

# Revista de



# TECNOLÓGICO

RIDTEC | Vol. 16, N.º 1, 2020, enero – junio 2020

P-ISSN 1680-8894

E-ISSN 2219-6714

Edición Semestral

Publicación Regional



PKP|INDEX



MIAR



# Revista de TECNOLÓGICO

Revista de investigación de la Universidad Tecnológica de Panamá

Volumen 16, Número 1, Edición Semestral, Enero - Junio 2020

**P – ISSN 1680-8894**

**E – ISSN 2219-6714**

Revista de I+D Tecnológico: revista de investigación en la Universidad Tecnológica de Panamá. - Vol. 16, no. 1 (ene. - jun. 2020). - Panamá: Editorial Tecnológica, 2020.

v.; 27 cm.

Semestral

P- ISSN 1680-8894

E- ISSN 2219-6714

1. Universidad Tecnológica de Panamá - Publicaciones seriadas
2. Investigaciones - Publicaciones seriadas
3. Investigación y desarrollo.

**Universidad Tecnológica de Panamá**

## AUTORIDADES

**Ing. Héctor M. Montemayor Á.**

Rector

**Licda. Alma Urriola de Muñoz**

Vicerrectora Académica

**Dr. Alexis B. Tejedor De León**

Vicerrector de Investigación, Postgrado y Extensión

**Mgtr. Mauro Destro Stimamiglio**

Vicerrector Administrativo

**Mgtr. Ricardo A. Reyes B.**

Secretario General

**Ing. Brenda Serracín de Álvarez**

Coordinadora General de los Centros Regionales



La Revista de I+D Tecnológico (RIDTEC) es una revista indexada abierta (OA) con publicación semestral de la Universidad Tecnológica de Panamá, especializada en las áreas de las ciencias, ingenierías y tecnologías.

Actualmente, la RIDTEC forma parte del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX), y The European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences (ERIH PLUS), entre otras como REDIB, ROAD, BASE y OAJI.

Para garantizar un proceso de evaluación libre de sesgo y/o conflictos de intereses, cada artículo ha sido evaluado a través de un proceso de "revisión por pares, doble ciego".

**Revista de I+D Tecnológico disponible en:**

<http://www.revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico>

**Plataforma para la Recepción de Artículos:**

<http://www.redinvestigadores.utp.ac.pa/revistaI+D/openconf/openconf.php>

© Derechos reservados, UTP

Impreso en Panamá, Ciudad de Panamá

Imprenta de la Universidad Tecnológica de Panamá

Tiraje: 300 ejemplares.



## Directorio Editorial

P – ISSN 1680-8894  
E – ISSN 2219-6714

### Director de la revista

**Dr. Orlando Aguilar<sup>1</sup>**

### Editor de la revista

**Dr. Orlando Aguilar<sup>1</sup>**

### Coeditores

**Lic. Cristian Moreno<sup>2</sup>**

### Comité Editorial

**Dr. Carlos Medina<sup>3</sup>**

**M.Sc. Julio Mario Daza Escorcía<sup>4</sup>**

**Dr. Jesús Javier Alcantar Peña<sup>5</sup>**

**Dr. Frederick Wittel<sup>6</sup>**

**Dr. David Álvarez<sup>7</sup>**

### Proyección Internacional

**Dra. Elida de Obaldía<sup>8</sup>**

### Comité Científico

**Dr. Christian Chapa Gonzalez<sup>9</sup>**

**Dr. Ronaldo Maghirang<sup>10</sup>**

**Botasso Dr. Hugo Gerardo<sup>11</sup>**

### Soporte técnico y bibliometría

**Ing. Danny Murillo<sup>12</sup>**

**Ing. Dalys Saavedra<sup>12</sup>**

### Dirección de Comunicación Estratégica

**Mgter. Danilo Toro<sup>13</sup>**

**Dra. Libia Batista<sup>14</sup>**

**Mgter. Karin Guillén M.<sup>15</sup>**

**Lcda. Shirley Cedeño<sup>16</sup>**

## Afiliaciones

1. Profesor de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Dirección de Investigación, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá.
2. Dirección de Investigación, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá
3. Profesor de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá
4. Profesor de la Facultad de Ingeniería Industrial, Politécnico de la Costa Atlántica, Colombia.
5. Investigador Titular B, Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), Querétaro, México.
6. Docente Administrador, Assoc. Dean of Math, Science, & Health Professions at Richland College, Dallas, Estados Unidos.
7. Docente Investigador, Universidad de los Andes –Bogotá, Colombia.
8. Asesora de investigación de la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá.
9. Docente Investigador, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computacional, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.
10. Professor adn Associate Dean for Research and Graduate Programs, Kansas State University, Estados Unidos.
11. Profesor Titular ordinario, Universidad Tecnológica Nacional de La Plata, Argentina.
12. Dirección de Innovación en Tecnología Educativa, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá.
13. Dirección de Comunicación Estratégica, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá.
14. Editorial Universitaria, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá
15. Diseño gráfico, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá.
16. Imprenta, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá.



# P resentación

por Ing. Orlando Aguilar, Ph.D.

Editor en jefe, Revista de I+D Tecnológico  
Universidad Tecnológica de Panamá  
Enero, 2020

La Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) presenta a la comunidad científica y público en general, la primera edición del año 2020, de la Revista de I+D Tecnológico (RIDTEC), volumen 16, Número 1. Con el propósito de divulgar la labor de investigación científica en la UTP, nace en 2002, RIDTEC, como una revista abierta (OA) evaluada por pares Doble Ciego, con publicación semestral. RIDTEC es la principal revista panameña para la publicación de trabajos de investigación en las áreas de ingeniería y tecnología, apoyando a docentes e investigadores nacionales e internacionales en la publicación de sus trabajos.

El primer artículo de este número hace una revisión bibliográfica sobre el impacto en la demanda de energía eléctrica correspondiente a la introducción de vehículos eléctricos en el mundo, considerando las cifras mundiales de penetración de automóviles eléctricos y el estado de desarrollo actual de las baterías, sus curvas de carga y descarga.

El siguiente trabajo compara la frecuencia de vibración principal de 31 luces de puentes de viga de acero con la frecuencia de vibración de otras 25 luces de puentes de acero presentadas en estudios previos. Se presenta una ecuación que estima el período de vibración principal en función de la longitud de la luz estudiada.

El tercer artículo describe la síntesis y caracterización morfológica y estructural de membranas nanoporosas de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) y nanohilos de óxido de estaño ( $SnO_x$ ). Las diferentes muestras fueron caracterizadas por microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de energía dispersiva (EDS) y difracción de rayos X (XRD).

El cuarto trabajo presenta un estado de arte acerca de cloud computing y mobile cloud computing como tecnologías que apoyan la implementación de entornos de aprendizaje ubicuo. Se presentan proyectos educativos que se apoyan en el uso de Tecnologías de Información ubicua y hace un análisis crítico acerca de la incorporación de estas tecnologías en los procesos de enseñanza/aprendizaje.

El quinto artículo presenta un análisis del *ransomware hidden tear*, lineamientos de detección y prevención, además de buenas prácticas y recomendaciones. El *ransomware* es una de las nuevas amenazas enfocadas principalmente en los sistemas operativos de escritorio Windows, sin dejar de lado a los dispositivos móviles y microcomputadores que también están expuestos de igual manera al

robo, fuga de información y secuestro de datos, poniendo en riesgo la seguridad personal.

El sexto trabajo muestra como el teletrabajo se presenta como un modelo novedoso de trabajo, teniendo como característica principal la flexibilidad y el mejoramiento de la productividad, permitiendo, además, la oportunidad de acceso a personas con discapacidad, madres en periodo de lactancia, etc., mediante el acceso remoto a este régimen laboral.

El siguiente artículo muestra las lecciones aprendidas durante la realización del diseño de un parque solar de 20 MW en la República de Panamá, en cuanto a la selección de equipos según la disposición tecnológica disponible, con el objeto de evitar incompatibilidades, aumento de la confiabilidad del sistema, así como la disminución de costos de instalación y operación.

El octavo trabajo presenta una discusión sobre los principales efectos en un sistema de distribución georreferenciado cuando cargas no lineales están conectadas a la red de distribución eléctrica debido a la incorporación de vehículos eléctricos al sistema.

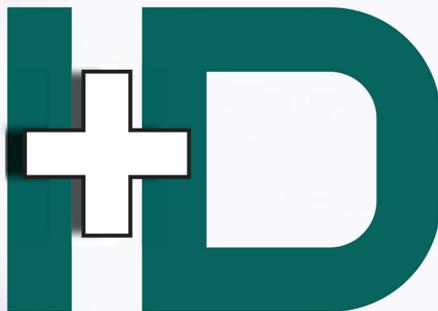
El noveno artículo tiene como objetivo desarrollar un proceso para la gestión del talento en un proyecto de *software*, aplicando buenas prácticas propuestas por un nuevo modelo de la gestión del talento basado en el libro de Roberto Luna. La validez del proceso fue comprobada con la aplicación del método de Iadov, del cual se obtiene una alta satisfacción y criterios positivos a partir de su utilidad. El décimo trabajo utilizó proyecciones a escala reducida de cuatro modelos climáticos con objeto de proyectar escenarios de cambio climático en la cuenca hidrográfica del río La Villa, República de Panamá.

El siguiente trabajo presenta los aportes de la virtualización de funciones de red y arquitecturas que se pueden utilizar para mejorar el rendimiento basado en el protocolo OpenFlow y SDN, desde una perspectiva del Internet de las Cosas (IoT).

El duodécimo trabajo presenta un estudio de percepción social en la gestión del riesgo de inundación en un área de la provincia de Panamá Oeste, propone un plan de acción para elevar y fortalecer la resiliencia comunitaria.

## Contenido

- |           |  |           |  |
|-----------|--|-----------|--|
| <b>5</b>  | <b>Respuesta de demanda de energía por introducción de vehículos eléctricos: estado del arte</b><br>Response of demand for energy by electric vehicles introduction: state of the art<br><b>Danny Javier Trujillo Sandoval   Edwin Marcelo García Torres</b>   | <b>39</b> | <b>Revisión sobre propagación de ransomware en sistemas operativos Windows</b><br>Review on propagation of ransomware in windows operating systems<br><b>José Moreno   Carlos Rodríguez   Isabel Leguias</b>   |
| <b>12</b> | <b>Estudio del período de vibración de puentes con vigas de acero en Panamá</b><br>Study of vibration period for bridges with steel beams in Panama<br><b>Álvaro E. García   Fátima H. Garrido   José M. Gallardo</b>  | <b>46</b> | <b>Adopción del teletrabajo en las empresas manufactureras de la ciudad de Cuenca. Primeros pasos</b><br>Teleworking adoption in the manufacturing enterprises of the Cuenca city. First steps<br><b>Aida Muñoz Quizhpi   Juan Carlos Ortega   Sebastián Quevedo Sacoto</b>                  |
| <b>22</b> | <b>Síntesis y caracterización de materiales nanoestructurados (SnO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) para potenciales aplicaciones como sensores de gases</b><br>Synthesis and characterization of nanostructured materials (SnO <sub>2</sub> and Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) for potential applications as gas sensors<br><b>O. Melgar   Ildemán Abrego   Gricelda Bethancourt   Velumani Subramaniam</b> | <b>54</b> | <b>Lecciones aprendidas del diseño de parques solares fotovoltaicos: Un enfoque de las características técnicas</b><br>Lessons Learned from Design of Photovoltaic solar parks: An Approach on Technical Characteristics<br><b>Juan David Marín-Jiménez   Parménides Justo González-Cruz</b> |
| <b>30</b> | <b>Mobile cloud computing, una opción de infraestructura de tecnologías de información en procesos de educación ubicua</b><br>Mobile Cloud Computing, an information technology infrastructure option in ubiquitous education processes<br><b>Carmen Inés Báez Pérez   Clifton Eduardo Clunie Beaufond   Francisco Arnaldo Vargas Bermúdez   Giovanni Andrés Tovar Clavijo</b>   | <b>61</b> | <b>Electrical assessment of georeferenced distribution network due to electric vehicles deployment</b><br>Evaluación de un sistema eléctrico georreferenciado de distribución debido a la penetración de vehículos eléctricos<br><b>Alex Valenzuela   Carlos Barrera   Esteban Inga</b>      |



## Contenido

69

### Diseño de un entorno de pruebas SDN para soportar el IdC: prototipo y evaluación

Designing an SDN testbed environment to support the IoT: prototype and evaluation  
**Carlos González | Olivier Flauzac | Florent Nolot**

78

### Proceso para la gestión del talento en el desarrollo de proyectos de software

Process for talent management in the development of software projects  
**Andy Hernández Paez | Pedro Manuel Salas Leyva | Javier Santos Anias**

83

### Análisis de anomalías climáticas para la cuenca del río La Villa, Panamá, basado en los escenarios RCP

Analysis of climate anomalies for La Villa river basin, Panama, based on RCP scenarios  
**Cassilda Saavedra**

90

### Estudio de percepción social en las vivencias postdesastre, para determinar el nivel de resiliencia y afectación comunitaria en el distrito de La Chorrera, provincia de Panamá Oeste

Social perception study in the experiences post-disaster, to determine the community resilience and affectation level in La Chorrera, Panama Oeste  
**Marta Moreno | Humberto Álvarez | Angelo Chacón**

#### Indexadores



#### Base de datos



#### Repositorios



#### Directorios



# Respuesta de demanda de energía por introducción de vehículos eléctricos: estado del arte

## Response of demand for energy by electric vehicles introduction: state of the art

Danny Javier Trujillo Sandoval <sup>1\*</sup>, Edwin Marcelo García Torres <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Maestría en Electricidad, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

<sup>2</sup> Maestría en Electricidad, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

\*Autor de correspondencia: [dtrujillos2@est.ups.edu.ec](mailto:dtrujillos2@est.ups.edu.ec)

**RESUMEN**— El reemplazo de vehículos basados en combustible fósil por vehículos eléctricos - VE es una necesidad mundial, si bien resulta un gran aporte a la sostenibilidad ambiental y el bienestar de la humanidad lleva consigo grandes retos a todo nivel, entre ellos el estudio del impacto en la demanda de energía eléctrica asociada al consumo de estos vehículos eléctricos. Este documento presenta una revisión bibliográfica asociada con los diferentes temas que aborda esta problemática como son las cifras mundiales de penetración de automóviles eléctricos y el estado de desarrollo actual del elemento clave que son las baterías, sus curvas de carga y descarga. El estudio se realiza a través de una revisión bibliográfica de las bases IEEE Xplore, Science Direct y producción académica relacionada, llegando a identificar varios aspectos claves en la actualidad de los vehículos eléctricos como son las cifras existentes, estimaciones futuras, inversión en infraestructura por países, políticas, entre otros. Se establece también varios criterios asociados al impacto de las características de la batería en el futuro de los VE's a nivel mundial.

**Palabras clave**— Baterías, estado del arte, energía eléctrica, respuesta a la demanda, vehículo eléctrico.

**ABSTRACT**— The replacement of vehicles based on fossil fuels with EV - Electric Vehicles is a global necessity, although it is a great contribution to environmental sustainability and the well-being of humanity carries with it great challenges at all levels, such as the study of the impact on the demand of electrical energy associated with the consumption of these electric vehicles. This document presents a bibliographic review associated with the different topics that this problem addresses such as the global data of electric car penetration and the current state of development of its key element: the batteries, along with the loading and unloading curves of the batteries. The study is carried out through a bibliographic review of the IEEE Xplore, Science Direct and related academic production data bases to identify several key aspects of electric vehicles such as existing data, future estimations, percentage of investment in infrastructure by countries and policies, among others. It also establishes several criteria associated with the impact of the characteristics of the battery in the future of EV's worldwide.

**Keywords**— Batteries, state of the art, electric power, response to the demand, electric vehicle.

### 1. Introducción

La reservas de petróleo a nivel mundial llegarán a agotarse en no más de cinco décadas de acuerdo al ritmo de consumo actual de la población [1], esta situación de disminución de reservas de petróleo y la creciente demanda de países en desarrollo [2] conlleva a la búsqueda de alternativas energéticas [3] que permitan el reemplazo de bienes y servicios asociados con derivados de petróleo entre otras acciones necesarias para afrontar dicha realidad, es así que el sector del transporte al ser uno de los principales motores de desarrollo económico y social [4] ha comenzado hace varios años el reemplazo de vehículos basados en combustible fósil por vehículos eléctricos, siendo esta una de varias estrategias que ya ha sido acogida por la

humanidad y se encuentra en ejecución y mejora paulatina de dicha alternativa.

La introducción al mercado de los vehículos eléctricos generará variaciones significativas en la demanda de energía [5] y cambiará las curvas de demanda con las cuales se opera y planifica el sector eléctrico, estos nuevos participantes (carga eléctrica) aumentarán notablemente la elasticidad de la demanda de energía eléctrica residencial [6], por lo tanto, estudios de estimación del cambio en demanda resultan de gran aporte al mercado eléctrico ecuatoriano y a nivel mundial garantizando su fiabilidad [7] y pensando en la flexibilidad del sistema [8].

Con el fin de afrontar el reto, varios estudios ya han comenzado con el análisis de los diferentes elementos que involucran un cambio en la demanda de energía

eléctrica, es así que se han aplicado modelos de tipo longitudinal [9], basados en *big data* [10], patrones de uso aleatorio [6], comportamiento óptimo de estacionamientos [11], juego de gestión de carga [12], modelo Markoviano [13], basado en el modelo de algoritmo Húngaro [14], modelos de predicción estocástica y respuesta a la demanda [15] y modelos propios de los autores en función de las variables de estudio.

En el desarrollo del presente artículo se analizan las cifras del estado actual de penetración de vehículos eléctricos a nivel mundial, las baterías como elemento clave del vehículo eléctrico y como carga a nivel de la demanda energética, de esta forma se brinda una base para estudios de la problemática abordada desde una perspectiva técnica.

## 2. Materiales y métodos

El presente estudio es de tipo descriptivo, mediante una modalidad documental, presenta como problemática principal las bases teóricas que rodean a la penetración de vehículos eléctricos en las sociedades debido a la necesidad de cambio de combustible fósil por energía eléctrica en los sistemas de transporte mundial. Para su desarrollo utiliza revisión bibliográfica de las bases IEEE Xplore, Science Direct, fuentes oficiales y producción académica relacionada a la problemática de penetración de vehículos eléctricos en las sociedades actuales.

Se descompone en dos macro secciones: Escenario actual y prospectivo, y baterías de VE's. En el estudio se presentan las cifras actuales de vehículos eléctricos a nivel mundial y desglosadas por los principales países participantes en el cambio, también se presentan cifras de inversión en infraestructura para cargas eléctricas y finalmente dos escenarios de proyección de cifras al 2030, el primero basado en políticas y el segundo en incorporar las ambiciones prometidas por los países EVI en la Declaración de Campaña EV30 @ 30. Posteriormente se analiza la batería como uno de los elementos claves en el vehículo eléctrico para su futuro en los mercados mundiales, se presentan características importantes de algunas baterías y finalmente curvas de carga y descarga que pueden ser utilizadas para proyectos relacionados.

## 3. Resultados

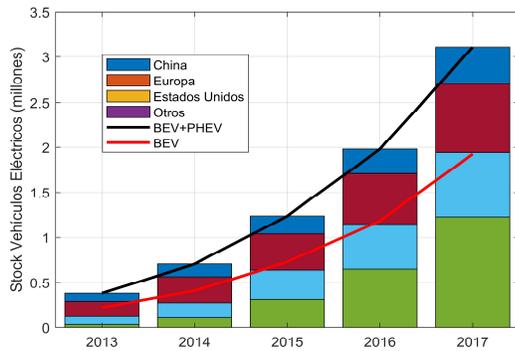
### 3.1 Penetración de vehículos eléctricos a nivel mundial

La presente sección parte de la base real de vehículos eléctricos en las diferentes sociedades, sus cifras de stock, inversiones y otros aspectos importantes a considerar en la implementación de esta tecnología y su futuro, para esto se desagrega en dos subsecciones: 1. VE una realidad mundial y 2. Actualidad y prospectiva del mercado de VE's.

#### 3.1.1 VE una realidad mundial

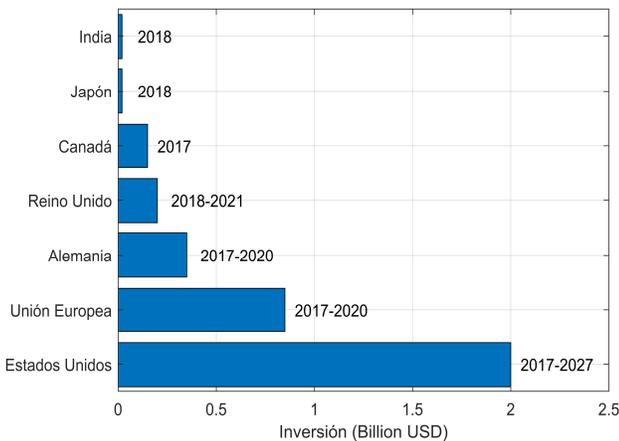
En la actualidad los autos eléctricos son una realidad y cada vez la sociedad va adaptándose a ella, si bien estamos en las fases iniciales de introducción de este tipo de vehículo, en un mediano plazo la introducción de forma masiva de autos eléctricos va a llegar a los diferentes países del mundo e incluirá un aumento significativo de los requisitos de carga de edificaciones y lugares de acceso público solicitando recarga de energía, por lo cual la gestión de respuesta a la demanda es clave [5], [16] y [17] y se debe modelar el VE y estimar dicha sobre demanda [9] con el fin de garantizar el servicio y planificar la expansión del sistema eléctrico de los países [10] [18], además de planificar políticas que permitan optimizar el uso de energía no solo residencial [19], [20] y [21] sino también en los diferentes sectores comerciales e industriales, minimizando los efectos indeseados y cambio de variables como voltajes, frecuencias, etc., en el sistema eléctrico [22] y [23], asociado a esto también se consideran las normas de seguridad que deberán cumplir las estaciones de carga y baterías de VE's [24] entre otros factores.

En el 2017 se pudo observar que a nivel mundial se ha cruzado el umbral de 3 millones de automóviles eléctricos en *stock*, alrededor de 1.93 millones de BEV's y 1,18 millones de PHVE's [25] y si bien la evolución tiene una curvatura no muy pronunciada, los datos reflejan un crecimiento superior a una característica lineal estimando que en un futuro cercano será de tipo exponencial [25] y [26] debido a la necesidad de cambio mundial del combustible fósil como se puede observar en la figura 1.



**Figura 1.** Evolución del *stock* mundial de vehículos eléctricos, 2013-17 [25].

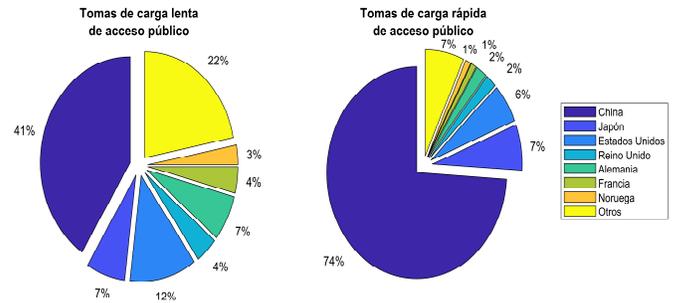
Estas cifras de cantidad de vehículos eléctricos a nivel mundial no pueden dejar de estar relacionadas con la inversión y planificación de los sistemas eléctricos, políticas gubernamentales, desarrollo tecnológico, entre otros aspectos que sin duda reflejarán cambios sustanciales en las sociedades actuales. Varias iniciativas se han tenido en los últimos años a nivel de los principales países y regiones dando como resultado cifras cada vez mayores de inversión en infraestructura como podemos identificar en la figura 2.



**Figura 2.** Anuncios de inversión recientes para el desarrollo de infraestructura de vehículos eléctricos en países seleccionados [25].

Uno de los aspectos derivados más importantes de las acciones de inversión se puede observar en la figura 3, la cual es la infraestructura actual en cifras asociada a puntos de recarga de acceso público clasificados por tipo (cargadores lentos y rápidos) y por país. Se cuenta actualmente con cifras de 318000 estaciones de carga

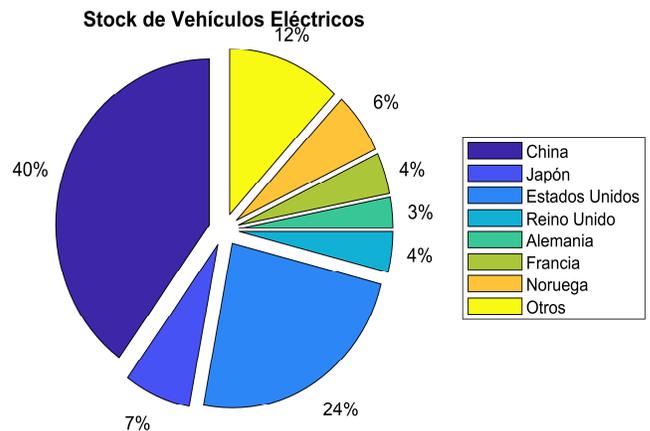
lenta y 112000 estaciones de carga rápida de acceso público a nivel mundial.



**Figura 3.** Tomas de carga de acceso público por tipo y país, 2017 [25].

### 3.1.2 Actualidad y prospectiva del mercado de VE's

Como se mencionó anteriormente existen aproximadamente 3,1 millones de VE's de *stock* a nivel mundial para el año 2017, cifra que podemos observar desglosada en la figura 4 por país y que refleja el esfuerzo y acciones orientadas al cambio de tecnología en automóviles.



**Figura 4.** *Stock* de vehículos eléctricos, 2017 [25].

[25] actualmente ha presentado cifras prospectivas al año 2030 acerca de *stock* a nivel mundial de VE's, en su estudio analiza dos escenarios utilizando criterios de políticas en el primero y un escenario EV30 @ 30 en el cual incorpora las ambiciones prometidas por los países EVI en la Declaración de Campaña EV30 @ 30 como segundo. En la figura 5 podemos observar una

adaptación gráfica a los datos proporcionados por [25] con fines ilustrativos para el presente trabajo.

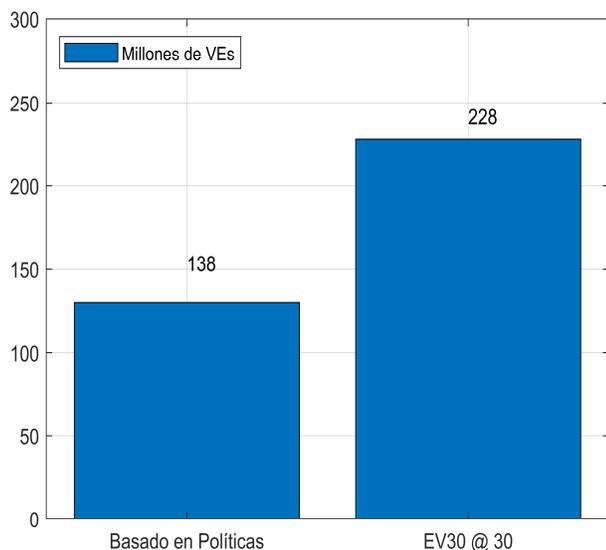


Figura 5. Cifras prospectivas de VE's al 2030.

## 3.2 Baterías utilizadas por VE's

### 3.2.1 Baterías – elemento clave de VE's

Desde el principio de los tiempo la sociedad busca fuentes de energía que permitan mejorar su bienestar [27], en la actualidad cada vez la dependencia de energía eléctrica es mayor en las diferentes actividades de la sociedad [28] y varias de estas dependen directamente de un almacenamiento estacionario como es la batería [29] y [30], por lo cual la gestión de recarga es clave para mitigar los efectos sobre la red eléctrica [31]. Existen varias temáticas asociadas a la problemática de la demanda de energía para vehículos eléctricos, dos de las más importantes es el mercado de reservas [11] y la eficiencia en el uso de los vehículos a través de varios elementos como la capacidad de baterías que si bien ya cuenta con un desarrollo importante llegando a niveles de 60 a 85 KWh todavía está en desarrollo y perspectivas de mejora [32]. Un aspecto importante a considerar en estudios aplicados de demanda energética es el análisis espacial a través de sistemas de información geográfica y métodos estadísticos espaciales [33] pues permitirá una mejor desagregación del problema en diferentes lugares como ciudades, provincias entre otros. También se toma como variable a considerar la carga de baterías de forma estática y dinámica [34] pues resulta de gran aporte

tanto en la fase de diseño como en la eficiencia de VE's en campo.

Si bien existen varios métodos ya aplicados como la optimización estocástica [19], [35], [36] y [37] la cual podría ser una importante alternativa que complementado con criterios de precios [37] y [38], análisis de posibles micro redes asociados a la gestión energética [39], características de consumo, tráfico, etc., en la búsqueda de estimación de la demanda, las baterías juegan un papel fundamental y se involucran todos estos métodos, pues son la fuente de energía del auto eléctrico y definen tanto su autonomía como desempeño e implican cambios de consumo energético a nivel del sector eléctrico de cada país, por lo cual es necesario plantear estudios de módulos de recarga, horarios de uso [40] y [41], precio-intervalos de confianza [42], entre otros, para garantizar una optimización en el uso de energía asociado a costos [16] y [43] y una correcta estimación de demanda a futuro. Hay que recordar que la batería es el elemento clave tanto para el vehículo eléctrico como para la red y este elemento es un dispositivo que convierte energía química en energía eléctrica mediante reacción tipo *redox* y sus principales elementos son: [44]

- Ánodo-electrodo negativo
- Cátodo-electrodo positivo
- Electrolito-conductor iónico.

### 3.2.2 Tipos de baterías

En la actualidad existen varios tipos de baterías utilizadas en automóviles eléctricos y su desarrollo. En cuanto a sus características se ha vuelto una labor constante, pues define en gran parte el servicio que brinda un auto eléctrico en niveles de autonomía, capacidad, seguridad, servicios auxiliares, entre otros [45] y [46]. Los principales tipos de baterías son [47]:

- Baterías de plomo-ácido.
- Baterías de níquel-hierro.
- Baterías alcalinas de magnesio.
- Baterías níquel-cadmio.
- Baterías de níquel-hidruro metálico.
- Baterías de litio.
- Baterías de polímero de litio.

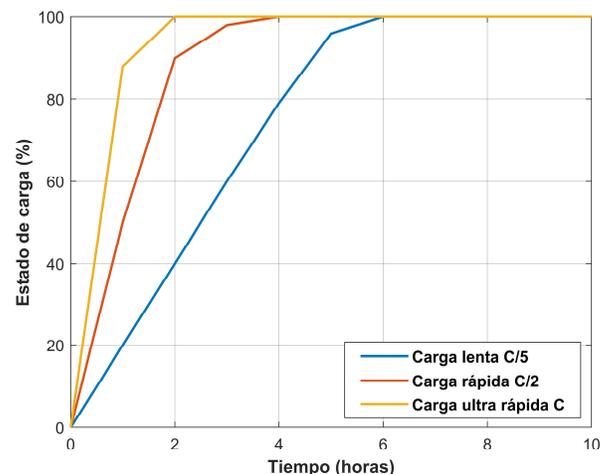
Existen muchas características que definen una batería y determinan su uso en aplicaciones prácticas [45] algunas esenciales son: su energía específica, su potencia específica y la tensión por celda [48]. En la tabla 1 se puede observar algunas de las principales características de diferentes tipos de baterías que pueden ser utilizados en aplicaciones como el vehículo eléctrico.

**Tabla 1.** Resumen de las principales características de las baterías más utilizadas en sistemas de tracción eléctrica [47].

