

<https://lajc.epn.edu.ec>



ESCUELA  
POLITÉCNICA  
NACIONAL



VOLUME 8, ISSUE 2  
JULY 2021  
ISSN: 1390-9266  
e-ISSN:1390-9134

**EDITOR IN CHIEF**

PhD. Marco Santórum G.  
Escuela Politécnica Nacional,  
Ecuador.

**LAJC** LATIN-AMERICAN  
JOURNAL OF  
COMPUTING

# LAJC

Vol VIII, Issue 2, July 2021



**EPN**

<https://www.epn.edu.ec>

#### **MISIÓN**

La Escuela Politécnica Nacional es una Universidad pública, laica y democrática que garantiza la libertad de pensamiento de todos sus integrantes, quienes están comprometidos con aportar de manera significativa al progreso del Ecuador. Formamos investigadores y profesionales en ingeniería, ciencias, ciencias administrativas y tecnología, capaces de contribuir al bienestar de la sociedad a través de la difusión del conocimiento científico que generamos en nuestros programas de grado, posgrado y proyectos de investigación. Contamos con una planta docente calificada, estudiantes capaces y personal de apoyo necesario para responder a las demandas de la sociedad ecuatoriana.

#### **VISIÓN**

En el 2024, la Escuela Politécnica Nacional es una de las mejores universidades de Latinoamérica con proyección internacional, reconocida como un actor activo y estratégico en el progreso del Ecuador. Forma profesionales emprendedores en carreras y programas académicos de calidad, capaces de aportar al desarrollo del país, así como promover y adaptarse al cambio y al desarrollo tecnológico global. Posiciona en la comunidad científica internacional a sus grupos de investigación y provee soluciones tecnológicas oportunas e innovadoras a los problemas de la sociedad.

La comunidad politécnica se destaca por su cultura de excelencia y dinamismo al servicio del país dentro de un ambiente de trabajo seguro, creativo y productivo, con infraestructura de primer orden.

#### **ACCIÓN AFIRMATIVA**

La Escuela Politécnica Nacional es una institución laica y democrática, que garantiza la libertad de pensamiento, expresión y culto de todos sus integrantes, sin discriminación alguna. Garantiza y promueve el reconocimiento y respeto de la autonomía universitaria, a través de la vigencia efectiva de la libertad de cátedra y de investigación y del régimen de cogobierno.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

FACULTAD DE  
INGENIERÍA DE  
SISTEMAS

<https://fis.epn.edu.ec>

#### **MISIÓN**

La Facultad de Ingeniería de Sistemas es el referente de la Escuela Politécnica Nacional en el campo de conocimiento y aplicación de las Tecnologías de Información y Comunicaciones; actualiza en forma continua y pertinente la oferta académica en los niveles de pregrado y postgrado para lograr una formación de calidad, ética y solidaria; desarrolla proyectos de investigación, vinculación y proyección social en su área científica y tecnológica para solucionar problemas de trascendencia para la sociedad.

#### **VISIÓN**

La Facultad de Ingeniería de Sistemas está presente en posiciones relevantes de acreditación a nivel nacional e internacional y es referente de la Escuela Politécnica Nacional en el campo de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones por su aporte de excelencia en las carreras de pregrado y postgrado que auspicia, la calidad y cantidad de proyectos de investigación, vinculación y proyección social que desarrolla y su aporte en la solución de problemas nacionales a través del uso intensivo y extensivo de la ciencia y la tecnología.

**LAJC** LATIN-AMERICAN  
JOURNAL OF  
COMPUTING

---

Vol VIII, Issue 2, July 2021

ISSN: 1390-9266 e-ISSN: 1390-9134

Published by:  
Escuela Politécnica Nacional  
Facultad de Ingeniería de Sistemas

Quito - Ecuador



### Mailing Address

Escuela Politécnica Nacional,  
Facultad de Ingeniería de Sistemas  
Ladrón de Guevara E11-253, La Floresta  
Quito-Ecuador, Apartado Postal: 17-01-2759

### Web Address

<https://lajc.epn.edu.ec/>

### E-mail

[lajc@epn.edu.ec](mailto:lajc@epn.edu.ec)

### Frequency

2 issues per year

## Published by

**Escuela Politécnica Nacional**  
Facultad de Ingeniería de Sistemas  
Ecuador

## Editor in Chief

**Marco Santórum G. PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador

## Editorial Committee

**José Aguilar PhD.**  
Universidad de los Andes, Venezuela  
[aguilar@ula.ve](mailto:aguilar@ula.ve)  
**Matthew Bradbury PhD.**  
University of Warwick, UK  
[m.bradbury@warwick.ac.uk](mailto:m.bradbury@warwick.ac.uk)  
**Lucía Carrión PhD.**  
University of Technology Sydney, Australia  
[lucia.c.carrion@alumni.uts.edu.au](mailto:lucia.c.carrion@alumni.uts.edu.au)

**Hagen Lauer PhD.**  
Fraunhofer SIT, Germany  
[hagen.lauer@sit.fraunhofer.de](mailto:hagen.lauer@sit.fraunhofer.de)  
**Diana Ramírez PhD (c).**  
Universidad Pompeu Fabra, España  
[diana.ramirez@upf.edu](mailto:diana.ramirez@upf.edu)  
**Marco Santórum G. PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
[marco.santorum@epn.edu.ec](mailto:marco.santorum@epn.edu.ec)

## Associate Editors

**Sandra Sánchez PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
[sandra.sanchez@epn.edu.ec](mailto:sandra.sanchez@epn.edu.ec)  
**Denys Flores PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
[denys.flores@epn.edu.ec](mailto:denys.flores@epn.edu.ec)  
**Gabriela Suntaxi PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
[gabriela.suntaxi@epn.edu.ec](mailto:gabriela.suntaxi@epn.edu.ec)  
**Marco Santórum G. PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
[marco.santorum@epn.edu.ec](mailto:marco.santorum@epn.edu.ec)

**María Gabriela Pérez, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
[maria.perez@epn.edu.ec](mailto:maria.perez@epn.edu.ec)  
**Mayra Carrión, PhD. (c)**  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
[mayra.carrion@epn.edu.ec](mailto:mayra.carrion@epn.edu.ec)  
**Jhonattan Barriga, PhD. (c)**  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
[jhonattan.barriga@epn.edu.ec](mailto:jhonattan.barriga@epn.edu.ec)

## Assistant Editors

**Lic. Dayana Marcillo**  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
[dayana.marcillo@epn.edu.ec](mailto:dayana.marcillo@epn.edu.ec)

**Ing. Jorge Miño**  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
[jorge.mino@epn.edu.ec](mailto:jorge.mino@epn.edu.ec)

## Proofreader

**María Eufemia Torres, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
[maria.torres@epn.edu.ec](mailto:maria.torres@epn.edu.ec)

# EDITORIAL



Marco  
Santórum G.  
PhD.

---

**Editor in Chief**  
Escuela Politécnica Nacional,  
Ecuador

### Impacto Social de la Ciencia y Tecnología

Durante los años de existencia de la Revista LAJC, hemos podido evidenciar el desarrollo tecnológico de la sociedad que transita hacia la modernidad a través de la cada vez más común inclusión de las TIC "Tecnologías de la información y de la comunicación" en las distintas actividades humanas, ya sea la implantación de las TIC en los ámbitos de la educación, salud, comercio, etc.

Las Nuevas Tecnologías han marcado, en los últimos años, una aceleración de su ritmo y el alcance de su generalización. Actualmente, vemos la creciente importancia de la información en todo tipo de actividades, y por ende de las TIC, que se afirman en los países desarrollados y también en los países emergentes, como herramientas que ofrecen una oportunidad para el desarrollo de la sociedad.

Sabemos que las empresas sean pequeñas, medianas o grandes son reconocidas como un elemento esencial del desarrollo de un país, debido a su contribución y redistribución de los ingresos en favor del empleo, el crecimiento económico y, en consecuencia, a la lucha contra la pobreza y las desigualdades sociales. Estas organizaciones requieren adaptarse a la evolución tecnológica en la cual, la información puede ser tanto una amenaza como una oportunidad. Una empresa que gestiona bien esta situación puede beneficiarse de la flexibilidad y capacidad que le permiten adaptarse a su mercado y ser competitiva.

En este contexto, el presente número de la Revista LAJC es especial, puesto que brinda oficialmente una apertura a publicaciones que tratan sobre el estudio de la tecnología y su relación con el desarrollo organizacional a través del análisis de paradigmas contemporáneos y la generación de conocimiento en estos entornos.

Les invito cordialmente a aprovechar la lectura de este número que recoge artículos destacados de investigación, relacionados con temas relevantes como la repercusión del teletrabajo durante el periodo de pandemia por COVID-19; propuestas para mejorar la complementariedad entre ingenierías y las ciencias sociales en el sistema de educación superior del Ecuador. También, se presenta un artículo sobre la utilización de redes neuronales y algoritmos genéticos, y otro sobre modelos de predicción de rendimiento académico, innovación tecnológica para el desempeño empresarial, transformación digital.

Asimismo, nuestro Journal LAJC les extiende una cordial invitación a recorrer el desarrollo de la sociedad ligado a la evolución de las TIC, a través de los ocho volúmenes publicados en estos 7 años.

Finalmente, mi agradecimiento sincero para el equipo LAJC, que podamos continuar con el compromiso de compartir la producción científica en servicio del desarrollo de la sociedad.

Marco SANTORUM G.

### Social Impact of Science and Technology

During the years of existence of LAJC Journal, we have been able to evidence the technological development of the society that is moving towards modernity through the increasingly common inclusion of ICT "Information and communication technologies" in the different human activities, be it the implementation of ICT in the fields of education, health, commerce, etc.

The New Technologies have marked, in recent years, an acceleration of their pace and the scope of their generalization. Currently, we see the growing importance of information in all types of activities, and therefore of ICT, which are affirmed in developed countries and also in emerging ones, as tools that offer an opportunity for the development of society.

We know that companies, whether small, medium or large, are recognized as an essential element of the development of a country and, due to their contribution and redistribution of incomes in favor of employment, economic growth and, consequently, the fight against poverty and social inequalities. These organizations need to adapt to technological evolution, in which, information can be both a threat and an opportunity. A company that manages this situation well can benefit from the flexibility and capacity that allow it to adapt to its market and be competitive.

In this context, this issue of LAJC Journal is special, since it officially opens up publications that deal with the study of technology and its relationship with organizational development through the analysis of contemporary paradigms and the generation of knowledge in these environments.

I cordially invite you to take advantage of reading this issue, which includes outstanding research articles related to relevant topics such as the impact of teleworking during the COVID-19 pandemic period; proposals to improve the complementarity between engineering and social sciences in the higher education system in Ecuador. It also presents a manuscript about the use of neural networks and genetic algorithms, and other about academic performance prediction models, technological innovation for business performance, digital transformation.

Likewise, our LAJC Journal extends a cordial invitation to explore the development of society linked to the evolution of ICT, through the eight volumes published in these 7 years.

Finally, my sincere thanks to the LAJC team, that we can continue with the commitment to share scientific production in service of the development of society.

Marco SANTORUM G.

We are most grateful to the following individuals for their time and commitment to review manuscripts for Latin American Journal of Computing - LAJC

## Reviewers

**Patricia Acosta, PhD.**  
Universidad de Las Américas

**Carlos Anchundia, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Roberto Andrade, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Lorena Barona, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Nancy Betancourt, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Tania Calle, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Carlos Corrales, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Heitor Costa PhD.**  
Federal University of Lavras

**Eduardo Delgado, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**María Elena Cruz, Mgtr.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Lenin Falconí, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Pamela Flores, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Antonio Franco, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Walter Fuertes, PhD.**  
Universidad de las Fuerzas Armadas

**Julián Galindo, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Fredy Gavilanes, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**María Hallo, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Myriam Hernández, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Juan Herrera, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Monserate Intriago, PhD (c).**  
Escuela Politécnica Nacional

**Erika Jaillier, PhD.**  
Universidad Pontificia Bolivariana

**Cindy López MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**José Lucio, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Daniel Maldonado, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Verónica Maldonado, Psic.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Silvia Martínez, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Alicia Martínez, PhD.**  
CENIDET

**Fernando Molina, PhD.**  
Universidad Nacional de Chimborazo

**Marco Molina, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Marcela Mosquera MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Rosa Navarrete, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Hernán Ordóñez, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Juan Pablo Carvalho, PhD.**  
Universidad del Azuay

**Odette Pantoja, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Henry Paz, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Valentina Ramos, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Lorena Recalde, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Andrés Robalino, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Ligia Samaniego, Esp.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Marco Sánchez, MSc.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Sang Guun Yoo, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Eugeni Scalise, PhD.**  
Universidad Central de Venezuela

**Jorge Urbaneja, PhD.**  
Universidad de Alicante

**Ángel Valdivieso, PhD.**  
Escuela Politécnica Nacional

**Alejandro Zunino, PhD.**  
Universidad Nacional del Centro

#### ARTICLE HISTORY

Received 13 October 2020  
Accepted 17 May 2021

##### **Valentina Ramos**

Grupo de Investigación en Sistemas de  
Información, Gestión de la Tecnología e  
Innovación  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
valentina.ramos@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-7803-8461

##### **Oscar Palacios**

Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
oscar.palacios@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-2734-268X

##### **Antonio Franco-Crespo**

Grupo de Investigación en Sistemas de  
Información, Gestión de la Tecnología e  
Innovación  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
antonio.franco@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-8040-1805

##### **Fernando Herrera**

Grupo de Investigación en Sistemas de  
Información, Gestión de la Tecnología e  
Innovación  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
fernando.herrera@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-3871-811X

##### **Pablo Pazmiño**

Estrategía&Gestión  
Quito, Ecuador  
ppazmino@estrategia-gestion.com  
ORCID: 0000-0003-0511-670X

Diferencia de género  
tomando en cuenta la  
repercusión del teletrabajo  
durante el periodo de  
pandemia por COVID-19

*Gender differences  
taking into account the  
impact of teleworking  
during the COVID-19  
pandemic period*

# Diferencias de género tomando en cuenta la repercusión del teletrabajo durante el período de pandemia por COVID-19

## Gender differences taking into account the impact of teleworking during the COVID-19 pandemic period

Valentina Ramos  
Grupo de Investigación en Sistemas de Información, Gestión de la Tecnología e Innovación  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
valentina.ramos@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-7803-8461

Fernando Herrera  
Grupo de Investigación en Sistemas de Información, Gestión de la Tecnología e Innovación  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
fernando.herrera@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-3871-811X

Oscar Palacios  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
oscar.palacios@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-2734-268X

Pablo Pazmiño  
Estrategia&Gestión  
Quito, Ecuador  
ppazmino@estrategia-gestion.com  
ORCID: 0000-0003-0511-670X

Antonio Franco-Crespo  
Grupo de Investigación en Sistemas de Información, Gestión de la Tecnología e Innovación  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
antonio.franco@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-8040-1805

**Resumen**—El teletrabajo durante la pandemia por el COVID-19 ha presentado situaciones que le diferencian en comparación a cómo fue diseñado inicialmente, donde se identifican beneficios y facilidades para las personas que se acogen al mismo. Sin embargo, existen elementos que hacen que durante la pandemia, el teletrabajo presente diferentes aspectos como la falta de interacción social y la limitación de recursos para trabajar desde la casa, aspectos que afectan más a las mujeres en comparación con los hombres. El estudio se realizó en Ecuador, en una muestra de 370 personas en situación de teletrabajo durante la pandemia de COVID-19, midiéndose aspectos como las competencias para el teletrabajo, las características del trabajo, la percepción de productividad y el bienestar mental. De manera general, las mujeres indican tener más síntomas relacionados con su salud mental, menos condiciones de trabajo desde la casa y mayor limitación en relación con los recursos para el teletrabajo. Sin embargo, manifiestan el mismo nivel de productividad en comparación con los hombres. Esta investigación evidencia la disparidad de género en este tipo de situaciones y aboga por medidas a tomar en cuenta tanto en el hogar como el contexto organizacional, que permita apoyar a las mujeres en su desarrollo.

**Palabras clave**—teletrabajo, género, productividad digital, bienestar, recursos para el teletrabajo, capacidades de teletrabajo

**Abstract**— Teleworking during the COVID-19 pandemic has presented situations that differentiate it compared to how it was initially designed, where benefits and facilities are identified for the people who take advantage of it. However, there are elements that make teleworking during the pandemic present different aspects, such as the lack of social interaction and the limitation of resources to work from home, aspects that affect women more than men. The study was carried out in Ecuador, in a sample of 370 people in a teleworking situation during the COVID-19 pandemic,

measuring aspects such as teleworking skills, job characteristics, perception of productivity and mental well-being. In general, women report having more symptoms related to their mental health, fewer working conditions from home and greater limitations in relation to resources for teleworking. However, they show the same level of productivity compared to men. This research shows the gender disparity in this type of situation and advocates measures to be taken into account both at home and in the organizational context, which allow women to be supported in their development.

**Keywords** — telework, gender, digital productivity, well-being, telework resources, teleworking skills

### I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el mundo se encuentra atravesando una crisis en toda la extensión de la palabra, pues, no solo se hace referencia a una crisis sanitaria, sino también a una crisis económica provocada por el surgimiento del virus Covid-19 que, según cifras del panel de control de emergencias sanitarias de la [1], informa la existencia de más de 35.347.404 casos confirmados de COVID-19 incluidas 1.039.406 personas fallecidas. Esta situación ha orillado a los gobiernos a crear ciertos procedimientos como, el distanciamiento social que es necesario, ya que permitirá reducir los contactos interpersonales disminuyendo el número de nuevos casos de contagiados por este virus, el lado negativo de esta medida es que se generará una contracción económica, paralizando actividades productivas y destruyendo la demanda agregada/sectorial [2], en este sentido el trabajo presencial se mantiene en actividades que son consideradas vitales durante la crisis sanitaria actual como lo son la salud, alimentación, seguridad, para los

demás sectores el teletrabajo es una opción para mitigar el impacto económico [3].

#### A. Teletrabajo

El término teletrabajo ha sido un término frecuente debido a su uso durante la pandemia por COVID-19, sin embargo, tiene sus antecedentes en los años 70 y, aunque no hay definición absoluta del mismo, hace referencia a un tipo de trabajo que puede realizarse de manera remota con apoyo de la tecnología [3]. De esta manera, de acuerdo con este concepto, el teletrabajo es una alternativa a la forma tradicional de trabajar que no necesariamente implica trabajar desde la casa, sino de cualquier espacio no tradicional ya sea de manera permanente o temporal [3].

Las Tecnologías de Información y Comunicación comúnmente conocidas como TIC, han ido transformándose en una herramienta de gran importancia para organizaciones, ya que permiten hacerla más competitiva y productiva y gracias a esta el teletrabajo puede desarrollarse [4]; el concepto teletrabajo ha sido abordado de distintas maneras y por varios autores, por tal motivo no existe una opinión en común del mismo. Pese a esto, se puede definir al teletrabajo como una actividad laboral totalmente remunerada, que un trabajador realiza para una empresa en la cual sus actividades son llevadas a cabo fuera de las instalaciones de dicha organización, comunicándose por medio de las tecnologías de la información, comúnmente estas actividades son realizadas desde el domicilio del trabajador [5].

El teletrabajo ofrece ciertas ventajas y desventajas como por ejemplo el aspecto de la flexibilidad de horarios cuyo fin es reducir el estrés, al mismo tiempo al teletrabajador/a se le dificulta poder diferenciar el inicio y fin de una jornada laboral lo que puede generar efectos negativos tanto físicos como mentales en el empleado, ligado a esto está el saber diferenciar la vida personal de la vida profesional [5].

Además, el teletrabajo tiene como objetivo brindar al trabajador/a una mejor calidad de vida reduciendo el estrés, en ese sentido la motivación del trabajador llegaría a sus niveles más altos con lo que su productividad se vería incrementada, de lo cual se señala que la productividad aumentó en promedio un 13% más, lo que supone un aspecto positivo para las empresas, pero que pasaría con las diferencias de género aun presentes en nuestra sociedad, donde el sexo femenino es indispensable para mantener al hogar [6].

#### B. Género en teletrabajo

Los roles de género han jugado un papel importante en el ámbito del trabajo. Los hombres, generalmente se han relacionado con ser los proveedores financieros mientras que las mujeres han tomado roles más de cuidadoras del hogar [7]. Sin embargo, a pesar de que las mujeres también asumen roles de proveedoras financieras de su hogar, continúan siendo las principales responsables del cuidado de los hijos y la casa en comparación a los hombres [8].

Un estudio realizado evidencia que las mujeres en general, dedican más del doble de tiempo a responsabilidades relacionadas con el hogar y de cuidado no remuneradas que su contraparte masculina: 38 versus 16 horas semanales, respectivamente [9]. En ese contexto, se puede observar como la mujer soporta una mayor carga de

trabajo y estrés que la del hombre, ¿Esto afectaría su desempeño en el teletrabajo? pues no solamente deben ser responsables con su vida laboral, sino que también deberían ser responsables con su vida familiar. En un artículo publicado por la ONU (2020) se señala que, el Covid-19 lastima tres veces más a las mujeres uno por la salud personal, otro por la violencia producida en el hogar y otro por el cuidado a los demás; las medidas de restricción adoptadas por el mundo entero aumentaron el riesgo de violencia doméstica y la carga de trabajo en el hogar. Con base en las condiciones expresadas anteriormente y si se le suma la situación de teletrabajo para aquellas mujeres que también tengan responsabilidades laborales, la balanza de equidad de género desfavorecería al femenino pues debe soportar una mayor carga de responsabilidades generando conflicto entre su vida personal y profesional afectando la salud y su desempeño laboral [10].

Los datos expresados con anterioridad son respaldados por otro estudio realizado por la Consultora de capital humano de fundación de Chile, la cual revela la existencia de diferencias de género teniendo en cuenta las condiciones de teletrabajo debido al Covid-19, pues los resultados muestran que las mujeres presentan un 19% más de agotamiento a comparación de los hombres, mostrando así un menor nivel de engagement, en este estudio también se revela que existe un incremento de los quehaceres domésticos pues está relacionado con permanecer constantemente en los hogares, también se revela un aumento en las horas de trabajo relacionado con la situación de crisis que afecta a muchas organizaciones. En ese contexto, el estudio concluye que el género femenino al estar relacionado con las tareas del hogar, estas actividades se suman a la carga de trabajo del ámbito laboral y de esta manera causan una considerable sobrecarga de responsabilidades. Como consecuencia de esto, sus niveles de agotamiento aumentan y sus niveles de engagement disminuyen afectando varios aspectos como la salud mental, especialmente el desempeño laboral en situación de teletrabajo.

A través del tiempo, los puestos de trabajo han sido elaborados por y para los hombres: partiendo desde las herramientas de trabajo y de resguardo individual, la estructura y los espacios de trabajo, hasta los horarios y descansos se han desarrollado, sin contemplar las diferencias biológicas, ni las responsabilidades de cuidado familiar. Las desigualdades biológicas y de género claramente reflejan que la exposición a los riesgos laborales sea diferente para unas y otros, en este sentido, para que la prevención en la seguridad y la salud laboral sea lo más justa posible, es necesario adjuntar la perspectiva de género en el teletrabajo [11]. La crisis sanitaria generada por la COVID-19 ha provocado, no solo la rápida extensión de una nueva manera de planificar el trabajo desde los hogares, sino también los riesgos laborales de género emergentes, a los que se exponen más las trabajadoras por el hecho de ser mujeres, esto requerirá de cambios en las políticas de prevención de riesgos de las organizaciones que implementen el teletrabajo pero sobre todo, va a exigir una nueva conciencia de género en el diseño, promulgación e inspección de la acción preventiva [12-14]. El Plan de Prevención de Riesgos Laborales y el Plan de Igualdad son dos herramientas básicas cuyo fin es garantizar la incorporación de la perspectiva de género y la

coordinación e interrelación entre ambos planes es indispensable para la buena gestión de la prevención.

Podemos entonces afirmar que, las condiciones de teletrabajo durante la pandemia resultan diferentes en comparación con el concepto de teletrabajo y su aplicación en condiciones que pudieran indicarse como “normales”, identificándose una posible afectación superior en las mujeres en comparación con los hombres. De esta manera, la presente investigación tiene por objetivo identificar las diferencias en teletrabajo durante la pandemia originada por el COVID-19, teniendo en cuenta al género.

## II. MÉTODO

### A. Muestra

La muestra estuvo compuesta por 370 personas que se encontraban en situación de teletrabajo, de la Provincia de Quito, durante los meses de marzo a junio de 2020 debido a la pandemia del COVID-19. De ellos el 70% eran trabajadores del sector público, el 97% sin experiencia en situación de teletrabajo previamente, el 88% indicó que vivía con alguien más en la casa y el 49% correspondió al sexo masculino (Nmasculino= 174, Nfemenino=181).

### B. Procedimiento

Para el levantamiento de la información se creó una herramienta basada en los estudios de [5], [6], [15], [16]; la que estuvo compuesta por las siguientes secciones: competencias para el teletrabajo, características del teletrabajo que realiza, percepción de productividad, beneficios del teletrabajo, características de las relaciones sociales, recursos para el teletrabajo y salud mental. La información se recolectó de manera online, a través de redes sociales y siguiendo la lógica de “bola de nieve”. Las personas consintieron en colaborar. Aquellos que no estaban en situación de teletrabajo al momento del llenado, lo indicaban así y al momento terminaba el llenado del instrumento.

### C. Análisis de los datos

Para el procesamiento de la información se hicieron cálculos de frecuencia. En el caso de la determinación de diferencias teniendo en cuenta al género se utilizaron cálculos de ANOVA y para el cálculo de impacto de las distintas variables en la percepción de productividad se realizaron regresiones simples.

## III. RESULTADOS

A continuación, presentamos los resultados teniendo en cuenta cada una de las secciones de la herramienta aplicada. Los datos muestran los valores de media y el valor de significancia de la comparación. La productividad es un constructo relativamente complejo al momento de su medición. Los datos relacionados con la autopercepción de la productividad se encuentran en la Tabla I.

TABLA I. AUTOPERCEPCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

	Género		Significancia
	Masculino Media	Femenino Media	
¿Cómo siente que ha sido su productividad en la modalidad de teletrabajo?	1,95	1,93	0,801

Nota: Mínimo=1, Máximo=3

De acuerdo con los resultados obtenidos, la percepción de productividad estuvo en un rango medio en comparación con hombres y mujeres. Los valores obtenidos muestran que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la percepción de la productividad de acuerdo con el género. Los resultados obtenidos teniendo en cuenta la existencia de competencias asociadas a la productividad se encuentran en la Tabla II.

TABLA II. DIFERENCIAS DE GÉNERO TOMANDO EN CUENTA LAS COMPETENCIAS PARA EL TELETRABAJO

	Género		Significancia
	Masculino Media	Femenino Media	
Extroversión (buena comunicación y alta sociabilidad)	3,85	3,90	0,632
Auto-motivación (capacidad de concentración y realización de actividades sin depender de otros)	4,26	4,09	0,043
Autonomía para hacer las cosas (independencia de los jefes y de otras personas para tomar decisiones y realizar las actividades laborales)	4,34	4,23	0,204
Organización (alta estructuración de las tareas, definiendo formas, modos y tiempos para las mismas)	4,11	4,01	0,222

En relación con las competencias, la extroversión fue la competencia que menos puntuó al momento de medir el nivel de desarrollo de las mismas de acuerdo con la percepción de los participantes. De acuerdo con estudios de teletrabajo, la extroversión es una de las competencias que perjudicarían la capacidad de las personas en este tipo de situación, debido a que el teletrabajo implica una restricción de la vida social. La competencia que más puntuó fue la autonomía. Hombres y mujeres presentaron diferencias significativas en el caso de la auto-motivación, o la capacidad relacionada con la independencia de las acciones para el trabajo desde el hogar, donde los hombres tuvieron puntuaciones superiores. Con relación a las características del trabajo medidas, los resultados se encuentran en la Tabla III.

TABLA III. DIFERENCIAS DE GÉNERO TENIENDO EN CUENTA LAS CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO

	Género		Significancia
	Masculino Media	Femenino Media	
Mi trabajo requiere un gran esfuerzo de mi parte	4,16	4,21	0,605
Tengo que trabajar largas jornadas para conseguir hacer todo lo que tengo que hacer	3,67	3,85	0,115
Estoy dispuesto/a a trabajar más del tiempo necesario para tener éxito	4,10	3,99	0,295
Me siento a gusto con lo que hago	4,37	4,24	0,158
Mi trabajo me hace sentirme optimista y entusiasta	4,31	4,12	0,038
Estoy satisfecho con lo que hago	4,41	4,28	0,142
Después que termino de trabajar consigo "desconectarme" de los problemas laborales	3,57	3,52	0,697

Tanto hombres como mujeres indicaron que el trabajo que realizan requiere esfuerzo y que les gusta. En menor proporción puntuó la opción de tener que trabajar largas jornadas y la posibilidad de desconectarse mentalmente del trabajo cuando no lo están realizando. El único ítem que tuvo diferencias significativas fue la percepción de optimismo y entusiasmo al momento de trabajar, que, a pesar de que fueron relativamente altos en ambos géneros, en los hombres resultó superior. La Tabla IV muestra la comparación realizada teniendo en cuenta los beneficios percibidos del teletrabajo.

TABLA IV. DIFERENCIAS DE GÉNERO TOMANDO EN CUENTA BENEFICIOS PERCIBIDOS DEL TELETRABAJO

	Género		Significancia
	Masculino Media	Femenino Media	
Tengo lo que necesito para trabajar en un solo lugar	3,71	3,50	0,079
No tengo que estarme trasladando para trabajar	4,15	3,97	0,095
No tengo interrupciones	3,18	2,77	0,001
Me siento más relajado/a	3,22	3,14	0,522
Es fácil equilibrar mi vida personal y laboral	3,35	3,06	0,022
Siento menos estrés de trabajo	3,26	2,91	0,007
Mis pares y/o clientes se adaptan a este estilo de trabajo	3,25	3,29	0,684
Tengo flexibilidad en un horario para trabajar	3,95	3,72	0,064
Este estilo se adapta a mi forma de trabajo	3,39	3,16	0,063

De acuerdo con la Tabla IV, el único ítem que puntuó relativamente alto fue el hecho de no tener que trasladarse para trabajar como beneficio de trabajar desde la casa. El resto de los aspectos evaluados tuvieron puntuaciones medias, lo que indica que las personas que respondieron no

estaban totalmente de acuerdo con las afirmaciones indicadas. Los ítems menos puntuados indican existencia de interrupciones al momento de trabajar y presencia de estrés laboral. Teniendo en cuenta al género, las mujeres indicaron de manera estadísticamente significativa menor capacidad de equilibrar la vida personal y laboral, la vivencia de estrés y la vivencia de mayor número de interrupciones; en comparación con los hombres. La Tabla V muestra las diferencias de género teniendo en cuenta a las relaciones sociales.

TABLA V. DIFERENCIAS DE GÉNERO EN CUANTO A LAS RELACIONES SOCIALES EN TELETRABAJO

	Género		Significancia
	Masculino Media	Femenino Media	
el teletrabajo ha causado problemas de coordinación de actividades con sus clientes (incluye estudiantes)	3,30	3,19	0,401
el teletrabajo ha causado problemas de coordinación de actividades con sus colegas de trabajo	3,07	2,93	0,211
el teletrabajo ha causado problemas de coordinación de actividades con sus supervisores o jefes	2,97	2,81	0,162
el teletrabajo ha causado problemas de coordinación de actividades con su familia (que no convive con Ud.)	2,93	2,70	0,074
el teletrabajo ha causado problemas de coordinación de actividades con sus amigos fuera del ámbito laboral	2,95	2,69	0,034
Personas con las que se relaciona frecuentemente:			
Clientes (incluye estudiantes)	2,43	2,65	0,132
Colegas de trabajo	3,09	3,39	0,004
Supervisores o jefes	2,72	3,04	0,010
Familia (que no convive con Ud.)	2,77	3,00	0,070
Amigos fuera del ámbito laboral	2,34	2,40	0,679

De manera general, la Tabla V muestra que no han existido problemas de coordinación con los distintos actores relacionados con el teletrabajo, excepto los clientes y colegas, con los que se indican mayores problemas de coordinación de actividades en comparación con el resto de actores. Con quien se reconoce una mayor frecuencia de interacción, en cambio, es con los colegas de trabajo. Para hombres y mujeres, las relaciones sociales presentaron diferencias estadísticamente significativas, siendo que las mujeres presentaron mayor interacción con colegas y jefes en comparación con los hombres. Los hombres en cambio presentaron menores problemas de coordinación de actividades relacionadas con los amigos, lo que indica una mayor vida social. Teniendo en cuenta los recursos existentes para el teletrabajo, los resultados se muestran en la Tabla VI.

TABLA VI. DIFERENCIAS DE GÉNERO TENIENDO EN CUENTA LOS RECURSOS PARA EL TELETRABAJO

	Género		Significancia
	Masculino Media	Femenino Media	
¿Tiene un espacio específico para el teletrabajo dentro de la casa?	1,23	1,27	0,376
Dispongo de toda la información para hacer mi trabajo	3,94	3,75	0,091
Tengo autoridad suficiente para tomar decisiones en el trabajo que hago	4,12	3,87	0,018
Mis actividades y responsabilidades están claramente definidas	4,28	4,22	0,499
Mi jefe se preocupa por mi bienestar y que no me falte nada	3,33	3,28	0,689
Tengo todos los equipos que necesito para poder hacer mi trabajo	3,74	3,53	0,079
Recibo retroalimentación y tengo seguimiento de mi trabajo	3,61	3,62	0,974

De los aspectos relacionados con los recursos para el teletrabajo mostrados, los dos mayores puntuados fueron claridad en las responsabilidades y autoridad para tomar decisiones sobre las actividades que se realizan. De manera general, las mujeres indicaron menos recursos para teletrabajar y de forma estadísticamente significativa, indicaron que tenían menos autoridad en comparación con los hombres para poder tomar decisiones. Por último, uno de los elementos que también fue considerado fue la salud mental. Los resultados aparecen en la Tabla VII.

TABLA VII. DIFERENCIAS DE GÉNERO TENIENDO EN CUENTA LA SALUD MENTAL

	Género		Significancia
	Masculino Media	Femenino Media	
Se ha sentido enfermo	1,16	1,25	0,075
Ha tenido dolores de cabeza	1,24	1,42	0,004
Ha sentido presión en la cabeza	1,18	1,43	0,000
Ha perdido el sueño por preocupaciones	1,42	1,58	0,026
Ha estado con problemas de conciliar el sueño	1,42	1,59	0,026
Se siente constantemente bajo estrés	1,29	1,58	0,000
Ha estado molesto y con mal temperamento	1,31	1,43	0,066
Ha estado nervioso todo el tiempo	1,26	1,43	0,010
Siente que las cosas le toman más tiempo para hacerse	1,50	1,69	0,016
Se siente capaz de tomar buenas decisiones	1,44	1,48	0,537
Consigue disfrutar de las actividades diarias	1,45	1,57	0,110
Consigue mantenerse ocupado	1,64	1,95	0,000
Se siente una persona con menos valía	1,11	1,12	0,868
Siente que la vida no tiene sentido	1,11	1,14	0,429
Siente que no consigue hacer las cosas por su estado mental	1,15	1,18	0,490

Se puede observar en la Tabla VII, que las mujeres indicaron mayor presencia de síntomas asociados a la salud mental como el caso de dolores de cabeza, presión, pérdida de sueño, estrés constante, nerviosismo, sensación de demora en las cosas que se hacen, mayor ocupación y preocupación. Esto indica cómo el teletrabajo durante la pandemia las mujeres se han visto más afectadas en comparación a los hombres.

IV. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los principales resultados obtenidos apuntan a afirmar que el teletrabajo asumido debido a la pandemia de COVID – 19 ha traído mayores afectaciones a las mujeres en comparación con los hombres. Estas afectaciones se han visto reflejadas en temas sociales, laborales, y de bienestar asociado a la salud mental.

Estudios realizados demuestran que los espacios laborales tienen diferentes impactos y relevan diferentes exigencias para hombres y mujeres por separado. Se asume que los hombres, por ejemplo, deben tener diferente comportamiento en comparación a las mujeres en lo que se refiere a la forma y tipo de relaciones interpersonales laborales [16]. El teletrabajo por sí mismo tiene un costo importante con relación a las relaciones interpersonales [17], pero en el caso de las mujeres, hay una mayor afectación debido a que se suma de manera adicional las responsabilidades domésticas mientras se encuentran en teletrabajo, limitando la posibilidad de interacción social fuera del espacio laboral [18]. Esto pudiera explicar por qué las mujeres indican que sus relaciones interpersonales son mayoritariamente en contexto de trabajo.

Con relación al tema de la salud y el bienestar mental, estudios anteriores igualmente identificaron que, más allá del contexto del teletrabajo, las mujeres refieren más estrés, ansiedad, depresión y burnout en comparación con los hombres [19]. Es de esperar, entonces, que esta situación se agrave en un contexto donde se reducen los mecanismos de coping debido a la falta de recursos emocionales desarrollados.

Por último, hubo elementos que no presentaron diferencias en cuanto al género, como la percepción de la productividad y la existencia de recursos para realizar de manera satisfactoria el teletrabajo. Se ha verificado que el tema de la productividad, efectivamente, no se relaciona con el género de la persona, sino con el contexto laboral en que se encuentra, como el impacto de los líderes, las condiciones de trabajo y las formas de reconocimiento [16]. Por esta razón, cuando las condiciones de trabajo son las mismas para hombres y mujeres, su sensación de productividad no se diferencia.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio, el teletrabajo durante la pandemia presentó elementos que lo diferencian de las formas tradicionales de teletrabajo, afectando de manera significativa a las mujeres, a pesar de que existe la percepción entre ambos géneros como que su productividad tiene el mismo nivel de afectación. Sin embargo, las mujeres indican tener menos autonomía para

tomar decisión, mayores problemas de coordinación de actividades sociales, mayor afectación a su salud mental, mayores interrupciones al momento de trabajar y más estrés. Por estas razones, el tema del teletrabajo durante la pandemia debe ser considerado para poder tomar medidas a nivel organizacional y también familiar, de manera que las mujeres cuenten con el apoyo que necesitan en todos los ámbitos en los que se relacionan, de manera que lo vivido durante la pandemia no tenga una repercusión más compleja que afecte de manera permanente el bienestar de las personas, específicamente de las mujeres. Esta investigación es una de las primeras que considera al género durante el teletrabajo con cifras que indican que, efectivamente, es una problemática derivada de la pandemia, para que pueda ser considerada en los análisis pertinentes por parte de investigadores del área y también dentro de los contextos organizacionales.

