

EDITORIAL

INVESTIGACIÓN

Nanomateriales celulósicos para la adsorción de contaminantes emergentes

Cellulosic nanomaterials for adsorption of emerging contaminants  
BELKIS COROMOTO SULBARÁN RANGEL ABIGAIL ELOISA MADRIGAL OLIVEIRA,  
VÍCTOR HUGO ROMERO ARELLANO Y CARLOS ALBERTO GUZMÁN GONZÁLEZ

Homeostasis de la industria de manufactura en Jalisco, México: el kaizen como negentropía en la logística de embarques

Homeostasis of the manufacturing industry in Jalisco, México: kaizen as a negentropy in shipping logistics  
IRMA ARACELY TOSCANO RENTERÍA, ESMERALDA BRITO CERVANTES, SANTOS  
MAGAÑA MOYA, MARIO GUADALUPE GONZÁLEZ PÉREZ

Externalidades de las emisiones del transporte público en Tepic, México: cambio climático y sustentabilidad

Externalities of the public transportation emissions in tepic, mexico: climate change and sustainability  
SYLVIA LORENA SERAFÍN GONZÁLEZ

Implementación del método de escasez en la determinación de la huella hídrica en la zona costera de San Blas, México

Implementation of the shortage method to determine the water footprint in the coastal area of San Blas, México  
SARA EDITH BUENO PÉREZ, SUSANA MARCELEÑO FLORES, OYOLSI NÁJERA  
GONZÁLEZ Y REBECA DE HARO MOTA

10 ESTUDIO DE CASO

Adaptación metodológica en el diseño y desarrollo urbano de bajo impacto para el manejo de aguas pluviales en Colima, México

Methodological adaptation in the design and urban development of low impact for stormwater management in Colima, México  
KAREN GRICELA ISABELES DENIZ, ÁNGEL MANUEL OLAVARRÍA SÁNCHEZ, ANA LUZ  
QUINTANILLA MONTOYA Y JESÚS RÍOS AGUILAR

21 Instrucciones para los autores  
Instructions for authors

Índice Periódico de artículos  
Newspaper Article Index

Índice periódico de autores  
Índice periódico de evaluadores

Instrucciones para los autores  
Instructions for authors

Tecnura

p-ISSN: 0123-921X  
Volumen 23 - Número 62  
Octubre - Diciembre de 2019

Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Facultad Tecnológica

Revista Tecnura • Volumen 23 – Número 62 • Octubre – Diciembre de 2019  
p-ISSN: 0123-921X • e-ISSN: 2248-7638 • Bogotá D.C. Colombia

# Tecnura

Tecnología y cultura, afirmando el conocimiento

Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Facultad Tecnológica

Homeostasis de la industria de manufactura en Jalisco, México: el kaizen como negentropía en la logística de embarques

Nanomateriales celulósicos para la adsorción de contaminantes emergentes

Implementación del método de escasez en la determinación de la huella hídrica en la zona costera de San Blas, México



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
Acreditación Institucional de Alta Calidad

# **Tecnura**

Tecnología y cultura, afirmando el conocimiento

Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Facultad Tecnológica

Volumen 23 - Número 62  
Octubre – Diciembre de 2019

p-ISSN: 0123-921X  
e-ISSN: 2248-7638



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

**Revista *TECNURA***  
**Tecnología y cultura, afirmando el conocimiento**  
**Universidad Distrital Francisco José de Caldas**  
**Facultad Tecnológica**

p-ISSN: 0123-921X - e-ISSN: 2248-7638

**EDITOR**

Ph.D. Ing. César Augusto García Ubaque  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

**COMITÉ EDITORIAL**

Ph.D. Ing. José Antonio Velásquez Costa  
Universidad Ricardo Palma, Perú

Ph.D. Ing. Johan José Sánchez Mora  
Universidad Simón Bolívar, Venezuela

Ph.D. Ing. Mario Ricardo Arbulu Saavedra  
Universidad de La Sabana, Colombia

Ph.D. Ing. Edgar Francisco Vargas  
Universidad de Los Andes, Colombia

Ph.D. Ing. Ingrid Patricia Páez Parra  
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Ph.D. Ing. César Augusto García Ubaque  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Ph.D. Ing. César Augusto Hernández Suárez  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Ph.D. Diego Luis González  
Consiglio Nazionale delle Ricerche. Italia

Ph.D. Julyan Cartwright  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España

Ph.D. Oreste Piro  
Universidad de les Illes Balears. España

**COMITÉ CIENTÍFICO**

Ph.D. Ing. Enrique Rodríguez de la Colina  
Universidad Autónoma Metropolitana, México

Ph.D. Ing. Alfonso Prieto Guerrero  
Universidad Autónoma Metropolitana, México

Ph.D. Ing. Fernando Martirena  
Universidad Central de Las Villas, Cuba

Ph.D. Ing. Juan Antonio Conesa  
Universidad de Alicante, España

Ph.D. Ing. Steven M. LaValle  
University of Illinois, Estados Unidos

Ph.D. Ing. Manuel Karim Sapag  
Universidad Nacional de San Luis, Argentina

Ph.D. Ing. Jorge Mario Gómez  
Universidad de Los Andes, Colombia

Ph.D. Martín Pedro Gómez  
Comisión Nacional de Energía Atómica. Argentina

**EVALUADORES**

PhD. Alfonso Mariano Ramos Chacón  
Universidad Javeriana, Colombia

PhD. (c) Diego Fernando Suero Pérez  
Universidad Libre, Colombia

PhD. Jorge Arturo Pineda Jaimes  
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

PhD. Juan Carlos García Ubaque  
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

PhD. Mario Guadalupe González  
Universidad de Guadalajara, México

MEng. Édgar Orlando Ladino Moreno  
Universidad Militar Nueva Granada,  
Colombia

MEng. Fausto Andrés Molina Gómez  
Universidad do Porto, Portugal

MEng. María Camila García Vaca  
Universidad Católica, Colombia

**ASISTENTES DE LA REVISTA TECNURA**

Lizeth Vi

**COORDINACIÓN EDITORIAL**

Fernando Piraquive  
Centro de investigaciones y desarrollo tecnológico-CIDC  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

# Tecnura

Volumen 23 - Número 62  
Octubre – Diciembre de 2019

## REVISTA *TECNURA*

La revista *Tecnura* es una publicación institucional de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de carácter científico-tecnológico, arbitrada mediante un proceso de revisión entre pares de doble ciego. La periodicidad de la conformación de sus comités Científico y Editorial está sujeta a la publicación de artículos en revistas indexadas internacionalmente por parte de sus respectivos miembros.

## PERIODICIDAD

Es una publicación de carácter científico-tecnológico con periodicidad trimestral, que se publica los meses de enero, abril, julio y octubre. Su primer número apareció en el segundo semestre del año 1997 y hasta la fecha ha mantenido su regularidad.

## COBERTURA TEMÁTICA

Las áreas temáticas de interés de la revista *Tecnura* están enfocadas a todos los campos de la ingeniería, como la electrónica, telecomunicaciones, electricidad, sistemas, industrial, mecánica, catastral, civil, ambiental, entre otras. Sin embargo, no se restringe únicamente a estas, también tienen cabida los temas de educación y salud, siempre y cuando estén relacionados con la ingeniería. La revista publicará únicamente artículos de investigación científica y tecnológica, de reflexión y de revisión.

## MISIÓN

La revista *Tecnura* tiene como misión divulgar resultados de proyectos de investigación realizados en el área de la ingeniería, a través de la publicación de artículos originales e inéditos, realizados por académicos y profesionales pertenecientes a instituciones nacionales o extranjeras del orden público o privado.

## PÚBLICO OBJETIVO

La revista *Tecnura* está dirigida a docentes, investigadores, estudiantes y profesionales interesados en la actualización permanente de sus conocimientos y el seguimiento de los procesos de investigación científico-tecnológica, en el campo de la ingeniería.

## INDEXACIÓN

*Tecnura* es una publicación de carácter académico indexada en los índices regionales Scielo Colombia (Colombia) y Redalyc (México); además de las siguientes bases bibliográficas: INSPEC del Institution of Engineering and Technology (Inglaterra), Fuente Académica Premier de EBSCO (Estados Unidos), CABI (Inglaterra), IndexCopernicus (Polonia), Informe Académico de Gale Cengage Learning (México), Periódica de la Universidad Nacional Autónoma de México (México), Oceanet (España) y Dialnet de la Universidad de la Rioja (España); también hace parte de los siguientes directorios: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Latindex (México); Índice Bibliográfico Actualidad Iberoamericana (Chile), e-Revistas (España), DOAJ (Suecia), Ulrich de Proquest (Estados Unidos).

## FORMA DE ADQUISICIÓN

La revista *Tecnura* se puede adquirir a través de compra, canje o suscripción.

## SUSCRIPCIÓN

El precio unitario de la revista es de 10000 pesos (el precio no incluye el valor del envío). La suscripción anual tiene un costo de 45000 pesos para Colombia, 40 USD para América Latina y el Caribe, 60 USD para otras regiones (el precio incluye el valor del envío). Para suscribirse utilice el formato ubicado al final de la revista.

## REPRODUCCIÓN

Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos de esta revista para uso académico o interno de las instituciones citando la fuente y el autor. Las ideas expresadas se publican bajo la exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento del Comité Editorial de la revista.

## DIRECCIÓN POSTAL

Enviar a Ing. Cesar Augusto García Ubaque,  
Ph.D. Director y Editor Revista *Tecnura*  
Sala de Revistas, Bloque 5, Oficina 305.  
Facultad Tecnológica  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Transversal 70B No. 73A-35 sur  
Teléfono: 571-3238400, extensión: 5003  
Celular: 57-3153614852  
Bogotá, D.C., Colombia  
Correo electrónico:  
[tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co](mailto:tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co), [tecnura@gmail.com](mailto:tecnura@gmail.com)  
Tecnura en internet:  
<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura>

## DISEÑO ORIGINAL

Julián Hernández-Taller de Diseño

## CORRECCIÓN DE ESTILO PARA ESPAÑOL

Fernando Carretero Padilla

## CORRECCIÓN DE ESTILO PARA INGLES

Laura Ximena García

## DIAGRAMACIÓN Y DISEÑO DE CUBIERTA

Julián Hernández-Taller de Diseño  
[director@julianhernandez.co](mailto:director@julianhernandez.co)



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

**Tecnura**  
**Technology And Culture, Affirming Knowledge**  
**District University Francisco José De Caldas**  
**Faculty Of Technology**

p-ISSN: 0123-921X - e-ISSN: 2248-7638

**EDITOR**

Ph.D. Ing. Cesar Augusto García Ubaque  
District Francisco José de Caldas University. Colombia

**EDITORIAL COMMITTEE**

Ph.D. Ing. José Antonio Velásquez Costa  
Universidad Ricardo Palma, Perú

Ph.D. Ing. Johan José Sánchez Mora  
Universidad Simón Bolívar, Venezuela

Ph.D. Ing. Mario Ricardo Arbulu Saavedra  
Universidad de La Sabana, Colombia

Ph.D. Ing. Edgar Francisco Vargas  
Universidad de Los Andes, Colombia

Ph.D. Ing. Ingrid Patricia Páez Parra  
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Ph.D. Ing. César Augusto García Ubaque  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Ph.D. Ing. César Augusto Hernández Suárez  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Ph.D. Diego Luis González  
Consiglio Nazionale delle Ricerche. Italia

Ph.D. Julyan Cartwright  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España

Ph.D. Oreste Piro  
Universidad de les Illes Balears. España

**SCIENTIFIC COMMITTEE**

Ph.D. Ing. Enrique Rodríguez de la Colina  
Universidad Autónoma Metropolitana, México

Ph.D. Ing. Alfonso Prieto Guerrero  
Universidad Autónoma Metropolitana, México

Ph.D. Ing. Fernando Martirena  
Universidad Central de Las Villas, Cuba

Ph.D. Ing. Juan Antonio Conesa  
Universidad de Alicante, España

Ph.D. Ing. Steven M. LaValle  
University of Illinois, Estados Unidos

Ph.D. Ing. Manuel Karim Sapag  
Universidad Nacional de San Luis, Argentina

Ph.D. Ing. Jorge Mario Gómez  
Universidad de Los Andes, Colombia

Ph.D. Martín Pedro Gómez  
Comisión Nacional de Energía Atómica. Argentina

**EVALUATORS**

PhD. Alfonso Mariano Ramos Chacón  
Universidad Javeriana, Colombia

PhD. (c) Diego Fernando Suero Pérez  
Universidad Libre, Colombia

PhD. Jorge Arturo Pineda Jaimes  
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

PhD. Juan Carlos García Ubaque  
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

PhD. Mario Guadalupe González  
Universidad de Guadalajara, México

MEng. Édgar Orlando Ladino Moreno  
Universidad Militar Nueva Granada, Colombia

MEng. Fausto Andrés Molina Gómez  
Universidad do Porto, Portugal

MEng. María Camila García Vaca  
Universidad Católica, Colombia

**TECNURA JOURNAL ASSISTANTS**

Diego Armando Giral Ramirez

**EDITORIAL COORDINATION**

Fernando Piraquive  
Centro de investigaciones y desarrollo tecnológico - CIDC  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

# Tecnura

Volumen 23 - Número 61

July – September of 2019

## TECNURA JOURNAL

Tecnura Journal is an institutional scientific-technological publication from the Faculty of Technology at District University Francisco José de Caldas, arbitrated by means of a double-blinded peer review process. The periodicity for its Scientific and Editorial committees line-up is subject to the publication of articles in internationally indexed magazines by its own members.

## PERIODICITY

Tecnura journal is a scientific-technological publication with quarterly periodicity, published in January, April, July and October. Its first edition appeared in the second term, 1997 and its editions have normally continued from that year and on.

## THEMATIC COVERAGE

The thematic areas of interest at Tecnura journal are focused on all fields of engineering such as electronical, telecommunications, electrical, computer, industrial, mechanical, cadastral, civil, environmental, etc. However, it is not restricted to those, there is also room for education and health topics as well, as long as they are related to engineering. The journal will only publish scientific and technological research, reflection and review articles.

## MISSION

Tecnura journal is aimed at publishing research project results carried out in the field of engineering, through the publishing of original and unpublished articles written by academics and professionals from national or international public or private institutions.

## TARGET AUDIENCE

Tecnura journal is directed to professors, researchers, students and professionals interested in permanent update of their knowledge and the monitoring of the scientific-technological research processes in the field of engineering.

## INDEXING

Tecnura is an academic publication indexed in the Regional Index Scielo Colombia (Colombia) and Redalyc (México); as well as the following bibliographic databases: INSPEC of the Institution of Engineering and Technology (England), Fuente Académica Premier of EBSCO (United States), CABI (England), Index Copernicus (Poland), Informe Académico of Gale Cengage Learning (México), Periódica of the Universidad Nacional Autónoma de México (México), Oceanet (Spain) and Dialnet of the Universidad de la Rioja (Spain); it is also part of the following directories: Online Regional Information System for Scientific journals from Latin America, Caribbean, Spain and Portugal Latindex (México), bibliographic index Actualidad Iberoamericana (Chile), e-Revistas (Spain), DOAJ (Sweden), Ulrich of Proquest (United States).

## FORM OF ACQUISITION

Tecnura journal is available through purchase, exchange or subscription.

## SIGN UP

The unit price of the journal is 6 USD (the price does not include shipping). The annual sign up is 28 USD for Colombia; 40 USD in Latin America and the Caribbean; 60 USD in other regions (the price includes shipping). To sign up, use the format located at the end of the journal.

## REPRODUCTION

The total or partial reproduction of the articles of this journal is authorized for academic or internal purpose of the institutions citing the source and the author. Ideas expressed are published under exclusive responsibility of the authors and they do not necessarily reflect the thought of the editorial committee of the journal.

## POSTAL ADDRESS

Send to Engr. Cesar Augusto García Ubaque, Ph.D. Director and Editor Revista Tecnura  
Sala de Revistas, Bloque 5, Oficina 305.  
Faculty of Technology  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Transversal 70B No. 73A - 35 sur  
Telephone Number: 571 - 3238400, extension: 5003  
Cell phone Number: 57 - 3153614852  
Bogotá D.C., Colombia  
E-mail:  
[tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co](mailto:tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co), [tecnura@gmail.com](mailto:tecnura@gmail.com)  
Tecnura on internet: <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura>

## ORIGINAL DESIGN

Julián Hernández - Taller de Diseño  
[director@julianhernandez.co](mailto:director@julianhernandez.co)

## STYLE CORRECTION IN SPANISH

Fernando Carretero Padilla

## STYLE CORRECTION IN ENGLISH

Laura Ximena García

## LAYOUT AND TITLE PAGE DESIGN

Julián Hernández - Taller de Diseño

## DECLARACIÓN DE ÉTICA Y BUENAS PRÁCTICAS

El comité editorial de la revista *Tecnura* está comprometido con altos estándares de ética y buenas prácticas en la difusión y transferencia del conocimiento, para garantizar el rigor y la calidad científica. Es por ello que ha adoptado como referencia el Código de Conducta que, para editores de revistas científicas, ha establecido el Comité de Ética de Publicaciones (COPE: Committee on Publication Ethics) dentro de los cuales se destaca:

### Obligaciones y responsabilidades generales del equipo editorial

En su calidad de máximos responsables de la revista, el comité y el equipo editorial de *Tecnura* se comprometen a:

- Anuar esfuerzos para satisfacer las necesidades de los lectores y autores.
- Propender por el mejoramiento continuo de la revista.
- Asegurar la calidad del material que se publica.
- Velar por la libertad de expresión.
- Mantener la integridad académica de su contenido.
- Impedir que intereses comerciales comprometan los criterios intelectuales.
- Publicar correcciones, aclaraciones, retractaciones y disculpas cuando sea necesario.

### Relaciones con los lectores

Los lectores estarán informados acerca de quién ha financiado la investigación y sobre su papel en la investigación.

### Relaciones con los autores

*Tecnura* se compromete a asegurar la calidad del material que publica, informando sobre los objetivos y normas de la revista. Las decisiones de los editores para aceptar o rechazar un documento para su publicación se basan únicamente en la relevancia del trabajo, su originalidad y la pertinencia del estudio con relación a la línea editorial de la revista.

La revista incluye una descripción de los procesos seguidos en la evaluación por pares de cada trabajo recibido. Cuenta con una guía de autores en la que se presenta esta información. Dicha guía se actualiza regularmente y contiene un vínculo a la presente declaración ética. Se reconoce el derecho de los autores a apelar las decisiones editoriales. Los editores no modificarán su decisión en la aceptación de envíos, a menos que se detecten irregularidades o situaciones extraordinarias. Cualquier cambio en los miembros del equipo editorial no afectará las decisiones ya tomadas, salvo casos excepcionales en los que confluyan graves circunstancias.

### Relaciones con los evaluadores

*Tecnura* pone a disposición de los evaluadores una guía acerca de lo que se espera de ellos. La identidad de los evaluadores se encuentra en todo momento protegida, garantizando su anonimato.

### Proceso de evaluación por pares

*Tecnura* garantiza que el material remitido para su publicación será considerado como materia reservada y confidencial mientras que se evalúa (doble ciego).

### Reclamaciones

*Tecnura* se compromete responder con rapidez a las quejas recibidas y a velar para que los demandantes insatisfechos puedan tramitar todas sus quejas. En cualquier caso, si los interesados no consiguen satisfacer sus

reclamaciones, se considera que están en su derecho de elevar sus protestas a otras instancias.

### Fomento de la integridad académica

*Tecnura* asegura que el material que publica se ajusta a las normas éticas internacionalmente aceptadas.

### Protección de datos individuales

*Tecnura* garantiza la confidencialidad de la información individual (por ejemplo, de los profesores y/o alumnos participantes como colaboradores o sujetos de estudio en las investigaciones presentadas).

### Seguimiento de malas prácticas

*Tecnura* asume su obligación para actuar en consecuencia en caso de sospecha de malas prácticas o conductas inadecuadas. Esta obligación se extiende tanto a los documentos publicados como a los no publicados. Los editores no sólo rechazarán los manuscritos que planteen dudas sobre una posible mala conducta, sino que se consideran éticamente obligados a denunciar los supuestos casos de mala conducta. Desde la revista se realizarán todos los esfuerzos razonables para asegurar que los trabajos sometidos a evaluación sean rigurosos y éticamente adecuados.

### Integridad y rigor académico

Cada vez que se tenga constancia de que algún trabajo publicado contiene inexactitudes importantes, declaraciones engañosas o distorsionadas, debe ser corregido de forma inmediata.

En caso de detectarse algún trabajo cuyo contenido sea fraudulento, será retirado tan pronto como se conozca, informando inmediatamente tanto a los lectores como a los sistemas de indexación.

Se consideran prácticas inadmisibles, y como tal se denunciarán las siguientes: el envío simultáneo de un mismo trabajo a varias revistas, la publicación duplicada o con cambios irrelevantes o parafraseo del mismo trabajo, o la fragmentación artificial de un trabajo en varios artículos.

### Relaciones con los propietarios y editores de revistas

La relación entre editores, editoriales y propietarios estará sujeta al principio de independencia editorial. *Tecnura* garantizará siempre que los artículos se publiquen con base en su calidad e idoneidad para los lectores, y no con vistas a un beneficio económico o político. En este sentido, el hecho de que la revista no se rija por intereses económicos, y defienda el ideal de libre acceso al conocimiento universal y gratuito, facilita dicha independencia.

### Conflicto de intereses

*Tecnura* establecerá los mecanismos necesarios para evitar o resolver los posibles conflictos de intereses entre autores, evaluadores y/o el propio equipo editorial.

### Quejas/denuncias

Cualquier autor, lector, evaluador o editor puede remitir sus quejas a los organismos competentes.

## CODE OF ETHICS AND GOOD PRACTICE

The editorial board of *Tecnura* journal is committed to ethics high standards and good practice for knowledge dissemination and transfer, in order to ensure rigour and scientific quality. That is why it has taken as reference the Code of Conduct, which has been established by the Committee on Publication Ethics (COPE) for scientific journal editors; outlining the following:

### General duties and responsibilities of the editorial board

As most responsible for the journal, *Tecnura* committee and the editorial board are committed to:

- Joining efforts to meet the readers and authors' needs.
- Tending to the continuous improvement of the Journal.
- Ensuring quality of published material.
- Ensuring freedom of expression.
- Maintaining the academic integrity of their content.
- Prevent commercial interests compromise intellectual standards.
- Post corrections, clarifications, retractions and apologies when necessary.
- Relations with readers
- Readers will be informed about who has funded research and their role in the research.

### Relations with authors

*Tecnura* is committed to ensuring the quality of published material, informing the goals and standards of the journal. The decisions of publishers to accept or reject a paper for publication are based solely on the relevance of the work, originality and pertinence of the study with journal editorial line.

The journal includes a description of the process for peer evaluation of each received work, and has an authors guide with this information. The guide is regularly updated and contains a link to this code of ethics. The journal recognizes the right of authors to appeal editorial decisions. Publishers will not change their decision in accepting or rejecting articles, unless extraordinary circumstances or irregularities are detected. Any change in the editorial board members will not affect decisions already made, except for unusual cases where serious circumstances converge.

### Relations with evaluators

*Tecnura* makes available to reviewers a guide to what is expected from them. Reviewers' identity is protected at all times, ensuring anonymity.

### Peer review process

*Tecnura* ensures that material submitted for publication will be considered private and confidential issue while being reviewed (double blind).

### Claims

*Tecnura* is committed to respond quickly to complaints and ensure that dissatisfied claimant can process all

complaints. In any case, if applicants fail to satisfy their claims, the journal considers that they have the right to raise their protests to other instances.

### Promoting Academic Integrity

*Tecnura* ensures that the published material conforms to internationally accepted ethical standards.

### Protection of individual data

*Tecnura* guarantees the confidentiality of individual information (e.g. participant teachers and/or students as collaborators or subjects of study in the presented research).

### Tracking malpractice

*Tecnura* accepts the obligation to act accordingly in case of suspected malpractice or misconduct. This obligation extends both to publish and unpublished documents. The editors not only reject manuscripts with doubts about possible misconduct, but they are considered ethically obligated to report suspected cases of misconduct. From the journal every reasonable effort is made to ensure that works submitted for evaluation are rigorous and ethically appropriate.

### Integrity and academic rigour

Whenever evidence that a published work contains significant misstatements, misleading or distorted statements, it must be corrected immediately.

In case of any work with fraudulent content is detected, it will be removed as soon as it is known, and immediately informing both readers and indexing systems.

Practices that are considered unacceptable and as such will be reported: simultaneous sending of the same work to various journals, duplicate publication with irrelevant changes or paraphrase of the same work, or the artificial fragmentation of a work in several articles.

### Relations with owners and journal editors

The relation between editors, publishers and owners will be subject to the principle of editorial independence. *Tecnura* will ensure that articles are published based on their quality and suitability for readers, and not for an economic or political gain. In this sense, the fact that the journal is not governed by economic interests, and defends the ideal of universal and free access to knowledge, provides that independence.

### Conflict of interest

*Tecnura* will establish the necessary mechanisms to avoid or resolve potential conflicts of interest between authors, reviewers and/or the editorial board itself.

### Complaints / allegations

Any author, reader, reviewer or editor may refer their complaints to the competent authorities.



# Contenido

## EDITORIAL

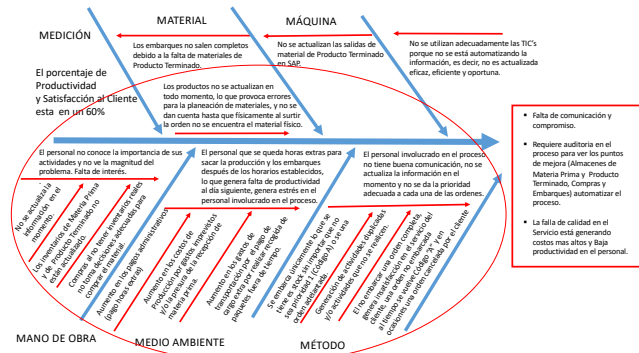
10



## Nanomateriales celulósicos para la adsorción de contaminantes emergentes 13

Cellulosic nanomaterials for adsorption of emerging contaminants

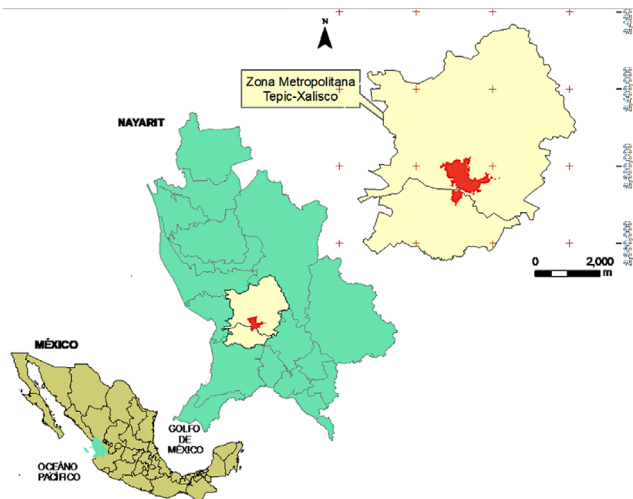
BELKIS COROMOTO SULBARÁN RANGEL ABIGAIL  
ELOÍSA MADRIGAL OLVEIRA, VÍCTOR HUGO ROMERO  
ARELLANO Y CARLOS ALBERTO GUZMÁN GONZÁLEZ



## Homeostasis de la industria de manufactura en Jalisco, México: el kaizen como negentropía en la logística de embarques 21

Homeostasis of the manufacturing industry in Jalisco, México: kaizen as a negentropy in shipping logistics

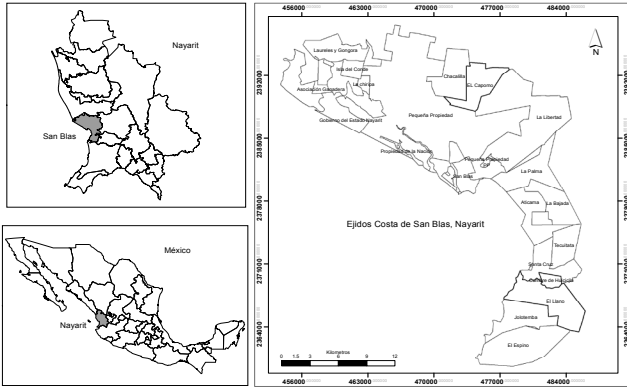
IRMA ARACELY TOSCANO RENTERÍA, ESMERALDA  
BRITO CERVANTES, SANTOS MAGAÑA MOYA, MARIO  
GUADALUPE GONZALÉZ PÉREZ



## Externalidades de las emisiones del transporte público en Tepic, México: cambio climático y sustentabilidad 34

Externalities of the public transportation emissions in tepic, mexico: climate change and sustainability

SYLVIA LORENA SERAFÍN GONZÁLEZ



**Implementación del método de escasez en la determinación de la huella hídrica en la zona costera de San Blas, México** 45  
 Implementation of the shortage method to determine the water footprint in the coastal area of San Blas, México

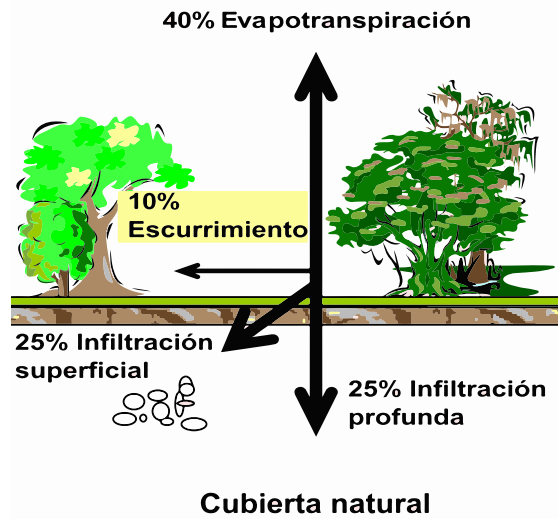
SARA EDITH BUENO PÉREZ, SUSANA MARCELEÑO FLORES, OYOLSI NÁJERA GONZÁLEZ Y REBECA DE HARO MOTA

**Instrucciones para los autores** 73  
**Instructions for authors** 81

**Índice Periódico de artículos** 89  
**Newspaper Article Index** 90

**Índice periódico de autores** 91  
**Índice periódico de evaluadores** 95

**Instrucciones para los autores** 69  
**Instructions for authors** 77



**Adaptación metodológica en el diseño y desarrollo urbano de bajo impacto para el manejo de aguas pluviales en Colima, México** 55

Methodological adaptation in the design and urban development of low impact for stormwater management in Colima, México

KAREN GRICELA ISABELES DENIZ, ÁNGEL MANUEL OLAVARRÍA SÁNCHEZ, ANA LUZ QUINTANILLA MONTOYA Y JESÚS RÍOS AGUILAR

La vivienda de interés social (VIS) debe ser eficiente y sostenible, y debe responder a necesidades tanto técnicas, como ambientales y sociales. Para ello deben identificarse durante el proceso de diseño los factores críticos de la cadena de valor. Estos factores abarcan desde su conceptualización en el diseño arquitectónico y estructural, la producción del material, y fabricación y transporte de los prefabricados, hasta la comercialización y construcción de la vivienda.

En búsqueda de mitigar el déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda en Colombia, se ha promovido durante los últimos cinco años el desarrollo de proyectos residenciales, construidos mediante sistemas de construcción tradicional, como la mampostería estructural y la mampostería confinada (DANE, 2017). De los casi 68 millones de metros cuadrados de viviendas iniciados en Colombia entre el segundo trimestre del año 2012 y el primer trimestre de año 2017, el 67% se construyó con sistemas constructivos tradicionales. En el caso de viviendas VIS, que para el mismo periodo significó el 30% del total de área iniciada en viviendas (un poco más de 20 millones de metros cuadrados), el 55.8% fue elaborado con estos sistemas de construcción tradicional (DANE, 2017). Estas cifras demuestran cómo la vivienda en Colombia se construye en su mayoría con sistemas constructivos con bajo grado de industrialización y desarrollo tecnológico. Lo cual, sumado a los altos costos de mano de obra y menores rendimientos de construcción, provoca el encarecimiento de la vivienda y una menor asequibilidad.

Por otra parte, aunque un poco más del 43% de las VIS fueron construidas con sistemas de construcción industrializada, hay que tener en cuenta que este tipo de sistemas en el medio de construcción colombiano se refiere a sistemas de construcción tecnificada in-situ. Estos sistemas están compuestos por formaleas metálicas modulares, fáciles de transportar, que dentro de una escala de desarrollo tecnológico de la construcción (Paye Anco, Peña Castillo, & Franco

Sanchez, 2014) está tres niveles por debajo del mayor nivel de industrialización. Por lo tanto, el porcentaje de viviendas que se construyeron con técnicas de construcción de bajo nivel tecnológico asociado al total de viviendas y al total de viviendas VIS, podría ser mucho mayor. Otra problemática, que incide sobre la eficiencia de la vivienda social que se construye en Colombia, es el enfoque netamente económico de los diseños arquitectónicos y estructurales. Estos diseños no contemplan el entorno ambiental y no satisfacen las necesidades del usuario en términos de la calidad habitacional, el confort, la adaptabilidad y el futuro crecimiento (Jaramillo, 2002).

La suma de estos factores conlleva a afrontar un reto de desarrollo tecnológico, que a su vez puede llegar a ser un campo de trabajo para la innovación: el desarrollo de materiales avanzados y de alto desempeño para la construcción de viviendas. Al construir, es importante considerar aspectos como la reducción de peso en las unidades estructurales y prefabricados, la disminución en el tamaño de los elementos, la mayor capacidad ante la demanda de esfuerzos, el mejor desempeño en ambientes agresivos y, en general, un desarrollo más sostenible y amigable con el medio ambiente comparado con el concreto tradicional.

Dados estos planteamientos, es necesario buscar alternativas de solución tecnológicas con la participación de las facultades de ingeniería y arquitectura, a través de sus grupos de investigación. Además, estas alternativas deben incidir sobre el problema de la vivienda en Colombia, dado que más que el logro de una solución técnica, se pretenden mejorar los factores claves que afectan la cadena de valor de la vivienda social. Esto a través del uso de un enfoque integral que forme una esfera de conocimiento alrededor del sistema de construcción, compuesta por diseñadores arquitectónicos y estructurales, la industria de prefabricados, los constructores y los usuarios finales.

**CÉSAR AUGUSTO GARCÍA-UBAQUE**  
Director

## EDITORIAL

---

Social interest housing (SIH) must be efficient and sustainable, and must respond to technical, environmental, and social needs. For this, the critical factors of the value chain must be identified during the design process. These factors range from their conceptualization in the architectural and structural design, the production of the material, and the manufacture and transportation of prefabricated products, to the commercialization and construction of the home.

In search of mitigating the quantitative and qualitative deficit of housing in Colombia, the development of residential projects has been promoted during the last five years. These projects have been built using traditional construction systems, such as structural masonry and confined masonry (DANE, 2017). For example, 67% of the almost 68 million square meters of housing, started in Colombia between the second quarter of 2012 and the first quarter of 2017, was built with traditional construction systems. In the case of SIH homes, which for the same period meant 30% of the total area started in homes (just over 20 million square meters), 55.8% was made with these traditional construction systems (DANE, 2017). These figures demonstrate how housing in Colombia is mostly built with construction systems with a low degree of industrialization and technological development. In addition to high labor costs and lower construction yields, this causes higher housing prices and less affordability.

On the other hand, although a little more than 43% of the SIH were built with industrialized construction systems, it must be considered that this type of system in the Colombian construction environment refers to technified construction systems on-site. These systems are composed of modular metal forms, easy to transport, which within a scale of technological development of construction is three levels below the highest level of industrialization (Paye

Anco, Peña Castillo, & Franco Sanchez, 2014). Therefore, the percentage of homes that were built with low-tech construction techniques associated with total homes and total SIH homes, could be much higher. However, another problem is the purely economic approach to architectural and structural designs, which affects the efficiency of social housing built in Colombia. These designs do not contemplate the environment and do not meet the user's needs in terms of quality of housing, comfort, adaptability, and future growth (Jaramillo, 2002).

The sum of these factors leads to facing a technological development challenge, which in turn can become a field of work for innovation: the development of advanced and high-performance materials for housing construction. When building, it is important to consider several aspects that guarantee the efficiency of the final product. Aspects such as the reduction of weight in the structural and precast units, the decrease in the size of the elements, the greater capacity, the better performance in aggressive environments, guarantee a more sustainable and environmentally friendly development compared to traditional concrete.

Given these approaches, it is necessary to look for technological solution alternatives with the participation of the research groups present in the faculties of engineering and architecture. Furthermore, these alternatives must have an impact on the housing problem in Colombia, since the aim is to improve the key factors that affect the value chain of social housing, rather than just achieving a technical solution. This would be achieved through the use of a comprehensive approach that forms a sphere of knowledge around the construction system and made up of architectural and structural designers, the precast industry, the builders, and the end users.

**CÉSAR AUGUSTO GARCÍA-UBAQUE**  
Director





## Nanomateriales celulósicos para la adsorción de contaminantes emergentes

### Cellulosic nanomaterials for adsorption of emerging contaminants

Belkis Coromoto Sulbarán Rangel<sup>1</sup> , Abigail Eloísa Madrigal Oliveira<sup>2</sup> , Víctor Hugo Romero Arellano<sup>3</sup>  y Carlos Alberto Guzmán González<sup>4</sup> 

**Fecha de recepción:** 13 de mayo de 2019

**Fecha de aceptación:** 23 de agosto de 2019

**Como citar:** Sulbarán, B.C., Madrigal, A.E., Romero, V.H. y Guzmán, C.A. (2019). Nanomateriales celulósicos para la adsorción de contaminantes emergentes. *Tecnura*, 23(62), 13-20. <https://doi.org/10.14483/22487638.15451>

#### Resumen

**Contexto:** En la actualidad la nanotecnología posee múltiples áreas de acción que, debido a su naturaleza, la misma puede instrumentarse con amplia versatilidad, dado que, gran cantidad de avances en nanotecnología basan sus estudios en cómo optimizar procesos cotidianos e industriales y en cómo favorecer al medio ambiente. Aunado a ello, la manipulación de la materia a este nivel permite crear soluciones con mayor proyección en impacto científico, social y económico. Para fines de esta investigación, se mostrarán resultados a nivel de laboratorio usando nanomateriales celulósicos para la adsorción de contaminantes emergentes tipo antibióticos.

**Método:** Esta investigación se realizó a nivel de laboratorio, en donde se modificó por métodos químicos celulosa para obtener nanocelulosa por oxidación. Se realizó una caracterización de material obtenido por técnicas de espectroscopia y se evaluó la

adsorción de contaminantes emergentes tipo antibiótico como la ciprofloxacina.

**Resultados:** Los nanomateriales celulósicos tienen potencial para ser usados en tratamiento de agua terciario en la eliminación de contaminantes emergentes como la ciprofloxacina. Los resultados muestran que el nanomaterial celulósico adsorbe la ciprofloxacina en un 27 %.

**Conclusiones:** Las membranas de nanocelulosa tienen potencial para ser usadas en un sistema de purificación de agua; aquellas echas solo con celulosa presentaron un menor porcentaje de adsorción del contaminante que las membranas con nanocelulosa.