Índice		Pb-ácido	Ni-Cd	Ni-MH	Li-ion
Tensión nominal	(V/celda)	2,0	1,2	1,2	4,0
Energía específica	(Wh/kg)	40	60	90	140
Potencia específica	(W/kg)	150-300	80-150	200-300	420
Densidad de energía	(Wh/l)	80	95	150	290
Autodescarga	(%/mes)	4-6	10	15-25	2
Vida cíclica	(ciclos)	500-600	>1500	>1200	-
Coste	(€/kWh)	120-150	250-350	300-450	-

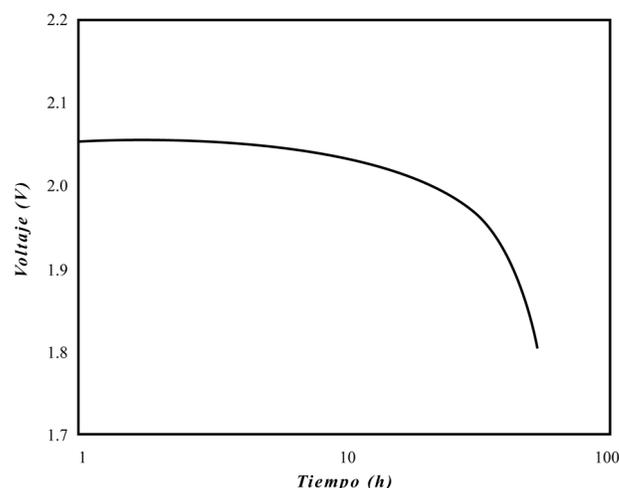
### 3.2.3 Curvas de carga y descarga

Las curvas características de una batería son uno de los aspectos que definen a la misma, ya que dependiendo de estas se define el tipo de servicio que brindará en sus distintas aplicaciones, en el caso específico de los vehículos eléctricos debido a su funcionalidad se suele clasificar las baterías en función de su tipo de carga considerándolas como tipo de carga: lenta, rápida y ultra rápida, cabe señalar que en cuanto más lenta sea la carga y descarga el rendimiento de la batería será mayor [49], sin embargo el servicio brindado al usuario en cuanto a tiempo podría no ser óptimo. En la figura 6 se puede observar un ejemplo de curvas de carga para baterías de ión-litio de tipo lenta, rápida y ultra rápida.



**Figura 6.** Curvas de carga lenta, rápida y ultra rápida de baterías de ion-Li [50].

De igual forma una curva de descarga para una batería de plomo-ácido se puede identificar en la figura 7, cabe señalar que las figuras presentadas son casos específicos y deben adaptarse para el tipo de batería a analizar tomando en cuenta sus parámetros propios.



**Figura 7.** Curva de descarga típica de una batería de plomo ácido [51].

## 4. Conclusiones

La variación de demanda de energía eléctrica a causa de la introducción de vehículos eléctricos es un elemento clave para el desarrollo de esta tecnología, pues si bien ya está desarrollada y operando se encuentra en proceso de mejoramiento y consolidación. El estudio de la demanda de energía eléctrica por tanto

es vital para la planificación de estaciones de carga, planificación del sistema eléctrico a futuro y de factores asociados a la respuesta de demanda, existen ya diferentes modelos que se han analizado y que presentan una línea base bastante robusta que se deberá adaptar a las realidades de cada región, país o ciudad que requiera solventar dicho escenario.

Dada esta problemática, uno de los elementos claves es la batería, pues sus características y curvas de carga y descarga definen entre varios aspectos la autonomía del vehículo eléctrico definiendo así una de las características más deseables desde la perspectiva del cliente-usuario hacia los VE's. Existe una permanente innovación en baterías lo cual podría resultar beneficioso para futuro de los VE's en los mercados mundiales.

## 5. Referencias

- [1] A. Khaligh and Z. Li, "Battery, ultracapacitor, fuel cell, and hybrid energy storage systems for electric, hybrid electric, fuel cell, and plug-in hybrid electric vehicles: State of the art," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 59, no. 6, pp. 2806–2814, 2010.
- [2] E. S. Division, "Assessment of vehicle sizing , energy consumption , and cost through large-scale simulation of advanced vehicle," 2016.
- [3] A. Visintin *et al.*, "Presente y futuro de la tecnología de baterías de ion litio : baterías para automóviles eléctricos en la UNLP," 2011.
- [4] J. G. Vélez Sánchez, "Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador," Universidad de Cuenca, 2017.
- [5] K. N. Kumar and K. J. Tseng, "Impact of demand response management on chargeability of electric vehicles," *Energy*, vol. 111, pp. 190–196, 2016.
- [6] F. Rassaei, W. S. Soh, and K. C. Chua, "Demand Response for Residential Electric Vehicles with Random Usage Patterns in Smart Grids," *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 6, no. 4, pp. 1367–1376, 2015.
- [7] W. Hoiles and V. Krishnamurthy, "Nonparametric demand forecasting and detection of energy aware consumers," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 6, no. 2, pp. 695–704, 2015.
- [8] D. Papadaskalopoulos and G. Strbac, "Decentralized Participation of Flexible Demand in Electricity Markets - Part II: Application With Electric Vehicles and Heat Pump Systems," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 28, no. 4, pp. 3658–3666, 2013.
- [9] J. Asamer, A. Graser, B. Heilmann, and M. Ruthmair, "Sensitivity analysis for energy demand estimation of electric vehicles," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 46, pp. 182–199, 2016.
- [10] M. B. Arias and S. Bae, "Electric vehicle charging demand forecasting model based on big data technologies," *Appl. Energy*, vol. 183, pp. 327–339, 2016.
- [11] M. Shafie-Khah *et al.*, "Optimal Behavior of Electric Vehicle Parking Lots as Demand Response Aggregation Agents," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 7, no. 6, pp. 2654–2665, 2016.
- [12] N. Z. Xu and C. Y. Chung, "Challenges in Future Competition of Electric Vehicle Charging Management and Solutions," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 6, no. 3, pp. 1323–1331, 2015.
- [13] G. Ayala and M. Garcia, "Respuesta De La Demanda Eléctrica Basado En El Modelo Markoviano," *Tesis*, p. 27, 2016.
- [14] R. Baxter, N. Hastings, A. Law, and E. J. . Glass, "Óptima asignación de recursos energéticos para respuesta de la demanda por vehículos eléctricos usando algoritmo húngaro," *Anim. Genet.*, vol. 39, no. 5, pp. 561–563, 2008.
- [15] E. Marcelo and G. Torres, "Optimal demand response for the recharging of electric vehicles in micro-networks type of service station by allocation of energy resources," *2018 Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci.*, pp. 150–157, 2018.
- [16] Y. Xiong, B. Wang, C. cheng Chu, and R. Gadh, "Vehicle grid integration for demand response with mixture user model and decentralized optimization," *Appl. Energy*, vol. 231, no. September, pp. 481–493, 2018.
- [17] S. S. Reka and V. Ramesh, "Demand response scheme with electricity market prices for residential sector using stochastic dynamic optimization," *2016 - Bienn. Int. Conf. Power Energy Syst. Towar. Sustain. Energy, PESTSE 2016*, 2016.
- [18] A. Morales-Acevedo, "Forecasting future energy demand: Electrical energy in Mexico as an example case," *Energy Procedia*, vol. 57, pp. 782–790, 2014.
- [19] D. Huo, C. Gu, G. Yang, and S. Le Blond, "Combined domestic demand response and energy hub optimisation with renewable generation uncertainty," *Energy Procedia*, vol. 142, pp. 1985–1990, 2017.
- [20] F. McLoughlin, A. Duffy, and M. Conlon, "Characterising domestic electricity consumption patterns by dwelling and occupant socio-economic variables: An Irish case study," *Energy Build.*, vol. 48, pp. 240–248, 2012.
- [21] E. Garcia and I. Isaac, "Demand response systems for integrating energy storage batteries for residential users," *2016 IEEE Ecuador Tech. Chapters Meet. ETCM 2016*, 2016.
- [22] P. Moreno and E. M. Garcia Torres, "Gestión energética mediante procesos estocásticos para la respuesta a la demanda," p. 26, 2017.
- [23] M. J. Vahid-Pakdel, S. Nojavan, B. Mohammadi-ivatloo, and K. Zare, "Stochastic optimization of energy hub operation with consideration of thermal energy market and demand response," *Energy Convers. Manag.*, vol. 145, pp. 117–128, 2017.
- [24] B. Wang, P. Dehghanian, S. Wang, and M. Mitolo,

- “Electrical Safety Considerations in Large-Scale Electric Vehicle Charging Stations,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. PP, no. c, p. 1, 2019.
- [25] I. E. A. International and E. Agency, “Global EV Outlook 2018,” 2018.
- [26] R. S. Rabié Durán, “Datos para pruebas de carga y descarga de baterías de ion-litio,” 2013.
- [27] S. Bijani Chiquero, “Electrodeposición y Caracterización de Láminas de  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Aplicación como Electroodos de Baterías de Ión-Litio,” 2007.
- [28] J. Martínez Bertran, “Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas,” 2017.
- [29] J. Guembe Zabaleta, “Cálculo del estado de carga en baterías de plomo-ácido: diseño y validación experimental,” 2016.
- [30] J. I. Pérez Valderrama and Y. M. Walteros Parra, “Sistema de gestión de carga para baterías de ion-litio,” Pontificia Universidad Javeriana-Colombia, 2016.
- [31] C. C. Mendoza, “Algoritmo de gestión para la recarga de vehículos eléctricos,” pp. 90–98, 2015.
- [32] F. Rassaei, W. S. Soh, and K. C. Chua, “Distributed Scalable Autonomous Market-Based Demand Response via Residential Plug-In Electric Vehicles in Smart Grids,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 9, no. 4, pp. 3281–3290, 2018.
- [33] H. Tyralisa, N. Mamassis, and Y. Photis, “Spatial analysis of the electrical energy demand in Greece,” *Energy Policy*, pp. 340–352, 2017.
- [34] D. Niculae, M. Iordache, M. Ieee, M. Stanculescu, M. Ieee, and M. L. Bobaru, “A Review of Electric Vehicles Charging Technologies Stationary and Dynamic,” pp. 9–12, 2019.
- [35] A. Z. Moghadam, J. Saebi, and H. J. Dasht Bayaz, “Stochastic optimization of demand response aggregators in wholesale electricity markets,” *30th Power Syst. Conf. PSC 2015*, no. November, pp. 234–240, 2017.
- [36] Y. Iino, T. Hatanaka, and M. Fujita, “Model predictive control for demand response aggregation management system with response delay time and uncertainty model,” *Proc. SICE Annu. Conf.*, pp. 1478–1483, 2014.
- [37] Z. Chen, S. Member, L. Wu, and Y. Fu, “Real-Time Price-Based Demand Response Management for Residential Appliances via Stochastic Optimization and Robust Optimization,” vol. 3, no. 4, pp. 1822–1831, 2012.
- [38] X. Yan, Y. Ozturk, Z. Hu, and Y. Song, “A review on price-driven residential demand response,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 96, no. June, pp. 411–419, 2018.
- [39] Y. Wang *et al.*, “Energy management of smart micro-grid with response loads and distributed generation considering demand response,” *J. Clean. Prod.*, vol. 197, pp. 1069–1083, 2018.
- [40] T. Müller and D. Möst, “Demand Response Potential: Available when Needed?,” *Energy Policy*, vol. 115, no. February 2017, pp. 181–198, 2018.
- [41] N. Forouzandehmehr, M. Esmalifalak, H. Mohsenian-Rad, and Z. Han, “Autonomous demand response using stochastic differential games,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 6, no. 1, pp. 291–300, 2015.
- [42] P. B. Luh, L. D. Michel, P. Friedland, C. Guan, and Y. Wang, “Load forecasting and demand response,” *IEEE PES Gen. Meet. PES 2010*, pp. 1–3, 2010.
- [43] L. Jia and L. Tong, “Optimal pricing for residential demand response: A stochastic optimization approach,” *2012 50th Annu. Allert. Conf. Commun. Control. Comput. Allert. 2012*, pp. 1879–1884, 2012.
- [44] R. Iglesias *et al.*, “Modelado y Simulación de una Batería de Ion-Litio Comercial Multicelda,” no. May 2014, 2012.
- [45] C. Peña Ordoñez, “Estudio de baterías para vehículos eléctricos,” 2011.
- [46] A. Torres López, “Sistema de carga con paneles solares para baterías de autos eléctricos,” Instituto Politécnico Nacional, 2013.
- [47] J. C. Viera Pérez, *Carga rápida de baterías de ni-cd y ni-mh de media y gran capacidad. análisis, síntesis y comparación de nuevos métodos*. 2003.
- [48] Á. I. Rodríguez Cea, “Modelo para la batería de ion de litio de un vehículo eléctrico,” 2017.
- [49] C. Morente Fernández, “Análisis y modelado del comportamiento de baterías para vehículos eléctricos,” Universidad Carlos III de Madrid, 2015.
- [50] B. D. Benalcázar López, “Óptima respuesta a la demanda para estaciones de carga de vehículos eléctricos con alta incertidumbre considerando el perfil de voltaje en la red de distribución,” 2017.
- [51] J. Balenzategui, “Aproximación al Modelado de los Procesos de Carga y Descarga en Baterías Electroquímicas mediante Ecuaciones Integrales,” 1999.

## Estudio del período de vibración de puentes con vigas de acero en Panamá Study of vibration period for bridges with steel beams in Panama

Álvaro E. García<sup>1\*</sup>, Fátima H. Garrido<sup>2</sup>, José M. Gallardo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Grupo de investigación: Salud Estructural de Puentes, <sup>1,2,3</sup>Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

\*Autor de correspondencia: [jose.gallardo@utp.ac.pa](mailto:jose.gallardo@utp.ac.pa)

**RESUMEN**— En este artículo se presenta la frecuencia de vibración principal de 31 luces de puentes de viga de acero, y se estudian en conjunto con la frecuencia de vibración de otras 25 luces de puentes de acero presentadas en estudios anteriores. Se presenta una ecuación que estima el período de vibración principal en función de la longitud de la luz estudiada. En algunos puentes se observó una sincronización de la frecuencia de vibración en tramos adyacentes (los cuales presentan diferentes longitudes entre ellos) en puentes de varias luces con vigas no continuas; se propone que este fenómeno está relacionado con la vibración forzada en los tramos más cortos, causada por la vibración natural de las luces adyacentes más largas. Además, una ecuación para estimar el período de vibración que se puede utilizar como límite superior, una referencia para identificar puentes atípicos, cuyos períodos de vibración son considerablemente mayores a la tendencia.

**Palabras clave**— *Aceleración, acero, frecuencia, periodo, puentes, vibración.*

**ABSTRACT**— In this article the main frequency of vibration obtained in 31 spans of steel beam bridges are presented, and studied together with other 25 steel beam bridges vibration frequencies presented in previous studies. An equation that estimates the main period of vibration as a function of the span length of these bridges is presented. Additionally, matching of frequency of vibration in adjacent spans with different lengths was observed in some non-continuous-beam multi-span bridges; these phenomena is considered to be related to forced vibration in the shorter spans caused by the natural vibration of the longest spans. In addition, an equation to estimate an upper bound period of vibration as a reference to identify atypical bridges, whose vibration periods are considerably far from the trend.

**Keywords**— *Acceleration, steel, frequency, period, bridges, vibration.*

### 1. Introducción

Los puentes están sometidos constantemente a cargas dinámicas en pequeños lapsos de tiempo que provocan en ellos efectos vibratorios. La vibración libre de una estructura depende de su masa y su rigidez, la frecuencia aumenta con el aumento de la rigidez, la frecuencia disminuye con el aumento de la masa. La masa de un puente depende de la geometría de la estructura y la densidad de los materiales que la conforman, y la rigidez depende de la geometría y la relación esfuerzo-deformación de los materiales que componen la estructura.

En general, la rigidez de los puentes varía según su longitud (el desplazamiento aumenta cuando la luz libre aumenta), y es principalmente dependiente de elementos estructurales longitudinales como vigas, cerchas, arcos, y los elementos que actúan en acción compuesta con estos elementos (e.g. losa, barreras vehiculares de concreto). La masa movilizadora durante la vibración del puente, bajo la excitación del paso vehicular, es, principalmente la

masa de los tableros, las vigas, arcos y cerchas, y las barreras vehiculares.

Cuando los elementos estructurales sufren daños que causan reducción en su rigidez (e.g. fisuras, pandeo), la estructura puede presentar cambios en su frecuencia o modo de vibración. En estudios anteriores se ha determinado que el modo de vibración de una estructura puede cambiar cuando su integridad física se encuentra comprometida [1, 2].

Las pruebas de carga dinámicas no destructivas facilitan la evaluación de la respuesta de un puente provocada por excitaciones predeterminadas sin cambiar la respuesta elástica de la estructura. Esta técnica ayuda a revisar el desempeño y el rendimiento del puente y sus componentes [3,4].

El análisis espectral de una señal tiene como objetivo examinar, de forma minuciosa, el comportamiento y la participación de sus componentes armónicas en el dominio de la frecuencia [5].

Para captar vibraciones en estructuras, existen muchos tipos de sensores, pero de alto costo; sin embargo, desde el año 2016 en la provincia de Chiriquí se ha implementado un método de captación de vibraciones en puentes de bajo costo aplicando el uso de la plataforma Arduino.

Para estudiar el comportamiento dinámico de una estructura, se puede utilizar el método matemático de análisis de Fourier, ya que permite identificar las frecuencias de vibración propias de dicho sistema, basándose en el hecho de que la función en el tiempo es periódica, y suponiendo un análisis dinámico de un sistema lineal [6].

En cada una de las tres investigaciones realizadas anteriormente en la provincia de Chiriquí por: Araúz & Rodríguez [1], Patiño & Reyes [7] y Serrano & Zúñiga [8], las muestras de luces de acero fueron muy pequeñas en comparación con la cantidad de luces de concreto, por lo que no se pudieron obtener conclusiones definitivas sobre el comportamiento de puentes de acero. En este estudio se incluye una muestra considerable de luces de acero captada en las provincias de Veraguas y Coclé, en donde se observó un fenómeno de traslación de la frecuencia natural de aceleraciones verticales ( $A_z$ ) de la luz más larga hacia sus luces adyacentes; por lo que se concluyó que la primera frecuencia que se observa en el espectro de las luces adyacentes es forzada, y la segunda frecuencia observada es la que pertenece naturalmente a dichas luces.

Se realizó un análisis de frecuencias de vibración vertical, utilizando los resultados obtenidos en investigaciones anteriores de luces de acero en la provincia de Chiriquí, en conjunto con la muestra de luces de acero de Veraguas y Coclé.

## 2. Programa experimental

Se monitoreó las aceleraciones verticales ( $A_z$ ) utilizando un equipo de medición ensamblado en una placa Arduino UNO, en un total de 31 luces con vigas de acero, en 11 puentes ubicados desde el corregimiento de San Martín de Porres, distrito de Las Palmas, provincia de Veraguas, hasta el corregimiento de Coclé, distrito de Penonomé, provincia de Coclé. El tramo en la Vía Interamericana, contemplado en el estudio, es de aproximadamente 162 km, ver tabla 1.

**Tabla 1.** Lista de puentes monitoreados en este estudio

Puente	Luz	Código de Luz
Viguí (Vía David)	L1	L438281-906960
	L2*	L438264-906972
	L3	L438242-906989
	L4	L438220-907003
Estero Salado (Vía Panamá)	L1	L543180-908757
	L2	L543199-908766
Pocrí (Vía David)	L1*	L552260-914476
	L2	L552254-914466
	L3*	L552248-914453
Chico (Vía Panamá)	L2*	L553044-920100
	L3	L553038-920117
	L4*	L553028-920147
Chico (Vía David)	L1	L553000-920159
	L2*	L553002-920146
	L3	L553007-920123
	L4*	L553013-920100
	L5	L553020-920078
Churube (Vía David)	L1	L551776-927006
	L2	L551777-926992
	L3	L551779-926977
El Caño (Vía David)	L1*	L551599-928147
	L2	L551601-928128
	L3*	L551606-928109
Salobre (Vía David)	L	L552089-929361
Grande (Vía Panamá)	L1	L554795-931202
	L2	L554808-931217
	L4	L554884-931261
El Barrero (Vía Panamá)	L	L557633-933206
Coclé (Vía Panamá)	L1*	L562145-934705
	L2	L562175-934718
	L3*	L562192-934729

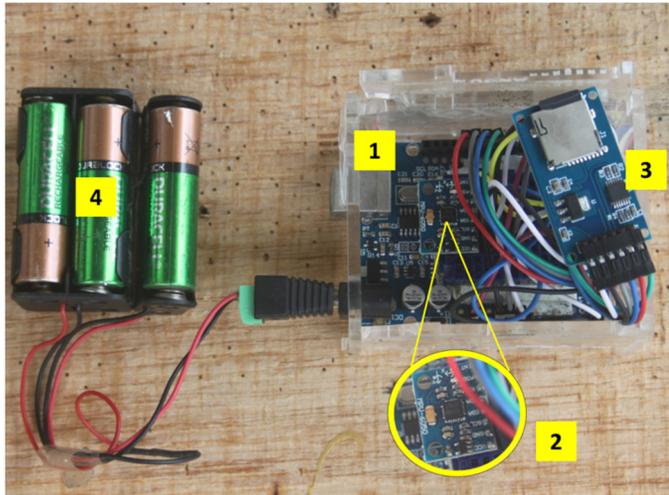
### 2.1 Sistemas de mediciones de aceleraciones verticales ( $A_z$ )

En este estudio se realizaron mediciones con la plataforma Arduino Uno, utilizando el Sensor MPU6050. Para almacenar la información obtenida mediante el

sensor, el sistema de mediciones cuenta con un adaptador de tarjeta microSD.

Se utilizó una fuente de energía portátil, que consta de seis baterías AA conectadas en serie, para facilitar el manejo y el transporte del dispositivo en campo.

En la figura 1 se presenta un esquema general de los componentes del sistema de mediciones, con la carcasa protectora de acrílico abierta para una mejor apreciación.



**Figura 1.** Sistema de mediciones con placa Arduino: 1) Placa Arduino. 2) Sensor MPU6050. 3) Adaptador MicroSD. 4) Fuente de energía.

### 2.1.1 Almacenamiento de datos

Debido a que este estudio requiere realizar largos viajes por carretera, es necesario tomar las medidas de forma rápida y eficiente para aprovechar al máximo cada jornada en campo, por lo que se necesitaba un dispositivo de mediciones inalámbrico. Para facilitar esta tarea era indispensable encontrar la manera de almacenar los datos captados en tiempo real y, posteriormente, realizar el respectivo análisis.

La unidad de almacenamiento debe ser pequeña y ligera, para que se ajuste al reducido espacio de la carcasa de acrílico del sistema de mediciones, por lo que se decidió instalar un adaptador de tarjeta de memoria micro SD a la placa microcontroladora Arduino UNO.

Los archivos se guardarán en formato CSV, los cuales pueden ser leídos con Microsoft Excel y no son de gran tamaño, por lo tanto, la capacidad de la tarjeta microSD no será de gran importancia, así que es recomendable comprar la más económica que se pueda conseguir.

### 2.1.2 Fuente de energía

Para seleccionar la fuente de alimentación se tomaron en cuenta las pruebas realizadas en tesis anteriores con diferentes tipos de baterías, en donde se concluyó que la mejor opción era usar 6 baterías AA recargables debido a su facilidad y factibilidad de recarga energética y ahorro económico [8].

Para armar esta fuente energética solo se necesita una porta baterías 6xAA con un conector de alimentación Jack macho de 5.5 mm. En caso de no conseguir un porta baterías con todas estas especificaciones, se puede armar simplemente conectando varias porta baterías en serie y comprando por separado el cable de alimentación como se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Fuente de alimentación de la placa Arduino UNO.

### 2.2 Frecuencia de muestreo.

Esta investigación se enfoca en obtener el primer modo de vibración de los puentes. Por lo tanto, se usará una frecuencia de muestreo que cumpla con el rango máximo, basándose en investigaciones anteriores realizadas en la provincia de Chiriquí, en donde el primer modo de vibración máxima tuvo un valor de 12.86 Hz en una de las luces del puente sobre el río Chiriquí Viejo [7].

A esta frecuencia mínima de muestreo con la que se puede trabajar para obtener las lecturas de una medición se le conoce como frecuencia Nyquist, la cual establece que, para poder captar la forma de una onda, la frecuencia de muestreo debe ser mayor al doble de la frecuencia que

se desea medir [10]. Por lo tanto, la frecuencia de muestreo debe ser aproximadamente mayor a 26 lecturas por segundo.

Como resultado de distintas pruebas realizadas a nuestro sensor, se llegó a la conclusión de utilizar un tiempo entre cada lectura de 0.03 segundos para no tener fluctuaciones y poder captar todas las variables que se desean estudiar sin ningún problema. Esto equivale aproximadamente a una frecuencia de muestreo de 33.33 lecturas por segundo.

### 2.3 Funcionamiento del sistema de mediciones.

El dispositivo de esta investigación toma mediciones cada 30 milisegundos en un lapso de 10 minutos por cada luz del puente. Este se colocará a  $0.4L$ , siendo  $L$  la longitud total de la luz.

La medición comienza en cuanto se conecta a la fuente de energía y termina en el momento en que se voltea simultáneamente, guardando los datos en la tarjeta microSD.

### 2.4 Procesamiento de datos

Los archivos guardados en la memoria microSD del dispositivo de mediciones contienen las lecturas obtenidas en cada medición en el orden en que fueron tomadas, guardadas en un formato .csv que se puede abrir en la computadora usando Excel®. Esta información se encuentra en su estado crudo, es decir, que necesita ser modificada antes de realizar cualquier análisis. Por lo tanto, este procesamiento de datos será dividido en dos etapas:

-Etapa I: Organización y edición de las lecturas obtenidas.

-Etapa II: Análisis de las mediciones mediante *software*.

#### 2.4.1 Etapa I: Organización y edición de las lecturas obtenidas.

Es importante llevar un registro del orden en que se realizan las mediciones en cada puente, ya que lo primero que se debe hacer al adquirir los archivos almacenados por el dispositivo Arduino es renombrarlos para poder identificar cada archivo con la luz del puente al que pertenece. Para futuras investigaciones sería útil incluir sensores de señal GPS para que el dispositivo asigne el nombre al archivo automáticamente, basado en la ubicación del sensor al momento de la lectura.

Debido a interferencias que pueden ser captadas al momento de colocar y conectar el dispositivo en el lugar donde se desea realizar el monitoreo, es necesario eliminar cierta cantidad de lecturas iniciales en cada archivo. Por lo que, con la ayuda de Excel® se tomará una muestra de 20000 lecturas, lo que representa a 10 minutos de monitoreo por cada luz, omitiendo 30 segundos al inicio y al final

Es por esta razón, que cada medición se realizó en 11 minutos para evitar errores ocasionados por la manipulación del dispositivo al inicio y al final.

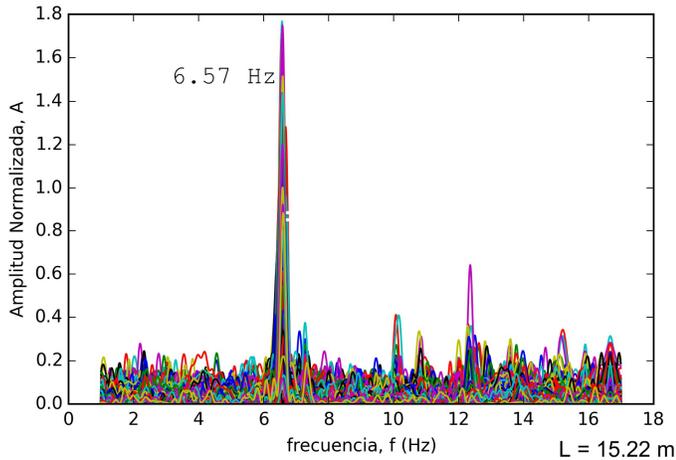
#### 2.4.2 Etapa II: Análisis de las mediciones mediante *software*

Las medidas captadas en la primera etapa del procesamiento son aceleraciones en función del tiempo.

Para la detección de las frecuencias de los modos de vibración se realizó un procesamiento de datos que consiste en un análisis espectral aplicando la transformada rápida de Fourier a la data obtenida durante las mediciones con los sensores, lo que nos brindó los espectros de frecuencia de aceleraciones verticales en cada luz de puentes.

Para realizar la transformada rápida de Fourier se utilizó SPYDER (Scientific Python Development Environment). Últimamente, muchos investigadores y grupos de investigación, han iniciado una transición de MATLAB a PYTHON, debido a que el ecosistema científico de este último ha madurado rápidamente, presentando una alternativa muy atractiva de instalación gratuita y de código abierto [11]. Es por ello que en nuestra investigación se ha optado por utilizar el *software* de libre acceso llamado SPYDER escrito en lenguaje de programación PHYTON y con características similares a MATLAB.

La función de este código de programación consiste en aplicar la transformada rápida de Fourier a la muestra y mediante método de ventaneo, obtener gráficas de amplitud vs frecuencias, es decir, divide la muestra en múltiples secciones de igual tamaño y realiza un análisis independiente a cada parte. Esto permite diferenciar el valor de frecuencia de la estructura y omitir frecuencias pertenecientes a alguno de los distintos tipos de vehículos que transitan durante la prueba.



**Figura 3.** Ejemplo de gráfico obtenido con el *software* SPYDER del espectro Az en el puente sobre el río Churube, vía David, L2 de acero (L551777-926992).

### 3. Análisis de Resultados

Con el objetivo de identificar tendencias y robustecer la representatividad estadística del estudio, se amplió la muestra a un total de 56 luces incluyendo los resultados de tres estudios previos:

- Araúz & Rodríguez [1]: iniciando desde el distrito de Boquerón; hasta el distrito de Tolé, en donde se tomaron 14 luces con vigas de acero.

**Tabla 2.** Lista de puentes de Araúz & Rodríguez [1]

Puente	Luz	Código de Luz
Chorcha	L1	L357259-929175
	L2	L357248-929186
	L3	L357215-929186
La Pita	L	L361937-928739
Las Vueltas	L1	L366375-928803
	L2	L366353-928814
San Juan	L1	L393393-914210
	L2	L393382-914199
	L3	L393360-914177
	L4	L393349-914166
Tolé	L1	L423328-913771
	L2	L423309-909338
	L3	L423287-909316
	L4	L423265-909305

- Reyes & Patiño [7]: Los puentes de este estudio se localizan específicamente desde el corregimiento de La Concepción, en el distrito de Bugaba, hasta la ciudad de Paso Canoas en el corregimiento de Progreso, en donde se tomaron cinco luces con vigas de acero.

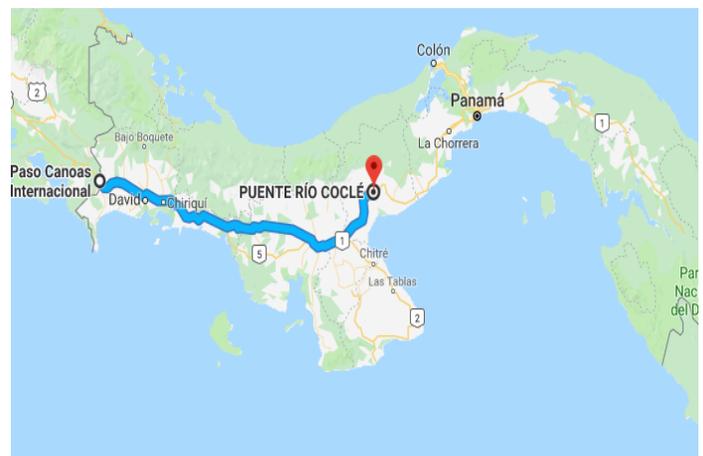
**Tabla 3.** Lista de puentes Reyes & Patiño [7]

Puente	Luz	Código de Luz
Mula	L	L322069-941128
Escarrea	L1	L317007-942708
	L2	L316986-942715
	L3	L316965-942723
Divala	L2	L313840-943209

- Serrano & Zúñiga [8]: iniciando desde el distrito de Boquerón; hasta el distrito de David, en donde se tomaron seis luces con vigas de acero.