REFERENCIAS

[1] INSST, “Prevención de riesgos laborales vs. COVID-19 -.” Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Quito, pp. 1–40, 2020.  
 [2] J. Thorpe, J. Loughridge, and M. Picton, “The possible economic consequences of a novel pandemic The expanding economic consequences of the coronavirus,” *Australia Matters*, no. March, 2020.  
 [3] A. Belzunegui-Eraso and A. Erro-Garcés, “Teleworking in the context of the Covid-19 crisis,” *Sustain.*, vol. 12, no. 9, pp. 1–18, 2020.  
 [4] M. Černe, M. Jaklič, and M. Škerlavaj, “Management innovation in focus: The role of knowledge exchange, organizational size, and IT system development and utilization,” *Eur. Manag. Rev.*, vol. 10, no. 3, pp. 153–166, 2013.  
 [5] T. A. Beauregard, K. A. Basile, and E. Canonico, *Telework: Outcomes and Facilitators for Employees*, no. February. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.  
 [6] A. Felstead and G. Henseke, “Assessing the growth of remote working and its consequences for effort, well-being and work-life

balance,” *New Technol. Work Employ.*, vol. 32, no. 3, pp. 195–212, 2017.  
 [7] R. E. Beasley, E. Lomo-David, and V. R. Seubert, “Telework and gender: Implications for the management of information technology professionals,” *Ind. Manag. Data Syst.*, vol. 101, no. 8–9, pp. 477–482, 2001.  
 [8] M. Hultin and R. Szulkin, “Mechanisms of Inequality Unequal Access to Organizational Power and the Gender Wage Gap,” *Eur. Sociol. Rev.*, vol. 19, no. 2, pp. 143–159+i, 2003.  
 [9] S. Ruth and I. Chaudhry, “Telework: A productivity paradox?,” *IEEE Internet Comput.*, vol. 12, no. 6, pp. 87–90, 2008.  
 [10] E. E. Kossek, B. A. Lautsch, and S. C. Eaton, “Good teleworking”: Under what conditions does teleworking enhance employees’ well-being?, no. January, 2009.  
 [11] M. Pérez Pérez, M. P. de Luis Carnicer, and A. Martínez Sánchez, “Differential effects of gender on perceptions of teleworking by human resources managers,” *Women Manag. Rev.*, vol. 17, no. 6, pp. 262–275, 2002.  
 [12] P. Pyöriä, “Managing telework: Risks, fears and rules,” *Manag. Res. Rev.*, vol. 34, no. 4, pp. 386–399, 2011.  
 [13] M. Hilbrecht, S. M. Shaw, L. C. Johnson, and J. Andrey, “‘I’m Home for the Kids’: Contradictory Implications for Work–Life Balance of Teleworking Mothers,” *Gend. Work Organ.*, vol. 15, no. 5, 2008.  
 [14] M. Wilson and A. Greenhill, “Gender & teleworking identities: reconstructing the research agenda,” *Ecis*, no. 2004, pp. 1989–2001, 2004.  
 [15] A. Vänje, “Sick Leave—A Signal of Unequal Work Organizations?,” *Nord. J. Work. life Stud.*, vol. 5, no. 4, 2015.  
 [16] D. J. Neufeld and Y. Fang, “Individual, social and situational determinants of telecommuter productivity,” *Inf. Manag.*, vol. 42, no. 7, pp. 1037–1049, 2005.  
 [17] J. O. Crawford, L. MacCalman, and C. A. Jackson, “The health and well-being of remote and mobile workers,” *Occup. Med. (Chic. Ill.)*, vol. 61, no. 6, pp. 385–394, 2011.  
 [18] S. F. Casaca and J. Lortie, *Handbook on gender and organizational change*, vol. 17. Turin: International Training Centre of the International Labour Organization, 2017.  
 [19] F. W. Hager, “Links Between Telecommuting, Social Support and Mental Well-Being Among Teleworkers – a Literature Review,” *Int. J. Bus. Manag.*, vol. VI, no. 2, pp. 36–58, 2018.

# AUTHORS



## Valentina Ramos

Doctora en Psicología Organizacional, Máster en Comunicación Organizacional y Licenciada en Psicología. Profesor Investigador Titular de la Escuela Politécnica Nacional. Miembro del Comité Doctoral del Doctorado en Gestión Tecnológica de la EPN. Coordinadora del Grupo de Investigación en Sistemas de la Información, Gestión de la Tecnología y la Innovación (SIGTI). Realiza investigaciones en las áreas de la cultura y el comportamiento organizacional con un enfoque hacia procesos de gestión de la ciencia, la tecnología y la innovación; así como análisis de competencias y gestión de personas.



## Oscar Palacios

Ingeniero Empresarial por la Escuela Politécnica Nacional. Su tesis está desarrollada, teniendo en cuenta las diferencias de género en condiciones de teletrabajo a causa del covid-19, con el propósito de ayudar a futuras investigaciones y así encontrar soluciones para combatir esta problemática.



## Antonio Franco-Crespo

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Especialista Superior en Gerencia Educativa, Magister en Gerencia Empresarial con Mención en Recursos Humanos. Doctor en Administración de la Universidad Andina Simón Bolívar. Profesor titular de la Escuela Politécnica Nacional e invitado en posgrados de varias universidades del Ecuador. Experto en ambientes de innovación con formación en América, Europa y Asia. Actualmente tiene como líneas de investigación: ciencia, tecnología e innovación en la sociedad; género, ciencia y tecnología; y la relación mercado-medioambiente-sociedad.



## Fernando Herrera

Doctor en Ciencias Sociales con mención en Estudios Políticos. Estancia doctoral en el Centro de Investigación "Ciencia Tecnología y Sociedad" de Universidad Maimónides/ CONICET y en la Universidad Nacional de Quilmes. Máster en Economía del Desarrollo. Diplomado Superior en Diseño, Gestión y Evaluación de Proyectos de Desarrollo. Ingeniero en Electrónica y Redes de Información. Profesor universitario y miembro del Grupo de Investigación en Sistemas de la Información, Gestión de la Tecnología y la Innovación (SIGTI). Director Ejecutivo de la Sociedad de Estudios Sociales de Ciencia y Tecnología (CTS -Ecuador) y miembro de la directiva de la Sociedad Latinoamericana de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESOCITE). Líneas de investigación: política de ciencia, tecnología e innovación; economía política de las políticas públicas; sociología, política e historia de la ciencia y la tecnología; teorías del desarrollo y economía de la educación.



## Pablo Pazmiño

Ingeniero comercial con posgrado en Marketing estratégico y estudios en capital social y comportamiento humano. 21 años de experiencia profesional en procesos de fortalecimiento empresarial, en programas de cooperación internacional y a nivel corporativo en empresas de Ecuador, Peru y Colombia. Fundador y CEO de Estrategia y Gestión, firma de consultoría estratégica.

#### ARTICLE HISTORY

Received 01 February 2021  
Accepted 17 May 2021

#### **Jorge Albuja-Sánchez**

Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Católica del  
Ecuador-Uiversità degli studi di Ferrara  
Quito, Ecuador - Ferrara, Italia  
jdalbuja@puce.edu.ec  
ORCID: 0000-0003-3981-2201

#### **José Gómez-Urrego**

Kaleidos, Centro de Etnografía Interdisciplinaria,  
UDLA  
Quito, Ecuador  
jdgogeta2002@hotmail.com  
ORCID: 0000-0001-9550-8218

#### **Camila Haro-Samaniego**

Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Quito, Ecuador  
charo786@puce.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-9270-3330

#### **Paulina Rodríguez-Terán**

Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Quito, Ecuador  
brodriguez832@puce.edu.ec  
ORCID: 0000-0003-3849-6120

#### **Nicolás Mantilla-Morales**

Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Quito, Ecuador  
nmantilla598@puce.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-1420-0615

## Propuestas para mejorar la complementariedad entre ingeniería civil y ciencias sociales en el sistema superior de educación del Ecuador basados en evidencia nacional e internacional

*Proposals to improve  
the complementarity  
between civil engineering  
and social sciences in the  
higher education system of  
Ecuador based on national  
and international evidence*

# Propuestas para mejorar la complementariedad entre ingeniería civil y ciencias sociales en el sistema superior de educación del Ecuador basados en evidencia nacional e internacional

## Proposals to improve the complementarity between civil engineering and social sciences in the higher education system of Ecuador based on national and international evidence

Jorge Albuja-Sánchez  
Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Università degli studi di Ferrara  
Quito, Ecuador - Ferrara, Italia.  
jdalbuja@puce.edu.ec  
ORCID: 0000-0003-3981-2201

José Gómez-Urrego  
Kaleidos, Centro de Etnografía Interdisciplinaria.  
UDLA  
Quito, Ecuador  
jdgogeta2002@hotmail.com  
ORCID: 0000-0001-9550-8218

Camila Haro-Samaniego  
Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Quito, Ecuador  
charo786@puce.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-9270-3330

Paulina Rodríguez-Terán  
Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Quito, Ecuador  
brodriguez832@puce.edu.ec  
ORCID: 0000-0003-3849-6120

Nicolás Mantilla-Morales  
Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Quito, Ecuador  
nmantilla598@puce.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-1420-0615

**Resumen**— Con base en evidencia recopilada a nivel nacional e internacional, este artículo propone diversos mecanismos para mejorar la complementariedad actual entre los campos de la ingeniería civil y las ciencias sociales dentro de la formación de los ingenieros civiles bajo el marco del sistema superior de educación del Ecuador. A partir de un mapeo internacional de experiencias relevantes en esta área, y trabajo de campo conducido con técnicas mixtas dentro del sistema superior de educación, el artículo propone mecanismos concretos mediante los cuales se puedan fortalecer los vínculos entre las ciencias sociales y la ingeniería civil. De manera clave, se propone al campo de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) como un puente en la educación y en la práctica de estas disciplinas para lograr este objetivo.

**Palabras Clave**—complementariedad, CTS, educación en ingeniería civil, ciencias sociales para ingenieros, Ecuador.

**Abstract**— Based on evidence collected at the national and international level, this article proposes various mechanisms to improve the current complementarity between the fields of civil engineering and social sciences within the training of civil engineers under the framework of the higher education system of Ecuador. From an international mapping of relevant experiences in this area, and fieldwork conducted with mixed techniques within the higher

education system, the article proposes concrete mechanisms through which the links between the social sciences and civil engineering can be strengthened. In a keyway, the field of Science, Technology and Society is proposed as a bridge, both in education and in the practice of these disciplines, to achieve this objective.

**Keywords**—complementarity, STS, civil engineering education, social sciences for civil engineers, Ecuador.

### I. INTRODUCCIÓN

#### A. La globalización y la educación en Ingeniería Civil

La globalización ha intensificado la aceleración creciente de la complejidad social y las correspondientes exigencias de la sociedad respecto a sus necesidades y la transformación constante de las mismas. En consecuencia, dentro de Ingeniería es necesaria una transformación de la disciplina en armonía con los retos tecnológicos a nivel global relacionados con el desarrollo económico, los índices globales de pobreza y desigualdad, el medio ambiente y los crecientes retos ligados a la salud. Esto sucede a la par de la emergencia de nuevas prácticas en la ingeniería que requieren de equipos tecnológicos de ingeniería cada vez más diversos, y

J. Albuja-Sánchez, J. Gómez-Urrego, C. Haro-Samaniego, P. Rodríguez-Terán and N. Mantilla-Morales, “Propuestas para mejorar la complementariedad entre ingeniería civil y ciencias sociales en el sistema superior de educación del Ecuador basados en evidencia nacional e internacional”, Latin-American Journal of Computing (LAJC), vol. 8, no. 2, July 2021.

conocimientos ligados al manejo de softwares sofisticados, ya que los problemas del mundo contemporáneo, y los métodos usados para estudiarlos y enfrentarlos no son los mismos de hace 40 o 50 años [1]. Es así que ha cobrado relevancia la búsqueda de trabajar complementariamente entre la ingeniería y las ciencias sociales procurando resolver los vacíos teóricos y de contexto cultural en las aulas donde se enseñan estas disciplinas con el fin de entender los procesos sociotécnicos y los potenciales desastres tecnológicos y ecológicos de manera integral. Esto permitiría proporcionar los conocimientos científicos necesarios para generar políticas de mitigación de riesgos y soluciones de forma complementaria [2].

A nivel internacional hay una búsqueda de generar alianzas entre las ciencias sociales e ingenierías que están encaminadas a forjar equipos interdisciplinarios de investigación que trabajan en niveles cada vez más profundos para abordar grandes cuestiones alrededor de la vulnerabilidad de las comunidades y las condiciones que promuevan la resiliencia dentro de contextos específicos a nivel ambiental y social. Con este contexto en mente, el presente artículo propone, por primera vez en la academia ecuatoriana, un mecanismo sobre cómo mejorar la complementariedad entre ingeniería civil y ciencias sociales en el sistema de educación superior del Ecuador basados en evidencia nacional e internacional desde la perspectiva de la educación en ingeniería civil. Este artículo está basado en una investigación que se ha llevado a cabo en todas las universidades que ofertan la carrera de ingeniería civil y son avaladas por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) a nivel nacional, a través de la cual se recolectaron datos cuantitativos y cualitativos que han sido claves para conocer la situación actual en el sistema de educación superior del Ecuador alrededor de la enseñanza de ingeniería civil, y posteriormente generar una propuesta bien informada. La idea es que la propuesta elaborada en este artículo no genere un impacto negativo dentro del diseño de las mallas curriculares de las universidades sino más bien se acople a su realidad reconfigurando lo que ya existe para fortalecer los temas de interés.

Este artículo está estructurado en 4 secciones adicionales a la introducción donde se contextualiza y detalla el problema en cuestión. La primera sección introduce la metodología que se utilizó para recolectar los datos a nivel nacional e internacional. La segunda, describe los resultados de las entrevistas realizadas a expertos involucrados en el campo de CTS e ingenierías a nivel internacional, y entrevistas realizadas en el 91.67% de las universidades que ofertan la carrera de ingeniería civil en Ecuador con diferentes actores. La tercera sección presenta ejemplos a nivel internacional de ajustes curriculares y de modos de ilustrar la complementariedad entre ciencias sociales e ingenierías en un nivel práctico de educación e investigación que pueden informar reconfiguraciones a nivel nacional. Finalmente, en la última sección se describen las conclusiones del estudio, sus potenciales para investigaciones futuras y limitaciones.

#### B. La Ingeniería civil y su relación con otros campos del conocimiento

Hoy en día a nivel mundial, hay importantes entornos organizativos donde los ingenieros y científicos sociales pueden interactuar en problemas colectivos buscando soluciones integrales. En el mundo de las ciencias sociales, el análisis de la infraestructura se ha convertido en una potencial oportunidad de encuentro con la ingeniería civil. En este caso, un científico social debe pensar un poco como un ingeniero, y un ingeniero debe pensar un poco como un científico social debido a que su estudio actual no se reduce a los aspectos puramente técnicos como en el pasado. Ahora, también toma relevancia el impacto social, económico, político, cultural y temporal de las infraestructuras. Es así que salen a relucir temas que en el pasado pudieron ser puntos de discordia, hoy en día son una oportunidad para la cooperación multidisciplinaria [2].

Actualmente, se habla acerca de una ingeniería comunitaria en la cual dentro de las competencias de los profesionales está aprender una perspectiva global, con una conciencia social más amplia, fomentando el aprendizaje permanente, el desarrollo de habilidades personales, y un conjunto ampliado de conocimientos y habilidades. Estos nuevos rasgos parecen ser realmente necesarios para hacer frente a los desafíos de la sociedad del siglo XXI donde los problemas son multicausales y por ende las soluciones deben ser propuestas integrales por equipos de trabajo multidisciplinario [1].

El diseño y construcción de infraestructuras, que es clásicamente uno de los trabajos básicos de los ingenieros civiles, afecta directamente al mundo en todas sus aristas a través de la construcción de vías, sistemas de saneamiento, sistemas de agua potable, edificaciones, puertos y aeropuertos, ya que estos establecen puntos estratégicos de comunicación que incentivan al comercio como también trabajan en satisfacer las que se consideran necesidades básicas de la sociedad. Tomando esta fuerte influencia en el mundo social, los ingenieros civiles no pueden estar cegados a las fuerzas socioeconómicas y culturales que moldean su propia perspectiva, su práctica y los impactos de su trabajo a través del tiempo. Esto lleva a una necesidad de repensar la formación profesional de los ingenieros civiles en el Ecuador con base en un análisis de las mallas curriculares que ofertan las universidades en Ecuador donde el componente social es poco prominente, periférico y en algunos casos casi nulo [3]. Por ejemplo, un artículo publicado en el repositorio de Harvard en el 2006 habla acerca de este nuevo enfoque que tienen las investigaciones en el área técnica como en el desarrollo de nuevos materiales de construcción, el cual expresa: “En lugar de enfocarse solo en edificios y sistemas estructurales, estos estudios se han ocupado de una combinación compleja de dinámicas tecnológicas, económicas y sociales” [4].

Esto ilustra claramente como los límites tradicionales de las disciplinas están desapareciendo con el paso de los años, lo que genera un terreno fértil para la colaboración; en este ejemplo, para diseñar un nuevo material de construcción ya no se lo hace únicamente desde la perspectiva técnica para que cumpla requerimientos de resistencia, durabilidad y normas, sino que es necesario estudiar también su impacto económico y social. Lo cual exige la formación de grupos de trabajo multidisciplinarios como también la transformación de las disciplinas tradicionales.

En el caso de Ecuador, surge la necesidad, a la que esta propuesta busca responder, de mejorar la complementariedad entre ingeniería civil y ciencias sociales dentro de la formación académica de los ingenieros por el impacto de los desastres ecológicos y antropogénicos a los que la población ecuatoriana es vulnerable, como lo expresa uno de los entrevistados para esta investigación:

“...En un país en donde existen terremotos cada cierto tiempo, volcanes, deslaves, entre otros, por lo que considero que la sociedad debería estar más enterada de que un ingeniero civil es aquel que, a través de la ciencia, brinda seguridad o hace que se cumplan ciertos estándares de seguridad” [5].

Es así que, en un país con este contexto de vulnerabilidad, niveles altos de desigualdad social y pobreza, los ingenieros son actores clave que deben reflejar en su trabajo esa reflexividad social y también la responsabilidad sobre su accionar, pudiendo rendir cuentas de una manera coherente con el tejido social al que pertenecen. Por ende, la educación necesita una fusión de la base de conocimientos y habilidades de pensamiento crítico de las artes liberales mejorando la orientación de su programa de ingeniería civil con base en una educación más amplia a nivel técnico y no técnico, que se tenga un enfoque holístico y complejo. Esto requiere una perspectiva más global que la ingeniería tradicional, donde se impulse el trabajo en equipo, la comprensión de otras perspectivas y culturas, así como también se cree conciencia de los problemas sociales, políticos y económicos [6].

En ese marco, las universidades tienen el deber de preparar a sus estudiantes para evolucionar en sintonía con los avances tecnológicos y el panorama político, social, económico que se encuentra en constante cambio y caracteriza el contexto actual. Este es un verdadero reto, pero la necesidad que tiene el mundo de profesionales que se acoplen y creen infraestructuras resilientes es mayor, por lo cual este es el momento de mejorar la complementariedad entre ingeniería civil y ciencias sociales en el sistema de educación superior del Ecuador con el fin de anticiparse a las necesidades del futuro y no solamente reaccionar ante estas.

### C. Breve historia de la ingeniería civil en el Ecuador

La historia de la ingeniería, su evolución, así como la relación entre la racionalidad y la práctica de los ingenieros se ha convertido en objeto de estudio para los historiadores de la ciencia y la tecnología [7]. A tal medida que en la actualidad constituye un campo de conocimiento interdisciplinario por sí mismo, bajo el título de Engineering Studies (Estudios sobre Ingeniería). En Ecuador, Engineering Studies ha sido un campo poco desarrollado por lo cual el presente artículo pretende contribuir a la formalización de este campo, al igual que aportar con bases para futuros trabajos investigativos.

Los primeros indicios de lo que se podría llamar ingeniería civil aparecieron en Egipto alrededor del 3000 A.C.; la

topografía, las obras hidráulicas y la construcción de edificios constituyeron la mayor parte de la ingeniería egipcia, pero es dudoso que hayan tenido algún efecto directo sobre las obras de las civilizaciones posteriores o contemporáneas [8]. Por otra parte, el origen de la Ingeniería Civil como profesión especializada está vinculada a la formalización e institucionalización de la Ingeniería Militar y a la vez una diferenciación de la misma. Los ingenieros militares eran expertos que ejercieron al servicio de príncipes y municipios, realizando actividades específicas que consistían, por un lado, en supervisar técnicamente el ataque y defensa de plazas fortificadas y, por otro, la gestión de obras de interés público, tanto militares como civiles [9]. Con el pasar del tiempo las tareas de los ingenieros militares fueron evolucionando y diversificándose es ahí cuando el inglés John Smeaton, en el siglo XVIII, se autoproclama como el primer “Ingeniero Civil” tratando de diferenciar su trabajo de construcción civil de la Ingeniería Militar [8], también fue el responsable de crear la famosa Smeatonian Society, la primera asociación inglesa de ingenieros civiles en 1771 [7]. Es a esta sociedad a la que se le puede atribuir la creación de una identidad particular como la del “Ingeniero Civil” ya que fue allí en donde se inventó este término identificativo. Pronto surgió la necesidad, especialmente entre los ingenieros jóvenes, de una institución formal para organizar sus actividades y las reuniones para la discusión y presentación de sus trabajos, tal institución se incorporó en 1818 con Telford como su primer presidente [9]. Es así como surgieron asociaciones e instituciones dedicadas a la formación especializada de ingenieros civiles a nivel mundial, la mayoría de ellos siguiendo los modelos instituidos por Francia e Inglaterra [7].

En Ecuador, la ingeniería civil se desarrolla en tándem con importantes acontecimientos históricos, cambios en los tejidos económicos y tecnológicos, y los correspondientes modelos de comercialización y movilización de cada periodo. Por ejemplo, Pedro Vicente Maldonado, quien desarrolló y dirigió el proyecto de apertura vial entre Quito y Esmeraldas en 1735, impulsó así el intercambio comercial entre estas regiones [10]. Igualmente fueron ingenieros ecuatorianos, que contribuyeron y materializaron la visión de la integración nacional de los presidentes Gabriel García Moreno y Eloy Alfaro, como por ejemplo, en 1930 que el Batallón de Ingenieros “Montúfar” fue el encargado de la construcción del ferrocarril Sibambe-Cuenca trabajando en tramos como Tipococha – Tambo y Tambo – Biblián. Esta unidad fue también, quien participó de proyectos de gran trascendencia para el país como fue la construcción de la Refinería Estatal de Esmeraldas y otras obras de construcción y mantenimiento de carreteras en todo el país [11].

En la actualidad, de acuerdo con la oferta académica de las Instituciones de Educación Superior, segundo semestre 2019 Senescyt, son 24 instituciones de educación superior en todo el Ecuador las que ofertan la carrera de ingeniería civil. La cual en la última década ha estado sujeta a dos cambios fundamentales: el primero, debido a los ajustes en las regulaciones al sistema de educación superior implementados en el régimen de Rafael Correa, a través de reformas asociadas al SENESCYT – Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación– con el objetivo de promover el desarrollo de la investigación y transferencia tecnológica en la planta docente de las universidades, igualmente se implantó nuevos criterios de contratación asociados a esos cambios desde el estado central. Por

consecuente, se produjo importantes alteraciones en la planta de docentes provocando que muchos de ellos con una vasta experiencia académica no puedan continuar con sus cargos por no contar como mínimo con un título de maestría. El segundo cambio hace referencia a la situación actual, que de acuerdo al art. 18 del Reglamento de Régimen Académico (RPC-SO-08-No.111-2019) emitido por el Consejo de Educación Superior (CES), indica que las instituciones de educación superior podrán determinar la duración de las carreras de tercer nivel con base en un número mínimo y máximo de créditos, asignaturas y horas, en el caso de ingeniería civil debe tener una duración de mínimo 8 y máximo 10 periodos académicos ordinarios. A través de esta reforma muchas de las universidades apuntaron a disminuir el número de semestres requeridos para completar la carrera lo que generó diversas reacciones en los docentes. Un grupo significativo considera que estos cambios en las instituciones de educación superior no permiten al estudiante adquirir las bases suficientes para su ejercicio profesional al igual que dificulta una formación más integral, así lo describe uno de los profesores que se entrevistó para este proyecto:

“Si queremos tener ingenieros civiles generales pues tenemos que darles una base muy buena y adecuada, pero reducir cada vez más los tiempos hace que no se cubran contenidos mínimos indispensables para que luego el ingeniero graduado tenga la base para una maestría o un postgrado o sólo para dedicarse a la profesión porque le va a hacer falta algunos temas en su formación” [12].

Con base en lo expuesto por el entrevistado, esta reducción de periodos académicos afecta directamente a la formación integral de los estudiantes de ingeniería civil. Siendo las materias con enfoques de contenido social las que podrían dejarse de lado al no ser consideradas como indispensables dentro de las mallas curriculares. Estos cambios también conllevan a que exista una mayor dificultad para crear nuevas materias con enfoques de complementariedad con las ciencias sociales.

## II. METODOLOGÍA

El presente artículo se fundamenta en los resultados obtenidos a partir la investigación realizada en las 24 universidades del país que ofertan la carrera de ingeniería civil avaladas por la SENESCYT. Por el lado del análisis de los currículos de 23 de las 24 instituciones se descubrió que en promedio a nivel global apenas el 4,4 % de la carga horaria total de las materias se enfocan en contenido principalmente orientado hacia las ciencias sociales; también se determinó que todas las mallas curriculares analizadas tienen por lo menos una materia de contenido social y en general a través de todas las universidades se ofertan 3 materias siendo las relacionadas a lenguaje y comunicación, como “Comunicación oral y escrita”, al igual que las materias de responsabilidad personal y profesional como “Ética”, las que más se repiten; mediante este análisis se determinó que la facultad que oferta un mayor porcentaje de contenido social es la Universidad Particular de Especialidades Espíritu Santo, con un 11,67% entre las cuales se encuentran las siguientes materias “Ética; Escritura Universitaria; Fundamentos de la Acción Humana; Liderazgo Emprendedor; Contexto Legal y Económico”. Por otro lado, la facultad de ingeniería civil con menor porcentaje es la Universidad Católica de Cuenca, con

solamente un 1,85% de contenido social, siendo su única materia “Ética y Contratación Pública” [3]. Estos resultados muestran el entorno dentro del cual se presenta esta propuesta, en donde es evidente la poca importancia que las instituciones de educación superior le dan al contenido social en sus currículos, particularmente a perspectivas de las ciencias sociales que ofrezcan visiones más actuales sobre temáticas tecnológicas, análisis sociotécnico y los entrelazamientos entre ciencia, tecnología y sociedad.

Por el lado de las 60 entrevistas realizadas en la investigación, tanto las autoridades como los profesores en su mayoría, reconocen el valor de las ciencias sociales dentro de la formación de los ingenieros civiles y su ejercicio profesional; destacaron la importancia de formar ingenieros con un pensamiento crítico, más conscientes de su entramado social y de los retos globales y locales a los que se enfrentan. De forma específica las autoridades señalaron que las necesidades del mercado laboral y las exigencias no se enfocan en habilidades puramente técnicas, por esa razón este artículo propone mecanismos para mejorar la complementariedad de la ingeniería civil y las ciencias sociales siendo esta una potencial herramienta para mejorar el perfil de egreso de los ingenieros civiles. Por otra parte a partir de la opinión de los estudiantes se evidenció las diferentes percepciones que tienen con respecto a las ciencias sociales, sin embargo, todos coinciden en que son relevantes dentro de sus estudios ya que manifestaron su interés en generar un impacto positivo y aportar al desarrollo social.

La siguiente sección del artículo presenta propuestas para mejorar la actual situación en función de la información recolectada por medio de entrevistas a expertos involucrados en el campo CTS e ingenierías a nivel internacional, y a estudiantes, docentes y autoridades de las universidades que ofertan ingeniería civil en el Ecuador.

## III. RESULTADOS

### A. Propuestas de Mecanismos para Mejorar la Complementariedad Entre Ingeniería Civil y Ciencias Sociales que Surgieron de Nuestras Investigaciones a Nivel Nacional

A lo largo de esta investigación durante nuestras entrevistas con los actores involucrados en el sistema nacional de educación superior surgieron diversas ideas y perspectivas sobre la relación actual y los potenciales de la complementariedad entre las ciencias sociales y la ingeniería civil. Se evidenció un claro interés –especialmente de parte de los profesores, autoridades y científicos– sobre cómo lograr implementar una oferta mayor de perspectivas informadas en las ciencias sociales a lo largo de las carreras universitarias de ingeniería civil. Dicho esto, cabe mencionar que las ideas planteadas fueron muy diversas en función de las metodologías, técnicas y formas de enseñanza de los diferentes conocimientos y habilidades para los alumnos, así como los mecanismos que en la práctica permitirían que esto suceda. Esta sección sintetiza estas perspectivas organizándolas por el tipo de propuesta contenida en cada una de ellas. La sección está dividida de manera acorde con los diferentes mecanismos para implementar estos cambios sugeridos por los actores entrevistados.

### 1) Incremento de materias sociales en los currículos académicos

Los entrevistados convinieron en la utilidad y necesidad de las materias y componentes sociales en la formación académica de un ingeniero civil, a pesar de esto varían y difieren las perspectivas en relación a la importancia y la cantidad de dicho contenido que debería existir en el currículo académico. En esta sección analizamos varias de las ideas y las ajustamos para que tomen la forma de propuestas que se pueden realizar en el presente, para ir mejorando la complementariedad entre disciplinas durante la formación de los nuevos ingenieros civiles.

Se presentaron varios casos en los que los entrevistados defendieron la idea que se dicten materias de carácter social, donde prime un enfoque de ciencias sociales que informen y aporten al trabajo ingenieril. Las materias de contenido fuerte de ciencias sociales como se encontraron en la investigación siguen constituyendo un porcentaje bajo de lo que se enseña y también suelen ser periféricas en la formación de los nuevos ingenieros. Se mencionaron algunas materias que los actores consideran relevantes para la formación profesional y personal de un ingeniero civil, ya sea que las hayan tomado durante su carrera universitaria o que forman actualmente parte de las mallas curriculares de las universidades donde se desenvuelven como docentes, autoridades o investigadores. Perspectivas como la que se muestra a continuación, fueron comunes durante las entrevistas e ilustran la posición de los entrevistados ante la relevancia de las ciencias sociales dentro del perfil profesional, particularmente de ir alcanzando un grado de separación menor entre ambas áreas de conocimiento:

“Considero que el perfil profesional debe estar muy ligado a las necesidades y normas sociales; por lo que es muy importante que se integren las ciencias sociales en la formación académica de la ingeniería civil” [13].

Como se puede apreciar, el entrevistado resalta la relación de estas dos ramas, argumentando que su complementariedad permite que los ingenieros entiendan, detecten y respondan a necesidades sociales, para lo cual se requiere que estas ciencias se instruyan a lo largo de la educación universitaria. Así también, María Belén Arévalo, docente titular en la Escuela de Ingeniería Civil de la UDA, considera que se deben incluir “asignaturas de carácter social dentro de la malla curricular” de ingeniería durante el pregrado y que así se pueda entender su importancia y como estas “se pueden fusionar con la ingeniería civil” [14].

María Belén Arévalo, no solo destacó la importancia de los componentes sociales durante la formación de un ingeniero, sino que también resaltó la necesidad de ir fusionando esos conocimientos con el contenido técnico y no solo mirarlos como un adicional. Esto implica que se vaya soltando la idea de que el contenido social en las carreras de ingeniería sea solamente periférico y más bien que se apunte a formar ingenieros socio técnicos como lo sugiere parte clave de la literatura en el tema [15-17]. Esto permitiría plantear soluciones, estudios y proyectos con objetivos más amplios y con resultados más favorables para la sociedad a partir de una visión más integral de la misma y de la Ingeniería Civil.

En este sentido, entre los entrevistados, también se expresaron diferentes perspectivas sobre el fin que tienen las materias sociales –que se dictan en la actualidad– para el

desarrollo profesional de los estudiantes en el futuro. Una de las respuestas que ejemplifica esto, y propone algunas de las asignaturas ligadas al estudio social es la siguiente:

“Realidad nacional, Geopolítica, liderazgo en el área de ciencias administrativas, Desarrollo de emprendedores, Fundamentos de programación, Metodología de la investigación, apreciación del arte, apreciación de la lectura. La intención de impartir estas asignaturas es de formar un ingeniero de manera global” [18].

En tal virtud, respuestas como estas demuestran que el contenido de ciencias sociales en las mallas curriculares, no solo se enseña con fines de crecimiento individual, sino también, para moldear un perfil de ingenieros civiles capaces de desenvolverse y contribuir a su sociedad y a los problemas globales desde una visión en la que la parte técnica y los componentes culturales, políticos, económicos y estéticos no estén divorciados. Esto coincide con el llamado en la literatura actual a formar ingenieros con una visión más holística y preparados para enfrentar problemas cuya complejidad excede el campo tradicional de la ingeniería civil como experticia técnica [18], [19].

### 2) Potencialización de las ciencias sociales mediante el trabajo multidisciplinario

De forma similar a la propuesta anterior, algunas y algunos entrevistados expusieron la importancia de las materias que se dictan en las mallas vigentes de las universidades que ofrecen la carrera de ingeniería civil en el país. Por ejemplo, Alex Salvatierra, decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la ULVR, informó lo siguiente sobre las asignaturas de índole social que los estudiantes de ingeniería civil de dicha universidad toman a lo largo del pregrado:

“Los estudiantes lo realizan frecuentemente, por temas de horarios, en otra carrera diferente a nuestra facultad y las áreas básicas que escogen son: Antropología, comunicación y lenguaje, desarrollo del pensamiento, realidad nacional” [20].

Es preciso destacar, que de las materias que se mencionan: desarrollo del pensamiento y realidad nacional son las más comunes entre las universidades del país debido a que, según las respuestas ofrecidas, aportan a los estudiantes una idea clara sobre el contexto nacional, y permiten que los alumnos se interesen por otros campos del saber y desarrollen la capacidad de trabajar en proyectos de beneficio para la comunidad junto con otros profesionales que poseen una formación distinta. Más allá de esto, es importante que el conocimiento social no se limite a proveer un contexto a los componentes técnicos, sino que motive a los estudiantes a ir más allá de los límites de su propia disciplina y aprender el lenguaje y perspectiva de otros campos del saber. En relación a estos temas, Hugo Ortiz, profesor de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador mencionó que “al ser nosotros seres que estamos integrados a la sociedad; justamente tratamos de responder problemas que tiene la sociedad que son multidimensionales, entonces al ser este tipo de problemas complejos es necesario interactuar con expertos de otras áreas para resolverlos” [21], haciendo énfasis en el potencial del trabajo entre profesionales de diversas áreas.

### 3) Propuesta de nuevas materias con contenido social

Por otro lado, y de forma complementaria, algunas nuevas materias fueron sugeridas por los entrevistados para su implementación futura dentro de los currículos de ingeniería

civil. Una de las respuestas más destacadas al respecto fue la siguiente:

“Yo lo que creo que es clave que en el país se dé una educación en análisis de sistemas. (...) Un sistema, pues, hay algunas definiciones, pero a la final creo que un sistema es un conjunto ordenado, quizá lógico, de elementos que reaccionan entre sí con un fin en particular” [22].

Materias como la propuesta “Análisis de Sistemas” tendría una perspectiva amplia, más allá de sistemas físicos o de analizar las infraestructuras de manera aislada, sino justamente apuntando a entender las infraestructuras como un sistema que puede estar compuesto por una variedad de elementos heterogéneos que reaccionan entre sí. Esto estaría enfocado a trascender una visión reduccionista de los fenómenos con los que trabajan los ingenieros y apuntando hacia la complejidad como enfoque. Más allá de esto, se relaciona no solo a la enseñanza de contenido básico de las ciencias sociales, sino que se vería destinada a que los estudiantes entiendan de qué manera las relaciones multidisciplinares se manejan en la práctica cuando los proyectos en los que trabajan lidian con sistemas complejos.

### 4) Mejorar las técnicas de enseñanza para fomentar las habilidades sociales de los estudiantes

Una cuarta propuesta gira en torno a fortalecer el modo en que en las materias ya existentes se pueden mejorar el vínculo con los conocimientos provenientes de las ciencias sociales. Es así que varias de las personas entrevistadas también fueron claras, sobre la necesidad e importancia de implementar contenido social en las clases de materias técnicas profesionalizantes de los ingenieros civiles. Esto con el fin de que se enfatice que toda aplicación y desarrollo de ciencia y tecnología debe tomar en cuenta la contribución que realiza al desarrollo de la vida de las personas, sus potenciales efectos, y cómo se pueden realizar en beneficio de la sociedad; como ejemplo de ello, se obtuvo la siguiente respuesta:

“cada asignatura y cada profesor dentro de la carrera de ingeniería civil deberían hacer este ejercicio de relacionar los conocimientos del día con la realidad misma tratando de alcanzar la investigación en temas especiales, los cuales se han comprobado que en nuestro país hacen falta, como por ejemplo el desempeño sísmico en una estructura. Estos temas deberían formar parte de los asuntos de interés sin que den a entender que un ingeniero civil es simplemente un graduado desempeñado en solo construir una casa, sino más bien que sea en un posible investigador en temas que requiera la sociedad; por lo tanto, hace falta dar ese ítem a la carrera para promover la investigación en los estudiantes en un área multidisciplinaria, generando así estudios que aporten en varias direcciones” [23].

De forma similar, Andrés Valderrama, docente de Aalborg University en Dinamarca, relató sobre lo que se realiza en su universidad para fortalecer la enseñanza de los componentes indispensables de las ciencias sociales y complementarlos con la enseñanza técnica respondiendo:

“Yo soy el coordinador del programa y yo diría que primero que todo estamos usando mucho conocimiento de STS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) de manera activa en los cursos, entonces nosotros normalmente presentamos (...) un programa de ingeniería y pues obviamente hay unos cursos

técnicos establecidos; dinámica, termodinámica etc.; hay unos cursos de diseño y unos cursos de lo que normalmente en algunos programas de ingeniería en algunas universidades se llaman las humanidades y ciencias sociales, esos cursos son STS” [24].

Según la cita anterior, se evidenció el interés y necesidad de modificar el contenido y técnicas de enseñanza en la carrera de ingeniería civil, no solo a nivel a nacional sino internacional, para formar profesionales con habilidades más amplias a través de la enseñanza interdisciplinaria. Como veremos más adelante esto es algo que se ya se está realizando en otros países, y de lo cual se puede aprender para impulsar cambios en el Ecuador. Una vía ejemplificada en el programa que se enseña en la Universidad de Aalborg, es la de utilizar una materia como STS (en inglés, Science and Technology Studies o en Español CTS-Ciencia, tecnología y Sociedad) para informar el contenido y modos de presentación de las materias que combinan contenido tradicionalmente ingenieril con temáticas sociotécnicas como el diseño e impacto de las nuevas tecnologías por ejemplo. Es un camino pertinente pues el campo de CTS se especializa precisamente en analizar de la mano empíricamente los aspectos técnicos y sociales de la práctica científica, del desarrollo tecnológico y el uso de los sistemas tecnológicos en la práctica.

Sin embargo, también se debe entender los retos que representa la implementación de conocimientos de ciencias sociales en la ingeniería. A pesar de que pueda considerarse un proceso poco relevante o sencillo de llevar a cabo, no resulta fácil transmitir habilidades y conocimientos sociales, especialmente, en profesiones consideradas netamente técnicas como la ingeniería civil. Al respecto, Boris Ochoa, científico del Imperial College of London, mencionó que “(...) no es tarea fácil, suena muy bonito porque hablamos de complementariedad y multidisciplinaria pero (...) sobre todo no es tarea fácil porque a veces hablamos lenguajes diferentes, pero yo lo que sí creo es muchos de esos temas sí son extrapolables para otros temas de ingeniería civil y de otras ciencias también porque necesariamente eso te abre otras formas de ver algunos problemas” [25].

De lo expuesto, se plantea un tema fundamental en el camino hacia la complementariedad: los diferentes lenguajes que habla cada disciplina, el bagaje conceptual y técnico específico de cada disciplina que toma tiempo y esfuerzo aprender. El entrevistado señala este punto como uno de los desafíos en la práctica de esta complementariedad y es sin duda una de las temáticas que se deben tomar en cuenta para cualquier propuesta de este estilo. Por lo tanto, es evidente que las universidades deben darle la importancia y relevancia necesaria a los contenidos de ciencias sociales, para lograr los resultados esperados, no solo por los futuros profesionales que buscan adquirir conocimientos para ejercer su carrera de la forma más productiva, sino también por la sociedad que demanda y requiere de profesionales capaces de resolver problemas cada vez más complejos, que exigen ser mirados desde múltiples perspectivas al mismo tiempo, como Boris Ochoa describe, y así poder contribuir a un potencial desarrollo colectivo.

5) *Fomentar actividades de interacción con el entorno y realidad nacional*

De igual manera, los entrevistados destacaron la importancia de complementar el contenido teórico con la interacción constante de los estudiantes con su respectivo entorno social, ecológico y material durante sus estudios universitarios para que logren comprender de mejor forma la utilidad y potencial de los conocimientos adquiridos en las aulas para solucionar problemas reales.