**Palabras clave:** nanomateriales, adsorción, nanotecnología, contaminantes emergentes.

#### Abstract

**Context:** At present, nanotechnology has multiple areas of action that, due to its nature, can be

- 1 Ingeniera Forestal, maestra en Ciencias de Productos Forestales, doctora en Ciencias de Materiales. Profesora investigadora asociada B al Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [belkis.sulbaran@academicos.udg.mx](mailto:belkis.sulbaran@academicos.udg.mx)
- 2 Ingeniera en Nanotecnología. División de Ingenierías e Innovación Tecnológica. Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [shapys\\_abigail@hotmail.com](mailto:shapys_abigail@hotmail.com)
- 3 Licenciado en Física, magister en Ciencias, doctor en Ciencias. Profesor investigador titular. Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [victor.romero@cutonala.udg.mx](mailto:victor.romero@cutonala.udg.mx)
- 4 Licenciado en Química, magister en Ciencias, doctor en Ciencias, posdoctor de la Universidad de California Campus Riverside. Profesor investigador asociado B. Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [carlos.guzman@cutonala.udg.mx](mailto:carlos.guzman@cutonala.udg.mx)

implemented with great versatility, given that a large number of advances in nanotechnology base their studies on how to optimize every day and industrial processes and how to favor the environment ambient. In addition to this, the manipulation of matter at this level allows creating solutions with greater projection in scientific, social and economic impact, for the purpose of this research, results will be shown at the laboratory level using cellulosic nanomaterials for the adsorption of emerging antibiotic contaminants.

**Method:** This research was carried out at the laboratory level where it was modified by chemical cellulose methods to obtain nanocellulose by oxidation with TEMPO. A characterization of material

obtained by spectroscopy techniques was performed and the adsorption of emerging antibiotic contaminants such as ciprofloxacin was evaluated.

**Results:** Cellulosic nanomaterials have the potential to be used in tertiary water treatment in the removal of emerging contaminants such as ciprofloxacin. The results show that the cellulosic nanomaterial adsorbs ciprofloxacin by 27%.

**Conclusions:** The nanocellulose membranes have the potential to be used in a water purification system, those membranes made only with cellulose had a lower percentage of adsorption of the contaminant than the membranes with nanocellulose.

**Key words:** nanomaterials, adsorption, nanotechnology, emerging pollutants.

## INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más abundantes y valiosos para la humanidad, pero su disponibilidad para el consumo humano es mínima. “Los eventos climáticos extremos ocasionan grandes retos para la sostenibilidad social, económica y medioambiental” (González, Carvajal y Loiza, 2016, p. 101). En este sentido, siendo la cantidad tan escasa, existen datos que confirman que más de 700 millones de personas no tuvieron la provisión de agua potable y lo que puede ser un poco más preocupante es donde el agua sí está disponible los costos han incrementado debido al aumento del costo de la energía, al igual que la sobrepoblación, incluso otros problemas ambientales que puedan afectarlo (Scholz, 2016).

A pesar de los problemas mencionados, también se busca la manera de solucionar los escasos de agua potable, disminuir la contaminación misma del valioso líquido, por medio del uso de diseños de nanomateriales. Se han desarrollado diferentes investigaciones para reducir el impacto de la contaminación en el agua potable, pero no solo es la remediación del agua, sino que también el costo debe ser asequible (Gautam y Chatopadhyaya, 2016). “En los últimos años, muchos

países, incluyendo Colombia, han desarrollado legislación de tipo ambiental que limitan los vertimientos que habían venido deteriorando a través del tiempo sus recursos hídricos” (Suarez, García y Vaca, 2012, p. 186).

“México por su lado, padece una serie de problemas ambientales que comprometen la sostenibilidad de su desarrollo” (González, Retamoza, Álbores y Guerrero, 2016, p. 92). Por ello, tratar el agua sirve para intentar alcanzar su potabilización, para lo cual se recurre al acondicionamiento y uso de tecnologías que modifican y eliminan contaminantes como patógenos e impurezas no deseadas, que hacen que el agua no sea apta para consumo, tomando en cuenta las normas vigentes sobre niveles máximos permitidos. Los límites permisibles varían conforme al país donde se aplique el tratamiento y va de acuerdo con el tipo de contaminantes, ya que, si estos últimos están presentes en el agua y en límites mayores a los señalados, el agua se debe tratar. Se recomienda el tratamiento o modificación del agua para que cumpla con el nivel máximo de contaminantes (Olvera, Silva, Robles-Belmont y Lau, 2017; Scholz, 2016). El agua de lluvia también podría ser una fuente de aprovechamiento del recurso, sin embargo, no se ha tenido en cuenta debido a que se necesita profundizar en estudios sobre costos

y beneficios para su recolección y aprovechamiento (León, Córdoba y Carreño, 2016).

Algunos de los procesos de tratamiento más comunes para aguas superficiales y subterráneas son procesos físicos, químicos o mecánicos que remueve contaminantes y modifican algunas de las características del agua antes de otros procesos adicionales. En ocasiones, la adición de sustancias químicas para alterar la calidad del agua es la única técnica de tratamiento usada (Scholz, 2016).

La nanotecnología ofrece alternativas, ya que algunos nanomateriales son vertidos en cuerpos de agua en aras de tratar con mayor eficacia, pues capturan residuos químicos u orgánicos (Qu, Alvarez y Li, 2013). Otras cumplen la función de acelerar procesos como adsorción y catálisis; algunos más, inclusive, prometen detectar el grado de contaminación y, en función de eso, determinar el método a seguir, esto cuando los residuos químicos son de gran magnitud y la velocidad a la que se hace es tal, que los métodos tradicionales son ya ineficientes. Por ello, con las nuevas formas del tratamiento del agua se busca, desde el principio precautorio, establecer parámetros de riesgo para el uso de nanomateriales con este propósito (Adeleye et al., 2016). Hoy, hay una tendencia hacia los métodos de remediación, especialmente aquellos que investigan nanomateriales para filtración y adsorción. Pese a ello, la aplicación de estas tecnologías para combatir la problemática del agua continú, mientras que el vital líquido es escaso y solo un porcentaje menor al 30 % pasa por un tratamiento adecuado (Olvera et al., 2017).

En esta investigación se presentan los resultados del uso de un nanomaterial obtenido de polímeros biodegradables como la celulosa. Se muestran la adsorción de contaminantes emergentes tipo antibióticos, como la ciprofloxacina.

## METODOLOGÍA

Se utilizó celulosa del bagazo de agave, la cual fue modificada a escala nano con procesos químicos con oxidación con N-oxil-2,2,6,6-tetrametilpiperidina

(TEMPO), siguiendo la metodología propuesta por Lin, Bruzzese y Dufresne (2012). El proceso de oxidación ocurre al agregar 9 ml de NaClO (10-13 % wt) a temperatura ambiente con agitación de 500 rpm durante tres horas. La reacción se finaliza agregando 5 ml de etanol anhidrido. Luego la solución se coloca en diálisis por dos días.

Se calcula el grado de oxidación (*degree of oxidation*-DO) y se expresa como la relación entre la cantidad de grupos hidroximetilo oxidados y los grupos hidroximetilo totales, que se determinó mediante valoración conductimétrica. Se suspende una muestra de 50 mg de nanocelulosa oxidada con TEMPO en 15 ml de soluciones de ácido clorhídrico 0,01 mol/L. Después de 10 minutos de agitación, la suspensión se titula con 0,005 mol/L de solución de NaOH bajo presión. La conductividad se controla usando un medidor de conductividad durante todo el proceso de titulación. La valoración se termina cuando el pH alcanza 11. El DO se calcula mediante la ecuación (1).

$$DO = \frac{162 \times C \times (V_2 - V_1)}{m - 36 \times C \times (V_2 - V_1)} \times 100\% \quad (1)$$

Donde C es la concentración de NaOH,  $V_1$  y  $V_2$  son el volumen de NaOH, y m es el peso de la muestra secada al horno.

## Preparación de las membranas nanoestructuradas

Se elaboraron membranas a partir de soluciones de nanocelulosa TEMPO y celulosa de agave, las cuales se usarán directamente en los procesos de adsorción de contaminantes. Las membranas se elaboraron por *casting*. Este método se caracteriza por ser muy simple; en principio se prepara la solución y se vierte en una caja de Petri. El solvente se elige de manera que se evapore fácilmente. Las variables posibles de controlar son la concentración, el solvente y en ocasiones se utiliza ultrasonido o magnetismo para intentar controlar la dirección predominante de las fibras (Abdul Khalil et al., 2014). La celulosa y la nanocelulosa



obtenidas del bagazo de agave fueron caracterizadas por técnicas analíticas y de espectroscopia. El objetivo fue establecer una correlación entre la estructura, forma y composición química de los polímeros obtenidos con sus propiedades. Las técnicas de caracterización fueron: espectroscopia infrarroja, difracción de rayos X, microscopia electrónica de barrido y microscopia de fuerza atómica. Adicionalmente, se evaluó la porosidad de la membrana midiendo los poros en las fotografías de microscopia con ayuda de programa *ImageJ*.

### Prueba de adsorción de contaminantes

Para determinar el potencial de uso de las membranas en un sistema de purificación de agua en esta investigación se preparó un modelo simplificado de agua sintética utilizando agua destilada y un antibiótico comercial llamado ciprofloxacina en proporción de 1l de agua destilada por 30 g de ciprofloxacina (García-Alonso *et al.*, 2018). Esta es un contaminante emergente que, según reportes, se encuentra en aguas para consumo. Utilizando espectroscopia UV-Vis se analizó el agua sintética preparada con ciprofloxacina, se realizó una curva de calibración de la solución de ciprofloxacina. La curva de calibrado se construyó midiendo la señal analítica de absorbancia en cada una de las disoluciones de ciprofloxacina de 1 % al 50 %. En el eje de ordenadas se asignó el valor de la señal medida y en el eje de abscisas, la concentración de la disolución. Las variables que se consideraron en el proceso fueron: tiempo, concentración y velocidad de agitación. Se hicieron medidas de UV-vis del agua a una hora para determinar si era adsorbido el contaminante. En este caso, el porcentaje de adsorción o la eficiencia de eliminación (%) se calculó de acuerdo con la ecuación (2).

$$\text{Eficiencia de la adsorción} = [(C_i - C_t) / C_i] \times 100 \quad (2)$$

Donde  $C_i$  y  $C_t$  son las concentraciones iniciales y en cualquier momento  $t$  (horas), respectivamente, expresadas en mg/L en CIP, empleando una

espectroscopia UV-Vis. Todo el experimento se llevó a cabo por triplicado, y los datos que se muestran son promedios con cálculos de desviación estándar, usando *Statistics and Machine Learning Toolbox* con *MatLab* versión 2015.

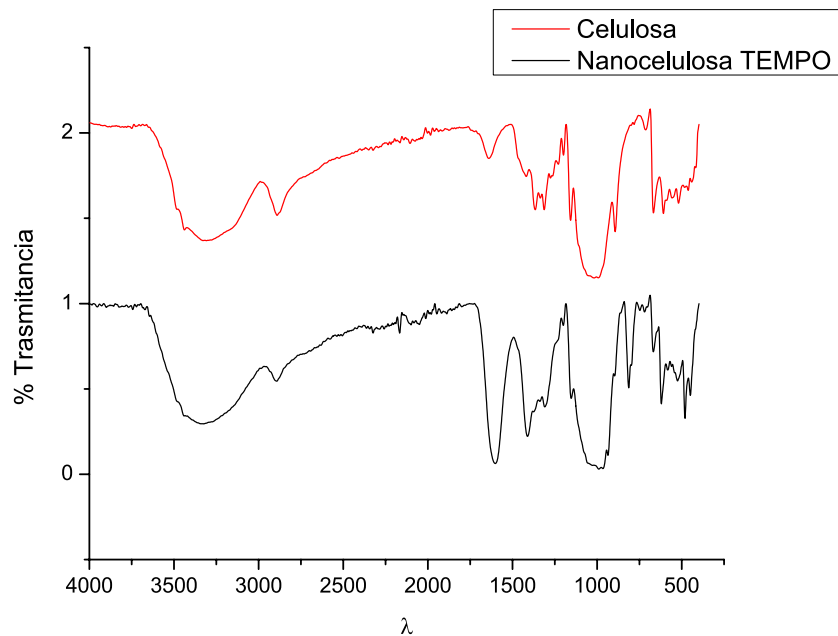
### RESULTADOS

En la [figura 1](#), se observa la caracterización del nanomaterial por espectroscopia infrarroja en donde la nanocelulosa TEMPO, a diferencia de la celulosa de agave, presenta una nueva banda a 1600  $\text{cm}^{-1}$ , que corresponde a la vibración de estiramiento C = O de los grupos carboxilo en su forma ácida. Esto sugiere que los grupos hidroximetilo de la unidad de D-glucosa se convirtieron en grupos carboxilo con éxito.

Para el análisis de la morfología de la celulosa y nanocelulosa, las muestras fueron analizadas en el microscopio electrónico de barrido a diferentes magnificaciones con el propósito de observar el cambio entre la celulosa y la nanocelulosa TEMPO. En la [figura 2](#) se presenta la imagen SEM de la celulosa de agave sin la modificación TEMPO observando fibras con un grosor que varía desde 10-40  $\mu\text{m}$ .

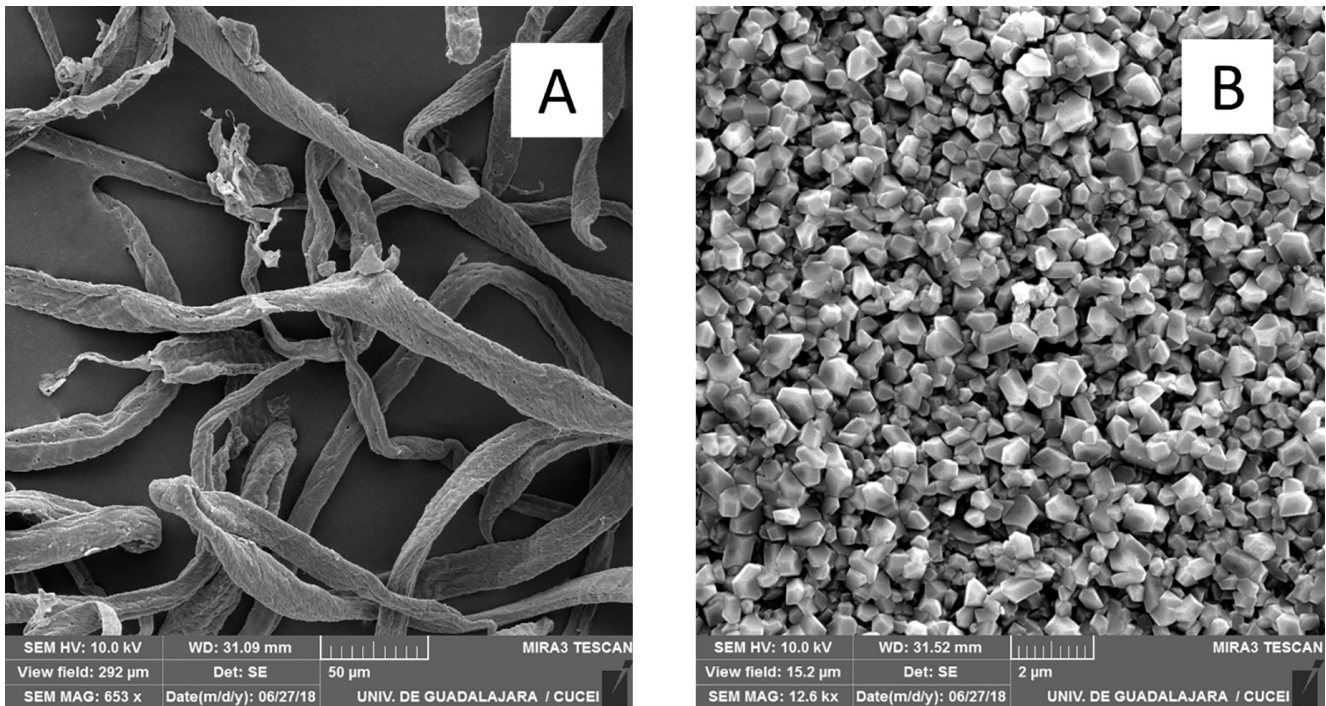
Con las muestras de nanocelulosa oxidadas con TEMPO en las condiciones mencionadas anteriormente, se prepararon membranas ([figura 3](#)). En cuanto a la morfología de las muestras a escala macroscópica, se observan como una lámina de pulpa celulósica generalmente de conformación irregular. Para analizar mejor la morfología de las nanofibras de celulosa, las muestras fueron observadas en el microscopio electrónico de barrido a diferentes magnificaciones, con el propósito de ver la conformación de las membranas y porosidad.

Las membranas fueron colocadas en una solución de agua sintética con 30 ml/L de concentración de la ciprofloxacina por una hora. Se hicieron mediciones por espectroscopia UV y a partir de la curva de calibración fue determinado el porcentaje de remoción del contaminante por las membranas ([tabla 1](#)).



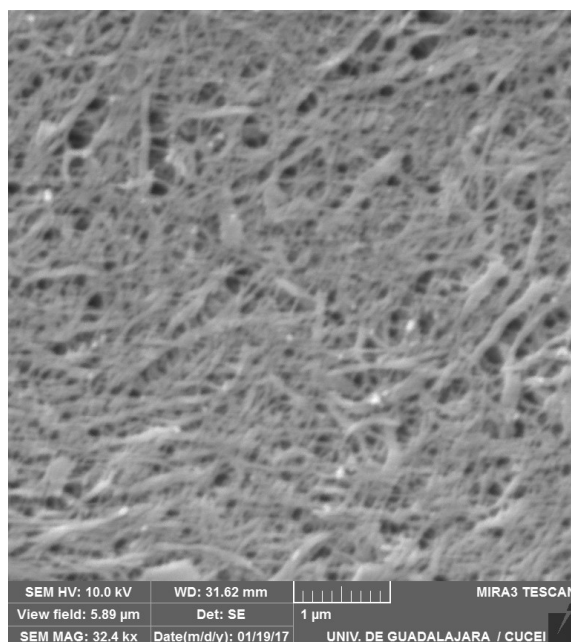
**Figura 1.** Análisis de FTIR celulosa y nanocelulosa oxidada con TEMPO

Fuente: elaboración propia



**Figura 2.** Imagen SEM. A. Celulosa de bagazo. B. Nanocelulosa oxidada con TEMPO

Fuente: elaboración propia.



**Figura 3.** Imágenes SEM de la superficie de la membrana a escala microscópica 5 µm

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 1.** Desempeño de las membranas de nanocelulosa TEMPO en la adsorción de ciprofloxacina

Membrana	% de remoción
100 % celulosa	15,03 ± 1.00
50 % celulosa 50 % nanocelulosa TEMPO	27,76 ± 6.01
70 % celulosa 30 % nanocelulosa TEMPO	18,57 ± 6.61

**Fuente:** elaboración propia.

La adsorción de la ciprofloxacina (CIP) por las membranas de nanocelulosa podría atribuirse a la atracción entre las superficies cargadas negativamente de la membrana y las cargas positivas de las moléculas CIP, similares a los reportados por otros autores y comparables al efecto del pH en la adsorción de CIP con minerales como las goethitas, esmectitas y caolín. Varios métodos de adsorción tienden a ser más efectivos en todos los ámbitos para remover la mayoría de contaminantes, orgánicos e inorgánicos. En general, se usan nanomateriales a base de carbono para atrapar las moléculas contaminantes dentro de las estructuras

porosas; sin embargo, debido a que la adsorción remueve el contaminante (no lo elimina o lo transforma) se debe manejar de una manera adecuada ya que se tiene un peligroso desecho (Rostamian y Behnejad, 2018).

El intercambio de iones es otra forma de adsorción que se usa comúnmente para remover iones de metales pesados al igual que otros iones no metálicos; lo que sucede por este método es reemplazar la solución con iones menos tóxicos, siendo este proceso muy característico en residuos de vapor donde existe una alta concentración de metales y otros iones (Thakkar, Wu, Wei y Mitra, 2015).

## CONCLUSIÓN

Las aplicaciones de la nanotecnología en la purificación del agua y remediación del ambiente se han considerado que tienen potencial. Con base en los resultados de la adsorción del contaminante emergente tipo ciprofloxacina, se concluye que los nanomateriales celulósicos podrían ser usados en un sistema terciario de tratamiento de agua, las membranas echas solo con celulosa presentaron un menor porcentaje de adsorción del contaminante que las membranas preparadas con nanocelulosa, siendo las membranas con 50 % de nanocelulosa-TEMPO las que presentaron el porcentaje de adsorción más alto.

## REFERENCIAS

- Abdul Khalil, H.P.S., Davoudpour, Y., Islam, M.N., Mustapha, A., Sudesh, K., Dungani, R. y Jawaid, M. (2014). Production and modification of nanofibrillated cellulose using various mechanical processes: A review. *Carbohydrate polymers*, 99 (Supplement C), 649-665. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.08.069>
- Adeleye, A.S., Conway, J.R., Garner, K., Huang, Y., Su, Y. y Keller, A.A. (2016). Engineered nanomaterials for water treatment and remediation: Costs, benefits, and applicability. *Chemical Engineering Journal*, 286, 640-662. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.10.105>
- García Alonso, J.A., Zurita Martínez, F., Guzmán González, C.A., Del Real Olvera, J. y Sulbarán Rangel, B.C. (2018). Nanostructured diatomite and its potential for the removal of an antibiotic from water. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*, 7(3), 167-173. <https://doi.org/10.1680/jbibn.18.00020>
- Gautam, R.K. y Chattopadhyaya, M.C. (2016). Chapter 1. Nanotechnology for Water Cleanup. En R.K. Gautam y M.C. Chattopadhyaya (eds.), *Nanomaterials for Wastewater Remediation* (1-18). Boston: Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804609-8.00001-7>
- González López, N., Carvajal Escobar, Y. y Loaiza Cerón, W. (2016). Análisis de sequías meteorológicas para la cuenca del río Dagua, Valle del Cauca, Colombia. *Tecnura*, 20(48), 101-113. <https://10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.2.a01>
- González, G., Retamoza, J.G., Álborez Arazate, H. y Guerrero de León, A. (2016). Gestión integral de cuencas hidrográficas: una alternativa a la sustentabilidad de los recursos hídricos en México. *Lacandonia* 10(1), 91-98. Recuperado de: <https://cuid.unicach.mx/revistas/index.php/lacandonia/article/download/398/364/>
- León, A., Córdoba, J.C. y Carreño, U.F. (2016). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de agua lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. *Tecnura*, 20(50), 141-153. <https://10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a10>
- Lin, N., Bruzzese, C. y Dufresne, A. (2012). TEMPO-Oxidized Nanocellulose Participating as Crosslinking Aid for Alginate-Based Sponges. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 4(9), 4948-4959. <https://doi.org/10.1021/am301325r>
- Olvera, R.C., Silva, S.L., Robles-Belmont, E. y Lau, E.Z. (2017). Review of nanotechnology value chain for water treatment applications in Mexico. *Resource-Efficient Technologies*, 3(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.reffit.2017.01.008>
- Qu, X., Alvarez, J. y Li, Q. (2013). Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment. *Water Research*, 47(12), 3931-3946. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.09.058>
- Rostamian, R. y Behnejad, H. (2018). A comprehensive adsorption study and modeling of antibiotics as a pharmaceutical waste by graphene oxide nanosheets. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 147, 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.08.019>
- Scholz, M. (2016). Chapter 2. Water Treatment. En M. Scholz (ed.), *Wetlands for Water Pollution Control* (pp. 9-11). 2a. ed. Ámsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63607-2.00002-2>
- Suárez, F., García, A. y Vaca, L. (2012). Identificación y evaluación de la contaminación del agua por

curtiembres en el municipio de Villapinzón. *Tecnura*, 16(1), 185-194.

Thakkar, M., Wu, Z., Wei, L. y Mitra, S. (2015). Water defluoridation using a nanostructured diatom-ZrO<sub>2</sub> composite synthesized from algal Biomass. *Journal of Colloid and Interface Science*, 450, 239-245. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2015.03.017>





## Homeostasis de la industria de manufactura en Jalisco, México: el *kaizen* como negentropía en la logística de embarques

### Homeostasis of the manufacturing industry in Jalisco, México: kaizen as a negentropy in shipping logistics

Irma Aracely Toscano Rentería<sup>1</sup>, Esmeralda Brito Cervantes<sup>2</sup>, Santos Magaña Moya<sup>3</sup>,  
Mario Guadalupe González Pérez<sup>4</sup>

**Fecha de recepción:** 9 de mayo de 2019

**Fecha de aceptación:** 23 de agosto de 2019

**Como citar:** Toscano I., A., Brito E., Magaña S. y González, M., G. y (2019). Homeostasis de la industria electrónica en Jalisco: el *kaizen* en la logística de embarques. *Tecnura*, 23(62), 21-33. <https://doi.org/10.14483/22487638.15453>

#### Resumen:

**Contexto:** En México, el comercio internacional experimenta un aumento al que se suman empresas internacionales del área de manufactura en el estado de Jalisco. La investigación revisa la homeostasis de las empresas de ensamble y exportación, con la idea de mejorar la logística de embarques para automatizar e incrementar la productividad, a través del desarrollo y aplicación de la herramienta de mejora continua denominada *kaizen*.

**Método:** Esta investigación parte de un enfoque sistémico. En este sentido, para identificar la homeostasis de la empresa se obtuvieron datos e información de las actividades que desarrolla el área logística, así como políticas y estrategias. Posteriormente, mediante el diagrama de Ishikawa se analizaron la relación causa-efecto y a través de un mapeo de procesos se determinó la problemática de las áreas de compra, producción y almacén. Finalmente, se plantearon varias alternativas de solución para el

mejoramiento de la gestión. Asimismo, para el desarrollo de las soluciones, se confrontaron los problemas y soluciones relacionándolos con el impacto en el nivel de servicio, y se hizo un comparativo entre el antes y después de implementar el *kaizen*.

**Resultados:** El estudio se centra en el funcionamiento de la logística de embarques para automatizar el proceso y evitar los cuellos de botella. De esta manera, las ordenes que no se embarcan a tiempo se convierten en código A (órdenes urgentes) y provocan que el cliente califique un 60 % la productividad. Por ello, al implementar el *kaizen* se logra subir considerablemente hasta en un 35 % por año, con muestras de satisfacción y calificación del 95 %. Cabe mencionar que este *kaizen* se llevó a cabo en el proyecto de Fru's & Opt.

**Conclusiones:** La homeostasis actual de las herramientas mencionadas en el estudio son básicas y necesarias. Igualmente, se siguen actualizando y adaptando herramientas de mejora continua

- 1 Licenciada en Informática Administrativa, maestra en Comercio Internacional. Universidad de Especialidades. Guadalajara, México. Contacto: [irma\\_toscano@my.uvm.edu.mx](mailto:irma_toscano@my.uvm.edu.mx)
- 2 Licenciada en Mercadotecnia Internacional, maestra en Negocios y Estudios Económicos, doctora en Negocios y Estudios Económicos. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [esmeralda.brito@cut.udg.mx](mailto:esmeralda.brito@cut.udg.mx)
- 3 Licenciado en Administración de Empresas, maestro en Administración, candidato a doctor en Administración. Universidad Autónoma de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [smagana@edu.uag.mx](mailto:smagana@edu.uag.mx)
- 4 Ingeniero civil, maestro en Ingeniería, doctor en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [mario.gonzalez@academico.udg.mx](mailto:mario.gonzalez@academico.udg.mx)

(negentropías); por ejemplo: *heijunka*, *jidoka*, SMED, *lean manufacturing*, *just in time*, Sistema de Producción Toyota (TPS), 5S o *gemba*, ya que es una forma de incrementar la productividad, bajar costos y aumentar la capacidad de competitividad para atraer a más mercados internacionales.

**Palabras clave:** competitividad, justo a tiempo, logística, *kaizen*, productividad.

### Abstract

**Context:** in Mexico, international trade is experiencing an increase joined by international companies in the manufacturing area, in the state of Jalisco. The research reviews the homeostasis of the assembly and exportation companies, with the idea of improving shipping logistics to automate and increase productivity, through the development and application of the continuous improvement tool called kaizen.

**Method:** this research is based on a systemic approach. In this sense, to identify the company's homeostasis, data and information were obtained on the activities carried out by the logistics area, as well as on policies and strategies. Subsequently, through the Ishikawa diagram, the cause-effect relationship was analyzed and through a process mapping the problem of the areas of purchase, production and deposit was determined. Finally, several alternative

solutions were proposed to improve management. In addition, for the development of the solutions, the problems and solutions were faced by relating them to the impact on the level of service and making a comparison between before and after implementing the kaizen.

**Results:** The study focuses on the shipping logistics operation to automate the process and avoid bottlenecks. In this way, orders that are not sent on time become code A (urgent orders) and make the customer have a productivity rating of 60%. Therefore, when implementing Kaizen, it is possible to increase considerably up to 35% per year, with 95% satisfaction and qualification samples. It is worth mentioning that this kaizen was carried out in the Fru's & Opt project.

**Conclusions:** The current homeostasis of the tools mentioned in the study are basic and necessary. Also, continuous improvement tools continue to be updated and adapted; For example: Heijunka, Jidoka, Smed, Lean Manufacturing, Just in Time, Toyota Production System (TPS), 5s or Gemba, as it is a way to increase productivity, reduce costs and increase competitiveness to attract more markets International

**Keywords:** competitiveness, just in time, just in time, kaizen, productivity.

## INTRODUCCIÓN

El comercio internacional y la tecnología son factores importantes para el desarrollo económico y social de México. Además, la globalización y el internet han logrado que el comercio internacional configure canales de comunicación, optimización en los procesos de importación, exportación, disminución de costos y tiempos de distribución de la producción de las empresas. Sin embargo, en la actualidad, "grandes empresas han optado por implementar fuentes renovables de energía" (Arizaga, González y Asprilla, 2019, p. 21), debido a la presión internacional y la concientización ambiental

a nivel global. Las empresas pueden ser concebidas como sistemas constituidos por subsistemas, que consumen (*inputs*) y emiten materia y energía (*outputs*) necesarias para su funcionamiento (proceso). Además, como todo sistema, las empresas se degradan en función del tiempo (entropía) y se reestructuran en función de sus componentes intrasistémicos y las fuerzas provenientes de su entorno. No obstante, pueden implementar acciones o "fuerzas que pretenden el efecto contrario y son conocidas comúnmente como 'fuerzas neguentrópicas'" (De Quevedo, Asprilla y González, 2017, p. 140).

El entorno de las empresas suele ser competitivo y en ocasiones incierto. Esta situación complica

aún más lograr el mantenimiento de su homeostasis en condiciones estables. Esta, según [González \(2018, p. 173\)](#), puede ser identificada de tres formas: a) reversible, b) cuasirreversible y c) irreversible. En la primera, el sistema tiene la propiedad de revertir afectaciones en sus elementos o relaciones, a través de la disminución de niveles de entropía. En la segunda, el sistema presenta daños parciales en algunos elementos o relaciones. En la tercera, el sistema ya no puede revertir todas las afectaciones.

En este contexto, el presente estudio revisa la homeostasis de las empresas del ramo electrónico que implementan el *kaizen* para la automatización del proceso de logística de embarques. Toda vez que es conocido que, al automatizar la información de forma eficiente y eficaz, se mejoran los tiempos de respuesta y se garantiza la calidad en el servicio y atención al cliente. “Cuando se aplica al lugar del trabajo, *kaizen* significa un mejoramiento continuo que involucra a todos –gerentes y trabajadores por igual–” ([Imai, 2001, p. 23](#)). En este sentido, el *just in time* y el Sistema de Producción Toyota (SPT) son claves para alcanzar las metas, bajar costos y plazos de entrega ([Blanco, Guerra, Villalpando y Castillo, 2010](#); [Pérez, 2014](#)).

El *kaizen* es la actividad que permite promover la mejora continua en el proceso del servicio al cliente, desde el momento en que se recibe la orden; pasa por la planeación, producción, control de calidad, almacenamiento, surtido y embarque; hasta la generación de una estructura de proceso esbelta que permita incrementar la productividad.

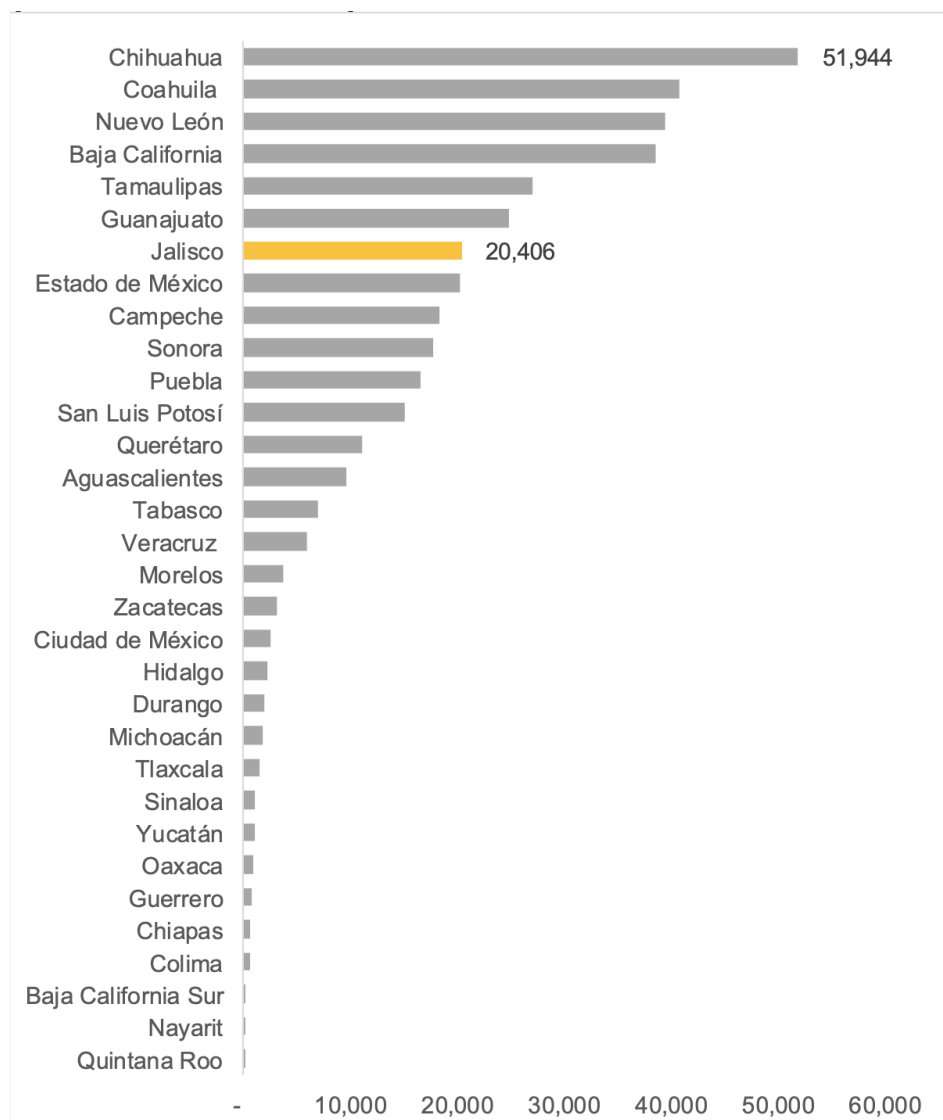
En las empresas internacionales dedicadas al ensamblaje y exportación en México, cada día implementan nuevas herramientas para el desarrollo de los procesos de automatización ([Jaén y León, 2005](#); [Suárez y Miguel, 2011](#); [Secretaría de Economía, 2012](#)). Muchas de estas mejoras de origen japonés están dando grandes resultados e incrementando la productividad, mayores ventas, menor costo y precio al cliente. Asimismo, “hoy en día vale la pena ver en Japón un modelo para seguir en cuanto al desarrollo sostenible” ([Mesa y Villa, 2016, p. 45](#)).

De ahí, la implementación del *kaizen* permite crear procesos esbeltos que dan mejores resultados, optimizan recursos y generan mayores ganancias ([Guizado y Hermoza, 2014](#); [Ibarra y Ballesteros, 2017](#)). Efectivamente, las exportaciones aumentan al incrementar calidad, productividad y servicio al cliente; de ahí, la importancia de realizar auditorías internas al proceso para evitar retrasos y baja productividad ([Arter, 2003](#)).

*Las empresas manufactureras adquieren la mejora continua, el lean manufacturing, el kaizen, el justo a tiempo, entre otras, auxiliadas por las tecnologías de la información y comunicación (TIC), con la finalidad dar soluciones informáticas a los mercados. En este ámbito, México ha logrado un avance significativo en materia del comercio gracias a que utiliza las TIC en tratados comerciales, cultura de negocios, talento altamente calificado, geolocalización y competitividad en los costos. “En el sector logístico la cooperación entre diferentes empresas cobra especial importancia debido a la necesidad de optimizar los procesos de la cadena de suministro y reducir los tiempos de entrega”* ([ICIL Online, 2016](#)).

El estado de Jalisco alberga al denominado Silicon Valley mexicano, debido a que tiene desde hace diez años a 15 grandes corporativos, principalmente de origen estadounidense. Además, cerca de 600 pymes del tipo *startups*, “que exportan el 70% de los materiales y contenidos que producen. Firmas como Oracle, HP, Motorola e IBM han hecho de Jalisco su segunda casa” ([Corona, 2017](#)). En 2016, el estado tenía el la posición 8 en exportaciones (USD 17,877.9 millones): es decir, el 5,5% a nivel nacional. La principal actividad fue la fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos ([INEGI, 2017](#)). Asimismo, Entre enero y septiembre de 2017, el estado “atrajo una inversión extranjera directa (IED) de 810.0 mdd, lo que representó el 3,7% del total nacional” ([Secretaría de Economía, 2017](#)). Para 2018, Jalisco se ubicaba en el lugar 7 en materia de exportaciones, tal como se muestra en la [figura 1](#).





**Figura 1.** Exportaciones en 2018 por entidad federativa (millones de dólares)

Fuente IIEG (2019) con datos de INEGI (2019).

## METODOLOGÍA

En este estudio se analizó el problema que existía en el proyecto Fru's & Opt (IBM) de la Empresa Flextronics. Flextronics Manufacturing de México es una de las empresas de electrónica más importante del país. "Los empleos reportados en sus registros públicos oscilan los 25 mil. Y tuvo ventas mayores a los 77 mil millones de pesos en 2017"

(García, 2018). De acuerdo con la [tabla 1](#), en 2019, la empresa se ubicó en la posición 47 del *ranking* de las empresas más importantes de México.

En función de lo anterior, se elaboró un diagrama de [Ishikawa \(1986\)](#), para identificar las causas que originan porcentajes bajos, con la intención de implementar el kaizen para mejorar la productividad y el servicio al cliente, como se muestra en la [figura 2](#).

