fundamental element of financial management in construction companies, allowing them to identify fiscal strategies that maximize profitability. Through proper planning, companies can legally reduce their tax burden, improve cash flow, and strengthen their competitiveness in the market. A representative case is Constructora Velsa Bauen, located in the city and province of Loja, which succeeded in applying a comprehensive approach to tax planning, focusing on the analysis of fiscal periods 2018–2022. The research adopted a non-experimental design based on the review, classification, and processing of the company's financial and tax data. As a result of the analysis, the best tax strategy identified for the construction company was the application of Article 29 of the Internal Tax Regime Law, which establishes that the tax on profits from the purchase and sale of urban properties—paid to municipalities—can be used as a tax credit toward income tax. This measure allowed the company to optimize the use of its resources and significantly reduce its tax burden. The main finding of the study was that, thanks to the implementation of this strategy, the company achieved a 41% savings in the tax incurred. These results demonstrate that strategic tax management not only improves the financial sustainability of construction companies owned by natural persons but also strengthens their growth and permanence in a competitive economic environment.

**Keywords:** Tax management, tax strategies, economic evaluation, income tax, savings.

### Introducción

La construcción es un pilar fundamental para el desarrollo económico y social, que impulsa la inversión y el crecimiento urbano generando empleo y dinamizando distintos sectores productivos así lo menciona Díaz-Kovalenko et al. (2023). Sin embargo, para quienes trabajan en este ámbito como personas naturales, la carga tributaria puede representar un desafío significativo. La correcta planificación fiscal no solo permite cumplir con las obligaciones legales, sino también optimizar recursos y mejorar la liquidez empresarial.

En Ecuador, el sector de la construcción contribuye notablemente a la recaudación de impuestos como el IVA y el Impuesto a la Renta, este último de carácter directo y progresivo, determinado según el nivel de ingresos y regulado por la tabla anual del Servicio de Rentas Internas. No obstante, muchas empresas constructoras no aplican adecuadamente la normativa tributaria, lo que resulta en una tributación inferior a su rentabilidad real. Segarra Cusanguá (2010) destaca que, en promedio, estas empresas aportan apenas el 1% de sus ingresos en Impuesto a la Renta, una cifra considerablemente baja en comparación con su potencial financiero.

Ante esta problemática, la presente investigación propone la planificación tributaria como una estrategia clave para aprovechar beneficios e incentivos fiscales de manera responsable, reduciendo la carga impositiva sin descuidar el cumplimiento legal.

Este estudio se estructura de la siguiente manera: la Introducción, que expone el contexto y relevancia del tema; Metodología, que detalla el enfoque y procedimientos utilizados; los Resultados, que presentan los hallazgos y su impacto en la planificación tributaria; la Discusión, donde se comparan los datos obtenidos con estudios previos; las

Conclusiones, que responden a los objetivos planteados, finalmente, se incluye la Bibliografía, que respaldan la información presentada.

## **Revisión de Literatura**

### **Planificación tributaria**

Bravo (2020) define la planificación tributaria como un proceso metódico, sistemático y estratégico orientado al sujeto pasivo, cuyo objetivo es la adopción de mecanismos y estrategias en el ámbito fiscal para optimizar el cumplimiento de las obligaciones tributarias.

De manera complementaria, Vergara (2020) sostiene que la planificación tributaria, además de ser un proceso ordenado, tiene como propósito incrementar la eficiencia financiera y fiscal de las empresas mediante el uso responsable de los beneficios permitidos por la ley. Esto la convierte en un recurso que no solo facilita el cumplimiento de las obligaciones fiscales, sino que también protege la rentabilidad de la empresa y asegura que cada acción se desarrolle dentro del marco normativo establecido.

Los objetivos de la planificación tributaria, según López (2017) se centran en maximizar la rentabilidad y minimizar riesgos. Estos son:

**Acciones proactivas:** Adoptar estrategias legales que prevengan riesgos financieros, garantizando que los beneficios tributarios no afecten de manera negativa a la empresa ni a sus accionistas.

**Gestión del flujo de caja:** Optimizar la liquidez empresarial mediante el diferimiento de obligaciones fiscales, favoreciendo un mejor uso del efectivo en las operaciones.

**Evaluación de proyectos:** Considerar el efecto de la carga tributaria en las inversiones, lo que permite decisiones más acertadas y sostenibles.

**Rentabilidad de los socios:** Incrementar los beneficios de socios y accionistas a través de una planificación tributaria eficiente.

**Cumplimiento normativo:** Reducir riesgos de sanciones mediante el cumplimiento oportuno y correcto de las obligaciones fiscales.