Respuestas como la que se cita a continuación fueron comunes con respecto a señalar la necesidad de que los estudiantes aprendan sobre su entorno, estudiando problemáticas de casos reales, con un nivel constante de investigación empírica y sean capaces de desenvolverse en un entorno multifacético que va más allá de los límites del aula de clases:

“Una alternativa que se debe considerar como una forma de concientizar sería justamente ponerles a los estudiantes en contacto con la sociedad, porque (...) la falta de empatía social y conocimiento de las realidades sociales son la causa de la falta de vivencia. En general, hay estudiantes que han vivido en un ámbito súper académico y hermético lo cual genera un nivel de despreocupación” [5].

Aquí, el entrevistado no solo hace alusión a la necesidad de que los estudiantes vivan y experimenten la realidad social, sino también la importancia de que se involucren de forma activa en la sociedad aun siendo estudiantes, para el desarrollo de empatía e interés por contribuir a la misma, a través de sus conocimientos de manera consciente. A este respecto, los estudiantes investigarían durante su formación sobre problemáticas sociales reales, proponiendo posibles soluciones innovadoras a las mismas.

De forma similar, se destacó en distintas ocasiones durante las entrevistas la importancia de usar las interfaces que ya existen a través de las cuales los estudiantes interactúan con diferentes sectores de la sociedad. Un caso específico son los programas de ayuda social, vinculación con la sociedad y acción comunitaria que constan dentro del currículo de las universidades y que en muchos casos tienen un número de horas que todos los estudiantes deben cumplir de manera obligatoria. Esa interacción apunta a un aprovechamiento del conocimiento técnico de los alumnos a través de proyectos de ayuda social, que permitan solucionar problemas o necesidades reales mientras que simultáneamente se está enseñando a los futuros ingenieros, la aplicabilidad del contenido teórico que estos reciben a lo largo de la carrera. Más allá, estos programas no deberían definirse simplemente como mecanismos de ayuda social sino como interfaces que permiten también a los estudiantes familiarizarse, conectar y aprender de sus entornos. Una de las respuestas que ejemplifica la forma en la que puede lograrse la interacción de los estudiantes con el entorno es la siguiente:

“Con la adecuada ejecución de proyectos de vinculación con la sociedad, que es un importante rol que deben cumplir las universidades, donde los alumnos de los últimos ciclos, conjuntamente con sus docentes-investigadores participen en proyectos sociales donde les permita aplicar lo aprendido en su proceso de formación; sobre todo dando soluciones prácticas, accesibles a las problemáticas básicas que tiene la sociedad en todo ámbito, para lo cual se debe promover y fortalecer las relaciones inter institucionales con las entidades

públicas, privadas, ONGs y con los beneficiarios, mediante convenios a mediano y largo plazo” [26].

Como se aprecia en la cita, el entrevistado menciona la necesidad del trabajo conjunto entre instituciones distintas con diversos fines, mediante el cual se puede contribuir al bienestar de grupos sociales vulnerables, a la par que se enseña de una forma práctica la capacidad de ayuda y contribución de conocimientos, además de familiarizar a los estudiantes con las problemáticas sociales, económicas y políticas que vivirán en su labor profesional. Estos espacios son potencialmente una interfaz muy interesante para fortalecer la complementariedad entre disciplinas y podrían utilizarse para mostrar a los estudiantes más allá de un enfoque de ayuda social la complejidad del entramado social del que son parte y cómo sus decisiones técnicas, de diseño y de ejecución, tienen consecuencias más allá de lo técnico.

De esa manera, se debe buscar que los estudiantes de ingeniería civil aspiren a involucrarse en proyectos de distintas índoles, dentro de los cuales las ciencias sociales son importantes en la transmisión y complementariedad de conocimientos con otras ciencias.

6) *Involucrar a profesionales de distintas áreas del saber en los rediseños de mallas curriculares*

Otra de las alternativas para la consolidación de las materias sociales con la ingeniería es que las universidades consideren a profesionales de la ingeniería civil, y diversas ramas de esta carrera, en el desarrollo y modificación de sus mallas curriculares. En las entrevistas, se presentaron algunas respuestas sobre esta índole, sin embargo, a continuación, se expone la más idónea para lograr este objetivo:

“La universidad como tal, ha establecido que en cada periodo académico una jornada, le llaman ellos, la jornada de los graduados y cada carrera tiene que elaborar una especie de capacitación parecida, porque no es lo mismo, parecida a la educación continua. Entonces en ella (...) se invitan a ingenieros civiles que están trabajando en obras de gran relevancia tanto en el sector público como en el sector privado para que nos vengan a dar sus experiencias laborales y, en el, se abran foros/debates para que nos soliciten, de acuerdo a su experiencia, en que temas se puede actualizar el currículo del ingeniero civil, hablando del currículo” [27].

Como se observa, la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí aprovecha la experiencia de sus ex alumnos para el desarrollo de mallas curriculares, tomando en cuenta las necesidades de la profesión en la práctica, y de esta manera, que la educación evolucione en función de las demandas sociales que se requiere por parte de los propios ingenieros civiles. Este es un mecanismo muy interesante que se podría adoptar en otras instituciones para que los contenidos que se enseñan vayan ajustándose en paralelo a los múltiples cambios sociales que van más allá de la academia y que generan otras exigencias en relación a las habilidades y conocimientos esperados o relevantes para un ingeniero civil. Es un mecanismo de retroalimentación valioso.

7) *Incentivar la interacción profesional y social entre personas de diversas carreras*

Algunos entrevistados supieron valorar otros métodos de impartición de conocimientos mediante los cuales –según su apreciación– se podría enseñar ciertas cualidades y habilidades ligadas a las ciencias sociales a los estudiantes con un enfoque técnico.

J. Albuja-Sánchez, J. Gómez-Urrego, C. Haro-Samaniego, P. Rodríguez-Terán and N. Mantilla-Morales, “Propuestas para mejorar la complementariedad entre ingeniería civil y ciencias sociales en el sistema superior de educación del Ecuador basados en evidencia nacional e internacional”, Latin-American Journal of Computing (LAJC), vol. 8, no. 2, July 2021.

De forma particular, la investigación denota, a juzgar por las entrevistas realizadas, que existe mayor interés sobre el aprovechamiento del conocimiento técnico o científico para la contribución en la solución de problemas sociales reales. Esto, a su vez, impulsado por la necesidad de buscar la interacción y colaboración con expertos de distintas ciencias y ramas del conocimiento, alcanzando estudios e investigaciones en cuestión de impacto social.

Sin embargo, al respecto, Ana Ortiz, docente de la UTPL, supo argumentar que “no hay cultura” de colaboración y es evidente un “individualismo en proyectos de investigación que aún no se ha superado” [28].

En la cita, la docente destaca que aún no existe una cultura de investigación, en la que se requiera colaboración de especialistas de diversas ciencias y campos del saber, se sigue manteniendo desde su perspectiva una división entre las áreas técnicas y áreas sociales que no permite ver cómo están conectadas. Esta perspectiva debe evolucionar, a través de incentivos que logren motivar a estudiantes y profesores, en pro de proyectos colaborativos de mayor magnitud y en los que se cuestionen precisamente divisiones entre disciplinas que no aportan a comprender problemas del mundo contemporáneo desde una perspectiva holística.

Así también se destacan citas como la siguiente, donde se resalta el enfoque que se debe dar a las investigaciones.

“La investigación (...) debería estar enfocada en obtener un impacto social de carácter económico, haciendo énfasis en el bienestar social” [5].

8) *Desarrollo de investigaciones entre expertos de diversas áreas*

Otra alternativa que se hizo presente en las entrevistas fue la realización de actividades no necesariamente relacionadas a la carrera de ingeniería civil, pero en las cuales se pueda incluir participantes de diversas facultades y carreras. Algunas de estas alternativas fueron propuestas por Hugo Ortiz, docente de la PUCE, quien, en primer lugar, propuso la “realización de paneles en los que estén invitados el público en general y, básicamente, sean un conversatorio abierto en donde se solventen preguntas científicas, pero también se muestren como esto impactaría a la planificación y construcción (...), pero me parece que estos tipos de paneles son un poco sesgados”. La segunda propuesta fue “hacer talleres en donde se integren estudiantes de diferentes carreras y universidades en donde se comiencen a abordar los problemas” [21].

El docente denota la importancia de realizar paneles donde se inviten a profesionales de diversos ámbitos y ramas, con el fin de discutir problemáticas y brindar soluciones a necesidades actuales. En ese sentido, también propone, la realización de talleres donde estudiantes de diferentes carreras se unan para integrar conocimientos relevantes del entorno y realidad nacional. Tal como se muestra en la cita, es importante dejar de lado el sesgo en esta clase de actividades e iniciativas, para lograr una mayor diversidad, influencia e injerencia por parte de los participantes.

Siguiendo con la idea, se hace mención sobre la importancia de que las personas entiendan la necesidad de que el ingeniero civil no se deslinde del contexto social en el que

se desenvuelve; sino que se debe entender a la sociedad como un todo, donde cada parte aporta para el correcto funcionamiento y desarrollo de la comunidad, indistintamente del conocimiento o experiencias personal de cada individuo.

Sin embargo, y a pesar de la coyuntura por la que atraviesa el mundo, todavía existe un bajo interés de las personas en complementar y expandir sus conocimientos y habilidades para el desarrollo de proyectos. Una de las respuestas que ejemplifica esto, fue la siguiente:

“(...) es necesario que se trabaje interdisciplinariamente porque como le mencioné antes, la sociedad es un conjunto; no podemos estar diversificados la necesidad es de la sociedad y cada una de las profesiones, cada una de las facultades en este caso tienen que integrarse para aportar de acuerdo a su conocimiento porque el bien es para todos” [29].

En esta cita, el entrevistado reconoce la necesidad de generar integración de carreras que puedan aportar al desarrollo común, que ayude a dejar de lado los intereses individuales y egoísmo al momento de participar con pares de otras profesiones.

**B. Experiencias Internacionales de Cómo se Podría combinar Ingeniería Civil y Ciencias Sociales en Educación Superior y Cómo se han complementado en otros Países**

La búsqueda de una mayor complementariedad entre la ingeniería civil y disciplinas o perspectivas provenientes de las ciencias sociales no es algo nuevo en el mundo; actualmente existen dos formas en que esto se ha impulsado desde el mundo académico internacional. Por un lado, establecer vínculos entre las mismas a través de la aparición de nuevas disciplinas dedicadas al estudio de temáticas transdisciplinarias variadas, y enfoques de investigación que combinen campos del saber; y por otro lado, cambios en la composición del currículo de carreras asociadas a las ingenierías en general y particularmente a la ingeniería civil. Esto apuntando hacia una formación más completa incorporando el área de las humanidades, la cual le abriría campo o permitiría alcanzar una acreditación internacional de la carrera, tal como es el caso de Canadá y Estados Unidos con el “Canadian Engineering Accreditation Board” –CEAB–, y el “Accreditation Board for Engineering and Technology” –ABET–, respectivamente [30], [31].

Esta sección que se presenta a continuación, pretende ofrecer ejemplos de estos dos modos de impulsar la complementariedad para exponer –basados en experiencias de diferentes regiones del mundo– potenciales vías sobre cómo mejorar la complementariedad en el sistema de educación superior del Ecuador.

Durante los últimos años han surgido disciplinas que combinan estos ámbitos del saber. Disciplinas que se han constituido alrededor del encuentro de intereses específicos, pero con un enfoque amplio y multidisciplinario llamadas Disaster Studies –Estudios sobre Desastres– [32], [33] y Socio-Hidrology –Socio-hidrología– [34], [35]. Ambas disciplinas se han ido desarrollando en las últimas décadas para responder al contexto de un mundo donde se complejizan los múltiples riesgos y desafíos globales como el cambio climático y las presiones que este trae sobre las

fuentes de energía, y sobre las infraestructuras de todo tipo; la dificultad de hacer predicciones en un contexto en el cual la estacionalidad ya no funciona como un supuesto no cuestionado; las presiones migratorias; los desastres socio-ecológicos; entre otros. Por ejemplo, el campo de Estudios de Desastres surgió para analizar en conjunto los diversos impactos físicos y sociales ocasionados por los desastres, a los que ya no se entiende simplemente como “desastres naturales” sino como complejos fenómenos en los que se entretejen vulnerabilidades generadas socialmente, entre ellas la calidad de la estructuras e infraestructuras en las que las personas viven y trabajan, con eventos ecológicos de corto y largo plazo.

En este campo, también se estudian las estrategias de diversos actores para manejar, gobernar, intervenir, prevenir, y reparar o alcanzar la recuperación de diversos desastres [36]. Este campo se ha convertido en un punto de encuentro para diversas disciplinas y académicos interesados en los desastres desde una perspectiva multidisciplinaria, entre ellos ingenieros civiles con una mirada más amplia sobre las múltiples facetas de estos eventos, más allá del impacto puramente físico.

Por otra parte, en el ámbito de la Hidrología, se ha generado en los últimos años una presión creciente para ampliar el foco de los estudios hidrológicos con el fin de tomar en cuenta la extensión y profundidad del impacto de la actividad humana. Actividad humana que *“ahora rivaliza con las fuerzas de escala geológica...con una huella que se está profundizando y ampliando a través del planeta”* [35], y de esta forma ha transformado y ejercido enorme presión sobre las fuentes de agua de las que dependen muchos ecosistemas naturales, así como el abastecimiento de agua, comida y energía de muchas sociedades. Creando una demanda creciente de estos recursos naturales en un contexto global de fuentes en decrecimiento.

En esta coyuntura, para poder realizar predicciones que permitan a los gobiernos administrar, aliviar, y solucionar los retos presentados por estos cambios se necesita una perspectiva más robusta sobre los procesos hidrológicos y de qué manera están conectados a muchos otros factores: “Para hacer más creíbles tales predicciones deben estar respaldadas por una mayor comprensión de los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos, y sus interacciones con los procesos de formación de la tierra y sustento de la vida en el paisaje, incluido un tratamiento explícito de las interacciones y retroalimentaciones asociadas a los impactos del agua-seres humano-ecosistema” [35]. Dentro de esta perspectiva el aporte de la visión técnica de los ingenieros civiles usualmente centrada en las estructuras físicas y materiales, se vuelve complementario al de otros expertos dentro de la Hidrología que le agregan otras dimensiones a su estudio, e incluso, ya no tiene sentido hablar de la Hidrología separada de lo social y las múltiples formas en que se influyen mutuamente, es así que se habla de socio-hidrología y de ciclos sociohidrológicos [37].

Incluir artículos y estudios de casos realizados desde estas ramas en los currículos de las carreras de ingeniería civil en el Ecuador, brindaría la oportunidad de ampliar y profundizar la complementariedad entre disciplinas a través de la formación de los estudiantes de ingeniería civil, y prepararlos para una práctica profesional más y mejor informada. Esto se torna cada vez más importante y necesario considerando que

existen trabajos realizados por investigadores ecuatorianos alrededor de estos temas [38-41].

Un segundo mecanismo a través del cual se ha buscado mejorar la complementariedad entre ciencias sociales e ingeniería civil –tomando en cuenta lo antes expuesto– ha sido la adaptación de los currículos académicos para incluir materias de corte social que dedicadas a explorar problemáticas comunes que involucren a la ingeniería, señalando enfoques que enriquezcan la visión dominante u ofrezcan otros abordajes, y así mismo la promoción y oferta de materias que promuevan una visión más holística de esta disciplina.

En el año 2012, el Dr. Wesley Marshall, el Prof. Michael Tang, y el Dr. Stephan A. Durham de la Universidad de Colorado, a través de su artículo “Integration of Science, Technology, and Society (STS) courses into the engineering curriculum” [42], realizaron una descripción de la manera en la que el currículum de la carrera de ingeniería civil estaba reforzado a través de cursos de Ciencia, Tecnología y Sociedad, mismos que integraban lo social, político, tecnológico y cultural dentro de la perspectiva de estudios como componentes esenciales para la formación de los ingenieros; esto con el objetivo de graduar estudiantes más críticos y sistemáticos a la hora de generar impacto en la sociedad.

Estos cursos se denominaban “ENGR 3400 o Technology and Culture y ENGR 3600 o International Dimensions of Culture and Technology”. El primero de ellos era un “curso interdisciplinario integrado por historia, sociología y filosofía de la ciencia y la tecnología desde la perspectiva estadounidense” (Ibidem); mientras que el curso de Dimensiones Internacionales se centraba en desafiar a los estudiantes a comprender otras culturas y la manera en que estas influyen en el comportamiento de la ciencia y la tecnología, y como afectan a los problemas actuales en un mundo cada vez más interconectado. Actualmente, la malla de estudios, integra las asignaturas de corte humanista y social junto con las propias de la carrera a lo largo de los semestres; las materias sociales que se imparten son: Humanities and the Arts, Behavioral Sciences, Social Sciences, Cultural Diversity, e International Perspectives [43].

De esa manera, se continúa situando los impactos sociales de la tecnología en sus múltiples formas en el centro y no en la periferia de la educación ofrecida a los ingenieros civiles [16]. En este camino inyectar contexto antropológico, histórico y socio-económico a los contenidos técnicos es fundamental, logrando ofrecer una visión sociotécnica de la ingeniería y evitar tomarlas como dos facetas totalmente independientes.

De la misma forma, esto apunta a incrementar la reflexividad de los estudiantes alrededor de los complejos entramados y problemas sociotécnicos que enfrentarían en sus vidas profesionales, desarrollando habilidades y conocimientos que los preparen para ser mejores profesionales y también mejores ciudadanos de un mundo complejo en constante transformación. Continuando con lo expuesto, en la Universidad Técnica de Dinamarca (Technical University of Denmark – DTU –) se ha venido ofreciendo desde 2002, en el pregrado, un programa que combina ingeniería con enfoques de diseño e innovación [44]; el programa tiene un enfoque práctico y social que se

concentra en ofrecer a los estudiantes una formación para conectarse al mismo tiempo con el mundo de la empresa privada y la innovación con sentido social, en palabras de sus creadores: *“El nuevo plan de estudios está dirigido a satisfacer las demandas de competencias de la industria y la sociedad en el contexto de la globalización y las nuevas estructuras de cooperación en el desarrollo y la innovación de productos”* [44].

En tal virtud, el objetivo de este programa no es únicamente innovar en la formación de los alumnos tradicionalmente atraídos a la carrera de ingeniería, sino también volver la carrera más atractiva para estudiantes con puntajes competitivos interesados en un currículum de ingeniería no tradicional. El currículum se enfoca en 3 dimensiones: Creatividad y síntesis; Competencias sociotécnicas innovativas; y Competencias reflexivas y tecnológicas relacionadas a la Ingeniería. A continuación, la descripción de cada una de ellas:

“1) Competencias reflexivas de ingeniería tecnológica, que se refieren a la reforma de la enseñanza y la integración del plan de estudios básico de ingeniería que ha sido una parte importante de la educación en ingeniería de diseño.

2) Competencias creativas, orientadas a la síntesis, destinadas a integrar componentes técnicos y sociales durante el desarrollo de productos, sistemas, procesos y servicios.

3) Competencias socio-técnicas innovadoras que se utilizarán en la creación y renovación de sistemas y situaciones en las que la organización técnica y los seres humanos interactúan, y donde las decisiones políticas complejas confrontan la forma de modelar del campo de la ingeniería.” [44].

Cada semestre contiene una combinación de materias correspondientes a estas dimensiones junto a un proyecto práctico que guía toda la educación a través de los semestres. Una de las materias más interesantes es la de Análisis Tecnológico donde los estudiantes trabajan con objetos tecnológicos de la vida cotidiana de los que aprenden a analizar a través de la interacción de sus componentes técnicos, sociales y de diseño. El programa ha sido exitoso atrayendo estudiantes y generando profesionales que se enlazan de manera innovadora a la sociedad y sus demandas cambiantes; también ofrecen un programa de masters con diferentes especializaciones. Este no es un caso aislado, que ha encontrado en la conjunción entre ingeniería, diseño y ciencias sociales un potencial rico para rediseñar mallas curriculares.

En el año 2000, Georgia Tech reajustó su currículum para ofrecer a los estudiantes una formación más holística donde las materias encargadas de desarrollar competencias técnicas fueran acompañadas de asignaturas que los entrenaran en técnicas computacionales de análisis y de materias que contextualizaran tanto la labor de los ingenieros civiles en sus sociedades, como una visión más amplia de los problemas globales y locales con los que trabajarían eventualmente [45]; actualmente el currículum de estudios ofrece a los estudiantes la oportunidad de especializarse en diversas áreas de la ingeniería civil.

De igual manera, en la Universidad de Aalborg, Dinamarca, existe un exitoso programa llamado Ingeniería de Diseño Sustentable que a lo largo de los semestres utiliza herramientas provenientes de los estudios de CTS –Ciencia, Tecnología y Sociedad –, provenientes de las ciencias sociales, como elementos integradores de todo el currículum [46]. Para esta investigación entrevistamos a Andrés Valderrama quien trabaja como profesor e investigador en la Universidad de Aalborg, y que es parte de la carrera de diseño sustentable, desde su perspectiva este es el aporte de los estudios CTS a la formación de los nuevos ingenieros:

*“...normalmente el diseño en ingeniería se concibe como una tarea técnica entonces los diseñadores deben tomar ciertas decisiones con bases y fundamentaciones en modelamiento técnico. La contribución de los estudios CTS es que ningún diseño ya sea de un producto o de un sistema ocurre en un contexto estable donde digamos hay necesidades que se puedan traducir en términos de requerimientos técnicos que no sean ambiguos, sino que todo diseño sucede en un contexto de actores, no solamente usuarios y productores, sino también reguladores, partes interesadas etc. y el mismo contenido en diseño está sujeto a controversias entonces digamos eso es lo que contribuye los estudios STS al diseño de la ingeniería. El diseño de ingeniería ofrece esa posibilidad de conectar el contenido técnico con el contenido social siendo algo que a muchos no les gusta porque a muchos lo que les gusta precisamente de la ingeniería es la posibilidad de aislar los problemas técnicos del contexto social”* [24].

Tomando esto en cuenta, se puede decir que se utiliza una disciplina de las ciencias sociales como son los estudios CTS para aportar a los estudiantes la capacidad de llevar a cabo, no solo análisis técnico y tomar decisiones basados en esa dimensión, sino también a realizar análisis socio-técnico y político para el quién, cómo y desde qué posición se toman las decisiones y crean nuevos objetos e infraestructuras. Como se ve también hay un fuerte enfoque en la sustentabilidad que se ha convertido en uno de los temas de mayor interés a través de todos los campos del saber. Dentro de la carrera existen materias como Estudios de campo y análisis socio-material; Productos, uso y contexto; Co-diseño y la participación del usuario; Redes y cambio; Sustentabilidad, economía y política; Liderazgo del proyecto creativo, entre otras que están enmarcadas dentro de esta visión [46].

Junto a programas antes descritos, los estudiantes trabajan durante todos los semestres en proyectos aplicados guiados por los profesores, e investigan los conocimientos requeridos para sus proyectos en lugar de contar con una serie de cursos técnicos desconectados entre sí; y a su vez unas pocas materias de contenido social como suele suceder en carreras tradicionales de ingeniería. La idea es permitir que los ingenieros civiles, que tradicionalmente son actores centrales en el dar forma a la materialidad de la vida social en múltiples dimensiones, también se conviertan en actores generativos y reflexivos de los cambios que requiere la sociedad en la actualidad. Así lo describen los profesores detrás del diseño del programa de estudios:

*“Este enfoque sociotécnico es fundamental porque el desafío de la sustentabilidad exige una postura crítica acerca*

del conocimiento científico y técnico existente, lo que a su vez requiere una comprensión fundamental de lo que son las ciencias y el conocimiento. La ciencia no es el resultado de una aplicación hábil, delicada, articulada y racional del método científico (Latour, 1987). La ciencia y el conocimiento son el resultado de un proceso social elaborado donde se abordan la política, las luchas de poder, los conflictos y las controversias abiertas, así como cualquier otra área de la actividad humana. Por esto, el primer paso hacia un proceso de diseño de sistemas sustentables es abandonar la idea de un conocimiento tecnocientífico puro y autoritario. El segundo paso es desarrollar una crítica bien fundada del conocimiento existente. Por esta razón, la necesidad de teorías que apoyen el análisis crítico de la producción y constitución de conocimiento va en aumento. En el tercer paso, el diseño genera la posibilidad de hacer proyectos para explorar cómo las cosas se podrían desarrollar desde perspectivas diferente” [46].

En el caso del Ecuador y tomando en cuenta lo volátil de la esfera política sería de enorme importancia que los estudiantes de ingeniería puedan contar con los recursos para ofrecer alternativas a los conocimientos y prácticas existentes, partiendo de una comprensión robusta de los efectos y condicionamientos sociales del diseño tecnológico y de los conocimientos que sirven como base a la ingeniería civil. En ese sentido, la voluntad política juega un papel importante a la hora de alcanzar esta nueva enseñanza de la ingeniería en el país, con un marco legal educativo o política pública flexible que permita incorporar una visión más humanista al campo de lo técnico.

En la región latinoamericana, por ejemplo, la República Argentina a través de la Resolución 1231/01 del CONEU [47], resolvió que las carreras de grado de ingeniería, entre ellas la de Ingeniería Civil, además de “(...) los contenidos curriculares básicos –que las carreras deberán cumplir obligatoriamente por ser consideradas esenciales para que el título sea reconocido con vistas a la validez nacional– (...)” (Resolución N° 1231/01). Estas deberán incluir materias complementarias como parte integral de las carreras “(...) con el fin de formar ingenieros conscientes de las responsabilidades sociales y capaces de relacionar diversos factores en el proceso de la toma de decisiones, deben formar competencias en Economía, Legislación, Organización Industrial, Gestión Ambiental, Formulación y Evaluación de Proyectos, y Seguridad del Trabajo Ambiental” (Ibidem). La implementación de estas asignaturas quedará a discreción de cada centro de estudios –cumpliendo con número de horas establecidas–, tanto y en cuanto guarden coherencia con el perfil de egresado de cada ingeniería.

En este marco, el CONFENDI de Argentina y la ASIBEI, son algunas de las organizaciones que a través de su trabajo en colaboración y por separado, han ahondado esfuerzos para fomentar una educación ingenieril donde se incluya la visión técnica de la ingeniería, pero a su vez impulsando una educación transdisciplinaria capaz de abarcar problemáticas de índole social, donde el Ingeniero se involucre más en y con la sociedad para alcanzar una comunidad más justa, predominando una visión resiliente, ética, solidaria, equitativa e igualitaria en oportunidades.

Adicionalmente, esto ha tenido éxito –como se expuso anteriormente– con los estudiantes egresados de la Universidad de Aalborg, Dinamarca, quienes en la práctica

profesional se dan cuenta de la complejidad de las tareas que enfrentan más allá de la dimensión puramente técnica:

“Entonces con los egresados que ya llevamos ya empezamos a hablar con ellos y ellos claramente entienden el valor, salen muy bien capacitados para asumir ese rol de comunicadores, de líderes de proyectos, de mediadores entre disciplinas porque eso es donde más contribuyen esas teorías” [24].

Un último ejemplo de lo expuesto, es la iniciativa de la Universidad Chengchi de Taiwan financiada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de dicho país. Esta dinámica se ve reflejada en el documental “Open the S files, when Science meets social controversies” –Abriendo los archivos S, cuando la ciencia se encuentra con controversias científicas–; una serie de películas documentales que tratan desde una perspectiva sociotécnica varias temáticas actuales y controversias públicas acontecidas en esa sociedad, alrededor de las cuales se puede analizar en conjunto las conexiones entre problemas de diseño técnico, prácticas ingenieriles, entramados sociales y la importancia en la vida cotidiana. La serie documental combina hábilmente análisis de casos reales usando herramientas de CTS y también entrando en detalles técnicos específicos. Es un excelente ejemplo de cómo se puede elaborar material didáctico para los estudiantes que combine de forma complementaria y basada en casos reales la ingeniería civil y las ciencias sociales.

De igual manera, el documental trata temáticas como: incidentes alrededor de la regulación de las prácticas de la industria petroquímica; el caso de la explosión del gasoducto de la ciudad de Kaohsiung; tecnologías electrónicas; y la excavación minera urbana, entre otros.

#### IV. DISCUSIÓN

La información expuesta, recopilada a través de entrevistas y conversatorios, ilustra que el conocimiento de las ciencias sociales, habilidades de carácter social y destrezas multidisciplinarias, no solo constituyen una parte fundamental de un profesional que se encuentra al servicio de la sociedad, como es el caso de los ingenieros civiles; sino que también representa una oportunidad de que se realicen proyectos multidisciplinarios que potencien y magnifiquen el impacto y beneficio de los mismos en la sociedad, impulsando a través de los mismos, el desarrollo socioeconómico, seguridad, ciencia y el sentido de comunidad. Por ende, es prudente que los centros de educación superior, donde se forman ingenieros civiles profesionales, tomen en cuenta las siguientes propuestas extraídas de la investigación realizada con actores de diferentes instituciones de todo el Ecuador: 1. incremento de materias sociales en los currículos académicos, 2. potencialización de las ciencias sociales mediante el trabajo, 3. proponer materias innovadoras, como análisis de sistemas, para la diversificación de los currículos, 4. mejorar las técnicas de enseñanza para potenciar las habilidades sociales de los estudiantes, 5. fomentar actividades donde los estudiantes interactúen con el entorno y comprendan, en contexto, la realidad nacional, 6. involucrar a ex alumnos, profesionales de distintas ramas de la ingeniería y científicos sociales en la modificación de las mallas curriculares, 7. incentivarlas interacciones tanto sociales como profesionales entre personas de distintas carreras, y 8. desarrollo de investigaciones que agrupen a profesionales de diversas áreas de la ciencia. Estos mecanismos pueden ser complementados y fortalecidos con

experiencias desarrolladas en otros países, adaptadas de manera coherente a la realidad del país y la práctica de los ingenieros civiles en el Ecuador actual.

De la misma forma la evidencia recopilada a nivel internacional nos permite argumentar que tomar casos reales de controversias y eventos en la historia del Ecuador en los que se combinen las dimensiones sociales y aquellas tradicionales a la ingeniería civil sería un potencial camino generativo para analizar junto a los estudiantes la complementariedad de estos elementos en la vida cotidiana, y fortalecer su formación para eventualmente enfrentarlos, y dar soluciones innovadoras y con reflexividad social.

En este sentido, a nivel internacional los cambios no han ocurrido en una sola vía, es decir, cambiando el currículo de las carreras de ingeniería civil; sino que, en varias universidades, por ejemplo, en la Universidad de Princeton, se ha propulsado el que todos o la gran mayoría de estudiantes de todas las carreras tomen al menos un curso de ingeniería durante su formación, ofreciendo varias opciones de cursos para que esto sea posible [16]. La idea es que los estudiantes estén familiarizados con las diferentes facetas y el lenguaje de la ingeniería en relación a sus conexiones con la sociedad, el conocimiento y el impacto en la construcción de las sociedades a largo plazo. Si bien este no ha sido el foco de esta investigación, es importante considerar que los cambios no deben realizarse únicamente dentro de las facultades de ingeniería civil sino en la estructura de las universidades, de la relación entre facultades y entre sus respectivos académicos, y por supuesto, en el tipo de materias que se ofrecen para introducir a los estudiantes de diferentes carreras a otras disciplinas. En este camino utilizar disciplinas mixtas e interdisciplinarias que estén más familiarizadas con múltiples modos de conocimiento es importante, tal es el caso del campo de Ciencia, Tecnología y Sociedad que está familiarizado con el lenguaje y bagaje conceptual de múltiples ciencias sociales, pero que también ha estudiado y trabajado de la mano de múltiples otras ciencias y campos del saber durante décadas.

Como se puede observar existen diversas experiencias a nivel internacional de las que se puede aprender y aplicar al contexto ecuatoriano. Mismas que indican cómo y por qué se puede llevar adelante un mejoramiento de la formación de los estudiantes de ingeniería civil en relación con la complementariedad de esas disciplinas con las ciencias sociales. En esta sección hemos procurado describir algunas de ellas trazando potenciales líneas de desarrollo a futuro.

#### V. CONCLUSIONES

Este artículo se ha enfocado en presentar propuestas de mecanismos a través de los cuáles se puede mejorar la actual formación en ingeniería civil dentro del sistema de educación superior del Ecuador, promoviendo la complementariedad con las ciencias sociales dentro de la formación de los ingenieros civiles. Para generar estos mecanismos se ha partido de una investigación de perspectivas de expertos a nivel nacional e internacional, así mismo se ha realizado un mapeo de experiencias ya existentes a nivel internacional.

Las propuestas que surgieron de las entrevistas con expertos son las siguientes: 1) Incremento del número de materias sociales en los currículos académicos, 2) Potencialización de las ciencias sociales mediante el trabajo multidisciplinario, 3) Propuesta de nuevas materias con contenido social o en su defecto, la reestructuración de ciertas materias con una orientación social más profunda, 4) Mejorar las técnicas de enseñanza para desarrollar las habilidades sociales, al igual que un pensamiento crítico y reflexivo de los estudiantes, 5) Fomentar actividades de interacción con el entorno y realidad nacional, 6) Involucrar a profesionales de distintas áreas de la ingeniería civil así como también a expertos en el campo de las ciencias sociales para el rediseño de las mallas curriculares, 7) Incentivar la interacción profesional y social con las diferentes carreras, 8) Desarrollo de investigaciones que agrupen a profesionales de diversas áreas de la ciencia. Adicionalmente, con base en la evidencia esbozada podemos afirmar que los siguientes puntos también tienen un potencial valioso: 9) Aprovechar los espacios obligatorios de responsabilidad social para generar proyectos multidisciplinarios entre las facultades de la universidad, 10) Establecer una enseñanza basada en el método de casos donde los estudiantes puedan definir qué tipo de profesiones requiere para solucionar un problema, 11) Promover el desarrollo de habilidades blandas como la comunicación y el liderazgo.

De forma complementaria, se describieron ejemplos de iniciativas a nivel internacional que incorpora elementos de las ciencias sociales desde varios enfoques en la generación de nuevas disciplinas ligadas a la ingeniería civil, en la formación de nuevas generaciones de ingenieros y en la enseñanza de ingeniería civil desde perspectivas más holísticas. Todos estos mecanismos en caso de ser implementados requieren ser adecuados a cada institución educativa junto a sus respectivas necesidades, características e ideales, así como ser diseñados con una investigación previa enfocada en cada uno de los ellos. Se debe tomar en cuenta tanto la experticia como experiencia que existe a nivel internacional, con respecto a la implementación de modelos educativos basados en competencias para la formación integral de los ingenieros.

Por otro lado, se debe involucrar a profesionales de diversas ramas de la ingeniería civil y expertos en campos de las ciencias sociales en la reestructuración de los currículos académicos; la inclusión y la diversidad de ideas, estrategias y perspectivas permite ampliar el enfoque de la malla curricular y a su vez mejorar el perfil de egreso de los estudiantes. Finalmente, es importante mencionar que las experiencias y puntos de vista de los entrevistados sugieren que, al potenciar las ciencias sociales en la carrera de ingeniería civil, los profesionales pueden ser más competentes al planificar, diseñar y construir proyectos con enfoques más amplios, con un mayor impacto en el desarrollo social, académico y económico.

## REFERENCES

- [1] M. Mariasingam, S. Courter, T. Smith, and G. Moses, "Globalization and Engineering Education For 2020," *The Bridge*, vol. 35, no. 3, pp. 3–5, 2005.
- [2] J. Kendra, and J. Nigg, "Engineering and the social sciences: historical evolution of interdisciplinary approaches to hazard and disaster," *Engineering Studies*, vol. 6, no. 3, pp. 134–158, 2014, doi: 10.1080/19378629.2014.978335.
- [3] J. Albuja Sánchez, J. Gómez Urrego, C. Haro Samaniego, P. Rodríguez Terán y N. Mantilla, "La situación actual en el Ecuador alrededor de la complementariedad entre Ingeniería Civil y Ciencias Sociales dentro del sistema superior de educación," *Educación en Ingeniería*, vol. 16, no. 31, pp. 3–16, 2021, doi:10.26507/rei.v16n31.1140.
- [4] A. Picon, "Construction History: Between Technological and Cultural History," *Construction History Construction History*, vol. 21, no. 21, 2005–2006. Recuperado de: <http://nrs.harvard.edu/urn-3:HUL.InstRepos:10977385>
- [5] J. Anzieta, "Entrevista a Docente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la PUCE," *Quito, Ecuador*, 2019.
- [6] J. Rudolph, "Pushing the boundaries of engineering education," *Engineering Studies*, vol. 7, no. 2–3, pp. 129–131, 2015, doi: 10.1080/19378629.2015.1062497.
- [7] A. Picon, "Engineers and engineering history: problems and perspectives," *History and Technology*, vol. 20, no. 4, pp. 421–436, 2004, doi: 10.1080/0734151042000304367.
- [8] C. J. Merdinger, "A history of Civil Engineering," PhD Thesis, Oxford: Oxford University Press, 1949.
- [9] H. Vérin, and I. Gouzévitch, "The rise of the engineering profession in eighteenth century Europe: An introductory overview," *Engineering Studies*, vol. 3, no. 3, pp. 153–169, 2011 doi: 10.1080/19378629.2011.626051.
- [10] R. Novoa, "La Ruta Al Mar Del Sur Y La Fundación De Ibarra, Siglos Xvll-Xvill," *Procesos*, vol. 24, no. 3, 2006.
- [11] P. Lloret, "100 Años De Ingeniería Militar En El Ecuador," *Centro de Estudios Históricos del Ejército*, Quito-Ecuador, 2002.
- [12] W. Ramirez, "Entrevista a Docente titular de Ingeniería Civil de la UPS," *Quito-Ecuador*, 2019.
- [13] L. Granda, "Encuesta Docente en la Facultad de Ingeniería Civil de la UTPL," 2020.
- [14] M. Arévalo, "Entrevista a Docente titular Escuela Ingeniería Civil de la UDA," *Cuenca-Ecuador*, 2020.
- [15] C. Judson, and K. Pister, "How Best To Broaden Engineering Education?," *Engineering Studies*, vol. 7, no.2–3, pp. 150–152, 2015.
- [16] J. Rossmann, and K. Sanford. "Sociotechnical engineering is one facet of prismatic liberal education," *Engineering Studies*, vol. 7, no. 2–3, pp. 174–177, 2015, doi:10.1080/19378629.2015.1062505.
- [17] H. Trbušić, "Holistic Education: The Social Reality Of Engineering," *The Journal of Education Culture and Society*, vol. 2, pp. 227–238, 2013, DOI: 10.15503/jecs20132-227-238.
- [18] M. Aldas, "Entrevista a Directora de la carrera de Ingeniería Civil de la ESPE," *Quito-Ecuador*, 2019.
- [19] D. Grasso, "Holistic Engineering Education," 2010, doi:10.1007/978-1-4419-1393-7.
- [20] A. Salvatierra, "Entrevista a Decano Facultad de Ingeniería Industria y Construcción de la ULVR," *Guayaquil-Ecuador*, 2020.
- [21] H. Ortiz, "Entrevista a Docente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la PUCE," *Quito-Ecuador*, 2019.
- [22] H. Paltan, "Videoconferencia a científico de la Universidad de Oxford," 2019.
- [23] W. Torres, "Entrevista a Docente de Ingeniería Civil de la UPS," *Quito-Ecuador*, 2019.
- [24] A. Valderrama, A. "Videoconferencia a Docente en Aalborg University," 2019.
- [25] B. Ochoa, "Videoconferencia a Científico del Imperial Collage of London en el Departamento de Ingeniería Civil y Medio Ambiente," 2020.
- [26] J. Sivilsaca, "Encuesta Docente en la Facultad de Ingeniería Civil de la UTPL," 2020.
- [27] C. Delgado, "Videoconferencia a Director de Carrera de Ingeniería Civil de la ULEAM," *Quito- Ecuador*, 2020.
- [28] A. Ortiz, "Encuesta Docente en la Facultad de Ingeniería Civil de la UTPL," 2020.
- [29] V. Velázquez, "Encuesta Docente en la Facultad de Ingeniería Civil de la UNACH," *Riobamba-Ecuador*, 2019.
- [30] E.Canada, E. "Canadian Engineering Accreditation Board Bureau canadien d'agrément des programmes de génie," 2019.
- [31] E. A. Commission, "Criteria For Accrediting Engineering Programs 2020-2021," 2020.
- [32] J. C. Gaillard, "Disaster studies inside out," *Disasters*, vol. 43, S1, S7–S17, 2019, doi: 10.1111/disa.12323.
- [33] S. Knowles, "Engineering Risk and Disaster: Disaster-STS and the American History of Technology," *Engineering Studies*, vol. 6, no. 3, pp. 227–248, 2014, doi: 10.1080/19378629.2014.967697.
- [34] M. Sivapalan, H. Savenije, and G. Blöschl, "Socio-Hydrology: A New Science Of People And Water," *Hydrological Processes*, vol. 26, pp. 1270–1276, 2012, doi: 10.1002/hyp.8426.
- [35] T. Wagener, M. Sivapalan, P. Troch, B. McGlynn., C. J. Harman, H. V. Gupta, J. S Wilson, "The future of hydrology: An evolving science for a changing world," *Water Resources Research*, vol. 46, no. 5, pp. 1–10, 2010, doi: 10.1029/2009WR008906.
- [36] M. K. Lindell, "Disaster studies. *Current Sociology*," vol. 61, no. 5–6, pp. 797–825, 2013, <https://doi.org/10.1177/0011392113484456>
- [37] J. Linton, and J. & Budds, "The Hydrosocial Cycle: Defining And Mobilizing A Relational-Dialectical Approach To Water," *Geoforum*, vol. 57, pp. 170–180, 2014, doi: 10.1016/j.geoforum.2013.10.008.
- [38] V. Bonnesoeur, B. Locatelli, M. R. Guariguata, Ochoa-B. F. Tocachi, V. Vanacker, Z. Mao, Z., ..., S. L. Mathez-Stiefel, "Impacts Of Forests And Forestation On Hydrological Services In The Andes: A Systematic Review," *Forest Ecology and Management*, vol. 433, pp. 569–584, 2019, doi: 10.1016/j.foreco.2018.11.033.
- [39] B. F. Ochoa-Tocachi, J. Bardales, J. Antiporta, K. Pérez, L. Acosta, F. Mao, ... W. Buytaert, "Potential Contributions Of Pre-Inca Infiltration Infrastructure To Andean Water Security," *Nature Sustainability*, vol. 2, no. 7, pp. 584–593, 2019, doi: 10.1038/s41893-019-0307-1.
- [40] H. Paltan, D. Waliser, W. H. Lim, H., Guan, B., D. Yamazaki, R. Pant, & S. Dadson, "Global Floods and Water Availability Driven by Atmospheric Rivers," *Geophysical Research Letters*, vol. 44, no. 20, doi: 10.1002/2017GL074882.
- [41] C. Zogheib, B. F. Ochoa-Tocachi, J. D. Paul, D. Hannah, J. Clark, and W. Buytaert, "Exploring A Water Data, Evidence, And Governance Theory," *Water Security*, vol. 4–5, pp. 19–25, 2018, doi:10.1016/j.wasec.2018.11.004
- [42] W. Marshall, M. Tang, and S. A. Durham, "Integration Of Science, Technology, And Society (STS) Courses Into The Engineering Curriculum," *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2012.
- [43] University of Colorado Denver. (n.d.). BIOE Draft Degree Map V4.
- [44] L. Alting, M. Andreasen, P. Boelskifte, C. Clausen, and U. Jørgensen, "Design and Innovation - The DTU programme," *Proceedings of the 16th CIRP International Design Seminar*, 1–8, 2006.
- [45] M. Meyer, and L. Jacobs, L. "A Civil Engineering Curriculum For The Future: The Georgia Tech Case. *Journal Of Professional Issues In Engineering Education And Practice*," vol. 126, pp. 74–78, 2000.
- [46] A. Valderrama and U. Jørgensen, "Sustainable System Design at Aalborg University" *Diseña*, vol. 12, pp. 126–149, 2018, doi: 10.7764/disena.12.126-149.
- [47] Argentina. Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria, Resolución 1223/01, Pub. L. No. 1232/01, 1, Argentina, 2001.