**Tabla 1.** Posición de Flextronics en el *ranking* nacional

<b>Ranking 2019*</b>	<b>Empresa/Estado</b>	<b>Sector</b>	<b>Ventas (millones de pesos)</b>
1	Petróleos Mexicanos	Petróleo y gas	1'681.119,2
2	América Móvil	Telecomunicaciones	1'038.207,7
3	Walmart de México	Comercio autoservicio	612.186,0
4	Comisión Federal de Electricidad	Electricidad	553.358,1
5	FEMSA	Holding	469.744,0
6	General Motors de México	Armadora	418.199,0
7	Alfa	Holding	366.432,0
8	FCA México	Armadora	360.788,5
9	Grupo Bimbo	Alimentos	288.266,0
10	Cemex	Cemento y materiales	276.854,8
11	Grupo BBVA Bancomer	Servicios financieros	268.654,0
12	Volkswagen de México	Armadora	210.820,6
13	Grupo México	Holding	201.927,9
14	Grupo BAL	Holding	200.709,4
15	Nissan Mexicana	Armadora	196.197,3
16	Grupo Financiero Banorte	Servicios financieros	193.445,0
17	Grupo Financiero Citibanamex	Servicios financieros	185.393,0
18	Coca-Cola FEMSA	Bebidas y cervezas	182.342,0
19	Kaluz	Holding	178.569,0
20	Honda de México	Armadora	173.224,2
21	FEMSA Comercio (Oxxo)	Comercio autoservicio	167.458,0
22	Ford de México	Armadora	165.571,0
23	Grupo Coppel	Comercio departamental	161.442,0
24	Arca Continental	Bebidas y cervezas	158.952,5
25	Infonavit	Servicios financieros	157.423,0
26	Organización Soriana	Comercio autoservicio	153.475,0
27	Americas Mining Corporation	Minería	151.686,0
28	Grupo Techint en México	Holding	150.000,0
29	Goldman Sachs Casa de Bolsa	Servicios financieros	146.371,0
30	Mexichem	Química y petroquímica	138.492,1
31	Grupo Financiero Santander México	Servicios financieros	137.897,0
32	El Puerto de Liverpool	Comercio departamental	135.534,8
33	Alpek	Química y petroquímica	134.523,2
34	Grupo Salinas	Holding	131.684,6
35	Sam's Club	Comercio autoservicio	124.824,5
36	Ternium México	Siderurgia y metalurgia	122.443,4
37	Sigma Alimentos	Alimentos	121.899,8
38	Grupo Comercial Chedraui	Comercio autoservicio	116.030,9
39	Grupo Elektra	Holding	103.522,3
40	Grupo Televisa	Telecomunicaciones	101.282,3
41	Grupo Carso	Holding	96.639,8
42	Nemak	Automotriz y autopartes	90.327,1
43	Samsung México	Electrónica de consumo	90.000,0
44	Magna International México	Automotriz y autopartes	88.850,3
45	Industrias Peñoles	Minería	84.287,7
46	Grupo Modelo	Bebidas y cervezas	83.956,0
47	Flextronics Manufacturing México	Electrónica	83.924,9

Fuente: Revista Expansión (2018).

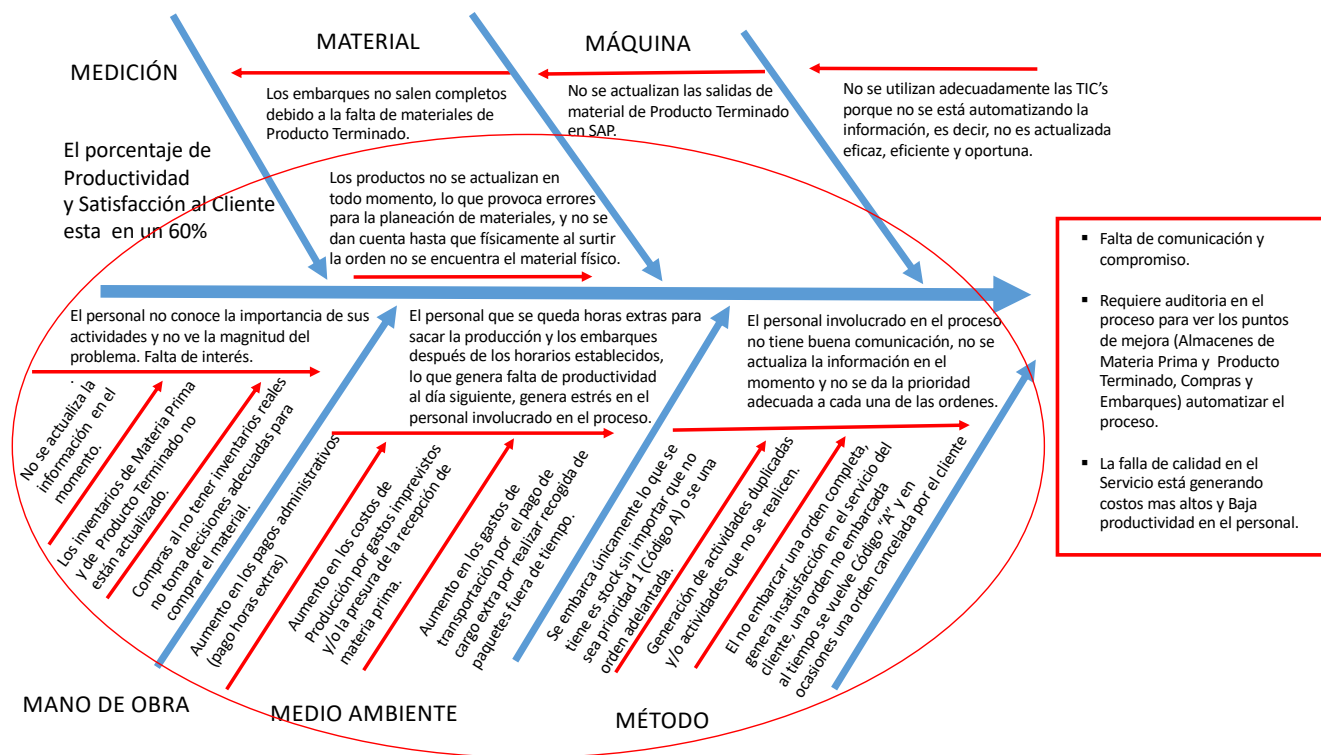


Figura 2. Aplicación del diagrama de Ishikawa (1986)

Fuente: elaboración propia.

En este estudio se toma como base la teoría de Deming (2000) sobre calidad y costos, el caso Toyota por ser la primera empresa en implementar la mejora continua mediante el desarrollo de *kaizen* y crear el *lean manufacturing*. Igualmente, son utilizadas las 5S y el *just in time* (Piñero, Vivas y Flores de Valga, 2018; Tejada, 2011). De esta manera, estos instrumentos posibilitan: a) El desarrollo e implementación del *kaizen* en la logística de embarques para automatizar los procesos e incrementar la productividad en embarques a tiempo. b) Mantener las plataformas y bases de datos con información actualizada y vinculadas en una sola, para tener información veraz y precisa en todo momento. c) Dar prioridad a las órdenes de código A. desde el momento en que se recibe la orden, se verifican los inventarios, en caso de no tener *stock* se debe solicitar al planeador de producción para que lo programe y se tenga a tiempo para ser embarcado. De

ahí, es preciso aplicar *just in time* y *lean manufacturing* en esta fase. d) Separar las órdenes por prioridad de embarque asignándoles la etiqueta de color que identifique su prioridad e inmediatamente revisar inventarios y pasar a almacén para que se surta y se embarque. En caso de no contar con *stock*, es necesario avisar de inmediato a producción para que lo agregue a su plan, sin dejar de seguir las órdenes urgentes. e) Establecer una línea de embarque especial para ordenes urgentes (códigos A) con el fin de agilizar su proceso de embarque. f) Incrementar la calidad en el servicio al cliente y la productividad.

Es preciso hacer mención que Flextronics entre 2009 y 2010 realizaba entre 2 y 3 *kaizen* por año. Actualmente en 2019 realizan de 4 a 5 *kaizen* por bimestre. Así, para conocer cómo operan los procesos de logística en la distribución y exportación de los componentes electrónicos a mercados internacionales, se analizan estrategias para aplicar una

mejora continua mediante un *kaizen* que automatice las actividades que se llevan a cabo en cada área involucrada en el proceso. La hipótesis principal supone que la aplicación del kaizen, desde las órdenes de compra y la recepción de pedidos, es concentrada en una base de datos para generar las ordenes de compra y priorizar cada una con una etiqueta distintiva y llamativa para que sea identificada rápidamente por cada departamento.

En este sentido, para validar o refutar este planteamiento, se llevó a cabo una metodología basada en el análisis de los procedimientos de la logística de embarques, la distribución y los procedimientos de las áreas involucradas, con el fin de sistematizar y automatizar un procedimiento más esbelto que genere mayor flujo de la información y del sistema y los componentes.

En un segundo momento, el *kaizen* es implementado como una prueba piloto, con la intención de evaluar resultados y corregir errores. Durante el desarrollo del *kaizen* se aplicaron cuatro fases en las que se fue notando la mejora del proceso, se redujo la sobrecarga de trabajo y aumentó la calidad en el servicio al cliente. Es decir, se automatizó e incrementó la productividad en empresas internacionales que ensamblan y exportan componentes electrónicos en el estado de Jalisco.

La estrategia clave en el *kaizen* fue colocar una etiqueta de color a las órdenes del *packing list* impresas. Estas identifican la prioridad del embarque, y las personas involucradas dan la prioridad según cada color. Las ordenes de etiqueta roja representan pedidos urgentes (códigos A), los cuales se pasan directamente a la línea exclusiva de códigos A. De esta forma, se recibe la orden y se verifica el inventario; si no se dispone en *stock*, se solicita al planeador de producción. Igualmente, en caso de discrepancias con varios déficits, se convoca de inmediato a reunión para analizar lo sucedido y de inmediato se toman las decisiones a partir de la información que presentan los gerentes de compras, producción, almacén de materia prima, producto terminado, calidad, embarques y transportación, con el fin de no afectar el proceso de salida.

## RESULTADOS

Para la aplicación del *kaizen* en la logística de embarques se inició con el análisis de las problemáticas experimentadas y las posibles mejoras. Asimismo, es utilizado del diagrama de Ishikawa (1986), como se indica en la [tabla 2](#).

El modo de operación antes de aplicar el *kaizen* es el siguiente orden:

1. Llegan las órdenes por parte del cliente mediante una base de datos al administrador de órdenes de compra y servicio al cliente (AOCSC).
2. El AOCSC genera e imprime los *packing list* y entrega a embarques todas las órdenes con su *packing*.
3. Embarques verifica el *stock* y marca los productos faltantes, dejando los que tienen material faltante en una carpeta que al final entrega al AOCSC.
4. De las órdenes con material en existencia se pasan a surtido, empaque y embalaje.
5. Calidad realiza la inspección verificando los estándares de calidad.
6. Si se cumple con los estándares de calidad todo se envía a embarques y distribución, en donde se da de alta para generar las guías de embarque y posteriormente distribuir, ya sea vía terrestre o aérea.
7. Se notifica al AOCSC los números de guía con el cual se embarca cada orden.
8. AOCSC notifica a su cliente las guías con las cuales se embarcaron los componentes, así como la fecha y hora de llegada a su destino cada una.
9. El AOCSC recibe por parte de embarques las órdenes y *packing* que no fueron embarcadas para que se determine si la orden cambia de prioridad. Asimismo, se da aviso al planeador de producción para que contemple los componentes faltantes en su plan de producción.
10. El área de producción por su parte debe pasar a línea el plan requerido, el cual posteriormente pasa por control de calidad, para verificar que cumpla con los estándares de calidad y se entrega al almacén de producto terminado.

**Tabla 2.** Resultados aplicando el *kaizen*

Homeostasis	Replanteamiento	Kaizen	Fecha compromiso
Acumulación de órdenes urgentes (códigos A)	Se detectó el aumento de las órdenes urgentes porque se estaban acumulando aquellas que se quedaban por falta de material. En ocasiones algunas fueron canceladas.	Mediante un identificador, que fue la etiqueta de color, se daba la prioridad a cada orden.	Desde el primer mes para obtener y medir los resultados; nueve meses para alcanzar el objetivo.
Insatisfacción del cliente al calificar con el 60% la calidad de servicio. Por tanto, la productividad se ve afectada en el mismo porcentaje	Al realizar la revisión general del proceso y cada una de las áreas involucradas, se detectó primero la falta de comunicación; esto debido a que cada uno hacía el llenado en su macro y después realizaba la altas o bajas en la plataforma SAP. Esto trae como consecuencia que la información no sea oportuna y eficiente.	Se aplicaron revisiones aleatorias para verificar que la información se diera en el momento que se realizaban las altas o bajas en el sistema.	Un mes para obtener y medir los resultados.
Falta de comunicación entre los departamentos involucrados en el proceso.	La falta de comunicación está causando retrasos y desorganización en la logística de embarques	Se realizó una junta semanal (los días lunes) para que todas las áreas involucradas estuvieran enteradas del material que tenía que ser embarcado esa semana y la siguiente; a fin de ir reduciendo los códigos A.	De inmediato, la comunicación es básica para que un proceso de logística de embarques funcione.
El que no se tengan los materiales en almacén terminado a tiempo físicamente o en línea, retrasa las operaciones sucesivas para completar el proceso de embarques.	Se detectó que el aumento de las órdenes urgentes (códigos A) es porque el material no está dado de alta en SAP, por lo que se desconoce su existencia en almacén de producto terminado. Igualmente, el material que está en línea o por salir de línea no capturado y actualizado en el sistema causa errores como la duplicación de órdenes.	Mantener la información en línea, automatizando la información con datos verídicos, precisos. Se ve la forma de mantener vinculadas las bases de datos individuales y de articularlos a todos en estas, pero con accesos propios.	Desde el primer mes para obtener y medir los resultados; nueve meses para alcanzar el objetivo.

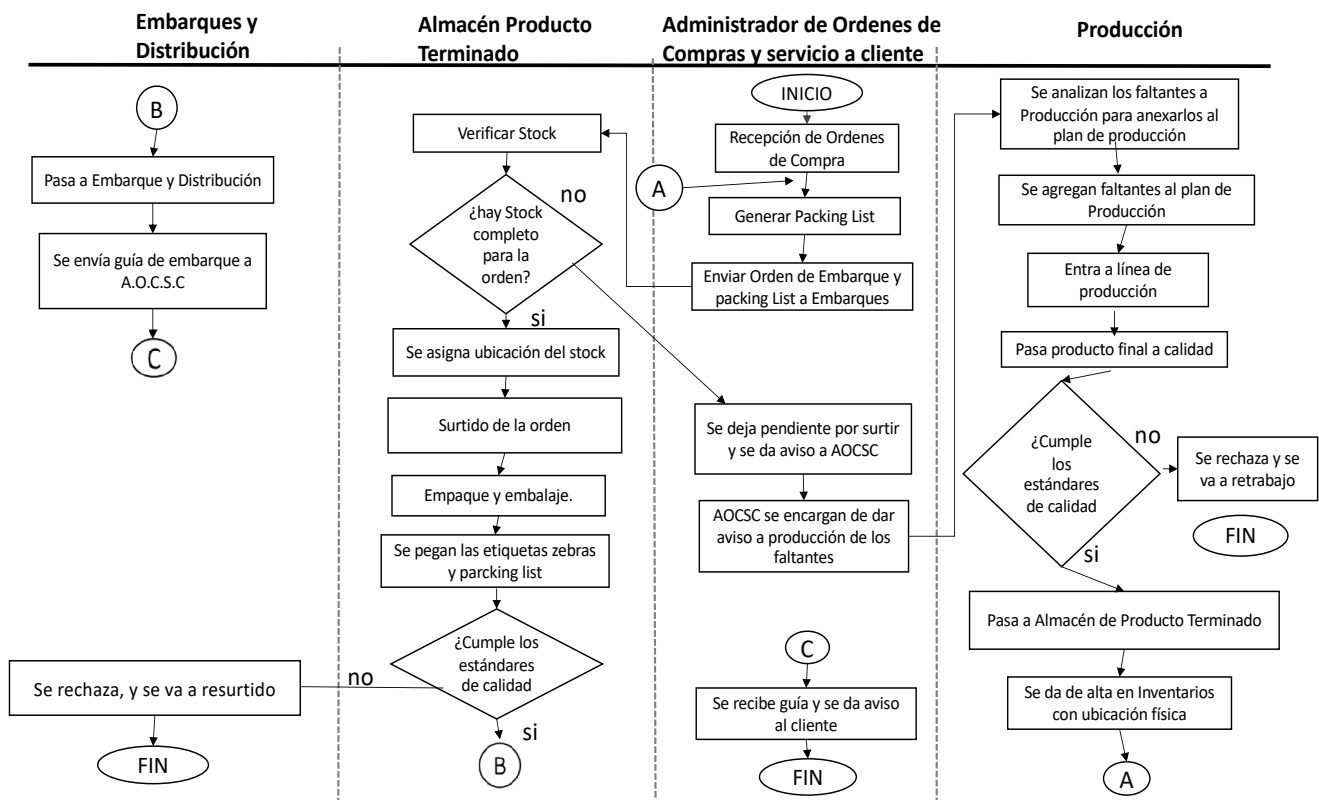
**Fuente:** elaboración propia.

- 11.El planeador de producción verifica que una vez terminado el producto, avise al AOCSC de que ya se encuentra listo para ser embarcado.
- 12.El AOCSC debe reimprimir con fecha actual la orden de embarque y el *packing list*, repitiendo desde el inciso a) hasta el h), como se muestra en la [figura 3](#).

Al utilizar el proceso anterior, las órdenes de embarque se surtían, pero no en su totalidad. Algunas se demoraban en los tiempos de producción y otras se cancelaban por falta de inventarios. Así, al realizar los cambios de inventario de forma inmediata se generaban órdenes duplicadas. Por ello,

al implementar el *kaizen* como plan de mejora, se redujeron los tiempos del proceso de logística de embarques en un 95 %, donde al aplicar la teoría de Deming y colocar el filtro desde un inicio, fue posible reducir tiempos de espera, incrementos de la calidad en el servicio y la productividad.

Al llegar una orden de compra se identificó la fecha en que debe ser embarcada y se asignó su prioridad. Por ejemplo, si la fecha está próxima (menos de dos días) se consideró como código A (“URGENTE”), se identificó con una etiqueta color rojo; sin embargo, si la fecha tiene un rango de entre 3 y 8 días, se consideró como “PREVIA” y se le colocó una etiqueta en color amarillo, y en



**Figura 3.** Proceso de embarques antes de implementar el *kaizen* en la logística de embarques

**Fuente:** elaboración propia.

órdenes con rango mayor a 8 días, se consideró como orden en “TIEMPO” y se le asignó el color verde. Esta clasificación se realizó con el fin de ser identificadas; de ahí, la elección de colores llamativos que permitieran distinguir la prioridad.

En el área de almacén de producto terminado se instaló una línea especial que funcionó como caja rápida; ello, con la intención de dar prioridad y velocidad correspondiente para que fuera embarcada a la brevedad. Esta actividad, durante las fases de implementación, se fue haciendo más eficiente, y se llegó a incrementar la productividad y efectividad en los embarques a tiempo; es decir, en un 35 %, de un 60 % se elevó al 95 % porque poco a poco las órdenes de códigos A fueron bajando, debido a que el cliente ya no tenía órdenes urgentes, al estar recibiendo el producto en tiempo. Inclusive, antes del tiempo estimado.

El proceso después de la implementación del *kaizen* mostrado en la [figura 4](#) se estructuró en las siguientes fases:

- Recepción de órdenes de compra mediante la base de datos que envía el cliente y se relaciona con la de la empresa, con el propósito de verificar los tiempos y asignar la prioridad del embarque.
- Se coloca la etiqueta roja de identificación de prioridad; esta es una orden que desde su llegada debe ser monitoreada en todo momento hasta su embarque. La etiqueta amarilla se monitorea por área, y la verde, al momento de ser embarcada.
- Se hace la verificación del *stock* para surtir la orden; si el inventario completa la orden, se genera el *packing list* y las etiquetas zebra, las cuales se envían de inmediato al área de almacén de producto terminado para que sea atendida la orden

- en su totalidad. De no estar completo el material, se da aviso al planeador de producción para que anexe al plan los componentes o piezas faltantes.
- d. El almacén de producto terminado recibe el *packing list*, la orden y etiquetas zebra y asigna ubicaciones para que se surta. Igualmente, se identifica la prioridad y se separan para que las órdenes de etiqueta roja se pasen a la línea especial. Una vez se termina, se da aviso al AOCSC para que de inmediato se contacte con embarques y distribución, y así obtener el número de guía para proporcionárselo al cliente. Con las prioridades amarilla y verde se pasan normales a surtido.
  - e. Se empaacan; algunas pasan por embalaje y se colocan las etiquetas zebra, el *packing list* y son auditadas por calidad para verificar que cumplan con los estándares requeridos. Si cumple

con todo, se pasan al área de embarque y distribución, donde se les subdivide según el peso, tamaño, lugar de destino y número de guía. Para el embarque y exportación, entra la gestión aduanal con base en los requerimientos y especificaciones del cliente. En caso contrario (incumplimiento de los estándares de calidad requeridos), se rechaza para que se revise de nuevo y se realicen las adecuaciones necesarias-

- f. Una vez que se embarca, los números de guía se envían al AOCSC para que este proporcione la confirmación al cliente. Así, se aumenta la productividad en un 95 % y se reducen los tiempos muertos o de espera en un 85 %.

En el presente estudio, se aplicó un *kaizen* en la logística de embarques para automatizar e incrementar la productividad en el proyecto Fru's &

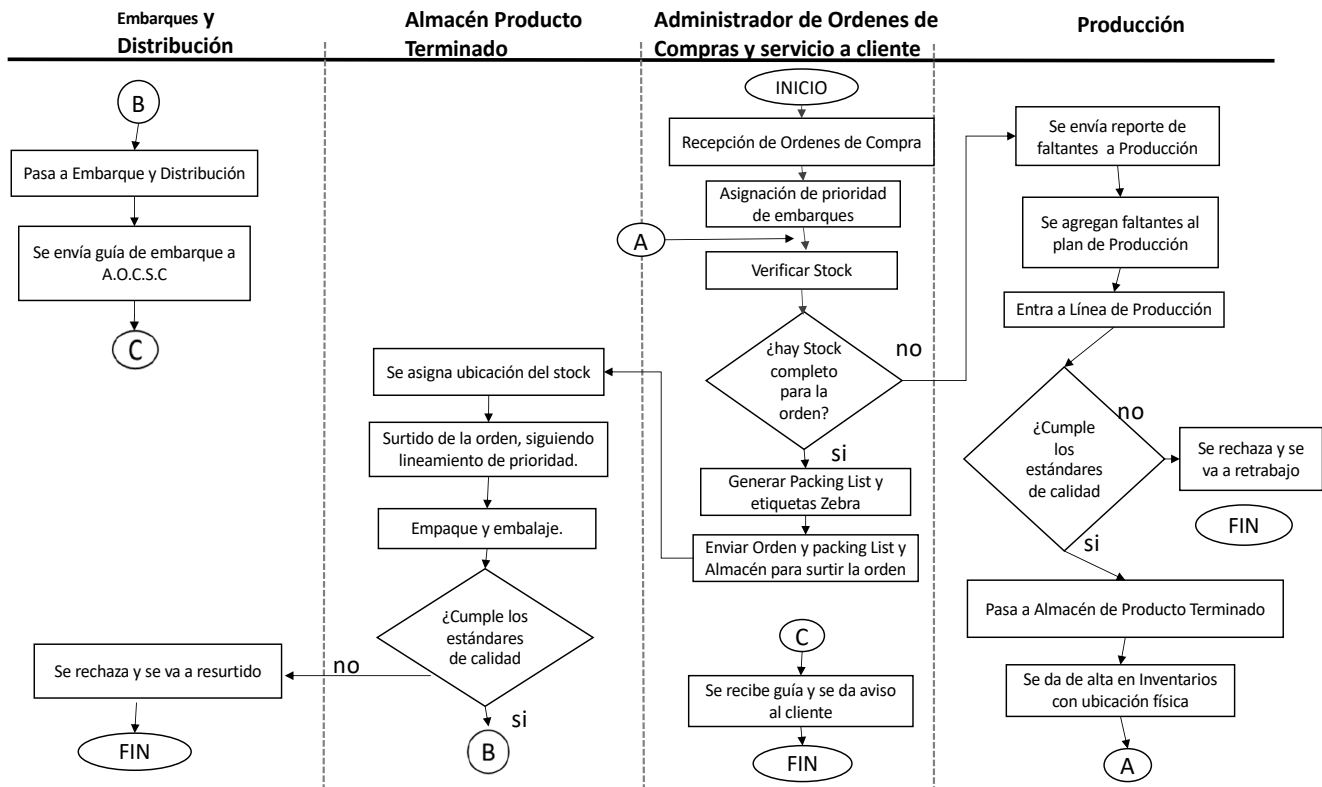


Figura 4. Proceso de embarques después de implementar el *kaizen* en la logística de embarques

Fuente: Elaboración propia

Opt. En ese sentido, automatizar las operaciones en el área de logística de embarques implica tener la información de manera eficiente y eficaz. Sobre todo, porque el comercio internacional requiere tiempos precisos para el éxito de los proyectos de exportación. Se cumplió, entonces, con el supuesto inicial –cuyo argumento sostiene que al implementar el *kaizen* de automatización en el proceso de logística de embarques, se reducen los tiempos de operación–, porque se dio mayor agilidad tanto al surtido (distribución), como al embarque de cada uno de los *packing list*. El proceso se estructuró de forma que se redujeron tiempos muertos; además, se agilizó cada orden; concretamente, a los códigos A. Estos se redujeron al colocar la línea especial para embarques urgentes.

El proceso se modificó al hacer pequeños ajustes. El primero consistió en una reducción mayor del tiempo de espera, debido a que cuando llegaban las órdenes a la plataforma, el AOCSC las ordenaba, separaba e identificaba con la etiqueta de prioridad. El segundo ajuste fue verificar el *stock*, esto ayudó al tiempo de respuesta, porque al detectar la falta de un material se daba aviso de inmediato al planeador de producción para que lo agregara al plan de producción y así embarcarlo a la brevedad. El tercer ajuste fue colocar una línea en el área de embarques (almacén de producto terminado) para que se surtieran de forma independiente y con mayor supervisión y velocidad. La implementación de la línea rápida para códigos A permitió la reducción de las órdenes canceladas. Esto eliminó el sistema PUSH (apagafuegos).

Al modificar el diagrama de procesos y aplicar el *lean manufacturing*, se redujeron los tiempos en aproximadamente de 10 minutos de cada *packing list*. En el caso de Fru's & Opt se obtiene un incremento del 35 %, llevando de un 60 % a un 95 % la productividad y calidad de servicio al cliente. Además, se logró mantener una comunicación eficaz entre los integrantes del desarrollo del *kaizen*; así, esta se vuelve un factor clave para lograr los objetivos, tanto con el personal interno de planta, como el personal externo y el cliente.

El *just in time* también fue clave en la gestión de las operaciones con el cual se logró alcanzar las metas, incrementando la calidad en todo el proceso. Se redujeron los costos de producción, así como los plazos de entrega, mediante el compromiso de las personas. El sistema *jidoka* benefició al *stock* de almacén de producto terminado, ya que al eliminar retrabajos la producción ejecuta y completa el plan de producción sin contratiempos. Esto generó flujo de materiales y los códigos A únicamente se convirtieron en órdenes especiales del cliente las cuales solicitaba y embarcaban el mismo día.

Al obtener estos resultados cuando el cliente volvió a evaluar el servicio y la productividad dio la calificación máxima del 95 % dejando el 5 % como margen para continuar trabajando en la mejora continua en áreas involucradas al proceso de embarques, como compras y planeación. Un reto para alcanzar el 100% en el siguiente trimestre.

Los almacenes tenían conteos cíclicos y en cuanto se detectaba un error se corregía de inmediato, y compras verificaba con producción y embarques, qué era lo que se tenía por embarcar. De ahí, se analizaban los inventarios para verificar el *stock* de almacén de producto terminado con el fin de identificar qué se debía comprar y en qué fechas se planeaba la producción, según las fechas de entrega y recepción de los proveedores.

## CONCLUSIONES

La aplicación del *kaizen* permitió mayor productividad y calidad en los procesos. Esto representa grandes oportunidades de desarrollo para las empresas, en general, y a la industria electrónica, en particular. En el periodo 2009-2010 se implementaban de 3 a 4 *kaizen* por año en la empresa caso de estudio. Actualmente (2019), se implementan de 3 a 4 *kaizen* por bimestre. Esto demuestra que la mejora continua favorece la productividad, la reducción de costos, la optimización de recursos, el tiempo y la mayor rentabilidad del proyecto. El *kaizen* fue la actividad que configuró cambios



significativos, desde el momento en que se recibe la orden y pasa por el proceso de planeación, producción, control de calidad, almacenamiento, surtido y embarque; hasta la generación de una estructura de proceso esbelta. De ahí, empresas internacionales dedicadas al ensamble y exportación cada día implementan nuevas herramientas para el desarrollo de procesos de automatización, entre otras técnicas japonesas que están dando grandes resultados e incrementando la productividad y competitividad.

En este contexto, es preciso destacar la importancia de las auditorías internas en el proceso. Estas arrojan información valiosa de la homeostasis de la empresa, como dar una alta o baja a tiempo y, así, evitar retrasos y baja productividad. Por ello, las empresas que se certifican pueden ser mayormente competitivas en los mercados internacionales. El comercio internacional no solo consiste en exportar un producto, sino llevar a cabo procesos robustos que generen automatización y velocidad, para lo cual, la tecnología es un gran aliado porque facilita la apertura de nuevos mercados.

## REFERENCIAS

- Arizaga B., A., González P., M.G. y Asprilla L., Y. (2019). Sistemas piezoeléctricos en el tren urbano de Guadalajara, México: entropía y negentropía. *Tecnura*, 23(61), 13-22. <https://doi.org/10.14483/22487638.14870>
- Arter D., R. (2003). *Auditorias de calidad para mejorar la productividad*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Blanco, M., Guerra S., Villalpando, P. y Castillo J. (2010). La evolución de la industria del sector automotriz en Japón. *InnOvaciones de Negocios*, 7(1), p. 1-24. Recuperado de <http://eprints.uan.mx/12527/1/A1.pdf>
- Corona, S. (2017). El Silicon Valley mexicano está en Jalisco. *ElPaís.com*. Recuperado de [https://elpais.com/tecnologia/2017/03/12/actualidad/1489275848\\_767120.html](https://elpais.com/tecnologia/2017/03/12/actualidad/1489275848_767120.html)
- Deming W., E. (2000). *Out of the crisis*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- De Quevedo, F., Asprilla, Y. y González, M. (2017). Entropías de la movilidad urbana en el espacio metropolitano de Guadalajara: transporte privado y calidad del aire. *Tecnura*, 21(53), 138-149. <https://doi.org/10.14483/22487638.10725>
- García, O. (2018). Las 21 empresas en Jalisco, ubicadas entre las 500 más importantes de México. Recuperado de <http://udgtv.com/noticias/empresas-de-jalisco-mas-importantes-mexico/>
- González, M., G. (2018). Entropy and negentropy of private electric vehicles in urban systems: homeostasis of mobility in Mexico. *DYNA*, 85(206), p. 171-177. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.72509>
- Guizado A., F. y Hermoza, A. (2014). Sistema de control de inventario aplicando los métodos ABC, Just In Time y Poka Yoke en una empresa de confecciones. En *VI Congreso Internacional de Computación y Telecomunicaciones*. Perú. Recuperado de [http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/728/paper\\_sistemadecontrol.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/728/paper_sistemadecontrol.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ibarra V., M. y Ballesteros L., L. (2017). Manufactura esbelta. *Conciencia Tecnológica*, 53(1), 1-8. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94453640004>
- ICIL Online (2016). ¿Qué es un clúster logístico? Ventajas y desventajas. Recuperado de <http://www.icilonline.com/actualidad/cluster-logistico-ventajas-desventajas/1645/>
- Ishikawa, K. (1986). *¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.
- Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (IIEG) (2019). *Las exportaciones de Jalisco en el cuarto trimestre de 2018 en su máximo histórico. Ficha informativa*. Recuperado de <https://iieg.gob.mx/contenido/Economia/Ficha%20informativaExportaciones%2020190329.pdf>
- Imai, M. (2001). *Kaizen. La clave de la ventaja competitiva japonesa*. México: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2017). *Banco de Información Económica. Estadísticas de Exportaciones por Entidad Federativa*. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/datos/>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2019). *Balanza comercial de México*. Recuperado de [https://www.inegi.org.mx/temas/balanza/default.html#Informacion\\_general](https://www.inegi.org.mx/temas/balanza/default.html#Informacion_general)
- Jaén, B. y León, M. (2005). La industria electrónica de exportación en Jalisco, México. *Comercio Exterior*, 3(55), 270-281. Recuperado de <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/76/6/RCE.pdf>
- Mesa S., C. y Villa M., A. (2016). La política ambiental japonesa y la movilización de industrias por la protección ambiental. *Revista Mundo Asia Pacífico*, 8(5), 43-50. <https://doi.org/10.17230/map.v5.i8.04>
- Pérez, J. (2014). *Just in time* aplicado en la industria de la construcción. [Tesis de especialización en ingeniería]. Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/js-pui/bitstream/132.248.52.100/6922/1/TESINA%20JUST%20IN%20TIME%20pdf.pdf>
- Piñero, E., A, Vivas F., E. y Flores de Valga, L.K. (2018). Programa 5S para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 6(20), 99-110. Recuperado de <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/Inge-Industrial/volvi-n20/art06.pdf>
- Revista Expansión (2019). *Las 500 empresas más importantes de México*. Recuperado de: <https://expansion.mx/empresas/2019/06/28/estas-son-las-500-empresas-mas-importantes-de-mexico-2019>
- Secretaría de Economía (2012). *Industria automotriz. Monografía Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología*. Recuperado de: [https://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/Monografia\\_Industria\\_Automotriz\\_MARZO\\_2012.pdf](https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Monografia_Industria_Automotriz_MARZO_2012.pdf)
- Secretaría de Economía (2017). *Competitividad y normatividad. Inversión extranjera directa*. Recuperado de <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/competitividad-y-normatividad-inversion-extranjera-directa?state=published>
- Suárez M., F. y Miguel J., A. (2011). Implementación del kaizen en México: un estudio exploratorio de una aproximación gerencial japonesa en el contexto latinoamericano. *Innovar. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 41(21), 19-37. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/818/81822806003.pdf>
- Tejeda, A.S. (2011). Mejoras de *lean manufacturing* en los sistemas productivos. *Ciencia y Sociedad*, 36(2), 276-310. <https://doi.org/10.22206/cys.2011.v36i2.pp276-310>





## Externalidades de las emisiones del transporte público en Tepic, México: cambio climático y sustentabilidad

### Externalities of the public transportation emissions in tepic, mexico: climate change and sustainability

Sylvia Lorena Serafín González<sup>1</sup> 

**Fecha de recepción:** 9 de mayo de 2019

**Fecha de aceptación:** 23 de agosto de 2019

**Como citar:** Serafín G., S.L. (2019). Externalidades de las emisiones del transporte público en Tepic, México: cambio climático y sustentabilidad. *Tecnura*, 23(62), 34-44. <https://doi.org/10.14483/22487638.15455>

#### Resumen

**Contexto:** Los procesos antrópicos relacionados con la movilidad urbana han colocado en el tema del transporte público en la agenda de la mayoría de países. Efectivamente, comparado con el vehículo privado, este representa la forma más económica y sustentable de ejercer la movilidad cotidiana. Sin embargo, quienes utilizan el proceso de combustión interna, a través de derivados del petróleo, emiten gases de efecto invernadero, y por tanto, esta forma de movilidad motorizada se ha vuelto el mayor contribuyente al cambio climático global. Bajo esta premisa, el objetivo de este artículo consiste en analizar las externalidades de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte público de autobuses en la ciudad de Tepic, México.

**Método:** La investigación utiliza datos proporcionados por la Secretaría del Medio Ambiente de Nayarit, a partir de los cuales se estimaron las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte público utilizando la metodología de 1996 avalada por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático de las Naciones Unidas. En este sentido, de acuerdo con esta metodología, que permite estimar el

consumo de combustibles se obtuvo el recorrido anual por tipo de vehículo, así como su rendimiento vehicular.

**Resultados:** Las emisiones de gases de efecto invernadero en la ciudad de Tepic, México, se aproximaron a las 192.000 toneladas emitidas por tan solo por transporte público de autobuses. Aunque el otorgamiento de concesiones se ha venido dando de manera desordenada y arbitraria por parte de los diferentes gobiernos, fue posible prospectar un escenario de emisión al 2020.

**Conclusiones:** El transporte público de autobuses en la ciudad de Tepic enfrenta un acelerado crecimiento, provocado por la expansión urbano-habitacional desordenada. Este sistema se ha convertido en uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero, que lo colocan como tema central para la implementación de políticas públicas de transporte, adoptando iniciativas y mecanismos tendientes a reducir los niveles de emisiones, reducir externalidades y contribuir con la sustentabilidad y mitigación del cambio climático global.

**Palabras clave:** emisiones, cambio climático, sustentabilidad, transporte público, México

<sup>1</sup> Licenciada en Contaduría, maestra en Derecho Económico Local, doctora en Geografía y Ordenación Territorial. Profesor titular, Universidad Politécnica de Nayarit. Tepic, México. Contacto: [sylvia.serafin.gonzalez@upnayarit.edu.mx](mailto:sylvia.serafin.gonzalez@upnayarit.edu.mx)

## Abstract

**Context:** Anthropic processes related to urban mobility have placed the issue of public transportation on the agenda of most countries in the world. In fact, compared to the private vehicle, it represents the most economical and sustainable way of exercising daily mobility. However, who use the internal combustion process, through petroleum derivatives, emit greenhouse gases and, therefore, this form of motorized mobility has become the biggest contributor to global climate change. Under this premise, the aim of this article is to analyze the externalities of greenhouse gas emissions in the public transportation of buses in the city of Tepic, Mexico.

**Method:** The research uses data provided by the Nayarit Ministry of Environment; from which greenhouse gas emissions from public transportation were estimated using the 1996 methodology approved by the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. In this sense, according to this methodology, which allows to estimate fuel consumption,

the annual route was obtained by type of vehicle, as well as the vehicle's performance.

**Results:** The greenhouse gas emissions in the city of Tepic, Mexico, approached 192 thousand tons emitted only by public transportation by bus. Although the granting of concessions has been carried out in a disorderly and arbitrary manner by the different governments, it was possible to provide an emission scenario for 2020.

**Conclusions:** Public bus transportation in the city of Tepic faces accelerated growth, caused by the disorderly expansion of urban housing. This system has become one of the main emitters of greenhouse gases, which makes it a central issue for the implementation of public transportation policies, adopting initiatives and mechanisms to reduce emission levels, reduce externalities and contribute to the sustainability and mitigation of global climate change.

**Keywords:** Emissions, climate change, sustainability, public transportation, Mexico.

## INTRODUCCIÓN

El sector transporte es el que más participa en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Este trabajo, presenta un panorama general del consumo de energía y emisiones que produce el transporte público de la ciudad de Tepic, México; igualmente, prospecta un posible escenario en función de la tendencia de crecimiento desordenado. En este sentido, uno de los problemas que afectan de manera importante la ciudad de Tepic tiene que ver con el transporte público, el cual ha crecido sin una planeación formal de una política pública integral de las diferentes autoridades de gobierno. En ese sentido, entropías ocasionadas por la congestión vial, deterioro en infraestructura por intemperismo y accidentalidad asociada al transporte se han convertido en parte de la vida cotidiana de los residentes urbanos. De ahí, la necesidad de implementar “medidas preventivas y correctivas

que supriman la accidentalidad, la morbilidad y la mortalidad en la metrópolis” (García, González y Asprilla, 2018, p. 52). Sobre todo, porque la movilidad motorizada no solo perturba al sistema, sino a sus subsistemas y al ecosistema en general. Además, en relación de la variable tiempo de la clásica ecuación  $v=d/t$ , la introducción indiscriminada de nuevos vehículos al sistema vial, implica la generación de entropías vinculadas con el aumento del tiempo en los desplazamientos cotidianos; toda vez, que los incrementos de velocidad están regulados por la autoridad y la distancia geométrica asume una posición compleja de modificar (González, 2018a, p. 172).