**Tabla 4.** Lista de puentes Serrano & Zúñiga [8]

Puente	Luz	Código de Luz
Chirigagua	L	L-330300E-936820N
San Cristobal	L	L-340140E-931985N
David	L1	L-344780E-932535N
	L2	L-344770E-932545N
	L3	L-344755E-932560N
	L4	L-344740E-932580N

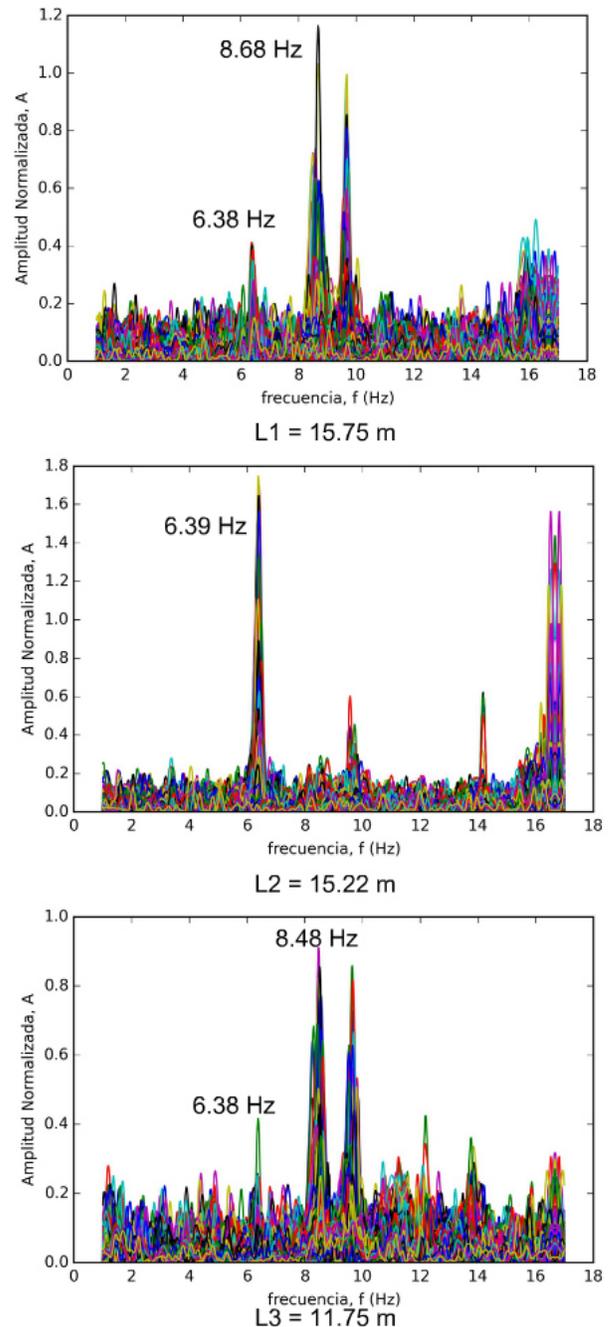


**Figura 4.** Tramo de la vía interamericana donde se han realizado estudio de puentes (336km).

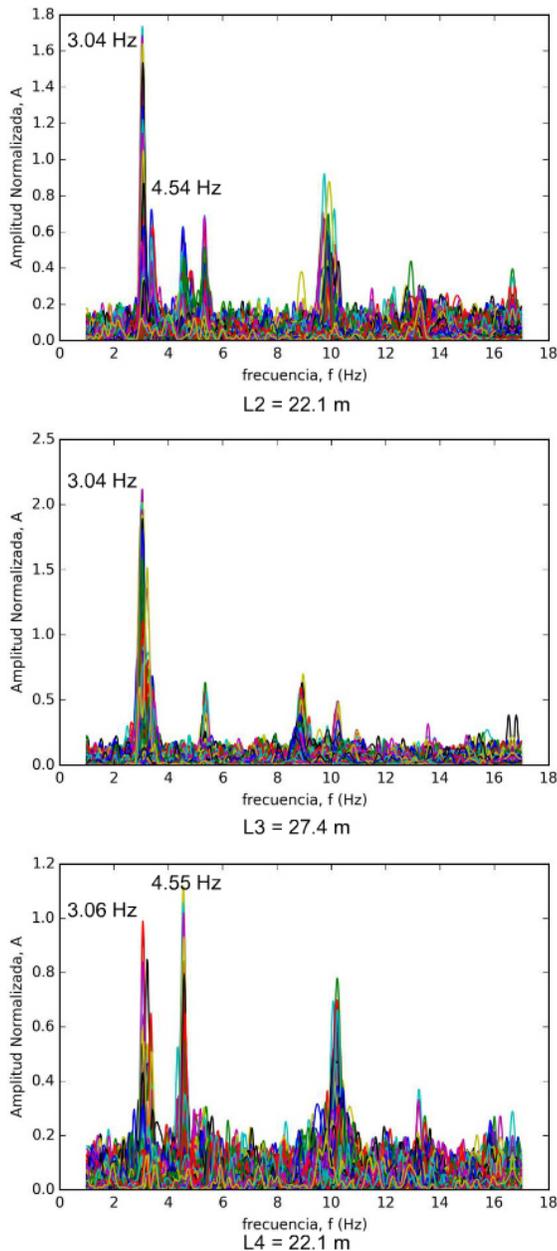
Se tomó el primer modo de frecuencia de vibración, en cada luz de los estudios previos en provincia de Chiriquí, y se observó el fenómeno de traslado de frecuencia natural de la luz más grande hacia las luces adyacentes en los espectrogramas de frecuencia [9].

Se decidió tomar la segunda frecuencia del espectro, descartando la primera frecuencia de vibración forzada que se repite en las luces donde ocurrió el fenómeno antes mencionado; en las figuras 5 y 6 se pueden observar ejemplos de este fenómeno. En el caso del puente sobre el río Pocrí, la luz principal (de 15.22 m) presenta una frecuencia de vibración natural de 6.39 Hz; las luces adyacentes (de 11.75 m) presentan una frecuencia natural de entre 8.48 Hz y 8.68 Hz, sin embargo, en sus espectros se puede observar un máximo local de contenido para la frecuencia de 6.38 Hz, que se puede considerar igual a la frecuencia de la luz central (6.39 Hz).

En el caso del puente sobre el Río Chico en Coclé, la luz central (de 27.4 m) presenta una frecuencia de vibración natural de 3.04 Hz; mientras que las luces adyacentes (de 22.1 m de luz) presentan un contenido de frecuencias importante en 3.04 Hz, lo cual indica que las luces adyacentes están vibrando a la misma frecuencia que la luz central. Se considera que esta sincronía perfecta en la vibración puede deberse: (1) que las tres luces, siendo independientes, tienen la misma frecuencia natural (lo que es improbable, ya que la luz central es 19% mayor que las adyacentes), o, (2) dicha sincronización puede deberse a que la luz central induce a las luces adyacentes a vibrar, causando una vibración forzada, cuya frecuencia no depende de la longitud de las luces adyacentes, sino que depende de la fuente que la causa, en este caso: la luz central. En las luces adyacentes se observa adicionalmente un contenido de frecuencias importante para aproximadamente 4.54 Hz; frecuencia que es muy cercana a la frecuencia esperada para esta luz (la frecuencia esperada es de 3.89 Hz, según estimación presentada en la sección 4.1)



**Figura 5.** Ejemplo del fenómeno de traslación de frecuencias en el puente sobre el río Pocrí (vía David). L1 (L543199-908766), L2 (L552254-914466) y L3 (L552248-914453).



**Figura 6.** Ejemplo del fenómeno de traslación de frecuencias en el puente sobre el río Chico (provincia de Coclé) en las tres luces centrales (vía David). L2 (L553002-920146), L3 (L553007-920123) y L4 (L553013-920100).

A continuación, se presentan en las tablas: 5,6,7 y 8 los valores de la primera frecuencia natural de vibración para aceleraciones verticales Az obtenidos en las luces de los puentes con vigas de acero a lo largo de la vía interamericana estudiados hasta el momento.

**Tabla 5.** Valores de frecuencia para (Az) de la investigación Arauz & Rodríguez [1]

Puente	Luz	Longitud, L (m)	Frecuencia, f1 (Hz)	Frecuencia natural, f1 (Hz)
Chorcha	L1	23.3	3.51	3.51
	L2	27.4	3.27	3.27
	L3	23.3	3.51	3.51
La Pita	L	27.8	3.41	3.41
Las Vueltas	L1	10	9.13	9.13
	L2	12	9.13	9.13
San Juan	L1*	19.4	3.08	4.15
	L2	24.5	3.12	3.12
	L3	24.5	3.12	3.12
	L4*	19.4	3.08	4.17
Tolé	L1	25	3.66	3.66
	L2	25	3.02	3.02
	L3*	25	2.64	3.01
	L4	30	2.78	2.78

**Tabla 6.** Valores de frecuencia para (Az) de la investigación Patiño & Reyes [7]

Puente	Luz	Longitud, L (m)	Frecuencia, f1 (Hz)	Frecuencia natural, f1 (Hz)
Mula	L	30.92	2.73	2.73
Escarrea	L1	24.57	3.23	3.23
	L2	30.46	2.88	2.88
	L3	24.23	3.23	3.23
Divala	L2	30.8	2.73	2.73

**Tabla 7.** Valores de frecuencia para (Az) de la investigación Serrano & Zúñiga [8]

Puente	Luz	Longitud, L (m)	Frecuencia, f1 (Hz)	Frecuencia natural, f1 (Hz)
Chirigagua (aguas arriba)	L	29.2	3.75	3.75
San Cristobal (aguas arriba)	L	15.5	8.27	8.27
	L1*	20.2	3.84	4.5

David (aguas arriba)	L2	24.3	3.82	3.82
	L3	24.4	3.83	3.83
	L4*	19.5	3.83	4.5

Coclé (Vía Panamá)	L1*	24.5	2.55	3.8
	L2	30.4	2.56	2.56
	L3*	24.5	2.55	3.83

Tabla 8. Valores de frecuencia para (Az) - este estudio

Puente	Luz	Longitud, L (m)	Frecuencia, f1 (Hz)	Frecuencia natural, f1 (Hz)
Vigüí (Vía David)	L1	21.6	4.8	4.8
	L2*	24.5	2.82	4.2
	L3	30.4	2.83	2.83
	L4	24.5	4.23	4.23
Estero Salado (Vía Panamá)	L1	21.45	3.73	3.73
	L2	21.45	3.82	3.82
Pocrí (Vía David)	L1*	11.75	6.38	8.68
	L2	15.22	6.39	6.39
	L3*	11.75	6.38	8.48
Chico (Vía Panamá)	L2*	22.1	2.75	3.7
	L3	27.4	2.78	2.78
	L4*	22.1	2.79	3.9
Chico (Vía David)	L1	15.5	6.09	6.09
	L2*	22.1	3.04	4.54
	L3	27.4	3.04	3.04
	L4*	22.1	3.06	4.55
	L5	15.5	6.04	6.04
Churube (Vía David)	L1	11.78	8.75	8.75
	L2	15.22	6.57	6.57
	L3	11.78	8.76	8.76
El Caño (Vía David)	L1*	17.22	3.36	5.08
	L2	21.3	3.35	3.35
	L3*	17.22	3.38	5.08
Salobre (Vía David)	L	30.5	2.34	2.34
Grande (Vía Panamá)	L1	24.7	3.04	3.04
	L2	24.7	3.2	3.2
	L4	24.7	3.15	3.15
El Barrero (Vía Panamá)	L	21.7	5.22	5.22

#### 4. Análisis de resultados

Anteriormente se determinó que existe una alta correlación entre el periodo de vibración de aceleraciones verticales Az y la longitud de las luces en los puentes de concreto [12]. Sin embargo, la cantidad de puentes con vigas de acero era muy escasa, por lo que no se pudo demostrar esta correlación.

No obstante, García & Garrido presentaron a finales del 2018, una muestra mucho más grande de puentes de acero, por lo que sí se pudo observar y demostrar la correlación entre periodo y longitud de luz [8]. Por ello se decidió realizar un análisis con todos los resultados obtenidos hasta ahora en las provincias de Chiriquí, Veraguas y Coclé.

Mediante el análisis realizado por el software SPYDER, en el cual se obtuvieron gráficos de amplitud vs frecuencia, se puede observar la primera frecuencia perteneciente a cada luz de puente estudiada. Con esta primera frecuencia se puede calcular el periodo natural de vibración usando la siguiente ecuación:

$$T = \frac{1}{f} \quad (1)$$

Donde, la variable T representa al periodo en unidades de segundo y la variable f es la frecuencia en unidades de Hz.

#### 4.1 Ecuación de periodo vs longitud (Az)

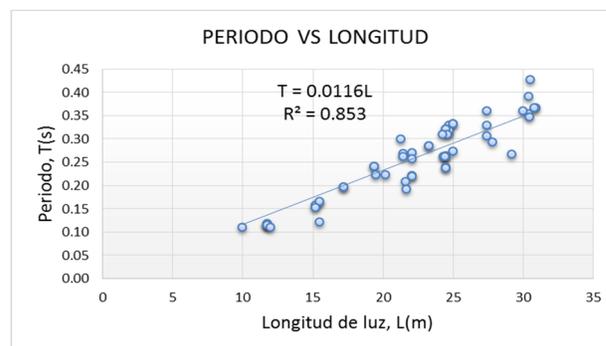


Figura 7. Periodo vs longitud de luz (n=56).

En la figura 7 se muestra la correlación que, entre el periodo de vibración y la longitud de luz para puentes con vigas de acero, de esta manera podemos estimar que

la ecuación para el periodo esperado en este tipo de puentes es la siguiente:

$$T = (1s) \left( \frac{L}{86m} \right) \quad (2)$$

Se observa una alta correlación entre el periodo y la longitud de las 56 luces de puentes con vigas de acero estudiados ( $R^2 = 0.853$ ).

#### 4.2 Ecuación de tendencia de límite superior

Para calcular la ecuación de límite superior de tendencia, se realizará la misma metodología que se utilizó para puentes con vigas de concreto [1], utilizando ahora la ecuación de tendencia obtenida en esta investigación para puentes con vigas de acero, ver tabla 9.

Tabla 9. Valores estadísticos

Función	Valor
Desviación estándar	0.122
Promedio	0.979
Desviación estándar relativa	0.124
Factor de límite superior	0.0128

Ecuación de límite superior para puentes con vigas continuas de concreto:

$$T = 0.0128 L \quad (3)$$

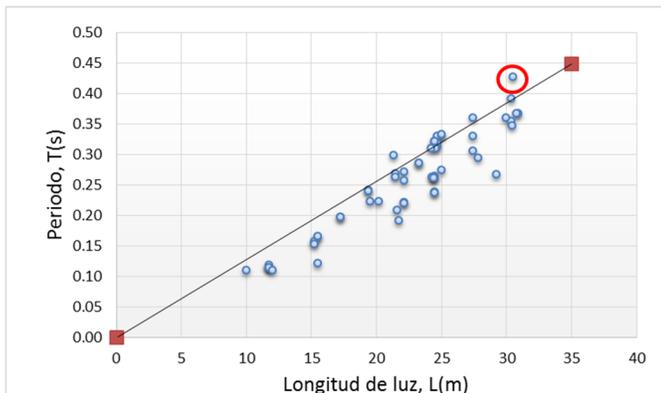


Figura 8. Línea de tendencia de límite superior.

En la figura 4 se observa que la única luz del puente sobre el río Salobre (Vía David), la luz número tres del puente sobre el río Chico (Vía Panamá), la luz número

uno del puente sobre el río Grande (Vía Panamá), la luz número dos del puente sobre el río El Caño (Vía David) y la luz número dos del puente sobre el río Tolé presentan valores por encima del límite superior.

## 5. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. Se encontró una alta correlación en el gráfico de periodo vs longitud de las 56 luces de puentes con vigas de acero estudiados.
2. Se determinó una ecuación del periodo de las luces de acero en función de su longitud (ecuación 2), Las estimaciones realizadas con esta ecuación presentaron un coeficiente de variación (de las estimaciones con respecto a las mediciones) del 12%.
3. Mediante análisis estadístico se generó la ecuación (3), mediante la cual se define un límite superior propuesto para la frecuencia de vibración principal de los puentes de viga de acero, por sobre el cual se estima que el puente presenta una frecuencia de vibración atípica.
4. De las 56 luces de puentes con vigas de acero estudiadas, cinco luces están por encima de la línea de tendencia de límite superior: la única luz del puente sobre el río Salobre (Vía David), la luz número tres del puente sobre el río Chico (Vía Panamá), la luz número uno del puente sobre el río Grande (Vía Panamá), la luz número dos del puente sobre el río El Caño (Vía David) y la luz número dos del puente sobre el río Tolé.

## 6. Recomendaciones

Basado en los resultados de este estudio se puede recomendar:

1. Realizar este tipo de mediciones a una mayor cantidad de puentes con vigas de acero de gran longitud y con cerchas, para tener más cantidad de data de este tipo de puentes.
2. Llevar a cabo una inspección en el puente sobre el río Salobre (Vía David), ya que ha presentado un comportamiento atípico en base a este análisis y en los diferentes tipos de mediciones realizadas en la última investigación.
3. Hacer mediciones en los puentes con vigas de acero faltantes en la carretera interamericana

para de esta manera tener una base de datos completa.

4. En futuras investigaciones realizar modelos matemáticos que sirvan para verificar la naturaleza del fenómeno de traslado de frecuencia, el cual no se puede explicar con modelos sencillos que consideren que los extremos de las vigas no continuas están unidos a apoyos rígidos.

## 7. Referencias

- [1] S. Rodríguez O. Araúz, "Identificación estructural de puentes", I+D Tecnológico, vol. 13, no. 1, p 83-90, junio, 2017.
- [2] W. Rücker, F. Hille and R. Rohrmann, "Guideline for the assessment of existing structures," Federal Institute of Materials Research and Testing, Germany, 2006.
- [3] The manual for bridge evaluation. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011, pp. 8.1-8.16.
- [4] F. Navarro and D. Ureña, "Mediciones y análisis de vibraciones en el puente del Virilla", Investiga TEC, vol. 22, p. 16, 2015.
- [5] J. Cortés, F. Medina and J. Chaves, "Del análisis de fourier a las wavelets análisis de fourier.", Scientia et technica, vol. 13, no. 34, 2007.
- [6] Secretaría de comunicaciones y transportes, "Evaluación de puentes mediante el análisis de vibraciones", Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro, 1999.
- [7] E. Patiño and E. Reyes, "Estudios estructurales de puentes basado en vibraciones en la región occidental de Chiriquí", Tesis Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá, 2017.
- [8] N. Serrano, B. Zuñiga, and J. Gallardo "Método fotogramétrico pragmático para medir desplazamientos en puentes". I+ D Tecnológico, vol. 14, no. 1, p 29-40, junio, 2018.
- [9] Á. García and F. Garrido, "Identificación estructural de puentes entre Veraguas y Coclé por medio de su vibración y desplazamiento", Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá, 2018.
- [10] J. Errington, "John Errington's Data Conversion Website", Skillbank, 2011. [Online]. Available: <http://www.skillbank.co.uk/SignalConversion/rate.htm>.
- [11] "Python vs Matlab", Pyzo. [Online]. Available: [https://pyzo.org/python\\_vs\\_matlab.html](https://pyzo.org/python_vs_matlab.html).

## Síntesis y caracterización de materiales nanoestructurados ( $\text{SnO}_2$ y $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) para potenciales aplicaciones como sensores de gases

### Synthesis and characterization of nanostructured materials ( $\text{SnO}_2$ and $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) for potential applications as gas sensors

O. Melgar<sup>1\*</sup>, Ildemán Abrego<sup>2</sup>, Gricelda Bethancourt<sup>2</sup>, Velumani Subramaniam<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

<sup>2</sup> Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

<sup>3</sup> Department of Electrical Engineering, Av. 2508 National Polytechnic Institute, Gustavo A. Madero, San Pedro Zacatenco, 07360 Mexico City, Mexico.

\*Autor de correspondencia: [orlando.melgar@utp.ac.pa](mailto:orlando.melgar@utp.ac.pa)

**RESUMEN**— En el presente trabajo se describe la síntesis y caracterización morfológica y estructural de membranas nanoporosas de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y nanohilos de óxido de estaño ( $\text{SnO}_x$ ). Las plantillas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  con deposición de estaño fueron tratadas térmicamente a 400, 450, 500 y 550 °C para la obtención de óxido de estaño ( $\text{SnO}_x$ ). Las diferentes muestras fueron caracterizadas por microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de energía dispersiva (EDS) y difracción de rayos X (XRD). Las imágenes SEM presentan una distribución homogénea de poros sobre las membranas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  con un valor estimado de porosidad de 19.7%. Los parámetros morfológicos obtenidos a partir de estas imágenes muestran tamaño de poros con diámetro promedio de 24.4 nm, y espesor de plantilla nanoporosa de 12.0  $\mu\text{m}$ . Se estimó la densidad de poros en las muestras de aproximadamente  $4.27 \times 10^7$  poros/ $\text{cm}^2$ . Los patrones de XRD de las muestras preparadas evidencian la formación de la estructura nanocristalina fase rutilo,  $\text{SnO}_2$ , para las muestras sinterizadas a 550 °C. Las propiedades de materiales nanoestructurados de  $\text{SnO}_2$  son responsables de un gran número de aplicaciones tecnológicas que resultan interesantes en el campo de la ciencia de los materiales. Los resultados presentados demuestran que las metodologías empleadas en la síntesis de nanohilos de  $\text{SnO}_2$  producen buena calidad de nanoestructuras para potenciales aplicaciones como sensores de gases.

**Palabras clave**— Anodización, electrodeposición, caracterización morfológica, caracterización estructural, materiales nanoestructurados, nanohilos, óxidos metálicos.

**ABSTRACT**— This paper describes the synthesis, morphological and structural characterization of nanoporous aluminum oxide templates ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) and tin oxide nanowires ( $\text{SnO}_x$ ). The templates of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  with tin deposition were treated thermally at 400, 450, 500 and 550 °C to obtain tin oxide ( $\text{SnO}_x$ ). The different samples were characterized by Scanning Electron Microscopy (SEM), Dispersive Energy Spectroscopy (EDS) and X-ray Diffraction (XRD). SEM images present a homogeneous pore distribution over the templates of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  with an estimated porosity value of 19.7%. The morphological parameters obtained from these images show pores size with an average diameter of 24.4 nm, and a nanoporous template thickness of 12.0  $\mu\text{m}$ . Pore density was estimated in samples of approximately  $4.27 \times 10^7$  pores/ $\text{cm}^2$ . The XRD patterns of the prepared samples evidence the formation of the nanocrystalline structure phase rutile,  $\text{SnO}_2$ , for the sintered samples at 550 °C. The properties of nanostructured materials from  $\text{SnO}_2$  are responsible for many technological applications that are interesting in the field of material science. The results presented demonstrate that the methodologies used in the synthesis of nanowires from  $\text{SnO}_2$  produce a good quality nanostructure for potential applications such as gas sensors.

**Keywords**— Anodization, electrodeposition, morphological characterization, structural characterization, nanostructured materials, nanowires, metal oxides.

## 1. Introducción

En el campo de la nanotecnología, algunas formas de óxidos metálicos desempeñan un rol importante en áreas de la química, física y ciencia de los materiales [1]. Los elementos metálicos tienden a formar uno o varios tipos

de óxidos cuyas estructuras y propiedades electrónicas permiten clasificarlos como materiales conductores, aislantes o una combinación de ambos [2].

Varios tipos de óxidos metálicos como el ZnO [3], NiO [4],  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [5],  $\text{In}_2\text{O}_3$  [6],  $\text{SnO}_2$  [7],  $\text{TiO}_2$  [8] y otros,

**Citación:** O. Melgar, I. Abrego, G. Bethancourt y V. Subramaniam, "Síntesis y caracterización de materiales nanoestructurados ( $\text{SnO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) para potenciales aplicaciones como sensores de gases" *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 1, pp. (22-29), 2020.

**Tipo de artículo:** Original. **Recibido:** 8 marzo de 2019. **Recibido con correcciones:** 22 marzo de 2019. **Aceptado:** 2 diciembre de 2019.

**DOI.**

**Copyright:** 2020 O. Melgar, I. Abrego, G. Bethancourt y V. Subramaniam. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

están siendo aplicados como alternativa para enfrentar importantes desafíos tecnológicos y ambientales en las áreas de conversión de energía [9], electrónica [10], catálisis [11], almacenamiento de energía [12], tratamiento de agua [13], sensores [14], etc.

Se han reportado numerosos estudios de óxidos metálicos que presentan una variedad de morfologías a escalas nanométricas (1-100 nm) tales como hilos, barras, tubos, aros y cintas; las cuales exhiben propiedades ópticas, eléctricas, magnéticas y mecánicas diferentes a las del propio material a macro escala [15].

La búsqueda de nuevos materiales que puedan servir como sensores de gases se orienta principalmente a la detección y/o prevención de riesgos contra gases inflamables y tóxicos, monitoreo de gases de combustión que contribuyan al ahorro de energía y a la protección ambiental [16]. En nuestro país, la determinación de la concentración de bases volátiles como las aminas y amoníaco permitirían novedosas aplicaciones relacionadas con la determinación de la calidad de productos pesqueros. Igualmente, la determinación de la concentración de gases como el vapor de agua para monitorear el contenido de humedad en suelo resultaría interesante en las áreas de agricultura y ciencias del ambiente, entre otras [17].

Los nanohilos de óxido de estaño, así como sus diferentes formas nanoestructuradas, pueden ser sintetizadas mediante química húmeda [18], oxidación térmica a alta temperatura [19], método hidrotérmico [20], método sólido-líquido-vapor [21], deposición química de vapor por plasma [22], etc. [23]. Las membranas de óxido de aluminio anódico (OAA) han sido estudiadas y empleadas como plantillas o moldes para la fabricación de diferentes materiales nanoestructurados tales como nanohilos, nanotubos y nanopartículas [24].

En la literatura se reportan diversos estudios los cuales involucran el uso de membranas de OAA para la electrodeposición de nanohilos metálicos de elementos tales como el oro (Au), plata (Ag), estaño (Sn), paladio (Pd), níquel (Ni), etc., para diversas aplicaciones [25].

El óxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ ) en su fase estable conocida como casiterita, es un material semiconductor de tipo-n con un amplio *band-gap*. Se ha realizado un importante número de estudios sobre este material a fin de evaluar algunas de sus propiedades. No obstante, actualmente representa un campo activo de investigación ya que aún se requiere seguir evaluando los tiempos de respuesta,

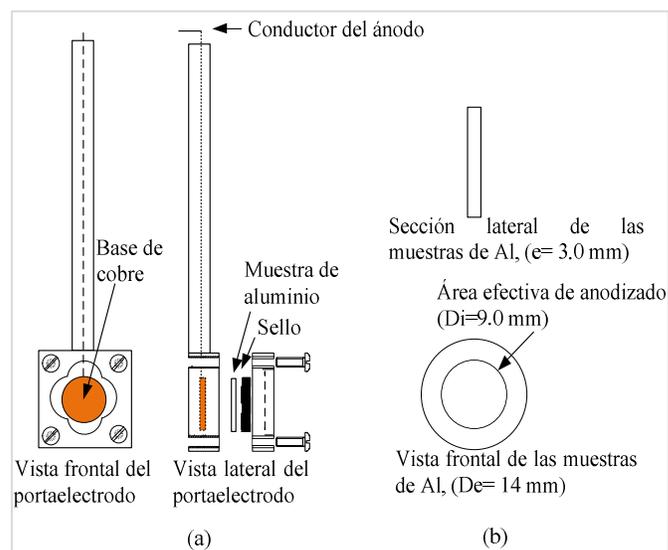
sensibilidad, selectividad, tiempo de degradación en presencia de gases, etc., a fin de optimizar los rendimientos de detección [26, 27].

En este estudio se reporta la síntesis, así como parte de la caracterización morfológica y estructural de un material nanoestructurado formado por nanohilos de óxido de estaño depositados sobre plantillas de alúmina anódica, como material compuesto para potenciales aplicaciones sensoras.

A continuación, se hace una breve descripción sobre las técnicas de anodizado y electrodeposición, así como el procedimiento empleado en la síntesis de las plantillas de óxido de aluminio anódico (OAA) y de los nanohilos de óxido de estaño. Posteriormente, se presentan los resultados obtenidos de la caracterización morfológica y estructural, a fin de evaluar la estructura cristalina y el control en la composición química de los nanohilos de óxido de estaño.

## 2. Materiales y métodos

Para la preparación de las muestras se recortó una cinta de aluminio (Al) para síntesis (marca Merck KGaA, grado 99.95%) en forma de discos, cuyo diámetro exterior ( $D_e$ ) de disco es de 14.0 mm, y 3.0 mm de espesor (e).



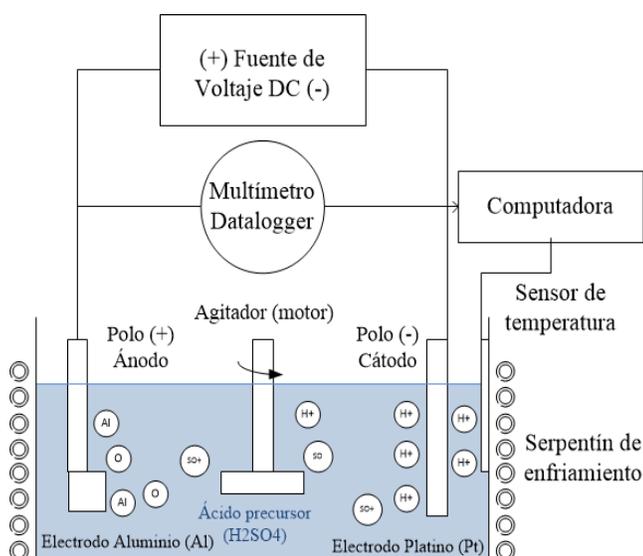
**Figura 1.** (a) Esquema de la porta electrodo (ánodo) utilizado en el anodizado. (b) Muestras de Al.

En la figura 1 se puede observar en (a) un dibujo esquemático del portamuestras utilizado en el sistema de anodizado y (b) la descripción geométrica de las muestras de Al utilizadas.

El proceso de anodización se llevó a cabo manteniendo constante parámetros como voltaje, temperatura, material utilizado como cátodo y la concentración de las soluciones. El sistema utilizado consiste en una celda electrolítica compuesta por el ánodo de aluminio (muestras) y un electrodo de platino como cátodo. El electrolito utilizado en la anodización está compuesto por una solución de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) al 6.0% (m/m) a una temperatura ~ 0°C y un voltaje aplicado de 20V DC.

Se utilizó una fuente de voltaje DC Volteq HY3005D y un multímetro digital *datalogger* marca Radioshack para medir la corriente que fluye a través de la celda electroquímica. Se acondicionó un equipo de refrigeración para mantener la temperatura constante (ver figura 2).

Previo al proceso de anodizado, se empleó un equipo de agitación ultrasónica modelo UD50SH-O para limpiar las diferentes muestras de Al con la finalidad de eliminar residuos o partículas contaminantes sobre la superficie de las muestras. Se utilizó agua destilada y acetona durante 10 minutos, respectivamente.



**Figura 2.** Diagrama del sistema de anodizado utilizado en el experimento.

Posteriormente, las piezas de Al son recocidas en una mufla a 500°C durante 5 horas a fin de lograr el suavizado de la superficie metálica. Luego se aplica un tratamiento químico con una solución compuesta por ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) al 40% (m/m) y ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) al 4.0 % (m/m) y pH de ~ 1.0, a una temperatura constante de 75.0°C durante 20 minutos. Este

procedimiento se aplica para remover la capa de óxido tipo barrera superficial sobre las muestras.

El tiempo del primer y segundo paso de anodizado se estableció en 1 y 4 horas, respectivamente. Previo al segundo tratamiento de anodizado se elimina químicamente el óxido de aluminio utilizando una solución compuesta de ácido crómico (H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) al 1.8% (m/m) y ácido fosfórico (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) al 6.0% (m/m), durante una hora a una temperatura entre 85-90°C. Con este paso se garantiza mejorar el ordenamiento de la estructura en el segundo anodizado.

### 2.1 Preparación de los nanohilos de óxido de estaño

El principal reto para utilizar las plantillas de óxido de aluminio para propósitos de electrodeposición está relacionado con la disminución de la resistencia eléctrica de la capa barrera del óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) en la base de los poros [28]. En la presente investigación se utilizó el método de adelgazamiento de la capa barrera que consiste en la disminución gradual del voltaje al finalizar el segundo paso de anodizado.

La tasa promedio de disminución de voltaje fue de 2V/min hasta alcanzar los 4V. Las muestras permanecieron en la solución de anodizado con el potencial eléctrico de 4V durante 10 minutos adicionales, con la finalidad de disminuir la impedancia eléctrica de la capa barrera en la base de los poros.

Para la deposición del estaño se utilizó una solución precursora basada en sulfato de estaño (SnSO<sub>4</sub>) aplicando un voltaje en corriente alterna (20V AC), durante 20 minutos a temperatura ambiente. La deposición electroquímica en corriente alterna AC es empleada para reducir los iones Sn<sup>2+</sup> en los poros de las plantillas (moldes) de alúmina.

Para formar el óxido de estaño, se procedió a sinterizar las muestras preparadas en una mufla a 400°C, 450°C, 500°C y 550°C durante un período de 2 horas, de manera que se pudiera examinar los cambios en la estructura cristalina, así como la dirección de crecimiento de los cristales de los nanohilos de SnO<sub>2</sub>.

Para efectos de poder determinar el espesor de la capa porosa y la capa barrera en las muestras con Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SnO<sub>2</sub>, se procede a eliminar el resto del sustrato de Al utilizando una solución de cloruro de cobre (CuCl<sub>2</sub>) al 5.0% (m/m), dejando solamente la membrana anódica.

## 2.2 Caracterización de los materiales

La caracterización de las muestras se hizo para determinar la morfología, como la composición química tanto de las plantillas de alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), así como de los nanohilos de SnO<sub>2</sub>.