# AUTHORS



## Jorge Albuja-Sánchez

Ingeniero Civil de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (2012), Master of Science in Soil Mechanics and Environmental Geotechnics del Imperial College London, Reino Unido (2016). Estudiante de doctorado en Ciencias de Ingeniería en la Università degli Studi di Ferrara en Italia. Sus intereses de investigación incluyen: educación en ingeniería, caracterización de suelos por ensayos in situ y de laboratorio; propiedades dinámicas de suelos; simulación y modelamiento computacional de proyectos geotécnicos; desarrollo de mampostería utilizando suelo y eco materiales.



## José Gómez-Urrego

Sociólogo, recibió un Master y un PhD. en Science and Technology Studies de parte de la Universidad de Edimburgo. Desde 2018 trabajó como investigador invitado en PUCE-Quito y como analista de políticas de CTI con Senescyt. Durante 2019-2020 trabajó en el Alan Turing Institute-Londres en el desarrollo de nueva regulación para los abusos online. Sus intereses de investigación se enfocan en el campo de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en las áreas de infraestructuras y temporalidades.



## Camila Haro-Samaniego

Estudiante de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Formó parte del Grupo de Alto Rendimiento (GAR) IX Promoción en 2015. Ha ejercido como Asistente de Cátedra en las asignaturas de Física I, y Álgebra; Pasante de Ingeniería Civil en el área técnica para el Cuerpo de Ingenieros del Ejército del Ecuador y como Pasante del Laboratorio de Materiales de Construcción de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. En la actualidad cursa el último año de la carrera.



## Paulina Rodríguez-Terán

Estudiante egresada de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recibió diploma de Bachillerato Internacional por la organización IBO en 2015. Ha ejercido como Asistente de Cátedra en asignaturas como: Mecánica de Suelos I, Administración de Empresas Constructoras I y II, se ha desempeñado como pasante de Ingeniería Civil en el Gobierno Autónomo Descentralizado de Napo. Actualmente se encuentra realizando su proyecto de disertación enfocado al desarrollo de movilidad sostenible mediante la implementación de ciclovías urbanas.



## Nicolás Mantilla-Morales

Estudiante de Ingeniería Civil en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. En el presente, forma parte del grupo de investigación de la facultad de ingeniería de esta universidad. Se encuentra ejerciendo el cargo de Director de Relaciones Externas en la Asociación de Escuela de Ingeniería de la Escuela de Ingeniería. Sus intereses académicos incluyen el diseño y construcción de obras civiles con alto impacto social y en tecnologías y técnicas constructivas enfocadas en el desarrollo sustentable.

# Detección de Objetos y Patrones de Movimiento Usando Redes Neuronales y Algoritmos Genéticos para la Identificación de Robo a Mano Armada

## *Object Detection and Movement Patterns Using Neural Networks and Genetic Algorithms for the Identification of Armed Robbery*

### ARTICLE HISTORY

Received 29 April 2021

Accepted 17 May 2021

#### **Walter Iván Leturia-Rodriguez**

Ingeniería de Software  
Universidad Privada Antenor Orrego  
Trujillo, Perú  
wleturiar1@upao.edu.pe  
ORCID: 0000-0002-8184-2140

#### **Luis Vladimir Urrelo-Huiman**

Ingeniería de Computación y Sistemas  
Universidad Privada Antenor Orrego  
Trujillo, Perú  
lurreloh@upao.edu.pe  
ORCID: 0000-0003-1523-2640

# Detección de Objetos y Patrones de Movimiento Usando Redes Neuronales y Algoritmos Genéticos para la Identificación de Robo a Mano Armada

## Object Detection and Movement Patterns Using Neural Networks and Genetic Algorithms for the Identification of Armed Robbery

Walter Iván Leturia-Rodriguez  
Ingeniería de Software  
Universidad Privada Antenor Orrego  
Trujillo, Perú  
wleturiar1@upao.edu.pe  
ORCID: 0000-0002-8184-2140

Luis Vladimir Urrelo-Huiman  
Ingeniería de Computación y Sistemas  
Universidad Privada Antenor Orrego  
Trujillo, Perú  
lurreloh@upao.edu.pe  
ORCID: 0000-0003-1523-2640

**Resumen**—En América latina se encuentran 42 de las 50 ciudades más violentas del mundo, en el Perú el año 2019 el 9.7% de hechos delictivos con arma de fuego fueron realizados en zonas urbanas y en las ciudades de 20 mil a más habitantes el porcentaje se elevó al 10.2%, pero las denuncias, por falta de pruebas, generaron en ciudades como Lima, solo un 19.46% de detenciones. Los miembros del cuerpo policial disponen de dispositivos, vehículos y herramientas que les permiten ejercer sus funciones de una manera segura; sin embargo, no cuentan con un mecanismo efectivo, el cual permita identificar un robo a mano armada y concentrar sus esfuerzos en llevar a cabo una oportuna intervención. Por lo anterior, la presente investigación desarrolla un algoritmo basado en Redes Neuronales Recurrente con OpenCv/YOLOv3 combinada con la técnica de Algoritmos Genéticos para la detección de objetos y patrón de movimiento con un 96.5% de precisión, permitiendo la detección temprana ante un delito perpetrado bajo la modalidad de robo a mano armada.

**Palabras claves**—Aprendizaje Automático, Detección de Objetos, Detección de Patrón de Movimientos

**Abstract**—In Latin America there are 42 of the 50 most violent cities in the world, in Peru in 2019 9.7% of criminal acts with firearms were carried out in urban areas and in cities with 20,000 or more inhabitants the percentage rose to 10.2%, but the complaints, due to lack of evidence, generated in cities like Lima, only 19.46% of arrests. The members of the police force have devices, vehicles and tools that allow them to carry out their functions in a safe manner, however, they do not have an effective mechanism, which allows to identify an armed robbery and to concentrate their efforts on carrying out a timely intervention. Therefore, the present research develops an algorithm based on Recurrent Neural Networks with OpenCv / YOLOv3 combined with the Genetic Algorithms technique for the detection of objects and movement patterns with 96.5% accuracy, allowing early detection of a crime perpetrated under the modality of armed robbery.

**Keywords**—Machine Learning, Object Detection, Movement Pattern Detection

### I. INTRODUCCIÓN

**A. Planteamiento del Problema:** Según [1], en su publicación denominada “A Comparative Study of the World’s Most Dangerous Cities: Violence as the Ultimate Public Health Challenge”, 42 de las 50 ciudades más violentas del mundo están en Latinoamérica. En el Perú, de noviembre 2018 a abril 2019, en víctimas de 15 a más años de edad, se registraron que el 9.7% de hechos delictivos con arma de fuego fueron realizados en zonas urbanas y en las ciudades de 20 mil a más habitantes, el porcentaje se elevó al 10.2% donde, por ejemplo en Lima, se generaron 170 295 denuncias y se detuvo a un total de 33 147 personas, dando un 19.46% de efectividad en este hecho delictivo [2].

Si bien, las denuncias tienen gran importancia durante el proceso de captura de los criminales, es un trabajo manual y arduo, el cual reduce el tiempo de operatividad de las fuerzas de seguridad del país.

**B. Formulación del problema:** La presente investigación busca resolver la interrogante de ¿Cómo incrementar la efectividad de detección ante un delito bajo la modalidad de robo a mano armada apoyándose en la inteligencia artificial?

**C. Objetivo General:** desarrollar un software de detección de objetos y patrones de movimiento usando Redes Neuronales y Algoritmos Genéticos para incrementar la efectividad de detección de delitos de robo a mano armada.

**D. Objetivos específicos:** estudiar el proceso de detección de delito de robo a mano armada con la finalidad de destacar su eficiencia. Recopilar datos previos a un evento de suceso

delictivo bajo la modalidad de robo a mano armada e identificar los indicadores determinantes para el diseño de la red neuronal de detección de patrones de peligro. Identificar los objetos que interactúan en un delito efectuado bajo la modalidad de robo con arma para el desarrollo de la red neuronal de detección de objetos reconocidos como arma. Identificar el comportamiento normal en los escenarios comunes de amplio tránsito y desarrollar la red neuronal para determinar la normalidad en un ambiente. Identificar la acción previa a la ejecución de un delito bajo la modalidad de robo a mano armada. Medir la eficacia en el tiempo de detección y certeza en un patrón de peligro provocado por un delito bajo la modalidad de robo con arma.

**E. Antecedentes del estudio:** los siguientes antecedentes abordan la problemática con técnicas de inteligencia artificial.

En la investigación: “Weapon Detection in Surveillance Camera Images” [3] se evaluaron 10 imágenes en las cuales se buscó calcular el rendimiento de la red neuronal entrenada con un dataset de 12830 imágenes. Tuvo una eficacia de 83.05% y la detección dependía de la calidad de imagen.

En la investigación: Crime Scene Prediction by Detecting Threatening Objects Using Convolutional Neural Network [4] se pudo detectar eficientemente sangre, armas blancas (cuchillo) y armas en las cuales se logró determinar si ocurrió un crimen o no. El modelo generado demostró una eficiencia al 90.2%.

En la investigación [5], Object detection from images using convolutional neural networks se demostró por qué las redes neuronales regulares no son suficiente para las tareas relacionadas con reconocimiento de imagen y cómo las redes de convolución constitutivas invariables proporcionan una solución efectiva para muchos problemas de visión de computadora.

La investigación Automated Detection of Firearms and Knives in a CCTV Image [6], propuso, implementó y probó algoritmos para la detección de un arma sostenida por una mano, obteniendo resultados positivos, divididos en “especificidad” y “sensibilidad”, los resultados obtenidos fueron: cuchillo con 94.93% y 81.18% respectivamente, así como 96.69% y 35.98% para armas de fuego. La limitación de la investigación está representada como “escenario” haciendo hincapié en la naturaleza de un escenario indoor y outdoor, descritos en la investigación como “bank scenario” y “street scenario”.

### II. MARCO TEÓRICO

Aprendizaje automático: busca proporcionar a las computadoras la capacidad de aprender, sin ser programadas explícitamente. Se centra en el desarrollo de programas informáticos que pueden cambiar cuando se exponen a nuevos datos creando algoritmos que generalizan el comportamiento e identifican los patrones a partir de la información ingresada como ejemplo o entrenamiento, a esto se le denomina proceso de inducción del conocimiento [7], [8].

Red Neuronal Recurrente: son redes neuronales que integran bucles de realimentación, permitiendo a través de ellos que la información persista en algunas épocas de entrenamiento, lo anterior debido a conexiones desde las capas de salida insertándolos nuevamente en las capas de entrada [9].

Red Neuronal Convolutacional o de convolución: es un tipo de red neuronal artificial donde las neuronas corresponden a campos receptivos de una manera muy similar a las neuronas en la corteza visual primaria de un cerebro biológico. Este tipo de red es una variación de un perceptrón multicapa, sin embargo, debido a que su aplicación es realizada en matrices bidimensionales, son muy efectivas para tareas de visión artificial, como en la clasificación y segmentación de imágenes, entre otras aplicaciones [10].

Robo a mano armada: de acuerdo a la estructuración de las formas agravadas de comisión en el Código Penal Peruano [11], toda circunstancia agravante del robo, también del hurto y en general de todo delito que haya sido construido con el esquema bipolar: tipo básico y modalidades agravadas tiene en el tipo básico o simple su núcleo de tipicidad de observancia obligada, lo que exige, para afirmar el delito de robo agravado, verificar la concurrencia de todos los elementos objetivos y subjetivos contenidos en él. El hecho de hallarse el agente armado implica violencia/amenaza que se superponga a la del robo simple, y se trata de una de las expresiones concretas y particularizadas que ésta asume, significando un evidente aumento del injusto penal que hace más insostenible dicha conducta en términos jurídico-sociales.

Es importante precisar en el contexto de la presente investigación, la diferencia que existen entre las conductas ilícitas penales de hurto simple y robo, que atentan contra el bien jurídico del patrimonio, de la forma como están tipificadas en nuestro Código Penal, aprobado por el Decreto Legislativo N° 635 y modificatorias: Así, el tipo penal de hurto simple está definido en el Artículo 185 del Código Penal como “El que, para obtener provecho, se apodera ilegítimamente de un bien mueble, total o parcialmente ajeno, sustrayéndolo del lugar donde se encuentra será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años ...” Para esta figura delictiva se admite un tipo penal agravante, en el Artículo 136, como hurto agravado, como consecuencia de la conducta: si se desarrolla durante la noche, sobre bienes que forman parte de equipaje de viajero, por el concurso de dos o más personas, entre otros.

Siendo así, debemos diferenciar el hurto de otro tipo penal contra el patrimonio, el robo; éste está definido en el Artículo 188 del Código Penal, como: “El que se apodera ilegítimamente de un bien mueble total o parcialmente ajeno, para aprovecharse de él, sustrayéndolo del lugar en que se encuentra, empleando violencia contra la persona o amenazándola con un peligro inminente para su vida o integridad física será reprimido con pena privativa de libertad no menor de tres ni mayor de ocho años”.

Ambas figuras delictivas atentan contra el patrimonio, siendo el robo el que representa la mayor peligrosidad, que se refleja en la pena más grave; la diferencia sustancial es que en el robo la apropiación de los bienes se realiza con violencia contra la persona agraviada, como por ejemplo con el uso de armas de fuego u otros medios que pueden atentar incluso con la vida del agraviado.

**Hipótesis:** un software de detección de objetos y patrones de movimiento usando Redes Neuronales y Algoritmos Genéticos incrementa la efectividad en la detección de delitos de robo a mano armada.

### III. METODOLOGÍA

La metodología aplicada en la presente investigación siguió las siguientes fases:

Estudio del proceso de detección de delito de robo a mano armada con la finalidad de destacar su eficiencia.

Identificación de objetos que interactúan en un delito efectuado bajo la modalidad de robo con arma para el desarrollo de la red neuronal de detección de objetos reconocidos como arma.

Detección de patrón de movimiento para la identificación de delito de robo a mano armada.

Desarrollo y entrenamiento de las Redes Neuronales determinando el número de neuronas de las capas de entrada, oculta y salida, así como también las diferentes funciones de activación que se utilizarán en las neuronas de la capa oculta y salida.

Identificación de la acción previa a la ejecución de un delito bajo la modalidad de robo con arma.

Medición del tiempo de detección y precisión del modelo que busca detectar un patrón de peligro provocado por un delito bajo la modalidad de robo con arma.

### IV. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

#### A. El proceso de detección de delito de robo a mano armada.

El artículo 259 del Código Procesal Penal Peruano establece los siguientes supuestos específicos de Flagrancia Delictiva: La Policía Nacional del Perú detiene, sin mandato judicial, a quien sorprenda en flagrante delito. Existe flagrancia cuando: El agente es descubierto en la realización del hecho punible. El agente acaba de cometer el hecho punible y es descubierto. El agente ha huido y ha sido identificado durante o inmediatamente después de la perpetración del hecho punible, sea por el agraviado o por otra persona que haya presenciado el hecho, o por medio audiovisual, dispositivos o equipos con cuya tecnología se haya registrado su imagen, y es encontrado dentro de las veinticuatro (24) horas de producido el hecho punible. El agente es encontrado dentro de las veinticuatro (24) horas después de la perpetración del delito con efectos o instrumentos procedentes de aquel o que hubieren sido empleados para cometerlo o con señales en sí mismo o en su vestido que indiquen su probable autoría o participación en el hecho delictuoso.

El protocolo está dividido en 2 procedimientos y 14 sub-procedimientos, los cuales tienen como responsables a la Policía Nacional del Perú (1-11) y Ministerio Público y Policía Nacional (12-14).

La presente investigación busca mejorar el sub-procedimiento número 1 ante la detección de flagrancia: Cuando el efectivo policial advierta a través de sus sentidos que está ante un hecho que configura flagrancia delictiva, procederá a la detención de la o las personas que se encontraren en el lugar.

“Las cámaras son elementos tecnológicos que complementan las acciones de patrullaje, el cual debe realizarse en coordinación entre serenos y policías. En casi todas las centrales de monitoreo de cámaras de seguridad que tienen los municipios hay un policía que avisa a la Central 105

cuando se ha reportado un crimen o asalto” pero se deben tomar en cuenta dos dificultades principales. Las cámaras instauradas, las cuales sirven para prevención de delito, tienen una definición promedio de 720pp, la cual se debe tener en cuenta al momento de entrenar los algoritmos de redes neuronales.

#### B. Identificación de objetos que interactúan en un delito efectuado bajo la modalidad de robo a mano armada.

Dentro del material analizado se pudo llegar a la identificación de los siguientes indicadores: nombre, cantidad de sujetos, sexo de los sujetos, vestimenta de los sujetos, uso de gorra, uso de lentes, uso de capucha, permanencia en los alrededores, uso de celular, posición de las manos, objetos adicionales y vehículo motorizado.

Con los indicadores principales previamente identificados se delimitó la estructura de proyecto.

El flujo principal es una constante evaluación basada en captura de cuadros, dentro de los cuales se realizarán tres procesos de identificación, que están descritos en la Fig. 1.

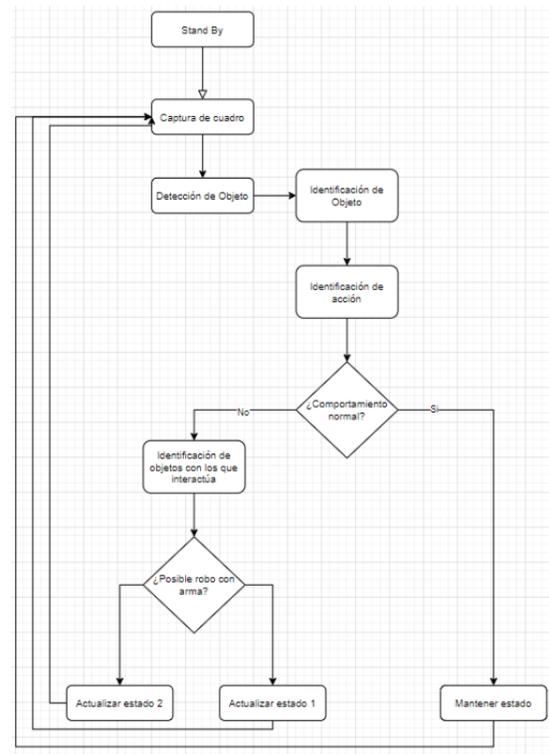


Fig. 1. Proceso de constante evaluación de cuadros

#### B.1 Captura de cuadro

Para la captura de cuadro se configuró una entrada estándar de video (puerto serial), por motivos de prueba se adaptó también la lectura a través de canal de streaming (con url de video). La captura está en la estructura de un loop el cual se mantiene operando mientras exista una entrada o el usuario presione el número de salida “0”.

Para la detección se utilizó la API de OpenCV en Python, debido a que es una biblioteca de funciones de programación dirigida principalmente a la visión por computadora en tiempo real.

#### B.2 Limpieza y pre procesamiento de imágenes

Para la limpieza y pre-procesamiento de imágenes se aplicaron filtros teniendo en cuenta una resolución estándar de cámaras de seguridad (720pp), los filtros fueron: filtro gaussiano, filtro cromático y filtro de superficies (cóncavo y convexo), con los cuales se obtuvo una imagen procesada en bits para su posterior tratamiento y delimitación.

#### B.3 Identificación de objetos

Se procedió a implementar la librería de identificación de objetos YOLOv3, adaptada para detectar un nuevo objeto arma (weapon), en este caso se consideraron como armas cuchillo, bate de béisbol y pistola generando una arquitectura como la mostrada en la Fig. 2.

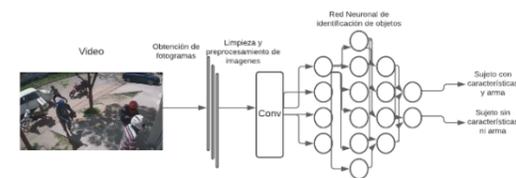


Fig. 2. Arquitectura para identificar objetos, personas con armas y aplicando la biblioteca Yolov3.

El entrenamiento se llevó a cabo con un dataset de 100 imágenes en 3 épocas con variaciones, rotaciones y transformaciones recreadas con OpenCV, con la finalidad de brindar “variedad” al entrenamiento y generar una identificación de persona que generará un potencial robo o no; entrenado el modelo, se obtuvieron resultados al 81% de precisión, con el ratio de aprendizaje mostrado en la Fig. 3.

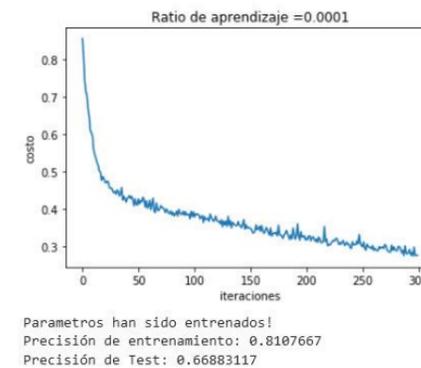


Fig. 3. Ratio de aprendizaje del modelo detectando personas con armas

#### C. Detección de patrón de movimiento para la identificación de delito de robo a mano armada

En los videos recopilados para el estudio de los delitos efectuados bajo la modalidad de robo con arma, se cuenta con múltiples escenarios, siendo los más comunes: Paseos peatonales, minimarkets y centros comerciales.

Se cuenta con poco tiempo para determinar si la acción que está cometiendo esta persona es o no de carácter delictivo. Por lo cual la identificación de objetos no es el punto determinante para la identificación de un suceso delictivo, sino el

movimiento que realiza el cual se puede encasillar como normal o anómalo.

Se evaluó a profundidad el escenario de un paso peatonal (pedestrian-walk).

Se concluye que el patrón de movimiento normal de una persona se determina según el escenario donde se encuentra.

Se realizó una comparativa basada en los resultados de un video y se definieron los siguientes puntos para evaluar la normalidad en un paso peatonal: permanencia y dirección, luego se implementó dentro del sistema un contador de permanencia en plano, teniendo las funciones de identificar al objeto desde que entra en el plano, y evaluar el dato de Permanencia (en segundos). Para el punto de dirección se desarrolló un flujo de tracking con una Rede Neuronal LSTM, el cual consiste en determinar la dirección del objeto basado en sus puntos anteriores, según se muestra en el siguiente código.

```

un = 50
regressor = Sequential()
regressor.add(LSTM(units=un, return_sequences=True,
input_shape=(X_train.shape[1], 1)))
regressor.add(Dropout(0.2))
regressor.add(LSTM(units=un, return_sequences=True))
regressor.add(Dropout(0.2))
regressor.add(LSTM(units=un, return_sequences=True))
regressor.add(Dropout(0.2))
regressor.add(LSTM(units=un))
regressor.add(Dropout(0.2))
regressor.add(Dense(units=1))
regressor.compile(optimizer='adam', loss='mean_squared_error')
regressor.fit(X_train, y_train, epochs=100, batch_size=32)
    
```

El algoritmo para obtener el recorrido del objeto se realizó con la imagen previamente procesada, con la finalidad de obtener un objeto tipo binario, para evitar sobrecarga.

#### D. Desarrollo y entrenamiento de las redes neuronales con entrenamiento de algoritmos genéticos

Con las variables identificadas se definió una red neuronal, la cual es de tipo recurrente LSTM, que recibe como datos de entrada el tiempo de permanencia y las direcciones que va tomando el objeto persona para identificarla como sospechosa, según se muestra en la Fig. 4.

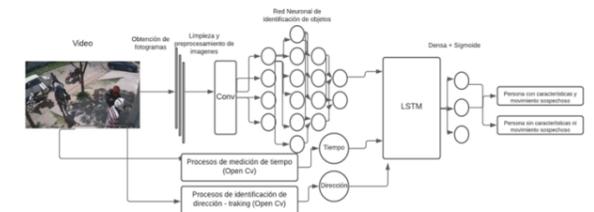


Fig. 4. Esquema con la Red Neuronal LSTM para detectar movimiento de persona sospechosa

Para esta red neuronal se optó por el entrenamiento con algoritmos genéticos, definiendo la función de evaluación basado en la precisión de la detección. La explicación de la función de evaluación se determinó con base en la permanencia de direcciones que ocupó el objeto y el tiempo que le tomó realizar sus movimientos según como se muestra en el siguiente código.

V. PRUEBAS Y RESULTADOS

Detección de patrón de movimiento para la identificación de delito de robo a mano armada

En la Fig. 5. se muestra la detección al 96.5% de exactitud, en el video de prueba expuesto a la red neuronal, del patrón de comportamiento como robo que se validaría ante la detección de un arma, este punto por evaluar se denominará intensidad, y es el determinante fundamental que toma como referencia el patrón de comportamiento, el sujeto y los objetos con los cuales interactúa para determinar la posibilidad de que vaya a cometer un delito bajo la modalidad de robo con arma.



Fig. 5. Patrón de movimiento detectado como robo en un escenario de paso peatonal

Se realizaron mediciones del tiempo de detección de la manera tradicional y utilizando el sistema según se señala en la tabla I, mostrando un nivel de confiabilidad, ante la prueba Alfa de Cronbach, mostrando un coeficiente de 0.85 que por su proximidad al 1 nos indica que las mediciones de tiempo son confiables.

TABLA I. TIEMPOS Y PRECISIÓN DE DETECCIÓN DE ACCIONES DE ROBO A MANO ARMADA

Grupo (Experimento)	Precisión	
	Tiempo (s) De Respuesta	Prueba (Accuracy)
Grupo 1 (1)	50	79.18%
Grupo 1 (2)	56	96.50%
Grupo 1 (3)	60	77.05%
Grupo 1 (4)	55	78.61%
Grupo 1 (5)	65	80.31%
Grupo 1 (6)	67	81.16%
Grupo 1 (7)	54	80.45%
Grupo 1 (8)	51	83.00%
Grupo 1 (9)	64	82.01%
Grupo 1 (10)	71	81.16%
Grupo 2 (1)	120	-
Grupo 2 (2)	125	-

```
import numpy as np
DNA = 10 # Cadena a variar
POP = 100 # Tamaño de población
CROSS = 0.8 # Probabilidad de cruce
MUTATION = 0.003 # Probabilidad de mutación
GENERATIONS = 300 # Cantidad de generaciones
UPPER_LOWER = [0, 5] # Bordes delimitantes
# Encontrar el máximo de una función
def F(t):
    return np.sin(10 * t) * t + np.cos(2 * t) * t
# Encontrar candidatos diferentes a cero para selección
def get_fitness(pred):
    return pred + 1e-3 - np.min(pred)
# Se normaliza la data en nuestros rangos
def translateDNA(pop):
    return pop.dot(2 ** np.arange(DNA)[:, -1]) / float(2**(DNA-1) *
UPPER_LOWER[1])
def select(pop, fitness):
    # La función de selección se hace basado en el rango disponible y su función de
    # evaluación
    idx = np.random.choice(np.arange(POP), size=POP,
    replace=True, p=fitness/fitness.sum())
    # Retomamos el objeto
    return pop[idx]
def crossover(parent, pop): # (CROSSOVER)
    if np.random.rand() < CROSS:
        # Seleccionamos otro individuo de la población
        i = np.random.randint(0, POP, size=1)
        # Elección de puntos
        crossing = np.random.randint(0, 2, size=DNA).astype(np.bool)
        # Cruce y obtención de hijo
        parent[crossing] = pop[i, crossing]
    return parent
def mutate(child):
    for point in range(DNA):
        if np.random.rand() < MUTATION:
            child[point] = 1 if child[point] == 0 else 0
    return child
pop = np.random.randint(2, size=(POP, DNA)) # Inicialización de cadena
for _ in range(GENERATIONS):
    # Extracción de ADN
    F_values = F(translateDNA(pop))
    fitness = get_fitness(F_values)
    print("Cadena con mayor aceptación: ", pop[np.argmax(fitness), :])
    pop = select(pop, fitness)
    pop_copy = pop.copy()
    for parent in pop:
        child = crossover(parent, pop_copy)
        child = mutate(child)
        parent[:] = child # Reemplazando valores en padre
print("Modelo finalizado")
```

Grupo 2 (3)	120	-
Grupo 2 (4)	130	-
Grupo 2 (5)	140	-
Grupo 2 (6)	150	-
Grupo 2 (7)	120	-
Grupo 2 (8)	125	-
Grupo 2 (9)	135	-
Grupo 2 (10)	145	-

\* El grupo 1 son los experimentos contando con el modelo de detección, el grupo 2 es la detección por parte de personas en video vigilancia.

El nivel de normalización de los tiempos de detección con y sin el sistema se muestra en la Tabla II, donde los grados de significancia de la prueba Shapiro-Wilk son mayores a 0.05, indicándonos que los datos tienen distribución normal.

TABLA II. PRUEBA DE NORMALIZACIÓN DE LAS MEDICIONES DE TIEMPO DE DETECCIÓN

prueba	Kolmogorov-Smirnov*			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Sistema	.219	10	.190	.933	10	.477
Tradición	.207	10	.200*	.890	10	.171

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Al contar con una distribución normal de las mediciones de tiempos de detección en ambos grupos de mediciones, se pudo corroborar que podíamos aplicar la prueba T Student.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se determinó que el accionar del cuerpo policial está ligado al monitoreo constante y un plan de confrontación temprano, el cual consiste en la distribución de unidades en los "focos" de peligro.

Asimismo, por observación esta investigación resalta que el proceso de prevención y el accionar temprano están ligados al cuerpo policial, los cuales actúan preventivamente bajo experticia, es decir cuando identifican un potencial peligro basándose en sus años de servicio. Y su accionar está justificado bajo la ley de flagrancia, siempre y cuando estos delitos cumplan los requisitos mínimos, tales como que el crimen cometido está probado de manera indubitable, es decir que no cabe duda alguna de que la persona es culpable. Gracias a esta normativa, los efectivos policiales se encargan de imponer una presencia significativa al momento de hacer frente a un delito.

Durante la recopilación de material en video se realizaron diferentes anotaciones del accionar de los criminales al momento de ejecutar un robo a mano armada. La principal anotación y la cual presentó también mayor dificultad al momento de ser plasmado en un algoritmo es el tiempo de ejecución, los robos a mano armada son de carácter rápido y violento, tienen como característica principal que la persona que lo ejecuta busca sustraer la mayor cantidad de valor material posible, sin importar si su vida o la de la víctima se encuentra en riesgo.

Adicionalmente se recopilaron las principales características (normales y anómalas) de vestimenta, desplazamiento y objetos con los que interactúan según cada escenario estudiado (paso peatonal, minimarket y centro comercial). Una vez obtenidos los datos principales se realizó el diagrama de flujo del proyecto, con la finalidad de identificar las tecnologías y herramientas que debían ser implementadas para el correcto funcionamiento de este.

Para el desarrollo del objetivo específico que buscó implementar una red neuronal para determinar la normalidad en un ambiente se optó por la API de OpenCV, por la función de limpieza de imagen de entrada, que eventualmente fue requerida no solo para la detección, sino para, el seguimiento. Esta API se implementó junto con la biblioteca Numpy, para trabajar las imágenes como vectores.

Para el presente objetivo se utilizó la librería de YOLOv3, asimismo se determinó que no era suficiente para poder detectar todos los objetos que demandaba la naturaleza del proyecto, por lo cual se adicionó un entrenamiento específico a la detección de objetos denominados arma (bate de beisbol, pistola y cuchillo). Para lograr el entrenamiento se tuvo que

utilizar también una herramienta que permita la etiquetación del dataset.

Una vez entrenada la red neuronal para el entorno de reconocimiento de armas se obtuvo un resultado de 81% en promedio al ejecutar muestra de evaluación. En la investigación: "Weapon Detection in Surveillance Camera Images" se obtuvo una eficacia final de 81%. Si bien el entrenamiento no fue arduo y no se detecta armas en variedad como lo hace la anterior investigación mencionada si se puede asegurar una efectividad alta al detectar armas, lo cual era un pilar para el desarrollo de la presente investigación.

Evaluados los escenarios comunes (Paseos peatonales, minimarkets y centros comerciales) se recopilaron videos, de los cuales se analiza el patrón de conducta normal. Una vez analizados los comportamientos según cada escenario, se seleccionó el escenario de paseo peatonal para la obtención de indicadores.

En los paseos peatonales predomina:

- Movimiento recto.
- Paso constante.
- Cantidad de individuos inferior a 3.
- Tiempo de permanencia corto.
- Sin objetos en posesión.
- Distanciamiento individual mayor a 1 metro.

Estos representan una entrada respectiva en la red neuronal, el ajuste de los pesos se hizo mediante la implementación de algoritmos genéticos y backpropagation. Para esta implementación, los videos seleccionados fueron etiquetados cada uno con su respectivo valor (comportamiento normal, comportamiento anormal).

En el caso de algoritmos genéticos, la inicialización de población fue aleatoria, la función de evaluación se determinó según los aciertos realizados basándose en los videos previamente etiquetados. Para este escenario se determinó un estancamiento a partir de las 300 generaciones, es decir los pesos no se ajustaban significativamente, por lo que se procedió a terminar las iteraciones.

La presente investigación resalta la eficacia de entrenamiento de una Red Neuronal empleando Algoritmos Genéticos, debido a que se obtuvo un resultado de aprobación favorable, con un 96.5% de exactitud en las pruebas de detección de un comportamiento anormal, mientras que el entrenamiento empleando backpropagation obtuvo un 63% de confianza en las pruebas realizadas.

Si bien la complejidad de un patrón de comportamiento normal no presenta una dificultad mayor frente a este tipo de entrenamiento, debido a la cantidad de variables y la variación corta de estas, la obtención de los indicadores si fue desafiante.

Determinados los comportamientos normales según escenario, y seleccionando al escenario de paseo peatonal para el estudio, se identificaron las acciones que determinan un robo a mano armada inminente.

Con este punto, la investigación hace énfasis en que la dificultad principal que determina la investigación no es la correcta identificación de un objeto que presente un peligro,

sino el comportamiento previo de un individuo a la manipulación de éste.

## VII. CONCLUSIONES

Del estudio realizado al proceso de detección temprana y/o prevención de delito con arma se llegó a la conclusión de que los efectivos policiales necesitan una herramienta que facilite su labor al momento de ejercer sus funciones como protectores de la ley debido a que solo cuentan con dos estrategias para actuar, una preventiva y otra correctiva. La preventiva consiste en mover al cuerpo policial a los focos de delincuencia/delito, con la finalidad de imponer presencia y evitar algún cometido. La estrategia correctiva consiste en una vez identificado el acto delictivo, proceder a actuar bajo la modalidad de flagrancia, que consiste en detener a los sospechosos del delito en cuestión.

Los indicadores clave de un evento de suceso delictivo bajo la modalidad de robo con arma se trazaron basándose en la amenaza que representa el comportamiento de una persona junto con su interacción con los objetos en el entorno.

Los objetos en un delito efectuado bajo la modalidad de robo con arma que mantienen un rol determinante fueron identificados como: pistola, bate de beisbol y cuchillo. Se obtuvo un 81% de exactitud al ejecutar la muestra de evaluación.

No se situó un comportamiento de escenario estándar, los lugares estudiados fueron: paso peatonal, minimarket y centro comercial. Teniendo los mejores resultados en paso peatonal con un resultado favorable de 96.5% de precisión.

Se determinó que la acción previa ante un delito con arma es difícil de identificar por su naturaleza de corta duración (2-

3 segundos) por lo que el estado de alerta es detonado desde la identificación de comportamiento anómalo en un escenario.