Ciertamente, Tepic se ubica como una ciudad de menor magnitud poblacional respecto a las grandes metrópolis de México, como la Ciudad de México, y las metrópolis de Guadalajara y Monterrey. En este sentido, todavía no enfrenta de manera significativa los efectos de la contaminación ambiental por

emisiones de gases provenientes de la movilidad motorizada. Sin embargo, esta situación ha ocasionado que se carezca de información relevante para la determinación de los niveles de contaminación de aire, y una omisión por parte de la autoridad competente en materia de base de datos que proporcione parámetros e indicadores de medición. En suma, se adolece de un monitoreo ambiental.

En este contexto, ante el incremento exponencial de la población, la degradación de los recursos no renovables, la irracionalidad en el sobreconsumo de fuentes energéticas fósiles, la obsolescencia tecnológica programada, la contaminación de los recursos renovables, entre otras entropías urbanas, se ha iniciado de una nueva era para la especie humana, dependiente cada vez más de la forma de vivir, habitar y transportarse en el territorio. Aquí, los impactos ambientales son “resultado de los procesos de industrialización y urbanización. Los daños ecológicos son síntomas que se hacen visibles años después de que iniciara su impacto, como efectos invisibles de acciones específicas” (Alfie, 2007, p. 217).

El proceso del habitar está en función del incremento poblacional y la movilidad. Es decir, a mayores incrementos demográficos le sigue un incremento habitacional necesario para satisfacer la demanda. Esta demanda de vivienda presiona al consumo de suelo. Asimismo, la movilidad se induce en función de la ubicación geográfica y la distancia. Así, a mayor población, mayor vivienda y mayor movilidad. No obstante, como el espacio es limitado, la movilidad de índole motorizada genera entropía en determinados horarios, “debido a la afluencia de personas que intentan desplazarse diariamente desde sus orígenes a sus destinos, y provocan conflictos viales durante las denominadas horas pico” (Arizaga, González y Asprilla, 2019, p. 14). En este sentido, el desarrollo de nuevas tecnologías tendientes a satisfacer las necesidades de la población que demanda mejorar su calidad de vida compromete la sustentabilidad de los recursos para las futuras generaciones. En suma, el crecimiento demográfico y habitacional

desmedido mostrado en la [figura 1](#) ha marcado una tendencia al consumo de mayores recursos territoriales que proveen los insumos necesarios en los procesos de transformación.

En función de lo anterior, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) estableció una definición del cambio climático: “[es] un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (ONU, 2018). Asimismo, de acuerdo con el reporte proporcionado por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2017):

- a. Las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso mundiales han aumentado, sensiblemente, como resultado tanto del cambio en las actividades humanas como el aumento de la población. En la actualidad, se han superado los valores preindustriales determinados en muestras de testigos de hielo que datan de cientos de años. Este aumento de la concentración de dióxido de carbono a nivel mundial se debe principalmente al uso de combustibles fósiles y a los cambios sin control que se han dado en la mayoría de los países, y se relaciona con el uso del suelo, por cuanto el metano y el óxido nitroso se deben a la agricultura.
- b. El calentamiento del clima es inequívoco; las mediciones marcan incrementos en las temperaturas medias tanto del aire como de los océanos. Igualmente, se derrite el hielo y la nieve de los polos, y ha subido la elevación del nivel del mar.
- c. Tanto en regiones, países y continentes se observan cambios climáticos a largo plazo. Estos incluyen cambios en las temperaturas, en la cantidad de precipitaciones pluviales y en las condiciones climáticas extremas: sequías, fuertes lluvias, fuerte calor y la intensidad tanto de ciclones como de huracanes.
- d. Se proyecta un calentamiento de cerca de 0,2 °C en las próximas dos décadas por emisiones de los escenarios del IEEE desarrollados por

Nakicenovic (2000), que son utilizados como base para realizar las proyecciones climáticas.

- e. Las emisiones de gases de efecto invernadero se han incrementado a diferentes tasas, debido a las emisiones directas del transporte y de la industria, y al cambio en los usos. El sector de la construcción también ha contribuido por el alto consumo de electricidad que demanda.

Sobre esto último, es preciso mencionar que según datos de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (Semarnat, 2018), el transporte es el sector que más contribuye a las emisiones de GEI y el que presenta mayor crecimiento. En este entendido, analizar sus tendencias es indispensable para estimar el consumo de derivados de petróleo y mitigar las emisiones de GEI.

En el Protocolo de Kioto de la Convención Marco Climático de las Naciones Unidas, y donde México firmó los acuerdos internacionales en materia de reducción de emisiones de GEI, se establece el *mecanismo de desarrollo limpio* (MDL) como un instrumento de intercambio de emisiones. Es decir, este permitiría obtener recursos económicos mediante la venta de reducciones de emisiones de GEI. Sobre todo, cuando se sabe que el sector transporte es el mayor consumidor de combustibles fósiles en México tal y como se muestra en la tabla 1. Además, este aumento acelerado de los derivados del petróleo (gasolina y diésel) que utiliza el transporte aunado a la carente inversión en la refinación de petróleo repercuten también la importación de combustibles.

De acuerdo con la tabla anterior, el autotransporte es el mayor consumidor de combustible en el país. Este se subdivide en dos generalidades: transporte interurbano y transporte urbano. Ambos pueden destinarse a la carga de productos y mercancías, o de pasajeros. En el caso de Tepic, los indicadores de actividad y eficiencia del sector transporte circunscriben:

- El número de vehículos por tipo o modo. Esto se refiere al total de vehículos en circulación para determinado año y tipo; en otros términos, el tipo hace alusión al tamaño de vehículo o de autobús para el transporte de carga.
- El número de kilómetros que recorre cada vehículo en un año.
- La relación vehículo-kilómetro (V-K). Resulta de multiplicar la cantidad de vehículos de determinado tipo, por su distancia anual promedio recorrida en kilómetros. De manera que el indicador V-K para el total de las flotas, se obtiene de hacer la suma de todos los vehículos de cada tipo de vehículo.
- La relación tonelada-kilómetro (T-K). Muestra el resultado de multiplicar el indicador V-K de cada tipo de transporte para carga, por el promedio de toneladas que lleva cada vehículo por viaje.
- La relación pasajero-kilómetro (P-K). Indica el resultado de multiplicar la relación V-K por el promedio de pasajeros que lleva cada vehículo por viaje. Ello se hace por cada tipo de vehículo para transporte de pasajeros.
- El rendimiento vehicular. Muestra la cantidad de combustible que consume un vehículo por kilómetro recorrido.

**Tabla 1.** Consumo total de energía (petajulios)

	2016	2017	Variación %
<b>Consumo energético total</b>	4609,89	4735,71	2,73
Transporte	2245,25	2283,98	1,73
Industrial	1298,08	1363,43	5,03
Residencial, comercial y público	921,25	928,25	0,76
Agropecuaria	145,32	160,06	10,14

**Fuente:** elaboración propia con datos de Sener (2018).

El incremento en el consumo de energía en sector transporte en el año 2017 respecto al año 2016, se debe principalmente al aumento del parque vehicular del autotransporte en detrimento de otros sistemas, como el ferroviario y el eléctrico (ver tabla 2).

En este contexto, con la información disponible en la tabla 3, los vehículos registrados de acuerdo con el Banco de Información Económica del INEGI (2017), entre el 2000 y el 2017 se tuvo un incremento en el número de automóviles

del 304 %, autobuses en 198 %, camiones de carga 222 % y motocicletas 1224 %. Esto evidencia que el parque vehicular repercute en el aumento del consumo de combustible del sector transporte. Igualmente, resalta el aumento desproporcional del transporte tipo motocicleta, el cual ha invadido prácticamente todas las ciudades del país; no obstante, es el que menores vías apropiadas tiene para su circulación y convierten en un riesgo tanto para el motociclista como para los otros modos de transporte (autobuses y vehículos privados) en

**Tabla 2.** Consumo de energía del sector transporte (*petajulios*)

	2016	2017	Variación %
Transporte	2245,25	2283,98	1,73
Autotransporte	20.170,33	2100,39	1,45
Aéreo	114,29	115,23	0,82
Marítimo	29,96	35,73	19,23
Ferrovial	26,52	28,75	8,39
Eléctrico	4,14	3,88	-6,28

**Fuente:** elaboración propia con datos de Sener (2018).

**Tabla 3.** Vehículos de motor registrados, 2000-2017

Año	Total	Automóviles	Autobuses de Pasajeros	Camiones de Carga	Motocicletas
2000	15.611.916	10.176.179	202.396	4.939.417	293.924
2001	17.300.530	11.351.982	273.536	5.394.206	280.806
2002	18.784.594	12.254.910	299.365	5.860.797	369.522
2003	19.806.960	12.742.049	308.101	6.317.293	439.517
2004	20.878.438	13.388.011	264.585	6.707.535	518.307
2005	22.138.478	14.300.380	268.817	6.980.738	588.543
2006	24.907.229	16.411.813	310.189	7.462.918	722.309
2007	26.747.197	17.696.623	322.078	7.849.491	879.005
2008	29.287.903	19.420.942	333.287	8.453.601	1.080.073
2009	30.890.136	20.519.224	337.465	8.835.194	1.198.253
2010	31.636.258	21.152.773	313.984	9.015.356	1.154.145
2011	33.262.998	22.368.598	332.578	9.251.425	1.310.397
2012	34.875.937	23.569.623	338.520	9.395.466	1.582.228
2013	36.744.838	24.819.922	347.144	9.704.131	1.873.641
2014	38.027.171	25.543.908	347.720	9.863.980	2.271.563
2015	39.975.998	26.907.994	357.452	10.073.288	2.637.264
2016	42.454.265	28.664.295	367.772	10.384.621	3.037.577
2017	45.853.522	30.958.042	401.120	10.985.817	3.598.543

**Fuente:** elaboración propia con datos del INEGI (2017).

la interacción cotidiana, debido principalmente a la cultura vial.

Efectivamente, el número de vehículos de motor registrados en México creció desproporcionadamente, en comparación con la población total del país. Es decir, el índice de motorización aumentó de 169 vehículos por habitante en el año 2000, a 315 por habitante en 2010 (tabla 4).

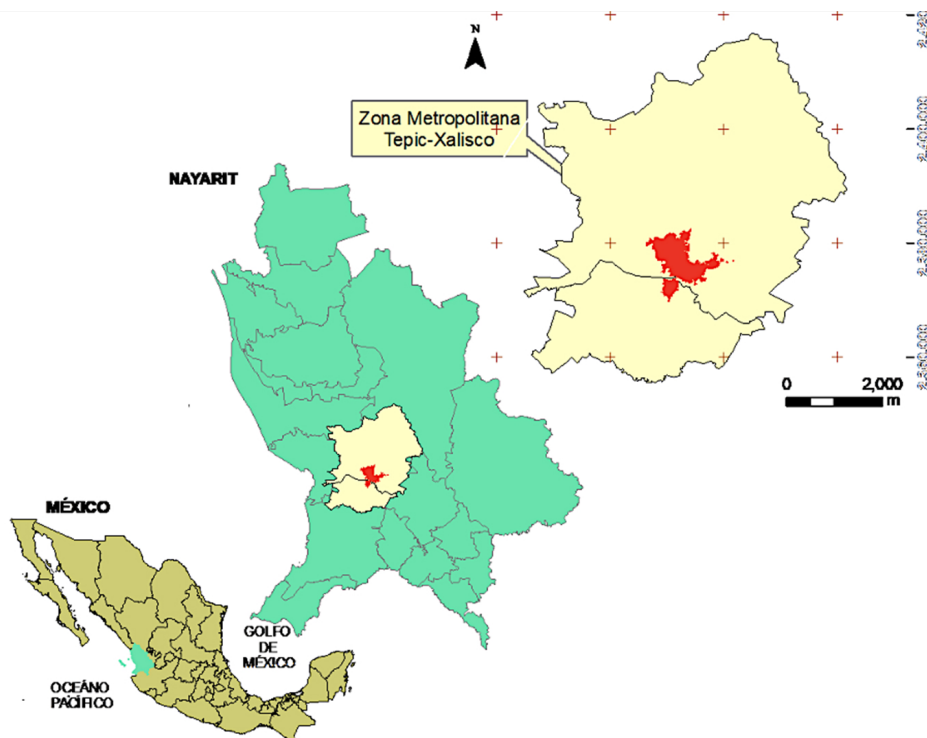
Como se observa en la figura 1, la ciudad de Tepic está ubicada en el noroeste de México, sobre el llamado Valle de Matatipac. Es la capital del estado de Nayarit. Es una zona metropolitana constituida por dos municipios: Tepic y Xalisco. Según el censo de población y vivienda de 2010, la población era de 332.863 habitantes y representaba el 31 % del total del estado (INEGI, 2010).

Aunado a que funge como la capital del estado, se posiciona como nicho político-comercial. Las distintas etapas que pueden distinguirse del crecimiento de la ciudad se han basado en un urbanismo de acción (Ruiz, 2001, p. 54), donde la

**Tabla 4.** Índice de motorización en México

Año	Automóviles por 1000 habitantes
2000	169
2001	181
2002	196
2003	194
2004	203
2005	213
2006	237
2007	251
2008	273
2009	287
2010	315
2011	332
2012	349
2013	368
2014	380
2015	400
2016	424
2017	458

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2017).



**Figura 1.** La ciudad de Tepic, México

Fuente: elaboración propia.



construcción y el crecimiento de la ciudad se han dado mediante decisiones voluntaristas de quienes ostentan el poder o componen parte de él, y los planes y legislaciones dictados en materia de crecimiento urbano-habitacional han estado encaminadas a dar legalidad a estas decisiones voluntaristas. Efectivamente, la urbanización del medio rural ha permitido acceder a vivienda de interés social o popular; sin embargo, ubicadas en las periferias donde se adolece de infraestructura y equipamiento, con costos sociales significativos para la movilidad. “Este escenario coloca en desventaja al residente de esa primera o segunda periferia, que utiliza frecuentemente el servicio de transporte público” (González, 2018b, p. 67).

Actualmente la ciudad de Tepic tiene una estructura socioterritorial que constituye un *contignum urbano* con el municipio de Xalisco y con otras localidades que forman parte del propio municipio de Tepic, lo que evidencia una creciente concentración de población, servicios, poder político y económico. En la [tabla 5](#) se pueden observar las fases de crecimiento que ha tenido la ciudad desde los años 1970 hasta la actualidad.

## METODOLOGÍA

Para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el año base por cada modo de transporte en un año determinado, se calcula el consumo de energía por modo y tipo de combustible, y se utilizan los factores de emisión proporcionados por el IPCC. En este caso se usan factores de emisión de la metodología de 1996, dado que es la última aprobada por la convención de Cambio Climático de las Naciones Unidas (2018).

Para calcular el consumo de energía del transporte de pasajeros se utiliza la [ecuación \(1\)](#).

$$E_{to} = \sum_{i,j,k} (V_{ijk} R_{ijk} D_i A_j P c_k) \quad (1)$$

Donde:

$E_{to}$  = consumo de energía del transporte de pasajeros del año base.

$V$  = cantidad de vehículos de pasajeros de la zona en cuestión.

$R$  = rendimiento de combustible (litros/km).

$D$  = distancia recorrida por vehículo al día (km).

$A$  = días en circulación al año.

$Pc$  = poder calorífico del combustible (julios/litro).

$i$  = tipo de vehículo.

$j$  = año del modelo del vehículo.

$k$  = tipo de combustible.

En este trabajo se analizó únicamente el transporte de pasajeros tipo autobuses de la ciudad de Tepic, capital del estado de Nayarit, en base a la información proporcionada por la Secretaría del Medio Ambiente de Nayarit (Semamay). En este entendido, conforme a la metodología del IPCC, las emisiones de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) se calcularon de acuerdo con la [ecuación \(2\)](#).

$$EmisionesCO_2 = \sum_k (C_k Fe_k Fo_k) * \frac{44}{12} \quad (2)$$

Donde:

$C$  = combustible consumido  $k$ .

$Fe$  = factor de emisión para el combustible  $k$ .

$Fo$  = fracción oxidada para el combustible  $k$ .

$k$  = tipo de combustible.

Tanto las fracciones de oxidación como los factores de emisión se muestran en la [tabla 6](#).

**Tabla 5.** Población total del municipio de Tepic y la ciudad de Tepic

Año	1970	1980	1990	2000	2010
Municipio Tepic	110.939	177.007	241.463	305.176	380.249
Ciudad Tepic	No disponible	No disponible	206.967	265.817	332.863

**Fuente:** elaboración propia con datos de INEGI (2010).

**Tabla 6.** Emisiones de CO<sub>2</sub>

Fracción de carbono oxidada		Factor de emisión CO <sub>2</sub>	
Carbón	0,980	GLP	62,436
Petróleo y productos	0,990	Gasolinas	68,607
Gas	0,995	Diésel	73,326
Peat para generación eléctrica	0,990	Gas natural	55,82

Fuente: IPCC (2017).

## RESULTADOS

El sistema de transporte público de la ciudad de Tepic es en su totalidad prestado por el sector privado. La mayoría de la movilidad urbana se efectúa en camiones (autobuses) y combis. En la [tabla 7](#) se presenta un resumen de los diferentes tipos de transporte público.

De acuerdo con la metodología aplicada, para estimar el consumo de combustibles es necesario conocer el recorrido anual por tipo de vehículo, así como su rendimiento vehicular. La [tabla 8](#) muestra las distancias recorridas en kilómetros en periodos distintos, y la [tabla 9](#) indica la estimación promedio del rendimiento vehicular por tipo de vehículo.

**Tabla 7.** Número de unidades y rutas de transporte en Tepic

Tipo	Cantidad	Rutas
Camión (buses/busetas)	574	38
Combis (colectivos)	235	30
Taxis	4559	NA
Camiones de carga	208	NA
Total	5576	

NA: no aplica.

Fuente: Dirección General de Tránsito y Transporte de Nayarit (2012).

**Tabla 8.** Kilómetros recorridos por tipo de vehículo y periodo en la ciudad de Tepic

Tipo de vehículo	Kilómetros recorridos			
	Día	Semana	Mes	Año
Combis (colectivos)	296	2072	8878	108017
Vehículos < 3 ton	273	1908	8177	99482
Vehículos >3 ton	229	1600	6857	83.429
Taxis	206	1442	6178	75.164
Camiones (buses/busetas)	205	1437	6161	74.953
Automóvil	36	250	1072	13.039
Pick-up	36	250	1069	13.010
Camionetas (SUV)	33	229	982	11.952
Motocicletas	18	129	554	6738

Fuente: Comisión para la Cooperación Ambiental (2009).

Las emisiones de GEI de la ciudad de Tepic fueron de casi 192.000 toneladas emitidas solo por el transporte público de la ciudad de Tepic, en donde se puede observar que las fuentes que más contaminan son las unidades tipo camión (autobuses de pasajeros), tal y como se muestra en la [tabla 10](#).

Aunque el otorgamiento de concesiones de transporte público se ha venido dando de manera desordenada y arbitraria por parte de los gobiernos, se puede crear un escenario de prospectivo del parque vehicular al 2020 para la ciudad de

Tepic. Así, el parque vehicular quedaría de acuerdo con los datos que se detallan en la [tabla 11](#).

Estos datos muestran el aumento que podría tener el parque vehicular de seguir con esta tendencia de crecimiento. Las afectaciones se concentrarían en la eficiencia de los traslados cotidianos, el consumo de combustible, lo que traería como consecuencia un crecimiento en las emisiones de GEI impactando de manera negativa en la salud de los habitantes. Por ello, un programa de mitigación ante este escenario podría acentuar el

**Tabla 9.** Rendimiento combustible por tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Tipo	Rendimiento
	combustible	km/l
Subcompactos	Gasolina	10
Lujo y usos múltiples	Gasolina	7
Deportivos	Gasolina	4
Taxis	Gasolina	10
Microbús	Gasolina	2
Motocicletas	Gasolina	15
Camiones (autobuses de pasajeros)	Diésel	1,8

**Fuente:** elaboración propia con datos de Sederma (2017).

**Tabla 10.** Emisiones de GEI del transporte público de la ciudad de Tepic

Tipo de transporte	Miles de toneladas de CO <sub>2</sub>	%
Taxi	39	20,31
Combis (colectivos)	41	21,35
Camión (buses/busetas)	112	58,33
Total	192	100,00

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 11.** Escenario prospectivo del parque vehicular a 2020

Tipo	2015	2020
Camión (buses/busetas)	574	955
Combis (colectivos)	235	946
Taxis	4559	9570
Camiones de carga	208	385
Total	5576	11.856

**Fuente:** elaboración propia.

denominado “Hoy no Circula”, el cual se ha implementado desde hace varios años en la ciudad de México para regular el uso del vehículo privado, con efectos cuestionables en materia de emisión de gases; sin embargo, sus objetivos se han centrado en la concientización del uso racional del vehículo e incentivar el uso del transporte público y colectivo.

## CONCLUSIONES

De continuar las tendencias actuales en el crecimiento de parques vehiculares particulares, sumado al consumo energético y emisiones de GEI de un transporte público obsoleto, la ciudad estaría comprometiendo la calidad de su aire. En este sentido, el incremento vehicular, carente de planificación, no prevé escenarios relativos al congestionamiento vial y la reducción de las velocidades de circulación y los tiempos de traslado en las principales avenidas de la ciudad. Actualmente, estas presentan serios congestionamientos en determinados horarios y días de la semana que afectan el rendimiento promedio de combustible por unidad. En este sentido, no solo es conveniente sino necesario que las autoridades del estado inicien transformaciones integrales a la política pública de transporte, tendiente a mitigar las externalidades del modo de desplazarse en la ciudad. Ello implica, un análisis profundo de las fuentes de energía utilizadas, la promoción del vehículo privado y la omisión de un transporte público viejo y en mal estado.

## REFERENCIAS

- Alfie, M. (2007). Una nueva gestión ambiental: El riesgo y el principio precautorio. *Espacio Abierto*, 16(2), 209-222. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12216202>
- Arizaga B., A., González P., M.G. y Asprilla L., Y. (2019). Sistemas piezoeléctricos en el tren urbano de Guadalajara, México: entropía y negentropía. *Tecnura*, 23(61), 13-22. <https://doi.org/10.14483/22487638.14870>
- Comisión para la Cooperación Ambiental (2009). *Medición y adaptación de variables de actividad vehicular en ciudades tipo de México*. Recuperado de <http://www3.cec.org/islandora/es/item/3696-measurement-and-adaptation-vehicle-activity-variables-in-mexican-sample-cities-summary-es>
- Dirección General de Tránsito y Transporte de Nayarit (2012). *No. de oficio DGTT/DG/0763/07/2012. Asunto contestación de oficio*. Nayarit.
- García de Quevedo, N.F., González P., M.G. y Asprilla L., Y. (2018). Determinación de los componentes entrópicos de la accidentalidad: el trinomio vehículo/usuario/camino en la metrópoli de Guadalajara, México. *Tecnura*, 22(55), 51-65. <https://doi.org/10.14483/22487638.13245>
- González Pérez, M.G. (2018a). Entropy and negentropy of private electric vehicles in urban systems: homeostasis of mobility in Mexico. *DYNA*, 85(206), 171-177. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.72509>
- González Pérez, M.G. (2018b). Movilidad cotidiana y habitar periurbano en el área metropolitana de Guadalajara: entre el costo y el beneficio social. *Contexto*, 12(16), 67-77. Recuperado de <http://contexto.uanl.mx/index.php/contexto/article/view/144>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2017). *Banco de Información Económica (BIE)*. Recuperado de [www.inegi.org.mx/sistemas/bie/](http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/)
- Nakicenovic, N. (2000). Greenhouse gas emissions scenarios. *Technological Forecasting & Social Change*, 2(65), 149-166. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(00\)00094-9](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(00)00094-9)
- Organización de Naciones Unidas (ONU) (2018). Cambio climático. Recuperado de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) (2017). *Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Recuperado de [https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-IntegrationBrochure\\_es.pdf](https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-IntegrationBrochure_es.pdf)

Ruiz J. (2001). Sistemas urbanos complejos acción y comunicación. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, 32(1), 1-78. Recuperado de <http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/view/246/242>

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) (2018). *Registro Nacional de Emisiones*. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene>

Secretaría de Desarrollo Rural y Medio Ambiente (Sedema) (2017). *Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (Sinaica)*. Recuperado de <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2017.pdf>

Secretaría de Energía (Sener) (2018). *Balance Nacional de Energía 2017*. México. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance\\_Nacional\\_de\\_Energ\\_a\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance_Nacional_de_Energ_a_2017.pdf)





## Implementación del método de escasez en la determinación de la huella hídrica en la zona costera de San Blas, México

### Implementation of the shortage method to determine the water footprint in the coastal area of San Blas, México

Sara Edith Bueno Pérez<sup>1</sup> , Susana Marceleno Flores<sup>2</sup> , Oyolsi Nájera González<sup>3</sup>   
y Rebeca de Haro Mota<sup>4</sup> 

**Fecha de recepción:** 17 de mayo de 2019

**Fecha de aceptación:** 23 de agosto de 2019

**Como citar:** Bueno, S.E., Marceleno, S., Nájera O. y De Haro, R. (2019). Implementación del método de escasez en la determinación de la huella hídrica en la zona costera de San Blas, México. *Tecnura*, 23(62), 45-54. <https://doi.org/10.14483/22487638.15796>

#### Resumen

**Contexto:** El agua es esencial para la vida y la conservación de su calidad es vital. La cantidad de agua dulce existente en la Tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante. Esta problemática hace necesario generar herramientas que permitan medir los impactos potenciales que causan las actividades humanas sobre el recurso hídrico. Por ello, esta investigación determina la huella hídrica en la zona costera de San Blas, México.

**Método:** Este trabajo estima la huella de agua en la zona costera del municipio de San Blas, Nayarit (México), a partir del método de escasez de agua, que tiene lugar cuando la demanda supera el suministro de agua dulce en un área determinada. Este método considera el índice de estrés hídrico en su cálculo.

**Resultados:** La huella de agua para cuantificar el volumen total del líquido utilizado por los habitantes resulta inferior al promedio nacional. De esta manera,

la zona de estudio no presenta estrés hídrico, ya que la extracción de agua no ha superado su disponibilidad.

**Conclusiones:** La huella hídrica por el método de escasez puede considerarse como un indicador de la proporción de extracciones anuales y disponibilidad de agua; permite realizar comparaciones de la presión a la que está sometido el recurso hídrico entre zonas, regiones y países. Además, puede contribuir a la planificación de la distribución y gestión del agua en uso agrícola y urbano, en regiones como este estudio, donde el área de uso agrícola supera el 35 %. La estimación de la huella hídrica presentada en este trabajo considera la relación entre la extracción de agua dulce para uso humano y su disponibilidad total de agua en una región dada (WSI), el volumen distribuido y el porcentaje de cobertura de agua potable del área en estudio.

**Palabras clave:** escasez, estrés, huella hídrica, método, sustentabilidad.

1 Estudiante de la Licenciatura en Biología, Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, México. Contacto: [edith\\_711@uan.edu.mx](mailto:edith_711@uan.edu.mx)

2 Profesor investigador, Cuerpo Académico Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, México. Contacto: [smlmarcel@uan.edu.mx](mailto:smlmarcel@uan.edu.mx)

3 Profesor investigador, Cuerpo Académico Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, México. Contacto: [oyolsi@uan.edu.mx](mailto:oyolsi@uan.edu.mx)

4 Profesor investigador, Cuerpo Académico Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, México. Contacto: [deharo@uan.edu.mx](mailto:deharo@uan.edu.mx)

## Abstract

**Context:** Water is essential for life and conservation of water quality is vital. The amount of fresh water on earth is limited and its quality is subject to constant pressure. This problem makes it necessary to present tools that allow quantifying the possible impacts generated by human activities in this resource. Therefore, this research determines the water footprint in the coastal area of San Blas, Mexico.

**Method:** This work estimates the water footprint in the coastal area of the municipality of San Blas, Nayarit, Mexico, according to the method of water scarcity that occurs when demand exceeds the supply of fresh water in a given area. This method considers the water stress index in its calculation.

**Results:** The result shows that the water footprint to quantify the total volume of water used by the inhabitants is less than the national average. In this way, the study area does not present water stress,

since the extraction of water has not exceeded its availability.

**Conclusions:** The water footprint by the scarcity method can be considered as an indicator of the proportion of annual withdrawals and water availability; It allows comparisons of the pressure to which the water resource is subjected between zones, regions and countries. In addition, it can contribute to the planning of the distribution and management of water in agricultural and urban use, in regions such as this study, where the area of agricultural use exceeds 35%. The estimation of the water footprint presented in this work considers the relationship between the extraction of fresh water for human use and its total water availability in a given region (WSI), the volume distributed and the percentage of drinking water coverage of the area in study.

**Keywords:** shortage, stress, water footprint, method, sustainability

## INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) advierte que el agua es uno de los mayores desafíos del siglo XXI, ya que es esencial para la producción agrícola, y además constituye el elemento vital de los ecosistemas. De continuar con los hábitos actuales, se estima que la demanda mundial de agua podría aumentar un 50 % para 2030 (FAO, 2018). Por su parte el *Reporte de Riesgos Globales* (World Economic Forum, 2016) advierte que la crisis del agua se encuentra dentro de los diez riesgos más relevantes para la humanidad con respecto al impacto que podría generar y la probabilidad de ocurrencia, y constituye el mayor riesgo vislumbrado en la próxima década.

“Los eventos climáticos extremos ocasionan grandes retos para la sostenibilidad social, económica y medioambiental” (González, Carvajal y Loiza, 2016, p. 101). En este sentido, los efectos de la crisis del agua se relacionan con los tres ejes del

desarrollo sustentable. En el sector económico, la crisis del agua representa un riesgo para las empresas que requieren grandes cantidades de agua dentro de sus procesos industriales y comerciales. En cuestiones sociales, genera disrupción social, problemas de salud, migraciones forzadas e, incluso, conflictos entre comunidades, debido en parte a la ausencia de una concepción sistémica en la planificación de la ciudad y el territorio (De Quevedo, Asprilla y González, 2017, p. 138). Además, en el sector ambiental se han producido diversos efectos como la pérdida de biodiversidad con repercusiones en los ecosistemas. Y es aquí, donde “México por su lado, padece una serie de problemas ambientales que comprometen la sostenibilidad de su desarrollo” (González, Retamoza, Álbores y Guerrero, 2016, p. 92).

En función de lo anterior, el agua como elemento esencial para la vida y la conservación de su calidad es vital. Asimismo, la cantidad de agua dulce existente en el planeta es restringida, y su calidad permanece con una presión constante.

Esta problemática hace necesario presentar herramientas que permitan medir los impactos potenciales que causan las actividades humanas sobre este recurso. La crisis hídrica que actualmente afronta el planeta encuentra solución en el ámbito académico a través del desarrollo de indicadores que facilitan evaluar el uso y la disposición del agua. Asimismo, muchos países han desarrollado legislación ambiental para limitar los vertidos que han deteriorado paulatinamente el recurso hídrico (Suarez, García y Vaca, 2012, p. 186).

En el tema del agua existen diferentes indicadores e índices: *resources to population index* (Falkenmark, 1989), *indicator of relative water scarcity* (Seckler, Molden y Barker, 1999), *water scarcity index* (Gleick, 1996), *social water stress index* (Ohlsson, 2000), *water poverty index* (Sullivan, 2002). Sin embargo, existe una propuesta como herramienta de evaluación de la sostenibilidad de los recursos hídricos, que se emplea para cuantificar el volumen total de agua utilizada en todas las actividades de los habitantes de una determinada región, esta es la *huella de agua* o *huella hídrica*.

El término *huella* nació en la década de 1990 bajo el concepto de *huella ecológica*, que es previo a la *huella de agua*, y fue introducido por William Rees y Mathis Wackernagel (Rees, 1992, 1996). La huella ecológica de una población describe el área de tierra productiva y ecosistemas acuáticos necesarios para producir los recursos empleados por esta; además, considera el área necesaria para eliminar sus residuos, pero no el lugar geográfico en que dichas áreas se encuentren, solo toma un determinado nivel de vida. De esta forma, la huella ecológica se refiere a la cantidad de superficie de terreno necesaria para que una población o comunidad pueda desarrollarse de forma sostenible.

A su vez, J.A. Allan (1998) usa por primera vez el concepto *agua virtual* al buscar solución a los problemas de escasez de este recurso en Medio Oriente. En su trabajo observa que los productos elaborados requerían de una gran cantidad de agua en su proceso de elaboración, además de la que se encuentra en ellos como producto final.

El concepto *agua virtual* lo retomaron Arjen Y. Hoekstra y Ashok Chapagain (2002) aplicado a un concepto nuevo: la huella de agua (Hoekstra, 2003; Hoekstra y Chapagain, 2004). La metodología propuesta por Hoekstra, publicada por la iniciativa Water Footprint Network (WFN), se creó para lograr un indicador que relacionara el agua con el uso y consumo de las personas. La huella de agua puede ser externa, si se considera la cantidad del líquido necesario para desarrollar los productos consumidos en un país, cuando estos han sido elaborados en el exterior; o puede ser interna, si se tiene en cuenta solo el líquido extraído de los recursos nacionales del país que se observa. También, muestra los efectos sobre la disponibilidad y la escasez de agua.

En la actualidad, existen diversas metodologías para reportar la huella de agua: a) por volumen, b) por impactos y c) por escasez. En América Latina, para evaluar la huella de agua, se ha usado principalmente la metodología de escasez en agua dulce, elaborada por Pfister, Koehler y Hellweg (2009), ajustando el factor del *water stress index* (WSI) para cada zona hidrográfica (Martínez et al., 2016). En la tabla 1 se presentan algunos métodos por escasez y sus características.

El método de escasez (Pfister, Koehler y Hellweg, 2009) calcula qué tan estresado está el recurso en determinada zona, tomando en cuenta la cantidad de agua superficial y subterránea que se utiliza para satisfacer las necesidades de la población. La escasez de agua puede describirse en términos generales como una escasez en la disponibilidad de agua dulce renovable en relación con la demanda (Taylor, 2009). Se presenta cuando la demanda supera el abastecimiento de agua dulce en un área determinada (FAO, 2018). La cuantificación formal de la escasez de agua comenzó a principios de la década de 1980 con el desarrollo del índice de estrés hídrico (WSI) que vincula explícitamente la seguridad alimentaria con la disponibilidad de agua dulce (Falkenmark 1986, 1989). Este índice se ha convertido, desde entonces, en la medida de escasez de agua más ampliamente aplicada (Damkjaer y Taylor, 2017).



**Tabla 1.** Métodos para el cálculo de la escasez hídrica

Método	Descripción
Consumo equivalente-Índice de estrés hídrico (WSI), Pfister <i>et al.</i> (2009).	El WSI muestra la relación entre la extracción de agua dulce para usos humanos y la disponibilidad total de agua en cierta región. El indicador puede tener un valor igual al del consumo de agua. WSI se ubica entre 0,01 (el cual representa efecto marginal) y 1, para lograr este rango utiliza una ecuación logarítmica.
Consumo equivalente-AWARE, Boulay <i>et al.</i> (2015).	AWARE es un factor de caracterización basado en la relación del consumo de agua dulce para usos humanos y el caudal ambiental con la disponibilidad de agua en área específica. Este indicador podría alcanzar 100 veces el agua consumida. AWARE tiene un rango entre 0,1 y 100. Si el factor de caracterización de una región es 10, indica que esa región tiene 10 veces menos agua remanente disponible que el promedio mundial.
Escasez de huella azul, Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen (2011).	Representa la proporción de agua consumida respecto a la disponibilidad de agua azul. En este caso la disponibilidad es el agua total disponible en la cuenca menos el caudal ambiental. Para algunas cuencas, este indicador de escasez de huella azul alcanza 675 veces el agua consumida (según datos reportados por la WFN).
Método suizo de escasez ecológica, Frischknecht <i>et al.</i> (2006).	Este método muestra la distancia que falta por recorrer para alcanzar los objetivos políticos, asociando
Consumo de agua que afecta ecosistemas de río, Hanafiah <i>et al.</i> (2011).	Este indicador se basa en un modelo global que considera volúmenes de los ríos, tiempo promedio de residencia, descarga promedio y especies de peces en varias cuencas del mundo.
Consumo de agua subterránea que afecta plantas, Van Zelm <i>et al.</i> 2010	Es un método para calcular los factores relacionados con los efectos de la extracción de agua subterránea en la riqueza de especies de plantas terrestres.
Enfermedades infecciosas por escasez de agua doméstica, Motoshita, Itsubo e Inaba (2010).	En este método se modela la evaluación de daños a la salud por enfermedades infecciosas causadas por la escasez de agua doméstica. Usa indicadores socioeconómicos y de desarrollo.

**Fuente:** adaptada de Martínez *et al.* (2016).

El método de escasez requiere del cálculo del índice de estrés hídrico (WSI), del grado de presión hídrica (WTA) y de este último en base a la precipitación anual (WTA\*). Cuando la huella de agua está orientada al estrés hídrico, se integra el volumen total del líquido utilizado y los impactos ambientales provocados en la elaboración de un producto. El estrés hídrico se define comúnmente por la relación entre las extracciones anuales totales de agua dulce y la disponibilidad hidrológica.

El grado de estrés es un indicador expresado en porcentaje, de la presión a la que se encuentra sometido el recurso hídrico en un país, cuenca o región. Para Vorosmarty, Green, Salisbury y Lammers (2000), y Alcamo, Henrichs y Rosch (2000), el estrés hídrico moderado y severo ocurre por encima de un umbral de 20 % y 40 %, respectivamente. Otra fuente registra como presión fuerte, si el porcentaje es mayor a 40 % (Conagua, 2017).

En este con contexto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la huella de agua de la zona costera de San Blas, Nayarit (México), mediante el método de escasez de agua. La zona de estudio se ubica en San Blas, municipio y puerto del estado mexicano de Nayarit. La zona costera de San Blas está inmersa en la costa del Pacífico mexicano, se localiza en la región norte del estado de Nayarit; el tipo de clima que presenta es cálido-subhúmedo con precipitación promedio anual de 1.316,3 mm, la temperatura promedio anual es de 25,6 °C. El área en estudio se caracteriza por tierras de cultivo (37,5 %), áreas de manglar (19,67 %) y vegetación secundaria (13,55 %). En menor proporción, se presentan áreas de pastizal, selvas y bosques. Los asentamientos humanos y la infraestructura acuícola representan 2,45 % y 4,38 %, respectivamente, como se muestra en la figura 1.