De ahí que, la importancia de analizar los elementos de la planificación tributaria y según Vergara (2020) son:

**Acciones preventivas:** Implementar estrategias jurídicas que minimicen riesgos financieros, asegurando que el aprovechamiento de beneficios tributarios no genere efectos adversos en la empresa ni en sus accionistas.

**Administración del flujo de caja:** Fortalecer la liquidez de la organización a través del diferimiento de pagos tributarios, lo que permite un uso más eficiente del efectivo en la gestión operativa.

**Análisis de proyectos:** Evaluar el impacto fiscal en las inversiones para respaldar decisiones empresariales más informadas y sostenibles.

**Rentabilidad de los socios:** Potenciar los ingresos de socios y accionistas mediante una planificación tributaria bien estructurada.

**Cumplimiento fiscal:** Evitar sanciones y contingencias garantizando el cumplimiento adecuado y en los plazos establecidos de las obligaciones tributarias.

**Método adecuado:** Se refiere a la selección y aplicación de métodos apropiados para ordenar el proceso y lograr su finalidad, que es determinar la base imponible correcta y calcular sobre ella, los impuestos justos conforme a las leyes fiscales y tributarias (Vergara, 2020).

Por lo tanto, las etapas del proceso de planificación tributaria, según Ruiz Salgado et al. (2023); Vergara (2020) permiten identificar, analizar y ejecutar estrategias tributarias legales lícitas, a continuación se detallan las siguientes:

**Recopilación de información inicial:** Se obtiene y organiza la información básica del negocio, incluyendo datos del contribuyente (ya sea persona natural o jurídica) y el alcance de sus actividades, tanto a nivel nacional como internacional.

**Clasificación de los datos:** Los antecedentes recopilados se estructuran y clasifican de acuerdo con los planes que se proyecten diseñar.

**Examen de la información:** La data obtenida se contrasta con lo establecido en la normativa tributaria vigente.

**Diseño de alternativas de planificación:** Se estudian distintas opciones de planes y estrategias orientadas a reducir la carga fiscal, no solo mediante beneficios o incentivos tributarios, sino también a través de la correcta identificación de gastos deducibles y la prevención de riesgos fiscales.

**Evaluación de las alternativas:** Los planes se valoran con base en un análisis costo-beneficio o mediante herramientas financieras como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). También se contempla la aplicación de estrategias para optimizar deducciones.

**Comparación de propuestas:** Se contrastan las diferentes alternativas, seleccionando la más conveniente y recomendando su ejecución al contribuyente.

**Estimación de éxito:** Se analiza el nivel de riesgo de cada plan para determinar sus probabilidades de éxito o fracaso. Este análisis considera factores como el posible incumplimiento de requisitos para acceder a beneficios, la existencia de gastos excesivos o innecesarios, entre otros.

**Selección de la alternativa óptima:** En esta fase se elige el plan fiscal que represente mayores beneficios para el contribuyente, dentro del marco legal y procurando minimizar los riesgos.

**Validación del plan seleccionado:** Cuando la planificación tiene alcance internacional, se requiere la revisión de especialistas en el país donde será implementada, para garantizar su pertinencia y viabilidad.

**Presentación al contribuyente:** Se expone al solicitante la estrategia elegida, destacando los beneficios obtenidos y los riesgos reducidos en comparación con otras alternativas.

Monitoreo y actualización continua: El plan debe ajustarse periódicamente en función de reformas legales, disposiciones de los entes de control y cambios en la situación financiera o empresarial del contribuyente, garantizando su vigencia y efectividad en el tiempo.

### **Normativa Tributaria**

Para comprender el alcance del estudio, se detalla la legislación vigente y necesaria para la planificación tributaria.

**Código Tributario.** De acuerdo con la política económica del país, el Código Tributario (2005) describe las disposiciones que regulan la materia tributaria en general. Las instituciones tributarias son: el tributo, hecho generador, la obligación tributaria, sujeto activo, sujeto pasivo y las exenciones:

El Hecho generador es el Presupuesto establecido en la ley para configurar cada tributo, también, es el acto o hecho que hace nacer la obligación de pago (Art. 16).

La obligación tributaria, nace cuando se realiza el presupuesto establecido por la ley para configurar el tributo (Art. 18) y es exigible a partir de la fecha que la ley señale para el efecto. A falta de disposición expresa respecto a esa fecha, regirán las siguientes normas: Cuando la liquidación deba efectuarla el contribuyente o el responsable, desde el vencimiento del plazo fijado para la presentación de la declaración respectiva; y, cuando por mandato legal corresponda a la administración tributaria efectuar la liquidación y determinar la obligación, desde el día siguiente al de su notificación (Art. 19).