Las micrografías y espectros de análisis elemental fueron realizadas utilizando un microscopio de barrido electrónico (SEM, por sus siglas en inglés) marca TESCAN VEGA3, y la técnica de espectroscopía de energía dispersiva (EDS, por sus siglas en inglés), respectivamente. Las características morfológicas del óxido de aluminio anódico (OAA) tales como el espesor de la capa de óxido, distancia entre poros (D<sub>c</sub>) y diámetro de poros (D<sub>p</sub>) fueron calculados a partir de las imágenes SEM y un software de procesamiento de imágenes conocido como Image J. La densidad de poros (ρ) y la porosidad de las membranas (σ) fueron estimadas a partir de las ecuaciones [29].

$$\rho = \frac{2 \times 10^{14}}{\sqrt{3} \times D_c^2} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \times \left(\frac{D_p}{D_c}\right)^2 = 0.907 \times \left(\frac{D_p}{D_c}\right)^2 \quad (2)$$

Las estructuras cristalinas de las muestras fueron analizadas utilizando un equipo de difracción de rayos X (XRD, por sus siglas en inglés), marca Bruker D2 Phaser, con longitudes de onda Cr/Co/Cu, parámetros de operación de 30 KV/10 mA, con un barrido desde 20° a 80° y un tamaño de paso de 0.02°.

## 3. Resultados

### 3.1 Morfología del óxido de aluminio

En la figura 3 se muestra la evolución de la corriente en función del tiempo a medida que progresa el anodizado sobre la superficie del aluminio para una muestra que ha sido fabricada a 20V DC. Las curvas de la figura corresponden al primer y segundo proceso de anodizado.

En las curvas de anodizado presentadas en la figura 3 se aprecian cuatro regiones [29, 30]. La región (a) se caracteriza por el inicio de la formación del óxido tipo barrera, lo que consecuentemente produce una disminución en la densidad de corriente. En la región (b) y (c) se da lugar a un mínimo en la curva de corriente indicando que el crecimiento del óxido ha culminado. La región (c) marca la transición del óxido a la disolución de

la interface óxido/solución, dando el paso a la propagación de los poros en la región (d).

Esta última región se identifica por el incremento exponencial de la corriente en un tiempo característico al voltaje aplicado. Finalmente, los poros se propagan a medida que se oxida el sustrato de Al, región (e), donde el flujo de corriente se mantiene constante a lo largo del tiempo de anodizado.

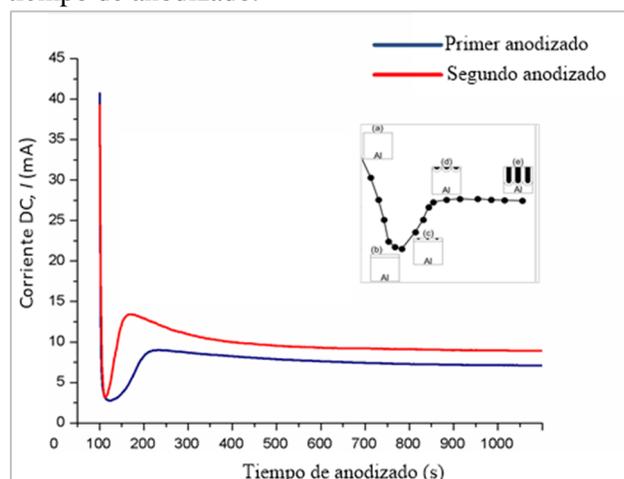


Figura 3. Curvas de anodizado obtenidas experimentalmente.

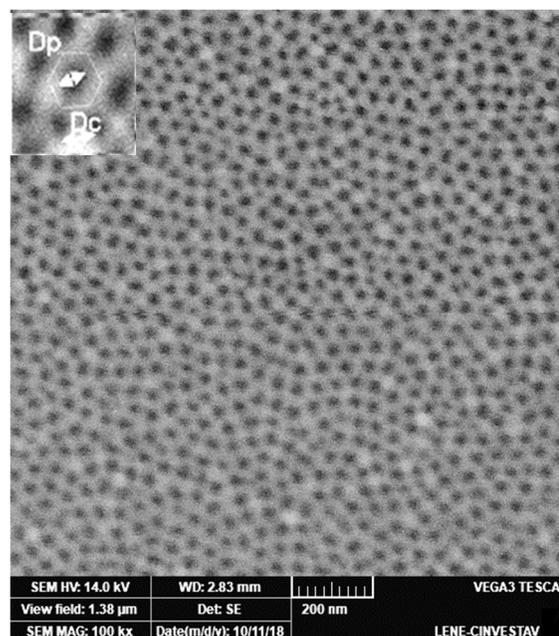


Figura 4. Imagen SEM (1200 nm x 1200nm) de muestras anodizadas de Al durante 4 horas (Al 99.95%).

En la figura 4 se observa la morfología porosa del Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> que resulta del proceso de anodizado de dos pasos (1 y 4 horas, respectivamente) utilizando sustrato de aluminio al 99.95% de pureza.

En la imagen se observa una estructura ordenada en forma de panal con un alto grado de uniformidad en el diámetro y espaciamiento entre poros.

Los análisis realizados con Image J indican que las películas sintetizadas a 20V DC y 6% de m/m presentan un diámetro promedio de poros aproximado de  $D_p = 24.4$  nm, y un distanciamiento entre poros ( $D_c$ ) promedio de  $D_c = 52.3$  nm. (Ver figura 5).

La densidad de poros promedio resultó de  $\rho = 4.27 \times 10^{10}$  poros/cm<sup>2</sup> para cada muestra preparada. Mientras que la porosidad de la membrana se calculó en un  $\sigma = 19.7$  % aproximadamente. El porcentaje de porosidad indica un arreglo de poro bastante ordenado. El espesor de las plantillas nanoporosas es de aproximadamente 12.0  $\mu$ m.

Los resultados obtenidos en la morfología de las membranas de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> fueron satisfactorios y aceptables para su uso como matriz o moldes en la fabricación de nanohilos.

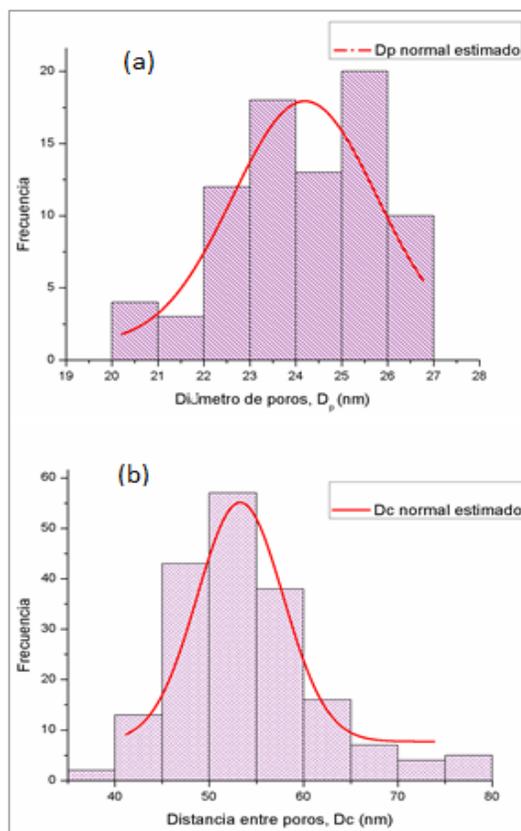
### 3.2 Morfología del óxido de estaño

La figura 6 (a) presenta una vista frontal de una membrana (plantillas) de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con óxido de estaño depositado en los nanoporos. En la figura 6 (b) se observa una vista lateral de las plantillas. En la imagen se logra ver la capa nanoporosa y la capa tipo barrera característica del óxido de aluminio anódico. En la Figura 6 (c) y 6 (d) se observa el material de óxido de estaño en forma de nanohilos, una vez removida la plantilla nanoporosa.

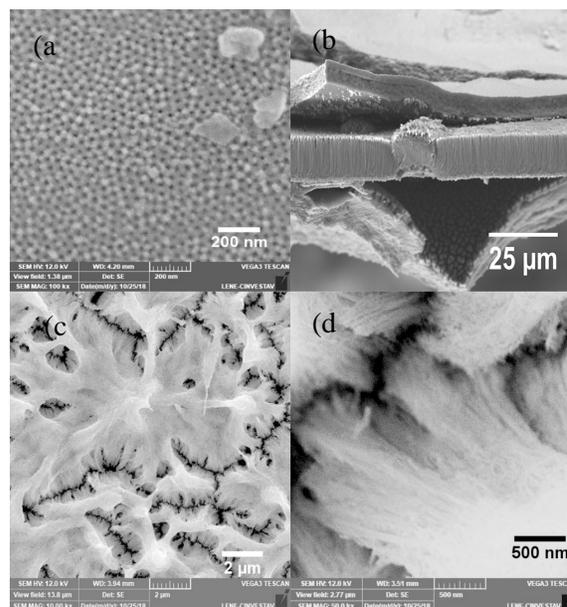
### 3.3 Caracterización química mediante EDS

La espectroscopia de rayos X mediante energía dispersiva es una técnica analítica que permite determinar un elemento químico presente en una muestra. La técnica se aplicó en muestras con membranas de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sin deposición y con electrodeposición de Sn.

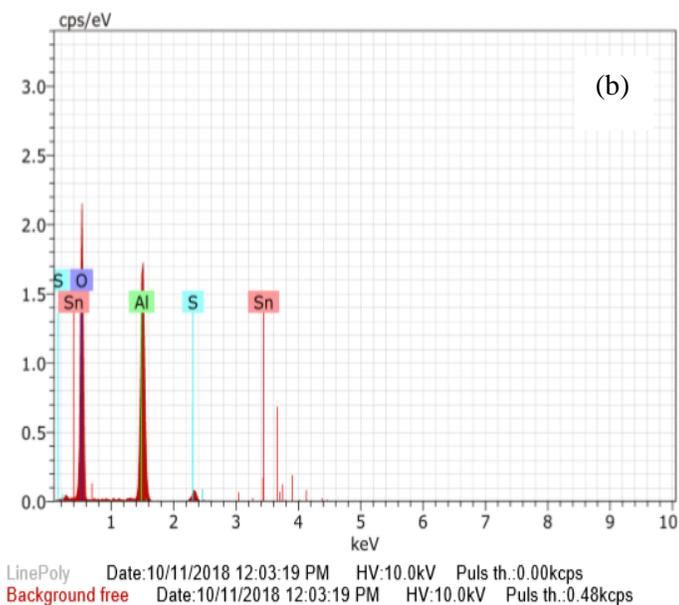
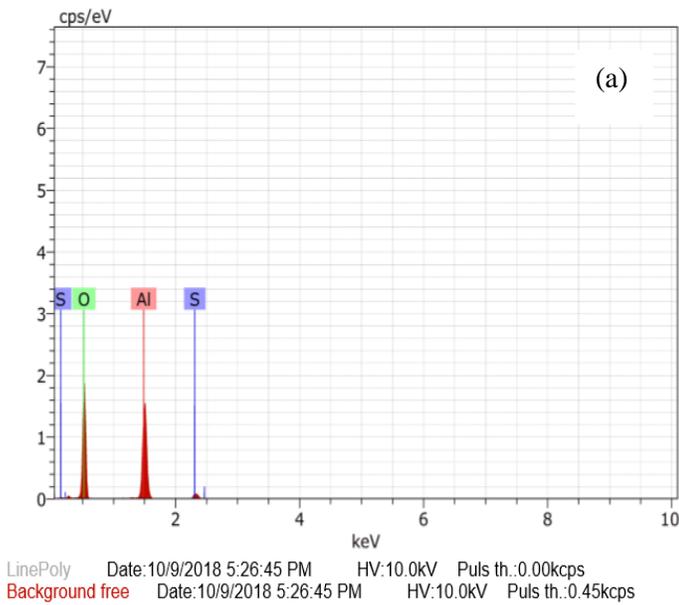
En la figura 7 (a), se observa el espectro EDS de una muestra analizada que refleja la presencia de aluminio (Al) y oxígeno (O) indicando el crecimiento de una capa de óxido sobre la lámina. En la misma imagen se observan trazas no deseadas de azufre (S) en muy pequeña proporción. En la figura 7 (b) se aprecian todos los elementos anteriormente mencionados y adicionalmente, se puede observar la presencia de estaño (Sn) en todas las muestras sinterizadas a 400, 450, 500 y 550 °C. Esto revela la presencia de formación de óxido de estaño en la estructura nanoporosa.



**Figura 5.** Histogramas de (a) Diámetro de poro,  $D_p$  (nm) (b) Distancia entre poros,  $D_c$  (nm).



**Figura 6.** Imágenes SEM de nanohilos de óxido de estaño después de la disolución de la membrana de óxido de aluminio anódica



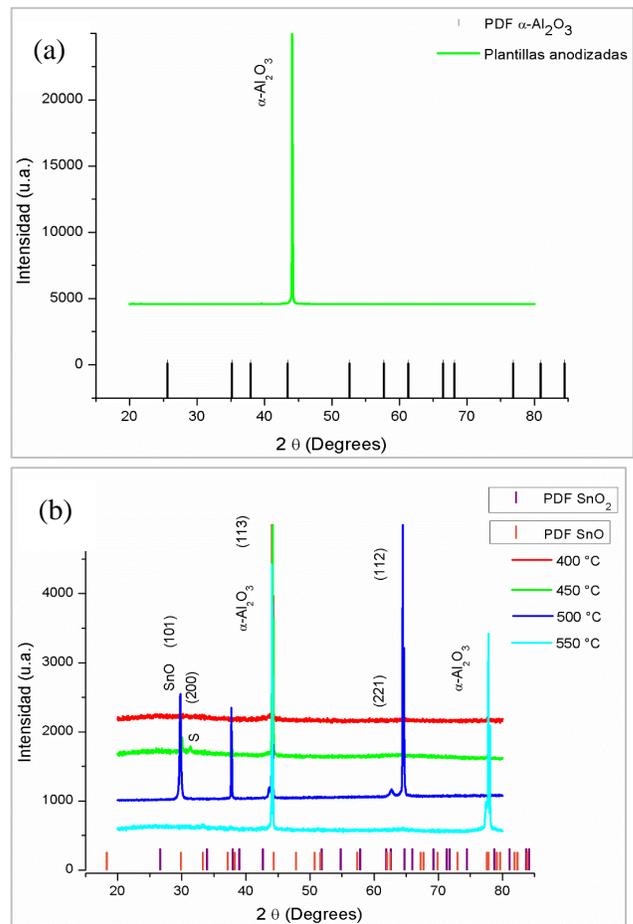
**Figura 7.** Espectros EDS de (a) Muestras anodizadas de Al, y (b) Muestras anodizadas de Al electrodepositadas con Sn.

### 3.4 Evolución de la composición química del Sn después del sinterizado a diferentes temperaturas

La figura 8 (a) muestra el difractograma XRD de diferentes muestras de Al (muestras de referencias) anodizadas en las mismas condiciones, sin deposición de estaño. En la imagen se observa la fase predominante del  $\text{Al}_2\text{O}_3$  formado en la dirección (113), obtenida a partir del proceso de anodizado aplicado. Mientras que en la figura 8 (b) se revela otros difractogramas obtenidos de

muestras de Al preparadas en las mismas condiciones que las muestras de referencia, con electrodeposición de estaño sinterizadas a diferentes temperaturas (400°C, 450°C, 500°C y 550°C).

El perfil de difracción en la figura 8 (b) muestra que para las muestras sinterizadas a 400 °C aún no se observa la presencia de alguna fase de óxido de estaño. Para las muestras sinterizadas a 450 y 500 °C revelan la presencia simultánea de óxido de estaño con valencia II (SnO) y valencia IV ( $\text{SnO}_2$ ). En cuanto, para las muestras tratadas térmicamente a 550 °C las trazas de SnO disminuyen significativamente, permitiendo una mayor proporción de la fase  $\text{SnO}_2$ . En el rango de temperaturas se puede apreciar el cambio de fase de óxido de estaño II a óxido de estaño IV a medida que se incrementa la temperatura de sinterización.



**Figura 8.** Difractogramas XRD de muestras de Al anodizadas y muestras de Al anodizadas con deposición de  $\text{SnO}_x$ .

#### 4. Conclusiones

Se tiene un buen control en el manejo de las técnicas de anodizado y electrodeposición para la formación de plantillas nanoporosas y nanohilos. Las plantillas de alúmina anódica presentaron una morfología moderadamente ordenada, mientras que los nanohilos de óxido de estaño manifestaron una composición química y estructura cristalina bien definida.

La estructura y morfología del material compuesto por Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SnO<sub>x</sub> fueron investigadas usando SEM, EDS y XRD. Se logró identificar la formación de nanohilos de óxido de estaño en la fase rutilo (tetragonal). Esta fase de óxido de estaño es un excelente candidato como elemento sensor para diferentes gases, por lo que en trabajos futuros se incurrirá en una serie de pruebas con gases como vapor de agua, alcoholes, amoníaco, entre otras, a fin de caracterizar las respuestas sensoras de este material.

Las técnicas aplicadas podrían facilitar la producción a gran escala de nanoestructuras debido a que las condiciones de operación se realizan en ambiente no controlado.

#### 5. Agradecimiento

Este trabajo fue financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) como parte del proyecto GC-2017B-47. Se le agradece al personal del Laboratorio LENE del CINVESTAV-IPN de México por su asistencia en el uso de equipo especializado. Igualmente se retribuye el agradecimiento al Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto de Investigaciones Tropicales Smithsonian. Por último, se agradece a la coordinación del Laboratorio Pierre y Marie Curie de la UTP por permitir el uso de sus instalaciones.

#### 6. Referencias

- [1] C. Noguera, *Physics and Chemistry at Oxide Surfaces*, Paris: Université de Paris XI - ISBN: 9780521472142, 1996.
- [2] R. W. Wyckoff, *Crystal Structures*, New York: Wiley Interscience, 1964.
- [3] D. Ding, W. Lan, Z. Yang, Z. Xiaohua, Y. Chen, J. Wang, X. Zhang, Y. Zhang, Q. Su y E. Xie, «A simple method for preparing ZnO foam/carbon quantum dots nanocomposite and their photocatalytic applications,» *Materials Science in Semiconductor Processing - Elsevier*, vol. 47, pp. 25-31, 2016.
- [4] J. Ma, J. Yang, L. Liao, Y. Mao, Y. Wang, X. Duan, J. Lianb y W. Zheng, «NiO nanomaterials: Controlled fabrication, formation mechanism and the application in lithium-ion battery,» *Cryst.Eng.Comm.*, vol. 14, pp. 453-459, 2012.
- [5] R. Rafati, A. S. Haddad y H. Hamidi, «Application of Aluminium Oxide Nanoparticles to Enhance Rheological and Filtration Properties of Water Based Muds at HPHT Conditions,» *Colloids and Surfaces. A, Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 537, pp. 361-371, 2018.
- [6] G. Doménech-Gil, J. Samá, P. Pellegrino, S. Barth, I. Grácia, C. Cané y A. Romano-Rodríguez, «Gas Nanosensors Based on Individual Indium Oxide Nanostructures,» *Procedia Engineering*, vol. 120, pp. 795-798, 2015.
- [7] H.-C. Chiu y C.-S. Yeh, «Hydrothermal Synthesis of SnO<sub>2</sub> Nanoparticles and Their Gas-Sensing of Alcohol,» *The Journal of Physical Chemistry C*, vol. 111, n° 20, pp. 7256-7259, 2007.
- [8] A. Haider, R. Anbari, G. Kadhim y C. Salame, «Exploring potential Environmental applications of TiO<sub>2</sub>,» *Energy Procedia*, vol. 119, pp. 332-345, 2017.
- [9] G. Suresh, C. Vidhya, K. Vivekanand y S. Mahendra, «Band-Edge Engineered Hybrid Structures for Dye-Sensitized Solar Cells Based on SnO<sub>2</sub> Nanowires,» *Adv. Funct. Mater.*, vol. 18, pp. 2411-2418, 2008.
- [10] A. Komalkov, D. O. Klenov, Y. Lilach, S. Stemmer y M. Moskovits, «Enhanced Gas Sensing by Individual SnO<sub>2</sub> Nanowires and Nanobelts Functionalized with Pd Catalyst Particles,» *Nano Lett.*, vol. 4, n° 5, pp. 667-673, 2005.
- [11] R. Chen, G. Xing, J. Gao, Z. Zhang, T. Wu y H. Sun, «Characteristics of ultraviolet photoluminescence from high quality tin oxide nanowires,» *Applied Physics Letters*, vol. 95, p. 061908, 2009.
- [12] C. Kim, M. Noh, M. Choi, J. Cho y B. Pak, «Critical Size of a Nano SnO<sub>2</sub> Electrode for Li-Secondary Battery,» *Chem. Mater.*, vol. 17, n° 12, pp. 3297-3301, 2005.
- [13] A. N. Subba Rao y T. V. Venkatesha, «Metal oxide-coated anodes in wastewater treatment,» *PubMed*, vol. 21, n° 5, pp. 3197-3217, 2014.
- [14] V. V. Sysoev, J. Goschnick, T. Schneider, E. Strelcov y A. Komalkov, «A gradient microarray electronic nose based on percolating SnO(2) nanowire sensing elements,» *Nano Lett.*, vol. 10, pp. 3182-3190, 2007.
- [15] N. Barsan, D. Koziej y U. Weimar, «Metal oxide-based gas sensor research: how to?,» *Sens. Actuators B.*, vol. 121, pp. 18-35, 2007.
- [16] T. Anukunprasert, C. Saiwan y E. Traversa, «The development of gas sensor for carbon monoxide monitoring using nanostructure Nb-TiO<sub>2</sub>,» *Sci. Technol. Adv. Mater.*, vol. 6, n° 1, pp. 359-363, 2005.
- [17] B. Nowack, J. F. Ranville, S. Diamond, J. A. Gallego-Urrea, C. Metcalfe y J. Rose, «Potential scenarios for nanomaterial release and subsequent alteration in the environment,» *Environ. Toxicol. Chem.*, vol. 31, n° 1, pp. 50-59, 2012.
- [18] L. Qin, J. Xu, X. Dong, Q. Pan, Z. Cheng, Q. Xiang y F. Li, «The template-free synthesis of square-shaped SnO(2)

- nanowires: the temperature effect and acetone gas sensors.,» *Nanotechnology*, vol. 19, n° 18, p. 185705, 2008.
- [19] Z. R. Dai, J. L. Gole, J. D. Stout y Z. L. Wang, «Tin Oxide Nanowires, Nanoribbons, and Nanotubes,» *J. Phys. Chem. B*, vol. 106, n° 6, pp. 1274-1279, 2002.
- [20] O. Lupan, L. Chow, G. Chai, A. Schulte, S. Park y H. Heinrich, «A rapid hydrothermal synthesis of rutile SnO<sub>2</sub> nanowires,» *Materials Science and Engineering B*, vol. 157, pp. 101-104, 2009.
- [21] A. Kar, M. A. Stroschio, M. Meyyappan, D. J. Gosztola, G. P. Wiederrecht y M. Dutta, «Tailoring the surface properties and carrier dynamics in SnO<sub>2</sub> nanowires.,» *Nanotechnology*, vol. 15, n° 22, p. 285709, 2011.
- [22] T. Singh, T. Fischer, J. Singh y S. K. Gurrarn, «Plasma Enhanced CVD of Transparent and Conductive Tin Oxide Thin Films,» *Ceramic Engineering and Science Proceedings*, vol. 34, n° 7, pp. 99-105, 2014.
- [23] L. Zhong, X. H. Liu, G. F. Wang, S. X. Mao y J. Y. Huang, «Multiple-stripe lithiation mechanism of individual SnO<sub>2</sub> nanowires in a flooding geometry.,» *Physical Review Letters*, vol. 106, p. 248302, 2011.
- [24] A. A. Noyan, A. P. Leontiev, M. V. Yakovlev, I. V. Roylsyakov, G. A. Tsirlina y K. S. Napolskii, «Electrochemical growth of nanowires in anodic alumina templates: the role of pore branching,» *Electrochimica Acta - Elsevier*, vol. 226, n° 1, pp. 60-68, 2017.
- [25] Y. N. Xia, P. D. Yang, Y. G. Sun, Y. Y. Wu, B. Mayers, B. Gates, Y. D. Yin, F. Kim y Y. Q. Yan, «One-dimensional nanostructures: synthesis, characterization, and applications,» *Adv. Mater.*, vol. 15, n° 1, pp. 353-357, 2003.
- [26] A. Komalkov, Y. Zhang, G. Cheng y M. Moskovits, «Detection of CO and O<sub>2</sub> using tin oxide nanowire sensors,» *Adv. Mater.*, vol. 15, pp. 997-1000, 2003.
- [27] M. Law, H. Kind, B. Messer, F. Kim y P. Yang, «Photochemical sensing of NO<sub>2</sub> with SnO<sub>2</sub> nanoribbon nanosensors at room temperature.,» *Angew Chem Int Ed*, vol. 41, pp. 2405-2408, 2002.
- [28] W. J. Stpniewsky, W. Florkiewicz, M. Michalska-Domaska, M. Norek y T. Czujko, «A comparative study of electrochemical barrier layer thinning for anodic aluminum oxide grown,» *Journal of Electroanalytical Chemistry*, vol. 741, pp. 80-86, 2015.
- [29] G. D. Sulka y A. Eftekhari, *Nanostructured materials in electrochemistry*, Weinheim: Wiley-VCH, 2008.
- [30] V. P. Parkhutik y V. I. Shershulsky, «Theoretical modelling of porous oxide growth on aluminium,» *Journal of Physics D: Applied Physics*, vol. 25, pp. 1258-1263, 1992.
- [31] H. Masuda y K. Fukuda, «Ordered metal nanohole arrays made by a two-step replication of honeycomb structures of anodic alumina.,» *Science*, vol. 268, n° 5216, pp. 1466-1474, 1995.

# Mobile cloud computing, una opción de infraestructura de tecnologías de información en procesos de educación ubicua

## Mobile cloud computing, an information technology infrastructure option in ubiquitous education processes

Carmen Inés Báez Pérez<sup>1\*</sup>, Clifton Eduardo Clunie Beaufond<sup>2</sup>, Francisco Arnaldo Vargas Bermúdez<sup>3</sup>, Giovanni Andrés Tovar Clavijo<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup> Programa de Ingeniería de Sistemas, Universidad de Boyacá, Colombia

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

<sup>4</sup> Administración Industrial, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia

\*Autor de correspondencia: [cibaez@uniboyaca.edu.co](mailto:cibaez@uniboyaca.edu.co)

**RESUMEN**— Las nuevas tecnologías de información han provocado cambios importantes en la forma en que hoy en día se tiene acceso a la información, un área en la cual estos cambios han obligado a generar nuevas dinámicas que involucren las Tecnologías de Información es en el campo de la educación. Este artículo presenta un estado de arte acerca de cloud computing y mobile cloud computing como tecnologías que apoyan la implementación de entornos de aprendizaje ubicuo. Posteriormente, se presentan proyectos educativos que se apoyan en el uso de Tecnologías de Información ubicua. Finalmente, en la sección Análisis, se presenta una crítica acerca de la incorporación de estas tecnologías en los procesos de enseñanza/aprendizaje, y en las conclusiones se resalta la importancia de incorporar las tecnologías de información y comunicaciones, especialmente cloud computing y mobile cloud computing en los procesos de educación ubica.

**Palabras clave**— Educación ubicua, computación en la nube, computación en la nube para móviles, procesos de enseñanza/aprendizaje.

**ABSTRACT**— New information technologies have caused significant changes in the way in which information is now accessed, an area in which these changes have forced to generate new dynamics that involve information technologies is in the field of education. This paper presents a state of the art of cloud computing and mobile cloud computing as technologies that support the implementation of the ubiquitous learning environment. Subsequently, educational projects are presented that rely in the use of ubiquitous information technologies. Finally, in the Analysis section, a critique is presented about the incorporation of these technologies in the teaching / learning processes, and the conclusions highlight the importance of incorporating information and communications technologies, especially cloud computing and mobile cloud computing in the processes of education it locates.

**Keywords**— Ubiquitous learning, cloud computing, mobile cloud computing, teaching learning processes.

### 1. Introducción

La evolución de las Tecnologías de Información (TI) y su incorporación en las actividades cotidianas hace necesario realizar ajustes a las prácticas educativas tradicionales buscando acercar más el objeto de estudio a los estudiantes, mediante técnicas, métodos y metodologías que incorporen nuevos elementos al ejercicio docente, especialmente, el que hace referencia a la función del docente como mediador del proceso de formación.

De acuerdo con estudios y estadísticas, como el presentado en el Foro Económico Mundial [1], se hace

necesario que las instituciones educativas transformen sus escenarios de formación, enriqueciéndolos con nuevos elementos que creen experiencias más cercanas al contexto real de aplicación, que se promueva el desarrollo de nuevas habilidades como: colaboración, comunicación y resolución de problemas, entre otras. Por otra parte, la educación está tomando un giro a nivel de secundaria y primaria, dado que se buscan “Maestros dedicados a orientar y a ser mentores, en cambio de presentarse únicamente como impartidores del conocimiento” [2]. Así mismo, Luis Alberto Quevedo, menciona que “Las TI han aportado riqueza al sistema

**Citación:** C. Báez, C. Clunie, F. Vargas y G. Tovar, “Mobile cloud computing, una opción de infraestructura de tecnologías de información en procesos de educación ubicua” *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 1, pp. (30-38), 2020.

**Tipo de artículo:** Revisión. **Recibido:** 9 marzo de 2019. **Recibido con correcciones:** 9 de marzo de 2019. **Aceptado:** 2 diciembre de 2019.

**DOI:**

**Copyright:** 2020 C. Báez, C. Clunie, F. Vargas y G. Tovar. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

educativo transformando las formas de interactuar socialmente, de definir las identidades y de hacer circular el conocimiento” [3], lo cual va en concordancia con el acceso que hoy se tiene a las TI y a la necesidad de promover esta transformación educativa.

Teniendo en cuenta este y otros referentes, la educación requiere incorporar nuevos métodos de enseñanza/aprendizaje apoyados por tecnologías de información, que puedan ser implementados, y que brinden nuevas experiencias de aprendizaje significativo en los estudiantes, partiendo de los nuevos perfiles estudiantiles que están llegando a los centros de estudios en todos los niveles de formación, lo cual se está dando gracias al acceso libre y masivo de la información.

De acuerdo con el artículo [4] se evidencia que se hace necesaria una transformación para preparar a las universidades para los nuevos tipos de estudiantes que ingresarán y se deben involucrar nuevas herramientas para que esto sea posible. En dicho artículo un apartado menciona que “Según Salvador Alva, presidente del Tecnológico de Monterrey, el punto de partida debe ser entender que ‘la educación es una de las áreas que más está cuestionada y que requiere una transformación en el mundo’”.

Dado lo anterior, el presente artículo busca presentar un estado de arte y posteriormente un análisis acerca de los diferentes aspectos relacionados con TI que pueden ser tenidos en cuenta para garantizar una adecuada incorporación de estas a los procesos de formación, siendo la base sobre la cual se despliegan las soluciones informáticas que se desarrollen, así mismo, se presentan estudios en los cuales se han llevado a cabo prácticas para el desarrollo de aplicaciones mediadas en TI. Se parte de una definición de *cloud computing*, como un paradigma que propicia nuevos escenarios para el desarrollo de aplicaciones educativas apoyadas en el uso de las TI, luego se describe *mobile cloud computing*, como una tecnología que propicia escenarios ubicuos, haciendo énfasis en escenarios educativos, finalmente se presentan proyectos que han hecho uso de las TI para enriquecer procesos de enseñanza/aprendizaje.

## 2. Cloud computing

De acuerdo con la NIST (National Institute of Standards and Technology), *cloud computing* se define como: “La computación en nube es un modelo computacional que permite el acceso a la red bajo

demanda, a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios), que pueden ser rápidamente aprovisionados y liberados con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción del proveedor de servicios” [5] (traducción de los autores).

Otra definición es la que se cita en Farzad [6]: “Cloud Computing es un entorno basado en red que se centra en compartir recursos. Actualmente, las nubes están basadas en Internet y tratan de disimular la complejidad para los clientes. *cloud computing* se refiere tanto a las aplicaciones entregadas como servicios a través de *internet* y al *hardware* y *software* en los centros de datos que proporcionan esos servicios” (traducción de los autores).

De acuerdo con las definiciones anteriores y con las creadas por otros autores [7-8]; se puede concluir que la *cloud computing*, permite el ofrecimiento de recursos *hardware*, *software* y servicios a través de *internet* de manera segura, a personas u organizaciones que los requieren y cumplan con los requisitos definidos para su uso. Todo ello basado en una infraestructura ofrecida por prestadores de este servicio, los cuales eximen a los usuarios del montaje y mantenimiento del *hardware* y *software* requerido para el funcionamiento de la misma.

Por supuesto como todo paradigma o tecnología, *cloud computing*, es poseedora de ventajas, desventajas y características que la hacen única, a continuación, se realizará una breve descripción de las mismas.