## REFERENCIAS

- [1] Y. Ming y C. Camp Yeakey: "A Comparative Study of the World's Most Dangerous Cities: Violence as the Ultimate Public Health Challenge, *Insights of Anthropology*", vol. 2, n° 1, pp. 67-85, (2018).
- [2] INEI: Estadísticas de Seguridad Ciudadana, Noviembre 2018 – Abril 2019, p. 39, (2019).
- [3] R. Vajhala, R. Maddineni, y P. Raj Yeruva: "Weapon Detection in Surveillance Camera Images, *Bleking Institute of Technology*", 2016.
- [4] M. Nakib, M. Sakibul Hasan, R. Tanvir Khan y J. Uddin: "Crime Scene Prediction by Detecting Threatening Objects Using Convolutional Neural Network", *IEEE Explore, Uk*, 2018.
- [5] O. Stenroos: "Object detection from images using convolutional neural networks, *Aalto University Master's Programme in Computer, Communication and Information Sciences*", 2017.
- [6] M. Grega, A. Matiolanski, P. Guzik y M. Leszczuk: "Automated Detection of Firearms and Knives in a CCTV Image, *Murali Subbarao*", 2015.
- [7] Google Cloud, *Business impacts of machine learning*, Google Cloud, 2017.
- [8] F. Sancho Caparrini: "Introducción al Aprendizaje Automático", 2017/09/23. [En línea]. Available: <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=75>. [Último acceso: 2019/02/18].
- [9] R. Velasquez y G. Acuña: "Entrenamiento de Redes Neuronales Recurrentes para Sistemas Dinámicos Tipo NARMAX Y NOE, *SBIC Sociedad Brasileira de Inteligencia Computacional*", 2016.
- [10] J. Gelvez Prieto: "Redes neuronales convolucionales y redes neuronales recurrentes en la transcripción automática, *Universidad Nacional de Colombia*", 2019.
- [11] Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, *Código Penal Peruano*, Lima: Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, 2016.

# AUTHORS

## Walter Leturia-Rodriguez



Peruano, Ingeniero de Software egresado de la Universidad Privada Antenor Orrego en 2020, apasionado en el campo de la inteligencia artificial. Actualmente cursa el máster en inteligencia artificial en la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR) y trabaja en análisis de datos y procesamiento de imágenes morfológicas aplicadas a la resolución de problemas en el área clínica.

## Luis Urrelo-Huiman



Peruano, Ingeniero de Computación y Sistemas, maestro en Ingeniería de Sistemas con mención en Ingeniería de Software, maestro en Sistemas con mención en Sistemas de Información, Doctor en Ciencias e Ingeniería. Especialista en Gestión de Proyectos Tecnológicos, Web Semántica, Big Data, Analítica e Inteligencia Artificial y Computación Paralela, consultor en despliegue de sistemas informáticos, expositor y docente a nivel de Pregrado y Posgrado.

#### ARTICLE HISTORY

Received 04 April 2021

Accepted 17 May 2021

#### **Karen Calva**

EcuAnalytics  
Quito, Ecuador  
karenpris5792@hotmail.com  
ORCID: 0000-0002-7280-4724

#### **Miguel Flores**

Grupo MODES, SIGTI, Departamento  
Matemática, Facultad de Ciencias  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
miguel.flores@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-7742-1247

#### **Hugo Porras**

EcuAnalytics - INsight  
Quito, Ecuador  
hugo-sxe@hotmail.com  
ORCID: 0000-0002-6278-7940

#### **Ana Cabezas-Martínez**

Departamento de Estudios Políticos  
Facultad Latinoamericana de Ciencias  
Sociales  
Quito, Ecuador  
ana.cabezas90@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-5062-4530

# Modelo de predicción del rendimiento académico para el curso de nivelación de la Escuela Politécnica Nacional a partir de un modelo de aprendizaje supervisado

## *Academic performance prediction model for the propedeutic course of the Escuela Politécnica Nacional and the implementation of an automated supervised learning model*

# Modelo de predicción del rendimiento académico para el curso de nivelación de la Escuela Politécnica Nacional a partir de un modelo de aprendizaje supervisado

## Academic performance prediction model for the propedeutic course of the Escuela Politécnica Nacional and the implementation of an automated supervised learning model

Karen Calva  
EcuAnalytics  
Quito, Ecuador  
karenpris5792@hotmail.com  
ORCID: 0000-0002-7280-4724

Miguel Flores  
Grupo MODES, SIGTI, Departamento  
Matemática, Facultad de Ciencias  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
miguel.flores@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0002-7742-1247

Hugo Porras  
EcuAnalytics - INsight  
Quito, Ecuador  
hugo-sxe@hotmail.com  
ORCID: 0000-0002-6278-7940

Ana Cabezas-Martínez  
Departamento de Estudios Políticos  
Facultad Latinoamericana de Ciencias  
Sociales  
Quito, Ecuador  
ana.cabezas90@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-5062-4530

**Resumen**— En el presente artículo se aplica un modelo de aprendizaje automático supervisado que predice la probabilidad de que un estudiante de la Escuela Politécnica Nacional apruebe el curso de nivelación. Para llevar a cabo esta tarea se describe una metodología estadística basada en gradient boosting y regresión logística donde el problema de aprendizaje se formula en términos de la minimización de la función de error mediante el método del descenso del gradiente. Para explicar la probabilidad de aprobación se toman en consideración dimensiones sugeridas por la literatura relacionadas a variables socioeconómicas, demográficas, familiares, institucionales y de desempeño académico en la postulación y en el curso de nivelación que tiene el estudiante. Los resultados del modelo de árbol de decisión muestran un nivel de precisión del 96% en el conjunto de datos de prueba, con un área bajo la curva ROC de 89.1, siendo estos niveles generalmente aceptados. Por otro lado, los resultados de la regresión logística sugieren que factores como la calificación ponderada del primer bimestre, la calificación con la que postuló, su jornada de estudios, su ubicación geográfica de origen, entre otras, afectan de una u otra manera a la probabilidad del estudiante, de aprobar el curso de nivelación.

**Palabras clave**— *rendimiento académico, regresión logística, árboles de decisión, GBM, método del descenso del gradiente.*

**Abstract**— In this article, a supervised machine learning model is applied that predicts the probability that a student of the National Polytechnic School will pass the leveling course. To carry out this task, a statistical methodology based on gradient boosting and logistic regression is described where the learning problem is formulated in terms of the minimization of the error function through the gradient descent method. To explain the probability of approval, dimensions suggested by the literature related to socioeconomic, demographic, family, institutional and academic performance variables are taken into consideration in the application and in the leveling course that the student has. The results of the decision tree model show a precision level of 96% in the test data set, with an area under the ROC curve of 89.1, these levels being generally accepted. On the other hand, the results of the logistic regression suggest that factors such as the weighted qualification of the first two months, the qualification with which they applied, their study schedule, their geographical location of origin, among others, affect in one way or another the probability of the student to pass the leveling course.

**Keywords**— *academic performance, logistic regression, decision trees, GBM, gradient descent method*

K. Clava, M. Flores, H. Porras and A. Cabezas-Martínez, “Modelo de predicción del rendimiento académico para el curso de nivelación de la escuela politécnica nacional a partir de un modelo de aprendizaje supervisado”, Latin-American Journal of Computing (LAJC), vol. 8, no. 2, 2021.

### I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el rendimiento académico de los estudiantes es uno de los indicadores de calidad más representativos del quehacer académico de las universidades [1], y de este, principalmente en los Cursos de Nivelación (CN) o Propedéutico, depende la oferta académica de los centros de estudio.

El rendimiento académico se considera como el resultado cuantitativo de la comprensión del contenido de los programas de estudio, representado como notas dentro de una escala convencional; mismo que es generado del proceso de enseñanza aprendizaje. Este es obtenido de las tareas, evaluaciones y otras actividades planificadas por los docentes. El rendimiento académico es uno de los factores que muestran el nivel de conocimiento adquirido por el estudiante. Además, se lo considera como uno de los criterios para determinar el éxito o fracaso de los estudiantes a través de un sistema de evaluación [2]. Actualmente, uno de los problemas a los cuales hacen frente las Instituciones de Educación Superior, para el efecto universidades, es el bajo rendimiento académico en los primeros años de la universidad. Esto conlleva a que durante los primeros semestres de formación profesional de los estudiantes se evidencie una “barrera académica”, misma que obstaculiza la oferta de cupos esperada por las universidades, ya que a corto plazo es imposible para estas instituciones incrementar los espacios físicos, donde se imparte la cátedra, así como, la planta docente [3].

El presente artículo busca entender el rendimiento de los estudiantes en el CN de la Escuela Politécnica Nacional; a la vez que se ajusta un modelo que pueda predecir la probabilidad de reprobación de estos. Con este modelo se busca tomar acciones tempranas en su beneficio y planificar de mejor manera la oferta de cupos del próximo periodo en el CN y en cada carrera.

En este sentido, en la sección dos se presentan algunos factores influyentes sobre el rendimiento académico sugeridos por la literatura, así como, la preponderancia de la regresión logística como metodología de análisis de este problema. En la sección tres se explica las metodologías empleadas para predecir la reprobación del curso de nivelación (gradient boosting machine) y para realizar inferencia sobre los factores influyentes sobre ella (regresión logística). En la cuarta sección se explica la construcción de las variables dependiente e independientes, así como la construcción de los modelos estadísticos aplicados. Finalmente, en la quinta sección, se presentan los resultados de ambos modelos y en la sexta sección se describe las conclusiones y futuras investigaciones.

### II. MARCO TEÓRICO

#### A. Factores influyentes en el rendimiento académico

En la actualidad, el rendimiento académico de los estudiantes es uno de los indicadores de calidad y eficiencia más importantes del quehacer académico de las universidades [1], y de este, principalmente en los Cursos de Nivelación (CN) o Propedéutico, depende la oferta académica de los centros de estudio en el contexto ecuatoriano. El bajo rendimiento académico durante los primeros años de estudios universitarios representa un grave problema ya que, el alto porcentaje de reprobados en las asignaturas impartidas en los semestres iniciales genera una “barrera académica”, que imposibilita que las universidades cuenten con la oferta de

cupos deseada, ya que no se dispone de los recursos físicos y académicos necesarios [3].

En este sentido, se conoce que el rendimiento académico es considerado como el producto de la asimilación del contenido de los programas de estudio, expresado como un resultado cuantitativo, de la ejecución del proceso de enseñanza aprendizaje, denominado como calificaciones. Estos son obtenidos como resultado de las evaluaciones y otras actividades realizadas durante el quehacer docente. En este contexto, se entiende como rendimiento académico al nivel de conocimiento obtenido por el estudiante durante la jornada académica. Así mismo, es considerado como uno de los criterios para determinar el éxito o fracaso de los estudiantes [2]. Es así como, la predicción y el entendimiento de los factores que ayudan a explicar el rendimiento académico se ha vuelto relevante en el contexto de la educación superior, motivo por el cual son varios los autores que han buscado predecirlo y a la vez de explicarlo.

La referencia [1] menciona que el rendimiento académico es el resultado de la combinación de distintos factores multicausales que incluyen aspectos sociodemográficos, psicosociales, pedagógicos, institucionales y socioeconómico. Este mismo autor menciona que ejemplos de estos factores yacen sobre temáticas como la motivación, ansiedad, entusiasmo y autoestima del estudiante, características del docente, percepción del clima académico, y más situaciones que se ven directamente influenciadas por la toma de decisiones institucionales.

Por otro lado, en un caso de estudio internacional (Italia), otros autores como [4] han estudiado que las variables explicativas del rendimiento académico de los estudiantes de educación superior parten de determinantes personales, su bagaje y redes familiares, e intrínsecos a su institución de estudio. En principio, los determinantes personales incluyen factores como: las aptitudes académicas, habilidades y comportamientos; mientras que el bagaje y las redes familiares hablan de la atención de los padres, el contexto socioeconómico, etc. Las variables sociodemográficas en cambio incluyen: género, edad, estado civil, etc. Finalmente, los factores intrínsecos a la institución se relacionan a la estructura del semestre, el pènsun de estudios, etc.

Para el caso ecuatoriano, se han analizado las distintas causas de deserción en el curso de nivelación previo al ingreso al primer año de las facultades del área técnica de la Universidad de Cuenca, donde se ha argumentado que la deserción es un problema que ocurre en esta etapa en particular, causándole pérdidas de tiempo y recursos al estudiante y a la institución universitaria. Sus resultados sugieren que algunas de las causas de deserción yacen en la carencia de bases en temas de matemáticas, entrar a una carrera que no es de su preferencia, la existencia de un sistema de evaluación complejo y falta de recursos económicos.

Al final, el determinar analíticamente los factores que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes permitirá implementar medidas adecuadas para combatir la alta tasa de reprobación, y ayudará a predecir con antelación el número de estudiantes que aprobarán el CN y los que lo harán en segunda matrícula. Al conocer esta predicción se busca tomar acciones tempranas en su beneficio y planificar

de mejor manera los cupos del próximo periodo en el CN y en cada carrera.

Hasta donde llega el conocimiento de este trabajo, pese al extenso estudio del rendimiento académico, la mayor parte de investigaciones realizadas se basan en el uso de estadística descriptiva y modelos de regresión logística [5], [3]. En esta línea, se busca aportar a la literatura con una metodología de predicción con mayor exactitud y robustez, que permita capturar efectos no lineales en los datos [6], a la par del uso de metodologías clásicas para realizar inferencia sobre los factores que influyen en el rendimiento académico.

### III. METODOLOGÍA ANALÍTICA

En esta sección se describen las dos metodologías utilizadas en este trabajo: regresión logística y gradient boosting machine, así como algunas nociones y definiciones teóricas necesarias para comprender la construcción de los modelos de predicción e inferencia.

#### A. Problemas de clasificación y su modelamiento

Para comenzar la explicación de las metodologías es preciso definir el aprendizaje estadístico y los problemas de clasificación.

Acorde a la referencia [7], el concepto de aprendizaje estadístico o “statistical learning” se refiere a un amplio conjunto de herramientas utilizadas para entender datos. Dentro de él existen dos tipos de problemas supervisados (i.e. que poseen una variable dependiente que puede ser estimada): regresión y clasificación. En el problema de regresión, se estiman modelos que puedan predecir una variable de respuesta cuantitativa, mientras que en el problema de clasificación se busca predecir una variable dependiente categórica.

Así, para modelar una variable dependiente categórica existen varias técnicas, de las cuales se explican dos en específico, útiles para las finalidades de este estudio: gradient boosting machine y modelos de regresión logística.

Al final, se explican las metodologías de selección y evaluación de modelos.

#### B. Gradient Boosting Machine

Para comprender estos modelos se revisa primero la definición de los métodos aditivos generalizados y de los métodos basados en árboles, para luego explicar su combinación en los modelos gradient boosting machine (GBM).

#### C. Métodos aditivos generalizados

Según la referencia [7], los modelos de regresión lineal juegan un papel importante en muchos análisis de datos proporcionando reglas de predicción y clasificación. Y aunque estos son atractivos por su simpleza, a menudo fallan en situaciones de la vida real porque los efectos de las covariables sobre la variable dependiente no suelen ser lineales. Es por ello que a continuación, se describen métodos estadísticos flexibles y automáticos que pueden usarse para identificar y caracterizar los efectos de regresión que no son lineales. Estos métodos usualmente se denominan como “modelos aditivos generalizados”, los cuales están descritos por la ecuación 1.

$$E(Y|X_1, X_2, \dots, X_p) = \alpha + f_1(X_1) + f_2(X_2) + \dots + f_p(X_p) \quad (1)$$

Donde  $X_1, X_2, \dots, X_p$  representan a las variables predictoras o independientes,  $Y$  es la variable de salida o dependiente y las  $f_j$ 's son funciones suaves no especificadas (no paramétricas).

Estos modelos aditivos proporcionan una extensión útil de los modelos lineales, haciéndolos más flexibles y conservando gran parte de su capacidad de interpretación.

*Métodos basados en árboles:* La referencia [7] proporciona también un resumen completo de los métodos basados en árboles. Este tipo de metodologías busca dividir el espacio de variables en un conjunto de rectángulos y luego ajustan un modelo simple (como una constante) en cada uno. Estos son conceptualmente simples pero potentes, y una ventaja clave del árbol binario recursivo es su interpretabilidad. Este tipo de modelos puede ser utilizado tanto para regresión como para clasificación.

Los árboles de clasificación en específico buscan decidir automáticamente el cómo dividir las variables y en qué puntos, además de la topología (o forma) que el árbol debería tener, de tal manera que este sea capaz de predecir una variable de respuesta categórica. Para ello, se usa como función de pérdida una medida de impureza conocida como el error de clasificación, la cual mide la proporción de observaciones mal clasificadas en el árbol estimado.

#### D. Modelos boosting y árboles aditivos

Acorde a la referencia [7], el boosting es uno de los modelos de aprendizaje para clasificación más poderosos introducidos en los últimos veinte años. Su motivación nace de usar un procedimiento que combine los resultados de muchos clasificadores “débiles” para producir una clasificación “fuerte”. Su éxito realmente no es tan misterioso ya que es una manera de estimar una expansión aditiva en un conjunto de funciones “base” elementales, donde las funciones bases son los clasificadores individuales  $G_m(x) \in \{-1, 1\}$ . Típicamente estos modelos se estiman minimizando una función de pérdida promedio sobre los datos de entrenamiento.

#### E. Algoritmo Gradient Boosting

Acorde a la referencia [7], el algoritmo gradient boosting es una técnica de aprendizaje automático utilizado para problemas de regresión y clasificación, donde este produce un modelo predictivo en forma de un conjunto de modelos de predicción débiles, los cuales son típicamente árboles de decisión. Este modelo es construido de forma escalonada como lo hacen otros métodos de boosting, y los generaliza permitiendo la optimización arbitraria de una función de pérdida diferenciable. La referencia [6] especifica que este tipo de modelos produce resultados competitivos y altamente robustos para problemas de regresión y clasificación.

De la implementación de este algoritmo se pueden destacar las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- El algoritmo proporciona una buena precisión predictiva.
- Mucha flexibilidad: se puede optimizar las diferentes funciones de pérdida y los hiperparámetros para que la función se ajuste de mejor forma.

K. Clava, M. Flores, H. Porras and A. Cabezas-Martínez, “Modelo de predicción del rendimiento académico para el curso de nivelación de la escuela politécnica nacional a partir de un modelo de aprendizaje supervisado”, Latin-American Journal of Computing (LAJC), vol. 8, no. 2, 2021.

- No se requiere procesamiento previo de datos: a menudo funciona muy bien con valores categóricos y numéricos tal como están.
- Maneja datos faltantes: no se requiere imputación. Es recomendado en bases de datos con datos atípicos.

Desventajas:

- El algoritmo GB continúa mejorando para minimizar todos los errores. Esto puede enfatizar a los valores atípicos y causar un sobreajuste. Para solucionar esta problemática se incorpora validación cruzada.
- Computacionalmente caro: el algoritmo a menudo requiere muchos árboles (> 1000) que pueden ser exhaustivos en tiempo y memoria.
- Su alta flexibilidad da como resultado muchos parámetros que interactúan e influyen fuertemente en el comportamiento del enfoque (número de iteraciones, profundidad del árbol, parámetros de regularización, etc.). Esto requiere una búsqueda exhaustiva durante el ajuste.
- Al ser la combinación de cientos e incluso miles de modelos, no es intuitivamente interpretable, para lo cual se ajustará otro modelo.

#### F. Modelos de regresión logística

Además, de los modelos basados en árboles, existen otras metodologías cuando se da el caso en que la variable dependiente  $Y$  cae dentro de una de dos (o más) categorías. Este es el caso del modelo de regresión logística, donde se busca estimar la probabilidad de que  $Y$  pertenezca a una categoría en particular, asegurando que los valores de esta probabilidad se encuentren entre cero y uno. Los modelos de regresión logística son usados en su mayoría para el análisis de datos y la inferencia, cuyo objetivo es entender el rol de variables de entrada importantes al explicar la variable respuesta  $Y$  [8].

#### G. Evaluación y selección de modelos

Luego de haber modelado los datos, se debe escoger el mejor modelo a ser utilizado, lo cual se consigue a través de varias técnicas de evaluación, descritas en esta sección y consultadas en [7].

#### H. Estimación del error de predicción en la muestra

La forma general para la estimación del error en la muestra se describe en la ecuación 2.

$$\hat{Err}_{in} = \overline{err} + \hat{\omega} \quad (2)$$

Donde  $\hat{\omega}$  es la estimación del optimismo promedio. Usando este criterio se ajusta el error de entrenamiento por un factor proporcional al número de funciones base usadas.

En el mismo sentido, el criterio de información de Akaike es un estimador similar pero más generalmente aplicable de  $Err_{in}$  cuando se usa una función de pérdida del logaritmo de la verosimilitud.

Para el caso de la regresión logística, usando el logaritmo de verosimilitud binomial se tiene que el criterio de información de Akaike viene definido por la ecuación 3.

$$AIC = -2 \frac{2}{N} \loglik + 2 \frac{d}{N} \quad (3)$$

Para usar este criterio en la selección de un modelo se escoge aquel modelo que dé el menor AIC sobre el conjunto de modelos considerados.

#### I. Validación cruzada

Probablemente la forma más simple y ampliamente utilizada para estimar el error de predicción (en el caso de esta investigación, para el modelo GBM) es la validación cruzada. Este método estima directamente el error en varias muestras, estimando así un error de generalización promedio cuando el modelo  $\hat{f}(X)$  es aplicado a una muestra de prueba independiente de la distribución conjunta de  $X$  e  $Y$ . Así, se espera que la validación cruzada estime el error condicional con el conjunto de datos de entrenamiento fijo; sin embargo, las estimaciones de la validación cruzada estiman bien únicamente la esperanza del error de predicción.

Para llevar a cabo de manera correcta la validación cruzada se divide aleatoriamente la muestra en  $K = 10$  grupos de validación cruzada (aunque se podrían utilizar más o menos grupos). Para cada grupo se encuentra un conjunto de “buenos” predictores que muestren una correlación invariada considerable con respecto a la variable dependiente usando todas las observaciones, excepto las que están en el grupo de análisis. Luego, usando solo el subconjunto de predictores, se construye un clasificador multivariado, usando todas las observaciones excepto las que están en el grupo de análisis. Al final se usa el clasificador para predecir la variable dependiente en las observaciones del grupo  $k$ .

#### J. Algoritmo genético para selección del mejor modelo lineal

La referencia [8] plantea, por el lado de la regresión logística, cuando se modelan este tipo de problemas, se estiman varios modelos en búsqueda de un modelo parsimonioso que envuelva un subconjunto de variables de entrada adecuado. Es por ello que para los objetivos de este estudio y para realizar inferencia sobre los determinantes de la probabilidad de reprobación del curso de nivelación de la Escuela Politécnica Nacional, se ha decidido utilizar una aproximación a través de un algoritmo genético.

En este contexto, cuando se piensa en la selección del mejor modelo, la primera idea en mente sería una aproximación a “fuerza bruta”, es decir, estimar todos los modelos posibles y luego seleccionar de entre ellos, el mejor, a partir de algún criterio de información. Lamentablemente, este ejercicio puede ser computacionalmente inviable. Para ello, se usa un algoritmo genético que explora solo un subconjunto de todos los posibles modelos, con sesgo hacia los mejores, que gracias a un criterio de selección se vuelve mucho más rápido. Este algoritmo genético es eficiente explorando espacios discretos y puede converger aún con problemas muy complicados.

#### K. Evaluación del desempeño de modelos de clasificación

Finalmente, en esta sección se analizan las medidas existentes para evaluar los resultados de un proceso de modelización para un problema de clasificación. El objetivo es cuantificar de alguna manera la calidad del ajuste de la solución que se haya encontrado y hacer posible la

comparación entre varios modelos, sean de la misma metodología o no.

Cuando se evalúan modelos de clasificación, las medidas de desempeño se calculan comparando las predicciones generadas por este para la muestra de prueba o validación, contra las clases verdaderas del mismo conjunto. Algunas medidas comunes para llevar a cabo esta tarea se describen a continuación, obtenidas de [7].

**L. Matriz de confusión**

La matriz de confusión es una tabla de doble entrada que permite observar los errores cometidos por el modelo de clasificación entrenado. Esta matriz es conocida además como la matriz de errores, la cual muestra el número de observaciones correcta e incorrectamente clasificadas, donde a cada celda se le asigna una etiqueta distinta. De estas celdas se derivan algunas métricas de desempeño que permiten cuantificar la bondad de ajuste del modelo. El uso de estas medidas dependerá del problema que se esté analizando.

**M. Curvas ROC**

Una curva Receiver Operating Characteristic o ROC mide el rendimiento respecto a los falsos positivos FP y verdaderos positivos TP. Su diagonal se interpreta como un modelo generado aleatoriamente, mientras que valores inferiores a ella se consideran peores que una estimación aleatoria de nuevos datos.

**IV. DATOS, VARIABLES Y CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS**

La Dirección de Gestión de la Información y Procesos Informáticos y tecnológicos de la Escuela Politécnica Nacional a través del Sistema de Administración e Información Estudiantil (SAEW); ésta es la fuente subyacente que sirve como insumo de las variables que se consideran en el presente estudio.

Para llevar a cabo el modelamiento se divide aleatoriamente el conjunto de datos en tres partes: para el conjunto de entrenamiento y validación se toma aleatoriamente el 70% y 30% de los periodos 2017-A, 2017-B, 2018-A y 2018-B respectivamente; y para el conjunto de prueba se toma el periodo 2019-A.

**A. Evaluación del desempeño de modelos de clasificación**

La variable dependiente Y representa el rendimiento académico del estudiante en el Curso de Nivelación (CN), por tanto, es una variable binaria que toma el valor de 1 para los individuos etiquetados como Reprueba y 0 para los estudiantes etiquetados como Aprueba:

$$Reprueba = \begin{cases} 1 & \text{si el estudiante reprueba,} \\ 0 & \text{si no.} \end{cases} \quad (4)$$

En la Tabla I, se puede observar la distribución de los estudiantes que aprueban/reprueban el curso de nivelación por semestre. En esta se puede notar que cada semestre es mayor el porcentaje de estudiantes que reprueban con respecto al total de inscritos.

TABLA I. TASA DE APROBACIÓN POR SEMESTRE

Muestra	Periodo	Número de estudiantes	Rendimiento académico	Número de estudiantes	Porcentaje de estudiantes
Entrenamiento y validación	2017-A	1505	Aprueba	228	15.1%
			Reprueba	1277	84.9%
	2017-B	2364	Aprueba	567	24.0%
			Reprueba	1797	76.0%
	2018-A	2389	Aprueba	493	20.6%
			Reprueba	1896	79.4%
	2018-B	2367	Aprueba	313	13.2%
			Reprueba	2054	86.8%
Prueba	2019-A	2387	Aprueba	582	24.4%
			Reprueba	1805	75.6%

**B. Variables independientes**

Para el presente análisis se consideran como variables explicativas o independientes a las siguientes, acorde a lo sugerido por estudios previos.

- *Sociodemográficas:* Sexo, Estado civil, Etnia y Edad.
- *Bagaje y familiares:* Número de miembros en el núcleo familiar, Ingreso mensual, Tipo colegio y Residencia.
- *Académicas:* Promedio ponderado del primer bimestre, Calificación de postulación, Calificación del primer bimestre, Número de materias tomadas, Número de matrícula, Segmento poblacional y Número de créditos' por materia.
- *Institucionales:* Curso de nivelación, Semestre del año, Jornada, Materia y Carrera a la que aspira.

**C. Construcción del modelo predictivo**

La construcción del modelo se realiza mediante aprendizaje supervisado, el cual parte de casos particulares (experiencias) y obtiene casos generales (modelos o reglas) [10]. El aprendizaje supervisado no depende de un experto para “deducir” una regla (modelo o hipótesis) que sirva para describir el conocimiento; por tanto, la ventaja del aprendizaje supervisado es que puede automatizarse [11]. Ya que la variable a predecir Reprueba es binaria, se emplea un modelo de aprendizaje supervisado para clasificación.

El algoritmo de Gradient Boosting de la sección anterior es el escogido como modelo de predicción de la variable Reprueba. Este es un algoritmo popular de aprendizaje automático que ha demostrado ser exitoso en muchos campos y es uno de los métodos líderes para ganar las competencias en Kaggle.

Para explicar los factores que influyen sobre la probabilidad de la variable Reprueba se utiliza en cambio un modelo de regresión logística, dada su alta interpretabilidad.

**V. RESULTADOS**

**A. Resultados del modelo predictivo**

Para el modelo GBM se observará primero el número de árboles necesarios para que el modelo alcance su óptimo. Específicamente, en la Figura 1, la línea vertical indica el número de árboles que se necesitan para que la función de pérdida alcance su punto mínimo.

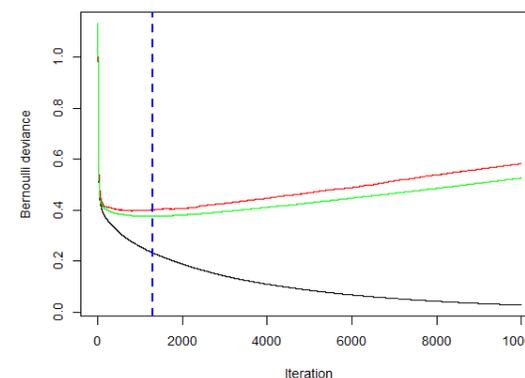


Fig. 1. Error de entrenamiento (negro), error de validación (rojo) y error de prueba (verde) con validación cruzada a medida que se agregan más árboles al algoritmo GBM. El número óptimo de árboles es 1288.

Una característica fundamental en el modelado de GBM es la importancia de las variables. En la Figura 2, se muestran las variables en función de su influencia relativa, que es una medida que indica la importancia relativa de cada variable en el entrenamiento del modelo. Las variables con la mayor disminución promedio en el error de clasificación se consideran las más importantes.

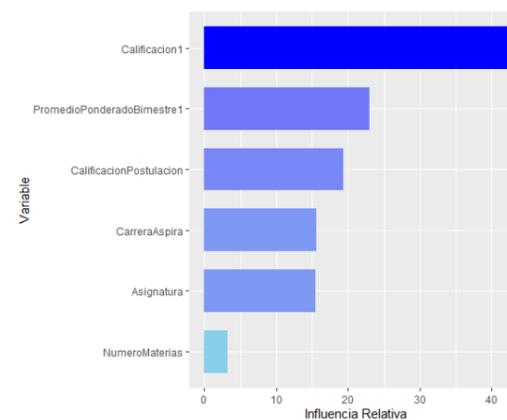


Fig. 2. Las variables con la mayor disminución promedio en el error de clasificación se consideran las más importantes.

Respecto al desempeño del modelo, se evalúa primero los resultados de la matriz de confusión. La Tabla II muestra algunos indicadores de la matriz de confusión para los datos de entrenamiento y de prueba. El punto óptimo de corte sugiere que la tasa de estudiantes que reprueban es mayor a la de los que aprueban. El valor del punto se escogió en función de minimizar el error de clasificación.

TABLA II. ESTADÍSTICOS DE LA MATRIZ DE CONFUSIÓN

Muestra	Optimal Cut Off	MSE	TPR	FPR	Specificity
Entrenamiento	0.69	0.02	0.99	0.04	0.96
Prueba		0.10	0.96	0.09	0.94

Para el error de clasificación (MSE) de la tabla anterior, se tiene que este es ligeramente menor en el conjunto de entrenamiento que en el conjunto de prueba; ya que el conjunto de datos prueba no ha sido utilizado en el proceso de entrenamiento. Así, se puede concluir que el desempeño del modelo es bueno y este no se encuentra sobreajustado al conjunto de datos de entrenamiento.

Los indicadores para los verdaderos positivos (TPR) y los verdaderos negativos (FPR) nos muestran que hay más tendencia a cometer el error de predecir que Reprueba cuando en realidad no es así, es la razón por la que la tasa de los correctamente clasificados como Reprueba (Especificidad) es tan cercana a uno. Esta conclusión se ve reforzada en la Figura 3.

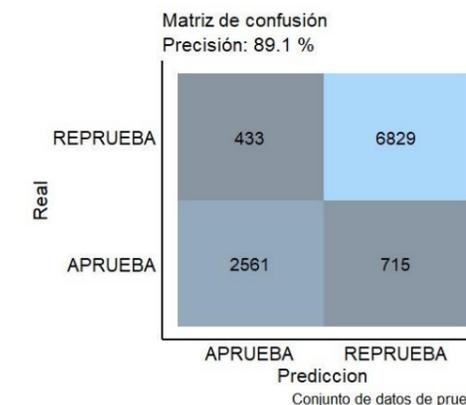


Fig. 3. Matriz de confusión

En la Figura 4, se muestra la curva ROC para los datos de prueba. Dado que el área bajo la curva es cercana a uno, se puede afirmar que el rendimiento del modelo es bueno con respecto a los TPR y los FPR. Así, se ha encontrado un clasificador con un rendimiento muy bueno sin que este se sobreajuste.

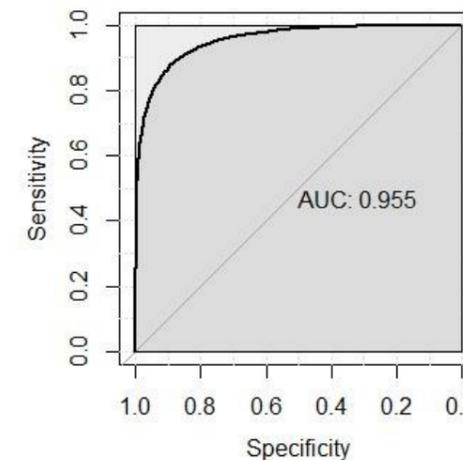


Fig. 4. Curva ROC en la muestra de validación

TABLA III. RESULTADOS DEL MODELO INFERENCIAL: SE MUESTRAN LOS NIVELES DE SIGNIFICANCIA AL 0.01, 0.05 Y 0.1

Variable	Estimador	Pr(> z )	Significancia
(Intercepto)	8.3894	0	***
<i>Sociodemografía</i>			
<b>Edad</b>	0.0239	0.01266	**
<b>Lugar de residencia:</b>			
Otras provincias			
Extranjero	0.5565	0.0066	***
Quito	-0.1004	0.0249	**
<b>Estado civil:</b> Casado			
Divorciado	-3.2269	0.0007	***
Soltero	-1.7953	0	***
Unión libre	-1.9019	0.0032	***
<i>Bagaje y familia</i>			
<b>Número de miembros en la familia</b>	0.1391	0	***
<b>Tipo de colegio:</b>			
Extranjero			
Fiscal	0.6011	0.0379	**
Fiscomisional	0.7508	0.0121	**
Municipal	0.6684	0.026	**
Particular	0.7588	0.0092	***
<i>Características académicas</i>			
<b>Promedio ponderado del primer bimestre</b>	-0.9649	0	***
<b>Calificación de postulación</b>	0.0002	0	***
<b>Calificación del primer bimestre</b>	-0.8633	0	***
<b>Número de materias tomadas:</b> Una			
Dos	0.8765	0.0093	***
Tres	1.4357	0	***
Cuatro	2.3101	0	***
Cinco	2.9183	0	***
<b>Número de matrícula:</b>			
Primera			
Segunda	0.8121	0	***
Tercera	-0.0533	0.7697	
<b>Segmento poblacional:</b>			
Acción afirmativa			
GAR	-0.6059	0.0073	***
Mérito territorial	-0.4715	0.0071	***
Población general	-0.2332	0.0107	**
<i>Características institucionales</i>			
<b>Curso de nivelación:</b>			
Ingeniería y Ciencias			
Nivel Tecnológico Superior	0.1611	0.0022	***
<b>Semestre del año:</b> A B	-0.3436	0	***
<b>Jornada:</b> Matutina, Vesp.	-0.1314	0.0015	***
<b>Materia:</b> Física			
Matemática	-0.635	0	***
Fundamentos de Química	-1.6994	0	***
Geometría y Trigonometría	-0.2912	0	***
Lenguaje y Comunicación	-2.8853	0	***

### B. Resultados del modelo inferencial

El modelo inferencial busca mejorar el entendimiento de los factores que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes del Curso de Nivelación de la Escuela Politécnica Nacional. La regresión logística es la técnica que se ha seleccionado para cumplir con este objetivo.

Este modelo permite crear un perfil de los estudiantes en base a las variables predictivas; tal que todas en una sola ecuación conjunta explican la probabilidad de aprobar o reprobado de cada estudiante. El conocimiento de los coeficientes y su ponderación es muy importante para conocer los factores que influyen en la reprobación y con ello poder recomendar acciones que ayuden a reducirla. Por ello, en la Tabla II se muestra el mejor modelo inferencial de todos los posibles, estimado a partir de una regresión logística y escogido de un conjunto de estimaciones por tener el mejor criterio de información de Akaike, a través de un algoritmo de selección genético [9].

Para la interpretación de los resultados, se partirá de varios puntos de los puntos de vista revisados en la literatura. Al final, el estudio de estas características puede ayudar desde dos enfoques. A nivel micro, sus conclusiones pueden ser utilizadas para mejorar los planes de apoyo y contingencia de las instituciones de educación superior en temas de logística, admisión y cuidado de sus estudiantes; y desde el punto de vista macro, a formular políticas de educación superior que permitan mejorar la calidad de la educación, tener mayores tasas de aprobación y, por ende, mejores resultados macroeconómicos, a la par de cumplimiento de objetivos de desarrollo social.

Así, para entender la problemática desde un espectro más amplio, se cita principalmente a [4], quienes explican en uno de sus más recientes estudios que la decisión de una persona sobre invertir en la educación terciaria, desde el punto de vista económico, es un proceso secuencial que se va haciendo sobre niveles descendientes de incertidumbre sobre los costos de educación y sus retornos futuros, debido a que los estudiantes actualizan su información disponible y a la vez, su decisión, con cada semestre que pasa. Es decir, un estudiante acabará sus estudios sí y solo sí el valor presente neto de la inversión en su educación (tanto de fuentes pecuniarias como no) es superior a cero. Evidentemente, los costos pecuniarios tienen alta relevancia en esta decisión. Acorde a la referencia [12], [13], un estudiante tendrá éxito en la universidad si logra integración académica y social, obedeciendo a características de su pasado escolar y contexto social. Al final, todos estos costos y determinantes podrían en algún momento, causar que el estudiante falle uno u otro curso, y los determinantes de esta situación son los que se tomarán como guía para interpretar los resultados.

K. Clava, M. Flores, H. Porras and A. Cabezas-Martínez, “Modelo de predicción del rendimiento académico para el curso de nivelación de la escuela politécnica nacional a partir de un modelo de aprendizaje supervisado”, Latin-American Journal of Computing (LAJC), vol. 8, no. 2, 2021.

En primer lugar, se analizan las variables sociodemográficas de los estudiantes y su efecto sobre su probabilidad de reprobado.

La edad presenta un signo significativo y positivo, lo cual sugiere que personas mayores en el curso de nivelación tienen una mayor probabilidad de reprobado. En línea con las referencias [14], [4], esto puede deberse a que personas con más edad pueden sentir la obsolescencia de su conocimiento previo, lo que ocasionará que se incremente su dificultad de estudio. Estudiantes más jóvenes en cambio son más conscientes de la actualidad de sus propias habilidades y aptitudes, lo que les permitirá decidir, estando mejor informados al momento de cursar la nivelación. Sin embargo, cabe la posibilidad de que esta variable interactúe con otros factores sociodemográficos.

Cuando se revisa el lugar de residencia del estudiante, se puede observar que el residir en Quito, reduce la probabilidad de reprobado el curso de nivelación, con respecto a personas de otras ciudades. Este resultado va acorde a la literatura económica, ya que según [15] en un estudio para universidades italianas, se sugiere que personas que provienen de lugares lejanos al de la ubicación de la universidad tienen mayor probabilidad de fallar en sus cursos debido a las dificultades que estos atraviesan para ajustarse a nuevos ambientes con más responsabilidades.

Respecto al estado civil, los resultados muestran que estudiantes divorciados, solteros y en unión libre presentan una menor probabilidad de reprobado que estudiantes casados. Esto podría deberse a que el estudiante presenta, al estar casado, mayores responsabilidades y, por ende, les dedica menos tiempo a sus estudios, factor que será explicado más adelante como comportamiento y motivación del estudiante.