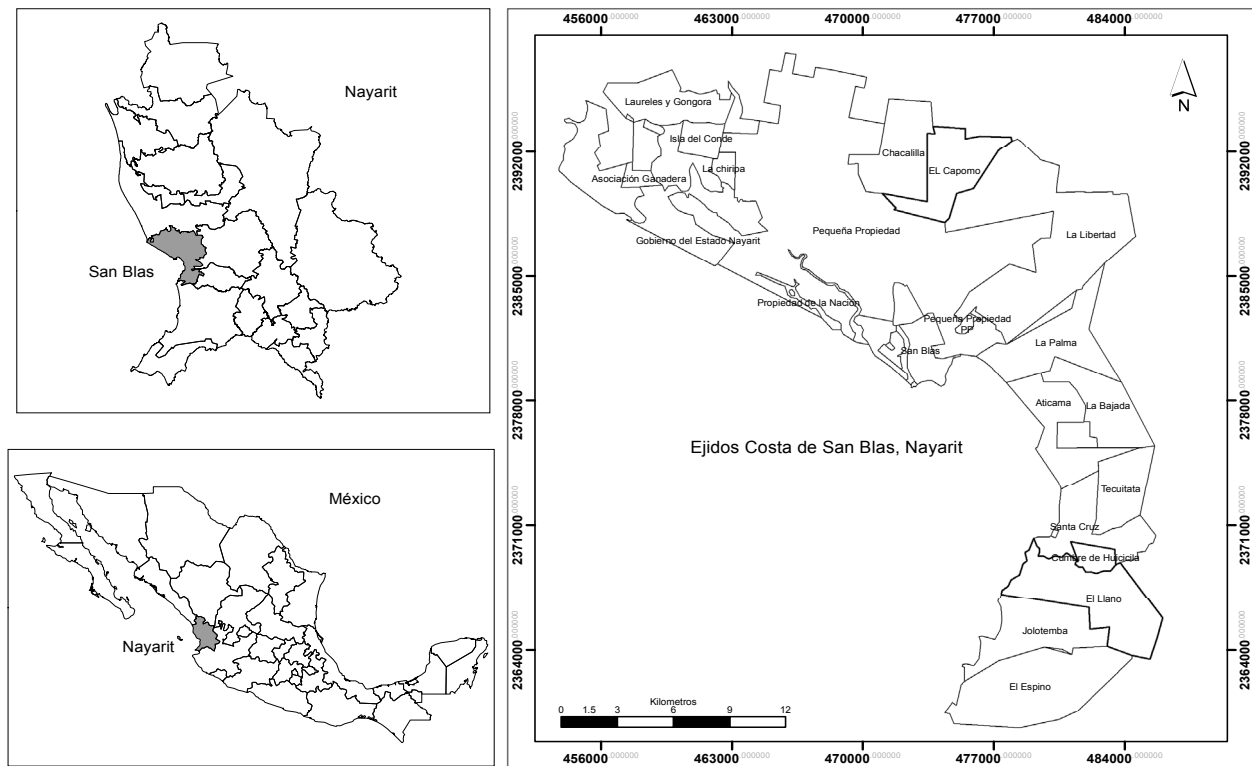


Figura 1. Área de estudio de San Blas, México

Fuente: elaboración propia.

En la zona costera de San Blas habitan 14.195 personas distribuidas en 22 localidades. En materia social se advierten algunos rezagos. De acuerdo con el Consejo Nacional de Población (Conapo), en 2010, el grado de marginación de las localidades oscilaba entre alto, medio y bajo.

La estimación del índice de marginación se hace a partir de la información de los Censos y Conteos de Población y Vivienda elaborados por el INEGI. Este indicador mide las disparidades territoriales y las desigualdades sociales que existen a nivel estatal y municipal en el país, creado con el interés particular de ser una medida que dé cuenta de las carencias que padece la población, como: porcentaje de la población que carece de educación, servicios en la vivienda, percepción bajos ingresos y la residencia en las pequeñas localidades. Por otra parte, en la zona de estudio, en 2010, el rezago social se encontraba entre bajo y muy bajo.

El índice de rezago social es una medida ponderada que resume cuatro indicadores de carencias sociales (educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda) en un solo índice que tiene como finalidad ordenar a las unidades de observación según sus carencias sociales.

En el ámbito económico, en la zona costera de San Blas se observa una dependencia económica de 135; es decir que cada 135 personas inactivas (sin empleo formal) son sostenidas por cada 100 personas activas (con empleo formal). La tasa bruta de actividad económica es de 42, es decir que el 42 % de la población total está ocupada en alguna actividad productiva. La tasa bruta de actividad económica es mayor en hombres que en mujeres (59 % y 25 %, respectivamente). Asimismo, en el aspecto económico, según el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), en la zona costera de San Blas hay 1887

unidades económicas; mayormente son actividades terciarias de diversos giros, principalmente los de distribución de bienes y servicios relacionados con la recreación. De las actividades secundarias, la que se registra es la de transformación de bienes, principalmente en la industria manufacturera. Por otra parte, la explotación de recursos naturales es la característica que representa a la actividad primaria, por lo que dichos análisis se realizaron mediante un *software* comercial que facilita el diseño de las intersecciones, el acceso de vehículos y radios de giro.

## METODOLOGÍA

La metodología aplicada para el cálculo de la huella de agua fue la propuesta por Pfister, Koehler y Hellweg (2009), la cual indica qué tan estresado está el recurso agua en determinada zona. La ecuación (1) describe la fórmula general de la huella de agua aplicando dicha metodología:

$$HA = (WSI) (\text{volumen distribuido}) * (\% \text{ de cobertura de agua potable}) \quad (1)$$

Para obtener el valor del índice de estrés hídrico (WSI), fue necesario estimar el grado de presión hídrica (WTA) de la zona y el grado de presión hídrica en base a la precipitación anual (WTA\*), y obtener algunos datos como la cantidad de extracción de aguas tanto superficiales como subterráneas, además de la disponibilidad de agua y la población total de área de estudio.

El cálculo del grado presión hídrica (WTA) está representado por la ecuación (2):

$$WTA_i = \frac{\sum_j WU_{ij}}{WA_i} \quad (2)$$

Donde:

$i$  = cuenca.

$j$  = los diferentes usuarios (agricultura, industria y habitantes).

$WA_i$  = disponibilidad del agua.

$WU_{ij}$  = extracciones realizadas por los usuarios.

La ecuación (2) expresa la cuantificación del grado de estrés hídrico (WTA) de una cuenca  $i$  donde diferentes usuarios  $j$  (industria, agricultura y habitantes) extraen agua, se realiza a partir de la disponibilidad anual de agua ( $WA_i$ ) y de las extracciones realizadas por los diferentes usuarios ( $WU_{ij}$ ), respectivamente para cada cuenca  $i$ .

Para calcular algunas de las variables, se requirió el número de habitantes de la zona costera de San Blas, que de acuerdo con el censo realizado por el INEGI en 2010, el número de habitantes fue de 14.195 personas. En este sentido, para estimar el volumen de extracción de agua, tanto de mantos acuíferos superficiales como subterráneos para la zona de estudio, se consideró el volumen de extracción de agua superficial y subterránea anual del estado. Se hizo una corrección mediante una distribución per cápita y considerando la población de la zona costera de San Blas.

Por otro lado, para obtener el valor de disponibilidad de agua, se consultó en el *Diario Oficial de la Federación*, el Acuerdo (Publicado el 12 de julio de 2013) por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales. Según este documento, se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Ixtapa, Pitillal, Cuale, San Blas, Huicicila y Tecomala, las cuales forman parte de la Región Hidrológica número 13 Río Huicicila. Asimismo, se consultó el Acuerdo (publicado el 28 de agosto de 2009) por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos

Para la disponibilidad de agua subterránea, según el *Diario Oficial de la Federación* –mediante Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Valle Santiago-San Blas, clave 1803, en el Estado de Nayarit, Región Hidrológico-Administrativa Lerma-Santiago-Pacífico y publicado el 22 de abril de 2016–, se tomó la región

hidrológica administrativa 1803 valle Santiago-San Blas para la que se reportó 31.525.653 m<sup>3</sup> de agua por año. Se hizo una corrección mediante una distribución per cápita de las personas que se abastecen de la cuenca (468.402) y considerando la población de la zona costera de San Blas.

Para el cálculo del agua superficial, se consultó el Acuerdo en el que se reporta para la cuenca de San Blas una disponibilidad de 362.370.000 m<sup>3</sup> por año y se distribuyó entre el número de personas beneficiadas y se ajustó a la población de la zona costera de San Blas.

Se realizó el ajuste del WTA (según el método de Pfister) de acuerdo con la variación de la precipitación anual (ecuación (3)).

$$WTA^* = \sqrt{VF} \cdot WTA \quad (3)$$

Donde:

$WTA^*$  = grado de presión hídrica ajustado a la variación de la precipitación anual.

$VF$  = desviación estándar de la distribución pluvial (el valor estándar para México es 3,24).

$WTA$  = grado de presión hídrica.

Por otro lado, debido a que la presión hídrica no es lineal respecto a  $WTA^*$ , en la metodología de Pfister se realiza un ajuste al valor de  $WSI$  a una función logarítmica que proporciona valores continuos entre 0,01 y 1, según la ecuación (4).

$$WSI = \frac{1}{1 + e^{-6.4WTA^*} \left(\frac{1}{0.10} - 1\right)} \quad (4)$$

Una vez obtenido el índice de estrés hídrico ( $WSI$ ), se calculó la huella de agua (HA), a través de multiplicar el valor del índice de estrés hídrico, por el volumen del agua distribuido, por el porcentaje de cobertura de agua potable. El porcentaje de agua potable (93,71 %) para la zona costera de San Blas se estimó con base al censo del INEGI 2010. Para el volumen de distribución se consideró el de la Lerma-Santiago-Pacífico que es de 98,9 m<sup>3</sup>/hab/año.

## RESULTADOS

Los resultados de este trabajo indican que, en la zona costera de San Blas, el recurso hídrico no se encuentra en estrés, pues existe una buena disponibilidad. La huella de agua por el método de escasez se puede considerar como un indicador de la proporción de las extracciones anuales y la disponibilidad de agua; permite realizar comparaciones de la presión a la que se encuentra sometido el recurso hídrico entre zonas, regiones y países. Además, puede contribuir a la planeación de la distribución y manejo del agua en el uso agrícola y urbano, en regiones como la del presente estudio, donde la superficie de uso agrícola supera el 35 %. En este sentido, la huella de agua en la zona costera de San Blas, que es el volumen total de agua utilizada por los habitantes, es de 3,6904 m<sup>3</sup>/hab/año. Este valor queda por debajo de la huella de agua nacional que es de 4,161m<sup>3</sup>/hab/año (Farell, Turpin y Suppen, 2013). La Región hidrológica administrativa (RHA) con mayor Huella de agua es la II Noroeste con 226,485 m<sup>3</sup>/hab/año (Farell, Turpin y Suppen, 2013).

El grado de presión hídrica ( $WTA$ ) para la zona fue de 12,26 %, que se considera moderado (Vorosmarty et al., 2000). De aquí, se considera que esta zona no presenta estrés hídrico, ya que la extracción de agua no supera su disponibilidad. Este  $WTA$  es inferior al promedio nacional reportado por Farell, Turpin y Suppen (2013) que es de 17,4 %. La región hidrológica administrativa (RHA) de México que tiene mayor  $WTA$  es la XIII Aguas del Valle de México con 132,3 %, y la menor es la XI Frontera Sur con 1,4 % de  $WTA$ . La RHA Lerma-Santiago-Pacífico, en la que se localiza la zona de estudio, tiene un  $WTA$  de 41,5 % (Farell, Turpin y Suppen, 2013). No siempre un sitio con grado de presión fuerte ( $WTA$ ) tiene una huella alta. Por otro lado, el índice de estrés hídrico ( $WSI$ ) para la zona fue de 0,0398. Este valor resulta inferior al total del país, que es de 0,3125 (Farell, Turpin y Suppen, 2013).

## CONCLUSIONES

La estimación de la huella de agua presentada en este trabajo considera la relación entre la extracción de agua dulce para usos humanos y su disponibilidad total en cierta región (WSI), el volumen distribuido y el porcentaje de cobertura de agua potable de la zona en estudio. Se recomienda que, en este tipo de estimaciones, en caso de tener la información, se incluyan la medición de otras variables que afectan el agua como la acidificación, eutrofización, ecotoxicidad y calor, a fin de proporcionar una imagen completa de los impactos relacionados con el agua.

En trabajos futuros, para mostrar una perspectiva integral sobre la crisis de agua, sería conveniente incluir en este tipo de análisis variables económicas, sociales y ambientales que ofrezcan una conexión entre políticas, mercado y usos del agua, con el propósito de regular la extracción, uso y disposición del recurso agua, para evitar que la demanda de agua dulce exceda el abastecimiento.

## REFERENCIAS

- Alcamo, J., Henrichs, T. y Rosch, T. (2000). *World Water in 2025: Global Modeling and Scenario Analysis for the World Commission on Water for the 21<sup>st</sup> century*. Kassel, Alemania: University of Kassel. Recuperado de [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/19071/World\\_water\\_in\\_2025\\_global\\_modeling\\_scenarios.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/19071/World_water_in_2025_global_modeling_scenarios.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Allan, J. A. (1998). Virtual water: a strategic resource. *Ground water*, 36(4), 545-547. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x>
- Boulay, A., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Bulle, C., Klemmayer, I., ..., Pfister, S. (2015). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(2), 368-378. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>
- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2017). *Estadísticas del agua en México*. Edición 2017. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)
- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2017). *Estadísticas del agua en México*. Edición 2017. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, p. 77. Recuperado de [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2017.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf)
- Damkjaer, S. y Taylor, R. (2017). The measurement of water scarcity: Defining a meaningful indicator. *Ambio*, 46(5), 513-531. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0912-z>
- De Quevedo, F., Asprilla, Y. y González, M. (2017). Entropías de la movilidad urbana en el espacio metropolitano de Guadalajara: transporte privado y calidad del aire. *Tecnura*, 21(53), 138-149. <https://doi.org/10.14483/22487638.10725>
- Falkenmark, M. (1986). Fresh water: Time for a modified approach. *Ambio*, 4(15), 192-200. Recuperado de [https://www.jstor.org/stable/4313251?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/4313251?seq=1#page_scan_tab_contents)
- Falkenmark, M. (1989). The massive water scarcity threatening Africa-why isn't it being addressed. *Ambio*, 2(18), 112-118. Recuperado de [https://www.jstor.org/stable/pdf/4313541.pdf?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/pdf/4313541.pdf?seq=1#page_scan_tab_contents)
- Farell, C., Turpin, C. y Suppen, N. (2013). Huella de agua de uso público-urbano en México. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 1(4), 58-71. Recuperado de [https://www.inegi.org.mx/rde/RDE\\_08/Doctos/RDE\\_08\\_Art4.pdf](https://www.inegi.org.mx/rde/RDE_08/Doctos/RDE_08_Art4.pdf)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2018). *The Global Framework on Water Scarcity in Agriculture*. Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/land-water/overview/wasag/en/>
- Frischknecht, R., Steiner, R., Braunschweig, A., Egli, N. y Hildesheimer, G. (2006). *Swiss ecological scarcity method: the new version 2006*. Berna, Suiza. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/237790160\\_Swiss\\_Ecological\\_Scarcity\\_Method\\_The\\_New\\_Version\\_2006](https://www.researchgate.net/publication/237790160_Swiss_Ecological_Scarcity_Method_The_New_Version_2006)
- Gleick, P.H. (1996). *Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs*.

- Water International (IWRA)*, 21(2), 83-92. <https://doi.org/10.1080/02508069608686494>
- González, N., Carvajal, Y. y Loaiza, W. (2016). Análisis de sequías meteorológicas para la cuenca del río Dagua, Valle del Cauca, Colombia. *Tecnura*, 20(48), 101-113. DOI: [10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.2.a07](https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.2.a07)
- González, G., Retamoza, G., Álborez, H. y Guerrero, A. (2016). Gestión integral de cuencas hidrográficas: una alternativa a la sustentabilidad de los recursos hídricos en México. *Lacandonia*, 1(10), 91-98. Recuperado de <https://cuid.unicach.mx/revistas/index.php/lacandonia/article/download/398/364/>
- Hanafiah, M., Xenopoulos, A., Pfister, S., Leuven, R. y Huijbregts, M. (2011). Characterization factors for water consumption and greenhouse gas emissions based on freshwater fish species extinction. *Environment Science Technology*, 45(12), 5272-5278. <https://doi.org/10.1021/es1039634>
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, K., Aldaya, M. y Mekonnen, M. (2011). *The water footprint assessment manual: setting the global standard*. Londres/Washington: Earhscan Ltd. Recuperado de [https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual\\_2.pdf](https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf)
- Hoekstra, A.Y. (ed.) (2003). *Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. Delft, Países Bajos: Unesco-IHE. Recuperado de <https://waterfootprint.org/media/downloads/Report12.pdf>
- Hoekstra, A.Y. y Chapagain, A.K. (2004). *Water footprints of nations. Vol. 1 Main report*. Delft, Países Bajos: Unesco-IHE. Recuperado de <https://waterfootprint.org/media/downloads/Report16Vol1.pdf>
- Instituto Nacional de Geografía (INEGI) (2010). Principales resultados por localidad (ITER). Recuperado de: [https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/default.html#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/default.html#Datos_abiertos)
- Martínez, A., Chargoy, J., Puerto, M., Suppen, N., Rojas, D., ..., Villarraga J. (2016). *Huella de agua (ISO 14046) en América Latina. Análisis y recomendaciones para una coherencia regional*. Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable CADIS, Embajada de Suiza en Colombia, Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo CO-SUDE. Recuperado de <https://www.shareweb.ch/site/Suiz-Agua-Colombia/Documents/Huella%20Agua%20ISO%2014046%20America%20Latina.pdf>
- Motoshita, M., Itsubo, N. e Inaba, A. (2010). Development of impact factors on damage to health by infectious diseases caused by domestic water scarcity. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16(1), 65-73. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0236-8>
- Ohlsson, L. (2000). Water Conflicts and Social Resource Scarcity. *Phys. Chem. Earth*, 3(25), 213-220. [https://doi.org/10.1016/S1464-1909\(00\)00006-X](https://doi.org/10.1016/S1464-1909(00)00006-X)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2018). *Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Informe sobre temas hídricos 38*. Roma, Italia. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>
- Pfister, S., Koehler, A. y Hellweg, S. (2009). Assessing the environmental impact of freshwater consumption in LCA. *Environ. Sci. Technol.*, 43(11), 4098-4104. <https://doi.org/10.1021/es802423e>
- Rees, W.E. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 4(2), 121-130. <https://doi.org/10.1177/095624789200400212>
- Rees, W.E. (1996). Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability. *Population and Environment*, 17(3), 195-215. <https://doi.org/10.1007/BF02208489>
- Ress, W.E. y Wackernagel, M. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: Measuring the natural capital requirements of the human economy. *Environment and Urbanization*, 4(2), 121-130. <https://doi.org/10.1177/095624789200400212>
- Ress, W.E. y Wackernagel, M. (1996). Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable and why they are a key to sustainability. *Environmental Impact Assess*, (16), 223-248. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(96\)00022-4](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(96)00022-4)
- Seckler, D., Molden, D. y Barker, R. (1999). Water scarcity in the twenty-first century. *International Journal*

- of Water Resources Development* 15(1-2):29-42. <https://doi.org/10.1080/07900629948916>
- Suarez, F., García, A. y Vaca, L. (2012). Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón. *Tecnura*, 0(16), 185-194. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/257025147015>.pdf
- Sullivan, C. (2002). Calculating a Water Poverty Index. *World Development*, 30(7), 1195-1210. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(02\)00035-9](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00035-9)
- Taylor, R. (2009). Rethinking water scarcity: The role of storage. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 28(90), 237-238. <https://doi.org/10.1029/2009EO280001>
- Van Zelm, R., Schipper, A., Rombouts, M., Snepvangers, J. y Huijbregts, M. (2010). Implementing groundwater Extraction in Life Cycle Impact Assessment: Characterization Factors Based on Plant Species Richness for the Netherlands. *Environmental Science & Technology*, 45(2), 629-635. <https://doi.org/10.1021/es102383v>
- Vorosmarty, J., Green, P., Salisbury, J. y Lammers, R., B. (2000). Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth. *Science*, 289(5477), 284-288. <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.284>
- World Economic Forum (2016). *The Global Risks Report 2016. Edition 11th*. Ginebra, Suiza: The Global Competitiveness and Risk Team. Recuperado de [http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF\\_GRR16.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF_GRR16.pdf)





## Adaptación metodológica en el diseño y desarrollo urbano de bajo impacto para el manejo de aguas pluviales en Colima, México

### Methodological adaptation in the design and urban development of low impact for stormwater management in Colima, México

Karen Gricela Isabeles Deniz<sup>1</sup>, Ángel Manuel Olavarría Sánchez<sup>2</sup>,  
Ana Luz Quintanilla Montoya<sup>3</sup> y Jesús Ríos Aguilar<sup>4</sup>

**Fecha de recepción:** 22 de mayo de 2019

**Fecha de aceptación:** 23 de agosto de 2019

**Como citar:** Isabeles K.G., Olavarría A.M., Quintanilla-Montoya, A.L. y Ríos, J. (2019). Adecuación metodológica para el manejo de aguas pluviales en la Ciudad de Colima, México. *Tecnura*, 23(62), 55-72. <https://doi.org/10.14483/22487638.15452>

#### Resumen

**Contexto:** Hoy en día, las ciudades requieren la implementación de nuevas experiencias de transformación urbana, debido a que la urbanización es responsable del 70 % de emisiones globales de CO<sub>2</sub>. El reto que confronta en materia urbana es hacer frente al CCG a nivel ciudad, mediante infraestructura multifuncional.

**Método:** El presente estudio se llevó a cabo bajo la perspectiva del diseño y desarrollo urbano de bajo impacto (LIUDD, por su sigla en inglés) contextualizando el marco francés de planeación urbana, en el cual, el manejo de agua es prioritario. La ciudad de Colima presenta un crecimiento horizontal desordenado y, en consecuencia, la extensión de áreas impermeables ha provocado escorrentías, inundaciones y congestión vial.

**Resultados:** La zona norte-poniente presenta un área de oportunidad para tratar dichas problemáticas, como se analizó en esta investigación. La zona

de estudio presenta un alto nivel de ocupación del suelo (COS=0,76-1,00) obteniendo un coeficiente de escorrentía CE=0,96. Además, presenta una baja densidad poblacional (51-100 hab/ha), con un 92 % de motorización. La vialidad ocupa el 91 % de la superficie de espacio público, por lo que representa un área de oportunidad para la infraestructura multifuncional. Se propone que mediante *técnicas de drenaje urbano sostenible* implementadas en vialidades principales, se reduzca el CE a 0,90, y el volumen de inundaciones en un 203 %, priorizando los modos activos de transporte.

**Conclusiones:** Desarrollar e implementar una gestión integral del agua, sustentada en un cuadro reglamentario que priorice el LIUDD, puede paliar el estrés hídrico en esta y otras ciudades con problemáticas comunes, mediante la creación de una coordinación integrada por representantes de diversos sectores. Lo anterior, con el objetivo de poder gestionar el espacio público, y de impulsar proyectos

1 Ingeniera Civil, estudiante de maestría. Especialidad en Transnational Water Management, Universidad de Radboud. Nijmegen, Países Bajos. Contacto: [karendeniz@ucol.mx](mailto:karendeniz@ucol.mx)

2 Ingeniero Civil. Auxiliar de Seguridad Vial en la Secretaría de Movilidad del Estado de Colima. Colima, México. Contacto: [aolavarría@ucol.mx](mailto:aolavarría@ucol.mx)

3 Oceanógrafa. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Colima. Colima, México. Contacto: [analuzqm@ucol.mx](mailto:analuzqm@ucol.mx)

4 Ingeniero Civil, maestro en Ciencias, especialista en Ingeniería de Tránsito. Director general del Instituto de Planeación para el municipio de Colima. Colima, México. Contacto: [jesus.rios@ipco.gob.mx](mailto:jesus.rios@ipco.gob.mx)



multifuncionales para manejo de aguas pluviales, movilidad y desarrollo urbano que puedan ser útiles en la aplicación de nuevas maneras de planificar nuestras ciudades y mitigar los riesgos climáticos.

**Palabras clave:** aguas pluviales, infraestructura multifuncional, LIUDD, SUDS.

### Abstract

**Context:** Cities around the world share similar experiences of urban transformation, due to the urbanization development model that is responsible for around 70% of the global CO<sub>2</sub> emissions. The challenge in urban matters is to work more at a city level, in order to mitigate the GCC and the effects that this produces.

**Method:** This study case, of a very small city in Mexico, represents the perspective of Low Impact Urban Design and Development (LIUDD), contextualizing the French urban planning framework, where the water resources management is a priority as an adaptation strategy. Colima city presents a disorderly horizontal growth; therefore, the extension of impervious areas has caused run-off and road congestion, affecting the population and urban infrastructure.

**Results:** The North-West zone represents an area of opportunity to deal with these problems. Our results

show that the study area presents an important level of soil occupancy (COS = 0.76-1.00) obtaining a runoff coefficient, CE = 0.96. In addition, it has a low population density (51-100 inhabitants / ha), with 92% of motorization. In this way, the road infrastructure occupies 91% of the surface of public space, so it presents an area of opportunity for multifunctional infrastructure. The proposal, through Sustainable Urban Drainage Techniques implemented in main roads, reduces the CE to 0.90, and the volume of floods by 203%, prioritizing the active modes of transport. It is recommended a comprehensive management of water supported by a regulatory framework, which prioritizes the LIUDD.

**Conclusions:** It is also recommended to create a coordinated agency composed by different representatives of the sectors involved, with the aim of generating multifunctional projects for the management of stormwater and mobility in public space. Also, this independent agency can be useful in managing new ways of planning the urban development, in order to mitigate and adapt the city to the climate risks that are happening.

**Keywords:** stormwater, multifunctional infrastructure, LIUDD, SUDS.

## INTRODUCCIÓN

Los impactos a la naturaleza provocados por los seres humanos mantienen hoy en día el mayor reto para la supervivencia de la especie y la del resto de los seres vivos que comparten el planeta, ante el *cambio climático global antropogénico* (CCGA). En este fenómeno, el desarrollo urbano cumple un papel sumamente importante. El modelo actual más común de desarrollo urbano, sobre todo en países en desarrollo, ha creado problemas de sustentabilidad en las zonas urbanas, relacionados con la segregación y las crecientes tensiones sociales, la congestión, la contaminación del aire, los residuos y el consumo de grandes y, a menudo, ineficientes cantidades de energía, agua, alimentos

y bienes materiales. Lo anterior explica por qué las ciudades son los motores principales del CCGA y la degradación del medio ambiente mundial. En este sentido, “la ausencia sistémica en la planificación de la ciudad y el territorio ha originado condiciones hostiles manifiestas en el espacio físico” (De Quevedo, Asprilla y González, 2017, p. 138).

En el presente, “aproximadamente el 70 % del total global de las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con energía están asociadas con lo que ocurre en áreas urbanas y ciudades” (Lena y Kes, 2015). Asimismo, se proyecta que la cobertura de servicios, como energía, transporte y producción de alimentos, llevarán a un aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> en un 140 % para el periodo 2000-2025; con un incremento mayor por parte de

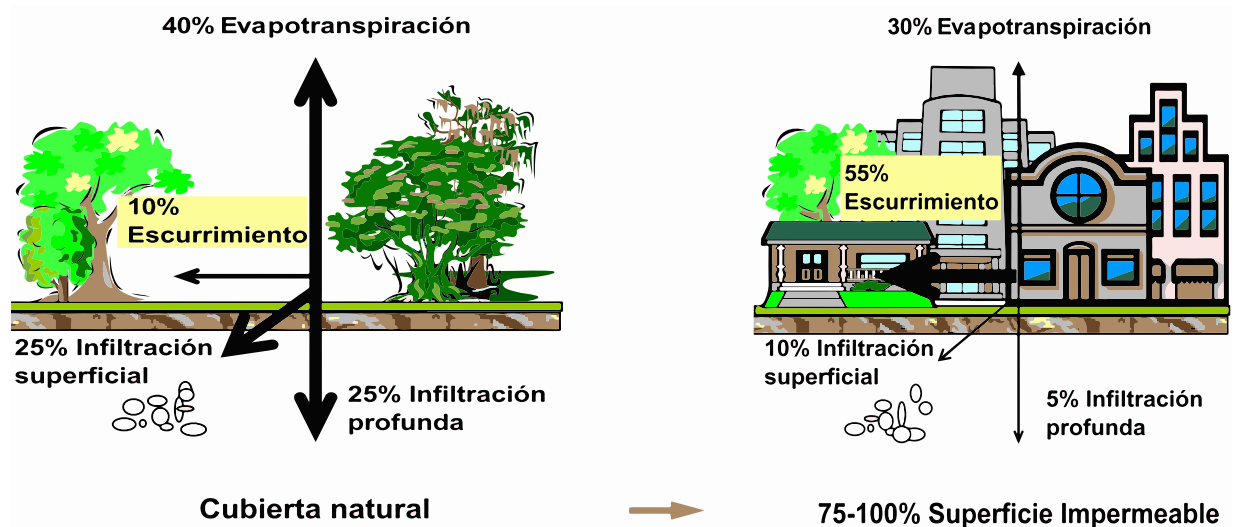
los países en desarrollo (GIZ, 2007). En estos, las ciudades cuya población es inferior a un millón de habitantes son las más vulnerables, pues institucionalmente son débiles e incapaces de implementar acciones efectivas de mitigación y adaptación (Revi et al., 2014).

Con base en la proyección del Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat, 2009) se espera que para el año 2050, más del 70 % de la población humana viva en áreas urbanas. La necesidad de desarrollar más infraestructura urbana para satisfacer las necesidades de una creciente población ha estado poniendo presión sobre las ciudades, de manera que las superficies naturales como la vegetación, el agua y el suelo han sido reemplazados con superficies artificiales como edificios, carreteras y asfalto.

En efecto, el ejercicio de urbanizar el medio rural ha permitido acceder a productos habitacionales (González, 2018, p. 67); sin embargo, este proceso incluye un intercambio de energía alterado que crea islas de calor urbanas (ICU) y cambios en la hidrología, como el aumento de la escorrentía superficial del agua de lluvia. Dichos cambios son el resultado de la cobertura superficial alterada

del área urbana. Por ejemplo, las superficies con menos vegetación conducen a una disminución del enfriamiento por evaporación, mientras que un aumento en el sellado de la superficie da como resultado un mayor escurrimiento superficial. El cambio climático amplificará estas características distintivas (Gill, Handley, Ennos y Pauleit, 2007). Por otra parte, México presenta actualmente una tasa de motorización ubicada en un 9,6 % anual, lo que supera la tasa demográfica de 1,26 % en el país (ITDP y I-CE, 2011).

El sistema actual ignora los altos costos que se pagan de tenencia, junto con las repercusiones en el espacio público, la contaminación y el congestionamiento vial (Efroymsen y Rahman, 2005). Además, la creación de vialidades provoca mayores escurrimientos durante las lluvias y repercute en la calidad del agua. De este modo, se han ido creando cada vez más zonas impermeables en las ciudades, y peor aún, las ciudades han perdido una gran cantidad de sus áreas verdes, lo cual ha afectado a los ecosistemas de flora y fauna local, haciendo que las ciudades sean más vulnerables al cambio climático a nivel local y contribuyan al global. En la figura 1, por ejemplo, se comparan



**Figura 1.** Porcentajes de urbanización y sus escurrimientos

**Fuente:** California Water y Land Use Partnership [CA WALUP] (2006).

los escurrimientos en un medio natural y un medio intervenido por la urbanización.

Actualmente, el manejo de aguas pluviales es uno de los elementos principales que debe ser considerado en el proceso de planeación urbana; los retos globales y locales son la reducción de las inundaciones, la preservación de los recursos hídricos y de los ecosistemas que brindan dichos servicios ambientales. Asimismo, las estrategias proponen la adaptación del espacio público para integrar las soluciones en una infraestructura multifuncional.

Un modelo de desarrollo urbano que permita una multifuncionalidad en los espacios públicos permitirá que los actores de la ciudad obtengan los beneficios de vivir en un entorno vibrante y socialmente activo, en beneficio de la seguridad en las calles y los negocios locales (Sadik-Khan y Solomonow, 2016). Facilitar que exista una infraestructura adecuada a nivel de sus calles, y que sus ciudadanos generen su propio orden público, crea una sociedad sana y conectada a su entorno. “Las calles no pueden seguir siendo barreras para los ciudadanos, sino que deben invitar a conectarse con los demás vecinos y residentes” (Cámara de Comercio de Bogotá, 2014). En suma, “diferentes ciudades de carácter metropolitano supeditadas a la automovilidad han comprometido la sustentabilidad de sus recursos y han ocasionado graves problemas de índole económica, social y ambiental” (Arizaga, González y Asprilla, 2019, p. 14-15).

Con estos fundamentos, se decidió abordar el área de estudio con una perspectiva amplia de lo que significa la infraestructura de una ciudad, así como de las posibilidades que tiene el espacio público, especialmente las calles, para hacer propuestas de intervenciones sostenibles, inclusivas y resilientes. En ese sentido, el objetivo de este estudio es la adaptación metodológica de la teoría de desarrollo urbano de bajo impacto (*low impact urban design and development* – LIUDD) enfocada al manejo de aguas pluviales y movilidad urbana en el espacio público, para la zona norte-poniente (ZNP) de la ciudad de Colima.

Esta investigación utiliza la información de diferentes ecotecnologías, para el manejo sustentable de las aguas pluviales propuestas en *The SuDS manual* elaborado por CIRIA (2007). La modelación hidráulica busca simular el comportamiento del sistema de almacenamiento temporal, a través de una modelación con el *software SWMM 5.0.002* de la EPA. Del mismo modo, el QGIS se utilizó para la consulta de datos georreferenciados dentro de la zona de estudio y se eligió trabajar con *software* de dibujo asistido por computadora para crear el diseño de la sección transversal propuesta. Al sugerir nuevas dimensiones en la vialidad, se verificó que cumpla con las exigencias de tránsito y vialidad local, por lo que dichos análisis se realizaron mediante un *software* comercial que facilita el diseño de las intersecciones, el acceso de vehículos y radios de giro.

Según el informe del Instituto Mexicano para la Competitividad, el modelo de crecimiento urbano de las ciudades mexicanas se caracteriza por ser de forma “3D”, en referencia a las características de su crecimiento “distante, disperso y desconectado” (IMCO, 2013). Particularmente, el estado de Colima es un claro ejemplo de que, aun siendo un estado pequeño –representa solo el 0,3 % del territorio nacional–, durante los últimos veinte años, ha sufrido un periodo de urbanización desordenada. Los cambios en el uso de suelo (CUS), han provocado una gran deforestación en los municipios aledaños y una devastación de la flora urbana. Un ejemplo de ello es que el promedio de deforestación nacional es 0,8 % anual y el estado de Colima tiene una tasa de 1,3 % al año (Universidad de Colima *et al.*, 2014).

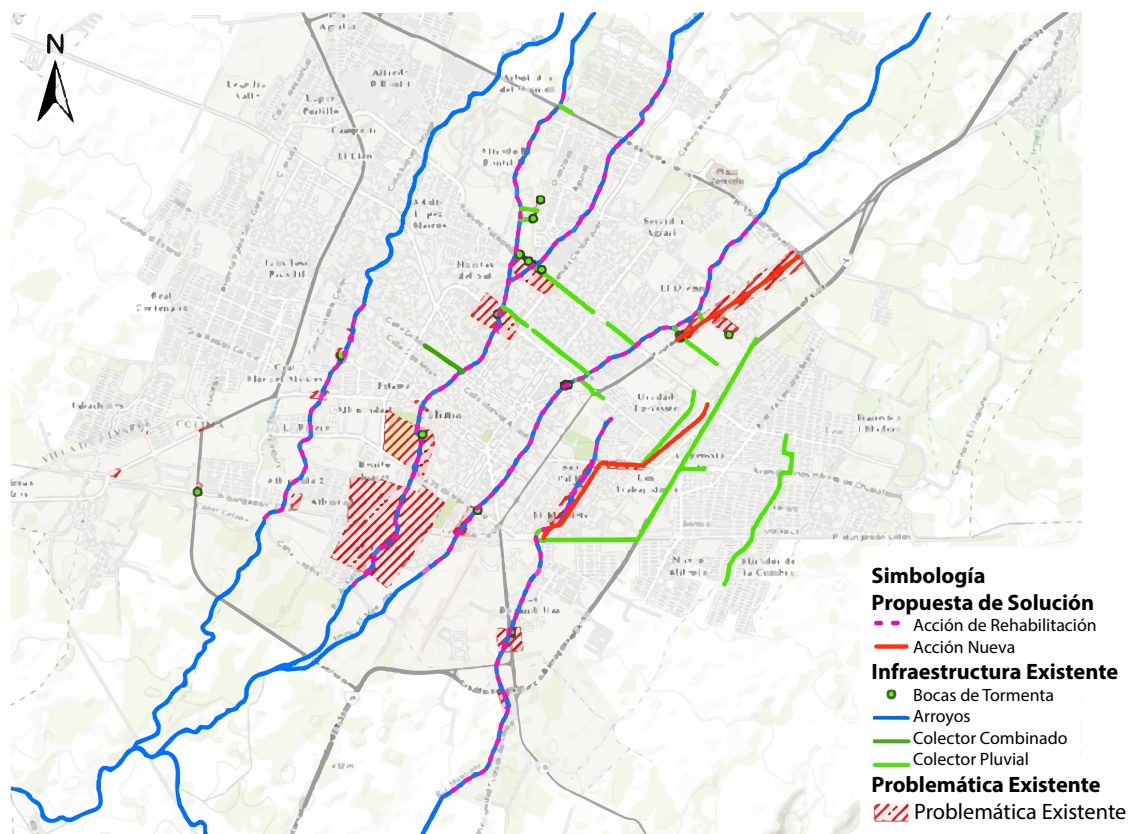
Este fenómeno de crecimiento horizontal e ineficiencia del transporte público ha creado una movilidad insostenible liderada por el vehículo privado. La ciudad no presenta condiciones favorables para el peatón debido a la carencia y condiciones de las banquetas, y no existe una red de infraestructura ciclista. En consecuencia, las necesidades de transporte han sido principalmente por el uso del automóvil, lo que ha generado un

aumento del parque vehicular estatal en los últimos años, con 419 automóviles por cada mil habitantes, ocupando así el quinto lugar en el orden nacional en automóviles por cada mil habitantes (INEGI, 2015).

La expansión urbana de la ciudad de Colima ha generado, cada vez más, superficies impermeables, deteriorando y fragmentando las áreas verdes urbanas. En consecuencia, se han agudizado los escurrimientos dentro de la ciudad, siendo más frecuentes las inundaciones en esta. Tanto los reportes periodísticos de inundaciones en Colima, como las problemáticas identificadas por la Comisión Nacional del Agua (Conagua, 2016), demuestran la ineficiencia del drenaje urbano pluvial basado en un sistema convencional; si a esto se adiciona la deforestación –que es casi el

doble que la media nacional–, el problema es aún mayor (figura 2).

Para delimitar el área de estudio, se identificaron los puntos con mayor incidencia de escurrimientos dentro de la ciudad de Colima y se eligió a la zona norte poniente de la ciudad, específicamente la Avenida Venustiano Carranza mostrada en la figura 3; esta presenta una problemática recurrente de inundaciones y congestión vial. La vialidad se caracteriza por conectar la región norte de la ciudad con el centro de esta, y con el municipio de Villa de Álvarez; la zona tiene usos de suelo comercial y habitacional, así como cuatro instituciones educativas, por lo que presenta un flujo vehicular continuo durante todo el día y una congestión vial durante las horas pico (6:00 a.m., 2:00 p.m., 7:00 p.m.).