La necesidad de formar conjuntos de máquinas o recursos informáticos para el desarrollo de tareas complejas, no es nueva, por ello se ha venido trabajando desde hace varios años con el objeto de lograr encontrar soluciones a esta; prueba de ello surgieron tecnologías como: la computación de ciclos redundantes, *clustering*, computación *grid* [9] y actualmente *cloud computing*. Dichas tecnologías han permeado diferentes campos (educación, matemática, industria, ambiente, salud, entre otras), ofreciendo sus bondades para almacenamiento, gestión y procesamiento de grandes cantidades de datos generados en estos.

Las características principales que tiene esta tecnología son las siguientes [10]: Auto servicio, bajo demanda, recolección de recursos, virtualización, *green computing*, dependencia de *internet*, entre otras.

Pero, ¿cómo beneficiarse de las fortalezas ofrecidas por esta tecnología?, a través, de la creación de nubes

públicas o privadas. En las nubes públicas [11] se puede contar con servicios utilizando *internet*, haciendo uso de la infraestructura ofrecida por un proveedor de nube y por supuesto bajo un acuerdo contractual. Mientras que, en las nubes privadas [12], una organización o persona implementa su propia infraestructura (centro de datos), para contar con tecnología *cloud computing* y de esta manera optimizar sus procesos, haciendo uso adecuado de los elementos que la conforman. También es posible optar por una nube híbrida [11], la cual ofrece las bondades de las públicas y privadas. Estas ponen a disposición de los usuarios una serie de servicios para solventar sus necesidades.

*Cloud computing*, ofrece entonces ventajas que la ubican en un punto muy alto dentro de las tecnologías que pueden ayudar a acelerar procesos que requieran escalabilidad y que busquen ser masivos, como es el caso de la incorporación de las TI en los procesos de aprendizaje. Así mismo, la movilidad que se busca hoy en día con la incorporación de tabletas, celulares inteligentes, portátiles, entre otros, se puede realizar adoptando una tecnología como *mobile cloud computing*, la cual busca suplir las limitantes de procesamiento, almacenamiento, duración de batería, conectividad a las redes de computación.

### 3. *Mobile cloud computing*

A continuación, se realiza una breve explicación sobre qué es *mobile cloud Computing* (MCC), con el fin de orientar al lector en la importancia del uso de este tipo de tecnología en la implementación de aplicaciones móviles enfocadas a la educación.

De acuerdo con IBM [13] “*Mobile cloud computing* es una nueva plataforma que combina los dispositivos móviles y *cloud computing* para crear una nueva infraestructura, mediante la cual la nube realiza el trabajo pesado de tareas intensivas en computación y almacena enormes cantidades de datos. En esta nueva arquitectura, el procesamiento y almacenamiento de datos ocurren fuera de los dispositivos móviles” (traducción de los autores). Technopedia [14] lo define como “MCC es una técnica o modelo en el que las aplicaciones móviles se construyen, se alimentan y se hospedan utilizando la tecnología *cloud computing*” (traducción de los autores).

De acuerdo con las definiciones anteriores, se puede inferir que MCC es la integración de tres tecnologías que son:

- Tecnologías de cómputo móviles, tienen limitado espacio para almacenamiento, batería de poca duración y alto consumo de batería cuando se encuentran conectados a redes inalámbricas, así mismo, tienen como ventaja que ofrecen características que les permiten realizar tareas específicas por medio del uso de aplicaciones móviles.

- Redes inalámbricas han evolucionado de forma vertiginosa en los últimos años, ofreciendo la posibilidad de mayores anchos de banda, mayor cobertura y mayor disponibilidad.

- *Cloud computing*, aprovecha la evolución de las redes inalámbricas para ofrecer soluciones a los usuarios que les permitan realizar tareas sin necesitar equipos con grandes características para procesamiento, almacenamiento, servicios de red, acceso a recursos compartidos, pero requieren de continua conexión a internet.

MCC surge como una tecnología emergente que ha evolucionado muy rápidamente, dado al auge del uso de teléfonos móviles inteligentes, tabletas, entre otros dispositivos móviles, así como la disponibilidad de uso de redes inalámbricas para acceso a internet, ofrecida por operadores de telefonía celular y otros proveedores de servicio a bajo costo, lo cual genera mayor disponibilidad del servicio.

Estos dispositivos móviles han permeado todas las áreas de actuación del ser humano, para lo cual ya no solo se piensa en el uso de un celular como un dispositivo de comunicación, sino como un dispositivo que permite realizar múltiples tareas, en diferentes áreas como: salud, educación, finanzas, comercio, entretenimiento, entre otros.

El nuevo uso que se le está dando a los dispositivos móviles, el fácil acceso a ellos, la disminución de su costo, la disponibilidad de conexiones inalámbricas y la diversidad de aplicaciones que existen en el mercado, hace que MCC tenga un nicho de desarrollo bastante interesante.

Así mismo, esta evolución ha llevado a que los proveedores de tecnología desarrollen plataformas para aprovechar estos nuevos paradigmas computacionales, tal como es el caso de los *frameworks* de desarrollo, algunos de los cuales son: *Amazon web services*, ofrece algunos de sus servicios de forma gratuita teniendo en cuenta unos límites de uso [15]; Microsoft Windows Azure, ofrece un servicio gratuito para conocer la

plataforma por espacio de 30 días [16]; oracle mobile cloud services [17]; Appery.io “permite el desarrollo de aplicaciones multiplataforma” [18]; IBM Blue Mix, “la cual es una plataforma abierta en la nube” [19], entre otros. Estas plataformas, permiten el desarrollo de aplicaciones MCC, con las ventajas que ofrece.

#### 4. Mobile cloud computing como apoyo a la educación

Una de las áreas que puede ofrecer oportunidades para aprovechar las nuevas posibilidades de MCC es la educación, de hecho “La tecnología móvil tiene un papel clave en la intensificación del aprendizaje en una sociedad fuertemente globalizada donde el aula no es el único espacio de acceso y producción del conocimiento” [20]; es por ello, que se han desarrollado investigaciones donde se buscan crear nuevas herramientas para apoyar el proceso de aprendizaje, “Las TIC aplicadas al contexto educativo abren la puerta a un mundo de nuevas posibilidades e innovaciones pedagógicas” [21].

Un acercamiento al uso de MCC como apoyo tecnológico al desarrollo de aplicaciones móviles para la educación, se presenta en el artículo [22], en el cual se expone, “el uso del modelo de cloud computing como alternativa que permita impulsar la creación y el funcionamiento de plataformas educativas gracias a sus características de funcionamiento y bajo costo de inversión. Este modelo permite la virtualización de *software* y *hardware* al encontrarse disponibles como un servicio”.

Un caso de nuevas propuestas es el que se encuentra en el artículo “*mobile cloud* aplicado en las escuelas rurales de República Dominicana” [23], donde se realiza un análisis de la posibilidad de utilizar MCC para acercar la tecnología a las escuelas rurales y ofrecer nuevos recursos académicos a estudiantes que no cuentan con otras posibilidades para sus procesos de aprendizaje. Este proyecto expone de una manera práctica como MCC puede ayudar a disminuir la brecha en la aplicación de las TI en la educación.

Ha sido tanto el auge del desarrollo de aplicaciones que apoyen los procesos de aprendizaje que se han creado sitios web como el de EduApps, el cual cuenta con, “más de 80.000 aplicaciones educativas. EduApps nace con la intención de recopilar y analizar las principales Apps para el aula” [24], de esta forma poder catalogarlas y clasificarlas. Además, ofrece un espacio donde se

encuentran diferentes aplicaciones para el profesor, este es un sitio web que permite iniciar un primer acercamiento tanto a docentes como estudiantes con la implementación del uso de Apps para apoyar los procesos de aprendizaje, ofrece recursos para todos los niveles de aprendizaje desde infantil hasta bachillerato.

Las tecnologías de Información aplicadas a la educación, ha tenido un desarrollo creciente a nivel mundial, un proyecto que hace uso de éstas es el proyecto Enlace, desarrollado en España, el cual tiene como finalidad, “explorar el diseño de entornos educativos innovadores, que ofrezcan soporte inteligente para realizar un amplio abanico de actividades de aprendizaje en dominios relacionados con las ciencias de la naturaleza” [25].

Uno de los conceptos que ha ido tomando fuerza es el de *mobile-learning*, el cual hace referencia al uso de herramientas de aprendizaje por medio de dispositivos móviles. Una propuesta presentada por Filguerías Gomis [26], menciona cómo se debe crear un PLE (Entorno personal de aprendizaje por sus siglas en inglés), para que sea utilizado como apoyo el proceso de aprendizaje dentro del aula de clase, con el uso de dispositivos móviles.

El trabajo desarrollado por Santiago, Trinaldo, Kamijo y Fernández [27], presenta la compilación de los diferentes aspectos y elementos tecnológicos que se deben tener en cuenta para el desarrollo un aprendizaje apoyado en dispositivos móviles.

La incorporación de las TI en el ámbito educativo se está dando en todos los niveles de formación, tal es el caso del proyecto presentado en [28], donde plantean la implementación de un programa de “programa de intervención educativa virtual, basado en el aprendizaje interactivo a través del juego de gestos, para la mejora de la memoria de trabajo (MT) y las habilidades matemáticas básicas (HMB)”

En Cantillo Valero, Roura Redondo & Sánchez Palacín [29], describen un caso de estudio en una universidad a distancia donde se involucra el uso de dispositivos móviles, especialmente teléfono celular con herramientas como foros, envío de mensajes de texto, WhatsApp, entre otros, con el fin de acercar a los estudiantes más a la universidad. El estudio mostró como resultado, “La aplicación de unos dispositivos bajo una novedosa utilización, que generan la participación y la construcción colaborativa, ha supuesto un desarrollo en

los aprendizajes. La cercanía de los aparatos ha provocado un mayor acercamiento a la institución educativa, eliminando las reticencias a la hora de emplear las herramientas tecnológicas para el aprendizaje”.

Uno de los retos que se plantea es la necesidad de crear nuevas aplicaciones que hagan uso eficiente de los recursos disponibles en los dispositivos móviles, apoyados en las tecnologías de MCC, como los que se presentan en Rehman Khan, Othman, Khan, Shahbaz & Madani [30].

Otro aspecto que se debe tener en cuenta son las nuevas teorías de aprendizaje que involucran las tecnologías de la información y las comunicaciones como parte importante del proceso, es el caso del conectivismo, que plantea la necesidad de reestructurar tanto el rol del docente como el rol de estudiante, dado que el conocimiento ya no se encuentra solo en el docente que lo desea transmitir [31], sino en múltiples recursos tanto físicos (libros, revistas, entre otros), como virtuales (redes sociales, blog, sitios web) y es por ello la necesidad de involucrar en proceso de aprendizaje las TIC.

La incorporación de las TI en los procesos de aprendizaje ha llevado no solo a desarrollar proyectos que buscan incorporar nuevos recursos pedagógico, sino nuevas formas de incorporar diferentes formas de aprendizaje.

En [32] presentan un análisis de proyectos desarrollados entre 2010 y 2017, donde se han involucrado TI en el contexto educativo y el impacto positivo que han tenido, demostrando así la tendencia y necesidad de incorporar recursos medidos por TI en los procesos de formación de los estudiantes.

En [33], se presenta el diseño e implementación de un entorno ubicuo para múltiples plataformas, el objetivo principal es presentar una arquitectura de referencia, con el fin de servir de base para futuros proyectos y que sea un entorno que aproveche las TI para fortalecer los procesos de formación.

La necesidad de enriquecer los entornos de aprendizaje se hace cada vez mayor, es por ello que en [34] se presenta un estudio de 36 experiencias empíricas que han buscado este objetivo en la educación superior, y demuestra la importancia de enriquecer los contextos educativos con elementos llamativos para los estudiantes, como es el caso de la incorporación de dispositivos móviles.

Es tanta la diversidad de recursos digitales que se pueden incorporar en estos nuevos entornos de aprendizaje, tal como es el caso de [35] en el cual incorporan en el entorno de aprendizaje el uso de código de barras 2D y posicionamiento por GPS, con el fin de agilizar el proceso de obtención de información en la web, específicamente en sitio de aprendizaje en línea.

La incorporación de los dispositivos móviles en el entorno educativo ha derivado en la preocupación del uso o no de estos, dado que, por ser un mecanismo novedoso, puede generar respuestas no adecuadas en su uso, es por ello que en [36] diseñaron una encuesta para evaluar la aceptación del uso de la tecnología móvil, dicha encuesta arrojó que los estudiantes usan estos dispositivos por influencia social y que lo recomendarían para apoyar los procesos de aprendizaje.

Así mismo, el estudio presentado en [37] resalta la importancia del uso de dispositivos móviles como una estrategia para que los estudiantes creen entornos donde comparten, aprenden y colaboran con otros estudiantes, y de esta manera se cuenta con entornos enriquecidos no solo por la experiencia y conocimiento de los docentes, sino de los mismos estudiantes y las redes colaborativas que pueden formar entre ellos.

Una de las preocupaciones que presenta en el momento de diseñar un entorno de educación ubicua es la forma como se va a diseñar dicho entorno, es decir, cuál es el método más adecuado para incorporarlo. Para ello, es importante contar siempre con la experiencia del docente que va a implementar dicho entorno, dado que el tema y la forma en que se abordará depende de la experiencia del docente que lo aplique. En [38] diseñaron actividades basadas en problemas para fomentar en los estudiantes habilidades para la resolución de problemas.

Las TI permiten la incorporación de herramientas como simuladores que pueden enriquecer el proceso de aprendizaje con entornos simuladores de situaciones reales, es el caso presentado en [39], donde integraron tecnologías como internet de las cosas para simular subastas reales con un enfoque (TELD) enseñar con ejemplos y aprender haciendo. Este estudio muestra cómo se pueden desarrollar entornos que lleven a los estudiantes a percibir entornos reales, pero dentro de un ambiente controlado como es el aula de clase.

El proyecto [40] integró en una plataforma virtual tres laboratorios virtuales para la caracterización de biocombustibles, esta experiencia buscó integrar dentro

de una misma metodología la combinación del uso de redes sociales con laboratorios virtual. El estudio arrojó que el proceso de aprendizaje mejoró y que los estudiantes prefieren el uso de las redes sociales como canal que les permite intercambiar información.

El uso de plataformas ya desarrolladas, han generado nuevas posibilidades para los docentes que quieren incorporar experiencias de educación ubicua en las aulas de clase o en las actividades que se desarrollan fuera de ellas. En caso presentado en [41] utilizan *Moodle* como plataforma para desarrollar un servicio de aprendizaje, orientado para que los estudiantes aprendan de manera efectiva. *Moodle* permite la configuración de actividades para los estudiantes y el seguimiento y evaluación de las mismas.

Partiendo de una de las características de la educación ubicua, que la identifica como basada en el contexto, entendiéndose dicho contexto como la capacidad de congregarse en un mismo sistema al usuario (estudiante), plataforma tecnológica que soporta la solución educativa, contexto en el cual se va a aplicar, dispositivos móviles que se utilizarán [42], se evidencia la importancia de la adecuada selección de la infraestructura TI que soportará la solución de educación.

Una ventaja que ofrece el uso de *mobile cloud computing* para el desarrollo de aplicaciones que usen los sistemas de autenticación que traen incorporados los celulares y las tabletas con el fin de garantizar que quien usa el dispositivo es quien se está autenticando en la aplicación. El incluir este tipo de autenticación requiere de varios pasos de validación, los cuales solo se ejecutan por solicitud del usuario [43], pero convierte la aplicación en una aplicación más segura.

Estudios más avanzados, han implementado y evaluado sistemas que involucran procesos de educación ubicua, llevando a analizar si este tipo de estrategias generan mayores cargas cognitivas, por lo cual en [44] presentan una propuesta para llevar un proceso de aprendizaje autoregulado, con el fin de disminuir esa carga cognitiva y lograr una adquisición de conocimientos de dominio y desarrollar un pensamiento de orden superior.

Así mismo, están desarrollando proyectos que buscan incorporar, por ejemplo, motores adaptativos basados en reglas de adaptación, con el fin de generar procesos de aprendizaje más eficientes y más relevantes [42].

## 5. Análisis

Como se puede observar a lo largo del artículo, a medida que la tecnología ha ido evolucionando, se han ido incorporando dichas evoluciones en el campo educativo con el fin de generar nuevos escenarios de aprendizaje y de esta forma dinamizar los procesos de formación.

Dado lo anterior, se ve la necesidad que estas nuevas herramientas tecnológicas tengan ambientes propicios para su incorporación, por lo cual, desde distintas perspectivas se deben empezar a realizar cambios que permitan su incorporación de manera adecuada en nuevos escenarios.

Una de las ventajas que ofrecen este tipo de ambientes, es aprovechar la conectividad a internet y el acceso a dispositivos móviles que actualmente se tiene en algunas regiones del mundo, lo cual hace que dichos dispositivos se usen también para procesos de aprendizaje.

Uno de los aspectos que genera una gran desventaja para la incorporación de estas tecnologías en los procesos de enseñanza/aprendizaje es que no se tiene un acceso democrático y equitativo a las mismas, lo cual puede llegar a ser un factor excluyente e incluso discriminador.

Otra ventaja que presenta la incorporación de *cloud computing* y *mobile cloud computing* en procesos de formación, es que estas tecnologías permiten crear ambientes con mayores recursos multimedia e incluso desarrollar sistemas de información que permitan realizar seguimientos y análisis de los procesos de aprendizaje de una forma individual y personalizada.

Al poder descargar parte del procesamiento en la nube computacional, se logra disminuir la carga de procesamiento y almacenamiento de los dispositivos móviles, lo cual genera que se creen ambientes con más y mejores recursos que incorporen nuevas herramientas tecnológicas en los procesos de enseñanza/aprendizaje.

Así mismo, estas nuevas tecnologías ofrecen la posibilidad de pagar por consumo, es decir, se puede ir disponiendo de los recursos que se necesiten (procesamiento, almacenamiento, entre otros) a medida que la demanda aumente o disminuya, esto permite pensar en procesos masivos de formación con este tipo de recursos y adicionalmente, no se requiere de tanto personal especializado en la gestión y administración de los recursos tecnológicos.

Ahora bien, se requiere mucho apoyo por parte de los gobiernos y las políticas gubernamentales para que los accesos a las tecnologías de información puedan llegar a todas las regiones de los países y todas las comunidades tengan acceso a éstas, no solo para incorporar procesos de educación ubicua, sino para ofrecer otro tipo de servicios.

Finalmente, se puede evidenciar que en diferentes partes del mundo se están desarrollando propuestas que buscan enriquecer por medio de recursos digitales los procesos de enseñanza/aprendizaje y de esta manera mejorar los mismo.

## 6. Conclusiones

Las evoluciones de las tecnologías de información han provocado una revolución en diferentes campos, y el campo educativo no es ajeno a ello, especialmente, porque los nuevos estudiantes tienen acceso a la información de manera inmediata, con lo cual el docente ya no es el único que posee el conocimiento.

*Cloud computing* y *mobile cloud computing* son tecnologías que han permitido que la incorporación de las TI en el campo de la educación se haya realizado de manera aún más vertiginosa, logrando así la creación de nuevos escenarios de aprendizaje, enriquecidos por diferentes herramientas digitales disponibles, que hacen el proceso más interesante para los estudiantes.

A nivel mundial *mobile learning* y *ubiquitous learning* están siendo incorporadas de manera exitosa en los procesos de enseñanza/aprendizaje, logrando una evolución en dichos métodos y ampliando el panorama de aplicación.

Los estudios realizados se enfocan en diferentes aspectos, unos resaltan la incorporación del uso de TI en ambientes de enseñanza/aprendizaje, otros se enfocan en el impacto que tiene esta incorporación y otros en aspectos pedagógicos y metodológicos que garanticen que el proceso apoyado sea realmente positivo y aporte elementos que lo enriquezcan.

## 7. Referencias

- [1] World Economic Forum.(2016, marzo). "New Vision for Education: Fostering Social and Emotional Learning through Technology", 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.weforum.org/reports/new-vision-for-education-fostering-social-and-emotional-learning-through-technology>
- [2] N. Bustamante Hernández. (2014, nov). "Así serán los colegios en el 2030". p. 1. [En línea]. Disponible en: <https://colzaga.edu.co/portal/asi-seran-los-colegios-en-el-2030/>
- [3] Fundación Telefónica.(2016, dic). "Encuentro Internacional de Educación 2012-2013, 2012". [En línea]. Diponible en: <http://encuentro.educared.org/>.
- [4] D. M. Ravelo Méndez. (2017, dic). "La educación en 2030: así serán las universidades en el futuro". [En línea]. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/vida/educacion/asi-seran-las-universidades-en-2030-segun-expertos-en-educacion-161692>
- [5] National Institute of Standars and Technology. (2018, mayo). NITS. [En línea]. Disponible en: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>
- [6] F. Sabahi. (2011). "Cloud Computing Security Threats and responses". 2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks, pp. 245-249. doi: 10.1109/ICCSN.2011.6014715
- [7] A. S. Yildirim and T. Girici. (2014). "Cloud technology and performance improvement with". 2014 International Conference on Future Internet of Things and Cloud, pp. 222-229. doi: 10.1109/FiCloud.2014.43
- [8] S. Malik, F. Huet and D. Caromel. (2012). "Cooperative cloud computing in research and academic environment using Virtual Cloud". 2012 International Conference on Emerging Technologies, Islamabad, 2012, pp. 1-7. doi: 10.1109/ICET.2012.6375445
- [9] Foster, I., Kesselman, C. y Tuecke, S. (2001). "The anatomy of the grid: enabling scalable virtual organizations". International Journal of Supercomputing Applications. [En línea]. 15(3), pp. 200-222. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/109434200101500302>. doi: <https://doi.org/10.1177/109434200101500302>
- [10] P. Kalagiakos and P. Karampelas. (2011). "Cloud Computing Learning". 2011 5th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). P. 1-4. doi: 10.1109/ICAICT.2011.6110925
- [11] W. Li y J. Mehnen. *Cloud Manufacturing*. London: 2013, p. 259. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4935-4>
- [12] M. Aguirre Patiño, R. España Peláez, I. Solís Granda y A. Aranda Segovia. (s.f.). Diseño y simulación de un Data Center Cloud Computing que cumpla con la norma PCI-DSS.
- [13] IBM. (2013, jun). "Cloud computing news". [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/blogs/cloud-computing/2013/06/mobile-cloud-computing/>
- [14] Techopedia. (s.f.). "Mobile Cloud Computing". [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/26679/mobile-cloud-computing-mcc>
- [15] Amazon. (s.f.). Amazon Web Services. Recuperado (2016,

- Junio, 1) de <https://aws.amazon.com/es/free>
- [16] Microsoft. (s.f.). “Microsoft Azure”. [En línea]. Disponible en: [https://azure.microsoft.com/es-es/free/?WT.srch=1&WT.mc\\_id=AID539509\\_SEM\\_NrNrFbul](https://azure.microsoft.com/es-es/free/?WT.srch=1&WT.mc_id=AID539509_SEM_NrNrFbul)
- [17] Oracle Corporation. (s.f.). “Oracle Cloud”. [En línea]. Disponible en: [https://cloud.oracle.com/en\\_US/mobile](https://cloud.oracle.com/en_US/mobile)
- [18] Appery.io. (2013). “Creación de aplicaciones mediante appery.io”. [En línea]. Disponible en: <http://catai.net/blog/2013/12/creacion-de-apps-mediante-appery-io/>
- [19] IBM. (s.f.). “IBM Developer works”. [En línea]. Disponible en: <http://www.ibm.com/developerworks/ssa/bluemix/index.html>
- [20] T. Lara. (s.f.). Fundación Telefónica. Telos. [En línea]. Disponible en: <https://telos.fundaciontelefonica.com/url-direct/pdf-generator?tipoContenido=articuloTelos&idContenido=2010051311530001&idioma=es>
- [21] S. Fontenla. (2016, mar). “Construyendo psicología”. [En línea]. Disponible en: <http://articulando.com.uy/conectivismo-tic-cambio-pedagogico/>
- [22] M. A. Murazzo, I. F. Millán, N. R. Rodríguez, D. Segura, y D. A. Villafañe. (2010, oct). “Plataformas educativas implementadas con Cloud Computing”. CACIC 2010 - XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. [En línea], p. 11. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19134>
- [23] Academia.edu. (2014, feb). Academia.edu. [En línea]. Disponible en: [http://www.academia.edu/7563165/Mobile\\_Cloud\\_aplicado\\_en\\_las\\_Escuelas\\_Rurales\\_de\\_Republica\\_Dominicana](http://www.academia.edu/7563165/Mobile_Cloud_aplicado_en_las_Escuelas_Rurales_de_Republica_Dominicana)
- [24] Eduapps. (2016). Eduapps. [En línea]. Disponible en: <http://www.eduapps.es/index.php>
- [25] Universidad Nacional de Educación a Distancia. (2010). “Proyecto Enlace”. [En línea]. Disponible en: [http://enlace.uned.es/descripcion/index\\_es.html](http://enlace.uned.es/descripcion/index_es.html)
- [26] J. M. Filguerias Gomis. (2014). “Mobile-Learning Estrategias para el uso de aplicaciones, smartphones y tablets en educación”. [En línea]. España. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=t9VsBAAAQBAJ&pg=PA43&lpg=PA43&dq=aplicaciones+educativas+con+mobile+cloud+computing&source=bl&ots=EFN6lz2Ooj&sig=AKBcPmrnJ0dmkhnzL16Qohfc6c&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjD2I7Z0rjRAhXC4CYKHxocCMgQ6AEIzZA#v=onepage&q=aplicaci>
- [27] R. Santiago, S. Trinaldo, M. Kamijo y A. Fernández. (2015). “Mobile Learning nuevas realidades en el aula”. [En línea]. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=AULhBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT113&dq=Mobile+Learning+nuevas+realidades+en+el+aula.+Digital+Text&ots=kajh-coG6D&sig=KHE\\_QF63-WvRE5IzeK9Fpg9VA2o#v=onepage&q=Mobile%20Learning%20nuevas%20realidades%20en%20el%20aula.%20Digital%20Text&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=AULhBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT113&dq=Mobile+Learning+nuevas+realidades+en+el+aula.+Digital+Text&ots=kajh-coG6D&sig=KHE_QF63-WvRE5IzeK9Fpg9VA2o#v=onepage&q=Mobile%20Learning%20nuevas%20realidades%20en%20el%20aula.%20Digital%20Text&f=false)
- [28] R. Fernández-Abella, M. Peralbo-Uzquiano, M. Durán-Bouza, J. C. Brenlla-Blanco, y M. García-Fernández. (2019). “Programa de intervención virtual para mejorar la memoria de trabajo y las habilidades matemáticas básicas en Educación Infantil”. *Revista de Psicodidáctica*. [En línea], 24(1), pp. 17–23. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1136103418300728>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2018.09.002>
- [29] C. Cantillo Valero, M. Roura Redondo y A. Sánchez Palacín. (2012, jun). “Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación”. *La Educación Digital Magazine*, 147.
- [30] A. U. Rehman Khan, M. Othman, A.N. Khan, A. A. Shahbaz y A. A. Madani. (2015). “MobiByte: An Application Development Model for Mobile Cloud Computing”. *Journal of Grid Computing*. [En línea], 13 (4), pp.24. doi: <https://doi.org/10.1007/s10723-015-9335-x>
- [31] J. A. Jaramillo. (2014). “Tecnologías en procesos educativos”. [En línea]. Disponible en: <http://elearningyvirtualizacion.blogspot.com.co/2010/03/conectivismo-un-modelo-de-aprendizaje.html>
- [32] L. A. Cárdenas-Robledo y A. Peña-Ayala. (2018). “Ubiquitous learning: A systematic review”. *Telemat. Informatics*, vol. 35, no. 5, pp. 1097–1132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.01.009>
- [33] B. De Sousa Monteiro, A. S. Gomes y F. M. Mendes Neto. (2016). “Youubi: Open software for ubiquitous learning”. *Comput. Human Behav.*, vol. 55, pp. 1145–1164. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.064>
- [34] C. Pimmer, M. Mateescu y U. Gröbriel, “Mobile and ubiquitous learning in higher education settings. A systematic review of empirical studies”. (2016). *Comput. Human Behav.* 63, pp. 490–501. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.057>
- [35] K.-Y. Chin y Y.-L. Chen. (2013). “A Mobile Learning Support System for Ubiquitous Learning Environments”. *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 73, pp. 14–21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.02.013>
- [36] F. J. García-Peñalvo, L. Briz-Ponce, A. Pereira, J. A. Juanes-Méndez, y L. Carvalho. (2016). “Learning with mobile technologies – Students’ behavior”. *Comput. Human Behav.*, vol. 72, pp. 612–620. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.027>
- [37] M. Al-Emran, H. M. Elsherif y K. Shaalan. (2016). “Investigating attitudes towards the use of mobile learning in higher education”. *Computers in Human Behavior*, vol. 56, pp. 93–102. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.033>
- [38] N. Phumechanya and P. Wannapiroon. (2014). “Design of Problem-based with Scaffolding Learning Activities in Ubiquitous Learning Environment to Develop Problem-solving Skills”. *Procedia – Social and Behaviour Science*, vol. 116, pp. 4803–4808. doi:

- <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1028>
- [39] X. T. R. Kong, G. W. Chen, G. Q. Huang y H. Luo. (2017). “Ubiquitous auction learning system with TELD (Teaching by Examples and Learning by Doing) approach: A quasi-experimental study”. *Computers and Education*, vol. 111, no. 3688, pp. 144–157. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.009>
- [40] M. Peinazo-Morales, P. Aparicio-Martínez, M. D. Redel-Macías, M.P. Dorado, S. Pinzi y M. P. Martínez-Jiménez. (2019). “Characterization of biodiesel using virtual laboratories integrating social networks and web app following a ubiquitous- and blended-learning”. *Journal of Cleaner Production.*, vol. 215, pp. 399–409. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.098>
- [41] W.-J. Chang and Z. M. Yeh. (2014). “A Case Study of Service Learning Effectiveness based on Ubiquitous Learning System for College Students”. *Procedia – Social and Behaviour Science*, vol. 136, pp. 554–558. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.375>
- [42] I. El Guabassi, Z. Bousalem, M. Al Achhab, I. Jellouli y B. E. El Mohajir. (2018) “Personalized adaptive content system for context-Aware ubiquitous learning”. *Procedia – Social and Behaviour Science*, vol. 127, pp. 444–453. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.01.142>
- [43] K. Benzekki, A. El Fergougui, and A. E. B. Elalaoui. (2018). “A context-aware authentication system for mobile cloud computing”. *Procedia – Social and Behaviour Science*, vol. 127, pp. 379–387.
- [44] L. A. Cárdenas-Robledo and A. Peña-Ayala. (2019). “A holistic self-regulated learning model: A proposal and application in ubiquitous-learning”. *Expert Syst. Appl.*, vol. 123, pp. 299–314. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.01.007>

# Revisión sobre propagación de *ransomware* en sistemas operativos Windows

## Review on propagation of ransomware in windows operating systems

José Moreno<sup>1\*</sup>, Carlos Rodríguez<sup>1</sup>, Isabel Leguias<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

<sup>2</sup>Grupo de Investigación en Alud Electrónica y Supercomputación, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

\*Autor de correspondencia: [jose.moreno3@utp.ac.pa](mailto:jose.moreno3@utp.ac.pa)

**RESUMEN-** El *ransomware* es una de las nuevas amenazas a las que estamos expuestos, enfocándose principalmente en los sistemas operativos de escritorio Windows, sin dejar de lado a los dispositivos móviles y microcomputadores que también están expuestos de igual manera al robo, fuga de información y secuestro de los datos, poniendo en riesgo la seguridad personal. El *ransomware* ha evolucionado a través de la implementación de técnicas criptográficas que utilizan algoritmos de cifrado asimétrico. Además, utiliza la ingeniería social como principal método de propagación de *malware*, en este trabajo se presenta el análisis del *ransomware hidden tear*, los lineamientos de detección y prevención, además de buenas prácticas y recomendaciones.

**Palabras claves**– *Ransomware, Windows, ataques, ingeniería social, cibercrimen, cifrado, descifrado, fraude, extorsión.*

**ABSTRACT**– Ransomware is one of the new threats to which we are exposed, focusing mainly on Windows operating systems, without neglecting mobile devices and microcomputers that are also exposed in the same way to theft, Information and data hijacking, putting personal security at risk. Ransomware has evolved through the implementation of cryptographic techniques that use asymmetric encryption algorithms. In addition, it uses social engineering as the main method of propagating malware, in this paper is presented ransomware hidden tear analysis, detection and prevention guidelines, as well as best practices and recommendations.