En segundo lugar, se analizan las variables relacionadas al bagaje de los padres y las redes familiares.

Empezando por el tipo de colegio donde estudió el individuo previo a ingresar a la universidad, se puede observar que, el estudiar en un colegio fiscal, fiscomisional, municipal o particular, respecto a uno extranjero, presenta en promedio mayor probabilidad de reprobado. Este resultado podría venir de varios factores, siendo los más relacionados, aquellos que acorde a [4], encajan dentro del bagaje educativo y económico de los padres o familia a cargo del estudiante. En efecto, se argumenta que en familias con mayores recursos económicos y cuyos miembros han alcanzado mayores niveles de educación, las nuevas generaciones tienen mayor probabilidad de terminar sus carreras, debido a que estos últimos pueden tener como beneficios, guía y asesoría al momento de la postulación y estudios, además de que, con mayores niveles de ingreso, la carga de costos será también más leve. La referencia [14] sostiene que aquellos estudiantes que tengan el apoyo de sus padres en su elección de carrera tendrán una probabilidad mayor de tener éxito en comparación a aquellos que solo toman una carrera por complacer a sus familias.

Por otro lado, la variable de número de miembros de la familia muestra que a medida que esta incrementa, lo hace también la probabilidad de reprobado el curso de nivelación, manteniendo todo lo demás constante. La referencia [4] sugiere que familias con un mayor número de miembros genera que sus estudiantes disminuyan su probabilidad de aprobar, debido a que los recursos del hogar (tanto pecuniarios como no, e.g. ingreso disponible y atención de los padres) se diluyen con más miembros.

A continuación, se analizan las variables de características de los estudiantes, sus habilidades y comportamientos.

La variable de número de materias otorga información para interpretar que aquellos individuos que toman un mayor número de ellas son más propensos a fallar. Este efecto está correlacionado con el tiempo dedicado al estudio, ya que, al ser un curso propedéutico presencial, por lo general no permite que sus estudiantes asistan a clases y trabajen al mismo tiempo. Entonces es plausible asumir que quienes tienen menos materias le dedican más tiempo a estudiarlas.

En efecto, la referencia [16] muestra evidencia empírica de universidades estadounidenses que respaldan esta conclusión. Sin embargo, es preciso recalcar que este tiempo dedicado al estudio podría tener interacciones adicionales con variables relacionadas principalmente a la motivación del estudiante, las cuales deberían ser estudiadas más a fondo. Es así como, al topar la temática de la motivación del estudiante, es prudente analizar el efecto de la variable de número de matrícula ya que se puede observar que aquellos individuos que están cursando su segunda o tercera matrícula tienen menor probabilidad de reprobado que aquellos que se encuentran cursando la primera. Este efecto, en línea con [12], [4] podría estar representando la motivación del estudiante, en especial de aquellos que a pesar de haber reprobado ya una vez el curso de nivelación, lo siguen intentando. Quienes ya lo han repetido dos veces, no presentan diferencias estadísticamente significativas con aquellos que van en su primera matrícula.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo se ha mostrado la utilidad de combinar modelos con objetivos de predicción e inferencia utilizando técnicas de aprendizaje supervisado, para entender a fondo un problema de alta relevancia social.

Por un lado, el uso de Gradient Boosting Machine (GBM) tiene buenos resultados en la predicción de si un estudiante aprobará o no el curso de nivelación, potenciado a través de validación cruzada. Por ello también su preferencia de uso en varias ramas de la ciencia. Este algoritmo predice con una tasa de aciertos del 89 % a aquellos estudiantes que reprobado el curso de nivelación, logrando un área bajo la ROC en el conjunto de datos de validación de 0.95, la cual indica un buen desempeño de la estimación realizada.

Por otro lado, en el modelo de inferencia se muestran algunos puntos. La selección del mejor modelo logit a través del algoritmo de selección genético ha sido útil para

determinar qué variables afectan a la probabilidad de reprobar. Factores como la calificación ponderada del primer bimestre, la calificación con la que postuló, su jornada de estudios, su ubicación geográfica de origen, entre otras, afectan de una u otra manera a la probabilidad del estudiante, de aprobar el curso de nivelación.

En definitiva, el uso de estas técnicas estadísticas permite el análisis de políticas relacionadas tanto a la situación del estudiante (e.g. política de cuotas) como al manejo del curso de nivelación (e.g. jornadas), que permitan obtener mejores resultados en la aprobación de este. Por ejemplo, es importante dar soporte al problema del pasado académico de los nuevos estudiantes universitarios y generar políticas en la educación secundaria que permitan que los bachilleres lleguen con el menor número de vacíos académicos a su primer año de universidad. Por otro lado, se puede también dar mayor aporte socioeconómico y psicológico a los estudiantes para que puedan aprobar sus cursos sin problema, sea con apoyo respecto a la elección de su carrera, ayuda económica para él y su familia (si aplicase), tutorías y guías para aliviar la carga de estudios, mejor planeación de las jornadas académicas para evitar agotamientos, entre otras medidas a nivel institucional. A nivel más general, el solucionar el problema de infraestructura para acoger un mayor número de estudiantes y la potencialización de universidades alejadas de las ciudades más grandes son también posibles recomendaciones para evitar que estudiantes de provincia se queden sin cupo.

Así mismo, se recomienda continuar con mayor profundidad el estudio de los efectos de las acciones afirmativas y políticas de cuotas. Esto debido a que [17] y los resultados de este trabajo muestran que los estudiantes acogidos a estas medidas son más propensos a reprobar el Curso de Nivelación y abandonar la universidad; donde algunos de sus principales factores de reprobación asociados son el ingreso, la nota de postulación, la provincia de procedencia, falta de acompañamiento académico, entre otros.

Con ello en mente, y regresando al aspecto pragmático de este trabajo, se recomienda dar seguimiento a los resultados del modelo GBM para analizar posibles cambios debido a nuevos efectos que puedan surgir con el paso del tiempo, sea debido a fenómenos externos o propios al curso de nivelación. Se sugiere, además, sociabilizar el modelo para permitir que otras facultades, e incluso, otras instituciones puedan hacer de esta herramienta y así aportar a la mejora de las condiciones de aprobación en instituciones de educación superior. Además, este modelo podría ser mejorado al ser puesto en competencia con otros modelos con buena capacidad de predicción (tales como redes neuronales artificiales) o con el uso de técnicas de balanceo para evitar que el porcentaje de reprobados en la muestra supere a los aprobados.

En línea con todo este análisis, se puede llegar a un nivel más alto de la discusión y poner sobre la mesa la coyuntura actual: la inminente intersección entre la ciencia de datos y la política pública. Varios artículos publicados por académicos y profesionales de la industria sugieren que esta es necesaria debido a que el análisis provisto por los algoritmos de la ciencia de datos puede ayudarnos a entender y quizás resolver problemas complejos, siempre y cuando se haya entendido su

trasfondo histórico, legal y socioeconómico. De esta manera, es oportuno mantener la idea de [19], quien menciona que el apareamiento de la revolución tecnológica, el big data y el aprendizaje automático implican tanto el aprovechamiento de los datos para una mejor toma de decisiones, así como un cambio de paradigma dentro de las ciencias sociales, haciendo posible la aceleración de los procesos de investigación y desarrollo, enfocándolos en una aplicación práctica (entre otras cosas) a la política pública.

#### REFERENCIAS

- [1] G. Guiselle, "Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios desde el nivel socioeconómico: Un estudio en la Universidad de Costa Rica", El Salvador: Revista Electrónica Educare, vol. 17, 2013.
- [2] F. Carlos. "Sistemas de evaluación académica", El Salvador: Editorial Universitaria, 2014.
- [3] V. Jorge y col., "Una explicación del rendimiento estudiantil universitario mediante modelos de regresión logística". Venezuela: Visión Gerencial, 2009.
- [4] A. Carmen y col., "DISCUSSION PAPER SERIES The Economics of University Dropouts and Delayed Graduation : A Survey The Economics of University Dropouts and Delayed Graduation : A Survey". En: 11421, 2018.
- [5] Rodríguez Ayán, M. N., & Coello García, M. T. (2008), Prediction of university students' academic achievement by linear and logistic models. Spanish Journal of Psychology, 11(1), 275–288. <https://doi.org/10.1017/s1138741600004315>
- [6] Friedman, Jerome H. "Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine." The Annals of Statistics 29, 33., 5, pp. 1189–1232, 2001 JSTOR, [www.jstor.org/stable/2699986](http://www.jstor.org/stable/2699986).
- [7] T. Hastie, T. Robert y F. Jerome, "The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction", New York: Springer, 2017.
- [8] Jordi Gironés Roig y col. Minería de datos: modelos y algoritmos. pp. 274, 2017 isbn: 9788491169048.
- [9] C. Vincent, glmulti: "Model Selection and Multimodel Inference Made Easy". R package version 1.0.7.1. [Online]. Available: <https://CRAN.R-project.org/package=glmulti>. [Accessed: 2019].
- [10] J. Hunt, "Classification by induction: Applications to modelling and control of non linear dynamic systems. Intelligent Systems Engineering", 1993.
- [11] I. Kononenko, I. Bratko and M. Kukar. Machine, "Learning and Data Mining: Methods and Applications". John Wiley & Sons Ltd, 1998.
- [12] S. Larose y col. "Nonintellectual learning factors as determinants for success in college". En: Research in Higher Education 39.3, pp. 275-297, 1998.
- [13] T. Ernest, P. Patrick, T. Terenzini y Lee M. "Wole. Orientation to College and Freshman Year Persistence/Withdrawal Decisions". En: The Journal of Higher Education 57.2, pp. 155, 1986.
- [14] N. Alexander y W. Ruth. "Determinants of College Success". En: The Journal of Higher Education 11.9, pp. 479-485, 1940.
- [15] Carmen Aina. Success and failure of Italian university students. Evidence from administrative data". pp 1-51, (2010).
- [16] P. Babcock y M. Mindy. "The falling time cost of college: Evidence from half a century of time use data". En: Review of Economics and Statistics, 2011
- [17] S. Iván y col. "Factores Asociados Al Abandono En Estudiantes De Grupos Vulnerables. Caso Escuela Politécnica Nacional". En: Congresos CLABES, pp. 132-141. [Online]. Available: <https://revistas>. [Accessed: 2018].
- [18] S. Walter, Escudero. "Big data y aprendizaje automático: Ideas y desafíos para economistas". En: Una nueva econometría. isbn: 978-987-655-201-1, 2018.

# AUTHORS



## Karen Calva

Ingeniera Matemática especializada en estadística y ciencia de datos, graduada en la Escuela Politécnica Nacional. Especialista de analítica avanzada en una de las instituciones financieras más grandes de Ecuador. Consultora independiente en temas de machine learning, geo-estadística, gestión de procesos y logística para el levantamiento de información, desarrollo de aplicativos webs con motores analíticos. Docente para estudiantes de pregrado o profesionales, con experiencia dictando cursos y conferencias relacionadas a matemáticas, técnicas estadísticas y manejo de software libre como R, Spark y Python, en instituciones como la Sociedad Ecuatoriana de Estadística.



## Hugo Porras

Ingeniero en Ciencias Económicas y Financieras graduado con mención Summa Cum Laude en la Escuela Politécnica Nacional, y estudiante de la maestría en inteligencia artificial en la Universidad Internacional de la Rioja. Soy especialista científico de datos en Banco del Pacífico e investigador independiente en temas relacionados a finanzas de real state, riesgo de crédito, geo-analítica, procesamiento del lenguaje natural, economía del bienestar, economía del desarrollo y organización industrial. Además, he sido profesor en cursos de programación en R y procesamiento del lenguaje natural con la Sociedad Ecuatoriana de Estadística.



## Miguel Flores

Ph.D. en Estadística e Investigación de Operaciones, Máster en Técnicas Estadísticas (Universidad de La Coruña). Tiene experiencia en Educación y Formación profesional superior, universitaria y empresarial en el campo de la Statistics & Machine Learning. Profesor Titular de la cátedra Probabilidad y Estadística, en la Escuela Politécnica Nacional. Miembro del Grupo de Investigación Multidisciplinar en Sistemas de Información, Gestión de la Tecnología e Innovación (SIGTI) de la Escuela Politécnica Nacional y del Grupo de Modelización, Optimización e Inferencia Estadística (MODES) de la Universidad de La Coruña.



## Ana Cabezas-Martínez

Ingeniera Comercial con mención en Administración de Empresas por la Universidad de las Américas (UDLA). Actualmente, me encuentro finalizando la maestría de Política Comparada en la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales FLACSO Ecuador.

Soy especialista en educación superior con experiencia en el diseño, implementación, monitoreo, análisis y evaluación de política pública en proyectos enfocados en el sector sociales; la generación e implementación de metodologías enfocadas en la articulación y cooperación de los sectores sociales y productivos (públicos, privados y organizaciones no gubernamentales).

ARTICLE HISTORY

Received 05 April 2021  
Accepted 17 May 2021

**Andrés Navas**

Department of Technology  
Management, Economics, and Policy  
Seoul National University  
Seoul, South Korea  
navas2014@snu.ac.kr  
ORCID:0000-0003-0779-7115

**Junseok Hwang**

Department of Technology  
Management, Economics, and Policy  
Seoul National University  
Seoul, South Korea  
junhwang@snu.ac.kr  
ORCID: 0000-0003-2415-1711

**Hyenyoung Yoon**

Department of Technology  
Management, Economics, and Policy  
Seoul National University  
Seoul, South Korea  
hyyoon00@snu.ac.kr  
ORCID: 0000-0002-0622-6970

# Rutas de configuración de innovación organizacional y tecnológica para el desempeño empresarial mediante el análisis fuzzy-set QCA.

*Configurational paths  
of organizational and  
technological innovation  
to firm performance using  
fuzzy-set QCA analysis*

# Rutas de configuración de innovación organizacional y tecnológica para el desempeño empresarial mediante el análisis fuzzy-set QCA.

## Configurational paths of organizational and technological innovation to firm performance using fuzzy-set QCA analysis

Andrés Navas  
Department of Technology  
Management, Economics, and Policy  
Seoul National University  
Seoul, South Korea  
navas2014@snu.ac.kr  
ORCID: 0000-0003-0779-7115

Junseok Hwang  
Department of Technology  
Management, Economics, and Policy  
Seoul National University  
Seoul, South Korea  
junhwang@snu.ac.kr  
ORCID: 0000-0003-2415-1711

Hyenyoung Yoon  
Department of Technology  
Management, Economics, and Policy  
Seoul National University  
Seoul, South Korea  
hyyoon00@snu.ac.kr  
ORCID: 0000-0002-0622-6970

**Resumen**— La relación entre la innovación organizacional y tecnológica y su efecto en el desempeño empresarial ha recibido atención por la literatura con perspectivas divididas. Ambos modos de innovación se consideran fuentes importantes de ventaja competitiva. La evidencia empírica hasta ahora indica dos direcciones con respecto a la relación entre la innovación organizacional y tecnológica: aquellos que indican que la innovación organizacional posibilita la innovación tecnológica, y aquellos con una perspectiva opuesta. La evidencia reciente sugiere mantener un enfoque holístico para comprender la relación intrínseca entre las actividades innovadoras de una empresa. Este estudio utiliza la visión de capacidades dinámicas de las organizaciones e implementa un análisis fuzzy-set comparativo cualitativo (fsQCA) para una muestra de empresas en América Latina, con el objetivo de observar interacciones causales complejas entre los atributos de una empresa y diferentes formas de innovación que conducen a un alto desempeño. Los resultados muestran varias soluciones equifinales que conducen al éxito empresarial. Además, los resultados identifican tres arquetipos diferentes de empresas basados en comportamientos de innovación.

**Palabras claves**—innovación tecnológica, innovación organizacional, fuzzy-set QCA, desempeño empresarial.

**Abstract**—The relationship between organizational and technological innovation and its effect on firm performance have received attention for the literature with divided perspectives. Both modes of innovation are considered as important sources of competitive advantage. Empirical evidence so far indicates two directions regarding the relationship between organizational and technological innovation: those supporting that organizational innovation enables technological innovation, and those with the opposite perspective. Recent evidence suggests a holistic approach to understand the intrinsic relationship between the firm's innovative activities. This study uses the dynamic capabilities view of the firm and implements a fuzzy-set qualitative comparative analysis (fsQCA) for a sample of enterprises in Latin America, to clarify complex causal interactions of the firm's attributes and

different forms of innovation leading to high performance. The results show several equifinal solutions leading to business success. Additionally, the results identify three different archetypes of firms based on innovative behavior.

**Keywords**—technological innovation, organizational innovation, fuzzy-set QCA, firm performance.

### I. INTRODUCTION

Innovative behavior of firms entails an arrangement of activities, comprised by the development of new products, improving processes and complement such activities with organizational innovations. Research exploring the relationship between non-technological and technological innovation recognizes that competitive advantage is attributed to both types of innovation [1].

Organizational innovation involves the adoption of new methods for organizing routines, new methods for distributing and structuring responsibilities and new ways for organizing external relations [2]. These activities convey an iterative process within an organization with an impact on its operating routines and therefore contributing to firm performance [3], this distinctive nature categorizes organizational innovation as a non-technological process.

Several authors have addressed the bias towards technological innovation [4], indicating the limited attention received by organizational innovation in the literature [5]. This mode of innovation is relevant in the business context since it offers a long-lasting source of competitive advantage [6], and allows the creation of tacit knowledge [7]. Common business practices perceived as organizational innovations are varied and includes knowledge sharing and learning within the

A. Navas, J. Hwang and H. Yoon, "Configurational paths of organizational and technological innovation to firm performance using fuzzy-set QCA analysis", Latin-American Journal of Computing (LAJC), vol. 8, no. 2, 2021.

firm, organization restructuring, distribution of activities and collaboration with external entities [2].

Empirical evidence so far indicates two directions regarding the relationship between organizational and technological innovation: those supporting that organizational innovation enables technological innovation [8, 9], and those with an opposite perspective [10, 11]. These studies are qualitative and even though they offer detailed insights about this topic, they are constrained to its specific context and analytical techniques, limiting the possibility to observe complex interactions of variables influencing innovative behavior [4].

Recently, Černe et al. [12] conducted a profound analysis of the field of non-technological innovation, suggesting the necessity to understand the complementarities between non- and technological innovation under an integrated perspective. Additionally, most of the studies of organizational innovation are merely descriptive and only a handful invoke a specific theory [1].

This study addresses this problem recalling the dynamic capabilities view of the firm and by using a fuzzy set qualitative comparative analysis (fsQCA) to explore the relationship between organizational and technological innovation under a holistic perspective.

Dynamic capabilities are defined as "the firm's ability to integrate, build, and reconfigure internal and external competences to address rapidly changing environments" [13], and it provides the theoretical framework to understand how organizations achieve competitive advantage. Superior performance is obtained through the creation of difficult to replicate tangible and intangible assets.

By using fsQCA is possible to discover different configurations of multiple interrelated variables leading to the same desired output [14], and enables wider interpretations of intrinsic relationship in comparison with traditional regression techniques. This particular technique has not received wider attention in the field of innovation with minor exceptions [4, 15, 16, 17]. Moreover, fsQCA is suitable to explore and pragmatically organize multiple complementarities among the variables of interest explaining a desirable outcome.

This study aims to provide a holistic perspective of the firm's innovation behavior by answering the following questions. First, what is the relationship between organizational and technological innovation? Second, what are the complementarities of these types of innovation on explaining firm performance?

Section 2 of this study presents the theoretical background of dynamic capabilities and innovation complementarities. Section 3 describes the research model and the data. Section 4 provides the research findings and Section 5 concludes this article.

### II. THEORETICAL BACKGROUND

#### A. Dynamic Capabilities view of the organization

The theoretical framework provided by the dynamic capabilities view of organizations allows understanding the firms' capacity to obtain competitive advantage in changing environments. The dynamic capabilities view of the firm discusses the key role of strategic management in appropriately adapting and reconfiguring internal and external

resources to address environmental uncertainty [13]. The main premise argues that firm performance is increased by relying on valuable, rare, inimitable, and non-substitutable tangible and intangible resources [13, 18]. The nature of dynamic capabilities is recognized as the firm's capacity to modify its resource base [3] and also to develop new routines [19, 20].

Most recent evidence shows that dynamic capabilities facilitate a firm's innovative behavior, it is an important determinant of organizational innovation [5] and influence firm performance through technological innovation [21].

#### B. Organizational innovation

Organizational innovation literature has evolved from previous conceptualization of the topic to become one main focal point in management research, receiving equal consideration as technological innovation to become a fundamental source of competitive advantage. Early studies aimed to investigate the adoption of organizational innovation. Daft [22] presented a dual model of innovation, mentioning that innovations take part in the administrative and technical system of an organization. The emergence of organizational innovation arises from new ideas that can flow within a firm from top to bottom (administrative innovation) or from bottom to top (technical innovation). This conceptualization influenced organizational innovation research. Kimberly & Evanisko [23] and Damanpour & Evan [24] explored the impact of administrative and technological innovations on performance, under the concept that 'innovations at the organizational level may involve the implementation of a new technical idea or a new administrative idea' [24]. Later, Damanpour's [25] influential work explained organizational innovation pertaining also technological innovation. These perspectives on the topic brought confusion to the field, suggesting that organizational innovation also includes the development of new products or processes [12].

Consequently, organizational innovation is divided by the emergence of managerial innovation or non-technological innovation. Birkinshaw et al. [26] defined management innovation as the "invention and implementation of a management practice, process, structure, or technique that is new to the state of the art and is intended to further organizational goals". This concept entails all new business practices that are implemented as the result of managerial decisions and wide is the literature under this umbrella [6, 7, 27]. Damanpour & Aravind [7] mentioned that the concept of organizational, administrative and managerial innovation overlaps significantly, since previous research aimed to differentiate the term from technological innovation.

The OECD provides the most accepted and used definition of organizational innovation as the "implementation of a new organizational method in the firm's business practices, workplace organization or external relations" [28, 29, 30, 31, 32, 33]. This approach differs from previous definitions [32] and it is used by this study. This concept of organizational innovation considers not only new managerial and working concepts and practices within the organization, but also contemplates new business practices aiming to pursue external relations [28]. In contrast, technological innovation refers to the introduction of new products and processes within the firm [2].

### C. Organizational and technological innovation complementarities

The antecedents that enable organizational innovation are typically attributed to factors related to leadership capabilities, managerial levers and business processes [1], in contrast R&D intensity and technological assets are important preconditions for technological innovation [12]. However, prior research exploring the combined effect of these two modes of innovation on firm performance is divided.

The first perspective indicates that organizational innovation is an antecedent of technological innovation [8, 9, 30, 31, 32, 34, 35]. The implementation of new business practices, external relations and workplace organization improve processes and manufacturing efficiency [32]. Mothe et al. [9] found that new methods for organizing routines and external relations affect product innovation. Organizational innovation allows structural flexibility and knowledge articulation within a firm, promoting the generation of new ideas in the technical domain of an organization.

The second perspective considers that technological innovation promotes organizational innovation [10, 11, 27, 28, 36, 37]. Ganter & Hecker [36] explained that in highly competitive markets product and process innovation triggers the adoption of organizational innovation to overcome environmental rigidities. Mol & Birkinshaw [27] mentioned that the quality of organizational innovation adoption is potentially more important than performance based on R&D investment for product development. The implementation of organizational innovation often entails unobserved R&D processes shared with external entities through cooperation or technology transfer, therefore the relationship among technological innovation (i.e. product and process innovation) and new organizational methods are highly correlated [4].

The aforementioned studies properly explain that competitive advantage arises from a combination of different modes of innovation, explaining that superior firm performance is the result of both organizational and technological innovation. However, most studies are limited to the country-specific context and the cross-sectional nature of the data, suggesting the discrepancies of the findings and inconclusive results. Cerne et al. [12] suggested the necessity to investigate different interactions and effects between organizational and technological innovation. This study addresses this issue and contributes with further evidence using fuzzy QCA analysis to evaluate different complex combinations of innovation types and its effect on firm performance.

### D. Fuzzy-set QCA and innovation

The number of scientific articles applying fuzzy set qualitative comparative analysis (fsQCA) to business and management research has been on the rise in the last few years [14]. Research generally focus to investigate the internal environment of an organization, entrepreneurship activities, processes and organizational structure on specific organizational outcomes. However, almost 10% of the fsQCA research strictly accounts for the field of innovation [38].

Even though it is outside the scope of this study to provide a complete literature review, most recent evidence regarding innovation is presented. Ganter & Hecker [4] explored the configurational paths explaining the adoption of organizational innovation, demonstrating the complex complementarities among organizational context and

technological innovation variables on predicting high organizational innovation adoption. Hervas et al. [39] explained the different combination of firm attributes, R&D investment and technological innovation on explaining four possible organizational innovation effects on firm performance. Ali et al. [15] showed the causal effect of absorptive capacity in combination with technological and management innovation on high-performance firms. Ordanini et al. [17] studied new service innovation based on organizational adoption drivers. Reichert et al. [40] found that different configurations of firm-level capabilities lead to high innovation performance. Other articles study country-level innovation behavior, for example, Coduras et al. [41] studied social and individual attributes in countries associated with high entrepreneurial activity, and Crespo & Crespo [16] discussed several causal conditions considering macro innovation drivers leading to innovation performance in high and low-income countries.

## III. DATA AND METHODS

### A. Model description

The selection of the variables in the model described in Figure 1 builds upon the foundations of the previous research conducted by [4]. However, we expand that model considering different forms of innovations and contextual factors in constructing configurations of performance. This study uses fsQCA to identify configurational paths of organizational and technological innovation and other conditions leading to firm performance.

The conditions considered as firm attributes are size and education [27, 36], while innovation types include organizational, product and process innovation [2]. The model also considers business inhibitors to capture the firm's barrier to innovation activities. The outcome of the model is represented as firm performance.

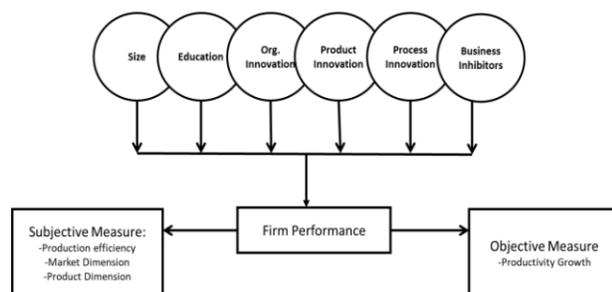


Fig. 1. Research model

### B. Data and measurements

This study uses data from the Enterprise Survey conducted by the World Bank in the Latin American region [42]. The survey methodology considers the enterprise as the unit of analysis and conveys two types of questionnaires that depend on whether an establishment belongs to the manufacturing or service sectors. Sample data from the manufacturing module that covers a period from 2007 and 2009 is used. The countries included in the sample are Argentina, Bolivia, Colombia, Mexico, Panama, Peru, Paraguay, Uruguay, Venezuela, Chile, Ecuador, Salvador, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Dominican Republic, Jamaica and Trinidad and Tobago, resulting in a pool data of 9.336 observations. For the purpose of this study, firms that were established after 2007 are

eliminated and following [4] and [27] the data is cleansed by dropping fully unobserved cases; this measure leaves a sample of  $n=3.997$  observations.

The operationalization of the variables of interest are presented below.

#### 1) Condition variables

**Firm size:** this study uses the number of full-time employees during the last fiscal year (2009).

**Education:** this variable measures the education level of labor as a percentage of workers who have at least a bachelor's degree in the total workforce.

**Business inhibitors:** is a variable that captures the effect of environmental conditions on firm behavior. Business inhibitors in this study are those that limit the firms' flexibility and independence to pursue effective business functioning. The operationalization of this variable refers to the degree of perceived obstacles in different aspects gathered from the survey. The possible answers are 'No obstacle', 'Minor obstacle', 'Moderate obstacle', 'Major obstacle' and 'Very severe obstacle.' Inhibitors factors considered for this variable are 'Practices of competitors in the informal sector', 'Access to finance', 'Tax rate', 'Economic/Political instability', 'Customs and trade regulations', 'Labor regulations', and 'Inadequate labor force'. In each case, we coded any degree of an obstacle as '1' and no obstacle as '0'. The number of cases results in a measure between '0' and '7' [36].

**Product innovation:** is a dummy variable that represents whether a firm has introduced any new or significantly improved products.

**Process innovation:** is a dummy variable that represents whether a firm has introduced new or significantly improved process for producing or supplying products.

**Organizational innovation:** the operationalization of this variable measures the extent of adoption of new organizational practices [27], and extracted from the "Business Development Services" section of the survey. Establishments were asked whether over the last three years have implemented any of the following four activities. The first response is in regards to improving quality control or training to obtain quality certification. This indicator captures the implementation of practices to prepare the firm for obtaining certifications to improve the quality of products. Examples include local or regional standards, ISO certification, safety and sanitary certifications or verifying quality management systems. The second response is in regards to developing business alliances with other suppliers or clients. Alliances refer to promoting interactions with other firms to improve business functioning and opportunities. Examples include participation in competitiveness programs, cluster promotion programs or supplier development programs or others seeking business partnerships. The third response is in regards to promoting exports. In this case, activities designed specifically to support exporting are considered. Examples include market identification, participation in trade fairs, coordination with trade offices overseas, or human resource development to enhance export capacity. The fourth response is concerning the use of any programs, technical assistance or training on information technology, management, accounting or other functions such as marketing and logistics. This category considers back-

office operation to run the establishment properly, relying on information technologies and other types of technical implementations. Examples include software for exports, accounting, human resources, and inventory or management control systems [42]. Each item from the four responses is coded as '1' for implemented and '0' for otherwise. Therefore, a categorical variable is created by counting the number of activities introduced by the firm on a scale from '0' to '4'.

#### 2) Outcome variables

The outcome variable on which configurational paths are going to be examined is firm performance. This study uses an objective and subjective measure of performance.

**Firm performance:** this subjective measure captures the effect of the introduction of organizational innovation in three dimensions [39]. The market dimension is whether the firm reports benefits on 'increase sales in the domestic market' and 'opened new foreign market'. The product dimension is whether the firm reports benefits on 'increase number of goods offered by the establishment', 'improved quality of goods and services' and 'obtained quality or export certification'. The production efficiency dimension is whether the firm reports benefits on 'reduced unit production costs' and 'reduced energy consumption'. The number of cases where respondents gave positive answers are coded as 1, resulting in a measuring scale from 0 to 7.

**Productivity:** this objective variable is based on [27] and measures productivity growth between 2007 and 2009, to include a time lag to the model. Therefore, productivity growth is computed as  $(2009 \text{ sales/employees } 2009) / (2007 \text{ sales/employees } 2007) - 1$ .

### C. Qualitative comparative analysis fsQCA

Fuzzy-set QCA allows with Boolean algebra and set-theoretic method for the assessment of multiple causal conditions or their combination that lead to an outcome. Fuzzy set QCA is an approach as well as a useful technique for cross-case analysis [38]. Rather than investigating the net effect of independent variables, fsQCA identify the relationship between an outcome and all possible combination of the variables of interest. Therefore, it is possible to observe the equifinality of different combinations of independent variables in reaching the same outcome [43, 44].

This method allows us to differentiate between necessary and sufficient causal condition of the firm's innovative behavior and performance [4, 43], necessary causal conditions are firm-specific attributes, while sufficient causal conditions indicate a possible alternative combination of those attributes.

The literature has discussed the potential benefits of fsQCA in contrast to its counterpart traditional statistical techniques. First, it allows us to investigate causal conditions and establish analytical research in a middle ground between quantitative and qualitative techniques [14]. Second, most correlation-based research analyzes the effect of variables in isolation, while regression analysis estimates the fitness of a single path to an outcome [45, 46]. Third, fsQCA seems an appropriate technique to supplement regression analysis when the relationships between conditions and outcomes are asymmetric [14].

### D. Data calibration

This study used fsQCA and data calibration relies on the package fuzzy for Stata 13.0. Data calibration consists of two

TABLE I. MEAN, STANDARD DEVIATION AND CORRELATION AMONG VARIABLES. N = 3997

Variables	Mean	SD	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Firm performance	2.79	2.14	1.00							
2 Productivity growth	0.16	0.45	0.01	1.00						
3 Organizational innovation	1.71	1.32	0.73	0.00	1.00					
4 Product innovation	0.59	0.49	0.28	0.02	0.28	1.00				
5 Process innovation	0.49	0.50	0.32	0.00	0.31	0.39	1.00			
6 Size	158.85	623.74	0.18	-0.02	0.17	0.08	0.07	1.00		
7 Education	14.38	17.88	0.22	0.01	0.27	0.08	0.09	0.06	1.00	
8 Business inhibitors	5.36	1.62	0.17	0.00	0.17	0.16	0.11	0.06	0.05	1.00

steps, identify the target set and data transformation. The independent variables are calibrated using the transformation rule (stdrank), which rank orders the variables and then standardizes this ranking to range from 0 to 1 [47]. The standardization consists of subtracting the rank value with the minimum rank and dividing the outcome by the difference between the maximum and minimum rank.

The focus of this study is the set of firms with high performance as the result of implementing different types of innovations, and the objective is to use performance indicators to rate the degree of membership in this set. Two individual analyses are implemented for both, the subjective and objective measure of firm performance.

To calibrate the dependent variables, the direct method is utilized [see 44]. The direct method uses three qualitative anchors to structure calibration: the threshold for full membership, the threshold for full non-membership, and the cross-over point [48]. The data is calibrated in terms of the deviation from the cross over point, and once these values have been properly identified, it is possible to allocate the degree of membership to the target set. The anchors of the dependent variables are based on the following: productivity growth and firm performance are variables that have been transformed into fuzzy set following [45], using the 25th, 50th and 75th quantiles for the threshold of full non-membership, crossover point and threshold of full membership respectively. In other words, the target set (high performers) are firms that have reported at least four performance improvements for the subjective measure, and firms with productivity growth

greater than 18% for the objective measure (see third quantile in Table II).

Data calibration generates a truth table used by the fuzzy algorithm to observe all possible combination (cases) of independent variables (conditions) explaining a particular outcome consistent with a cut-off value of 0.8 [48]. The algorithm shows optimal reduction sets leading to the outcome. Consistency is comparable to a correlation; it expresses the number of cases consistent with the outcome [39]. Coverage is comparable to a coefficient of determination, it assesses the empirical relevance of the condition in view [4].

IV. RESEARCH FINDINGS

The analysis consists of two parts; first, it evaluates all possible solutions explaining firm performance improvement and a subsequent analysis to understand the productivity growth.

Table I and Table II contain descriptive statistics of relevant variables. In average, firms report to have adopted at least two out of four new organizational methods, 60% introduced new improved products, 50% new improved processes and the perception of business inhibitors are highly distributed among firms.

A. Configurational paths explaining firm performance

Table III shows the results of the fsQCA considering the subjective measure explaining high firm performance. The solution table presents three optimal solutions, black circles

TABLE II. UNCALIBRATED DATA AND TRANSFORMATION FOR FUZZY-SET QCA ANALYSIS

Variable	Statistics									
	Min		First quantile		Median		Third quantile		Max	
	Un-calibrated	Calibrated	Un-calibrated	Calibrated	Un-calibrated	Calibrated	Un-calibrated	Calibrated	Un-calibrated	Calibrated
Productivity Growth	-0.5938	0.0013	-0.2669	0.0851	-0.0083	0.4990	0.18	0.9296	2.5855	1
Firm performance	0	0	0	0	2.2561	0.3378	4	0.6247	7	1
Firm size	2	0	9.220	0.1363	25.670	0.3873	74.62	0.6270	21955	1
Education	0	0	0.2728	0.0379	6.8174	0.3755	17.22	0.6800	100	1
Business Inhibitors	0	0	0	0	3.84	0.2444	6	0.6654	7	1
Product Innovation	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Process Innovation	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Organizational Innovation	0	0	0.4610	0.1285	2	0.5527	3	0.8156	4	1

N= 3997

TABLE III. CONFIGURATIONS EXPLAINING HIGH FIRM PERFORMANCE

Configuration	Solution		
	1	2a	2b
Size			●
Education		●	
Organizational Innovation	●		
Product Innovation		●	●
Process Innovation		●	●
Business Inhibitors		●	
Raw Coverage	0.692	0.218	0.317
Unique Coverage	0.396	0.01	0.033
Consistency	0.896	0.883	0.882
Overall solution coverage	0.746		
Overall solution consistency	0.866		

Black circles indicate high presence of the antecedent condition predicting the outcome in a particular configuration. White circles indicate low presence of the antecedent condition predicting the outcome in a particular configuration. Absence indicate that the antecedent condition is not figured in a particular configuration. N=3997

indicate a high presence of a condition, while a white circle indicates the low presence of a condition, and empty spaces indicate the absence of a particular condition. Additionally, the solutions are grouped following [43] by identifying the firm’s innovation behavior. The three configurations show the combinations of conditions that explain high firm performance in 86.6% of the cases (overall solution consistency) and cover 74.6% of the observations (overall solution coverage).

Considering the innovative behavior of firms, solution 1 shows that firms achieve high performance with the presence of the condition of organizational innovation, while solution 2 are firms that rely on technological innovation (i.e., product and process innovation) to achieve high performance.

Solution 1 indicates that 89% of firms pursuing organizational innovation achieve high firm performance. This result is not surprising given the high correlation between organizational innovation and performance as seen in Table I. Solution 1 implies that firms observe business function improvement through the adoption of new organizational practices. Solution 2a and solution 2b indicate that firms pursuing the development of new products and introducing new processes similarly achieve high performance.

According to solution 2a, 88% of firms with a combination of highly educated workforce, engaging in product and process innovation facing greater business inhibitors obtain high performance. Another configuration (solution 2b with consistency 0.882) states that larger firms with high product and process innovation also achieve high performance.

These two solutions share product and process innovation as core conditions. However, it is possible to observe a substitution between the relation of firm size, education and business inhibitors in solution 2a and solution 2b. Organizational size has been positively associated with performance [23, 24], as the firm grows in complexity, new organizational methods and innovations are required to overcome challenges derived from such complexities. Larger firms are equipped with more capabilities, accumulated knowledge and resources to face environmental barriers [7-9].

Higher skilled workers are more growth-oriented and more likely to engage on organizational goals. Moreover, an educated workforce improves a firm’s capacity to retain

knowledge from external sources, generates new capabilities and serves a source for innovations [4, 32, 36].

This indicates that employees’ creativity and their involvement in the organization’s goals to increase their innovation capabilities to achieve high performance have a positive effect on smaller firms facing greater business inhibitors, as seen in solution 2a.

Table III provides three configurational paths of predictors leading to the same outcome, in other words, all these combinations of firm attributes and innovation activities are equifinal and organizations with such conditions achieve high performance. The coverage among these solutions ranges between 21% and 69%, indicating the share of the outcome explained by a particular configuration.

B. Configurational paths explaining productivity growth

Table IV shows the results of the second analysis, considering the objective measure of performance as productivity growth to provide a more adequate evidence about the effect of innovation complementarities in firm performance. The solution table contains four configurational paths and explains the combination of conditions of firms that belongs to the set of high productivity growth in 81.5% of the cases (overall solution consistency) and cover 23% of the observations (overall solution coverage). Following the previous analysis, the solutions are grouped to identify innovative behavior. The results show multifaceted configurational paths and it is possible to determine three typologies.