El Sujeto activo es el ente público acreedor del tributo (Art. 23).

El Sujeto pasivo, es la persona natural o jurídica que, según la ley, está obligada al cumplimiento de la prestación tributaria, sea como contribuyente o como responsable. Se considerarán también sujetos pasivos, las herencias yacentes, las comunidades de bienes y las demás entidades que, carentes de personalidad jurídica, constituyan una unidad económica o un patrimonio independiente de los de sus miembros, susceptible de imposición, siempre que así se establezca en la ley tributaria respectiva (Art. 24).

**Contribuyente.** Es la persona natural o jurídica a quien la ley impone la prestación tributaria por la verificación del hecho generador. Nunca perderá su condición de contribuyente quien, según la ley, deba soportar la carga tributaria, aunque realice su traslación a otras personas (Art. 25).

**Responsable.** Es la persona que, sin tener el carácter de contribuyente debe, por disposición expresa de la ley, cumplir las obligaciones atribuidas a este. Toda obligación tributaria es solidaria entre el contribuyente y el responsable, quedando a salvo el derecho de este de repetir lo pagado en contra del contribuyente, ante la justicia ordinaria y según el procedimiento previsto en el Código Orgánico General de Procesos (Art. 26).

La Exención, es la exclusión o la dispensa legal de la obligación tributaria, establecida por razones de orden público, económico o social (Art. 31).

De acuerdo al Código Tributario (2005), las infracciones tributarias son todas las acciones u omisiones que impliquen violación de normas tributarias sustantivas o adjetivas sancionadas con pena establecida con anterioridad a esa acción u omisión (Art. 314).



Para efectos de su juzgamiento y sanción, las infracciones tributarias se clasifican en contravenciones y faltas reglamentarias: Constituyen contravenciones las violaciones de normas adjetivas o el incumplimiento de deberes formales, constantes en este Código y otras leyes y constituyen faltas reglamentarias las violaciones de reglamentos o normas secundarias de obligatoriedad general (Art. 315).

De acuerdo con los artículos, la LRTI (2023) tiene como propósito lograr una eficiente asignación de recursos al presupuesto general del estado, garantizando la equidad del sistema tributario a través de impuestos como: Impuesto a la renta, Impuesto al Valor Agregado Iva e Impuesto a los consumos especiales.

Impuesto a la renta. Para efectos de este impuesto se considera: Establécese el impuesto a la renta global que obtengan las personas naturales, las sucesiones indivisas y las sociedades nacionales o extranjeras, de acuerdo con las disposiciones de la LRTI (Art. 1), tales como: los ingresos de fuente ecuatoriana obtenidos a título gratuito o a título oneroso provenientes del trabajo, del capital o de ambas fuentes, consistentes en dinero, especies o servicios; y los ingresos obtenidos en el exterior por personas naturales domiciliadas en el país o por sociedades nacionales, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 98 de la Ley (Art. 2).

La base imponible del impuesto a la renta está constituida por la totalidad de los ingresos ordinarios y extraordinarios gravados con el impuesto, menos las devoluciones, descuentos, costos, gastos y deducciones, imputables a tales ingresos (Art. 16).

Además, se podrá deducir o hacer uso de la deducibilidad los gastos e inversiones que se efectúen con el propósito de obtener, mantener y mejorar los ingresos de fuente ecuatoriana que no estén exentos (Art. 10).

Los gastos generales deducibles previstos por la Ley de Régimen Tributario Interno, en los términos señalados en ella y en este reglamento, tales como:

- Remuneraciones y beneficios sociales
- Servicios
- Créditos incobrables
- Suministros y materiales
- Reparaciones y mantenimientos
- Depreciaciones de activos fijos
- Amortización
- Pérdidas
- Tributos y aportaciones
- Gastos de gestión
- Promoción, publicidad y patrocinio, entre otras (Art. 28).

De acuerdo al RLRTI, para establecer la base imponible sobre la que se aplicará la tarifa del impuesto a la renta, las sociedades y las personas naturales obligadas a llevar contabilidad, procederán a realizar los ajustes pertinentes dentro de la conciliación tributaria y que fundamentalmente consistirán en que la utilidad o pérdida líquida del ejercicio será modificada con diversos puntos que la normativa indica (Art. 46).