**Figura 2.** Infraestructura y problemática de drenaje pluvial en el municipio de Colima

**Fuente:** Conagua (2016).



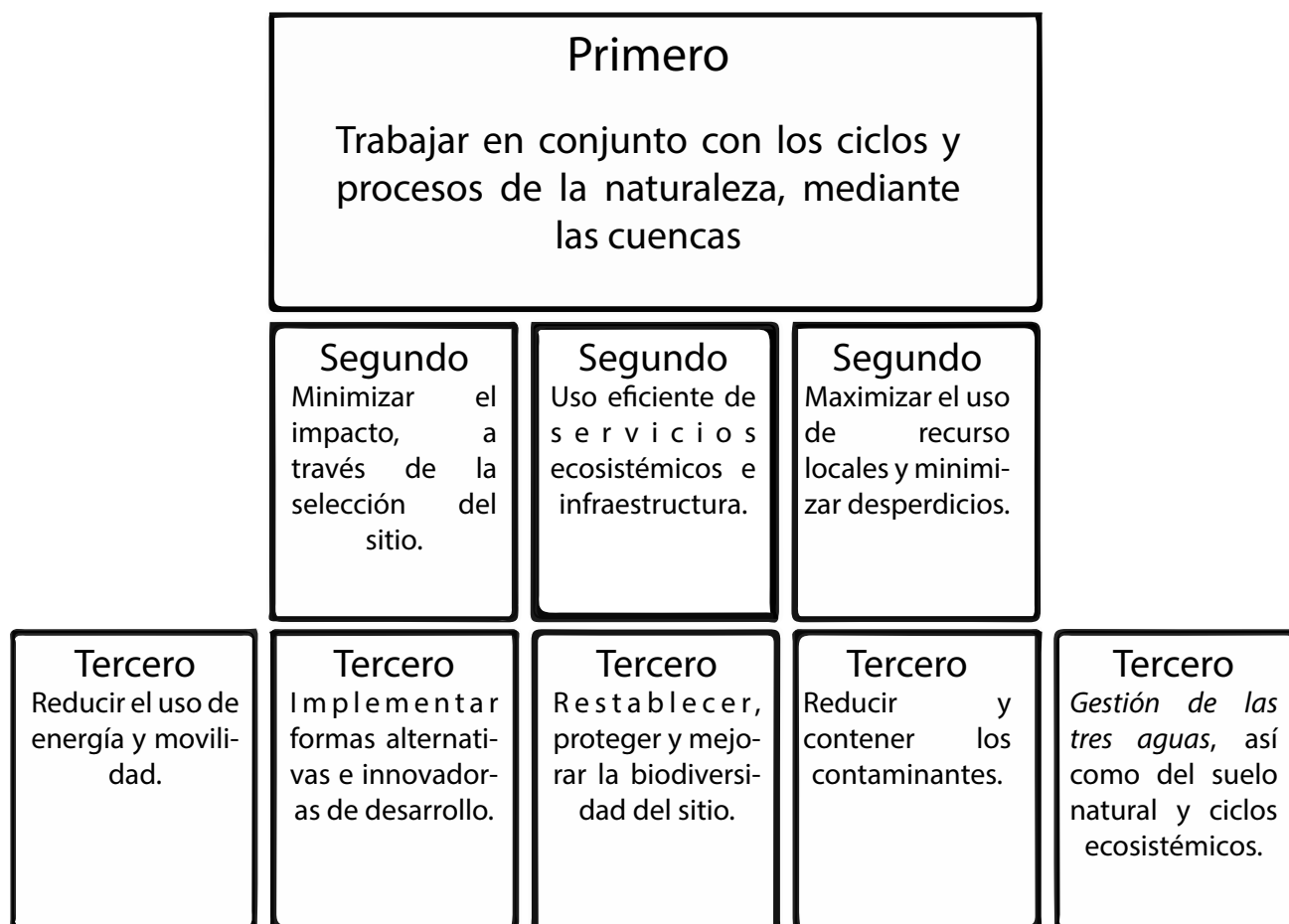
**Figura 3.** Delimitación del área de estudio.

**Fuente:** elaboración propia.

## METODOLOGÍA

LIUDD es una teoría de desarrollo urbano de bajo impacto cuyo proceso integrado de diseño y desarrollo urbano utiliza escalas anidadas dentro de las cuencas en entornos urbanos y periurbanos. Tiene como objetivo proteger la integridad ecológica acuática y terrestre, al tiempo que permite la urbanización en todas las densidades

(Roon y Roon, 2009). Los programas se centran en los elementos de las áreas de servicios: corredores verdes, calles para peatones, calles arboleadas y manejo de aguas pluviales. Las actividades humanas pueden ser consideradas dentro de un rango de escalas, desde lotes individuales hasta cuencas de captación, y de escalas regionales a nacionales. La metodología aplicada al presente estudio se enfocó en el orden de prioridades ilustrado en la [figura 4](#).

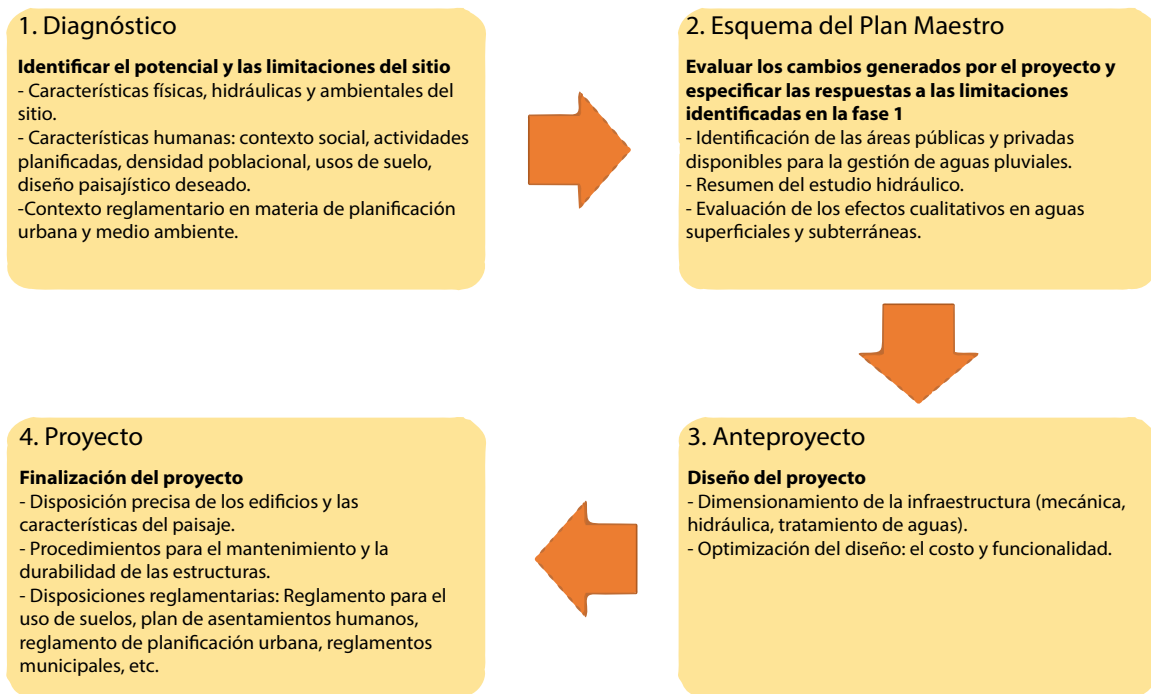


**Figura 4.** Jerarquía simplificada de principios y métodos del LIUDD

**Fuente:** elaboración propia adaptada de Roon y Roon (2009).

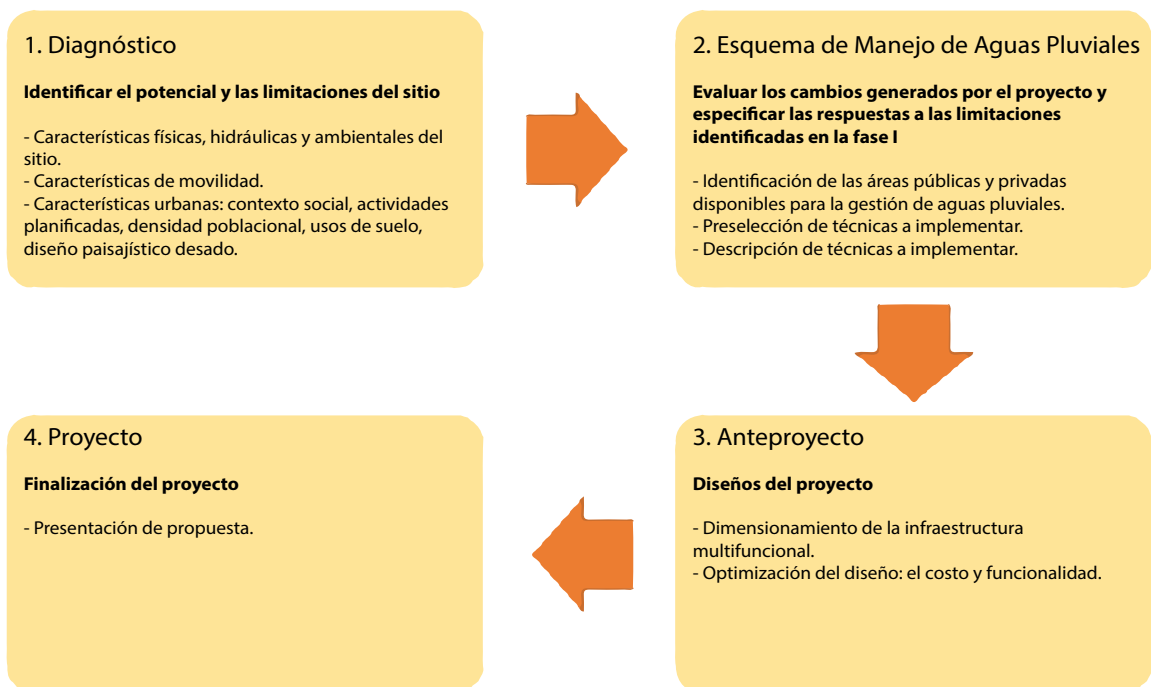
Aunado a lo anterior, es considerada una metodología más, que fue propuesta en Francia para lograr una gestión integral del agua, con base en la guía *La ciudad y el tratamiento* (CERTU, 2013); esta plantea principalmente la gestión integral del agua en zonas urbanas. De acuerdo con el plan Integral de Gestión de Aguas Pluviales en Francia (GRAIE, 2006), la responsabilidad del manejo de las aguas pluviales se debe repartir entre varios actores, desde la planificación urbana hasta el mantenimiento de la obra. Cabe destacar que el

cuadro reglamentario relaciona y articula a los actores, haciendo posible un desarrollo en conjunto entre urbanización y las aguas pluviales; así como la metodología para una implementación de estrategias pertinentes y sostenibles de gestión de aguas pluviales mostrada en la figura 5. La adaptación metodológica para el área de estudio se generó a partir de la contextualización de las teorías del LIUDD y del cuadro francés de planeación urbana, tal y como se indica en la figura 6.



**Figura 5.** Metodología para una planeación urbana exitosa

Fuente: GRAIE (2006).



**Figura 6.** Adaptación metodológica para una planeación urbana compatible con LIUDD

Fuente: elaboración propia.

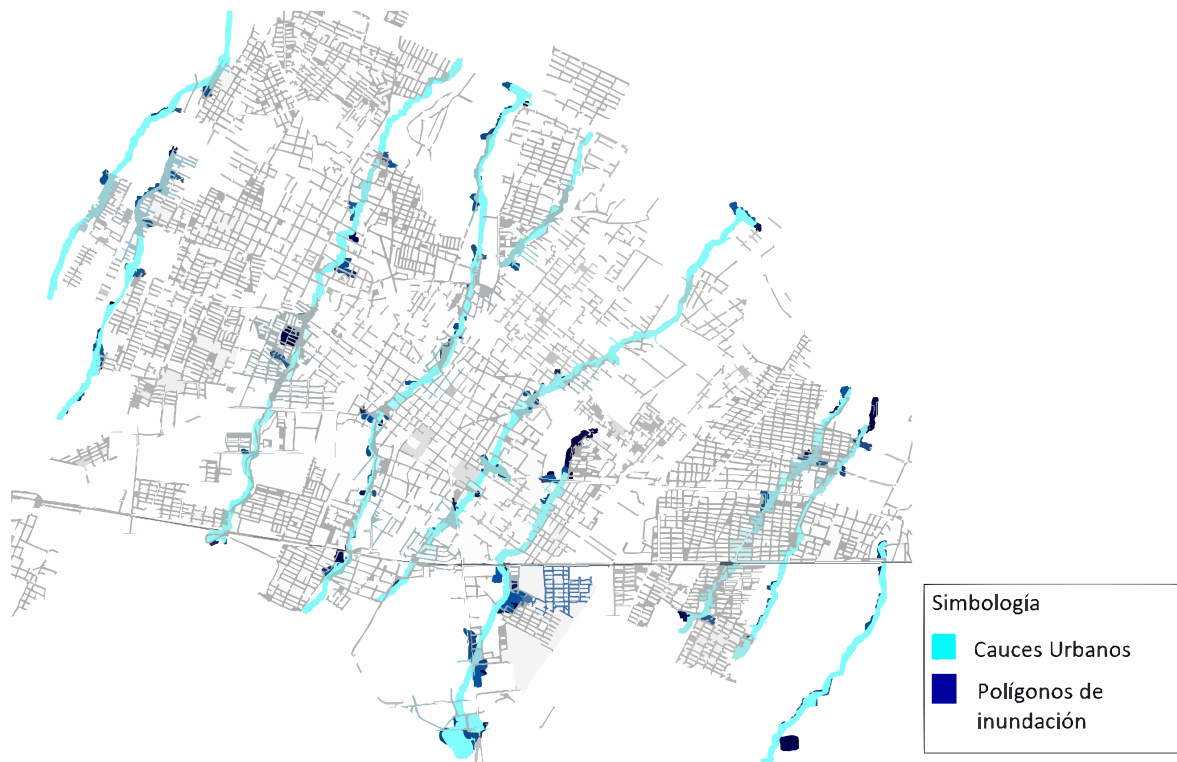
## RESULTADOS

### *Diagnóstico físico-urbano*

Las características de la movilidad urbana se obtuvieron del estudio de factibilidad ciclista, desarrollado para la zona norte-poniente del municipio de Colima (IPCO, 2017). Este estudio muestra que el 92 % de la movilidad en la zona es motorizada, y el 75 % de los viajes se realizan en automóvil privado; dejando solo un 8 % en medios activos de transporte (bicicleta y peatones).

Se pudo identificar que la zona de estudio presenta baja densidad poblacional, ya que se tienen zonas con una densidad de población con un rango que suele ir de 0-50 habitantes por hectárea (hab/ha), hasta 51-100 hab/ha. En contraste, se presenta un coeficiente de ocupación del suelo alto (0,75-1,00). Existe una mayor parte de 0,51-0,75, mientras que existen lotes con 0,00-0,25 (Sedur, 2011).

Con base en la Semarnat (2016), entre 2002 y 2011, los estados con mayor degradación de la cubierta natural primaria fueron, Colima y Aguascalientes con una tasa anual del 2,11-2,46 % y una tasa de deforestación de 1,25 anual, siendo la media nacional de 0,8 %. Esta situación es crítica, pues el estado de Colima se encuentra en una región de alta diversidad biológica endémica, gracias a su compleja topografía, ya que aquí convergen la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur y Eje Neovolcánico Transversal (Pacheco, 2013). La tasa de deforestación en el estado se relaciona directamente con el aumento de zonas con riesgo de inundación. Un ejemplo de ello se muestra en el Plan de Manejo Integral para Cauces Urbanos, para la ZMCVA (IIUNAM, 2011), en el cual se presentan los polígonos de inundación para diferentes periodos de retorno, asociados únicamente al desbordamiento de los cauces, como se muestra en la figura 7.



**Figura 7.** Definición de zonas asociadas a peligro de inundación. Zona conurbada Colima Villa de Álvarez.

**Fuente:** adaptado de IIUNAM (2011).



Se identificaron los actores clave y las instituciones involucradas que fungen como responsables sobre el manejo del espacio público en el municipio de Colima (figura 8). Dichos actores tienen roles definidos en las actividades en torno al espacio público. Sin embargo, aún con responsables públicos en la administración, operación y mantenimiento de los espacios, no hay una jerarquía ni articulación clara entre las dependencias municipales y otros actores que tienen injerencia en el espacio público.

### Esquema de manejo de aguas pluviales

Se realizó una modelación de la zona para identificar los espacios que pueden ser intervenidos y adaptados de acuerdo con los criterios de las técnicas de drenaje urbano sostenible (TDUS) y se encontró que el espacio público de la zona de estudio está constituido principalmente por vialidades y jardines, donde solo el 4 % lo constituyen jardines.

**Tabla 1.** Espacio disponible en la zona de estudio

Espacio	Área (ha2)	Área (%)
Edificaciones	98,78	54,42
Jardines	7,26	4,00
Vialidad	75,48	41,58
	181,52	100,00

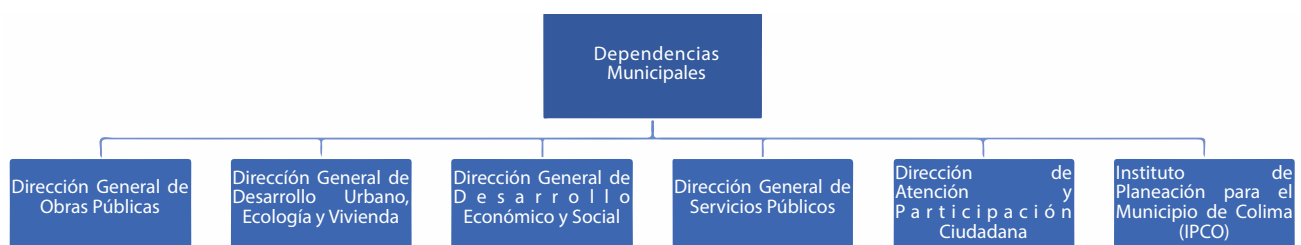
**Fuente:** elaboración propia.

Debido al bajo porcentaje de áreas verdes, los espacios predominantes son áreas impermeables, como calles y edificios. Por esta razón, se decidió una intervención en el espacio público, adecuando las TDUS a las calles Águilas, Palma Areca, y las avenidas De la Paz y Venustiano Carranza, así como en jardines de la zona. El proceso para la selección de las TDUS a implementar se realizó a partir del diagrama de flujo y los criterios de CIRIA (2007).

Con los resultados, se definió que era necesario intervenir más espacio público para la introducción de TDUS, logrando así una mayor mitigación del volumen de inundaciones. Las técnicas que mejor se adaptan a las condiciones del espacio son: cunetas verdes, zanjas de infiltración áreas de biorretención y pavimentos permeables. Asimismo, para el sistema de almacenamiento, se proponen módulos geocelulares (por ejemplo, aquellos conocidos como sistemas Hidrobox –de la empresa Hidrostack–).

### Anteproyecto

Como parte de la metodología, se realizaron dos modelaciones: la primera incluye la situación actual del área en estudio, y la segunda, mostrada en la figura 9, abarca la propuesta de TDUS. El promedio de pendiente para la zona de estudio es de 3,02 %, mientras que el porcentaje de impermeabilidad es de 96,6 %. El tipo de suelo a considerar, de acuerdo con los estudios encontrados para la ciudad de Colima es el tepetate, definida como



**Figura 8.** Sectores involucrados en el manejo del espacio público

**Fuente:** IPCO (2014).

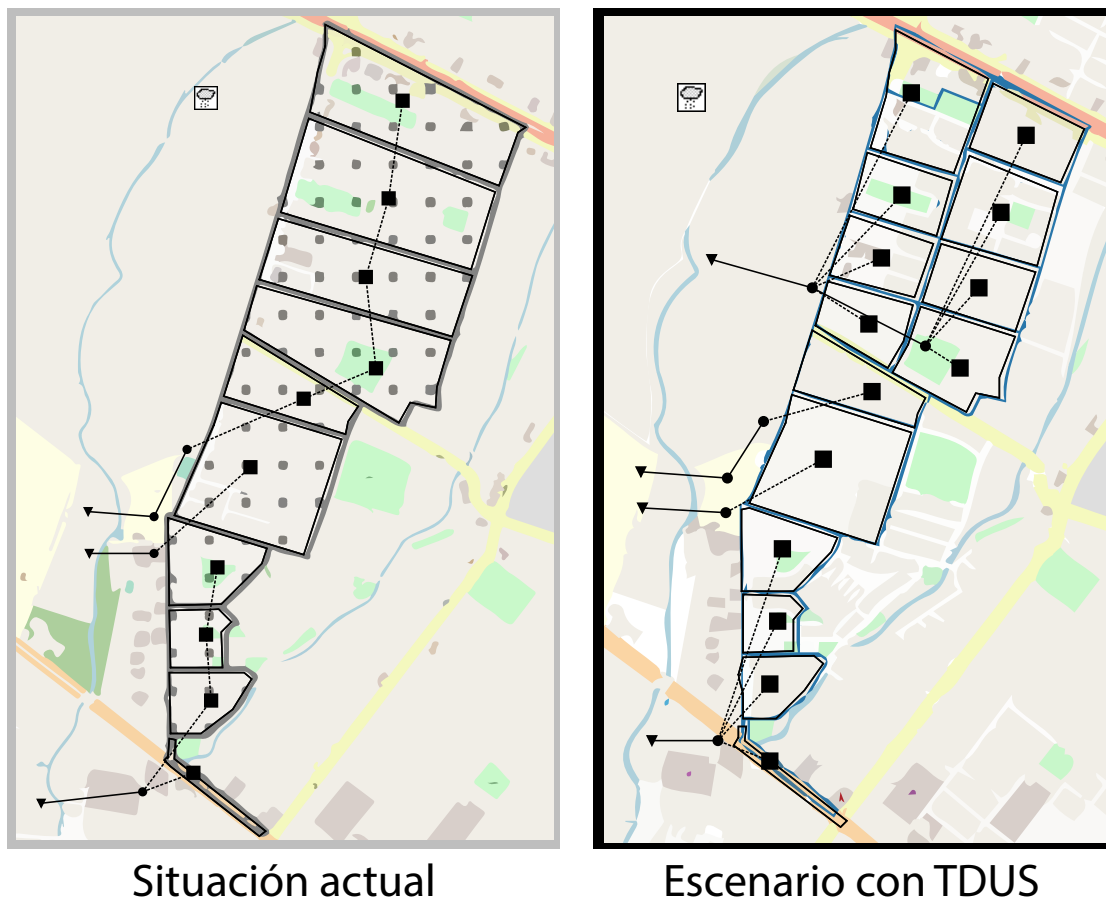
**Tabla 2.** Área total de intervención (ATI) en la zona de estudio

Cuenca	Zanja de infiltración	Pavimento permeable	Zonas de biorretención	Cuneta verde	ATI (m2)
1	83,54	1865,02	143,5	0	2092,06
2	163,89	2900,95	172,5	0	3237,34
3	163,88	2010,9	95	0	2269,78
4	119,32	1961,09	117,5	400	2597,91
7	0	0	20	0	20
8	0	0	30	0	30
	530,63	8737,96	578,5	400	10247,09

**Fuente:** elaboración propia.

marga areno-arcillosa (Rawls, Brakensiek y Miller, 1983). Los datos de pluviometría fueron tomados de IIUNAM (2011), para una lluvia de diseño con periodo de retorno de 10 años, con intensidad de

94 mm en 4 horas. Para ambos casos, los datos iniciales de características de las cuencas, suelo, pluviometría, evaporación, almacenamiento en superficie e infiltración fueron los mismos.

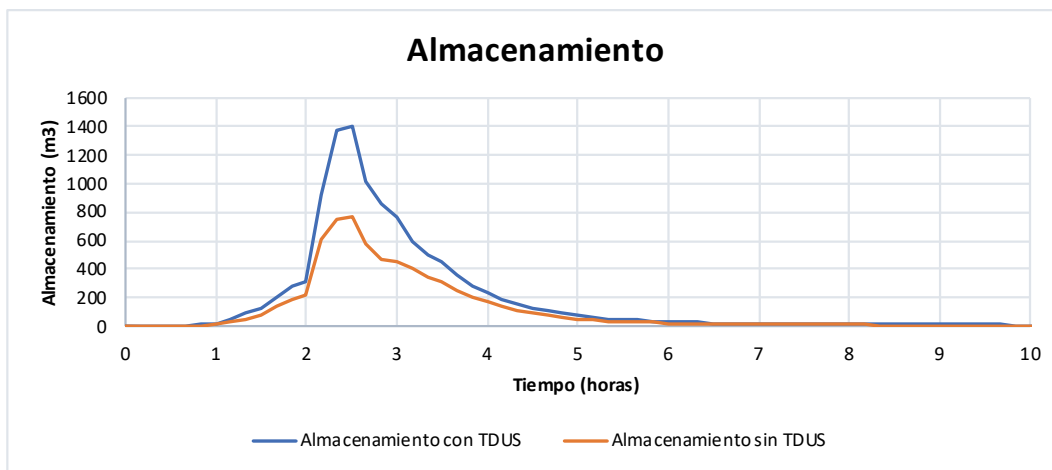


**Figura 9.** Modelo del sistema actual con la infraestructura existente (izq.) y modelo del sistema de propuesta (dcha.)

**Fuente:** elaboración propia.

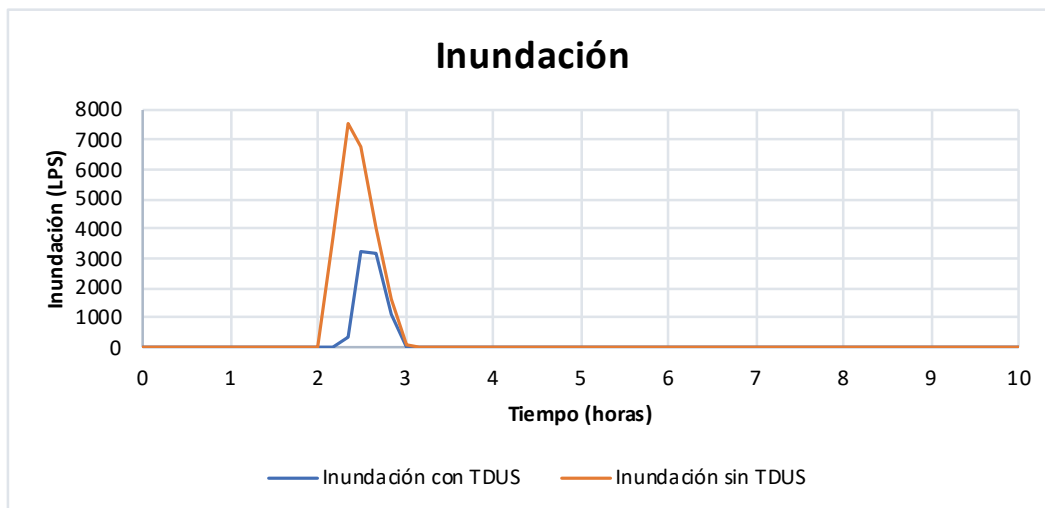
Con la implementación de un sistema urbano de drenaje sostenible, el tipo de suelo que se incluye en cada técnica debe mejorarse para asegurar la infiltración y el tipo de suelo a elegir, debe tener mejores características para infiltración que el actual; para ello se usó la clasificación propuesta por [Rawls, Brakensiek y Miller \(1983\)](#), eligiendo así un suelo de tipo margo arenosa, con una pendiente de conductividad del

2 %. Los resultados de la modelación demuestran el rendimiento de las TDUS ante la mitigación de inundaciones, para la zona de estudio. Se puede observar que el volumen de inundaciones se reduce en un 203 % gracias a la capacidad de almacenamiento y retención, que aporta la implementación de un sistema urbano de drenaje sostenible (SUDS), tal y como se indica en las [figuras 10 y 11](#), y en la [tabla 3](#).



**Figura 10.** Comparación de almacenamiento entre sistema actual y propuesta

Fuente: elaboración propia.



**Figura 11.** Comparación de inundación entre sistema actual y propuesta

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.** Variación de parámetros actual y propuesta

	Infiltración (mm)	Escurrentía (m3)	Caudal pico (m <sup>3</sup> )	Volumen de inundación (m <sup>3</sup> )
Sin TDUS	9,59	269,28	50,88	23,62
Con TDUS	13,39	197,64	38,04	7,80
Variación	28 %	36 %	34 %	203 %

**Fuente:** elaboración propia.

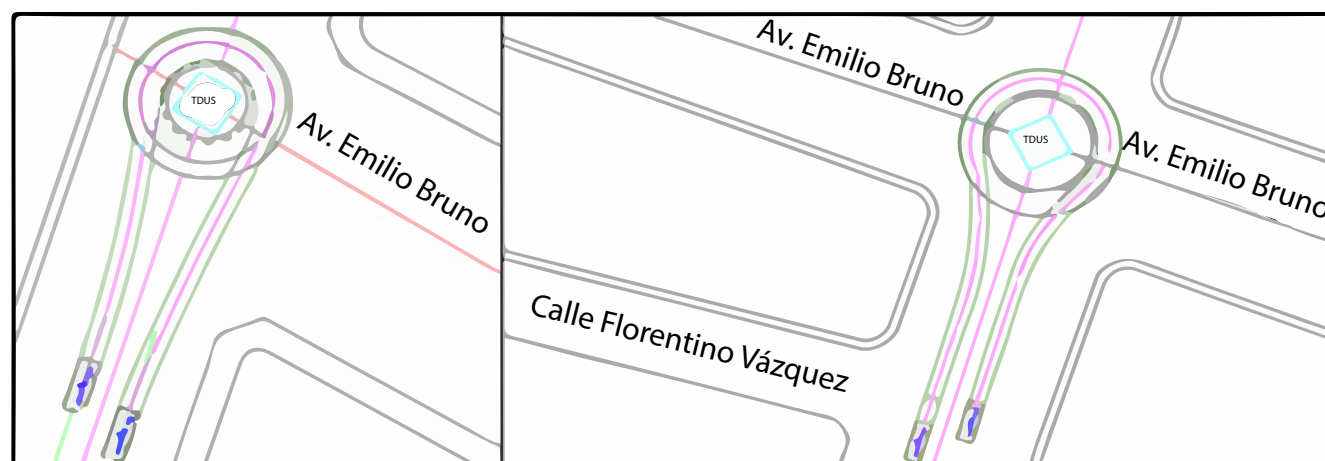
Con base en los costos paramétricos establecidos en Manual de SUDS (CIRIA, 2007), se estimó el costo del sistema para la zona de estudio. Dando como resultado un costo de 24,93 millones de pesos mexicanos (MXN), que incluye costos de diseño, contingencia y planeación. Así como, un costo anual de mantenimiento aproximado de 464.000,00 MXN. Los costos que se proponen en el manual de 2007 han sido actualizados para el año 2017.

### Propuesta para manejo de aguas pluviales

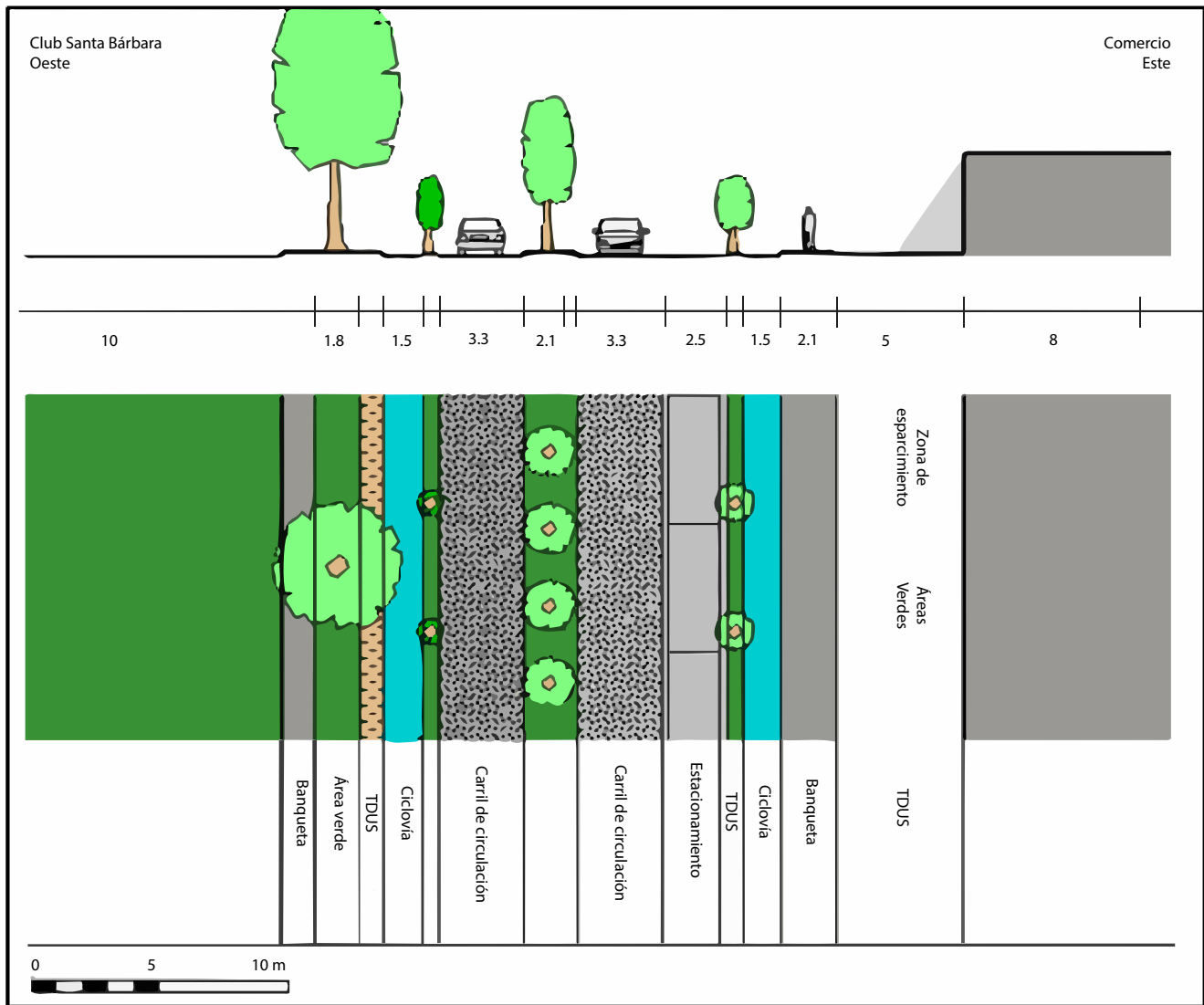
Con el objetivo de integrar elementos de movilidad sostenible y de gestión de aguas pluviales, se propone una reconfiguración de las vialidades

existentes. La propuesta atiende los puntos de conflictos en los cruces, por medio de miniglorietas y cruces seguros mostrados en la figura 12. De esta manera, se lograría proveer de zonas para la retención de las aguas pluviales, logrando así un diseño de calles completas con corredores verdes.

El rediseño para la Avenida Venustiano Carranza se propone que sea realizado en dos partes, debido al cambio de sección sobre la misma. En las figuras 13 y 14 se muestran las secciones transversales y plantas de la propuesta; la primera sección empieza en el cruce de Avenida Venustiano Carranza y Avenida de la Paz, y la segunda, en el cruce de Avenida Venustiano Carranza y calle Pedro Cervantes Vázquez.

**Figura 12.** Diseño de miniglorietas en la Avenida Venustiano Carranza

**Fuente:** elaboración propia.

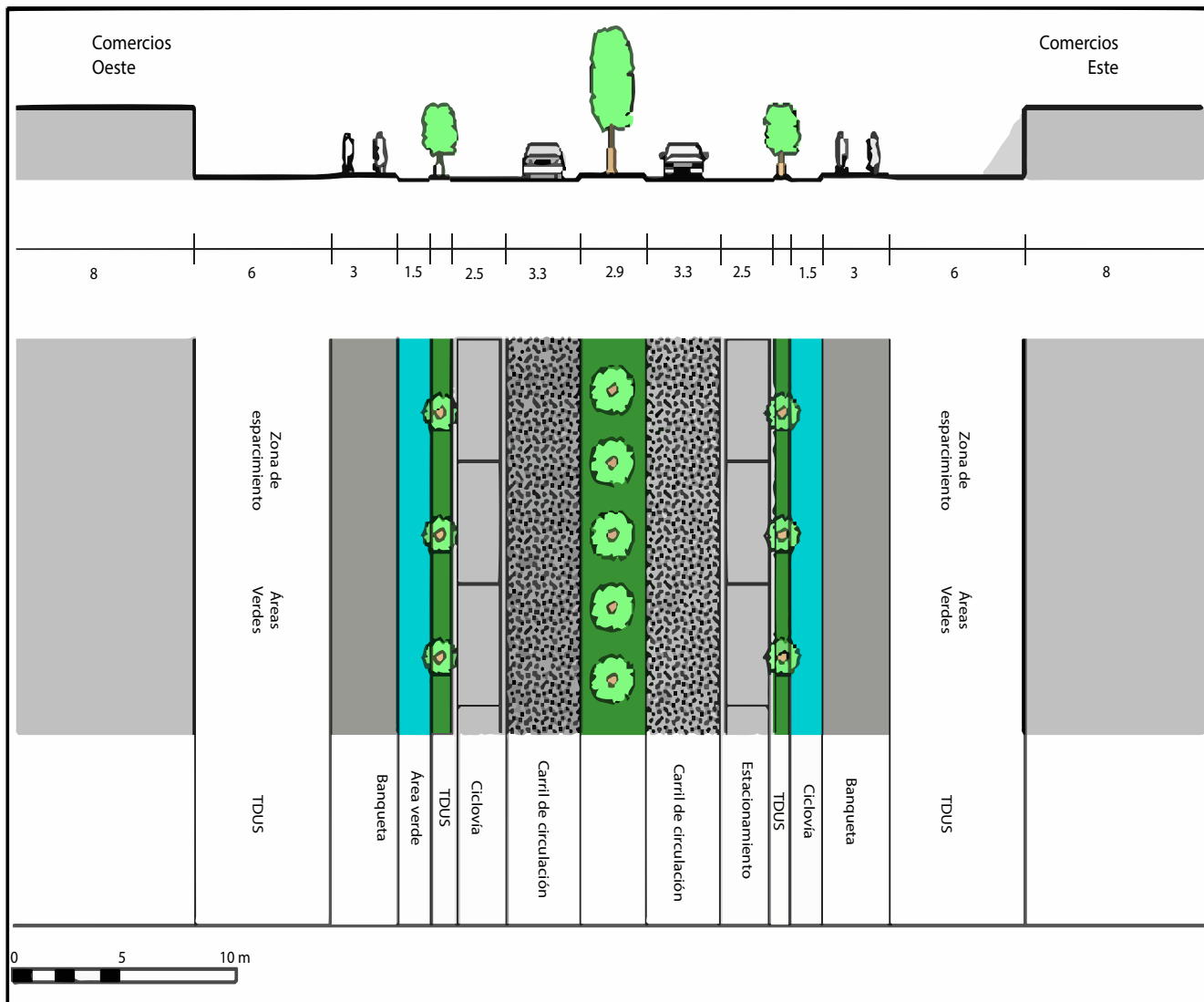


**Figura 13.** Propuesta para Av. Venustiano Carranza, sección 1-2

**Fuente:** elaboración propia.

La presente propuesta consiste en mejorar los cruces peatonales por medio de estrechamientos de calzada, en los cuales se incluyan zonas de biorretención. Asimismo, se proponen superficies permeables para las áreas de estacionamiento y ciclovia delimitadas por zanjas de infiltración, para brindar seguridad a los usuarios. Además, sería posible que el espacio de la ciclovia cuente

con celdas solares para producir electricidad y brindar iluminación por las noches. Sobre todo, porque las energías renovables están tomando el papel principal de generación de energía en todo el mundo, ya que se considera de gran necesidad mundial el ser más eficientes y sustentables como sociedad.