**Keywords**– *Ransomware, Windows, attacks, social engineering, cybercrime, encrypt, decrypt, fraud, extortion.*

### 1. Introducción

El *ransomware* es un tipo de *malware* que impide el acceso a la información, cifrando los archivos con algoritmos criptográficos simétricos o asimétricos, solicitando una suma de dinero para recuperar la información cifrada, comúnmente utilizando algoritmo simétrico AES (Advanced Encryption Standard) de 256 bits.

AES o Estándar Avanzado de Seguridad es un esquema de cifrado por bloques adoptado como estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos [1].

El secuestro de los datos o pérdida de información pueden causar una falla de seguridad informática, generando problemas en la integridad y disponibilidad de los datos que pueden implicar sustanciales perjuicios a cualquier organización. Ejemplo de víctimas del *ransomware* son: las PYMES, hospitales, usuarios comunes, que no cuentan con políticas definidas de seguridad informática, plan de recuperación de desastres, plan de pérdida de datos.

El presente artículo tiene como finalidad explicar el funcionamiento de los *ransomware* en los sistemas operativos Windows y Linux, adicionalmente trataremos la historia o inicios del *ransomware*, definición, métodos de propagación, métodos de detección, discusión y conclusión.

### 2. Trabajos relacionados

Los *ransomware* se clasifican de diversas formas: por su comportamiento, el cual bloquea el acceso al sistema operativo, a su vez cifra archivos y datos del sistema operativo infectado. Igualmente, según [3] su tecnología podemos clasificarlos de la siguiente manera:

- FAKEAV son *malware* que engañan a los usuarios a comprar falsos *antimalware*, por medio de mensajes falsos con resultados falsos.
- *Ransomware* de compresión, los cuales comprimen archivos de ciertos formatos como .DOC, .EXE, .DLL, .PPT, dejando una nota de la extorsión con la solicitud del pago.

- SMS *Ransomware* los cuales envían notificaciones continuamente mientras el usuario no efectuó el pago.
- *Ransomware* cuyo objetivo es infectar el MBR de un sistema vulnerable el cual no permite que el sistema operativo se inicie y mostrando una notificación de la extorsión.
- Police *Ransomware* personifica las autoridades de policía local mostrando notificaciones y engañando a la víctima con avisos de actividades ilícitas [3].

La distribución de los *ransomware* ha cambiado desde sus inicios donde utilizaban *floppy disk* para su propagación, en la actualidad se distribuyen por medio de publicidad engañosa, a través de unidades de almacenamiento removible como *pendrives*, macros en documentos de textos, presentaciones, hojas de cálculos, ejecutables, entre otros. Estas nuevas técnicas de distribución han permitido la evolución de los métodos de pago de la extorsión, incluyendo pago por medio de paypal, tarjetas de débitos de diversos lugares (tarjetas de regalos de amazon, google play, etc.), pago con criptomonedas [4].

### 3. El *ransomware* en sus inicios

El *ransomware* se define como un: "Tipo de *malware*, que extorsiona a sus víctimas, cifrando los archivos"[5].

La historia del *ransomware* data de finales de los años 80 e inicios de los 90 con el primer *ransomware* denominado AIDS trojan, distribuido en un *floppy disk*, durante una conferencia internacional sobre SIDA, el cual cifraba el nombre de los archivos solamente, solicitando un pago a una cuenta bancaria localizada en Panamá [6].

Los algoritmos criptográficos utilizados para cifrar el acceso a los datos eran algoritmos simétricos, por lo que en sus inicios este tipo de cifrado no era rentable para los ciberdelincuentes, debido a su facilidad para ser descifrado; hasta que en el año 2005 en Rusia comenzaron a utilizar los algoritmos asimétricos. En 2012, los investigadores detectan una nueva variante de *ransomware* denominada Crypto Locker, el cual trataremos a continuación. [7].

### 4. ¿Cómo funciona?

Uno de los *ransomware* más conocidos es el Crypto Locker, el cual basa su cifrado en un algoritmo criptográfico asimétrico RSA (Rivest-Shamir-Adleman) para el cifrado de archivos y bloqueo de sistemas. Las últimas variantes de *ransomware* aplican una

combinación de cifrado AES + Cifrado RSA [7], como se muestra en la figura 1.

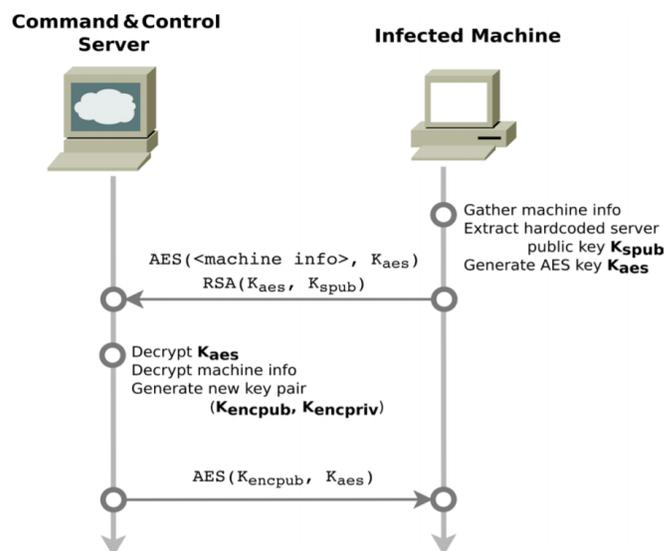


Figura 1. Funcionamiento Crypto Locker cifrado AES + RSA [7].

#### 4.1 Análisis de *ransomware hidden tear*

*Hidden tear* es un *ransomware* de código abierto utilizado principalmente para propósito educativos, en agosto de 2015 fue liberado por su creador el experto en seguridad informática Utku Sen y se encuentra en el portal de *github*. Este *ransomware* puede ejecutarse de dos formas: el modo *online*, que es el método que utilizan los actuales *ransomware* y el método *offline*, el cual es demostrativo. [8] Su funcionamiento para el modo online es el siguiente:

Utiliza el algoritmo simétrico AES para cifrar los archivos.

- Envía la llave de cifrado a un servidor.
- Los archivos cifrados pueden ser descifrados con la llave para descifrarlos.
- Genera un archivo de texto con un mensaje en el Escritorio de la pc de la víctima.
- No es detectado por los antivirus.

#### 4.2 Pasos para el análisis del *ransomware*

- Se prepara una máquina virtual con Windows 7.
- Se descarga el *malware* a la máquina virtual con Windows 7 desde el repositorio de *github*.
- Se crea una cuenta en el *hosting* gratuito *000webhost*, como se muestra en la figura 2.
- Se crea un sitio web falso para funcionar como máscara donde llegarán los datos del sistema

operativo infectado, como vemos en la figura 3 y figura 4.

- Se descarga Mono y Xamarin Studio, herramientas con la que se compila el código fuente del *hidden tear*. Como vemos en la figura 5,6 y 7 respetivamente.
- Desarrollo de la prueba de concepto, como se aprecia en las figuras 8,9,10 y 11.



Figura 2. Creación cuenta en 000webhost: Fuente Propia.

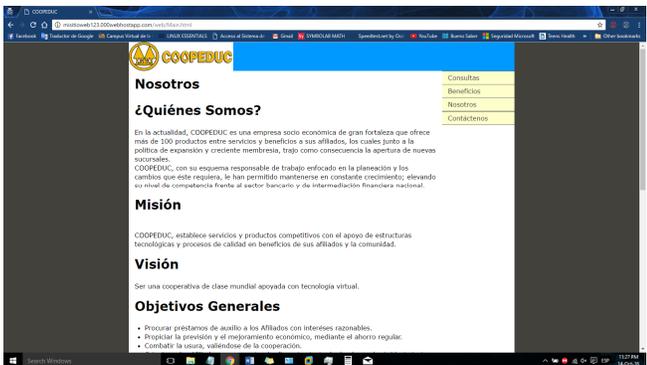


Figura 3. Sitio público utilizado para recibir las llaves generadas por el *ransomware*: Fuente Propia.

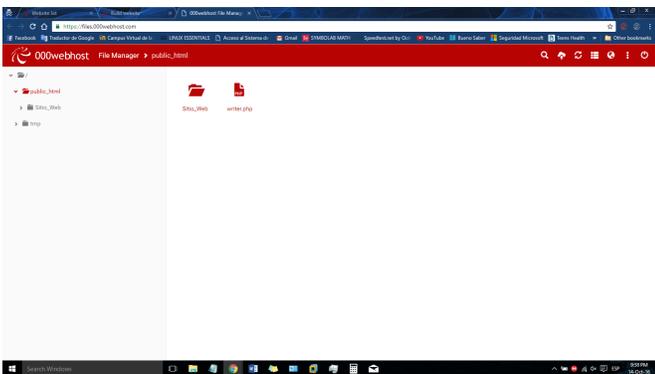


Figura 4. Creamos un archivo *writer.php* que nos permitirá guardar los datos enviados por el *ransomware* a nuestro servidor: Fuente Propia.

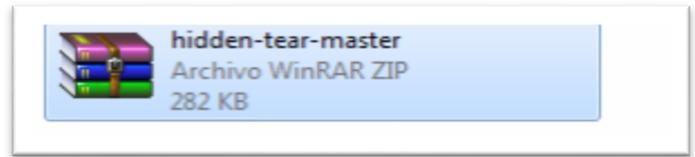


Figura 5. Código fuente del *ransomware* que vamos a compilar: Fuente Propia.

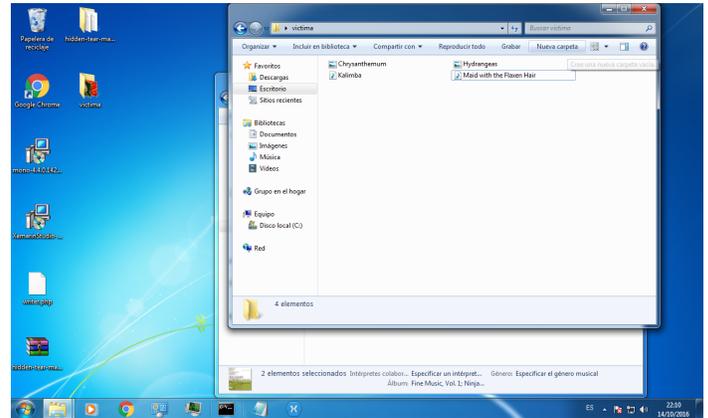


Figura 6. Directorio víctima donde vamos a encontrar unas imágenes y archivos para la prueba: Fuente Propia.

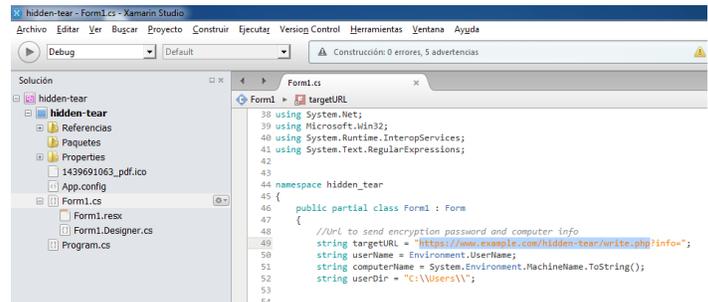


Figura 7. Cambiamos los datos de configuración por los datos de nuestro servidor web donde llegará la llave del *ransomware*: Fuente Propia.



Figura 8. Definimos que extensiones de archivos queremos cifrar con el *ransomware hidden tear*: Fuente Propia.

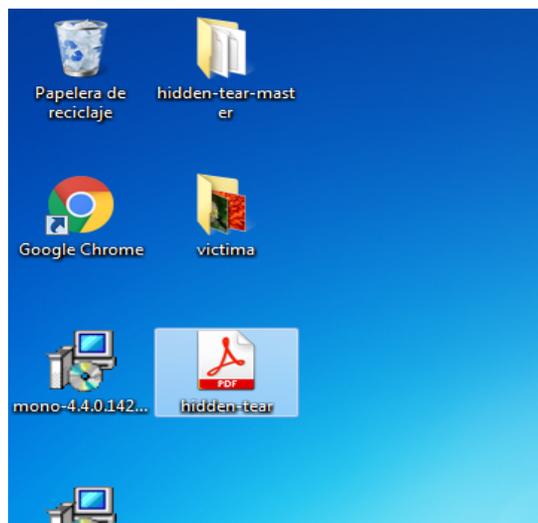


Figura 9. Luego de compilar se genera el ejecutable del *malware* aparentemente un archivo pdf: Fuente Propia.

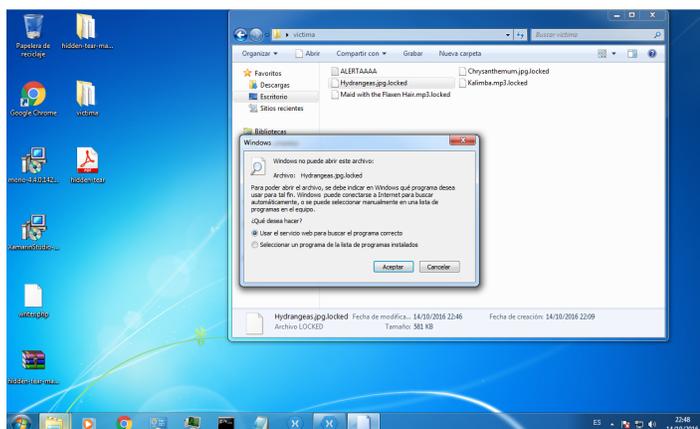


Figura 10. Se genera un mensaje de advertencia informando que hemos sido víctima de un *ransomware*: Fuente Propia.

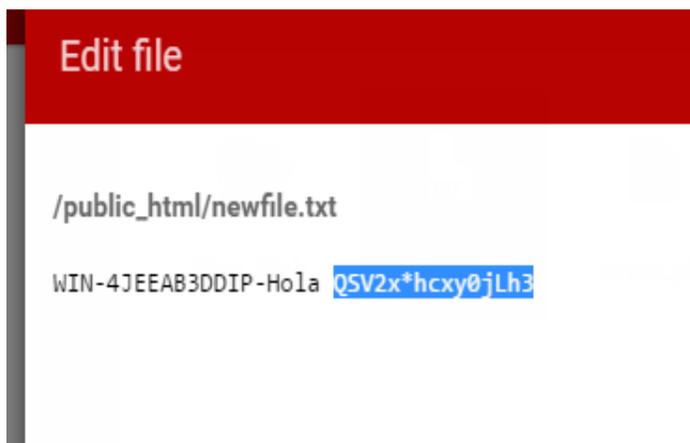


Figura 11. En el servidor web encontraremos un archivo con la llave para descifrar los archivos de la víctima: Fuente Propia.

## 5. Métodos de propagación

El método que utilizan los ciberdelincuentes para la propagación de *ransomware* es la ingeniería social; debido a que la víctima comúnmente es el eslabón más débil de la cadena, la mayoría de los *malware* por lo general provienen de correos de contactos que han sido infectados previamente con algún tipo de *malware*.

Los métodos de propagación son los siguientes [1]:

- **Redirección de tráfico:** método que engaña al usuario con publicidad engañosa redirigiendo al usuario a otro sitio donde se encuentra el *malware*. Procede de sitios pornográficos hacia sitios de juegos gratuitos o de aplicaciones gratuitas. Al descargar el *freeware* e instalarlo, se instala el *malware*, el cual explota las vulnerabilidades en el sistema operativo del usuario bloqueando el acceso al sistema y los archivos del usuario.
- **Adjuntos de correos:** este método utiliza los correos de fuentes confiables que han sido comprometidos, también pueden ser correos similares a la de fuentes confiables como facturas de servicios básicos, pago de impuestos, notificaciones legales o de la empresa. Dichos correos contienen archivos adjuntos o incitan al usuario a abrir un enlace a un sitio web que contiene el *ransomware*. Cuando el usuario abre el enlace o el archivo adjunto se propaga el *malware* en el sistema.
- **Botnets:** Son distribuidos por medio de los sistemas comprometidos. Estos sistemas comprometidos proceden a descargar el *malware* en un segundo plano. Normalmente utilizando programas de descarga legítima que no contienen *malware*, sino que descargan el código malicioso en un paso posterior, utilizando un *crack* o *keygen*.
- **Ingeniería social:** es la práctica de obtener información confidencial a través de la manipulación de usuarios legítimos [9].
- **RAS (Ransomware as A Service, Ransomware como servicio):** ataques de *malware* ofrecidos mediante servicios pagados, se ejecutan como un servicio de negocio en la nube.

En [10] describen otros métodos o técnicas de propagación que existen tales como:

- Sistema de distribución de tráfico.
- MALVERTISEMENT (publicidad maliciosa).
- Spam email (correo basura).

## 6. Detección y prevención

El *ransomware* utiliza algoritmos de cifrado asimétrico, que requiere una llave privada, que solo

conoce el cibercriminal [7] y como no hay solución para descifrar los archivos cifrados se toman ciertas medidas de prevención:

- Existen herramientas *antiransomware* con la capacidad de informar sobre algunos *malware* sospechosos. Se recomienda la instalación de antivirus confiables y de *firewall*, que puedan filtrar la amenaza antes que llegue a los archivos del sistema [7].
- Evitar hacer *click* sobre enlaces que vienen en correo electrónico. El *ransomware* ataca a través de estos enlaces, cuyos correos son considerados de correo de Phishing o Spam, los cuales son utilizados para robar dinero al usuario.
- Asegurarse de que, si se hace *click* sobre alguna fuente, esta sea de una fuente confiable.
- Como buena práctica de seguridad se debe realizar copias de seguridad o *backups* en intervalos regulares definidos por el usuario del equipo o el administrador del servidor, debido a que existe un *ransomware* capaz de borrar los sectores de arranque del disco duro, etc. Con lo cual los usuarios quedan despojados de acceso al sistema.

Existen también formas de detección que son herramientas de *software* capaz de emitir alertas o reportar comportamientos, como son el *antiransomware tool*, el cual detecta el *ransomware* en etapas tempranas, antes que este afecte los archivos. Posee varias características útiles como son:

- Usa heurísticas e IA para realizar análisis.
- Es capaz de detectar ataques de día cero.
- Detecta la mayoría de las variantes de *ransomware*.
- Cada *ransomware* detectado es bloqueado.

Con esta utilidad como herramienta de detección se añade muchas ventajas en la protección contra el **ransomware** lo que permite realizar las correcciones a nuestro sistema/red [7].

## 7. Herramientas

Como primer paso para identificar el tipo de *ransomware* es utilizar alguna herramienta útil para la detección de este tipo de *malware*. A continuación, estas herramientas:

**Virustotal [11]:** Es un sitio *web online* que permite analizar las muestras del *ransomware* para identificar con cual variante del *malware* hemos sido infectados. Además, analiza enlaces web de dudosa procedencia, acortadores de url (bitly, goo.gl, tiny url, etc.) usados comúnmente para la descarga de archivos maliciosos.

Se sube una muestra del mensaje o archivo infectado en la siguiente url: [www.virustotal.com](http://www.virustotal.com). Si deseamos

analizar una dirección web usamos la opción URL de la herramienta, como se muestra en la figura 12.



Figura 12. Herramienta virus total online: Fuente Propia.

Luego de finalizado el análisis de la muestra nos debe mostrar un resultado con la posible variante del *ransomware* con que hemos sido infectados, como se muestra en la figura 13.

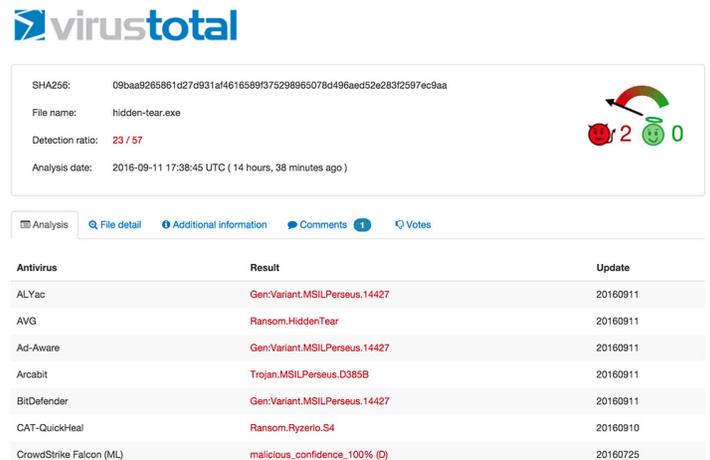


Figura 13. Análisis de un archivo infectado con *ransomware*: Fuente Propia.

**Nodistribute [12]:** Es una aplicación *online* que permite el análisis de archivos infectados con algún tipo de *ransomware* donde indica el posible *malware* o variante del *malware* usado para secuestrar el sistema operativo de la víctima.

De igual manera la muestra o la *url* sospechosa se sube en la dirección: [www.nodistribute.com](http://www.nodistribute.com) para su análisis, como se muestra en la figura 14.

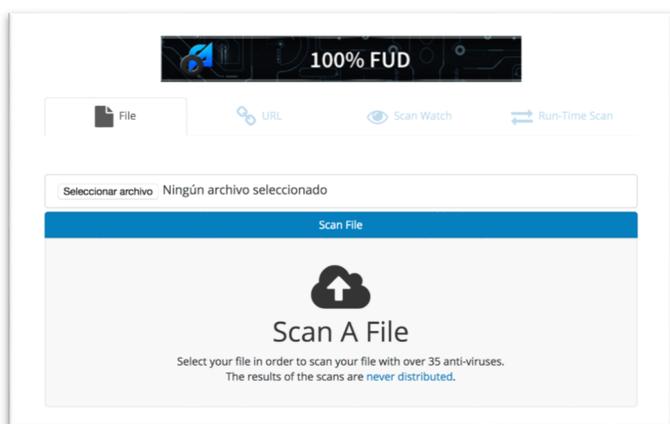


Figura 14. Página de inicio de nodistribute: Fuente Propia.

**Nomoreransom:** Herramienta de detección y análisis de muestras de archivos infectados, sin embargo, esta nos proporciona indicios de las posibles soluciones para descifrar la data secuestrada por el *ransomware* [13].

A través del navegador de su preferencia introduce la dirección [www.nomoreransom.org](http://www.nomoreransom.org) donde se sube la muestra del archivo infectado o el mensaje o dirección la cual indica el *ransomware*, como se muestra en la figura 15.



Figura 15. Herramienta online Nomoreransom.

**Telecrypt decryptor:** Está herramienta permite descifrar archivos cifrados con *ransomware* Telecrypt. Este *ransomware* utiliza el protocolo de comunicación de la aplicación *Telegram* para enviar la llave de descifrado y mantenerse en contacto con la víctima. La herramienta funciona si se cumple con las siguientes condiciones:

- Si el usuario afectado cuenta en su sistema operativo con el programa .NET 4.0 en adelante

(todos los sistemas operativos de Windows lo traen desde Windows xp).

- Si la víctima tiene al menos uno de los archivos infectados en su forma no descifrada.
- El usuario debe ejecutar el programa como administrador del sistema operativo. [14].



Figura 16. [www.helpnetsecurity.com](http://www.helpnetsecurity.com) [15].

## 8. Discusión

Los resultados de la prueba realizada muestran que el *ransomware* utiliza los métodos criptográficos de algoritmo simétricos AES de 256 bits para secuestrar la información de las computadoras de sus víctimas. Este algoritmo es de los más utilizados debido al bajo consumo de recursos y la rapidez al momento del cifrado y descifrado.

Diferentes investigaciones han llegado a la conclusión de que el método de propagación más utilizado es la ingeniería social. Muchas personas ingenuamente caen víctimas de esta técnica que pueden ser: correos electrónicos, archivos maliciosos, ejecutables disfrazados de otros tipos de archivos como imágenes, entre otros.

## 9. Conclusiones

El *ransomware* se ha incrementado en los últimos años como un negocio rentable para los ciberdelincuentes, debido al desconocimiento de los usuarios del peligro que conlleva abrir archivos y enlaces de fuentes conocidas independientemente de la red social utilizada ya sea *facebook*, *twitter*, *instagram*, *snapchat*, aplicaciones de mensajería instantánea como *whatsapp* o servicios de red como e-mail.

De la investigación concluimos que el método de propagación más utilizado es la ingeniería social, debido a factores inherentemente humanos tales como la confianza, curiosidad, entre otros.

Para finalizar, cabe mencionar que uno de los métodos de prevención contra el *ransomware* es contar con copias de seguridad dado que en la mayoría de los casos no se suele recuperar la información, por lo que es imprescindible contar con un respaldo de la información crítica.

## 10. Referencias

- [1] C. C. Lu and S. Y. Tseng, "Integrated design of AES (Advanced Encryption Standard) encrypter and decrypter," Proc. Int. Conf. Appl. Syst. Archit. Process., vol. 2002–Janua, pp. 277–285, 2002.
- [2] A. Bhardwaj, V. Avasthi, H. Sastry, and G. V. B. Subrahmanyam, "Ransomware Digital Extortion: A Rising New Age Threat," Indian J. Sci. Technol., 2016.
- [3] P. B. Pathak and Y. M. Nanded, "A Dangerous Trend of Cybercrime: Ransomware Growing Challenge," vol. 5, no. 2, 2016.
- [4] D. F. Sittig and H. Singh, "A Socio-technical Approach to Preventing, Mitigating, and Recovering from Ransomware Attacks," Appl Clin Inf., vol. 7, no. 7, pp. 624–632, 2016.
- [5] A. Gazet, "Comparative analysis of various ransomware virii," J. Comput. Virol., vol. 6, no. 1, pp. 77–90, 2010.
- [6] H. Orman, "Evil Offspring - Ransomware and Crypto Technology," IEEE Internet Comput., vol. 20, no. 5, pp. 89–94, 2016.
- [7] D. Kansagra, M. Kumhar, and D. Jha, "Ransomware: A Threat to Cyber security," Comput. Sci. Electron. Journals, vol. 7, no. 1, pp. 224–227, 2015.
- [8] H. A. Martínez-García, M. M. Medina, and L. B. C. Us, "Recuperación de datos cifrados mediante control de versiones en nube, una alternativa contra el ransomware: Caso de estudio," Adv. Eng. Innov., vol. 1, no. 1, pp. 21–31, 2017.
- [9] I. Kotenko, M. Stepashkin, and E. Doynikova, "Security analysis of information systems taking into account social engineering attacks," Proc. - 19th Int. Euromicro Conf. Parallel, Distrib. Network-Based Process. PDP 2011, pp. 611–618, 2011.
- [10] H. U. Salvi and R. V. Kerkar, "Ransomware: A Cyber Extortion," Asian J. Converg. Technol., vol. 2, no. 3, pp. 1–6, 2015.
- [11] (2017) Virustotal [Online]. Disponible en: <https://www.virustotal.com>
- [12] (2017) NoDistribute [Online]. Disponible en: <https://www.virustotal.com>
- [13] (2016) Nomoreransom. [Online]. Disponible en: <https://www.nomoreransom.org/>
- [14] (2016) Helpnetsecurity. [Online]. Disponible en: <https://www.helpnetsecurity.com/2016/11/23/telectrypt-decryptor-ransomware/>

# Adopción del teletrabajo en las empresas manufactureras de la ciudad de Cuenca. Primeros pasos

## Teleworking adoption in the manufacturing enterprises of the Cuenca city. First steps

Aida Muñoz Quizhpi<sup>1</sup>, Juan Carlos Ortega<sup>2\*</sup>, Sebastián Quevedo Sacoto<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Subdirección de Posgrados, Universidad Católica de Cuenca, Ecuador

\*Autor de correspondencia: [jcortegac@ucacue.edu.ec](mailto:jcortegac@ucacue.edu.ec)

**RESUMEN**– Los avances tecnológicos permiten brindar un aporte significativo en las empresas, tanto a empleados como a empleadores, generando impactos sustanciales en el desarrollo laboral. El presente artículo, muestra como el teletrabajo se presenta como un modelo novedoso de trabajo, teniendo como característica principal la flexibilidad y el mejoramiento de la productividad, permitiendo, además, la oportunidad de acceso a personas con discapacidad, madres en periodo de lactancia, etc., mediante el acceso remoto a este régimen laboral. A lo largo del documento se hace referencia al estado actual del teletrabajo en la ciudad de Cuenca, Ecuador, en las empresas manufactureras del cantón, haciendo énfasis en las medidas necesarias para su adopción, en la tecnología, leyes y lineamientos; para poder proponer un modelo de adopción de esta modalidad laboral, en estas empresas del sector.

**Palabras clave**– *Teletrabajo, producción, TIC's, infraestructura, manufactureras.*

**ABSTRACT**– Technological advances allow offering a significant contribution in companies, both for employees and employers generating substantial impacts on labor development. This article shows teleworking as an innovative work model, which main characteristic is flexibility and productivity improvement. It also allows the access opportunity to disabled people, nursing mothers, etc., through the remote access to this labor system. This document refers to the actual status of teleworking within the city of Cuenca, Ecuador, in manufacturing companies of the canton, emphasizing all necessary steps to its implementation, technology, laws, and guidelines to propose an implementation model in these companies of the sector.

**Keywords**– *Teleworking, production, TIC's, infrastructure, manufacturing.*

### 1. Introducción

En la actualidad la comercialización de cualquier tipo de producto que las empresas, industrias o artesanos producen son comercializados de diferentes formas ya sean de manera local, nacional o internacional. Actualmente las estrategias de comercialización se focalizan a través de medios tecnológicos utilizando lo que las TIC's (Tecnologías de la Información y Comunicación) pueden brindar como herramientas para cumplir este cometido.

En este contexto las TIC's según (Ávala, 2017), son la base primordial para cualquier productor sea este pequeño, mediano o grande. La cantidad de producción cuando se habla de comercialización no es relevante, sino la de buscar formas para mejorar la productividad obteniendo como resultado los objetivos económicos deseados. El uso adecuado de ellas puede permitir

trabajar desde un sitio remoto a la empresa; forma de actuar conocida como teletrabajo.

Según el Ministerio del Trabajo en el Ecuador (Ministerio del Trabajo, 2016). Existen aproximadamente 15.200 personas, equivalentes al 0,2 % de la población económicamente activa a nivel nacional en la que se aplica el teletrabajo, el Ministerio espera que en los próximos años estas cifras puedan superar los 76.000 teletrabajadores. (Universo, 2018). El Ministerio para el 2016 tenía como meta contar con estos 76.000 teletrabajadores, pero hasta el 2018 no se ha podido lograr ese objetivo ya que se ha podido incorporar a esa modalidad de trabajo a solo 5,516 personas.

El sector con más apertura a la modalidad de teletrabajo es la de servicios, los otros sectores y en especial el sector de la industria tienen menor acogida, esto debido a que tienen una visión de trabajo muy

**Citación:** A. Muñoz, J. Ortega y S. Quevedo, "Adopción del teletrabajo en las empresas manufactureras de la ciudad de Cuenca. Primeros pasos", *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 1, pp. (46-53), 2020.

**Tipo de artículo:** Original. **Recibido:** 8 abril de 2019. **Recibido con correcciones:** 29 abril de 2019. **Aceptado:** 2 diciembre de 2019.

**DOI:**

**Copyright:** 2020 A. Muñoz, J. Ortega y S. Quevedo. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

tradicional, como se puede apreciar en la figura 1. Según Mónica Ramírez (Mónica Ramírez, 2018) gerente de recursos humanos de Seguros Equinoccial: las empresas siguen viendo de manera tradicional la forma de trabajar y no invierten en el desarrollo de herramientas que permitan crear otras metodologías para aprovechar mejor el talento y potencial de la gente.

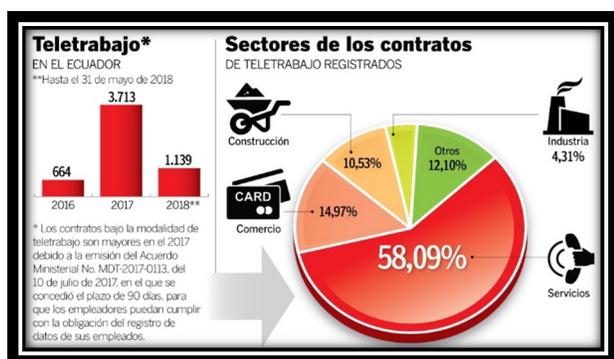


Figura 1. Teletrabajo en el Ecuador

Como se puede apreciar, el panorama no es muy alentador en cuanto al teletrabajo como forma de trabajar en las empresas de la ciudad, y, en especial en el sector manufacturero, ya que de lo investigado hasta el momento no se visualiza un estudio dentro de la ciudad de Cuenca, en donde se pueda apreciar explícitamente esta modalidad como una forma de laborar dentro de las empresas, pero lo que sí se puede conocer es la situación en ventas de la producción manufacturera.