Los incentivos tributarios, de acuerdo a la Constitución de la República (2008), uno de los objetivos de la política fiscal, es la generación de incentivos para la inversión en los diferentes sectores de la economía y para la producción de bienes y servicios, socialmente

deseables y ambientalmente aceptables (Art. 285), partiendo desde ahí la creación de incentivos tributarios como el Código Orgánico de Producción, Comercio e Inversión (COPCI) tales como:

Incentivos generales. De aplicación para las inversiones que se ejecuten en cualquier parte del territorio nacional, consisten en los siguientes: Reducción progresiva de tres puntos porcentuales en el impuesto a la renta; Deducciones adicionales para el cálculo del impuesto a la renta, como mecanismos para incentivar la mejora de productividad, innovación y para la producción eco-eficiente; Beneficios para la apertura del capital social de las empresas a favor de sus trabajadores; Deducción para el cálculo del impuesto a la renta de la compensación adicional para el pago del salario digno; Exoneración del anticipo al impuesto a la renta por cinco años para toda inversión nueva; Reforma al cálculo del anticipo del impuesto a la renta.

Incentivos sectoriales para el desarrollo regional equitativo. Para los sectores que contribuyan al cambio a la matriz energética, a la sustitución estratégica de importaciones, al fomento de las exportaciones, así como para el desarrollo rural de todo el país, y las zonas urbanas.

Incentivos para zonas deprimidas. En estas zonas se priorizará la nueva inversión otorgándole un beneficio fiscal mediante la deducción adicional del 100% del costo de contratación de nuevos trabajadores, por cinco años (Art. 24).

### **Materiales y Métodos**

Para el desarrollo de la investigación, se emplearon diversos métodos, técnicas e instrumentos que se refieren en el apartado correspondiente, lo cual permitieron obtener conclusiones fundamentadas.

El diseño de la investigación es no experimental, lo que significa que no se manipularon variables, sino que se analizaron hechos ya ocurridos. En este caso, se evaluaron las declaraciones de impuesto a la renta y estados financieros de la empresa durante el período 2018-2022.

El área de estudio es la empresa Constructora Velsa Bauen, ubicada en la ciudad de Loja, en la intersección de las calles Bolívar y Rocafuerte.

### **Métodos**

Para cumplir con los objetivos planteados, se empleó el método deductivo, que parte de principios generales para llegar a conclusiones particulares, facilitando la estructuración y el análisis de las etapas de la planificación tributaria en el contexto específico de la empresa.

De manera complementaria, se utilizó el método matemático, orientado a evaluar el desempeño de la organización mediante la comparación de información financiera a lo largo de cinco periodos consecutivos, apoyándose en el análisis de estados financieros e indicadores de rentabilidad.

### **Técnicas de investigación**

En esta investigación se aplicaron dos técnicas fundamentales:

Técnica documental. Fue empleada para revisar registros contables y estados financieros, permitiendo consolidar información relevante. Posteriormente se proyectaron y analizaron distintos escenarios de planificación tributaria con el fin de evaluar su impacto en

la rentabilidad y carga fiscal de la empresa. Además, se compararon diferentes decisiones que podrían influir en los resultados económicos y en el cumplimiento normativo de la constructora.

**Análisis FODA.** Se identificaron fortalezas y debilidades internas, así como oportunidades y amenazas externas que influyen en la gestión tributaria de la empresa. Esta técnica se aplicó en la fase inicial de la planificación, permitiendo un diagnóstico más claro de la situación fiscal y estratégica de la constructora.

### **Instrumentos utilizados**

Se emplearon los documentos financieros y tributarios, con el objetivo de comprender cómo los impuestos han impactado en la economía de la empresa a lo largo del tiempo. Los documentos analizados incluyen: Declaraciones del Impuesto a la Renta (2018-2022), declaraciones de IVA (2018-2022), archivos contables en formato impreso y digital.

Gracias a esta combinación de métodos y técnicas, la investigación proporciona un análisis detallado de la planificación tributaria en la empresa, facilitando la toma de decisiones estratégicas que optimicen su carga fiscal y rentabilidad.

### **Resultados y Discusión**

De acuerdo con los datos obtenidos en la investigación sobre planificación tributaria y su relación con la rentabilidad de la empresa Velsa Bauen, se ejecutó la planificación tributaria con la aplicación de once etapas referenciales que permitieron identificar estrategias fiscales para reducir de manera justa la carga tributaria.

Es así como, se inició con la recopilación de antecedentes básicos para conocer el régimen tributario del contribuyente, actividad económica, obligaciones tributarias, historial tributario, categorizándola como una persona natural obligada a llevar a contabilidad con actividades de construcción inmobiliaria. Los datos proporcionados por la empresa demuestran que durante los años 2018-2022 a más de los ingresos por la venta de bienes inmuebles, también obtuvo ingresos por servicios profesionales y venta de materiales de construcción importados, rubros que incidieron de manera progresiva en el cálculo de impuesto a la renta.