Solution 1 is typified as ‘technological innovators’. This solution explains that for 80.7% of firms with larger size, product innovation is a core activity, supported by process innovation and facing low business inhibitors achieve high productivity growth. Solution 2 is described as ‘complex innovators’, this characteristic explains that 83.4% of firms with smaller size, with a highly educated workforce that relies on product and process innovation as core conditions and supported by organizational innovation with low business inhibitors also achieve high productivity growth. The third typology is ‘hybrid innovators’ represented in solution 3. The configuration 3a explains that for 83.6% of firms with larger size product innovation is a core condition, supported with organizational innovation, with lower education and fewer

TABLE IV. CONFIGURATIONS EXPLAINING HIGH PRODUCTIVITY GROWTH

Configuration	Solution			
	1	2	3a	3b
Size	●	○	●	○
Education		●	○	○
Organizational Innovation		○	○	●
Product Innovation	●	●	●	●
Process Innovation	○	●		
Business Inhibitors	○	○	○	●
Raw Coverage	0.066	0.061	0.113	0.144
Unique Coverage	0.018	0.015	0.017	0.078
Consistency	0.807	0.834	0.836	0.836
Overall solution coverage	0.229			
Overall solution consistency	0.815			

Black circles indicate high presence of the antecedent condition predicting the outcome in a particular configuration. White circles indicate low presence of the antecedent condition predicting the outcome in a particular configuration. Absence indicate that the antecedent condition is not figured in a particular configuration. N=3997

business inhibitors is a combination that leads to a higher productivity. Finally, solution 3b states that 83.6% of firms obtain a high productivity growth with smaller size, high organizational innovation, high product innovation and facing greater business inhibitors.

Product innovation is a core condition present in all solutions, indicating that the development of new products is an important antecedent to achieve high productivity growth, supporting the evidence that firms increase sales as a direct response to competitive factors by improving its products offered to the market [12, 30, 34]. Other solutions do incorporate a high presence of organizational and process innovation as an important antecedent for achieving high productivity growth, this corroborates the discrepancies found in previous literature applying econometric techniques.

A trade-off between size, organizational innovation and business inhibitors is observed in solution 3a and solution 3b. This implies that smaller firms facing stronger business inhibitors complement the development of products with the adoption of new organizational practices. This support the notion that the implementation of organizational innovation enables the creation or modification of operating routines [49, 50] and increase the likelihood to engage in technological innovations [30, 31, 32]. In contrast, larger firms are closer to the productivity frontier with fewer opportunities for improvements, while smaller firms are more flexible for introducing new business practices or organizational innovations [27]. Additionally, the results also corroborate the evidence that business inhibitors trigger the implementation of organizational innovation to overcome environmental rigidities [36], as seen in solution 3b.

Another important finding is in regards the strong complementarities between organizational and technological innovation. It is possible to determine which configuration is the most relevant by analyzing the unique coverage (empirical relevance of each solution) of the four solutions in Table IV, overall the unique coverage range between 1.8% and 7.8%. This study found that hybrid innovators (solution 3b) represent 7.8% of the cases (out of 22.9% of total coverage) explaining the outcome. Showing that organizational and product innovation are core conditions that characterize the innovative behavior of the majority of firms in the Latin American region.

Organizational innovation requires the adoption of new practices within and outside the firm's boundaries (e.g. explore and acquire knowledge, decentralized the workforce, promote training, improve processes with information systems, establish alliances and cooperation, among others) that triggers the capabilities to foster the creation of new products and production processes [2, 5, 6, 7, 9, 10]. For this reason, firms pursuing product and process innovation are likely to also engage in organizational innovations [4].

## V. DISCUSSION

The dynamic capabilities view of the firms provides the proper framework to understand innovation complementarities. Organizations achieve competitive advantage with difficult to replicate assets and dynamic capabilities allow the modification, integration and reconfiguration of the firm's resource base [13]. In this regard, the degree in which firms increases their innovative capabilities serves as a mediator between dynamic capabilities and competitive advantage [21]. The firm's resource base is

comprised of tangible and intangible assets [3] and organizations pursuing innovative behavior are more likely to modify its resource base [5].

The relationship between dynamic capabilities and innovative behavior recalls the concepts of routines. Adopting new business practices for both organizational and technological innovation produces fundamental changes in the routines of an enterprise [26]. Innovation adoption requires changes in the functioning and activities of a firm and represents a clear variation of existing routines [25], with a direct impact on the knowledge base of an organization. Organizational innovation allows the generation of tacit knowledge or intangible assets, while technological innovation the creation of explicit knowledge or tangible resources [26, 49, 50]. Consequently, sustainable competitive advantage is attributed to the exploitation and reconfiguration of the firm's resources to dynamically modify its capabilities in order to face environmental uncertainties, and innovative activities promotes the emergence of such capabilities [19, 20, 21].

The findings of this study showed several configurations of conditions that provide interesting insights to understand the innovative behavior of firms in Latin America, by observing the differences and commonalities found in the combination of firm attributes and types of innovation.

Productivity growth is associated to four possible combination of conditions and represents the heterogeneous nature of business functioning to obtain competitive advantage. The results offer a broader perspective about the 'receipts' for business success. Moreover, the finding contributes to understanding complementarities between technological and organizational innovation and their effect on performance.

## VI. CONCLUSION

Evidence regarding the complementarities of organizational and technological innovation have advanced in the management science, however several discrepancies are found and arguments are divided into the field. This study aims to overcome this problem by approaching that intrinsic relationship from an integrative perspective using fsQCA analysis in a large sample of manufacturing firms of Latin America, to find complex causal interdependencies between different types of innovation and their effect contributing to high firm performance. The results show several equifinal combinations of antecedents leading to firm performance, providing evidence about the complex interaction between firm attributes and innovation. Moreover, three typologies of firms based on its innovative behavior are identified. The importance of the methodological approach and the evidence provided by this study aim to avoid the tendency to analyze the effect of organizational or technological innovation in isolation. Additionally, this study contributes to the literature of innovation under the lens of fsQCA analysis, complementing previous quantitative and qualitative evidence in the field of innovation management.

## REFERENCES

- [1] M. M. Crossan and M. Apyadin, "A Multi-Dimensional Framework of Organizational Innovation: A Systematic Review of the Literature," *Journal of Management Studies*, vol. 47, no. 6, pp. 1154-1191, 2010.

A. Navas, J. Hwang and H. Yoon, "Configurational paths of organizational and technological innovation to firm performance using fuzzy-set QCA analysis", *Latin-American Journal of Computing (LAJC)*, vol. 8, no. 2, 2021.

- [2] OECD, *The measurement of scientific and technological activities OSLO Manual Proposed guidelines for collecting and interpreting innovation data 3rd ed.* EUROSTAT, 2005.
- [3] C. E. Helfat and M. A. Peteraf, "The dynamic resource - based view: Capability lifecycles," *Strategic management journal*, vol. 24, no. 10, pp. 997-1010, 2003.
- [4] A. Ganter and A. Hecker, "Configurational paths to organizational innovation: qualitative comparative analyses of antecedents and contingencies," *Journal of Business Research*, vol. 67, no. 6, pp. 1285-1292, 2014.
- [5] H.-F. Lin, J.-Q. Su, and A. Higgins, "How dynamic capabilities affect adoption of management innovations," *Journal of Business Research*, vol. 69, no. 2, pp. 862-876, 2016.
- [6] G. Hamel, "The why, what, and how of management innovation," *Harvard business review*, vol. 84, no. 2, p. 72, 2006.
- [7] F. Damanpour and D. Aravind, "Managerial innovation: Conceptions, processes, and antecedents," *Management and Organization Review*, vol. 8, no. 2, pp. 423-454, 2011.
- [8] W. Z. Min, K. C. Ling, and T. H. Piew, "The Effects of Technological Innovation, Organizational Innovation and Absorptive Capacity on Product Innovation: A Structural Equation Modeling Approach," *Asian Social Science*, vol. 12, no. 1, p. 199, 2015.
- [9] C. Mothe, U. T. Nguyen-Thi, and P. Nguyen-Van, "Complementarities in organizational innovation practices: evidence from French industrial firms," *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 24, no. 6, pp. 569-595, 2015.
- [10] T. Schmidt and C. Rammer, "Non-technological and technological innovation: strange bedfellows?," 2007.
- [11] C. L. Wang and P. K. Ahmed, "The development and validation of the organisational innovativeness construct using confirmatory factor analysis," *European journal of innovation management*, vol. 7, no. 4, pp. 303-313, 2004.
- [12] M. Černe, R. Kaše, and M. Škerlavaj, "Non-technological innovation research: evaluating the intellectual structure and prospects of an emerging field," *Scandinavian Journal of Management*, vol. 32, no. 2, pp. 69-85, 2016.
- [13] D. Teece, G. Pisano, and A. Shuen, "Dynamic capabilities and strategic management," *Strategic management journal*, pp. 509-533, 1997.
- [14] S. Kraus, D. Ribeiro-Soriano, and M. Schüssler, "Fuzzy-set qualitative comparative analysis (fsQCA) in entrepreneurship and innovation research—the rise of a method," *International Entrepreneurship and Management Journal*, vol. 14, no. 1, pp. 15-33, 2018.
- [15] M. Ali, K. A. Seny Kan, and M. Sarstedt, "Direct and configurational paths of absorptive capacity and organizational innovation to successful organizational performance," *Journal of Business Research*, vol. 69, no. 11, pp. 5317-5323, 2016.
- [16] N. F. Crespo and C. F. Crespo, "Global innovation index: Moving beyond the absolute value of ranking with a fuzzy-set analysis," *Journal of Business Research*, vol. 69, no. 11, pp. 5265-5271, 2016.
- [17] A. Ordanini, A. Parasuraman, and G. Rubera, "When the recipe is more important than the ingredients: A qualitative comparative analysis (QCA) of service innovation configurations," *Journal of Service Research*, vol. 17, no. 2, pp. 134-149, 2014.
- [18] I. Barreto, "Dynamic Capabilities: A Review of Past Research and an Agenda for the Future," *Journal of Management*, vol. 36, no. 1, pp. 256-280, 2010.
- [19] K. M. Eisenhardt and J. A. Martin, "Dynamic capabilities: what are they?," *Strategic management journal*, pp. 1105-1121, 2000.
- [20] S. A. Zahra, H. J. Sapienza, and P. Davidsson, "Entrepreneurship and dynamic capabilities: A review, model and research agenda," *Journal of Management studies*, vol. 43, no. 4, pp. 917-955, 2006.
- [21] S. S. Zhou, A. J. Zhou, J. Feng, and S. Jiang, "Dynamic capabilities and organizational performance: The mediating role of innovation," *Journal of Management & Organization*, pp. 1-17, 2017.
- [22] R. L. Daft, "A dual-core model of organizational innovation," *Academy of management journal*, vol. 21, no. 2, pp. 193-210, 1978.
- [23] J. R. Kimberly and M. J. Evanisko, "Organizational innovation: The influence of individual, organizational, and contextual factors on hospital adoption of technological and administrative innovations," *Academy of management journal*, vol. 24, no. 4, pp. 689-713, 1981.
- [24] F. Damanpour and W. M. Evan, "Organizational innovation and performance: the problem of" organizational lag", *Administrative science quarterly*, pp. 392-409, 1984.
- [25] F. Damanpour, "Organizational innovation: A meta-analysis of effects of determinants and moderators," *Academy of management journal*, vol. 34, no. 3, pp. 555-590, 1991.
- [26] J. Birkinshaw, G. Hamel, and M. J. Mol, "Management innovation," *Academy of management Review*, vol. 33, no. 4, pp. 825-845, 2008.
- [27] M. J. Mol and J. Birkinshaw, "The sources of management innovation: When firms introduce new management practices," *Journal of Business Research*, vol. 62, no. 12, pp. 1269-1280, 2009.
- [28] H. Armbruster, A. Bikfalvi, S. Kinkel, and G. Lay, "Organizational innovation: The challenge of measuring non-technical innovation in large-scale surveys," *Technovation*, vol. 28, no. 10, pp. 644-657, 2008.
- [29] P. Koellinger, "The relationship between technology, innovation, and firm performance—Empirical evidence from e-business in Europe," *Research Policy*, vol. 37, no. 8, pp. 1317-1328, 2008.
- [30] R. Evangelista and A. Vezzani, "The economic impact of technological and organizational innovations. A firm-level analysis," *Research Policy*, vol. 39, no. 10, pp. 1253-1263, 2010.
- [31] G. Battisti and P. Stoneman, "How innovative are UK firms? Evidence from the fourth UK community innovation survey on synergies between technological and organizational innovations," *British Journal of Management*, vol. 21, no. 1, pp. 187-206, 2010.
- [32] C. Camison and A. Villar-López, "Organizational innovation as an enabler of technological innovation capabilities and firm performance," *Journal of Business Research*, vol. 67, no. 1, pp. 2891-2902, 2014.
- [33] G. Azar and F. Ciabuschi, "Organizational innovation, technological innovation, and export performance: The effects of innovation radicalness and extensiveness," *International Business Review*, vol. 26, no. 2, pp. 324-336, 2017.
- [34] G. Gunday, G. Ulusoy, K. Kilic, and L. Alpkan, "Effects of innovation types on firm performance," *International Journal of Production Economics*, vol. 133, no. 2, pp. 662-676, 2011.
- [35] N. Haned, C. Le Bas, C. Mothe, and U. Nguyen, "Firm technological innovation persistence: Organizational innovation matters," 2012.
- [36] A. Ganter and A. Hecker, "Deciphering antecedents of organizational innovation," *Journal of business research*, vol. 66, no. 5, pp. 575-584, 2013.
- [37] S. Raisch and J. Birkinshaw, "Organizational ambidexterity: Antecedents, outcomes, and moderators," *Journal of management*, vol. 34, no. 3, pp. 375-409, 2008.
- [38] A. K. S. Kan, E. Adegbite, S. El Omari, and M. Abdellatif, "On the use of qualitative comparative analysis in management," *Journal of Business Research*, vol. 69, no. 4, pp. 1458-1463, 2016.
- [39] J.-L. Hervás-Oliver, F. Sempere-Ripoll, and I. Arribas, "Asymmetric modeling of organizational innovation," *Journal of Business Research*, vol. 68, no. 12, pp. 2654-2662, 2015.
- [40] F. M. Reichert, P. A. Zawislak, and A. Arundel, "Exploring innovation success recipes in low-technology firms using fuzzy-set QCA," *Journal of Business Research*, vol. 69, no. 11, pp. 5437-5441, 2016.
- [41] A. Coduras, J. A. Clemente, and J. Ruiz, "A novel application of fuzzy-set qualitative comparative analysis to GEM data," *Journal of Business Research*, vol. 69, no. 4, pp. 1265-1270, 2016.
- [42] World Bank, "World Bank's Enterprise Survey: Understanding the Questionnaire," World Bank Group 2010.
- [43] P. C. Fiss, "Building better causal theories: A fuzzy set approach to typologies in organization research," *Academy of Management Journal*, vol. 54, no. 2, pp. 393-420, 2011.
- [44] C. C. Ragin, "Fuzzy sets: calibration versus measurement," *Methodology volume of Oxford handbooks of political science*, vol. 2, 2007.
- [45] R. García, R. V. Aguilera, and M. A. Ariño, "Bundles of firm corporate governance practices: A fuzzy set analysis," *Corporate Governance: An International Review*, vol. 21, no. 4, pp. 390-407, 2013.
- [46] C. C. Ragin, *Redesigning social inquiry: Fuzzy sets and beyond*. University of Chicago Press, 2009.
- [47] K. C. Longest and S. Vaisey, "fuzzy: A program for performing qualitative comparative analyses (QCA) in Stata," *Stata Journal*, vol. 8, no. 1, p. 79, 2008.
- [48] C. C. Ragin, *Fuzzy-set social science*. University of Chicago Press, 2000.
- [49] A. H. Van de Ven, "Managing the process of organizational innovation," *Organizational change and redesign: Ideas and insights for improving performance*, pp. 269-294, 1993.
- [50] G. Zaltman, R. Duncan, and J. Holbek, *Innovations and organizations*. John Wiley & Sons, 1973.

# AUTHORS

## Andrés Navas

Ph.D. in Technology Management and IT Policies from the Department of Technology Management, Economics, and Policy Program of the College of Engineering at Seoul National University and M.S. in Information and Communications Engineering. Research background includes innovation and technology adoption theories and policies.

## Junseok Hwang

Tenure full professor of the Technology Management, Economics, and Policy Program in the College of Engineering at Seoul National University and holds important positions that include Director of Seoul National University Global R&DB Center and Director of Transdisciplinary Graduate Program in Smart City Global Convergence. Research background includes technological innovation in ICT, network economics and IT convergence innovation policies.

## Hyenyong Yoon

Adjunct professor of the Department of Technology Management, Economics, and Policy Program of the College of Engineering at Seoul National University. Ph.D. in Techno-Management-Economics and Policy and M.S in Information Electronics Engineering. Research background includes IT convergence innovation policy and techno-economics of telecommunication services.

ARTICLE HISTORY

Received 05 April 2021  
Accepted 17 May 2021

**Johanna Toscano-Jara**

Facultad de Ciencias  
Administrativas  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
johanna.toscano@epn.edu.ec  
ORCID:0000-0001-7100-4816

**Edison Loza-Aguirre**

Departamento de Informática y  
Ciencias de la Computación  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
edison.loza@epn.edu.ec  
ORCID:0000-0003-1481-8105

**Antonio Franco-Crespo**

Grupo de Investigación  
Multidisciplinar SIGTI  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
antonio.franco@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-8040-1805

# La neutralidad del turismo electrónico: su huella en el turista digital y en la transformación digital de la industria turística

*Neutrality of electronic tourism: its trace on the digital tourist and digital transformation of tourism industry*

# La neutralidad del turismo electrónico: su huella en el turista digital y en la transformación digital de la industria turística

## Neutrality of electronic tourism: its trace on the digital tourist and digital transformation of tourism industry

Johanna Toscano-Jara  
Facultad de Ciencias  
Administrativas  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
johanna.toscano@epn.edu.ec  
ORCID:0000-0001-7100-4816

Edison Loza-Aguirre  
Departamento de Informática y  
Ciencias de la Computación  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
edison.loza@epn.edu.ec  
ORCID:0000-0003-1481-8105

Antonio Franco-Crespo  
Grupo de Investigación  
Multidisciplinar SIGTI  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
antonio.franco@epn.edu.ec  
ORCID: 0000-0001-8040-1805

**Resumen**— El turismo electrónico (*e-tourism*) ha conducido hacia un cambio radical en la industria turística. Sin embargo, aún existen vacíos con respecto a la neutralidad del *e-tourism* donde se mantiene abierta la inquietud de saber si las características liberadoras o direccionadas de las tecnologías digitales son un punto clave para que el turista digital mantenga su rol co-creador y sea impulsor de la transformación digital de la industria. Partiendo de que la tecnología no es neutral, el propósito de este artículo es identificar las características liberadoras y direccionadas del *e-tourism* con un enfoque al turista digital. A partir de esto, analizar si estas características han conducido a la transformación digital de la industria. Se realizó una revisión bibliográfica exploratoria que permitió el análisis en torno a cuatro escenarios del *e-tourism* que abarcan el comportamiento del turista digital, creación de contenidos, el turista digital como prosumer, y riesgos en el *e-tourism*. Los hallazgos muestran que los escenarios podrían manifestar ambas características. No obstante, nuestro análisis coloca al *e-tourism* como liberador del turista digital, porque tiende a proyectar características de compatibilidad, accesibilidad y responsabilidad a través de la participación, colaboración y variedad de información que brinda.

**Palabras clave**— neutralidad de la tecnología, TIC, turista digital, *e-tourism*, transformación digital

**Abstract**— Electronic tourism (*e-tourism*) has led to a radical change in the tourism industry. However, there are still gaps with respect to the neutrality of *e-tourism* where the concern remains to know if the liberating or repressive features of digital technologies are a key point for the digital tourist to maintain his co-creative role and be a driver of the digital transformation of the industry. Based on the fact that the technology is not neutral, the purpose of this article is to identify the liberating and repressive features of *e-tourism* with a focus on the digital tourist. From this, analyze if these features have led to the digital transformation of the industry. An exploratory bibliographic review was carried out that allowed the analysis around four *e-tourism* scenarios that include the behavior of the digital tourist, content creation, the digital tourist as a prosumer, and risks in *e-tourism*. The findings show that the scenarios could manifest both features. However, our analysis

places *e-tourism* as a liberator of the digital tourist, because it tends to project characteristics of compatibility, accessibility and responsibility through the participation, collaboration, and variety of information it provides.

**Keywords**— neutrality of technology, ICT, digital tourist, *e-tourism*, digital transformation

### I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de las últimas décadas, la oferta del turismo se ha transformado debido a diversos factores. Uno de ellos, que ha impactado de manera significativa al sector, es el uso de tecnologías de información y comunicación (TIC) traducidas en plataformas o aplicaciones virtuales que han impulsado nuevos patrones de negocios digitales, mejorando la experiencia de los ofertantes y turistas a través del turismo electrónico (*e-tourism*) [1]. Según Buhalis y Law [2], el auge del Internet en los años 90 transformó la naturaleza de la industria turística, dando paso al uso de nuevas tecnologías y generando una nueva percepción del cliente turístico. En la actualidad, dicha afirmación es evidente, por la complejidad de la infraestructura turística y el cambio de comportamiento del turista, lo que ha traído nuevos retos inducidos por la demanda, cambios en las organizaciones y un avance en el desarrollo tecnológico del sector turístico [3].

La perspectiva de profundizar el conocimiento en escenarios donde el turista es agente activo debido a su interacción con la tecnología digital, es necesaria para comprender el rol del turista como co-creador de esta tecnología [4 – 6], y a su vez para comprender su rol en la transformación digital en el turismo [7], [8]. Por lo que, el presente artículo estructura un análisis de la neutralidad de la tecnología con respecto a los escenarios que se han desarrollado a través del uso de las TIC en el turismo electrónico enfocado al turista digital. Dentro de este

J. Toscano-Jara, E. Loza-Aguirre and A. Franco-Crespo, “La neutralidad del turismo electrónico: su huella en el turista digital y en la transformación digital de la industria turística”, Latin-American Journal of Computing (LAJC), vol. 8, no. 2, 2021.

contexto, se pretende generar una discusión en torno a su vínculo con la transformación digital del sector turístico.

Este estudio supone dos posturas en cuanto a la neutralidad de la tecnología. La primera se refiere a una característica liberadora donde las TIC permiten al turista una mayor participación, opciones más eficientes para la toma de decisiones y una coparticipación en la industria. La segunda refiere a un marcado direccionamiento de estas tecnologías donde la implementación de las TIC en el turismo obliga a los turistas a cambiar sus estilos tradicionales, lo que a su vez es una fuente de nuevos riesgos e inseguridad en el consumidor turístico.

El evidente uso de las TIC en el turismo y la coparticipación característica del turista han sido componentes centrales para la transformación digital de las organizaciones turísticas [8], transformación que toma nuevos caminos como respuesta a los cambios del entorno digital [9]. Sin embargo, el análisis de la neutralidad de la tecnología en un contexto turístico mantiene abierta la inquietud de saber si las características liberadoras o direccionadas de las tecnologías digitales son un punto clave para que las organizaciones turísticas se estén transformando digitalmente. Partiendo de la premisa de que la tecnología no es neutral, el propósito de este artículo es identificar las características liberadoras y direccionadas del turismo electrónico con un enfoque al turista digital. A partir de esto, analizar si estas características, que inciden directamente en el turista digital, han conducido a la transformación digital de la industria turística.

Para canalizar el propósito de este artículo, a continuación se desarrollarán las secciones siguientes: en la sección II se presentará el marco teórico que soporta el análisis de la neutralidad del turismo electrónico; en la sección III se presentará la metodología utilizada; la sección IV mostrará los resultados haciendo referencia a los escenarios más representativos del turismo electrónico y el turista digital; en la sección V se discutirán los hallazgos con respecto al balance de las características liberadoras y direccionadas en el *e-tourism* y se realizará una reflexión de la incidencia en la transformación digital del sector turístico. La sección VI presentará las principales conclusiones, limitaciones y propuestas futuras.

### II. MARCO TEÓRICO

#### A. La Neutralidad de la Tecnología

La continua discusión acerca de si la tecnología es causa o no de los problemas de la sociedad se ha mantenido durante largo tiempo a partir de la segunda Guerra Mundial. Dentro de esta controversia, se generó el primer paradigma que postulaba a la tecnología como neutral, donde se planteaba que la ciencia y tecnología son aisladas, universales e independientes a intereses particulares [10]. Sin embargo, la sociedad ha sido moldeada por la tecnología que ella misma ha creado y ha construido [11], [12]; su avance ha hecho que la sociedad se adapte a cambios radicales, lo que permite cuestionar su neutralidad.

Por este antecedente, el análisis de la neutralidad de la tecnología encerrada en el primer paradigma no cabe en la concepción actual de la tecnología. “La tecnología es una palabra que el tiempo nos ha traído” [11], pero que siempre ha existido porque la sociedad la ha creado, aceptado y

transformado para su bienestar, mejoramiento y acoplamiento en sus condiciones de vida. Actualmente, no es sostenible pensar que la ciencia y la tecnología existen con fines ajenos a lo social, ya que “los propósitos son determinados socialmente y no en un espacio técnico asocial” [13], es decir, las tecnologías responden a necesidades, deseos y estilos de vida, por lo que de manera evidente se construyen socialmente [14].

En nuestro mundo, las tecnologías “son inherentemente políticas” [12], muchas adaptadas a varios modos de vida y otras diseñadas con las exigencias que cada industria demanda. Por lo tanto, la neutralidad en la tecnología y en los procesos de evaluación de la misma deben ser redireccionados para que las políticas y la búsqueda del bienestar en cada sociedad sean realizados en base a valores y visionando el futuro [15]. Por consiguiente, la concepción actual de la neutralidad lleva a debatir sobre el poder, el control y la autoridad con la que estas tecnologías son diseñadas e implementadas, ya que se evidencian escenarios donde han sido delineadas para: generar igualdad o desigualdad en la sociedad; centralizar o descentralizar su uso; ser direccionadas o liberadoras del ser humano [12]; ser autoritarias o democráticas [16].

Desde un enfoque filosófico existen posturas que cuestionan la característica liberadora de la tecnología, ya que al no ser neutral es difícil de conducirla hacia la autonomía del ser humano [17], porque le preceden factores dominantes y direccionados que satisfacen los intereses de grupos focalizados [18]. Otros enfoques son analizados a nivel de la neutralidad de red en torno a las regulaciones de Ley para que las políticas sean inclusivas e igualitarias [19], [20].

El interés del presente trabajo es usar la dicotomía de direccionamiento y liberación dentro del campo del turismo. Así, evidenciar que el turismo electrónico no es neutral ya que se han creado escenarios que podrían mostrar un marcado direccionamiento o una fuente de liberación para el turista. Por lo tanto, es necesario situarse en un marco de referencia que especifique las características de las tecnologías de liberación o cuáles las hacen direccionadas. Según Fricker, “todas las tecnologías deberían ser liberadoras; sin embargo, comenzaron a esclavizarnos cuando nos liberaron” [21]. Para el ser humano, esto lo condena al estado en el que su propia creación se convierte en un instrumento de manipulación. Aunque existe la posibilidad de que el ser humano ha llegado a un punto donde usar la tecnología le hace sentir en libertad.

Una tecnología direccionada es represiva, es diseñada por pocos que centralizan su poder, inhibe la opinión de otros, crea jerarquías de uso y barreras en la sociedad, causa desigualdad en la distribución de beneficios por género, etnias y culturas, y una continua inspección de la vida, atendiendo a un marco determinista que reduce al ser humano a un activo manipulable de la creatividad tecnológica [6]. En otras palabras, una tecnología direccionada “controla el comportamiento, deseos y pensamientos de la gente, se introduce en la privacidad y libertad, elimina comportamientos y espacios en comunidad, creando dependencia de recursos y productos, reduciendo la creatividad e iniciativa del ser humano” [21].

Para que una tecnología sea liberadora o permita la libertad en el ser humano debe ser compatible, accesible y responsable [21]. Compatible, con los procesos, la diversidad y la capacidad productiva. Accesible, al ser alcanzable a todas

las personas, esparciendo sus beneficios sin limitantes, permitiendo que el control y el poder sean de dominio público. Y responsable, al innovar bajo un compromiso y deliberar sus políticas donde la sociedad debe evaluar y determinar la dirección que una tecnología debe tomar. Es decir, la perspectiva liberadora atenderá a la postura de que la tecnología se construye socialmente, donde su centro es el individuo y los grupos sociales, quienes al tener mayor poder generan mejores experiencias y colaboración [6], [13], [14], [21]. Construir una tecnología liberadora requiere de la participación de la sociedad, pero asimismo su diseño incentiva la colaboración y cooperación entre los ciudadanos. Incluso al evaluar estas tecnologías “las prácticas y sus estándares científicos están típicamente asociadas con una preferencia política por modos más participativos o deliberativos en la toma de decisiones” [15]. Las tecnologías liberadoras también son las tecnologías democráticas. Según Mumford [16], las tecnologías democráticas son las que liberan, las que permiten una interacción libre, un acceso sin trabas a conocimientos comunes y las que perduran en el tiempo.

Bajo este antecedente, la neutralidad de la tecnología será analizada a través de los escenarios desencadenados en el turismo electrónico por la interacción del turista con las TIC, donde se pretende evidenciar las características direccionadas o liberadoras de estas tecnologías.

**B. El Turismo Electrónico**

La industria turística ha sido un campo para el desarrollo y difusión de las TIC, cuyo crecimiento fue rápidamente beneficiado por la acogida de cada actor o *stakeholder* de este sector [2], [3], [22]. El Internet, fue el primer protagonista del desarrollo turístico digital con plataformas para reservas o distribución diseñadas para facilitar la operatividad de las empresas turísticas como las aerolíneas. La red de redes, junto con las TIC, forman la tecnología digital que ha permitido transformar toda la cadena de valor de la industria turística a través de la eficiencia en el procesamiento y comunicación de datos, facilitando así la transformación de las organizaciones en negocios electrónicos [22].

Las TIC en el turismo han permitido un cambio en todos los niveles organizacionales, siendo relevantes en la creación de nuevas estructuras, estrategias en operaciones de producción y mercadotecnia. Han evolucionado la interacción entre los actores clave como proveedores, intermediarios y consumidores [2]. La fusión de las TIC en las organizaciones turísticas dio paso al turismo electrónico y a su vez al turista digital.

El turismo electrónico o *e-tourism* incluye la implementación de la tecnología digital y la gestión en todas las funciones, niveles y cadenas de valor del negocio turístico (viajes, hospedaje, destinos, agencias, etc.), donde en un nivel táctico de comunicación y marketing aparecen plataformas de comercio electrónico, blogs, webs, social media y demás redes sociales, que permiten maximizar la eficiencia y efectividad de las comunicaciones en el turismo entre todos sus stakeholders y consumidores [22], ofreciendo herramientas de información, canales de venta y una interfaz de interacción centradas en el nuevo turista digital [3]. El turista digital o *eTourist* es el turista que puede ser observado a través de las actividades digitales que realiza en la red [3]; quien a través de la tecnología digital interactúa y crea nuevos espacios y comunidades llegando a ser un bien capital de organizaciones turísticas y de otros turistas [6].

**C. El Turismo Electrónico, la organización y el turista**

El espectro de la tecnología digital en el turismo ha evolucionado desde la década de los 90, es decir, el turismo electrónico se ha introducido en la industria turística desde el uso de correos electrónicos, páginas web, comunicación por redes sociales, aplicaciones móviles, hasta la implementación de asistentes virtuales, realidad virtual y la construcción de ciudades inteligentes [23]. La adopción de las TIC en la industria turística se ha dado en torno a los intereses de dos *stakeholders* centrales que son las organizaciones turísticas y los turistas digitales. Desde la adopción de modelos digitales como el comercio electrónico, se han manifestado y han anticipado ciertos beneficios y limitaciones generalizadas del *e-tourism* tanto para empresas como para consumidores [2], [24], [25].

Según Buhalis [24], algunos beneficios que se han reportado a nivel organizacional es el incremento de las ventas directas, la disminución de costos de distribución y comunicación, la especialización de los productos para mayor conocimiento del cliente y la adaptación del precio según las fluctuaciones de demanda percibidas. Asimismo, se han identificado consecuencias como la desaparición y creación de nuevos intermediarios, la dificultad de cubrir los costos para implementar TIC competitivas en las pequeñas y medianas empresas, las debilidades en el entrenamiento para aprovechar las tecnologías en marketing y la negación de ciertos propietarios a perder el control que tradicionalmente le han permitido las técnicas *offline* (canales físicos tradicionales).

La adopción del turismo electrónico ha convivido en medio de la resistencia al cambio por parte del proveedor turístico [26], y la implementación de esta tecnología digital ha generado cambios significativos en la fuerza de trabajo [27]. A pesar de esto, actualmente los beneficios del turismo electrónico en las organizaciones trascienden por la amplia información que se genera a través de la interacción virtual con el turista [28], aunque la gestión de las TIC aún requiere de mayores esfuerzos para explotar sus beneficios [29].

Estos escenarios han forzado a las organizaciones turísticas a adaptarse a un entorno digital y administrar un contexto de transformación digital, donde se ha hecho necesario gestionar la tecnología dentro de los fines turísticos, incluyendo un proceso de cambio y desarrollo de nuevas capacidades en estas organizaciones [8], [30]. Según Sigala [31], la finalidad del uso de las TIC en el turismo se ha resumido a una forma de expresión que permite comunicar y compartir experiencias e información para la toma de decisiones. También es una fuente de inteligencia de mercados, una herramienta de aprendizaje *online* y un instrumento para nuevos modelos de negocios, transformación de las experiencias y co-creación de valor. Las TIC, en su mayoría, han facilitado los procesos de reserva, redes de comunicación interna y externa, multimedia y gestión de la información, generando nuevos escenarios de transformación [32].

En lo que respecta al nivel del turista digital, las TIC han facilitado la transmisión de las opiniones a los usuarios de las plataformas turísticas, la comunicación con otros consumidores, las reservas al instante, la visita virtual de destinos antes de visitarlos, la personalización de la experiencia, y la variedad de opciones para tomar una decisión [24]. Asimismo, los turistas digitales disfrutan de las

comunidades virtuales porque canalizan sus motivaciones de reconocimiento y entretenimiento al compartir experiencias [33].

Como contrapunto, se ha evidenciado una alteración en el comportamiento de compra habitual inducido por la desconfianza, la inseguridad o fraudes en la red y la variedad de ofertantes desconocidos. En el uso de reservas online, los consumidores han expresado su inconformidad en la ética aplicada en la información y las puntuaciones mostradas en las plataformas [34]. Además, el turista ha dependido más de la Internet para diseñar una experiencia de turismo que se equilibre a sus necesidades [6], [35].

El turismo electrónico ha sido adoptado tanto en modelos tradicionales del turismo masivo [36], como en nuevas corrientes que se enfocan en un turismo sostenible [37]. Como parte del primero es evidente que organizaciones como las aerolíneas, operadores de turismo, hoteles y restaurantes han adoptado el *e-tourism* a través de sistemas de reserva, páginas web y otras aplicaciones que han permitido la comunicación y participación masiva de sus clientes [38]. En el caso de modelos de turismo sostenible, el *e-tourism* ha fortalecido los fines de la economía colaborativa a través de plataformas como Airbnb [39], [40]. Por lo tanto, el *e-tourism* ha sido implementado en la industria turística independientemente del modelo turístico de las organizaciones [38]. Las plataformas de reserva o de promoción y otras tecnologías digitales han podido ser implementadas en organizaciones de economía colaborativa como el turismo rural y turismo ecológico [34], incluso manteniendo las mismas percepciones de riesgo por parte del turista digital [41].

**III. METODOLOGÍA**

Considerando al turista digital como actor central, se ha analizado la neutralidad del turismo electrónico a través de una revisión de literatura exploratoria. Esta ha sido realizada con el enfoque de los estudios de alcance o *scoping studies*, que permiten sintetizar y analizar la evidencia para ampliar la claridad de un tema específico [42 – 44]. La base de datos referencial fue tomada en [3], desde la cual se obtuvieron estudios empíricos y teóricos. Esta fuente inicial fue seleccionada porque reporta los estudios relacionados a la evolución del turismo electrónico en la última década. Los artículos fueron selectos por su relación a escenarios con el turista digital.

En la “Tabla I” se resume el procedimiento aplicado.

TABLA I. METODOLOGÍA PARA LA REVISIÓN DE LITERATURA

Nº de Etapa <sup>a</sup>	Desarrollo de las etapas de la revisión		
	Nombre de la etapa	Descripción	Nº de artículos
1	Pregunta clave para la revisión	¿Cuáles son las características liberadoras o direccionadas del turismo electrónico con respecto al turista digital?	-
2	Análisis de estudios relevantes	Base de datos referencial en [3] <sup>b</sup> .	159
3	Selección de estudios	Según el título se seleccionaron los	38

Nº de Etapa <sup>a</sup>	Desarrollo de las etapas de la revisión		
	Nombre de la etapa	Descripción	Nº de artículos
		artículos que estaban relacionados al turista digital.	
4	Mapeo de datos	Se seleccionaron los artículos de acceso abierto, se analizó su contenido seleccionando datos específicos al objetivo de este estudio	16
5	Reporte de Hallazgos	Los 16 artículos reportaron información que permitió orientar los hallazgos en 4 escenarios.	-
6	Análisis de Resultados	De cada escenario se identificaron características liberadoras y direccionadas con referencia al turista digital	-

<sup>a</sup>. Metodología sugerida en [43]

<sup>b</sup>. Cubre literatura desde el año 2008

La identificación de características liberadoras y direccionadas se realizó según los precedentes establecidos en la “Sección II”, las cuales han sido adaptadas al turismo electrónico en la “Tabla II”.

**IV. RESULTADOS**

Según los hallazgos de la revisión de literatura, se han identificado cuatro grupos de escenarios que abarcarían las situaciones representativas del turismo electrónico con el turista digital: el comportamiento del turista digital, el turista digital como creador de contenidos, el turista digital como *prosumer* y, riesgos del turista digital en el *e-tourism*. Estos escenarios serán descritos a continuación en base a la información asimilada en los artículos analizados.

TABLA II. ANÁLISIS DE NEUTRALIDAD EN EL TURISMO ELECTRÓNICO

Tecnologías del turismo electrónico	
Características direccionadas para el turista digital <sup>a</sup>	Características liberadoras para el turista digital <sup>a</sup>
Inhiben la opinión Crean centralización Crean desigualdades Están orientadas a la inspección, control o manipulación del comportamiento del turista digital Crean percepción de inseguridad	Compatibles con el estilo de vida Existe fácil accesibilidad Permite la participación abierta Incentiva la colaboración Empodera al turista Permite compartir opiniones y experiencias

<sup>a</sup>. Características adaptadas desde [6], [21]

**A. Comportamiento del turista digital**

A partir de la llegada del turismo electrónico se han evidenciado cambios sustanciales en cuanto al proceso de decisión de compra del turista [35]. Desde que la industria turística ha potenciado sus estrategias de marketing en medios *online* a través de las TIC, se ha mostrado la acción de factores adicionales que influyen para que exista una actitud positiva y una intención de compra turística positiva en medios *online*. El comprador *online* de productos turísticos debe percibir confianza en un sitio *online* para realizar la compra [45]. De igual manera, el turista electrónico valora las ventajas relativas como promociones,

ahorro de tiempo, variedad de productos y entretenimiento en la web [46]. Un factor sustancial identificado es que el turista debe sentir autoeficacia y tener a disposición el *hardware* necesario para reducir la percepción de complejidad del uso de la plataforma, así, a menor complejidad percibida, mejor actitud y mayor eficacia en la compra *online*; además, el turista electrónico traduce esta forma de compra *online* a su estilo de vida, y valora la compatibilidad con sus deseos y exigencias para diseñar su experiencia [47], [48].