Según un estudio realizado, para el periodo 2013-2017, por la superintendencia de compañías valores y seguros (Superintendencia de Compañías, 2018), las ciudades que predominan las ventas de los productos manufactureros son: la ciudad de Quito y Guayaquil con un 40 % y 30% de participación respectivamente, Eloy Alfaro es la siguiente con una participación del 6%, seguido de Cuenca con una participación del 5.7% del total de ingresos por ventas a nivel nacional, por último, se tiene Montecristi con una participación del 3.8%.

La situación actual, en ventas, por la comercialización de los productos de la industria manufacturera, en la ciudad de Cuenca, están por debajo de las ciudades más grandes como son Quito y Guayaquil, como se puede apreciar claramente en la figura 2 (Superintendencia de Compañías, 2018). Esto podría estar dado por muchos factores, entre ellos: la productividad, (eficacia) del

trabajador, que es una de las características que el teletrabajo puede brindar a las industrias o empresas.

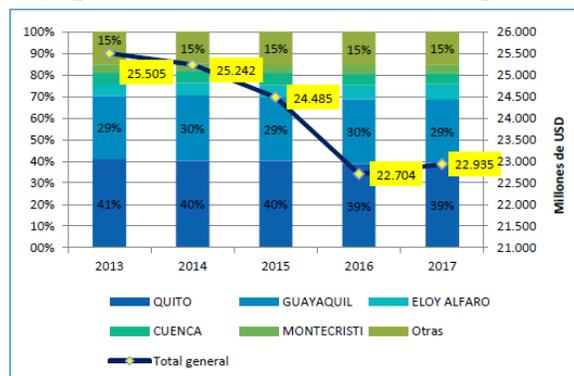


Figura 2. Ingresos por Venta en el Sector Manufacturero del Periodo 2013-2017.

Según el Ministerio de Trabajo (Berrezueta Leonardo, 2017). En un plan piloto realizado en la ciudad de Cuenca en el año 2017 para la aplicación del teletrabajo en el sector público, con la participación de 10 funcionarios, se pudo determinar que: la eficacia de los servidores mejoró en un ocho por ciento y no se registraron inconvenientes para el Ministerio.

## 2. Materiales y métodos

Para la investigación de este estudio se adoptó la investigación exploratoria. Se utilizó los datos recogidos a partir de encuestas realizadas a 21 empresas de la ciudad de Cuenca a finales del año 2018. El cuestionario realizado de forma presencial y dirigido tanto al empleador como al empleado de cada empresa, está formado por 15 preguntas específicas que se responden mediante una afirmación (SÍ) o negación (NO), algunas de estas preguntas están compuestas por bloques que se dividen a su vez en preguntas generales. Luego se determina la situación actual de la modalidad del teletrabajo en las empresas de la ciudad; las que estarían dispuestas a optar por esta modalidad; o las barreras que impiden su implementación.

En esta investigación el contexto de la situación actual del teletrabajo en la ciudad de Cuenca se basa fundamentalmente en el análisis de los aspectos relevantes para la comercialización de la producción y que se deben tener en cuenta para esta modalidad de trabajo como son: la tecnología del teletrabajo, aspectos legales y gerenciales.

En cuanto a los aspectos tecnológicos se tomó en cuenta aspectos relacionados a la infraestructura y los servicios, aplicaciones y la cantidad de usuarios.

La infraestructura tecnológica para el desarrollo del teletrabajo en la ciudad de Cuenca, actualmente, tiene a su disponibilidad las más importantes empresas proveedoras de servicios de internet (ISP) del país, las mismas que ofrecen sus servicios mediante diferentes tipos de tecnologías, esto para poder cubrir las necesidades de los usuarios de zonas céntricas o alejadas de la ciudad. Todo esto logra cubrir y garantizar en casi su totalidad el servicio en los domicilios, industrias, universidades, etc.

La velocidad del servicio de internet cableado (cobre, coaxial o fibra óptica) debe ser como mínimo de 5 Mbps exclusivo para realizar tareas de teletrabajo, la recomendación sería de 10 Mbps para obtener una fluidez en la transmisión de la información. En este sentido existen varios proveedores de servicio de internet (ISP) dentro de la ciudad de Cuenca, los cuales brindan este tipo de velocidades a precios relativamente módicos.

En base a un análisis comparativo se determinó que el porcentaje de empresas que están dispuestas a implementar el teletrabajo en la ciudad de Cuenca es del 84,21%, esto permite deducir que el desconocimiento acerca del teletrabajo no es tal, sino más bien, es la falta de comprensión del uso de las TIC's para implementar el teletrabajo, es por eso que este factor es del 57,14%, el más alto. Todo esto quiere decir que las empresas tienen el conocimiento de que disponen de la tecnología para poder implementar el teletrabajo, pero se ven afectadas en mayor medida por este factor. Mientras que las empresas que no están dispuestas a implementarlo (15,79%), tienen total desconocimiento de saber si disponen o no de la tecnología, peor aún saber cómo utilizarla para la implementación del teletrabajo, por lo que se ven obligadas a laborar con la modalidad tradicional.

En este análisis se determina que la empresa que ha optado por la implementación del teletrabajo se llama GREXLAB, la misma que ha tenido la decisión para adoptar esta modalidad dentro de su organización para que sus empleados puedan desarrollar sus actividades de manera remota desde su casa, lo que les ha permitido obtener los siguientes beneficios:

- Ahorro de recursos económicos.
- Contribución significativa de la tecnología para obtener los resultados de la empresa.

- Flexibilidad laboral.
- Mejoramiento de la productividad.
- Mejoramiento de la motivación de los empleados debido a la flexibilidad.

Basándose en la situación actual del Ecuador los problemas para la incorporación del Teletrabajo en las empresas de la ciudad podrían estar limitadas por algunos de los siguientes aspectos:

- La falta de decisión política por parte del empleador.
- La falta de conocimiento del Teletrabajo.
- La falta de conocimiento de los beneficios y ventajas que ofrece el Teletrabajo tanto para el empleador como para el empleado en relación al mejoramiento de la productividad.
- O la falta de capacitación para poder implementar esta modalidad de trabajo.

Por lo tanto, no existe un modelo de gestión que sirva de guía para poder cubrir estos aspectos y que sirva para la implementación del Teletrabajo en las empresas manufactureras de la ciudad obteniendo los resultados deseados (productividad).

### Modelo Propuesto

El modelo propuesto para la implementación del teletrabajo en las empresas manufactureras para la comercialización de productos en la ciudad de Cuenca, es tomado de un estudio realizado en Colombia (Vargas Alejandro P. J., 2013). En donde se logró determinar cuáles son las causas principales para la implementación del teletrabajo. Las mismas que son: requisitos legales, tecnología, factor humano y organizacional.

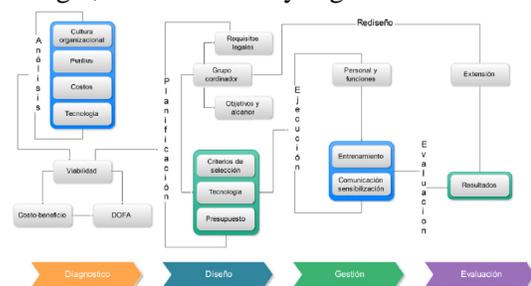


Figura 3. Modelo de gestión de teletrabajo.

### Fase Diagnóstico

El paso para la puesta en marcha de la implementación del teletrabajo como forma de comercializar los productos creados por las empresas manufactureras de la ciudad de Cuenca, es conocer el estado actual de la empresa para determinar si se encuentra preparada o no para el teletrabajo. Para ello, se

necesita en esta fase formular una serie de preguntas que permita conocer la percepción de los empleados y de la empresa, en los siguientes aspectos:

Cultura organizacional: se debe formular las siguientes preguntas:

¿Considera que las TIC's son herramientas que ayudan a incrementar la productividad de los empleados?

¿Se reconoce el potencial estratégico de las TIC's?

¿Considera a las TIC's como parte significativa de los resultados financieros de la empresa?

¿Está de acuerdo que los proyectos de las TIC's tienen beneficios intangibles?

¿Considera que las TIC's ha contribuido para incrementar sus ventas?

¿Las TIC's han sido utilizadas con ventaja al resto de sus competidores, ya que ha permitido crear sistemas difíciles de imitar?

¿Las TIC's han sido utilizadas para diferenciar sus productos?

**Identificar Perfiles:** identificar el perfil de los puestos, trabajadores de ventas y de los jefes de área involucrados en el proyecto. Las empresas manufactureras para la comercialización de los productos deben considerar criterios objetivos y subjetivos, una selección acertada y adecuada. Para la selección de los teletrabajadores que se encarguen en la comercialización de los productos deben cumplir los siguientes requisitos y competencias.

### Requisitos

El empleado debe estar interesado en trabajar en esta modalidad.

La experiencia del empleado se debe tener en cuenta para la implementación del teletrabajo (ventas), su antigüedad en la empresa ayudará para el proceso de implementación del teletrabajo.

El manejo de la tecnología es muy importante, debe estar capacitado a trabajar con programas de ventas, caja o *marketing*.

Los empleados con capacidades especiales que presenten inconvenientes para el desplazamiento desde su casa hacia el trabajo, pueden formar parte como candidatos potenciales para teletrabajar.

### Competencias

- Utilizar el *software* y programas de la oficina para el procesamiento de la información.
- Utilizar adecuadamente y eficientemente las TIC's.
- Garantizar la seguridad de las aplicaciones y de la información de la empresa.

- Generar ventajas competitivas sobre los competidores.
- Mejorar constantemente los resultados de las ventas obtenidas

### Costos

La iniciativa de implementar este modelo debe venir del área de ventas para poder aumentar la comercialización de los productos. Sin embargo, la dirección es la que finalmente toma la decisión de implementar y promoverla en la empresa. La decisión política o el compromiso institucional es fundamental en este sentido para saber si la empresa está dispuesta a invertir en esta modalidad de trabajo.

Se debe tener en cuenta que los proyectos de TIC's requieren inicialmente de una inversión que a largo o corto plazo se verá retribuida, ya que se reducen los costos físicos, servicios públicos, etc. Otro aspecto a tener en cuenta es que la productividad bajo esta modalidad aumentará, por lo tanto, si bien inicialmente se necesita invertir tecnológicamente, los costos que se deben considerar son los siguientes:

- En caso de que el trabajador trabaje desde su domicilio, se debería considerar el costo de los servicios, material de oficina, equipos de tecnología y la seguridad laboral.
- La capacitación técnica para laborar bajo la modalidad de teletrabajo.
- La inversión tecnológica ya sea de dispositivos, infraestructura y comunicación. Hay que tener en cuenta que lo disponible tecnológicamente, puede servir en su mayoría para la implementación del teletrabajo.
- El costo de la asistencia técnica a los teletrabajadores en caso de cualquier evento o incidente que dificulte las operaciones.

### Tecnología

Es importante verificar si la empresa cuenta con las herramientas tecnológicas necesarias para la implementación del teletrabajo. Hay que tener en cuenta que al hablar de tecnología se refiere a la infraestructura (aplicaciones, contenidos, dispositivos), servicios y usuarios. Se debe considerar los siguientes aspectos:

- Telecomunicaciones: medios transmisión fijos y medios de transmisión móviles.
- Dispositivos para el usuario: escritorios virtuales y Bing Your Own Device (BYOD).
- Infraestructura tecnológica: centro de datos, centro de datos compartido y computación en la nube.

- Aplicaciones: comunicación, soporte, ofimática, redes sociales y web.
- Seguridad: seguridad de la información.

En esta fase se debe evaluar considerando cada uno de los aspectos antes señalados para determinar cómo influirán la puesta en marcha del proyecto de teletrabajo.

Teniendo en cuenta la flexibilidad que proporciona esta modalidad se podría decir que las fortalezas y debilidades se encuentran enmarcadas en esta característica, ya que los horarios y la productividad están enfocados a las necesidades de la empresa. A continuación, se muestran las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) que brinda la implementación del teletrabajo para la comercialización de los productos en las empresas manufactureras.

**Tabla 1.** Análisis FODA para el teletrabajo en la empresa manufacturera

FORTALEZAS	DEBILIDADES
El teletrabajador podrá disponer en todo momento de las herramientas para realizar las ventas (flexibilidad).	Falta de formación adecuada para el uso de las aplicaciones, sistemas y seguridad.
Mayor disponibilidad de los recursos y por ende mayor productividad.	Falta de conocimiento por parte del grupo coordinador para dirigir el teletrabajo.
Reducción de los costos de operación de la empresa.	Control inadecuado de los teletrabajadores del área de ventas.
Mayor competitividad en el mercado nacional e internacional.	Dificultad para ejecutar negociaciones por falta de comunicación entre los empleados.
Innovación para la empresa.	
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Crear una nueva forma de comercializar la producción y por ende una nueva cultura organizacional.	Riesgos laborales.
Posibilidad de expandirse comercialmente tanto local, nacional e internacionalmente.	Dificultad del teletrabajador (vendedor) para adaptarse y por ende baja de productividad.
Aumentar la productividad y por ende la competitividad.	Mala imagen del teletrabajador en la sociedad.
	Riesgos informáticos por el mal uso de la información por parte del teletrabajador.
	Desvinculación de los teletrabajadores con la empresa.

### 3. Resultados y discusión

#### Fase de Diseño

La fase de diseño para la implementación del teletrabajo en las empresas manufactureras es probablemente la fase o etapa más importante, ya que con su ejecución se puede tener un panorama claro y una descripción detallada del modelo a ejecutar, sus características, requisitos y condiciones. La referencia para realizar el diseño es justamente el diagnóstico detallado en la fase anterior.

En esta fase el empleador (manufacturera) debe tener la capacidad de decisión política, es decir, tiene que estar consciente que la toma de decisiones implica el cumplimiento de regulaciones o normativas dentro y fuera del país según sea el caso de comercialización o tipo de producto.

Además de todo esto es importante también tener en cuenta la posibilidad de inversión que esto podría generar para su implementación obviamente dependiendo del tamaño de la empresa o industria manufacturera. A continuación, se los describe los aspectos a tener en cuenta para la comercialización de productos mediante el teletrabajo.

**Análisis del marco legal:** En caso de la comercialización al extranjero de los productos que producen las empresas manufactureras de la ciudad se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Cumplir con requisitos mínimos para exportar.
- Aspectos generales para la exportación e importación a Estados Unidos y la Unión Europea, respectivamente.

Además de todo esto es importante también tener en cuenta la posibilidad de inversión que esto podría generar para su implementación obviamente dependiendo del tamaño de la empresa o industria manufacturera. A continuación, se describen los aspectos a tener en cuenta para la comercialización de productos mediante el teletrabajo:

**Grupo coordinador:** Una vez que la dirección se ha decidido por realizar la implementación del modelo de teletrabajo, se necesita conformar un grupo coordinador para que lidere, coordine y sirva de guía en las distintas etapas de ejecución. Debe estar formado por las siguientes áreas:

- Recursos humanos.
- Financiera.
- Ventas.
- Tecnología de la información.

- Jurídica.
- Encargado de la seguridad informática.
- Representante de los trabajadores.

**Objetivos:** Para que la implementación del modelo tenga éxito es muy importante identificar cuáles son los objetivos esperados. Para ello se deben definir los objetivos en bases a necesidades concretas como:

- Mejorar la productividad.
- Mejorar la producción y la comercialización.
- Rediseñar el uso de los espacios físicos de la empresa.
- Evitar el desplazamiento físico de los trabajadores a la empresa.
- Ampliar la capacidad competitiva y operacional de la empresa.

**Alcance:** El alcance está determinado en función al tamaño y las necesidades concretas de la empresa. Teniendo en cuenta que la comercialización puede realizarse de manera local, nacional o internacional.

**Tareas:** Definir las tareas que los trabajadores realizarán para el proceso de comercialización de los productos; aquí se logra definir más específicamente los requerimientos tecnológicos que se necesitan para la implementación del teletrabajo.

**Nivel de seguridad:** La política de seguridad impuesta por la empresa para la utilización de los servicios, datos o sistemas almacenados fuera del computador del trabajador.

**Acuerdo de teletrabajo:** Es el documento que es anexo al contrato de trabajo que detalla las especificidades en que operará el teletrabajo entre el trabajador y la empresa

**Política de trabajo:** Es la política laboral que la empresa incorpora para dar a conocer la modalidad de teletrabajo y cuál es el procedimiento de la aplicación de esta modalidad.

#### **Fase de Gestión**

Partiendo como base el diseño del programa, la siguiente etapa es la de su implementación. Para ello la manufacturera debe tener claro todos los aspectos detallados en la fase anterior. Lo principal en esta fase es dar una guía de implementación que permita ver claramente los aspectos a tener en cuenta y que pasos se deben seguir al momento de poner en marcha el modelo de teletrabajo propuesto.

**Comunicación, sensibilización y cultura organizacional:** La sensibilización es un componente para poder preparar la implementación del teletrabajo. Esta debe estar apoyada por una estrategia de

comunicación en donde se explique las características del proyecto.

**Selección de los teletrabajadores:** Los perfiles aprobados del programa piloto para la selección de los teletrabajadores es fundamental para la implementación del proyecto; mediante los perfiles se seleccionarán los trabajadores.

**Entrenamiento:** Una vez seleccionados los teletrabajadores es necesario capacitarles; no solo deben saber la parte técnica y de comunicación, sino también, que faciliten a la empresa el monitoreo de resultados. La capacitación debe estar relacionada a los siguientes temas: lineamientos y políticas generales de la organización para el teletrabajo, manejo del cambio y competencias para teletrabajar, prevención en salud y riesgos laborales y uso de las herramientas tecnológicas. En este último tema es de vital importancia para la comercialización de los productos ya que los teletrabajadores a más de capacitarse en herramientas como: comunicación, soporte, ofimática, etc., deberían capacitarse también en los siguientes temas específicos:

- Capacitación en *marketing* digital.
- Manejo y capacitación en publicidad por correo electrónico.
- Capacitación en campañas de publicidad mediante redes sociales (Facebook, Instagram, Twitter, etc.).
- Capacitación en campañas de publicidad mediante mensajería instantánea (WhatsApp).
- Capacitación en el manejo de contenidos en sitios web y *blogs* (WordPress).
- Capacitación (opcional) en el manejo de ilustrador o cualquier otro programa para crear y editar imágenes para publicitar.

**Ejecución:** Para la ejecución del programa se deben cumplir con todos los pasos previos, con esto la organización y los teletrabajadores estarán listos para iniciar el teletrabajo. El rol del grupo coordinador es de vital importancia ya que se encargará de vigilar y servirá de soporte para las necesidades e inquietudes que surjan durante todo el proceso de implementación.

#### **Evaluación y seguimiento**

Luego de que haya finalizado la etapa de implementación del programa piloto, viene la etapa de evaluación y seguimiento, la misma que es de suma importancia para su éxito; esta debe ser permanente y paralela a la implementación.

**Evaluación:** Se puede cuantificar los resultados teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Retorno de la inversión.
- Innovación organizacional.
- Satisfacción de los trabajadores y la empresa.
- Rentabilidad, productividad y comercialización.

También se pueden hacer entrevistas, encuestas, cuestionarios, reuniones o cualquier otra técnica para recolectar información con el fin de saber si el programa está funcionando como se esperaba o se necesitan depurar aspectos relacionados entre los teletrabajadores y jefes de área.

**Seguimiento:** Permite identificar inconvenientes que pueden surgir para dar una solución definitiva y prevenir mayores complicaciones cuando se adopte por completo el modelo de teletrabajo. Los informes periódicos son la base para saber la situación del modelo y poder generar una conclusión definitiva del mismo.

**Extensión:** Luego de haber finalizado con el proyecto piloto y de haber analizado los resultados obtenidos, el siguiente paso a dar es la de decidir definitivamente la implementación del teletrabajo. La adopción del modelo consiste en:

- La actualización de los procesos probados y ajustados a los resultados del piloto.
- Incluye la definición de la política laboral del teletrabajo en la empresa.
- Cumplimiento de requisitos legales.
- Ampliación del proyecto (alcance, trabajadores, inversión tecnológica).

Debe ubicar al lector en el contexto del trabajo:

La naturaleza del problema cuya solución o información se describe en el documento.

El estado del arte en el dominio tratado (con sus respectivas referencias bibliográficas).

El objetivo del trabajo, su relevancia y su contribución en relación al estado del arte.

Descripción de la estructura del artículo.

#### 4. Conclusiones

- Con el presente trabajo de investigación se logró evidenciar que el teletrabajo en las empresas se expande cada vez más a nivel mundial, esto debido a la globalización y comercialización mediante el uso de las TIC's, y, por las necesidades de trabajo que hoy en día exige la sociedad; como es el caso de la flexibilidad laboral, no obstante en la ciudad de Cuenca, el teletrabajo es relativamente nuevo ya que

no existe una variedad de empresas que hayan optado por implementar esta modalidad de trabajo y que puedan servir como ejemplo o modelo a seguir, tornando de esta manera al teletrabajo como un proyecto desapercibido y poco conocido.

- En la actualidad, con los grandes volúmenes de información que se procesa, es fácil encontrar información detallada acerca de los aspectos tecnológicos y legales para la implementación del teletrabajo, lógicamente no es suficiente, puesto que las condiciones esenciales para la incorporación en las empresas están dadas básicamente por la decisión política por parte de empleador, así como también, la empresa debe contar con características claves, como disponer de la tecnología necesaria y saber darle el uso adecuado para la implementación.
- Los efectos del teletrabajo se ven reflejados en la gran cantidad de beneficios con los que aporta a las empresas, tanto al empleador como a sus empleados. El teletrabajo está involucrado en la sociedad moderna, debido a la explosión tecnológica, además, el Ecuador cuenta con un acuerdo ministerial en donde se legaliza de manera formal el trabajo mediante esta modalidad. Esto permite que existan una gran cantidad de empresas dentro de la ciudad de Cuenca que están dispuestas a optar por la implementación del teletrabajo y que podrían usar el modelo propuesto.

#### 5. Referencias

- [1] Lovato, C. n. (01 de abril de 2013). El teletrabajo como generación de plazas de trabajo. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Quito, 2013. obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4303/1/ups-gt000393.pdf>
- [2] Alonso, P., Moscoso, S., & Cuadrado, D. (2015). Revista de psicología del trabajo y de las organizaciones. Madrid, España.
- [3] Álvarez Raúl. (2017). IBM, pionera en implementar el teletrabajo, está haciendo que sus empleados regresen a la oficina. Obtenido de <https://www.xataka.com/empresas-y-economia/ibm-pionera-en-implementar-el-teletrabajo-esta-haciendo-que-sus-empleados-regresen-a-la-oficina>
- [4] ARCOTEL. (diciembre de 2018). Servicio de acceso a internet (SAI). Obtenido de servicio de acceso a internet (SAI): <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-acceso-internet/>
- [5] Aucay Efrén, H. P. (2017). Nivel de uso de las redes sociales en el proceso de comunicación en las MIPES de Cuenca. Revista de ciencias de la administración y economía. Cuenca, Azuay, Ecuador: ISSN impreso: 1390-6291;
- [6] Ávala, A. (18 de mayo de 2017). Ecuador avanza en servicios de telecomunicaciones y TIC, destaca ministra Álava, en rendición de cuentas 2016. Rendición de cuentas 2016. Quito. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador->

- avanza-en-servicios-de-telecomunicaciones-y-tic-destaca-ministra-alava-en-rendicion-de-cuentas-2016/
- [7] Barbosa Valeria. (2013). Teletrabajo liderar y trabajar en equipos a distancia. Buenos Aires: Dunken.
- [8] Berrezueta Leonardo. (18 de mayo de 2017). Teletrabajo aplicado al sector público. Obtenido de <https://www.eltiempo.com.ec/noticias/cuenca/2/teletrabajo-aplicado-al-sector-publico>
- [9] Berrezueta. (s.f.). Normativa para el teletrabajo en el Ecuador. Ecuador.
- [10] De Juana Rodolfo. (2017). IBM dice no al teletrabajo» MuyPymes. IBM dice no al teletrabajo» MuyPymes. Obtenido de <https://www.muypymes.com/2017/10/31/ibm-dice-no-al-teletrabajo>
- [11] Delgado Francisco. (2018). La CNT lanza el teletrabajo como política laboral. Obtenido de <http://corporativo.cnt.gob.ec/la-cnt-lanza-el-teletrabajo-como-politica-laboral/>
- [12] Eurofound. (Julio de 2018). Is teleworking taking off? Is teleworking taking off?. Obtenido de <https://www.eurofound.europa.eu/es/news/news-articles/is-teleworking-taking-off>
- [13] Gallusser Pamela. (2005). Creciente avance del teletrabajo como modalidad laboral. La trama de la comunicación, obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323927060015>
- [14] Jarcia, M., Hierro, E., & José, J. (2001). Selección de personal sistema integrado. Madrid: ESIC.
- [15] Gudiño Omar. (31 de agosto de 2016). Cloud Computing - ¿Qué es eso? cultura informática. Obtenido de <https://culturainformatica.co/cloud-computing/>
- [16] Junta Andalucía. (2010). Consejería de economía, innovación y ciencia. Guía de recomendaciones y buenas prácticas para el impulso del teletrabajo. Obtenido de [http://www.juntadeandalucia.es/institutodelamujer/institutodela-mujer/teleig/file.php/1/Guia\\_Teletrabajo.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/institutodelamujer/institutodela-mujer/teleig/file.php/1/Guia_Teletrabajo.pdf)
- [17] Ledesma Raúl. (17 de 10 de 2018). ¿Por qué el teletrabajo no avanza en Ecuador? Cuenca, Azuay, Ecuador. Obtenido de <http://teletrabajo.gov.co/622/w3-article-77449.html>
- [18] Llanos, J. (2005). Como entrevistar en la selección de personal. México D.F: Pax México.
- [19] Lovato Carmen, S. A. (abril de 2013). El teletrabajo como generación de plazas de empleo y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población en el Ecuador. Guayaquil.
- [20] Martínez Angélica María, E. A. (2014). Artículo tecnologías y herramientas TICs en el teletrabajo(v2). Tecnología, normatividad y herramientas TICs en el teletrabajo. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/004360107234ce762080a>
- [21] Ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones., M. d. (2012). Libro blanco: el ABC del teletrabajo en Colombia.
- [22] Ministerio de Trabajo. (2016). Acuerdo Ministerial N° MDT-2016-190 Del Ministro de trabajo. Acuerdo Ministerial N° MDT-2016-190. Quito.
- [23] Ministerio del Trabajo. (2016). Ecuador teletrabaja. Ecuador. Obtenido de <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2016/09/Explicativo-1.pdf>
- [24] Molano Diego. (2010). Plan vive., (pág. 18). Colombia.
- [25] Moncayo Escudero Pilar. (s.f.). Teletrabajo, un cambio de paradigma. Obtenido de <http://www.americlearningmedia.com/edicion-004/59-opinion/214-teletrabajo-un-cambio-de-paradigma>
- [26] Moscoso, S. &. (2008). Selección de personal en la empresa y las AAPP. Madrid, España: Consejo general de colegios oficiales de psicólogos.
- [27] Murillo Víctor. (2017). Business Center. 1-2.
- [28] Naranjo, A. (2012). El proceso de selección y contratación del personal. Pensamiento & gestión.
- [29] Ollero, M. (2005). Gestión 2000. Barcelona: Rota papel.
- [30] Plan del buen vivir. (2013-2017).
- [31] Proaño María Isabel. (2015). Estudios de factibilidad de la implementación para un esquema de teletrabajo.
- [32] Ramírez Mónica. (febrero de 2018). El Ministerio de Trabajo reconoce a seguros equinoccial por su programa de teletrabajo. Quito. Obtenido de <http://www.quebakan.com/v15/el-ministerio-de-trabajo-reconoce-a-seguros-equinoccial-por-su-programa-de-teletrabajo/>
- [33] Rangles Zúñiga, F. A. (01 de 12 de 2015). El Teletrabajo como un contrato protegido por el derecho. Quito, Ecuador: Quito: USFQ, 2015. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5572/1/122791.pdf>
- [34] Reyes Virgilio. (2012-2013). Byod y la modalidad corporativa. New Veeam Free Backup.
- [35] Ruiz Joaquín. (2016). Caso de éxito en teletrabajo: El experimento de CTrip y la mejora de su productividad - PrevenBlog. Obtenido de <http://prevenblog.com/caso-exito-teletrabajo-experimento-ctrip-la-mejora-productividad/>
- [36] Solano Javier. (2012). Las TIC en el desarrollo social colombiano: el teletrabajo. Obtenido de <http://javiersolanopolitecnico.blogspot.com/2012/10/el-teletrabajo-en-cifras.html>
- [37] Superintendencia de compañías. (septiembre de 2018). Estudios sectoriales. Panorama de la industria manufacturera en el Ecuador 2013-2017, 13.
- [38] Vargas Alejandro, P. J. (2013). Propuesta de implementación de un modelo de teletrabajo. RISTI - Revista ibérica de sistemas y tecnologías de información, 13-31.

# Lecciones aprendidas del diseño de parques solares fotovoltaicos: Un enfoque de las características técnicas

## Lessons Learned from Design of Photovoltaic solar parks: An Approach on Technical Characteristics

Juan David Marín-Jiménez<sup>1\*</sup>, Parménides Justo González-Cruz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Colombia

<sup>2</sup> IPG S.A., empresa privada, Panamá

\*Autor de correspondencia: [jdmarinj@unal.edu.co](mailto:jdmarinj@unal.edu.co)

**RESUMEN**– El diseño de parques solares fotovoltaicos presenta una incertidumbre técnica en la búsqueda de una solución óptima (beneficio/costo) para implementar en un determinado proyecto. Los beneficios en la selección de un sistema de inversores centralizados o distribuidos varían según la disposición tecnológica de cada país. Adicionalmente, los recientes desarrollos tecnológicos pueden presentar incompatibilidad con tecnologías tradicionales, es decir, la elección de una tecnología de inversores exigiría utilizar toda la gama de productos de determinada compañía. Por lo tanto, seleccionar unas características para el diseño (tecnología en inversores centralizados o distribuidos, capacidad de cada panel solar de 330 Wp o 390 Wp) debe considerar una solución integral que incluya entre otros los impactos: técnicos (confiabilidad, pérdidas eléctricas, regulación, nivel de tensión, etc); económicos (precio de equipos, costos nivelados - LCOE, venta de energía, contratos de compra de energía, mantenimiento); logísticos (tiempos de importación, transporte de equipos, necesidad de infraestructura de telecomunicaciones y eléctrica, precio de importación de equipos, precio de tecnologías seleccionadas); regulatorios (requerimientos técnicos de cada país). En el presente *paper* se presentan las lecciones aprendidas durante la realización del diseño de un parque solar de 20 MW ubicado en Panamá.

**Palabras clave**– *Diseño, parques solares fotovoltaicos, sistemas solares.*

**ABSTRACT**– Design of photovoltaic solar farms presents a technical uncertainty in the search for an optimal solution (profitability/cost) to implement in a given project. The benefits in the selection of a system of centralized or distributed inverters vary according to the technological disposition of each country. Additionally, recent technological developments may present incompatibility with traditional technologies, that is, the choice of an inverter technology would require the use of the full range of products of a certain company. Therefore, selecting characteristics for the design (technology in centralized or distributed inverters, capacity of each 330 Wp or 390 Wp solar panel) must consider an integral solution that includes, among others, the impacts: technical (reliability, electrical losses, regulation, voltage level, etc); economic (equipment prices, levelized costs - LCOE, energy purchase contracts, maintenance); logistics (import times, transport of equipment, telecommunications and electrical infrastructure need, equipment import price, price of selected technologies); regulatory (technical requirements of each country). This paper presents the lessons learned during the design of a 20 MW Solar Park located in Panama.

**Keywords**– *Design, photovoltaic solar parks, solar systems.*

### 1. Introducción

La sostenibilidad en la construcción de nuevos proyectos en los sistemas eléctricos de potencia se presenta como un eje integral (técnico, social, político y ambiental) que se ha establecido alrededor del mundo durante los últimos años. Muchos países se han involucrado en la creación de políticas y leyes que permitan un desarrollo sostenible en la diversificación de la matriz energética de cada país. Dichas políticas están, en gran parte, formuladas con los objetivos establecidos en el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París. En Panamá, se ha aprobado en todas sus partes, los objetivos

establecidos en el acuerdo de París mediante la Ley 40/2016. Como resultado, en los últimos años se ha observado un aumento en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos de gran escala. El aumento en la instalación de sistemas solares ocasiona una reducción en los costos debido a avances tecnológicos, economías de escala en la fabricación e innovaciones financieras, todo ellos han permitido que el mercado solar fotovoltaico se fortalezca internacionalmente. La reducción en los costos de las tecnologías de energía renovable son explicados internacionalmente como curvas de aprendizaje tecnológico [1]. Por lo tanto, es fundamental realizar una

**Citación:** J. Marín y P. González, “Lecciones aprendidas del diseño de parques solares fotovoltaicos: Un enfoque de las características técnicas”, *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 1, pp. (54-60), 2020.