**Figura 14.** Propuesta para Av. Venustiano Carranza, sección 2-3

**Fuente:** elaboración propia.

## DISCUSIÓN

El desarrollo urbano en la ciudad de Colima es planificado sin un orden. La zona de estudio presenta densidad poblacional baja (0-100 hab/ha), con un alto coeficiente de ocupación del suelo (COS= 0,75-1,00). Asimismo, se tiene una tasa de motorización mayor al 90 %, por lo que el espacio

destinado a vialidad es abundante (41,58 %); sin embargo, durante la mayor parte del tiempo es un espacio subutilizado. De la misma manera, esta priorización hacia el automóvil ha generado que las vialidades tengan una sola función: brindar conexión en la ciudad por medio del automóvil, desplazando así a los peatones y ciclistas, e incluso al transporte público. Lo anterior hace de Colima una

ciudad dispersa, distante y desconectada (DDD). Este desarrollo urbano ha generado cada vez más superficies impermeables, provocando una gran pérdida de la cubierta vegetal y creando islas de calor urbanas, cada vez en mayor número. Asimismo, en la zona de estudio, las superficies impermeables ocupan el 96 % del área y Colima es uno de los estados con mayor degradación de la cubierta natural primaria, con una tasa anual del 2,11 % y una tasa de deforestación de 1,25 % anual. Esta problemática se suma a la ineficiencia de infraestructura pluvial, generando peligro de inundación a lo largo de los cauces, pero sobre todo en las zonas bajas de la ciudad (IIUNAM, 2011).

En consecuencia, se requiere de soluciones que estén enfocadas en un diseño adecuado, que se centren en los siguientes aspectos de infraestructura: corredores verdes, calles para peatones, calles arboladas y manejo de aguas pluviales. Asimismo, para el manejo de las aguas pluviales, es imperativo un enfoque integrado para el drenaje urbano sostenible, mediante los criterios de amenidad, ecología, hidráulica y calidad de agua. En nuestro estudio no se llevó a cabo el análisis de calidad del agua, debido a la falta de caracterización de las aguas pluviales, sin embargo, los otros criterios se ven reflejados en esta propuesta.

A través de las TDUS aplicadas, la infiltración aumenta solo el 28 %, debido a que el suelo nativo tiene un bajo coeficiente de permeabilidad. La infiltración no representa un criterio prioritario, como lo es la retención y el almacenamiento. Más aún, se logra una disminución en el caudal pico de 34 %, para la escorrentía del 36 % y volumen de inundación del 203 %; por ende, se puede observar que, aunque se atenúa el volumen de inundación, se resuelve la problemática de manera parcial. Esto ocurre por las pendientes de las calles, el tamaño de las subcuencas y que las calles intervenidas no son suficientes.

De acuerdo con el cuadro reglamentario para un desarrollo urbano exitoso (GRAIE, 2006), para mitigar los efectos medioambientales del desarrollo urbano actual, se requiere transitar hacia un

desarrollo que articule la urbanización y el manejo de aguas pluviales, mediante una jerarquización de los sectores involucrados.

Debido a nuestra delimitación para trabajar en espacio público, la metodología fue adaptada y limitada al contexto local, trabajando solo en el diseño técnico de la propuesta, sin embargo, es importante mencionar la necesidad de una reglamentación y planificación del desarrollo urbano que transite a un modelo más compacto, conectado y comunicado (CCC).

Durante la elaboración del diagnóstico se encontró que el manejo del espacio público se deriva en diversos sectores, pero ninguno tiene completa autoridad sobre él. Al ser un espacio fraccionado, las obras que se realizan sobre este nunca convergen en un desarrollo urbano integral, lo cual genera una problemática de aguas pluviales a causa de un sistema de drenaje desconectado e ineficiente, y al mismo tiempo, una desconexión en el subsistema de infraestructura y equipamiento vial, ignorando al espacio público peatonal y ciclista.

Por tanto, es recomendable la creación de una dependencia integrada por representantes de diversos sectores que coordinen la gestión del espacio público; con el objetivo de generar proyectos multifuncionales para manejo de aguas pluviales, movilidad y desarrollo urbano. Finalmente, es importante incluir las áreas privadas, como escuelas y viviendas, para implementar TDUS de retención o almacenamiento, con el fin de reducir la escorrentía en cuencas con áreas impermeables mayores al 90 %.

Asimismo, para lograr un desarrollo urbano sostenible, que considere los retos actuales ante el CCG, es necesaria la visualización del espacio público como generador de igualdad, sentido de pertenencia e identidad. Las autoridades locales deben planificar y asegurar un espacio público suficiente y bien distribuido en la ciudad, para así impulsar proyectos multifuncionales para el manejo de aguas pluviales, movilidad y desarrollo urbano sostenible.

## CONCLUSIONES

El modelo de urbanización adoptado en la ciudad se caracteriza por ser extensivo y de baja densidad poblacional. Este modelo se ha reproducido cada vez más hacia las zonas suburbanas y ha propiciado el incremento de zonas impermeables e islas de calor urbanas, así como la disminución de las zonas de amortiguamiento contra inundaciones. La zona de estudio muestra áreas con un alto nivel de zonas impermeables (95-100 %). Al mismo tiempo, la alta tasa de motorización (90 %) refleja la falta de infraestructura peatonal y para ciclistas, así como la ineficiencia del transporte público. La desarticulación entre los modos de transporte (activos y motorizados) no permite un modelo eficiente de movilidad urbana sustentable.

En los últimos cincuenta años se ha visto la transformación de las ciudades, desde niveles de espacio público hasta privado, para revertir los daños causados por la priorización de la agenda gris, en deterioro de la agenda verde; la ciudad de Colima es un ejemplo de ello. Para el manejo de aguas pluviales, han surgido técnicas que tratan de replicar el ciclo hidrológico, mediante un mejoramiento del suelo urbano e implementación de vegetación nativa. Estas estrategias han sido implementadas principalmente en espacio público, pues sus beneficios convergen con los criterios de gestión de aguas pluviales y de seguridad vial, favorecen la movilidad activa y dan lugar a una infraestructura multifuncional. En este sentido, se deben evaluar, o en su caso crear, los instrumentos de planificación necesarios para transitar a una ciudad conectada, comunicada y compacta.

Igualmente, son necesarios los ordenamientos legales para que las direcciones locales con incidencia en la gestión de aguas y el espacio público trabajen en conjunto por una ciudad incluyente, sostenible, segura y resiliente. Para ello, esta investigación sugiere la creación de una dependencia integrada por representantes de diversos sectores que coordinen la gestión del espacio público; con el objetivo de generar proyectos multifuncionales

para manejo de aguas pluviales, movilidad y desarrollo urbano sostenible, priorizando la agenda verde sobre la agenda gris.

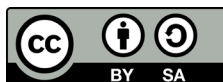
Finalmente, para hacer frente a los retos del CCG, se requiere visualizar el espacio público como generador de igualdad, sentido de pertenencia e identidad. Las calles, siendo el espacio público más importante e inmediato, son un factor clave en la calidad de vida.

## REFERENCIAS

- Arizaga, A., González, M.G. y Asprilla, Y. (2019). Sistemas piezoeléctricos en el tren urbano de Guadalajara, México: entropía y negentropía. *Tecnura*, 23(61), 13-22. <https://doi.org/10.14483/22487638.14870>
- California Water y Land Use Partnership [CA WALUP] (6 de julio de 2006). *How Urbanization Affects the Water Cycle*. California. Recuperado de <https://www.coastal.ca.gov/nps/watercyclefacts.pdf>
- Cámara de Comercio de Bogotá (2014). *Integración de Transporte No Motorizado y DOTS*. Bogotá.
- Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (CERTU) (2013). *La ville et son assainissement. Principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau*. Lyon, Francia.
- Construction Industry Research and Information Association (CIRIA) (2007). *The SuDS manual*. Londres, Inglaterra.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2016). *Ficha Resumen de la Problemática en Colima*. Colima, México.
- De Quevedo, F., Asprilla, Y. y González, M. (2017). Entropías de la movilidad urbana en el espacio metropolitano de Guadalajara: transporte privado y calidad del aire. *Tecnura*, 21(53), 138-149. <https://doi.org/10.14483/22487638.10725>
- Efroymsen, D. y Rahman, M. (2005). *Transportation Policy for Poverty Reduction and Social Equity*. Dacca, Bangladesh: WBB Trust.
- Gill, S.E., Handley, J., Ennos, A.R. y Pauleit, S. (2007). Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115-133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>



- GIZ (2007). *Transport and Climate Change. Module 5e Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities*. Eschborn.
- González, M. (2018). Movilidad cotidiana y habitar periurbano en el área metropolitana de Guadalajara: entre el costo y el beneficio social. *CONTEXTO. Universidad Autónoma de Nuevo León*, 12(16). Recuperado de <http://contexto.uanl.mx/index.php/contexto/article/view/144>
- Groupe de Recherche Rhône-Alpes Sur les infrastructures et l'eau (GRAIE). (2006). *Pour la gestion des eaux pluviales. stratégie et solutions techniques*. Villeurbanne, Francia. Recuperado de <http://www.graie.org/portail/gestion-eaux-pluviales-strategie-solutions-techniques/>
- Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM) (2011). *Plan de Manejo Integral de los Cauces Urbanos de la Zona Metropolitana de Colima-Villa de Álvarez. Informe final*. Colima, México.
- Instituto de Planeación para el Municipio de Colima (IPCO) (2014). *Manual del proceso participativo para el diseño de espacios públicos*. Colima, México.
- Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) (2013). *Reforma Urbana 100 ideas para las ciudades de México*. México: CTS EMBARQ México; Instituto Mexicano para la Competitividad; Centro Mario Molina.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015). *Parque vehicular por cada mil habitantes*. Colima, México.
- Instituto de Planeación para el municipio de Colima (IPCO) (2017). *Estudio de factibilidad para la implementación de ciclovías en la Zona Norte-Poniente de la Ciudad de Colima*. Colima, México
- ITDP e I-CE. (2011). *Ciclociudades: manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas. Tomo I. La movilidad en bicicleta como política pública*. Distrito Federal, México: Grupo Fogra. Recuperado de <http://ciclociudades.mx/manual-ciclociudades/>
- Lena, N.H. y Kes, M. (2015). *Cities and climate change: The great decarbonisation challenge*. Lund, Suecia: Lund University.
- Pacheco, A. (2013). Deforestación en Colima: situación crítica. *Diario Avanzada*. Recuperado de [http://www.diarioavanzada.com.mx/index.php/especiales/3427-deforestacion-en-colimasituacioncritica?-fb\\_comment\\_id=174988159375975\\_272015#f1d3146a8b6e66](http://www.diarioavanzada.com.mx/index.php/especiales/3427-deforestacion-en-colimasituacioncritica?-fb_comment_id=174988159375975_272015#f1d3146a8b6e66)
- Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat) (2009). *Informe mundial sobre asentamientos humanos*. Kenya.
- Rawls, W.J., Brakensiek, D.L. y Miller, N. (1983). Green-Ampt Infiltration Parameters from Soils Data. *ASCE Journal of Hydraulic Engineering*, 109(1), 62-69. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1983\)109:1\(62\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1983)109:1(62))
- Revi, A., Satterthwaite, D., Aragón-Durand, F., Corfee-Morlot, J., Kiunsi, R., Pelling, M. y Solecki, W. (2014). Urban areas. En C.V. Field (ed.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 535-612). Cambridge; Nueva York; Reino Unido; EE. UU.: University of Cambridge Press.
- Roon, M.V. y Roon, H.V. (2009). Low Impact Urban Design and Development: The big picture. *Landcare Research Science Series*, (37), 6-70.
- Sadik-Khan, J. y Solomonow, S. (2016). *Streetfight: Handbook for an Urban Revolution*. Nueva York: Penguin Books.
- Secretaría de Desarrollo Urbano (Sedur) (2011). *Estudio de Movilidad y Transporte para la Zona Metropolitana Colima-Villa de Álvarez: Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable (Pimus)*. La Paz Puebla, México.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) (2016). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde*. México.
- Universidad de Colima, Semarnat, Imades, Inecc, Gobierno del Estado de Colima (2014). *Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Colima*. Colima, México.





UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

## INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Revista *TECNURA*  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Facultad Tecnológica

### CONTENIDO

- Alcance y política editorial de la revista
- Tipos de artículos aceptados
- Formato del artículo
- Envío de artículos
- Procedimiento para la publicación
- Arbitraje de artículos
- Contacto

### 1. ALCANCE Y POLÍTICA EDITORIAL DE LA REVISTA

La revista *Tecnura* es una publicación institucional de la Facultad Tecnológica de la Universidad Francisco José de Caldas, de carácter científico-tecnológico con periodicidad trimestral, que se publica los meses de enero, abril, julio y octubre. Su primer número apareció en el segundo semestre del año 1997 y hasta la fecha ha mantenido su regularidad.

Las áreas temáticas de interés de la revista *Tecnura* están enfocadas a todos los campos de la ingeniería, como la electrónica, telecomunicaciones, electricidad, sistemas, industrial, mecánica, catastral, civil, ambiental, entre otras. Sin embargo, no se restringe únicamente a estas, también tienen cabida los temas de educación y salud, siempre y cuando estén relacionados con la ingeniería. La revista publica únicamente artículos de investigación científica y tecnológica, de reflexión y de revisión. En consecuencia, durante la fase de evaluación editorial inicial se rechazarán los artículos cortos y reportes de caso.

La revista *Tecnura* está dirigida a docentes, investigadores, estudiantes y profesionales interesados en la actualización permanente de sus conocimientos y el seguimiento de los procesos de investigación científico-tecnológica, en el campo de las ingenierías. Tiene como misión divulgar resultados de proyectos de investigación realizados en el área de las ingenierías, a través de la publicación de artículos originales e inéditos, realizados por académicos y profesionales pertenecientes a instituciones nacionales o extranjeras del orden público o privado. Los artículos presentados deben ser trabajos inéditos escritos en español o inglés; sin embargo, tendrán preferencia los artículos que muestren conceptos innovadores de gran interés, que traten sobre asuntos relacionados con el objetivo y cobertura temática de la revista.

*Tecnura* es una publicación de carácter académico indexada en los Índices Regionales Scielo Colombia (Colombia) y Redalyc (México), además de las siguientes bases bibliográficas: INSPEC del Institution of Engineering and Technology (Inglaterra), Fuente Académica Premier de EBSCO (Estados Unidos), CABI (Inglaterra), Index Copernicus (Polonia), Informe Académico de Gale Cengage Learning (México), Periódica de la Universidad Nacional Autónoma de México (México), Oceanet (España) y Dialnet de la Universidad de la Rioja (España). También hace parte de los siguientes directorios: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Latindex (México), Índice Bibliográfico Actualidad Iberoamericana (Chile), e-Revistas (España), DOAJ (Suecia), Ulrich de Proquest (Estados Unidos).

*Tecnura* es una revista arbitrada mediante un proceso de revisión entre pares de doble ciego. La periodicidad de la conformación de sus comités Científico y Editorial está sujeta a la publicación de artículos en revistas indexadas internacionalmente por parte de sus respectivos miembros.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, sus directivas, el Editor, el Comité Editorial y Científico no son responsables por la opinión y criterios expresados en el contenido de los artículos y estos se publican bajo la exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento del Comité Editorial.

Además de la versión impresa, la revista *Tecnura* tiene también una versión digital disponible en su página web: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura>

## 2. TIPOS DE ARTÍCULOS ACEPTADOS

De acuerdo con la clasificación del Índice Nacional de Publicaciones Científicas y Tecnológicas (Publindex-Colciencias), la revista *Tecnura* recibe postulaciones de artículos inéditos de los siguientes tipos:

**Artículos de investigación científica y tecnológica:** documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

**Artículos de reflexión:** documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico y recurriendo a fuentes originales.

**Artículo de revisión:** documento resultado de una investigación donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de las investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de al menos 50 referencias.

## 3. FORMATO DEL ARTÍCULO

### 3.1 Del lenguaje y estilo apropiado para la redacción de artículos

- Deben emplearse estructuras de oraciones simples, evitando las que sean demasiado largas o complejas.
- El vocabulario empleado debe ser básico y común. Los términos técnicos deben explicarse brevemente; asimismo, el significado de las siglas debe presentarse la primera vez que estas aparecen en el texto.
- Los autores son responsables de que su trabajo sea conducido de una manera profesional y ética.

### 3.2 De la extensión de los documentos

Los artículos no deben tener una extensión de más de 25 páginas en tamaño carta y a doble espacio, con márgenes simétricas de 3 cm. Solo en el caso de los artículos de revisión las 25 páginas no incluyen las referencias bibliográficas.

### 3.3 Del formato de presentación

Los artículos presentados deben ser trabajos inéditos escritos en español o inglés y deben digitalizarse en Microsoft Word (2003 en adelante), cumpliendo con las siguientes indicaciones:

Letra *Times New Roman* de 12 puntos (a excepción de que se requiera lo contrario para algunos apartados).

- Una columna a doble espacio.
- Todas las márgenes de 3 cm.
- Los párrafos se justifican, y no debe haber espacio entre los consecutivos.
- No incluir saltos de página o finales de sección.
- Si se desea resaltar palabras o frases del texto, no usar letra negrita sino letra cursiva.
- Los decimales se deben señalar con coma (,) y no con un punto.

- Los millares y millones se deben señalar con un espacio fino.
- Evitar las notas de pie de página.
- Se debe utilizar nomenclatura arábica hasta el tercer nivel únicamente.

### 3.4 De la estructura del documento

Los trabajos deben tener la siguiente estructura y cumplir con los siguientes requisitos:

#### *Composición de un artículo*

Todos los artículos remitidos para su evaluación y posible publicación por parte de la revista *Tecnura* deben tener por lo menos los siguientes componentes:

- Título en español e inglés.
- Información de los autores.
- Resumen en español e inglés.
- Palabras clave en español e inglés.
- Introducción.
- Conclusiones.
- Trabajo futuro (opcional).
- Agradecimientos (opcional).
- Referencias bibliográficas.

Si el artículo es de investigación científica y tecnológica deben tener, además de lo anterior, los siguientes componentes:

- Metodología.
- Resultados.
- Financiamiento.

#### *Título*

El título del artículo deberá ser corto o dividido en título y subtítulo, atractivo para el lector potencial y escrito en mayúscula sostenida. Este debe aparecer centrado entre las márgenes, escrito con letra *Times New Roman*, en negrita, tamaño de fuente 18. El título del artículo debe ir en español e inglés separado por un espacio doble. Máximo 20 palabras.

#### *Autores*

Después del título debe escribirse el (los) nombre(s) completo(s) del (los) autor(es), acompañado de los datos biográficos básicos: título de pregrado, título de posgrado, ocupación o cargo, afiliación institucional (institución donde labora), dependencia, ciudad, país y correo electrónico. La información anterior debe ir inmediatamente debajo del nombre del autor.

#### *Resumen*

Debe establecer el objetivo y alcance del trabajo, una descripción clara y concisa de la metodología, los resultados y las conclusiones obtenidas. Máximo 250 palabras.

#### *Palabras clave*

Debe escogerse entre tres y diez palabras clave, escritas en español con letra *Times New Roman*, en negrita y cursiva.

Las palabras clave deben estar escritas en orden alfabético y ser de uso estandarizado, para lo cual se sugiere utilizar bases de datos internacionales según el área del conocimiento. Por ejemplo, en el área de Eléctrica y Electrónica se sugiere utilizar el tesoro de la UNESCO que se pueden encontrar en la página: <http://databases.unesco.org/thessp>.

#### *Abstract*

Debe ser una traducción correcta y precisa al idioma inglés del texto que aparece en el resumen en español.

#### *Keywords*

Debe ser una traducción correcta y precisa al idioma inglés de la lista de palabras clave en español.

Las *keywords* deben estar escritas en el orden de las palabras clave y ser de uso estandarizado, para lo cual se sugiere utilizar bases de datos internacionales según el área del conocimiento. Por ejemplo, en el área de Eléctrica y Electrónica se sugiere utilizar los Tesoros de la IEEE y/o World Bank que se pueden encontrar en las siguientes páginas respectivamente: [http://www.ieee.org/documents/2009Taxonomy\\_v101.pdf](http://www.ieee.org/documents/2009Taxonomy_v101.pdf), <http://multites.net/mtsql/wb/site/default.asp>

### *Introducción*

Debe describir el planteamiento general del trabajo, así como contexto, antecedentes, estado de arte de la temática abordada, objetivo y posible alcance del trabajo.

### *Metodología*

La redacción de este apartado debe permitir a cualquier profesional especializado en el tema replicar la investigación.

### *Resultados*

Explicación e interpretación de los hallazgos. Si es necesario, se puede presentar una discusión breve y enfocada a la interpretación de los resultados.

### *Conclusiones*

Implicación de los resultados y su relación con el objetivo propuesto.

### *Financiamiento*

Mencionar la investigación asociada de la cual se derivó el artículo y la entidad que avaló y financió dicha investigación.

### *Agradecimientos*

Preferiblemente deben ser breves y deben incluir los aportes esenciales para el desarrollo del trabajo.

### *Ecuaciones*

Deben aparecer centradas con respecto al texto principal. Las ecuaciones deben ser referenciadas con números consecutivos (escritos entre paréntesis cerca al margen derecho). Las ecuaciones se citan en el texto principal empleando la palabra ecuación y seguida del número entre paréntesis. Las ecuaciones deben ser elaboradas en un editor de ecuaciones apropiado y compatible con el paquete de software InDesign, por ejemplo, el editor de ecuaciones de Windows.

### *Tablas*

Para el caso de realización de tablas se recomienda que estas no sean insertadas como imágenes,

considerando que en este formato no pueden ser modificadas. El encabezado de cada tabla debe incluir la palabra Tabla (en negrita) seguida del número consecutivo correspondiente y de un breve nombre de la tabla. El encabezado debe estar escrito con letra Times New Roman, en cursiva y tamaño de fuente 9.

No se presentan cuadros sino tablas y estas se deben levantar automáticamente desde el procesador de textos. Las tablas deben ir nombradas y referenciadas en el artículo, en estricto orden. Toda tabla debe tener en su parte inferior la fuente de la que fue tomada, o mencionar que es autoría de los autores si es el caso.

### *Figuras*

Todas las figuras o fotografías deben enviarse en formato PNG o TIFF con una resolución mínima de 300 DPI, adaptadas a escala de grises.

El pie o rótulo de cada figura debe incluir la palabra Figura (en negrita) seguida del número consecutivo correspondiente y de una breve descripción del contenido de la figura. El pie de figura debe estar escrito con letra Times New Roman, en cursiva y tamaño de fuente 9. Las figuras deben ir nombradas y referenciadas en el artículo, en estricto orden. Toda figura debe tener también la fuente de la que fue tomada, o mencionar que es autoría de los autores si es el caso.

### *Símbolos*

Los símbolos de las constantes, variables y funciones en letras latinas o griegas –incluidos en las ecuaciones– deben ir en cursiva; los símbolos matemáticos y los números no van en cursiva. Se deben identificar los símbolos inmediatamente después de la ecuación. Se deben utilizar las unidades, dimensiones y símbolos del sistema internacional.

Cuando se empleen siglas o abreviaturas, se debe anotar primero la equivalencia completa, seguida de la sigla o abreviatura correspondiente entre paréntesis y en lo subsecuente se escribe solo la sigla o abreviatura respectiva.

### Referencias bibliográficas

El estilo de citación de referencias adoptado por la revista **Tecnura** es APA sexta edición. Las citas, referencias bibliográficas e infografía se incluyen al final del artículo. Las referencias bibliográficas deben ordenarse alfabéticamente de acuerdo con el primer apellido del primer autor, sin numeración.

Solo deben aparecer las referencias que fueron citadas en el texto principal del trabajo, en las tablas o en las figuras. Es decir, en la lista no deben aparecer otras referencias aunque hayan sido consultadas por los autores para la preparación del trabajo. Sugerimos utilizar herramientas como: *Citas y bibliografía* de Microsoft Word (para APA sexta edición versión 2013 o superior), *Zotero*, *Mendeley*, entre otras.

El llamado de una referencia bibliográfica se inserta en el texto, en el punto pertinente, bajo ciertas características:

- Si la oración incluye el apellido del autor, solo se debe escribir la fecha dentro de un paréntesis, ejemplo:  
Cuando Vasco (2012), analizó el problema de presentado en ....
- Cuando no se incluye el autor en la oración, debe ir entre el paréntesis el apellido y la fecha.  
La investigación de materiales dio una visión en el área (Martínez, 2012).
- Si el documento u obra tiene más de dos autores, se debe citar la primera vez con todos los apellidos.  
1990. (Fernández Morales, Villa Krieg & Caro de Villa, 2008) ....
- En las menciones siguientes, solo se debe escribir el primer apellido del autor, seguido de un "et al".  
En cuanto al estudio de las aguas, Fernández Morales et al. (2008) encontraron que ...
- Cuando el documento u obra tiene más de seis autores, se debe utilizar desde la primera mención el "et al".

A continuación se describen una serie de ejemplos de las referencias más utilizadas, según

el estilo de referencias adoptado por la revista *Tecnura*:

### Publicaciones Periódicas:

#### Forma Básica

Apellidos, A. A., Apellidos, B. B. & Apellidos, C. C. (Fecha). Título del artículo. *Título de la publicación*, volumen (número), pp. xx-xx. doi: xx.xxxxxxx

#### Artículo básico

Guevara López, P., Valdez Martínez, J., Agudelo González, J., & Delgado Reyes, G. (2014). Aproximación numérica del modelo epidemiológico SI para la propagación de gusanos informáticos, simulación y análisis de su error. *Revista Tecnura*, 18(42), 12 -23. doi:<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.4.a01>

#### Artículo web

Rodríguez Páez, S., Fajardo Jaimes, A., & Páez Rueda, C. (2014). Híbrido rat-race miniaturizado para la banda ISM 2,4 GHZ. *Revista Tecnura*, 18(42), 38-52. Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/8059/9675>

### Libros:

#### Forma Básica

Apellidos, A. A. (Año). *Título*. Ciudad: Editorial.  
Apellidos, A. A. (Año). *Título*. Recuperado de <http://www.xxxxxx.xxx>  
Apellidos, A. A. (Año). *Título*. doi: xx.xxxxxxxx  
Apellidos, A. A. (Ed.). (Año). *Título*. Ciudad: Editorial.

#### Libro con autor

Goleman, D. (2000). *La inteligencia emocional: Por qué es más importante que el cociente intelectual*. México: Ediciones B.

#### Libro con editor:

Castillo Ortiz, A. M. (Ed.). (2000). *Administración educativa: Técnicas, estrategias y prácticas gerenciales*. San Juan: Publicaciones Puertorriqueñas

### **Libro versión electrónica:**

Montero, M. & Sonn, C. C. (Eds.). (2009). *Psychology of Liberation: Theory and applications*. [Versión de Springer]. doi: 10.1007/978-0-387-85784-8

### **Informe técnico:**

Forma Básica

Apellidos, A. A. (Año). *Título*. (Informe Núm. xxx). Ciudad: Editorial

### **Informe con autores**

Weaver, P. L., & Schwagerl, J. J. (2009). U. S. *Fish and Wildlife Service refuges and other nearby reserves in Southwestern Puerto Rico*. (General Technical Report IITF-40). San Juan: International Institute of Tropical Forestry.

### **Informe de una agencia del gobierno**

Federal Interagency Forum on Child and Family Statistics. *America's Children: Key National Indicators of Well-Being, 2009*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office. Recuperado de <http://www.childstats.gov/pubs/index.asp>

### **Tesis**

Forma Básica

Apellidos, A. A. (Año). *Título*. (Tesis inédita de maestría o doctorado). Nombre de la institución, Localización.

### **Tesis inédita, impresa**

Muñoz Castillo, L. (2004). *Determinación del conocimiento sobre inteligencia emocional que poseen los maestros y la importancia que le adscriben al concepto en el aprovechamiento de los estudiantes*. (Tesis inédita de maestría). Universidad Metropolitana, San Juan, PR.

### **Tesis de base de datos comercial**

Santini Rivera, M. (1998). *The effects of various types of verbal feedback on the performance of selected motor development skills of adolescent males with Down syndrome*. (Tesis doctoral). Disponible

en la base de datos ProQuest Dissertations and Theses. (AAT 9832765).

### **Tesis web**

Aquino Ríos, A. (2008). *Análisis en el desarrollo de los temas transversales en los currículos de español, matemáticas, ciencias y estudios sociales del Departamento de Educación*. (Tesis de maestría, Universidad Metropolitana). Recuperado de [http://suagm.edu/umet/biblioteca/UMTESIS/Tesis\\_Educacion/ARAquinoRios1512.pdf](http://suagm.edu/umet/biblioteca/UMTESIS/Tesis_Educacion/ARAquinoRios1512.pdf)

### **Estándares o patentes**

Forma Básica

Apellidos, A. A. Título de la patente. País y número de la patente. Clasificación de la patente, fecha de concesión oficial. Número y fecha de solicitud de la patente, paginación.

Hernández Suárez, C. A., Gómez Saavedra, V. A., & Peña Lote, R. A. Equipo medidor de indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica para usuario residencial. Colombia., 655. G4F 10/0, 15 de Marzo 2013. 27 de Octubre 2011, 147

## **4. ENVÍO DE ARTÍCULOS**

Los autores deben enviar sus artículos a través de la aplicación para tal fin del Open Journal System en formato digital, adjuntando la carta de presentación y el formato de información artículo-autores.

### **4.1 Carta de presentación**

El artículo debe ir acompañado de una carta de presentación dirigida al director y editor de la revista, Ing. Cesar Augusto García Ubaque, donde incluya:

- Solicitud expresa de considerar su artículo para publicarlo en la revista Tecnura.
- Título completo del trabajo.
- Nombres completos de todos los autores del trabajo.
- Certificación de la originalidad y el carácter inédito del trabajo.

- Exclusividad de su remisión a la revista *Tecnura*.
- Confirmación de la autoría con la firma de todos los autores.

Esta carta deberá estar firmada por todos los autores, escanearse y enviarse junto con los demás documentos solicitados.

#### 4.2 Formato de información artículo-autores

El artículo además debe ir acompañado de un formato de información sobre el artículo y sus autores, el cual se puede descargar de la página web de la revista *Tecnura*: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura>, en la sección "Formatos y Documentos". Es importante completar todos los campos de información solicitados, algunos de ellos tienen comentarios para aclarar mejor lo que se está solicitando. El formato no debe escanearse.

#### 4.3 Artículo

Artículo en formato digital (Word 2003 en adelante) que cumpla con todas las normas de presentación descritas en el capítulo 3, "Formato del artículo", de la presente en las instrucciones a los autores.

### 5. PROCEDIMIENTO PARA LA PUBLICACIÓN

El procedimiento que sigue la revista *Tecnura* para la evaluación y posible publicación de los trabajos enviados por los autores es el siguiente en orden cronológico:

1. Envío del artículo acompañado de la carta de presentación y el formato de información por parte de los autores.
2. Notificación al autor de correspondencia de la recepción del artículo.
3. Verificación del tema del artículo con respecto a las áreas de interés de la revista.
4. Verificación de las normas de presentación por parte del monitor de la revista.
5. Notificación al autor de correspondencia de la evaluación de las normas de presentación.

6. Envío de las correcciones realizadas por los autores con respecto a la evaluación de las normas de presentación.
7. Envío del artículo a los árbitros seleccionados.
8. Notificación del inicio del proceso de arbitraje del artículo.
9. Notificación a los autores de la decisión tomada por el Comité Editorial y de las evaluaciones hechas por los árbitros.
10. Envío de las correcciones realizadas por los autores con respecto a las evaluaciones de los árbitros.
11. Estudio de la versión final del artículo y de las evaluaciones de los árbitros por parte del Comité Editorial.
12. Envío por parte de los autores de la carta de cesión de derechos al editor de la revista.
13. Envío de la versión con corrección de estilo y diagramada a los autores.
14. Verificación de errores y aprobación final de la versión con corrección de estilo y diagramada por parte de los autores.
15. Publicación del artículo en el número correspondiente de la revista *Tecnura*.
16. Notificación a los autores de la publicación del número de interés.
17. Envío de un ejemplar de la revista a cada autor del artículo publicado.

### 6. PROCESO DE ARBITRAJE DE ARTÍCULOS

Considerando la periodicidad trimestral de la revista, el Comité Editorial realiza cuatro convocatorias anuales para la recepción de artículos, aproximadamente en los meses de febrero, mayo, agosto y noviembre. Los artículos serán recibidos hasta la fecha máxima establecida en cada convocatoria.

Una vez recibidos los artículos el monitor de la revista realizará una primera evaluación de forma para verificar que cumplan con todos los elementos mencionados en esta guía de instrucciones a los autores. Luego de recibir nuevamente el artículo con las correcciones de forma solicitadas por el



monitor de la revista, este será sometido a evaluación por tres pares académicos (paulatinamente se espera incorporar un mayor número de pares externos que participen en el proceso).

Cada artículo remitido a la revista *Tecnura* es revisado por dos pares académicos externos a la institución de los autores, mediante un proceso de “revisión entre pares” (*Peer-review*) de doble-ciego, garantizando el anonimato de los autores y evaluadores; se considera confidencial todo trabajo recibido y así se le exige a sus evaluadores.

Las posibles conclusiones de los resultados de la evaluación por parte de los árbitros son únicamente tres: publicar el artículo sin modificaciones, publicar el artículo con modificaciones o no publicar el artículo.

Posteriormente, el Comité Editorial toma la decisión de publicar o no los artículos, con base en los resultados de las evaluaciones realizadas por los árbitros asignados. En caso de existir contradicciones en las evaluaciones con respecto a la publicación de un artículo, el Comité Editorial enviará el artículo a un tercer árbitro y se inclinará por las dos evaluaciones que tengan el mismo concepto respecto a la publicación del artículo.

En cada convocatoria el autor de correspondencia debe sugerir al menos cuatro posibles evaluadores externos a su institución laboral, los cuales deben ser especialistas en el tema específico del artículo remitido, tener al menos maestría y por lo menos dos deben ser internacionales. Los posibles evaluadores pueden pertenecer a una universidad o industria, pública o privada; de estos se debe proporcionar el nombre completo, su formación académica más alta, su afiliación institucional y su correo electrónico. Estos cuatro potenciales

evaluadores serán analizados por el Comité Editorial a fin de ampliar la base de datos de los árbitros de la revista *Tecnura*.

El Comité Editorial de la revista *Tecnura* se reserva los derechos de impresión, reproducción total o parcial del artículo, así como el de aceptarlo o rechazarlo. Igualmente, se reserva el derecho de hacer cualquier modificación editorial que estime conveniente; en tal caso el autor recibirá por escrito recomendaciones de los evaluadores. Si las acepta, deberá entregar el artículo con los ajustes sugeridos dentro de las fechas fijadas por la revista para garantizar su publicación dentro del número programado.

## 6. CONTACTO

Para cualquier solicitud de información adicional puede comunicarse a través del correo electrónico de la revista *Tecnura*: [tecnura@udistrital.edu.co](mailto:tecnura@udistrital.edu.co), [tecnura@gmail.com](mailto:tecnura@gmail.com), o por mensajería con el Ing. Cesar Augusto García Ubaque, Director y Editor de la revista *Tecnura*, a la dirección:

Revista Tecnura  
Sala de Revistas, Bloque 5, Oficina 305.  
Facultad Tecnológica  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Transversal 70 B N. 73 a 35 sur  
Teléfono: 571 – 3239300 Extensión: 5003  
Celular: 57–3153614852  
Bogotá D.C., Colombia  
Email:  
[tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co](mailto:tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co), [tecnura@gmail.com](mailto:tecnura@gmail.com)  
Página web:  
<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura>



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

### *Tecnura journal* District francisco José de caldas university Faculty of technology

#### CONTENT

- **Scope and editorial policy of the journal**
- **Type of accepted articles**
- **Article format**
- **Article submission**
- **Publication procedure**
- **Article arbitration**
- **Contact**

#### SCOPE AND EDITORIAL POLICY OF THE JOURNAL

*Tecnura journal* is an institutional publication of the Faculty of Technology from University Francisco José de Caldas. It is a scientific and technological publication with quarterly periodicity, which is published in January, April, July and October. The first issue appeared in the second semester of 1997 and up to now it has maintained its regularity.

The areas of interest of *Tecnura journal* are focused on all engineering fields such as electronics, telecommunications, electricity, systems, industrial, mechanics, cadastral, civil, environmental, among others. However, it is not restricted to those; it also has room for education and health issues, as long as they are related to engineering. The journal will only publish concerning scientific and technological research, reflection and revision. In consequence, during the initial editorial evaluation, short articles and case reports will be rejected.

*Tecnura Journal* is addressed for professors, researchers, students and professionals interested in permanent update of their knowledge and follow-up of scientific-technologic processes in the field of engineering. *Tecnura Journal* has as mission

to disseminate results of research projects in the areas of engineering, through the publication of original and unpublished articles, conducted by academics and professionals accredited by public or private national or foreign institutions. Articles submitted to *Tecnura journal* must be unpublished works written in Spanish or English; nevertheless, preference will be given to articles that show innovative concepts of great interest, related to the objective and scope of the journal.

*Tecnura* is an academic publication indexed in the Regional Index Scielo Colombia (Colombia) and Redalyc (México); as well as of the following bibliographic databases: INSPEC of the Institution of Engineering and Technology (England), Fuente Académica Premier of EBSCO (United States), CABI (England), Index Copernicus (Poland), Informe Académico of Gale Cengage Learning (México), Periódica from the Universidad Nacional Autónoma de México (México), Oceanet (Spain) and Dialnet from the Universidad de la Rioja (Spain). It is also part of the following directories: Online Regional Information System for Scientific journals from Latin America, Caribbean, Spain and Portugal Latindex (México), Bibliographic Index Actualidad Iberoamericana (Chile), e-Revistas (Spain), DOAJ (Sweden) and Ulrich of Proquest (United States).

*Tecnura* is a journal arbitrated by a revision process among double blind peers. The schedule of the conformation of its scientific and editorial committee is subject to the publication of articles in internationally indexed journals by their members.

District University Francisco José de Caldas, its directors, the editor, the editorial and scientific committee are not responsible for the opinions and the criteria expressed in the content of the articles

and they are published under the exclusive responsibility of the authors and do not necessarily reflect the ideas of the editorial committee.

In addition to the printed version, Tecnura journal also has a digital version available in its web page: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/index>

## TYPE OF ARTICLES ACCEPTED

According to the classification of the Scientific and Technological Publications National Index (Publindex-Colciencias), *Tecnura* journal receives nominations of unpublished articles on the following topics:

- ***Scientific and technological research articles:*** document that presents, in a detailed manner, the original results of research projects. The generally used structure contains four main parts: introduction, methodology, results and conclusions.
- ***Reflection articles:*** document that presents research results from an analytic, interpretative or critic perspective from the author, dealing with a specific topic and adopting original sources.
- ***Review article:*** document that results from a research where the results of published or unpublished research on a science or technology field are analyzed, systematized and integrated, in order to state the advances and tendencies in development. It is characterized for presenting a careful bibliographical review of at least 50 references.