A continuación, se presenta un detalle de incentivos tributarios relacionados directamente con el giro del negocio:

**Tabla 1**

*Incentivos tributarios aplicables en el cálculo del Impuesto a la Renta*

<b>Incentivos tributarios</b>	<b>Descripción y aplicación</b>	<b>Periodo de vigencia</b>	<b>Situación de uso</b>
Deducción por contratación de personas con discapacidad y adultos mayores	La contratación de personas con discapacidad o adultos mayores permitía deducir un 150 % adicional en la base imponible de impuesto a la renta	2018-2022	No aplicado
Crédito tributario por utilidad en venta de predios	Valores pagados a municipios por traspaso de dominio	Desde 2020	No aplicado

Incentivos tributarios	Descripción y aplicación	Periodo de vigencia	Situación de uso
Crédito tributario por ISD (salida de divisas)	Retenciones por importación de materia prima	2021-2022	Si aplicado

La Tabla 1 describe los posibles incentivos más relacionados directamente a la constructora, y de acuerdo con la primera opción, se observa que la deducción del 150 % por contratación de personas con discapacidad y adultos mayores no fue aplicada, lo que demuestra una doble pérdida, es decir por un lado la empresa dejó de acceder a un beneficio fiscal y por otro, se desaprovechó la posibilidad de generar inclusión laboral de grupos vulnerables.

En segundo lugar, el incentivo relacionado con el pago de utilidades en la venta de predios tampoco fue aprovechado desde su entrada en vigor en el año 2020, perdiendo la oportunidad de optimizar dichos valores como crédito tributario de impuesto a la renta y no como gasto de construcción.

Finalmente, en el último incentivo fiscal sobre los valores de crédito tributario por ISD derivado de la importación de materia prima, fue aplicado en los ejercicios 2021 y 2022 sin embargo, el hecho de que se lo haya aplicado únicamente en los últimos años disminuye la posibilidad de haber acumulado crédito tributario de años pasados por importaciones anteriores.

Continuando con las etapas de la planificación tributaria, se plantea los posibles planes para identificar el mayor grado de materialidad y valor monetario.

**Tabla 2**

*Análisis de Beneficios Tributarios*

Beneficio o Incentivo Tributario	Cálculo	Gasto	Valor del Beneficio o Incentivo tributario				
			2018	2019	2020	2021	2022
* LRTI - Artículo 10 Numeral 9/ Deducción adicional del 150% de las remuneraciones y beneficios sociales por pagos a discapacitados o a trabajadores que tengan cónyuge o hijos con discapacidad, dependientes suyos	1 trabajador con sueldo básico+ beneficios sociales. Año 2019	3939.896	na	5909.84	na	na	na
	1 trabajador con sueldo básico+ beneficios sociales.	4096.96	na	na	6145.44	na	na
LRTI - Artículo 10 Numeral 9/ Deducción adicional del 150% de las remuneraciones y beneficios sociales por pagos a adultos mayores	1 trabajador con sueldo básico+ beneficios sociales.	3939.896	na	5909.84	0.00	na	na
	1 trabajador con sueldo básico+ beneficios sociales.	4096.96	na	na	6145.44	na	na
Crédito tributario por impuesto a la utilidad en la compraventa de predios urbanos pagado a Municipios (para actividades de urbanización, lotización y otra similares. Art. 29 inciso 3. LRTI	Suma total de pago de Utilidades en compraventa de bienes inmuebles.	30885.25	na	na	6,589.93	6,559.18	17,736.14

Beneficio o Incentivo Tributario	Cálculo	Gasto	Valor del Beneficio o Incentivo tributario				
			2018	2019	2020	2021	2022
Crédito tributario por ISD en importaciones LRET Art. 162	Suma de los valores por ISD en la importación de materia prima	4801.37	na	na	na	1,758.85	3,042.52

La Tabla 2 presenta los valores por remuneraciones de una persona con discapacidad o adulto mayor, pagos municipales e ISD reflejados en los estados financieros como gasto, y al compararlos como beneficios tributarios, se identifica que el valor monetario más significativo es de \$ 30,885.25 correspondiente a crédito tributario por impuesto a la utilidad en la compraventa de predios urbanos, permitiendo evaluar los valores de impuesto a la renta con y sin planificación tributaria, resultado que da un ahorro tributario.