Para la preparación y planificación de las experiencias de viaje, las TIC han sido adoptadas y cada vez más demandadas por los viajeros de forma tal que incluso su uso podría estar saturado. Los viajeros son más dependientes de las opiniones generadas en comunidades virtuales para tomar decisiones. Las diferencias en la aceptación y uso de las TIC entre generaciones son casi imperceptibles, aunque se define mayor compromiso y mayor actividad en las nuevas generaciones nacidas desde 1980, quienes usan mayor cantidad y variedad de información, diversos canales de Internet, dispositivos de comunicación, buscan continuamente nuevos destinos, novedades turísticas y más facilidades para planear su experiencia por Internet [35], [46]. Esta es la generación que ha causado la bifurcación frente a los viajeros tradicionales y ha construido a un turista electrónico que convive con la tecnología digital [35]. Entonces, los turistas digitales ya no son pasivos como podrían haber sido los viajeros tradicionales de hace dos décadas. El turista del *e-tourism* ha planteado nuevos requerimientos y nuevas rutas para su experiencia turística, con mayores opciones y mayor libertad. En referencia a la generación de adultos mayores se ha identificado un rechazo importante hacia las TIC en turismo, sin embargo, en ciertos contextos, esta generación ha tratado de adaptarse y ha mejorado sus habilidades al utilizar computadores o teléfonos inteligentes para integrarse a esta nueva forma de comercio; es un segmento heterogéneo ya que gran parte de ellos aún dependen de operadores o material tradicional por la desconfianza y habilidades que demandan las TIC, pero otros mantienen el interés por adaptarse y capacitarse, demandando más fiabilidad, conveniencia y calidad que se responda a sus valores y estilos de vida [45].

El turista digital, dependiendo de su capacidad de uso de herramientas tecnológicas y su comprensión de las implicaciones, tiene la ventaja para aprovechar el alcance de las TIC para diseñar su experiencia turística. Szopinski [46], plantea que los factores que evalúa un turista para realizar una compra *online* son el costo cognitivo (cuán difícil es el proceso) y el costo de la búsqueda de información percibido (cuánto tarda el proceso). Ciertas veces el turista solo utilizará el Internet como medio de información y comparación de precios, y otras como una vía para realizar una compra directa. Es decir, el turista tiene el beneficio de visualizar una gama de productos, ofertas y precios emitidos por varios operadores, permitiendo que su decisión tenga más opciones. Esta decisión será reforzada y positiva cuando el diseño de la plataforma digital sea adecuado, no saturado, amigable y emita una imagen de calidad en los productos turísticos [45], [49].

El precio también es un factor que percibe un turista digital [50]. Sin embargo, no todos perciben al Internet como un medio para conseguir los precios más bajos y convenientes, lo que hace que combinen su decisión con la información brindada en medios *offline*, por lo que los

negocios turísticos han tenido que adaptarse en ofrecer estos dos tipos de canales [46]. La vasta información que existe en la Internet ha hecho que el turista reconozca nuevas necesidades y deseos. La fase más evolucionada en la decisión de compra *online* del turista es la búsqueda de información [51], donde el turista digital ha adquirido nuevas destrezas y ha aprendido a utilizar la información a su favor para diseñar y evaluar alternativas en su experiencia turística. Al reconocer los beneficios de los medios digitales, el turista ha motivado a esta industria a transformarse progresivamente al mundo de las tecnologías de información, aumentando sus capacidades digitales. El turista digital es un consumidor con poder de conocimiento de la industria y su forma de tomar decisiones ha demandado que los negocios mejoren cualidades que le ahorren tiempo, esfuerzo y dinero.

**B. El turista digital como creador de contenidos**

Como parte del comportamiento del turista podemos destacar sus actividades y vinculación a plataformas sociales e interactivas del *e-tourism*, donde se ha convertido en creador de contenidos. Los sitios webs de *social media* (blogs, Facebook, YouTube, Twitter, Google+) permiten al turista generar contenidos compartiendo sus comentarios, sus experiencias y opiniones hacia los demás en cualquier formato (textos, videos o fotografías) [51], [52], siendo también las plataformas más revisadas por los turistas para adquirir información de destinos, ofertas y experiencias turísticas [47], [53]. El turista electrónico se suma como proveedor de información compitiendo con los contenidos mostrados por los negocios turísticos y, dada la facilidad para compartir contenido, el consumidor gana más poder, decidiendo qué y en qué formato mostrará su información [52]. El turista es así productor y consumidor de contenidos ya que percibe a las redes sociales digitales como una fuente de entretenimiento y de fácil uso, además que le conecta con viajeros que se asemejan a sus intereses y perfiles [51].

Las revisiones de contenidos por los turistas han generado un esparcimiento de información a través del *e-word-of-mouth (e-WOM)* o el boca a boca electrónico, siendo un factor decisivo en la toma de decisiones y diseño de viaje, ya que el turista comenta y comparte tanto lo positivo como lo negativo de su experiencia en todo el proceso de decisión y vivencia en el destino. El turista es selectivo en cuanto a estos comentarios, ya que solo pone atención y replica la información que es relevante y precisa según sus necesidades, y sobre todo cuando le proporciona un valor añadido permitiéndole evaluar lo bueno y lo malo de un producto turístico. El turista electrónico se preocupa por sus homólogos, le gusta ayudar, es altruista, aunque sus motivaciones finales sean distintas [47], [54], [55].

A través de la creación de contenido podemos entender que un turista digital tiene el poder de la palabra, de la imagen y de la experiencia vivida, para influir sobre las percepciones y decisiones de otros turistas; es generador de un contraste y permite la comparación entre la información que proveen los negocios turísticos y la información cargada por otros turistas que se identifica como genuina. Así, se han creado comunidades virtuales que animan, incentivan, guían y previenen al turista en las experiencias que busca.

**C. El turista digital como prosumer**

Otro escenario del *e-tourism* es donde el turista se ha vuelto parte de la economía colaborativa o compartida. El turista se ha convertido entonces en un *prosumer*, un término

que “se refiere a un nuevo agente de la aldea global que no se limita al rol de consumidor, sino puede también proveer otros bienes o servicios a la red” [3]. En el caso del turismo, los turistas son co-creadores de valor, interaccionan y enriquecen el consumo turístico [56], colaboran co-creando experiencias auténticas junto a anfitriones oriundos del destino turístico. Este, es el caso que ofrece el modelo turístico de Airbnb, donde el anfitrión ayuda al turista a diseñar su experiencia y el turista vive y aprende de la convivencia con su anfitrión a través de una vivencia local real. La plataforma virtual de Airbnb permite una evaluación mutua y abierta acerca de la satisfacción como hospedador y como huésped [57]. Dentro de esta perspectiva, el anfitrión es un asimilador de costumbres y prácticas sociales que le permiten construir y mejorar experiencias en su actual y futuro huésped, debido a que el turista es un transmisor de cultura, es un recurso de conocimiento y no solo un recurso financiero [56]. Al interactuar con el proveedor del hospedaje le enseña sus formas de vida, sus gustos y deseos para la experiencia turística, y al mismo tiempo el *host* rediseña y mejora. Además, el turista ya no está limitado a hospedarse en las tradicionales cadenas hoteleras, sino que colabora con la economía local buscando convivir con el *host* local. Este vínculo se realiza debido a la interacción bidireccional que permiten estas plataformas virtuales dentro de este modelo de negocios. Por otro lado, se ha mostrado en situaciones puntuales, que el turista tiene desconfianza hacia las puntuaciones de los *host* que podrían estar minimizadas o sobredimensionadas [57].

**D. Riesgos para el turista digital**

Desde una óptica positiva, gracias a las TIC el turista digital ha moldeado su comportamiento para obtener mayores beneficios, ha incrementado su participación creando contenidos y compartiendo información con otros turistas, se ha vuelto parte del negocio turístico siendo un recurso proveedor de conocimiento. Sin embargo, durante su adaptación a la nueva realidad digital ha experimentado ciertos inconvenientes. Los turistas “no están libres de la percepción de riesgo (...) y el riesgo domina en su proceso de decisión” [58]. Los turistas electrónicos perciben riesgos en cuanto al rendimiento del producto que obtendrán vía *online*, tienen miedo de que no cumpla sus expectativas y no equilibre su valor financiero. Además, temen por la seguridad en la entrega de sus datos o uso de sus tarjetas de crédito, lo cual les genera un riesgo psicológico con la ansiedad de saber si están escogiendo correctamente y podrían percibir ineficiencia en el tiempo invertido para tomar su decisión. No obstante, se ha demostrado que estas percepciones se reducen significativamente cuando el turista obtiene más experiencia en las compras *online* [58], es decir, su alfabetización electrónica le permite confiar más en su decisión [3].

El turista electrónico moldea su nivel de confianza hacia las plataformas web al evaluar la reputación, la facilidad de su uso, su utilidad para organizar un viaje o proveerle información, y al considerar la calidad en cuanto a información y seguridad [59], [60]. Por lo tanto, la decisión de compra del turista digital también dependerá de las características que emita una plataforma digital. El turista electrónico ha incorporado con mayor intensidad otros factores que la compra *offline* no demanda, su decisión se moldea según la confianza que construye con la herramienta digital y su oferta. La confianza, entendida como una fuente de integridad y fidedigna, construye la lealtad del turista hacia

los productos turísticos *online* [60]. El sentimiento de riesgo y el nivel de confianza actúan tanto como una limitante como una guía y estímulo para el turista digital, para que la industria realice mejoras tecnológicas en las TIC y contrarresten los sentimientos y actitudes negativas. Esto ha permitido que el consumidor electrónico considere lo digital como esencial en su vida.

En la “Tabla III”, con los hallazgos presentados en los cuatro escenarios y a través del análisis e interpretación de los autores, se han identificado las características liberadoras y direccionadas del turismo electrónico con enfoque al turista digital. Cada situación presentada ha permitido concluir con respecto a su balance en el *e-tourism* y su vínculo con la transformación digital de la industria.

**V. DISCUSIÓN**

Fortaleciendo la premisa de que la tecnología no es neutral, los escenarios del turismo electrónico evidencian que la tecnología digital se ha posicionado en el sector turístico gracias a que han sido diseñadas como herramientas de comunicación interactivas, que permiten mayor colaboración y conexión en la esfera turística. Es decir, las tecnologías del *e-tourism* reflejan intereses económicos de la industria para ampliar los límites de los negocios del turismo [61]. De esta manera, se ha extendido el espectro de comportamiento y las exigencias del turista, lo que ha transformado el *modus operandi* tradicional de los proveedores del sector.

Dentro del análisis de la neutralidad en torno a los escenarios del *e-tourism*, la identificación de características liberadoras y direccionadas nos ha permitido ampliar su alcance en el turista digital. Al parecer, el escenario que abarcaría más características liberadoras es el que permite la creación de contenidos al turista, mientras que el escenario de riesgos es el que posiciona el carácter direccionado del turismo electrónico. Sin embargo, la mayoría de los escenarios podrían manifestar ambas características, por lo que a continuación se examinan los hallazgos para analizar su balance desde un panorama general.

Las características liberadoras en el turismo electrónico pueden presenciarse en las TIC como blogs, webs y *social media*, que se diseñaron para acortar tiempos de búsqueda, ampliar la oferta y canales de venta por medio de imágenes, videos o textos y dar lugar a una mayor interacción, y personalización al turista [2], [3]. La variedad en destinos, opiniones y proveedores que se encuentran en el mundo digital del turismo, permiten al turista ampliar su búsqueda de información y sus alternativas para diseñar su viaje y sobre todo su experiencia. Así, el turista es libre de buscar información entre una diversidad de opciones, y comparar y ajustar la oferta a sus deseos y necesidades [45], [46].

TABLA III. ANÁLISIS DE LA NEUTRALIDAD POR ESCENARIOS

Escenario	Turismo electrónico <sup>a</sup>	
	Características Liberadoras	Características Direccionadas
Comportamiento del turista digital	Ahorro del tiempo en el proceso de compra Variedad de opciones de productos turísticos Personalización de la experiencia turística Información variada y actual	Manipulación de precios para atraer al turista digital Diseño de las plataformas orientadas a influir en la toma de decisiones del turista Exigencia de nuevas habilidades digitales

Escenario	Turismo electrónico <sup>a</sup>	
	Características Liberadoras	Características Direccionadas
	Ayuda a una mayor participación del turista a nivel mundial Es compatible con el estilo de vida del turista digital	Complejidad de uso según la edad Saturación de información en las plataformas Dependencia a opiniones de otros turistas Costo cognitivo Costo percibido en la búsqueda de información
El turista digital como creador de contenidos	Permite compartir opiniones y experiencias Permite conectarse con comunidades online con gustos similares Genera el <i>e-WOM</i> que permite una comunicación abierta de las opiniones. Permite que el turista digital sea el protagonista Empodera al turista digital Crea un turista altruista Permite la comparación de experiencias para la toma de decisiones Co-crea el contenido de la información turística	Manipulación de contenidos El turista otorga el acceso de sus datos personales El turista se convierte en un proveedor de información para la industria Podría existir manipulación del contenido compartido Genera dependencia tecnológica para la creación de los contenidos y su difusión
El turista digital como <i>prosumer</i>	Permite la economía colaborativa Permite encontrar experiencias autóctonas y asimilar nuevas culturas Permite al turista ser co-creador de las experiencias	Pueden existir alteraciones o manipulación de puntuaciones y contenidos de las plataformas digitales
Riesgos para el turista digital	Ninguna	Riesgos psicológicos, ansiedad Expectativas sobredimensionadas Inseguridad en datos financieros Existencia de fraudes Desequilibrio del valor financiero Condicionar la lealtad del turista digital Ineficiencia del tiempo invertido

<sup>a</sup> Se han identificado situaciones dentro de cada escenario del *e-tourism* que pueden evidenciar características liberadoras o direccionadas.

El incremento de la participación del turista y su rol como creador de contenidos, han establecido una ventaja tanto para proveedores como para el consumidor electrónico. La información es variada y da acceso a que los turistas digitales evalúen las experiencias de otros para mejorar las suyas. El proveedor turístico *online* es más conciente de que la información será evaluada y contrastada por el turista digital, por lo que a través del *e-WOM* el turista puede crear su experiencia y la experiencia de otros turistas en el mundo [51], [52], [55]. Asimismo, los proveedores turísticos obtienen más información que le permite adaptarse y responder a los nuevos requerimientos para equilibrarse frente a las ventajas del mundo digital.

El turista no es solo un ente financiero para la comunidad turística; se ha convertido en un activo de conocimiento que co-crea experiencias y está más interesado por ser parte de la

economía colaborativa y ser difusor de su propia cultura [56], [57]. A través de las TIC, el turista se ha empoderado y tiene la libertad de crear experiencias autóctonas y ser responsable socialmente al compartir sus opiniones, evaluando y siendo evaluado de una manera abierta. El turismo electrónico ha significado el fortalecimiento de varias dimensiones donde los turistas pueden ser más altruistas siendo participantes de modelos turísticos más sostenibles.

Por otro lado, las características direccionadas del turismo electrónico han sido evidenciadas a través de los límites que transfiere al turista. Indudablemente la percepción de riesgo no ha finalizado, los fraudes electrónicos a nivel mundial son inevitables [22]. El turista podría reducir esta incertidumbre con la mejora de políticas que protejan sus datos, sin embargo, para acceder a los beneficios de la tecnología digital, las organizaciones han condicionado su uso a través del intercambio de su información personal. El diseño de las TIC permite almacenar datos confidenciales y el turista está obligado a conceder el acceso a sus datos para lograr mayor autonomía en su compra. Transmitir confianza en la seguridad de datos podría ser un acto direccionado para manipular la lealtad del turista digital en el uso de ciertas plataformas.

Otra característica como la saturación de información digital en el medio turístico también podría ser parte de una tecnología direccionada. La cantidad de información tiene sus limitantes en cuanto a la capacidad de recepción del turista digital. Como en todos los negocios electrónicos, se podría pensar que el turista es el único encargado de saber cómo usar o evadir la información para toma de decisiones, sin embargo, no tiene el control sobre el contenido ajeno y muchas veces la cantidad de información está manipulada por el empresario para causar un cansancio psicológico y acortar el tiempo de compra [47].

Podríamos decir que el turista electrónico utiliza la tecnología con una finalidad de auto beneficio que le permite participar, compartir experiencias y aumentar su independencia al diseñar su propia experiencia turística. Sin embargo, el turista podría estar expuesto al sobredimensionamiento de sus expectativas por la falta de ética y manipulación de puntuaciones en las plataformas de reserva por otros usuarios [41]. Al ser creador de contenidos podría ser más dependiente de la tecnología digital y de otros usuarios o comunidades virtuales para tomar sus decisiones, lo que podría significar que han condicionado su comportamiento a opiniones externas de sus propias convicciones. Adicionalmente, la demanda de nuevas habilidades digitales en las generaciones de turistas más adultas podría ser un obstáculo para ser parte del turismo electrónico [46], lo que afirmaría que estas tecnologías no son inclusivas en su totalidad, aunque intenten reducir el impacto con diseños amigables.

A pesar de lo analizado, las características direccionadas como el riesgo, la falta de confianza, el costo psicológico y el analfabetismo digital, son elementos que podrían minimizarse a lo largo del tiempo, con una mayor experiencia del turista digital. Si existe una direccionada saturación de información, el turista electrónico demandará cada vez más plataformas especializadas, personalizadas y confiables para facilitar su decisión. Así, estos riesgos, causados por el mismo ser humano, podrán ser disminuidos a través de la participación del turista en el avance tecnológico de las organizaciones del sector. Por lo tanto, la balanza en esta

dicotomía de la neutralidad del turismo electrónico está fortalecida hacia las características liberadoras, ya que en su mayoría están enfocadas a ser compatibles, accesibles y responsables con el turista digital.

El diseño de las tecnologías en el *e-tourism* ha evolucionado el comportamiento del turista digital y han demostrado ser compatibles con sus exigencias y un estilo de vida que busca tomar la decisión más óptima al conocer la máxima variedad de productos y compararlos en un tiempo relativamente menor a la compra tradicional. Del mismo modo, ha mejorado su accesibilidad, y le han otorgado al turista mayor participación, mayor poder con sus opiniones y acciones dentro de la red. La interacción con el mundo tiene menos límites, las TIC y el mundo digital han otorgado libertad al turista porque le permiten compartir su identidad, enlazar relaciones sociales y construir la tecnología según sus exigencias para una mejor experiencia [6]. Y han sido tecnologías responsables, porque han permitido a la sociedad ser parte de su evolución según sus requerimientos de mejora, aunque dicha responsabilidad todavía debe superar los inconvenientes del manejo ético de las plataformas digitales por parte de las organizaciones y el turista.

Las percepciones podrían ser distintas entre generaciones. Tal vez los *millennials* son la generación que representa y mantendrá a la característica liberadora del turismo electrónico, ya que ellos demandarán mayor autonomía para personalizar sus deseos al viajar. Contrariamente, las generaciones anteriores, los adultos y adultos mayores de hoy, tal vez conservarán una percepción de haber sido obligados a adaptarse para encajar en las nuevas tendencias turísticas, sin embargo, tienen acceso a mayores ventajas que la forma tradicional no les otorgaba.

Las características liberadoras han permitido que perdure el rol co-creador del turista digital en la industria, y esto ha obligado a las organizaciones a responder a nuevos requerimientos frente a nuevos comportamientos y expectativas que deben considerar para enfrentar al mundo digital. Indudablemente, es un escenario tecnológico de construcción social, ya que los avances en el diseño de las TIC como plataformas virtuales, se construyen y modifican en base a lo que el turista digital demanda a sus proveedores o en base a las oportunidades que genera la industria.

Al ser el turista digital uno de los ejes principales para la industria, las organizaciones han tenido que canalizar su transformación digital [62]. La industria turística ha tenido que integrar más componentes organizacionales, sociales y del entorno turístico para aprovechar el potencial de las tecnologías digitales. Ejemplo de esto hay varios. Los museos están adoptando plataformas digitales para reservas *online*, mapas interactivos y social media para funciones de comunicación y acceso de la información atendiendo a requerimientos de sus clientes [63], con el fin de proporcionar valores funcionales, epistémicos, hedónicos y generar mayor satisfacción al interactuar con dispositivos tecnológicos de información [64]. Los responsables administrativos de los museos están más interesados por conocer a su cliente y por adquirir personal especializado para que optimice el uso de la tecnología digital. Por otro lado, las cadenas hoteleras han visto necesaria la capacitación del personal para que los proyectos digitales sean implementados eficazmente [7].

Los hoteles se están transformando con la implementación de herramientas de *social media* y reservas

*online*, pero el liderazgo y la cultura colaborativa también están fortaleciéndose para que la tecnología digital sea una herramienta de toma de decisiones sin limitar su alcance [8]. Los hoteles también han integrado las TIC para actividades de gestión financiera y alcanzar una atención más eficiente en el proceso de facturación y contabilidad [30].

En base a eso, se podría afirmar que las características liberadoras del turismo electrónico son las que de manera significativa han permitido que el turista digital sea el impulsor de la transformación digital en las organizaciones. Esta transformación integra no solo componentes tecnológicos, sino también componentes organizacionales como el desarrollo de capacidades y habilidades, y además atiende a componentes del entorno como el constante cambio de los requerimientos de todos los *stakeholders* de la industria [63].

Por lo tanto, el turismo es una industria que ha dado un cambio radical frente a su forma tradicional de canalizar las ofertas para el cliente gracias al turismo electrónico [2], [3], [22]. Actualmente, es una de las industrias que ha dado acogida permanente a las TIC y que avanza hacia la implementación de ciudades inteligentes para el turista [1]. La constante convivencia del turista con la tecnología y la mejora continua de la misma, marcan el rol que ha asumido el turista digital para co-crear el turismo electrónico y su rol frente a las organizaciones turísticas para que éstas respondan al entorno digital a través de su transformación [65].

## VI. CONCLUSIONES

Este artículo ha partido de la premisa de que la tecnología no es neutral. A partir de esto, el propósito de este estudio ha sido identificar las características liberadoras y direccionadas del turismo electrónico con un enfoque en el turista digital. Consecuentemente, se ha podido analizar si estas características, que inciden directamente en el turista, han conducido a la transformación digital de la industria turística.

El análisis realizado coloca al turismo electrónico como liberador del turista digital, porque tiende a proyectar características de compatibilidad, accesibilidad y responsabilidad a través de la participación, colaboración y variedad de información que brinda. Estas características liberadoras son las que han permitido que el turista asuma el rol de cocreador del *e-tourism* y sea el impulsor de la transformación digital de las organizaciones turísticas.

Este estudio tiene implicaciones teóricas y prácticas. Teóricamente, se ha introducido en los estudios del turismo un camino de análisis en cuanto a las dicotomías de la neutralidad de la tecnología que podrían ser trasladadas a nuevas metodologías y creación de instrumentos que permitan extender el estudio a nuevos escenarios. Asimismo, se ha proporcionado un nuevo enfoque de los hallazgos identificados en [3], reconociendo cuatro escenarios representativos del turismo electrónico. En cuanto a las implicaciones prácticas, la identificación de características liberadoras y direccionadas en el turismo electrónico sugiere a los empresarios del turismo que el turista mantendrá su rol como cocreador de la industria y el centro de la toma de decisiones en su transformación digital. Los hallazgos orientan a que el turismo electrónico debe potenciar sus características liberadoras para que el turista permanezca activo. Por lo tanto, las organizaciones deben adoptar tecnología digital que permita la interacción del turista, el

acceso libre a la opinión de otros y compartir sus propias experiencias. Los empresarios deberán cuidar la ética con la que se trata el contenido expuesto. Asimismo, futuras políticas públicas en el turismo deberán orientarse al bienestar del turista y a la defensa de su libertad, autonomía y seguridad digital. Frente a esto, se podrían canalizar nuevos análisis en cuanto a las plataformas de economía colaborativa y reducir las prohibiciones de uso que se han implementado en algunos países a pesar de que el turista se ha identificado con estos modelos turísticos sostenibles.

Esta investigación no está exenta de limitaciones. Los hallazgos dan una perspectiva global de las características liberadoras y direccionadas del turismo electrónico. El análisis podría ampliarse a nuevos autores y observaciones que permitan identificar otros escenarios del turismo electrónico y que evidencien la variedad de modelos turísticos que han adoptado el *e-tourism*. Por lo tanto, estudios futuros debería incluir otras dicotomías de la neutralidad, nuevos escenarios, actores e interacciones con la tecnología digital en las organizaciones turísticas, que permitan analizar distintas posturas de todos los *stakeholders* de la industria, ya que lo que es una característica liberadora para el turista podría ser una característica direccionada para un empresario. También se podría realizar una comparativa de la neutralidad del turismo electrónico entre distintos modelos del turismo y plataformas digitales adoptadas por las organizaciones, para conocer su alcance en el turista digital.

Dada la dinámica de la transformación digital de la industria, nuevos estudios deberían incluir a las ciudades inteligentes en análisis críticos como los que se ha propuesto es este estudio, ya que son proyectos activos y futuristas del turismo. Por último, el presente artículo no considera circunstancias que podrían haberse generado debido al COVID-19 que ha detenido la normalidad en las actividades turísticas. Sin embargo, la reactivación de la industria puede depender de la adaptación rápida a cambios súbitos del entorno, donde el turismo electrónico y la transformación digital pueden convertirse en herramientas para sobrellevar la crisis.

#### REFERENCIAS

[1] World Tourism Cities Federation, *City tourism performance research*. Madrid: World Tourism Organization and World Tourism Cities Federation, 2017.

[2] D. Buhalis and R. Law, "Progress in information technology and tourism management: 20 years on and 10 years after the Internet-The state of eTourism research," *Tour. Manag.*, vol. 29, no. 4, pp. 609–623, 2008.

[3] J. Navío, L. Ruiz, and C. Sevilla, "Progress in information technology and tourism management: 30 years on and 20 years after the internet - Revisiting Buhalis & Law's landmark study about eTourism," *Tour. Manag.*, vol. 69, no. June, pp. 460–470, 2018.

[4] C. S. Ooi and A. M. Munar, "Digital social construction of a tourist site: Ground Zero," *Tour. Soc. Sci. Ser.*, vol. 18, pp. 159–175, 2013.

[5] M. Bødker and D. Browning, "Beyond destinations: exploring tourist technology design spaces through local-tourist interactions," *Digit. Creat.*, vol. 23, no. 3–4, pp. 204–224, 2012.

[6] A. Munar and S. Gyimothy, "Critical digital tourism studies," in *Tourism Social Media: Transformations in Identity, Community and Culture*, vol. 18, A. M. Munar and S. Gyimothy, Eds. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2013, pp. 245–262.

[7] N. Kohle, "Digital transformation of a Swiss ski destination," in *The Palgrave Handbook of Managing Continuous Business Transformation*, 2017, pp. 417–434.

[8] C. Lam and R. Law, "Readiness of upscale and luxury-branded hotels for digital transformation," *Int. J. Hosp. Manag.*, vol. 79, no. December 2018, pp. 60–69, 2019.

[9] G. Kane, "The technology fallacy: people are the real key to digital transformation," *Res. Technol. Manag.*, vol. 62, no. 6, pp. 44–49, 2019.

[10] L. Velho, "La ciencia y los paradigmas de la política científica, tecnología y de innovación," in *Estudio social de la ciencia y la tecnología desde América Latina Por una nueva fundamentación filosófica*, A. Arellano and P. Kreimer, Eds. Bogotá: Siglo del Hombre Editores, 2011, pp. 99–125.

[11] L. Winner, *Autonomous technology technics-out-of-control as a theme in political thought*. Cambridge (Mass.): MIT press, 1977.

[12] L. Winner, "Do Artifacts have politics," *Daedalus*, vol. 109, no. 1, pp. 121–136, 1980.

[13] H. Bruun and J. Hukkinen, "Cruzando fronteras: un diálogo entre tres formas de comprender el cambio tecnológico," in *Actos, actores y artefactos: sociología de la tecnología*, H. Thomas, A. Buch, M. Fressoli, and A. Lalouf, Eds. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2013, pp. 185–216.

[14] T. Pinch and W. E. Bijker, "Construcción Social de hechos y de artefactos: o acerca de cómo la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología pueden beneficiarse mutuamente," in *Science*, H. Thomas, A. Buch, M. Fressoli, and A. Lalouf, Eds. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2013, pp. 19–62.

[15] P. Delvenne and C. Parotte, "Breaking the myth of neutrality: Technology Assessment has politics, Technology Assessment as politics," *Technol. Forecast. Soc. Chang.*, vol. 139, pp. 64–72, 2019.

[16] L. Mumford, "Authoritarian and democratic technics," *Technol. Cult.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 1964.

[17] N. Balabanian, "On the presumed neutrality of technology," *IEEE Technol. Soc. Mag.*, vol. 25, no. 4, pp. 15–25, 2006.

[18] H. van Loon, "On the presumed neutrality of technology and society," *IEEE Technol. Soc. Mag.*, vol. 26, no. 3, p. 7, 2007.

[19] R. Triviño, A. Franco, and R. Ochoa, "Regulación de la Neutralidad de Red en Sudamérica: Una revisión del progreso Net Neutrality Regulation in South America: A progress review," *Lat. Am. J. Comput.*, vol. VI, no. 1, pp. 17–26, 2019.

[20] D. García, J. Sepúlveda, C. Henao, E. Aguirre, G. Araque, and L. Bedoya, "Implicaciones de la neutralidad de la red y el diseño para la inclusión en las políticas del Sistema Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia," in *Retos de la Investigación en Ingeniería en Sistemas: Aplicaciones, herramientas y desarrollos*, Corporación Universitaria Americana, Ed. Sello Editorial Coruniamericana, 2018, pp. 139–156.

[21] A. Fricker, "Technology that liberates," *Mater. today*, vol. 29, no. 7, pp. 661–666, 1997.

[22] D. Buhalis and S. Hyun Jun, *E-Tourism*. Oxford: Goodfellow Publishers Ltd, 2011.

[23] S. Gössling, "Tourism, technology and ICT: a critical review of affordances and concessions," *J. Sustain. Tour.*, vol. 29, no. 5, pp. 733–750, 2021.

[24] D. Buhalis, *e-Tourism: information technology for strategic tourism management*. London: Pearson, 2003.

[25] E. Turban, J. Outland, D. King, J. Kyu Lee, T.-P. Liang, and D. Turban, *Electronic commerce 2018. A managerial and social networks perspective*, 9th ed. Cham: Springer, 2018.

[26] A. Bilgihan and M. Nejad, "Innovation in hospitality and tourism industries," *J. Hosp. Tour. Technol.*, 2015.

[27] R. Crotti and T. Misrahi, "The travel & tourism competitiveness report 2017. Paving the Way for a More Sustainable and Inclusive Future," Ginebra, Switzerland, 2017.

[28] E. Cristobal-Fransi, N. Daries, E. Martin-Fuentes, and Y. Montegut-Salla, "Industrial Heritage 2.0: Internet presence and development of the electronic commerce of industrial tourism," *Sustain.*, vol. 12, no. 15, pp. 1–18, 2020.

[29] H. Zhang, "Exploration and Analysis of Tourism Marketing Management Innovation Based on Big Data," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1744, no. 3, 2021.

[30] Z. Alrawadieh, Z. Alrawadieh, and G. Cetin, "Digital transformation and revenue management: Evidence from the hotel industry," *Tour. Econ.*, 2020.

[31] M. Sigala, "New technologies in tourism: from multi-disciplinary to anti-disciplinary advances and trajectories," *Tour. Manag. Perspect.*, vol. 25, no. December, pp. 151–155, 2018.

[32] N. Karaulova and A. Gavrilov, "The idea and essence of electronic tourism," *Mediterr. J. Soc. Sci.*, vol. 6, no. 5S1, pp. 211–217, 2015.

J. Toscano-Jara, E. Loza-Aguirre and A. Franco-Crespo, "La neutralidad del turismo electrónico: su huella en el turista digital y en la transformación digital de la industria turística", *Latin-American Journal of Computing (LAJC)*, vol. 8, no. 2, 2021.

[33] F. (Sam) Li, "Understanding Chinese tourists' motivations of sharing travel photos in WeChat," *Tour. Manag. Perspect.*, vol. 33, p. 100584, 2020.

[34] S. Gössling and B. Lane, "Rural tourism and the development of Internet-based accommodation booking platforms: a study in the advantages, dangers and implications of innovation," *J. Sustain. Tour.*, vol. 28, no. 8–9, pp. 1386–1403, 2015.

[35] Z. Xiang, V. Magnini, and D. Fesenmaier, "Information technology and consumer behavior in travel and tourism: Insights from travel planning using the internet," *J. Retail. Consum. Serv.*, vol. 22, pp. 244–249, 2015.

[36] R. González, "Half a century of mass tourism: evolution and expectations," *Serv. Ind. J.*, vol. 31, no. 10, pp. 1589–1601, 2011.

[37] A. Loureiro, "Innovation and technology – the only answer for sustainable tourism growth," *Worldw. Hosp. Tour. Themes*, vol. 11, no. 6, pp. 743–747, 2019.

[38] I. Egresi, "Globalization, Mass Tourism, and Sustainable Development," in *Alternative Tourism in Turkey*, I. Egresi, Ed. Springer, 2016, pp. 3–22.

[39] A. Niezgodna and K. Kowalska, "Sharing economy and lifestyle changes, as exemplified by the tourism market," *Sustain.*, vol. 12, no. 13, pp. 1422–1423, 2020.

[40] S. Mondal and K. Samaddar, "Issues and challenges in implementing sharing economy in tourism: a triangulation study," *Manag. Environ. Qual. An Int. J.*, vol. 32, no. 1, pp. 64–81, 2020.

[41] J. Yi, G. Yuan, and C. Yoo, "The effect of the perceived risk on the adoption of the sharing economy in the tourism industry: The case of Airbnb," *Inf. Process. Manag.*, vol. 57, 2020.

[42] H. Arksey and L. O'Malley, "Scoping studies: towards a methodological framework," *Int. J. Soc. Res. Methodol.*, vol. 8, pp. 19–32, 2005.

[43] D. Levac, H. Colquhoun, and K. O'Brien, "Scoping studies: Advancing the methodology," *Implement. Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2010.

[44] M. Dowling, B. Leopkey, Y. Inoue, B. K. Berg, and L. Smith, "Scoping reviews and structured research synthesis in sport: methods, protocol and lessons learnt," *Int. J. Sport Policy Polit.*, vol. 12, no. 4, pp. 765–774, 2020.

[45] J. Pesonen, R. Komppula, and A. Riihinen, "Typology of senior travellers as users of tourism information technology," *Inf. Technol. Tour.*, vol. 15, no. 3, pp. 233–252, 2015.

[46] T. Szopinski and M. W. Staniewski, "Socio-economic factors determining the way e-tourism is used in European Union Member States," *Internet Res.*, vol. 26, no. 1, pp. 2–21, 2016.

[47] J. K. S. Jacobsen and A. M. Munar, "Tourist information search and destination choice in a digital age," *Tour. Manag. Perspect.*, vol. 1, no. 1, pp. 39–47, 2012.

[48] S. Amaro and P. Duarte, "An integrative model of consumers' intentions to purchase travel online," *Tour. Manag.*, vol. 46, pp. 64–79, 2015.

[49] A. N. Dedek, "Travel web-site design: Information task-fit, service

quality and purchase intention," *Tour. Manag.*, vol. 54, pp. 541–554, 2016.

[50] M. Elhaj, "Factors that contribute to consumers' perceptions of online and traditional travel reservation systems," *Anatolia*, vol. 23, no. 1, pp. 118–122, 2012.

[51] J. K. Ayeh, N. Au, and R. Law, "Predicting the intention to use consumer-generated media for travel planning," *Tour. Manag.*, vol. 35, pp. 132–143, 2013.

[52] Z. Xiang and U. Gretzel, "Role of social media in online travel information search," *Tour. Manag.*, vol. 31, no. 2, pp. 179–188, 2010.

[53] N. Chung and C. Koo, "The use of social media in travel information search," *Telemat. Informatics*, vol. 32, no. 2, pp. 215–229, 2015.

[54] A. Munar and J. Jacobsen, "Motivations for sharing tourism experiences through social media," *Tour. Manag.*, vol. 43, pp. 46–54, 2014.

[55] R. Filieri and F. McLeay, "E-WOM and Accommodation: An Analysis of the Factors That Influence Travelers' Adoption of Information from Online Reviews," *J. Travel Res.*, vol. 53, no. 1, pp. 44–57, 2014.

[56] I. Rihova, D. Buhalis, M. Moital, and M. Gouthro, "Conceptualising customer-to-customer value co-creation in tourism," *Int. J. Tour. Res.*, vol. 17, pp. 356–363, 2015.

[57] J. Camilleri and B. Neuhofer, "Value co-creation and co-destruction in the Airbnb sharing economy," *Int. J. Contemp. Hosp. Manag.*, vol. 29, no. 9, pp. 2322–2340, 2017.

[58] L. H. Kim, H. Qu, D. J. Kim, and D. J. Kim, "A study of perceived risk and risk reduction of purchasing Air-tickets online," *J. Travel Tour. Mark.*, vol. 26, no. 3, pp. 203–224, 2009.

[59] G. M. Agag and A. A. El-masry, "Why do consumers trust online travel websites? Drivers and outcomes of consumer trust toward online travel websites," *J. Travel Res.*, vol. 56, no. 3, pp. 347–369, 2017.

[60] M. Kim, N. Chung, and C. Lee, "The effect of perceived trust on electronic commerce: Shopping online for tourism products and services in South Korea," *Tour. Manag.*, vol. 32, no. 2, pp. 256–265, 2011.

[61] C. Berne, M. Garcia-Gonzalez Margarita, and J. Mugica, "How ICT shifts the power balance of tourism distribution channels," *Tour. Manag.*, vol. 33, no. 1, pp. 205–214, 2012.

[62] E. Henriette, M. Feki, and I. Boughzala, "The shape of digital transformation: a systematic literature review," in *Information Systems in a Changing Economy and Society: MCIS2015 Proceedings*, 2015.

[63] P. De Bernardi, A. Bertello, and R. Shams, "Logics Hindering digital transformation in cultural heritage strategic management: An exploratory case study," *Tour. Anal.*, vol. 24, no. 3, pp. 315–327, 2017.

[64] C. Traboulsi, M. Frau, and F. Cabiddu, "Active seniors perceived value within digital museum transformation," *TQM J.*, vol. 30, no. 5, pp. 530–553, 2018.

[65] D. Mitroulis and F. Kitsios, "Evaluating digital transformation strategies: a MCDA analysis of Greek tourism SMEs," in *ECIE 2019 14th European Conference on Innovation and Entrepreneurship*, 2019.

# AUTHORS



## Johanna Toscano-Jara

Candidata a doctora del programa en Gestión Tecnológica de la Escuela Politécnica Nacional. Obtuvo su ingeniería en Mercadotecnia en la Universidad de las Fuerzas Armadas y su máster en Investigación de Dirección de Empresas, Marketing y Contabilidad en la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente, se desempeña como profesora tiempo parcial en la Facultad de Ciencias Administrativas de la Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. Su investigación se enfoca en marketing y transformación digital de la industria turística.



## Edison Loza-Aguirre

Profesor agregado de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) e investigador asociado al Laboratorio CERAG de la Universidad Grenoble Alpes (UGA). Director del programa de Doctorado en Informática y Coordinador del Laboratorio en Analítica de Datos de la EPN. Obtuvo su PhD en Gestión de Sistemas de Información en la UGA. Tiene un Máster en Investigación de la Universidad Pierre-Mendès France y una Maestría en Gestión de TICs de la EPN. Realizó investigaciones posdoctorales en el IAE, Grenoble.



## Antonio Franco-Crespo

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Especialista Superior en Gerencia Educativa, Magister en Gerencia Empresarial con Mención en Recursos Humanos. Doctor en Administración de la Universidad Andina Simón Bolívar. Profesor titular de la Escuela Politécnica Nacional e invitado en posgrados de varias universidades del Ecuador. Experto en ambientes de innovación con formación en América, Europa y Asia. Actualmente tiene como líneas de investigación: ciencia, tecnología e innovación en la sociedad; género, ciencia y tecnología; y la relación mercado-medioambiente-sociedad.

# LAJC LATIN-AMERICAN JOURNAL OF COMPUTING

## Published by

**Escuela Politécnica Nacional**  
Facultad de Ingeniería de Sistemas  
Quito-Ecuador

---

<https://lajc.epn.edu.ec/>  
[lajc@epn.edu.ec](mailto:lajc@epn.edu.ec)

July 2021



# LAJC

Vol VIII, Issue 2, July 2021

# LAJC

LATIN-AMERICAN  
JOURNAL OF  
COMPUTING

Vol VIII, Issue 2, July 2021