## ARTICLE FORMAT

### About the appropriate language and style for articles writing

- Authors must use simple sentence structures, avoiding those too long or complex.
- The vocabulary used must be basic and common. Technical language must be briefly explained; also, the meaning of the acronyms must be given the first time they appear in the text.
- The authors are responsible for their work to be conducted in a professional and ethic manner.

### About the length of articles

The articles should not exceed 25 pages in letter size and double space, with symmetric margins of 3 cm. Only in the case of review articles, these 25 pages do not include references.

### About the presentation format

Submitted articles must be unpublished works written in Spanish or English, and must be typed in Microsoft Word (2003 and beyond), complying with the following indications:

- *Times New Roman* letter, 12 point (except it is required for some sections).
- One column, double-spaced.
- All the margins 3 cm.
- Paragraphs should be justified without spaces between consecutives and without cutting words.
- Do not include page breaks or section finals.
- If you want to emphasize words or phrases from the text, do not use bold letters but italic.
- Decimals should be pointed with comma (,) and not with period (.).
- Thousands and millions should be pointed with a fine space.
- Avoid footnotes.
- Arabic nomenclature must be used only until the third level.

### About the article structure

The papers must have the following structure and comply with the following requirements:

### Composition of an article

All the articles submitted for evaluation and possible publication by the Tecnura Journal must have at least the following components:

- Title in Spanish and English.
- Information about the authors.
- Abstract in Spanish and English.

- Key words in Spanish and English.
- Introduction.
- Conclusions.
- Future work (optional).
- Acknowledgements (optional).
- Bibliographical references.

If the article is related to scientific and technological research must have, in addition to the above, the following components:

- Methodology.
- Results.
- Financing.

### *Title*

The title of the article must be short or divided in title and subtitle, attractive for the potential reader and written in capital letters. It should appear centered between the margins, written in *Times New Roman* letter, in bold, font size 18. The title of the article has to be in Spanish and English separated by double space. Maximum 20 words.

### *Authors*

After the title the complete name(s) of the author(s) must be written, with their basic biographical data: undergraduate degree, graduate degree, occupation or position, institutional affiliation (institution where they work), dependency, city, country and e-mail. The above information must be immediately below the author's name.

### *Abstract*

The scope and purpose of the work must be established giving a clear and concise description of the methodology, results presented and the conclusions obtained. Maximum of 250 words.

### *Keywords*

Between three and ten keywords must be chosen, written in English with *Times New Roman* letter in bold and italic.

Key words must be written in alphabetic order and must be as standard as possible, for which it is suggested the use of international databases according to the area of knowledge. For example, in the area of Electrics and Electronics it is suggested to use the IEEE thesaurus and World Bank thesaurus that can be accessed at the following web pages respectively:

[http://www.ieee.org/documents/2009Taxonomy\\_v101.pdf](http://www.ieee.org/documents/2009Taxonomy_v101.pdf)

<http://multites.net/mtsql/wb/site/default.asp>

### *Abstract in Spanish*

Translation to the Spanish language of the text that appears in the abstract, it must be correct and precise.

### *Keywords in Spanish*

Translation to the English language of the keywords in Spanish, they must be correct and precise.

Keywords must be written in the order of the English version and must be as standard as possible, for which it is suggested the use of international databases according to the area of knowledge. For example, in the area of Electrics and Electronics it is suggested to use the UNESCO thesaurus that can be found at the following web pages:

<http://databases.unesco.org/thessp>

### *Introduction*

The general idea of the work must be described, its context, backgrounds, state of the art of the topic, objectives and possible scope of the work.

### *Methodology*

The writing of this part must allow any specialized professional in the topic to replicate the research.

### *Results*

Explanation and interpretation of the findings. If necessary, a brief discussion focused on the interpretation of the results can be presented.

### *Conclusions*

Implication of the results and their relation to the proposed objective.

### *Financing*

Mention the associated research from which the article was derived and the entity that endorsed and financed the research.

### *Acknowledgments*

They should preferably be brief and include the essential contributions for the development of the paper.

### *Equations*

Equations must appear centered with respect to the main text. They must be referenced with consecutive numbers (written in parenthesis close to the right margin). Equations are cited in the main text employing the word equation, and followed by the number in parenthesis. Equations must be made in an appropriate equation editor and compatible with "InDesign" software, as for example the equation editor of Windows.

### *Tables*

In the case of implementation of tables, it is recommended that these are not inserted as images, considering that in that format they cannot be modified. The title of each table must include the word table (in italic) followed by the corresponding consecutive number and a brief name of the table. The heading must be written in TNR letter, italic and font size 9.

Charts are not presented but tables and they should be automatically raised from the text processor. Tables should be named and referenced in the article, in strict order. Every table must have at the bottom the source from which it was taken, or to mention self-authorship if it is the case.

### *Figures*

All the figures or pictures have to be sent in JPG or PNG format with a minimum resolution of 300 DPI, adapted to gray scale.

The footnote or name of each figure must include the word figure (in italic) followed by the corresponding consecutive number and a brief description of the content of the figure. The footnote of the figure must be written in *Times New Roman* letter, italic and font size 9. Figures must be named and referenced in the article, in strict order. Every figure must have at the bottom the source from which it was taken, or to mention self-authorship if it is the case.

### *Symbols*

The symbols of the constants, variables and functions in Latin or Greek letters –included in the equations- must be in italic; the mathematical symbols and the numbers do not go in italic. The symbols must be identified immediately after the equation. Units, dimensions and symbols of the international system must be used

When using acronyms or abbreviations, the complete equivalence should be written first, followed by the corresponding acronym or abbreviation in parenthesis and from there it is only written the respective acronym or abbreviation.

### *Bibliographic references*

The adopted reference citation style by *Tecnura* journal is APA sixth edition. The cites, bibliographic references and infography are included in the last part of the article. The bibliographic references must be alphabetically ordered according to the author's first surname, without numbering.

There should only appear the cited references in the main body of the work, in tables or in figures. It means, in the list there should not appear other references although they have been consulted by the authors for the work preparation. We suggest using tools such as: Cites and bibliography from Microsoft Word (for APA sixth edition version 2013 or superior), Zotero, Mendeley, among others.

The call for a bibliographic reference is inserted in the text, at the pertinent point, under certain characteristics:

- If the sentence includes the author's surname, it should only be written the date into a parenthesis, for instance:

Cuando Vasco (2012), analizó el problema de presentado en ....

- When the author is not included in the sentence, surname and date must be into a parenthesis.

La investigación de materiales dio una visión en el área (Martínez, 2012).

- If the document or work has more than two authors, the first cite must include all the surnames. 1990. (Fernández Morales, Villa Krieg & Caro de Villa, 2008) ....

- In the following mentions, it must only be written the author's first surname, followed by "et al.".

En cuanto al estudio de las aguas, Fernández Morales et al. (2008) encontraron que ...

- When the document or work has more than six authors, it must be used from the first mention "et al.".

Next it is described a series of examples of the more used references, according to the reference style adopted by *Tecnura* journal:

### **Periodical Publications:**

#### Basic Form

Surnames, A. A., Surnames, B. B. & Surnames, C. C. (Date). Article's title. *Title of the publication*, volume (number), pp. xx-xx. doi: xx.xxxxxxx

#### Basic article

Guevara López, P., Valdez Martínez, J., Agudelo González, J., & Delgado Reyes, G. (2014). Aproximación numérica del modelo epidemiológico SI para la propagación de gusanos informáticos, simulación y análisis de su error. *Revista Tecnura*, 18(42), 12 -23. doi:http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.4.a01

#### Web article

Rodríguez Páez, S., Fajardo Jaimes, A., & Páez Rueda, C. (2014). Híbrido rat-race miniaturizado para la banda ISM 2,4 GHz. *Revista Tecnura*, 18(42),

38-52. Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/8059/9675>

### **Books:**

#### Basic Form

Surnames, A. A. (Year). *Title*. City: Editorial.

Surnames, A. A. (Year). *Title*. Recovered from <http://www.xxxxxx.xxx>

Surnames, A. A. (Year). *Title*. doi: xx.xxxxxxxx

Surnames, A. A. (Ed.). (Year). *Title*. City: Editorial.

#### Book with author

Goleman, D. (2000). *La inteligencia emocional: Por qué es más importante que el cociente intelectual*. México: Ediciones B.

#### Book with editor:

Castillo Ortiz, A. M. (Ed.). (2000). *Administración educativa: Técnicas, estrategias y prácticas gerenciales*. San Juan: Publicaciones Puertorriqueñas

#### Book electronic version:

Montero, M. & Sonn, C. C. (Eds.). (2009). *Psychology of Liberation: Theory and applications*. [Versión de Springer]. doi: 10.1007/ 978-0-387-85784-8

### **Technical report:**

#### Basic Form

Surnames, A. A. (Year). *Title*. (Report No. xxx). City: Editorial

#### Report with authors

Weaver, P. L., & Schwagerl, J. J. (2009). *U. S. Fish and Wildlife Service refuges and other nearby reserves in Southwestern Puerto Rico*. (General Technical Report IITF-40). San Juan: International Institute of Tropical Forestry.

#### Report from a Government agency

Federal Interagency Forum on Child and Family Statistics. *America's Children: Key National Indicators of Well-Being, 2009*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office. Recuperado de <http://www.childstats.gov/pubs/index.asp>

**Thesis****Basic form**

Surnames, A. A. (Year). Title. (Unpublished master or doctorate thesis). Institution name, Location.

**Unpublished thesis, printed**

Muñoz Castillo, L. (2004). *Determinación del conocimiento sobre inteligencia emocional que poseen los maestros y la importancia que le adscriben al concepto en el aprovechamiento de los estudiantes*. (Tesis inédita de maestría). Universidad Metropolitana, San Juan, PR.

**Commercial database thesis**

Santini Rivera, M. (1998). *The effects of various types of verbal feedback on the performance of selected motor development skills of adolescent males with Down syndrome*. (Tesis doctoral). Disponible en la base de datos ProQuest Dissertations and Theses. (AAT 9832765).

**Web thesis**

Aquino Ríos, A. (2008). *Análisis en el desarrollo de los temas transversales en los currículos de español, matemáticas, ciencias y estudios sociales del Departamento de Educación*. (Tesis de maestría, Universidad Metropolitana). Recuperado de [http://suagm.edu/umet/biblioteca/UMTESIS/Tesis\\_Educacion/ARAquinoRios1512.pdf](http://suagm.edu/umet/biblioteca/UMTESIS/Tesis_Educacion/ARAquinoRios1512.pdf)

**Standards or patents****Basic form**

Surnames, A. A. Title of the patent. Country and number of the patente. Classification of the patent, date of official license. Number and date of patent request, pagination.

Hernández Suárez, C. A., Gómez Saavedra, V. A., & Peña Lote, R. A. Equipo medidor de indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica para usuario residencial. Colombia., 655. G4F 10/0, 15 de Marzo 2013. 27 de Octubre 2011, 147

**ARTICLE SUBMISSION**

Authors must submit their articles through the application Open Journal System in digital format, attaching the cover letter and the article-authors format.

**Cover letter**

The article must be submitted with a cover letter addressed to the director and editor of the journal, Engineer Cesar Augusto Garcia Ubaque, including:

- Specific request to consider your article to be published in Tecnura journal.
- Full title of the article.
- Full names of all the authors of the paper.
- Certification of the originality and unpublished character of the paper.
- Exclusivity of submission to Tecnura journal.
- Authoring confirmation with signature of all the authors.

This letter must be signed by all the authors, scanned and sent with the remaining requested documents.

**Article-authors information format**

The article has to be submitted with an information format about the article and its authors which can be downloaded from the web page of Tecnura journal <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/index>, in the section "Forms and Documents". It is important to complete all the fields of information requested, some of them have comments to clarify better what is being requested. The format must not be scanned.

**Article**

Article in digital format (Word 2003 and later editions) that complies with all the presentation rules described in chapter three, "Article structure", of this guide of instructions for authors.

## PUBLICATION PROCEDURE

The procedure to be followed by Tecnura journal for the evaluation and possible publication of the papers sent by the authors is the following in chronological order:

1. Delivery of the article with the cover letter and the information format by the authors.
2. Notification to the author about the reception of the article.
3. Verification of the presentation rules by the monitor of the journal.
4. Notification to the author about the evaluation of the presentation rules.
5. Submission of corrections made by the authors related to the evaluation of presentation rules.
6. Submission of the articles to the selected arbitrators.
7. Notification of the beginning of the arbitration process of the article.
8. Notification to the authors about the decision made by the editorial committee, and about the evaluations made by the arbitrators.
9. Delivery of the corrections made by the authors with respect to the evaluations made by the arbitrators.
10. Study of the final version of the article and the evaluations of the arbitrators by the editorial committee.
11. Delivery by the authors of the letter that surrenders right to the editor of the journal.
12. Submission of the version with style corrections and diagrammed to the authors.
13. Verification of errors and final approval of the version with style corrections and diagrammed by the authors.
14. Publication of the article in the corresponding number of Tecnura journal.
15. Notification to the authors of the number of interest.
16. Delivery of a copy of the journal to each one of the authors of the published article.

## ARTICLE ARBITRATION PROCESS

Considering the quarterly periodicity of the journal, the Editorial Committee makes four calls every year for the submission of articles, approximately in the months of February, May, August and November. The articles will be received until the date established in the call.

Once received the articles, the monitor of the journal will make an initial form evaluation to verify the completion of the elements mentioned in this guide of instructions to authors. After receiving again the article with the requested corrections by the journal's monitor, the paper will be submitted to evaluation by three academic peers (through time it is expected to include more external peers to participate in the process).

Each article sent to Tecnura journal is checked by two expert academic peers external to the institution of the authors, by a process of "Peer-review" of double blind, guaranteeing the anonymity of authors and evaluators; every paper sent is considered confidential and so it is demanded to evaluators.

Possible conclusions of the result of the evaluation by the judges are only three: publish the article without modifications, publish the article with modifications and not publish the article.

Subsequently, the Editorial Committee takes the decision to publish or not the articles, based on the results of the evaluations made by the assigned arbitrators. In case of contradictions in the evaluations with respect to the publication of an article, the editorial committee will send the article to a third peer and will be inclined for the two evaluations that have the same concept with respect to the publication of the article.

In each call the main author must suggest at least four possible external arbitrators to his work institution evaluators, who must be specialists in the specific topic of the article sent and must have at least Masters level, and at least two must to be international. Potential evaluators can belong to a university or industry, public or private; their



complete names must be provided, highest academic formation, institutional affiliation and e-mail. The editorial committee will analyze these four potential evaluators in order to enrich the database of arbitrators of *Tecnura* journal.

The Editorial Committee of *Tecnura* journal reserves the right to print, reproduce total or partially the article, as the right to accept or reject it. In the same way, it has the right to make any editorial modification that considers necessary; in this case the author will receive written recommendations from the evaluators. If accepted, authors must deliver the article with the suggested adjustments within the dates given by the journal to guarantee its publication in the programmed number.

## CONTACT

For any additional information request, please send an e-mail to *Tecnura* journal [tecnura@udistrital.edu.co](mailto:tecnura@udistrital.edu.co), [tecnura@gmail.com](mailto:tecnura@gmail.com) or by mail to Cesar Augusto Garcia Ubaque, Director and Publisher of *Tecnura* Journal, to the following address:

*Tecnura* Journal  
Journals Room, Block 5, Office 305.  
Faculty of Technology  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Transversal 70 B N. 73 a 35 sur  
Phone: 571-3239300 Extension: 5003  
Mobile: 57-3153614852  
Bogotá D.C., Colombia  
Email:  
[tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co](mailto:tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co), [tecnura@gmail.com](mailto:tecnura@gmail.com)  
Web page:  
<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/index>



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

## ÍNDICE PERIÓDICO DE ARTÍCULOS

Volumen 23  
Número 59, 60, 61, 62,  
2019

### INVESTIGACIÓN

Comparación de las técnicas máxima verosimilitud, máquinas de soporte vectorial y bosques aleatorios en clasificación de imágenes satelitales

Construcción y evaluación de un divisor de alto voltaje para pruebas de impulso tipo rayo

Desarrollo y fabricación de un microsensar de gas de baja potencia para la detección de amoníaco a bajas concentraciones

Externalidades de las emisiones del transporte público en Tepic, México: cambio climático y sustentabilidad

Fractura de roca andesita y análisis espectral de señales de emisión acústica

Homeostasis de la industria de manufactura en Jalisco, México: el kaizen como negentropía en la logística de embarques

Identificación de malas prácticas constructivas en la vivienda informal. Propuesta educativa

Implementación del método de escasez en la determinación de la huella hídrica en la zona costera de San Blas, México

Influencia del biodiésel de aceite de fritura usado, sobre las emisiones: índice de opacidad

Localización del punto óptimo de partida en el problema de ruteo vehicular con capacidad restringida (CVRP)

Nanomateriales celulósicos para la adsorción de contaminantes emergentes

Sistemas piezoeléctricos en el tren urbano de Guadalajara, México: entropía y negentropía

Teledetección aplicada al mapeo geomorfológico de los volcanes de la cuenca alta del río Chaschuil, provincia de Catamarca, Argentina

Técnicas de ultrasonido para la caracterización de vidrios volcánicos

Uso de materiales reciclados en compuestos cementicios

### ESTUDIO DE CASO

Adaptación metodológica en el diseño y desarrollo urbano de bajo impacto para el manejo de aguas pluviales en Colima, México

Ajuste protección de sobreexcitación ANSI 24 de un generador sincrónico para un relé Siemens 7UM62

Desempeño de un material granular estabilizado con cemento cuando se aplica carga a compresión

Determinación del coeficiente de resistencia de Darcy-Weisbach utilizando el enfoque Newton-Raphson para android 4.0

Diagnóstico tecnológico de la pertinencia al implementar un laboratorio de testing de software. Caso: Universidad Cooperativa de Colombia, campus Popayán



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

## NEWSPAPER ARTICLE INDEX

Volume 23  
Number 59, 60, 61, 62  
2019

### RESEARCH

Andesite rock fracture and spectral analysis of acoustic emission signals  
Cellulosic nanomaterials for adsorption of emerging contaminants  
Comparison of maximum likelihood, support vector machines, and random forest techniques in satellite images classification  
Construction and evaluation of a high voltage divider for lightning impulse tests  
Development and manufacture of a low power gas microsensor for the detection of ammonia at low concentrations  
Externalities of the public transportation emissions in tepic, Mexico: climate change and sustainability  
Homeostasis of the manufacturing industry in Jalisco, México: kaizen as a negentropy in shipping logistics  
Identification of constructive bad practices in informal housing. Educational proposal  
Implementation of the shortage method to determine the water footprint in the coastal area of San Blas, México  
Influence of biodiesel made from waste cooking oil on emissions: opacity index

Location of the optimal starting point in the vehicle routing problem with restricted capacity (CVRP)  
Piezoelectric Systems in the Urban Train of Guadalajara, Mexico: Entropy and Negentropy  
Remote sensing applied to the geomorphological mapping of the volcanoes of the upper Chaschuil river basin in the province of Catamarca, Argentina  
Ultrasonic techniques applied to the characterization of volcanic glass  
Using recycled materials in cementitious composites

### CASE STUDY

Adjustment ANSI 24 overexcitation protection of a synchronous generator for a Siemens 7UM62 relay  
Darcy-Weisbach resistance coefficient determination using Newton-Raphson approach for android 4.0  
Methodological adaptation in the design and urban development of low impact for stormwater management in Colima, México  
Performance of a granular material stabilized with cement when compressive loading is applied  
Technological diagnosis of relevance when implementing a software testing laboratory a case study: "Universidad Cooperativa de Colombia" in Popayán



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

## ÍNDICE PERIÓDICO DE AUTORES

Volumen 23

Número 59, 60, 61, 62

2019

### **Abigail Eloísa Madrigal Olveira**

Ingeniera en Nanotecnología. División de Ingenierías e Innovación Tecnológica. Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [shapys\\_abigail@hotmail.com](mailto:shapys_abigail@hotmail.com)

### **Adriana Edih Niz**

Licenciada en Geología. Doctora en Geología. Representante para Sudamérica en IUGS-GEM. Asesor sénior de la Unión Árabe de Geociencias (ArabGU). Directora del Instituto de Monitoreo y Control de la Degradación Geoambiental (IMCoDeG). Profesor Titular Cátedra Geomorfología. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Catamarca. San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina. Contacto: [aniz@tecnologia.unca.edu.ar](mailto:aniz@tecnologia.unca.edu.ar)

### **Alejandro Fasciszewski**

Magíster en Ingeniería Electrónica, ingeniero electrónico, director del Departamento de Micro y Nanotecnología, Comisión Nacional de Energía Atómica. Buenos Aires, Argentina. Contacto: [afascisz@cnea.gov.ar](mailto:afascisz@cnea.gov.ar)

### **Ana Luz Quintanilla Montoya**

Oceanógrafa. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Colima. Colima, México. Contacto: [analuzqm@uclm.mx](mailto:analuzqm@uclm.mx)

### **Ángel Manuel Olavarría Sánchez**

Ingeniero Civil. Auxiliar de Seguridad Vial en la Secretaría de Movilidad del Estado de Colima. Colima, México. Contacto: [aolavarría@uclm.mx](mailto:aolavarría@uclm.mx)

### **Antonio Caggiano**

Ingeniero civil, doctor en Ingeniería. Docente en LMNI, Intecin, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Estudiante posdoctoral en Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt, Alemania. Contacto: [acaggiano@fi.uba.ar](mailto:acaggiano@fi.uba.ar)

### **Antonio David Mejía Regalado**

Ingeniero mecánico de automotores, maestro en Ciencias con mención en Ingeniería Mecánica - Motores de Combustión Interna. Docente de la Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú. Contacto: [amejia@utp.edu.pe](mailto:amejia@utp.edu.pe)

### **Arturo Arizaga Barragán**

Ingeniero en Energía, División de Ingenierías e Innovación Tecnológica. Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [arturo.arizaga@alumno.udg.mx](mailto:arturo.arizaga@alumno.udg.mx)

### **Beatriz Elena Alzate Atehortúa**

Geologist, Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) specialist, master in geological sciences, master in environment and development. Environmental consultant. Bogotá, Colombia. Contact: [bealzatea@gmail.com](mailto:bealzatea@gmail.com)

### **Belkis Coromoto Sulbarán Rangel**

Ingeniera Forestal, maestra en Ciencias de Productos Forestales, doctora en Ciencias de Materiales. Profesora investigadora asociada B al Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [belkis.sulbaran@academicos.udg.mx](mailto:belkis.sulbaran@academicos.udg.mx)

### **Camilo Alberto Torres Parra**

Ingeniero Ambiental y Sanitario, especialista en Gerencia de Proyectos, magister en Educación. Docente de la Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia. Contacto: [catorres@ucatolica.edu.co](mailto:catorres@ucatolica.edu.co)

### **Carlos Alberto Andrade**

Ingeniero electricista, Ingeniero electricista de la Empresa Proing S.A. Su línea de trabajo es el diseño eléctrico en Cali, Cali, Colombia. Contacto: [auxiliardisenio2@proing.com](mailto:auxiliardisenio2@proing.com)

### **Carlos Alberto Guzmán González**

Licenciado en Química, magister en Ciencias, doctor en Ciencias, posdoctor de la Universidad de California Campus Riverside. Profesor investigador asociado B. Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [carlos.guzman@cutonala.udg.mx](mailto:carlos.guzman@cutonala.udg.mx)

### **Carlos Gabriel Herrera**

Ingeniero Civil. Magíster en Docencia Universitaria de Disciplinas Tecnológicas. Profesor Titular Cátedra Álgebra. Departamento de Formación Básica. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Catamarca. San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina. Contacto: [cgherrera@tecnologia.unca.edu.ar](mailto:cgherrera@tecnologia.unca.edu.ar)

### **César Augusto García Ubaque**

Civil Engineer, MsC Civil Engineering, PhD in Engineering. Associated Professor Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D. C. Contact: [cagarciau@udistrital.edu.co](mailto:cagarciau@udistrital.edu.co)

### **Daniel Rodríguez**

Licenciado en Física, doctor en Ciencia y Tecnología mención Física, investigador Departamento de Micro y Nanotecnología, Comisión Nacional de Energía Atómica. Buenos Aires, Argentina. Contacto: [drodri@tandar.cnea.gov.ar](mailto:drodri@tandar.cnea.gov.ar)

**Diego Alejandro Cowes**

Ingeniero de sonido, magíster en Ciencia y Tecnología de los Materiales. Comisión Nacional de Energía Atómica. Docente de la Universidad Nacional de Tres de Febrero. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Contacto: [diegocowes@cnea.gov.ar](mailto:diegocowes@cnea.gov.ar)

**Diego Fernando Echeverry**

Ingeniero Electricista, doctor en Ingeniería de la Universidad del Valle. Docente del Grupo de Investigación en Alta Tensión (Gralta), Universidad del Valle. Cali, Colombia. Contacto: [diego.echeverry@correounivalle.edu.co](mailto:diego.echeverry@correounivalle.edu.co)

**Diego Fernando García**

Ingeniero electricista, magíster de Generación de Energía Eléctrica, doctor en Ingeniería. Docente del Grupo de Investigación en Alta Tensión (Gralta), Universidad del Valle. Cali, Colombia. Contacto: [diego.garcia@correounivalle.edu.co](mailto:diego.garcia@correounivalle.edu.co)

**Dino Alberto Filipussi**

Licenciado en Ciencias Físicas, doctor en Ingeniería. Profesor en la Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de San Martín. Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Constituyentes, Departamento ICES. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Contacto: [filipuss@cnea.gov.ar](mailto:filipuss@cnea.gov.ar)

**Eddy Roberto Cuty Clemente**

Ingeniero mecánico, especialista en Combustibles Alternativos, magíster en Ingeniería Mecánica, doctor en Ingeniería. Docente de la Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. Contacto: [ecuty@uni.edu.pe](mailto:ecuty@uni.edu.pe)

**Edgar Humberto Sánchez Cotte**

Ingeniero Civil, Magíster en Ingeniería Civil, Doctor (c) en Ingeniería. Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Contacto: [esanchez@udistrital.edu.co](mailto:esanchez@udistrital.edu.co)

**Edgar Orlando Ladino Moreno**

Civil Engineer, Topographic Engineer, MsC Civil Engineering. Associated Professor Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D. C. Contact: [edgar.ladino@unimilitar.edu.co](mailto:edgar.ladino@unimilitar.edu.co)

**Enzo Martinelli**

Ingeniero civil, doctor en Ingeniería. Docente en Università di Salerno, Dipartimento di Ingegneria Civile. Fisciano, Italia. Contacto: [e.martinelli@unisa.it](mailto:e.martinelli@unisa.it)

**Esmeralda Brito Cervantes**

Licenciada en Mercadotecnia Internacional, maestra en Negocios y Estudios Económicos, doctora en Negocios y Estudios Económicos. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [esmeralda.brito@cut.udg.mx](mailto:esmeralda.brito@cut.udg.mx)

**Guillermo Roberto Solarte Martínez**

Ingeniero de Sistemas, magíster Investigación Operativa y Estadística. Doctor en Ingeniería de Software de la Universidad Pontificia de Salamanca con sede en Madrid. Docente titular de la Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. Contacto: [roberto@utp.edu.co](mailto:roberto@utp.edu.co)

**Gleidys María Torres Chueco**

Estudiante de arquitectura Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia. Contacto: [gchueco@uninorte.edu.co](mailto:gchueco@uninorte.edu.co)

**Hernán Xargay**

Ingeniero civil, especialista en Ingeniería del Petróleo y Derivados. Docente en LMNI, Intecin, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Investigador en Departamento ICES, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Buenos Aires, Argentina. Contacto: [hxargay@fi.uba.ar](mailto:hxargay@fi.uba.ar)

**Irma Aracely Toscano Rentería**

Licenciada en Informática Administrativa, maestra en Comercio Internacional. Universidad de Especialidades. Guadalajara, México. Contacto: [irma\\_toscano@my.uvm.edu.mx](mailto:irma_toscano@my.uvm.edu.mx)

**Janneth Arias Hernandez**

Trabajadora Social, magíster en Antropología Social y Educación. Docente de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Bogotá, Colombia. Contacto: [jnarias@uniminuto.edu](mailto:jnarias@uniminuto.edu)

**Jesús Ríos Aguilar**

Ingeniero Civil, maestro en Ciencias, especialista en Ingeniería de Tránsito. Director general del Instituto de Planeación para el municipio de Colima. Colima, México. Contacto: [jesus.rios@ipco.gob.mx](mailto:jesus.rios@ipco.gob.mx)

**José Antonio Valero Medina**

Systems engineer, master in Tele-informatics, engineering doctor student. Associate professor of the University Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Contact: [jvalero@udistrital.edu.co](mailto:jvalero@udistrital.edu.co)

**José Soto Mejía**

Físico matemático, magíster en Física, magíster en Investigación Operativa y Estadística. Doctor en Ciencias de la Computación de la Universidad Estadual de Campinas. Docente titular de la Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. Contacto: [jomejia@utp.edu.co](mailto:jomejia@utp.edu.co)

**Juan Bonaparte**

Ingeniero electrónico, Departamento de Micro y Nanotecnología, jefe de división Micro y Nanofabricación, Departamento de Micro y Nanotecnología, Comisión Nacional de Energía Atómica. Buenos Aires, Argentina. Contacto: [bonaparte@cnea.gov.a](mailto:bonaparte@cnea.gov.a)

**Juan David Mina-Casaran**

Ingeniero electricista, magíster en Ingeniería Eléctrica. Estudiante de Doctorado en Ingeniería del Grupo de Investigación en Alta Tensión (Gralta), Universidad del Valle. Cali, Colombia. Contacto: [juan.mina@correounivalle.edu.co](mailto:juan.mina@correounivalle.edu.co)

**Juan Ignacio Mieza**

Ingeniero electromecánico, magíster en Ciencia y Tecnología de los Materiales, doctor en Ciencia y Tecnología de los Materiales. Comisión Nacional de Energía Atómica. Docente de la Universidad Nacional de Tres de Febrero y de la Universidad Nacional de San Martín. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Contacto: [mieza@cnea.gov.ar](mailto:mieza@cnea.gov.ar)

**Juan Pablo Muszkats**

Licenciado en Matemática, magíster en Ingeniería Matemática. Profesor adjunto, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Junín, Argentina. Contacto: [jpmuszkats@comunidad.unnoba.edu.ar](mailto:jpmuszkats@comunidad.unnoba.edu.ar)

**Julián Andrés Mera Paz**

Ingeniero de Sistemas, especialista en Redes y Servicios Telemáticos, magíster en Dirección Estratégica de Telecomunicaciones. Estudiante de doctorado en proyectos TIC. Docente de la Universidad Cooperativa de Colombia. Popayán, Colombia. Contacto: [julian.mera@campusucc.edu.co](mailto:julian.mera@campusucc.edu.co)

**Karen Gricela Isabeles Deniz**

Ingeniera Civil, estudiante de maestría. Especialidad en Transnational Water Management, Universidad de Radboud. Nijmegen, Países Bajos. Contacto: [karendeniz@ucol.mx](mailto:karendeniz@ucol.mx)

**Luis Eduardo Muñoz Guerrero**

Ingeniero de Sistemas, magíster Ingeniería de Sistemas y Computación. Docente programa Ingeniería de Sistemas y Computación. Docente asociado de la Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. Contacto: [lemunozg@utp.edu.co](mailto:lemunozg@utp.edu.co)

**Malvina Serra**

Licenciada en Geología. Investigadora del Instituto de Monitoreo y Control de la Degradación Geoambiental (IM-CoDeG). Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Catamarca. San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina. Contacto: [malvinaserra@gmail.com](mailto:malvinaserra@gmail.com)

**María Camila García Vaca**

Chemical Engineer, MsC Chemical Engineering. Colombia, Bogotá D. C. Contacto: [mccarciav@ucatolica.edu.co](mailto:mccarciav@ucatolica.edu.co)

**María Laura Salgán**

Licenciada en Antropología, doctora en Ciencias Naturales. Conicet Idevea. Docente de la IEF. Malargüe, Mendoza, Argentina. Contacto: [lsalgan@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:lsalgan@mendoza-conicet.gob.ar)

**Marianela Ripani**

Ingeniera civil, doctora en Ingeniería. Docente en LMNI, Intecin, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. Contacto: [mripiani@fi.uba.ar](mailto:mripiani@fi.uba.ar)

**Mario Guadalupe Gonzalez Pérez**

Ingeniero civil, magíster en Ingeniería Civil, doctor en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad. Profesor titular de la Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [mario.gonzalez@academico.udg.mx](mailto:mario.gonzalez@academico.udg.mx)

**Martín Pedro Gómez**

Licenciado en Física, magíster en Ciencia y Tecnología de los Materiales, doctor en Ciencia y Tecnología de los Materiales. Comisión Nacional de Energía Atómica. Docente de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Delta y de la Universidad Nacional de San Martín. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Contacto: [mpgomez@cnea.gov.ar](mailto:mpgomez@cnea.gov.ar)

**Miryam Patricia Sassano**

Licenciada en Matemática, magíster en Ingeniería Matemática. Profesora adjunta, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Contacto: [psassano@fi.uba.ar](mailto:psassano@fi.uba.ar)

**Miguel Eduardo Zitto**

Licenciado en Ciencias Físicas, magíster en Simulación Numérica y Control. Profesor adjunto, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Contacto: [mzitto@fi.uba.ar](mailto:mzitto@fi.uba.ar)

**Nayiver Gladys Caicedo Delgado**

Ingeniera electricista, magíster en Sistemas de Generación de Energía, doctora en Ingeniería. Línea de énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle. Profesora titular de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle. Cali, Colombia. Contacto: [nayiver.gladys.caicedo@correounivalle.edu.co](mailto:nayiver.gladys.caicedo@correounivalle.edu.co)

**Norberto Boggio**

Licenciado en Química, doctor en Ingeniería de Microsistemas, investigador del Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN-Conicet). Buenos Aires, Argentina. Contacto: [boggio@cnea.gov.a](mailto:boggio@cnea.gov.a)

**Oyolsi Nájera González**

Profesor investigador, Cuerpo Académico Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, México. Contacto: [oyolsi@uan.edu.mx](mailto:oyolsi@uan.edu.mx)

**Paula Folino**

Ingeniera civil, doctora en Ingeniería. Docente en LMNI, Intecin, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. Contacto: [pfolino@fi.uba.ar](mailto:pfolino@fi.uba.ar)

**Rebeca de Haro Mota**

Profesor investigador, Cuerpo Académico Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, México. Contacto: [deharo@uan.edu.mx](mailto:deharo@uan.edu.mx)

**Rodrigo Elías Esquivel Ramírez**

Ingeniero Civil, Especialista en Vías. Universidad Distrital Francisco José de caldas. Bogotá, Colombia. Contacto: [resquivelr@udistrital.edu.co](mailto:resquivelr@udistrital.edu.co)

**Rosa Piotrkowski**

Licenciada en Ciencias Físicas, doctora en Ciencias Físicas. Centro de Matemática Aplicada, Universidad Nacional de San Martín. Profesora consulta asociada, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Contacto: [rosap46@gmail.com](mailto:rosap46@gmail.com)

**Santos Magaña Moya**

Licenciado en Administración de Empresas, maestro en Administración, candidato a doctor en Administración. Universidad Autónoma de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [smagana@edu.uag.mx](mailto:smagana@edu.uag.mx)

**Sara Edith Bueno Pérez**

Estudiante de la Licenciatura en Biología, Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, México. Contacto: [edith\\_711@uan.edu.mx](mailto:edith_711@uan.edu.mx)

**Sylvia Lorena Serafín González**

Licenciada en Contaduría, maestra en Derecho Económico Local, doctora en Geografía y Ordenación Territorial. Profesor titular, Universidad Politécnica de Nayarit. Tepic, México. Contacto: [sylvia.serafin.gonzalez@upnay.edu.mx](mailto:sylvia.serafin.gonzalez@upnay.edu.mx)

**Susana Marcelño Flores**

Profesor investigador, Cuerpo Académico Recursos Naturales. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, México. Contacto: [smlmarcel@uan.edu.mx](mailto:smlmarcel@uan.edu.mx)

**Yefer Asprilla Lara**

Ingeniero civil, especialista en Infraestructura Vial y Transporte, magíster en Ingeniería Civil, estudiante doctorado en Movilidad, Urbana, Transporte y Territorio, Universidad de Guadalajara. Profesor asociado de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Contacto: [yasprilla@udistrital.edu.co](mailto:yasprilla@udistrital.edu.co)

**Víctor Hugo Romero Arellano**

Licenciado en Física, magíster en Ciencias, doctoren Ciencias. Profesor investigador titular. Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. Contacto: [victor.romero@cutonala.udg.mx](mailto:victor.romero@cutonala.udg.mx)



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

## ÍNDICE PERIÓDICO DE EVALUADORES

Volumen 23  
Número 59, 60, 61, 62  
2019

### EVALUADORES 2019

**PhD. Alfonso Mariano Ramos Chacón**

Universidad Javeriana, Colombia

**PhD. Carlos Felipe Urazan Bonells**

Universidad de la Salle. Colombia

**PhD. Dario Nelson Torres**

Universidad Tecnológica Nacional. Argentina

**PhD. Diego Alexander Escobar García**

Universidad Nacional de Colombia. Colombia

**PhD. (c) Diego Fernando Suero Pérez**

Universidad Libre, Colombia

**PhD. Federico Carini**

Universidad Nacional de San Luis. Argentina

**PhD. Germán Bianchini**

Universidad Tecnológica Nacional. Argentina

**PhD. Hugo Alexander Rondón Quintana**

Universidad Distrital Nueva Granada, Colombia

**PhD. Jorge Arturo Pineda Jaimes**

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

**PhD. José Luis Díaz**

Universidad de la Sabana. Colombia

**PhD. Juan Carlos García Ubaque**

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

**PhD. Manuel Karim Sapag**

Universidad Nacional de San Luis, Argentina

**PhD. Mario Guadalupe González**

Universidad de Guadalajara, México

**PhD. Martín Gómez**

Comisión Nacional de Energía Atómica. Argentina

**PhD. Paola Caymes-Scutari**

Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina

**PhD. William Javier Guerrero Rueda**

Universidad de la Sabana. Colombia

**MEng. Alvaro Rodríguez Paez**

Escuela de Ingenieros Militares. Colombia

**MEng. Édgar Orlando Ladino Moreno**

Universidad Militar Nueva Granada, Colombia

**MEng. Fabián Augusto Lamus Báez**

Universidad de la Salle. Colombia

**MEng. Fausto Andrés Molina Gómez**

Universidad do Porto, Portugal

**MEng. Gabriel Fernando Talero Rojas**

Regeneración Ltda, Colombia

**MEng. Germán Arturo Lopez Martínez**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

**MEng. Helmuth Ortiz**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

**MEng. John Camilo Cifuentes Taborda**

Universidad Minuto de Dios, Colombi

**MEng. María Camila García Vaca**

Universidad Católica, Colombia

**MEng. Sergio Alexander Aristizabal Narvaez**

EPSA, Colombia

**MSc. Laura Ximena Giral**

Universidad de Manizales. Colombia