**Tabla 3**

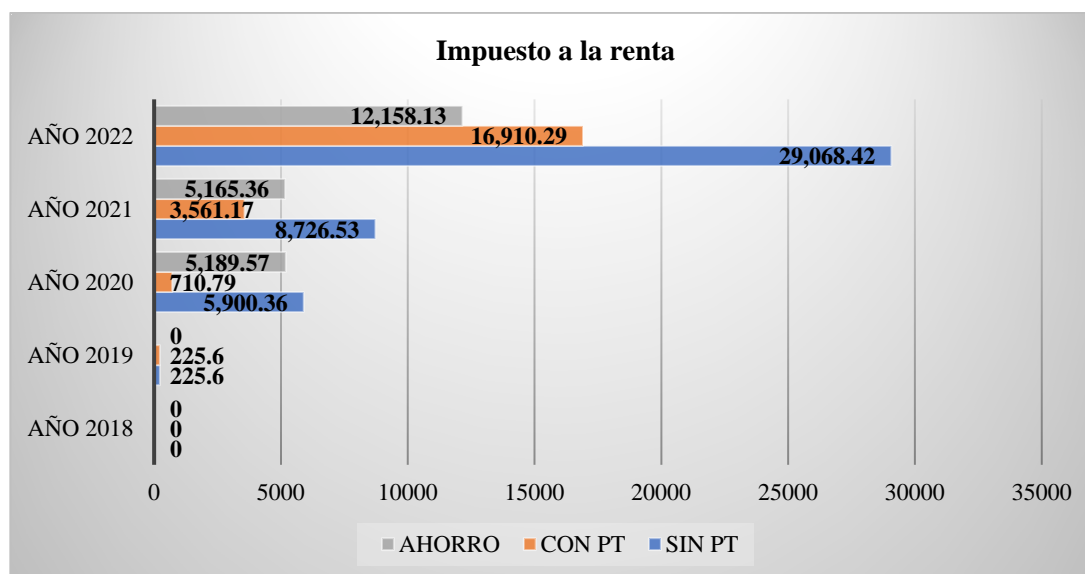
*Cálculo del Impuesto a la Renta con Planificación y sin planificación tributaria*

Concepto	Sin Planificación (2022)	Con Planificación (2022)	Ahorro/Impacto
Impuesto a la Renta	\$29,068.42	\$16,910.29	\$12,158.13
Beneficios e Incentivos Aplicados	No aplicados	Sí aplicados	ahorro fiscal

En la Tabla 3 se evidencia el efecto de la planificación tributaria en la determinación del Impuesto a la Renta, es así que la empresa Velsa Bauen registra un pago de impuesto a la renta de \$ 29,068.42, y comparado con el resultado aplicando deducciones fiscales, el impuesto disminuiría a \$ 16,910.29, representando un ahorro de \$ 12,158.13, equivalente a un 41% menos al valor pagado sin planificación.

**Figura 1**

*Ahorro por la aplicación de Beneficios e Incentivos Tributarios*



La Figura 1. representa el ahorro total en los años con aplicación de beneficios 2020 – 2022, alcanzando un valor total de \$ 22,513.06, monto que podría haberse utilizado en inversión, contratación de personal o capital de trabajo, además se demuestra que por cada

dólar ahorrado a través de la planificación tributaria conlleva al aprovechamiento correcto y oportuno de la normativa vigente, lo cual es consistente con estudios previos como el de Meza Intriago (2019). También, se confirma que los incentivos tributarios, como las deducciones y créditos fiscales, son herramientas efectivas para optimizar la carga impositiva, en línea con lo demostrado por Sánchez Salazar (2020). Esto valida la eficacia de los mecanismos de planificación tributaria descritos en la investigación.

### Conclusiones

La planificación tributaria implementada en Velsa Bauen, estructurada en once etapas, permitió analizar la situación fiscal de la empresa desde la recopilación de antecedentes hasta la supervisión y actualización de estrategias óptimas. A través de la identificación y aplicación de beneficios e incentivos tributarios, se logró un ahorro significativo de 41% en el impuesto a la renta de 2022, con relación al valor causado originalmente sin planificación.

La identificación y aplicación de beneficios e incentivos tributarios demuestran que una planificación adecuada puede optimizar la carga impositiva y mejorar la rentabilidad y comparados con otros estudios respalda la validez de los hallazgos, fortaleciendo el conocimiento sobre planificación tributaria en sectores específicos como la construcción. Además, la investigación aporta evidencia relevante para el desarrollo de estrategias fiscales adaptadas a las empresas constructoras de personas naturales en la ciudad y provincia de Loja.

### Reconocimientos y Declaraciones

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Proyecto de Investigación y forma parte de la Tesis titulada: Planificación tributaria y la rentabilidad en las constructoras de personas naturales de la ciudad de Loja: Estudio de caso “Velsa Bauen”, periodo 2018-2022.

Los autores declaran la contribución y participación equitativa de roles de autoría para esta publicación.

Los autores declaran que, en la elaboración del presente artículo, no se ha utilizado herramientas de inteligencia artificial.

### Referencias

- Díaz-Kovalenko, I. E., Larrea-Rosas, K. P., y Barros-Naranjo, J. (2023). El sector de la construcción en la economía ecuatoriana, importancia y perspectivas. *Ciencias Sociales y Económicas*, 6(2), 58-69. <https://doi.org/10.18779/csye.v6i2.598>
- Espinosa Taipe, D. L., y Hoyos Navas, K. E. (2019). Desafíos fiscales originados por la globalización de la economía y los esquemas de planificación fiscal agresiva. *USFQ Law Review*, 6(1), 57-76. <https://doi.org/10.18272/lr.v6i1.1402>
- Farbán Rodríguez, J. C. (2020). *Planeación tributaria y gestión financiera en el sector de la construcción en Colombia* (UNIREMINT). <https://doi.org/10.22209/9789585321816>
- Garizabal, L. E., Barrios, I. P., Bernal, O., y Garizabal, M. E. (2020). Estrategias de planeación tributaria para optimizar impuesto de los contribuyentes. *Revista Espacios*, Vol. 41(8), 1. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n08/a20v41n08p01.pdf>
- Gitman, L. J., & Zutter, C. J. (2016). *Administración financiera* (Decimocuarta). Pearson Educacion.
- Guerra Cocha, L. G. (2020). *Efectos del impuesto a la renta mínimo en la liquidez y rentabilidad del sector de la construcción*. <https://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/6250>



- Hernández-Sampieri, R. (2018). Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. En *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. shorturl.at/mwS39
- Lapuerta Barrera, M. J. (2022). *Modelo de planificación tributaria para la optimización del pago de tributos, el cumplimiento de obligaciones y reducción de contingencias tributarias en las empresas de régimen general del sector comercial de calzado en la provincia de Pichincha*. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/396aa1db-d101-4f70-a4cd-a4a8386a3397>
- López, K. (2017). *La planificación tributaria como herramienta financiera par la toma de decisiones en el sector inmobiliario*. 1-101. <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5835/1/T2401-MT-Lopez-La-planificacion.pdf>
- Lucas Reyes, E. G. (2021). *Planificación Tributaria como herramienta de control en la toma de decisiones de las empresas constructoras*. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/4253>
- Martínez Díaz, L. (2017). *Planificación fiscal internacional: planificación fiscal agresiva y medidas para combatirla*. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/27677>
- Meza Intriago, J. R. (2019). *Planificación tributaria como mecanismo de ahorro de las empresas catalogadas como contribuyentes especiales del Cantón Montecristi, Parroquia Montecristi*. <http://biblioteca.uteg.edu.ec:8080/handle/123456789/978>
- Ramírez-Casco et al. (2020). La planificación tributaria como herramienta para cumplir la relación fiscal en la gestión empresarial. *Polo del Conocimiento*, 5(3), 3-17. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i3.1317>
- Rea Guamán, F. Y. (2019). *Impacto de los Incentivos Tributarios en la Rentabilidad de las Pymes del Sector de la Construcción del Cantón Riobamba Provincia de Chimborazo Período 2014-2017* (Vol. 3, Número 1). <http://biblioteca.uteg.edu.ec:8080/handle/123456789/960>
- Ruiz Salgado, M. V., Sanandrés Álvarez, L. G., & Ruiz Salgado, M. A. (2023). *Planificación tributaria como herramienta eficaz para la maximización de los beneficios fiscales y económicos*. 5(2), 477-496. <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/612>
- Sánchez Salazar, M. J. (2020). *Planificación Tributaria como mecanismo para lograr la eficiencia económica en el tratamiento del Impuesto a la Renta en las compañías del sector farmacéutico del Ecuador*. <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/6278>

# **Información para Autores / Information for Authors**



## Evaluación por pares

La **Revista Tecnológica Espol - RTE®** es una revista arbitrada que se rige por el sistema doble par anónimo. Los artículos enviados por los autores son evaluados en previamente por el Editor Asociado para comprobar si se ajustan a las normas de edición y a las políticas temáticas de la revista. Cuando el artículo pasa ese primer filtro es enviado a los evaluadores externos expertos en la temática abordada por el autor. Para cumplir y defender la ética de la investigación, estos evaluadores desconocen el nombre de el/los autores/as y la identificación de la/s institución/es a la que pertenece el artículo, encargándoseles dictaminar si responde a los intereses científicos de la revista y si procede su publicación. En la valoración final, los revisores deciden entre las siguientes opciones:

1. Aceptar el artículo como está
2. Aceptar con revisiones menores
3. Necesita revisiones mayores
4. Rechazar

En el caso de que haya disparidad de opinión entre revisores del Comité Científico, se someterá al juicio de un tercer experto, que dirimirá en conflicto de pareceres.

Una vez recibidas las valoraciones, la decisión final sobre la publicación de un manuscrito será tomada por el editor asignado de la **Revista Tecnológica Espol - RTE®**.

El proceso de revisión, desde el momento del depósito del manuscrito a través del OJS hasta la finalización de las revisiones ocupa un tiempo promedio de 6-8 semanas, salvo ciertas excepciones.

En el siguiente link [Guía de revisores](#), se detalla paso a paso el proceso de evaluación a seguir por los pares ciegos asignados.

Las responsabilidades específicas de los revisores se encuentran declaradas en el link [Código de ética y buenas prácticas de publicación](#).

## Derechos de autor (Copyright)

Los originales publicados, en las ediciones impresa y electrónica, de la **Revista Tecnológica Espol - RTE®**, bajo derechos de primera publicación, son propiedad de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, República del Ecuador, siendo absolutamente necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total de los contenidos (textos o imágenes) publicados. RTE proporciona un acceso abierto e inmediato a su contenido, pues creemos firmemente en el acceso público al conocimiento, lo cual no obsta para que la cita de la fuente sea obligatoria para todo aquél que desee reproducir contenidos de esta revista.

De igual modo, la propiedad intelectual de los artículos o textos publicados en la revista RTE pertenece al/la/los/las autor/a/es/as, quienes conservan sus derechos de autor y dominio irrestricto de su obra. Esta circunstancia ha de hacerse constar expresamente de esta forma cuando sea necesario.

Todo el contenido de la *Revista Tecnológica Espol - RTE®* mantiene una licencia de contenidos digitales otorgada por Creative Commons.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

## Directrices para autores

Los textos postulados deben:

1. Corresponder a las categorías universalmente aceptadas como producto de investigación.
2. Ser originales e inéditos.
3. Sus contenidos responden a criterios de precisión, claridad y brevedad.

Se clasifican en:

3.1. Artículos. En esta sección se publican:

- 3.1.1. Artículos de investigación científica o tecnológica: presenta de manera detallada los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro aportes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
- 3.1.2. Artículo de revisión: resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones, publicadas o no, ya sea en el campo científico, artístico o artístico tecnológico, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo.

## Próximos Volúmenes

### PROGRAMACIÓN

#### Vol. 38, Núm. 1

#### Volumen Abierto Semestral

- i. *Convocatoria abierta:* envío de artículos hasta el 15 de abril de 2026
- ii. *Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos:* hasta el 30 de mayo de 2026
- iii. *Publicación del volumen:* junio de 2026

### PROGRAMACIÓN

#### Vol. 38, Núm. 2

#### Volumen Abierto Semestral

- i. *Convocatoria abierta:* envío de artículos hasta el 15 de septiembre de 2026
- ii. *Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos:* hasta el 30 de noviembre de 2026
- iii. *Publicación del volumen:* diciembre de 2026

## Próximos Volúmenes

### PROGRAMACIÓN

Vol. 39, Núm. 1

#### Volumen Abierto Semestral

- i. *Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 15 de abril de 2027*
- ii. *Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 30 de mayo de 2027*
- iii. *Publicación del volumen: junio de 2027*

### PROGRAMACIÓN

Vol. 39, Núm. 2

#### Volumen Abierto Semestral

- i. *Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 15 de septiembre de 2027*
- ii. *Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 30 de noviembre de 2027*
- iii. *Publicación del volumen: diciembre de 2027*

### PROGRAMACIÓN

Vol. 40, Núm. 1

#### Volumen Abierto Semestral

- i. *Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 15 de abril de 2028*
- ii. *Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 30 de mayo de 2028*
- iii. *Publicación del volumen: junio de 2028*

### PROGRAMACIÓN

Vol. 40, Núm. 2

#### Volumen Abierto Semestral

- i. *Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 15 de septiembre de 2028*
- ii. *Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 30 de noviembre de 2028*
- iii. *Publicación del volumen: diciembre de 2028*



espol®



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja



[rte.espol.edu.ec](http://rte.espol.edu.ec)