**Tipo de artículo:** Original. **Recibido:** 1 junio de 2019. **Recibido con correcciones:** 1 junio de 2019. **Aceptado:** 2 diciembre de 2019.

**DOI.**

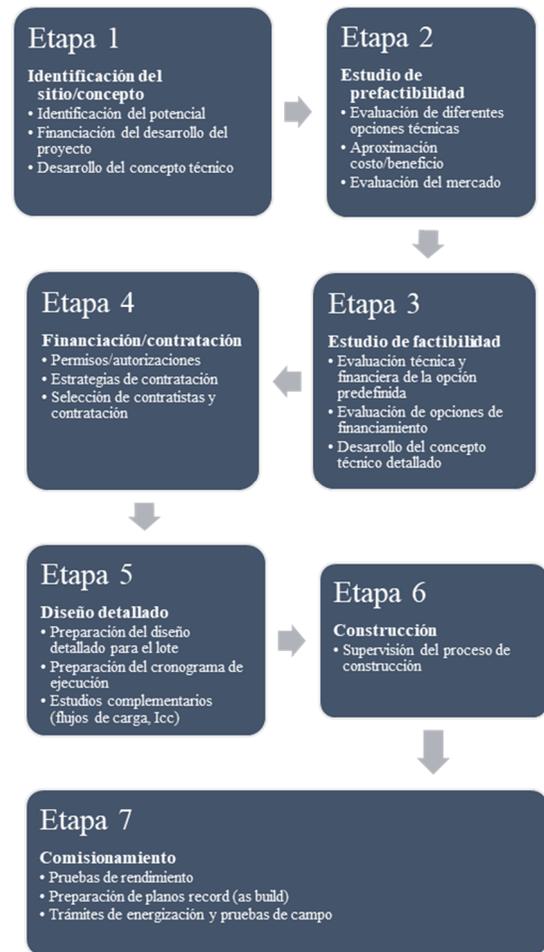
**Copyright:** 2020 J. Marín y P. González. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

evaluación integral de las alternativas existentes en el mercado que permita una selección estratégica de las características técnicas durante el diseño y ejecución de un proyecto. En este sentido, en el presente artículo se presenta una descripción de las lecciones aprendidas durante el diseño de un parque solar fotovoltaico en Panamá, bajo iniciativa privada.

En la figura 1 se presentan las principales etapas para el desarrollo de un proyecto solar fotovoltaico a gran escala, también llamado parque solar fotovoltaico [2]. Según la capacidad del parque solar fotovoltaico es posible que algunas actividades puedan ser omitidas o presentar un mayor grado de detalle. El proceso de prefactibilidad, factibilidad y diseño debe considerar los aspectos regulatorios, permisos, licencias, equipos comerciales y un balance óptimo en términos de costos y beneficios para cada sitio en específico. Adicionalmente, los diseños deben considerar la versatilidad del mercado de cada país, es decir, no todos los países tienen el acceso tecnológico y comercial de las nuevas tecnologías. En el presente artículo se desarrolla la etapa del estudio de prefactibilidad (evaluación de las opciones técnicas, aproximación costo/beneficio y la evaluación del mercado). La efectividad de las características técnicas evaluadas en el proyecto considera las tecnologías de punta vigentes en Panamá y se comparan entre las diferentes opciones evaluadas. En el punto 2 se presenta la selección de características técnicas para el parque solar de 20 MW, en el punto 3 se presentan las condiciones técnicas y comerciales de la regulación de Panamá para la conexión de grandes sistemas solares fotovoltaicos. Finalmente, en el punto 4 se presentan las conclusiones.

## 2. Selección de características técnicas de los parques solares fotovoltaicos

La selección de características técnicas para el diseño de parques solares fotovoltaicos presenta una incertidumbre ocasionada por las múltiples alternativas tecnológicas que se presentan en el mercado mundial. A continuación, se identifican las principales características técnicas que deben ser evaluadas por los diseñadores para una selección adecuada de una solución de diseño para un parque solar fotovoltaico.



**Figura 1.** Etapas de desarrollo de un proyecto solar fotovoltaico a gran escala. Basado de [2].

### Nivel de tensión

En los últimos dos años se ha presentado una tendencia del uso del nivel de tensión en corriente continua de 1500 VDC. El uso de dicho nivel de tensión fue motivado por los principales fabricantes de paneles e inversores quienes impulsan la nueva generación de equipos, los cuales presentan los beneficios de reducir las pérdidas de energía, ahorros de costos (reducción del cableado DC) y una mayor disponibilidad del servicio. En general, los principales beneficios de tener un sistema solar fotovoltaico a 1500 VDC son:

- Menos cajas - DC Box (concentración de series). En particular, 30% menos de cajas para una misma potencia.
- Menos cableado en DC. Al haber menos DC box, la potencia de las series va más

concentradas, es decir más módulos en una misma cadena.

- Se pueden instalar inversores de mayor potencia (en el mercado los inversores con mayor potencia operan a 1500 VDC).
- Menor cantidad de cableado de baja tensión, dado que se presenta una menor cantidad de unidades para interconectar.

Sin embargo, el nivel de tensión de 1500 VDC ocasiona una limitación tecnológica debido a que aún no se presenta una oferta del mercado, lo que ocasiona un mayor costo en la adquisición de tecnologías. En la tabla 1 se presenta la comparación de los costos asociados a cada componente de un sistema de 1000 VDC con uno de 1500 VDC.

**Tabla 1.** Cambios de costos para sistemas de 1500 VDC comparados con sistemas de 1000 VDC

Componente	Cantidad de unidades	Costo unitario	Costo del sistema
Módulos/Paneles	— Igual	▲ aumenta entre el 1 y 2%	▲ aumenta +\$0.02/Wdc
Cables DC	▼ reducción del 40%	— Igual	▼ disminuye - \$0.03/Wdc
DC box	▼ reducción del 30%	▲ aumenta entre el 10 y 20%	▼ disminuye - \$0.005/Wdc
Inversores	▼ reducción del 40%	▲ aumenta entre el 80 y 100% (según la capacidad del inversor)	▼ disminuye - \$0.01/Wdc
Subsistema AC	▲ aumenta entre el 10%	▼ reducción entre 10-15%	▲ aumenta +\$0.005/Wdc
Mano de obra	— Igual		▼ disminuye - \$0.03/Wdc

El acceso tecnológico se presenta como un desafío que varía según las regiones de estudio. Es decir, algunas regiones no tienen la disponibilidad comercial de adquirir los productos de punta, de modo que la importación de una tecnología en particular presenta unos mayores costos en la importación de los productos. Sin embargo, según la capacidad de proyecto, algunos comercializadores tienen la posibilidad de ofrecer los productos a un precio del mercado

Key lessons learned:

- Técnicamente el nivel de tensión de 1500 VDC presenta un mejor desempeño técnico con respecto a pérdidas de energía. Sin embargo, no existe una cantidad suficientes de comercializadores que generen una disminución del precio.
- Con el nivel de tensión de 1500 VDC se reducen los calibres de los cables en DC, la cantidad de DC box y la cantidad de inversores, lo que ocasiona una reducción del costo del sistema.

### Paneles solares

Los paneles solares son fabricados por numerosas empresas alrededor del mundo. Algunas empresas tienen rigurosos procedimientos de calidad en la fabricación basados en estándares internacionales como el IEC 61730-1:2016 [3]. Sin embargo, otras empresas no cuentan con procedimientos estándares en la fabricación de módulos solares.

Para la selección de los paneles solares es recomendable estudiar la disponibilidad del mercado en cuanto a potencia disponible (280W, 320W, 370W, etc), estándares de fabricación de los paneles, tecnología de fabricación (monocristalino, policristalino), tiempos de importación (en caso de ser necesario) y finalmente el precio. Todas las características mencionadas deben ser consideradas durante la selección del módulo solar a utilizar en cada Planta solar.

Key lessons learned:

- Garantías y pérdidas de eficiencia. Los fabricantes de los paneles solares presentan en general garantías de 25 años. En las fichas técnicas se presenta las curvas de pérdida de eficiencia durante los 25 años. Por lo tanto, se recomienda comparar los valores de los tiempos de garantía con respecto a la eficiencia de cada panel con opción para ser adquirido.
- Certificaciones de los paneles. Se asume que entre mayor cantidad de certificaciones presenta un panel solar, mayor es la calidad del panel. Sin embargo, es necesario identificar las certificaciones y pruebas de mayor relevancia en el mercado. Requerimientos de seguridad y estándar en la construcción IEC 61730-1:2016 [4]. Pruebas de desempeño y calificación de energía IEC 61730-3:2018 [5]. Pruebas de confiabilidad y durabilidad de los paneles IEC TS 63049:2017 [6].

## Inversores

En la actualidad, la selección del nivel de tensión se relaciona con el tipo de tecnología utilizada para los inversores (centralizados o distribuidos). En el mercado, los inversores centralizados operan a un nivel de tensión de 1500 VDC y los inversores distribuidos operan a un nivel de tensión de 1000 VDC (e inferior). En los últimos dos años, algunos fabricantes han desarrollado inversores distribuidos con niveles de tensión de 1500 V. En la tabla 2 se presenta la comparación del cumplimiento de la regulación de Panamá con respecto a los requisitos técnicos de cuatro principales fabricantes de inversores.

**Tabla 2.** Compatibilidad de principales inversores comerciales con la regulación panameña

	SG125 HV String Inverter	Conext™ CL125 String Inverter	SMA Sunny Central 2500-EV	Fronius Eco 27.0-3-S1
Control de tensión	✓	✓	✓	✓
Factor de potencia (+/- 1)	✓	✓	✓	✓
Control de frecuencia/Respuesta de frecuencia	✓	✓	✓	-
Control de potencia activa	✓	✓	✓	-
Control de potencia reactiva	✓	✓	✓	✓
Operación de tensión 90% < V < 110%)	✓	✓	✓	✓

Los requisitos técnicos del regulador de Panamá para plantas solares que inyecten más de 2500 kWp son cumplidos por tres de los cuatro fabricantes evaluados. Luego de ser verificado el cumplimiento de los requisitos técnicos del Regulador, es necesario analizar los demás parámetros de eficiencia, disponibilidad, confiabilidad, reemplazo, garantías y costos.

### Key lessons learned:

- Garantías y soporte técnico. Los fabricantes de los inversores solares deben garantizar en general 5 años por defecto en equipos. Adicionalmente, se recomienda

exigirle al proveedor un soporte técnico con respuesta menor a 24 horas (según la ubicación del proyecto).

- Certificaciones de los inversores. Se recomienda que los conjuntos de inversores a instalar tengan las certificaciones: pruebas recomendadas de anti-isla, variación de potencia activa y reactiva entre otras - UL 1741 [7], IEEE 1547 [8], IEEE 1547.2 [9].

## Soporte de los paneles

El tipo de estructura, para soportar los paneles solares, es un elemento esencial para el máximo aprovechamiento de la radiación solar. Existen en el mercado diversos tipos de soportes. Estos pueden ser: fijos y móviles (sin o con seguidor solar), en cada caso se ofrecen diversos modelos a diferentes precios. Debido a la ubicación hemos encontrado poca diferencia en cuanto a producción, entre soportes móviles contra fijos (aproximadamente 2%), pero sí diferencias importantes en cuanto a precios (aproximadamente 20%), por lo que hemos adoptado soportes fijos. El costo de las estructuras está entre el 20% y 25% del costo de los paneles o el 60% a 65% del costo de los inversores, por lo que su buena elección es fundamental. Una forma de elegir es: (1) Calcular el ángulo óptimo de inclinación del panel (para Panamá está aproximadamente entre 10° a 15°), (2) el tipo de terreno (sube, semiduro o durorocoso) y la (3) velocidad del viento en la zona. Para nuestro caso hemos elegido el soporte fijo de dos patas, para instalación por hincado sin cimentaciones o bloque de concreto. Otro tema importante que tuvimos que valorar fue la altura de crecimiento de la vegetación y su velocidad de crecimiento. Siendo la zona de abundante vegetación, elegimos la altura mínima de la parte más baja del soporte, en 80cm.

## Zona de emplazamiento

El lugar donde será construido la planta solar es también de suma importancia. Esto son principalmente: El acceso a la zona, la distancia de conexión de la planta solar al sistema eléctrico (Punto de conexión), y la topografía de la zona. Este último es vital. En primer momento se calculó poner todos los paneles a un mismo nivel (Cota +12.00), el resultado fue que se necesitaba un movimiento de tierra, en costo, casi comparable en precio de los paneles solares. Lo que hacía un proyecto no viable. Se subió a la cota (+13.00), rellenando las zonas

bajas, se mejoró el costo final debido al menor movimiento de tierra. Pero finalmente, bajo análisis de costo beneficio, se tomó la decisión de hacer en dos terrazas (dos niveles). Así mismo; se dispuso la instalación de los paneles en forma ondulante o de acuerdo a la variación de la topografía del terreno en cada nivel, con cortes y rellenos mínimos. Bajo esta forma se redujo drásticamente el costo de movimiento

### 3. Regulación de Panamá y opciones comerciales para el proyecto

#### Código de redes fotovoltaico

La Autoridad Nacional de los Servicio Públicos bajo Resolución AN No. 12003-Elec establece las condiciones de conexión que son de obligatorio cumplimiento para todos los proyectos de los sistemas de centrales solares y centrales solares con tecnología fotovoltaica, conectados a la red pública de distribución de energía eléctrica después del medidor, previstos de tal forma que se garantice la seguridad y estabilidad del Sistema Interconectado Nacional SIN, antes de su entrada en operación.

Para el caso de un proyecto de generación con una capacidad de instalación en su etapa inicial de 5 MWp AC se consideran los requerimientos de conexión Tipo 1. En particular dicho tipo aplica a las centrales que en su punto de conexión inyecten más de 2,500 kW. A continuación, se describen las principales características solicitadas para conectar una planta de generación solar el SIN.

#### Condiciones Normales de Operación

- Las Centrales deberán ser diseñadas para que puedan operar dentro del rango de +/- 10% del voltaje nominal del punto de conexión (El rango continuo requerido de operación del voltaje es:  $90\% < V < 110\%$ ).
- La frecuencia nominal del SIN es de 60 Hz, y las Centrales, deberán ser diseñados para que sean capaces de operar en los tiempos mínimos estipulados dentro de los rangos de frecuencia que se establecen en la tabla 1, antes de que actúen las protecciones por alta o baja frecuencia.

**Tabla 3.** Rango de frecuencias normalizadas

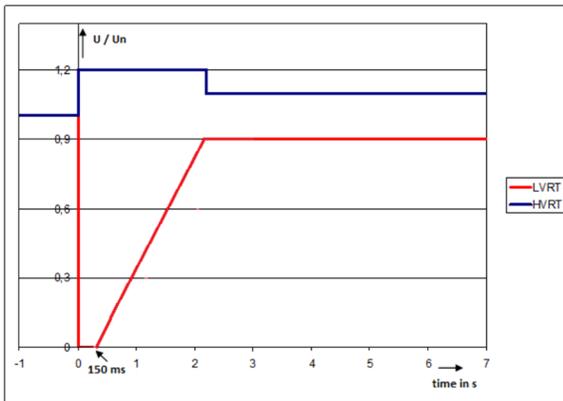
Rango de frecuencia	Tempo mínimo en operación
Mayor de 61.8 Hz	Disparo instantáneo
De 61.6 Hz a 61.7 Hz	30 segundos
De 60.6 Hz a 61.5 Hz	3 minutos
<b>De 59.5 Hz a 60.5 Hz</b>	<b>Operación continua</b>
De 58.5 Hz a 59.4 Hz	3 minutos
De 57.9 Hz a 58.4 Hz	30 segundos
De 57.4 Hz a 57.8 Hz	7.5 segundos
De 57.2 Hz a 57.3 Hz	45 ciclos
Menor de 57.1	Disparo instantáneo

- En los casos de variaciones súbitas de frecuencia en el SIN, las Centrales se deberán desconectar del SIN, si la frecuencia es mayor de 62.0 Hz por más de 4 segundos, y si la frecuencia es menor de 57.0 Hz por más de 200 m.

#### Condiciones de operación con disturbios o fallas

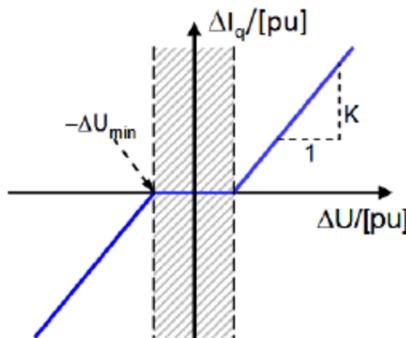
- Las centrales deberán ser diseñadas para soportar saltos repentinos de fase hasta de 40° en el punto de conexión, sin desconectarse ni reducir su potencia activa disponible.
- Con base en los estudios de flujo de carga y estudios de estabilidad, se ha identificado el rango de voltaje de operación requerido para operación ante disturbios o fallas y condiciones de emergencia.
- El rango continuo requerido de operación del voltaje es:  $90\% < v < 110\%$ .
- Durante los estados postfalla del sistema, el voltaje puede permanecer dentro del rango de + / - 10% por una cantidad de tiempo considerable.
- Capacidad de "Fault Ride Through" (FRT).

Para garantizar que las centrales no se disparen o se desconecten durante e inmediatamente después de ocurrida una falla en el SIN, por altos o bajos voltajes, se deben especificar las características para el bajo voltaje LVRT (Low Voltaje Ride-Through) y para el alto voltaje HVRT (High Voltaje Ride-Through).



**Figura 2.** Requerimientos de alto voltaje (LVRT) y bajo voltaje (HVRT) para conexiones de generación en Panamá.

- Soporte de corriente reactiva durante fallas en el SIN. Las centrales deberán tener la capacidad de proporcionar una alta corriente reactiva durante fallas en el SIN de tal manera de soportar la tensión en el punto de conexión.



**Figura 3.** Cálculo de la corriente reactiva de falla.

**Respuesta de frecuencia**

Los requerimientos estipulados por esta sección aplican para la conexión tipo-1, solamente. En los casos de desviaciones en la frecuencia del SIN, las centrales, deberán ser diseñadas para ser capaces de suministrar una respuesta potencia-frecuencia en orden de estabilizar la frecuencia del SIN. La precisión del medidor para la frecuencia del SIN deberá ser de por lo menos +/- 10mHz.

Las centrales, deberán ser diseñadas para ser capaces de suministrar una rápida respuesta de potencia-frecuencia. Los requerimientos de potencia ante condiciones de sobrefrecuencia, deberá ser presentada por la licenciataria al CND para su aprobación.

Finalmente, los requisitos técnicos exigidos en cada país varían según la actualización de estándares internacionales como la IEEE 1547, UL1741 e IEC 61850. Durante el proceso de diseño de parques solares fotovoltaicos se debe considerar la normatividad vigente exigida por el operador de red y las actualizaciones periódicas realizadas en estándares internacionales.

**4. Conclusiones**

En el presente artículo se han descrito las principales lecciones aprendidas durante el diseño de un parque solar fotovoltaico en Panamá.

Como conclusión podemos indicar que para proyectos de esta magnitud (20MW) los parámetros generales son: Costo US\$ 1.0 millón/MW, área requerida 0.05kW/m<sup>2</sup>. Así mismo; las múltiples alternativas tecnológicas que se presentan en el mercado permiten mejorar el desempeño integral del sistema. La evaluación de los beneficios técnicos de cada uno de los componentes del sistema y sus diferentes opciones de adquisición comercial se debe realizar considerando la totalidad del proyecto, es decir, se debe garantizar la interoperabilidad entre los diferentes elementos del sistema y los equipos del operador de red.

Los principales factores a evaluar durante el diseño de un parque solar fotovoltaico son: impactos técnicos (confiabilidad, pérdidas eléctricas, regulación, nivel de tensión, horas de brillo solar etc); económicos (precio de equipos, costos nivelados – LCOE, venta de energía, contratos de compra de energía, mantenimiento); logísticos (tiempos de importación, transporte de equipos, necesidad de infraestructura de telecomunicaciones y eléctrica, precio de importación de equipos, precio de tecnologías seleccionadas), regulatorios (requerimientos técnicos de cada país); geográficos y topográficos.

Es importante resaltar que, en base al protocolo de Kioto y los acuerdos de París, la necesidad de incrementar la construcción de Plantas solares es cada vez mayor, además con la entrada de la industria de automóvil eléctrico, esta será aún mayor.

Finalmente, es recomendable establecer los responsables del comisionamiento (commissioning) desde el origen del diseño de los parques solares fotovoltaicos que permita una intermediación y acuerdos multilaterales entre los inversionistas, gestores del proyecto y el equipo diseñador. Por lo tanto, los

beneficios globales evaluados durante el diseño del proyecto y la adaptación tecnológica seleccionada por medio de un acuerdo mutuo, permite garantizar un éxito durante la implementación y puesta en marcha de un parque solar fotovoltaico.

## 5. Referencias bibliográficas

- [1] A. Masini, P. F.-T. F. and S. Change, and undefined 2003, "Forecasting the diffusion of photovoltaic systems in southern Europe: A learning curve approach," Elsevier.
- [2] A. Miller and B. Lumby, "This document was written for the International Finance Corporation (IFC) by".
- [3] S. Kurtz et al., "Qualification Testing Versus Quantitative Reliability Testing of PV-Gaining Confidence in a Rapidly Changing Technology," 2017.
- [4] European Committee for electrotechnical Standardization, Standard IEC 61730-1:2016: Photovoltaic (PV) module safety qualification - part 1: requirements for construction, International Electrotechnical Commission, (IEC). 2016, p. 106.
- [5] European Committee for electrotechnical Standardization, Standard IEC 61730-2:2016 Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 2: Requirements for testing. <https://webstore.iec.ch/publication/25680>, 2016, p. 114.
- [6] International Electrotechnical Commission, IEC TS 63049:2017 Terrestrial photovoltaic (PV) systems - Guidelines for effective quality assurance in PV systems installation, operation and maintenance. <https://webstore.iec.ch/publication/28444>, 2017, p. 29.
- [7] UL, UL 1741 - Standard for Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources. 2018.
- [8] IEEE Std 1547, "IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources With Electric Power Systems," IEEE Std 1547-2003, pp. 0 1-16, 2003.
- [9] IEEE Std 1547.2, "IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems," IEEE Std 1547.2-2008, pp. 1-54, 2008.

# Electrical assessment of georeferenced distribution network due to electric vehicles deployment

## Evaluación de un sistema eléctrico georreferenciado de distribución debido a la penetración de vehículos eléctricos

Alex Valenzuela<sup>1\*</sup>, Carlos Barrera<sup>1</sup>, Esteban Inga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Electrical Engineering, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador*

\*Autor de correspondencia: [avalenzuela@ups.edu.ec](mailto:avalenzuela@ups.edu.ec)

**ABSTRACT**— Several cities worldwide are focused to reduce the environmental degradation based on the deployment and integration of renewable energies and electric vehicles (EV) into the distribution network. The first one replaces electricity produced by fossil fuels with solar, wind or hydro power plants, whilst the second one is a feasible alternative to substitute internal combustion engine (ICE) vehicles with eco-friendly vehicles. Set in this context, this paper proposes an examination about the main effects in a georeferenced distribution system when non-linear loads are connected to the grid. The distribution network model contemplates georeferenced data from customers, where unbalanced currents due to the customer's consumption in each distribution transformer is evaluated using a variety of coefficient for commercial and residential load models. Voltage unbalance, harmonics and load flow analysis is performed in PowerFactory to determine the impacts of EVs to the grid.

**Keywords**— *Harmonics analysis, unbalanced loads, non-linear loads, georeferenced distribution network, electric vehicle.*

**RESUMEN**— En la actualidad la sociedad está enfocada en la mitigación del daño ambiental basado en la integración de energía renovable y vehículos eléctricos en las redes eléctricas. Energías limpias como energía solar y eólica en la generación de electricidad están destinadas a reemplazar los derivados de combustible fósil, mientras que los vehículos eléctricos substituyen a los vehículos de combustión interna. En este contexto, el presente proyecto propone un análisis a una red eléctrica real georreferenciada considerando los principales retos que involucran la conexión de cargas no lineales al sistema eléctrico. El modelo utiliza información georreferenciada de los usuarios y la red eléctrica existente, donde corrientes desbalanceadas consumidas por los usuarios son evaluadas basado en modelos de carga para clientes residenciales y comerciales. El impacto debido a la inclusión de vehículos eléctricos es desarrollado en el *software* PowerFactory mediante análisis de flujos de potencia, análisis de armónicos y desbalance de voltajes.

**Palabras clave**— *Análisis de armónicos, carga desbalanceada, carga no lineal, red de distribución georreferenciada, vehículos eléctricos.*

### 1. Introducción

Electric vehicles deployment into the power distribution network is by far the biggest challenge in electrical and transport engineering, because it not only relates electrical facilities but also involves customer behaviors, transport patterns, infrastructure, technology advances and environmental concerns. The last one has become a paramount theme in the contemporary society, consequently some issues have been identified and possible solutions has been stated by academics [1]. Within this background, the environmental degradation has been mainly produced by the extensive utilization of ICE on transport sector, which consume considerable quantities of fossil fuels. Novel and modern technologies

have been developed by transport industry, which is focused to deplete the consumption of petroleum derivatives and extend the deployment of EV worldwide. Some countries have started to replace electrical vehicles instead of conventional vehicles due to fossil fuel limitations, and the results have been positive [2] [3].

The international transport industry market is primarily dominated by ICE vehicles due to customer reliance in traditional vehicles. The customer's concerns about the transition from conventional fuel vehicles to eco-friendly vehicles are related with the insufficient battery capacity, the longer charging times, and lack of charging infrastructure. Nevertheless, technological advances are being developed to promote the

**Citación:** A. Valenzuela, C. Barrera y E. Inga, "Electrical assessment of georeferenced distribution network due to electric vehicles deployment," *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 1, pp. (61-68), 2020.

**Tipo de artículo:** Original. **Recibido:** 24 junio de 2019. **Recibido con correcciones:** 24 junio de 2019. **Aceptado:** 2 diciembre de 2019.

**DOI:**

**Copyright:** 2020 A. Valenzuela, C. Barrera y E. Inga. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

enlargement of EV fleets since new models present an enhanced battery performance, increasing the energetic autonomy and reducing the charging times. Consequently, rapid chargers could be located in zones with high urban density such as shopping centers, parks and municipal parking lots [4].

With a raising environmental concerns and technological advances, the electric industry worldwide has improved considerably in recent years. Generation, transmission and distribution systems have been renewed, and thus, thermal power plants which consume significant amounts of fossil fuels have been replaced by renewable energy like solar, wind and hydropower generation. Transmission corridors have been enhanced with the inclusion of several transmission lines connecting power plants with load centers, improving the flexibility and operability of the system [5]. The last stage of the system has been upgraded since daily operative works are achieved in distribution system to offer a better service to the customers. As consequence, medium and low voltage networks are undergoing rapid changes, therefore identification of impacts of EV and distributed generators have been carry out evaluating the balance between demand and supply and the potential violation of statutory limits [6], real cases has been investigated in [2], [7], where probabilistic approximations are utilized to determine impact on LV networks.

The deployment of EV around world is constantly growing, then public policies has been declared, which are focused with reduction of taxes for green vehicles, investments in mobility programs, replacing the conventional cars in governmental institutions by vehicles with low emissions [8]. Additionally, technical and commercial approaches has been stated to develop rapid charging infrastructure in parking zones and commercial areas with high traffic and population demand [9]. Consequently, not only a structural change in transport sector is imminent due to the introduction of electrical vehicles in medium and long term, but also distribution networks will face several effects and impacts in their assets, then planning, maintenance and operation policies should be evaluated [1], [7].

Several research has been conducted for planning in distribution networks considering georeferenced data, providing security and reliability at minimum cost with a coverage of 100% since it is mandatory to supply electricity to the totality of end customers [10], [11].

Georeferenced data can be obtained from OSM files, which contribute with information about location and functionality of essential facilities and systems serving a city. Electricity networks, roads, streets, residential and commercial buildings are acquired from georeferenced files. The aforementioned information is characterized in three forms nodes, ways and relations [12]. Nodes are the virtual representation of specific points on the Earth's surface, which are expressed in its geographical coordinates (latitude and longitude), whilst ways are the computer-generated combination of nodes, which are well-arranged to form closed features such as buildings or non-closed features like a street section. Finally, the gathered data, which relates information among different objects is named relations [11], [13].

Set in this context, the present paper analyses the influence, impacts and assessment of proliferation of electrical vehicles into distribution networks. The main assets such as distribution transformers and cables are studied when unbalanced non-linear loads are connected to the distribution system. The rest of the present is structured as follows: Section II presents a description of the study case considering the EV model when it is connected to residential and commercial end users based on georeferenced data. Section III presents simulations performed in DiGSILENT PowerFactory, and a comprehensive asset assessment on distribution network is stated in Section IV followed by the conclusions drawn in Section V.

## 2. Case study and EV load model

The present section focuses in a detailed model of the case study, where the network topology is based from georeferenced data. The loads data consider a period of time of 24 hours, then a peak and the lowest demand is analyzed. Additionally, EV and traditional loads are modelled considering unbalanced behaviors due to its natural features in distribution networks, see figure 1.

### 2.1 Case study based on OpenStreetMap (OSM) data

The topology of the selected distribution network is based on data from OSM files, where both closed and nonclosed features permit to reconstruct location of buildings, streets and revision boxes. Buildings and infrastructure represent to end customers, which can be divided in different categories or strata depending their electrical demand. The selected case study is composed

by 368 closed features, which are represented as end users (buildings), and 204 non-closed features which are related with roads, avenues and streets. Additionally, a recreational area is depicted where rapid charging stations and distributed generation will be modelled to determine the effect of by bi-directional load flows on their distribution transformers. Set in this context, the selected case study is located in one of the most profitable and commercial zones in Quito, the capital of Ecuador. Not only the central business district, but also luxury residential buildings, shopping centers and government institutions are located in this area. Consequently, the zone presents a higher urban density than the surroundings districts in Quito. Currently, more than one substation is needed to supply the enough electricity demand for the entire zone.

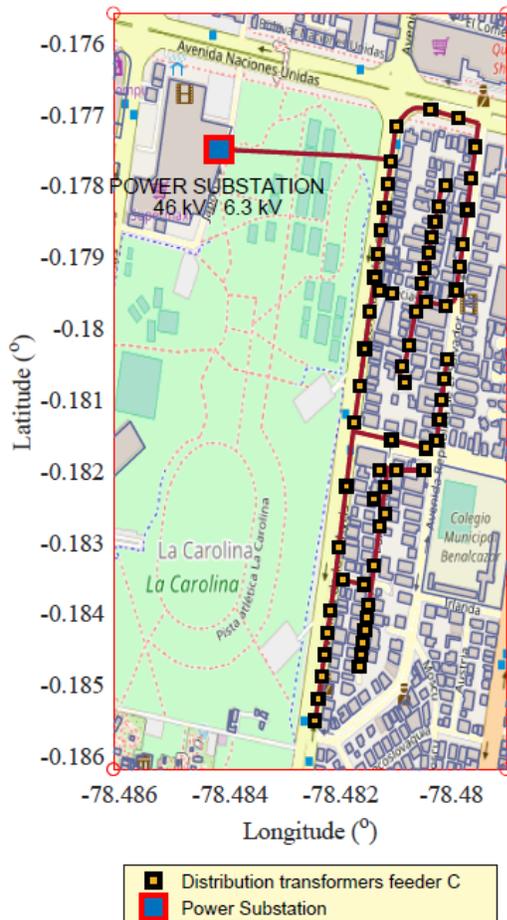


Figure 1. Georeference distribution network.

The chosen substation is connected to the sub transmission grid at a primary voltage level of 46 kV. It transfers down to the medium voltage level of 6.3 kV by

two power transformers connected in parallel with a capacity of 15/20 MVA each. The substation is not only comprised by switching and protection systems, but also control and energy management system is available, where control system permits the automatic connection and disconnection of the three underground outgoing feeders, which delivers electricity to a variety of residential and commercial customers via distribution transformers 6.3kV/220V/127V.

Table 1. Parameter and simulation data of distribution network

Primary feeders	Distribution transformers	End users per primary feeder
Feeder A	78	2208
Feeder B	31	1220
Feeder C	65	2240
Feeder D	68	738
Total	242	6406

The selected primary feeder is completely modelled considering all electrical equipment, whereas the rest of the substation feeders are modelled as lumped loads. As a consequence, the network modelling contemplates the quantity of distribution transformers, paths and lengths of underground cables, and the estimated demand consumed by customers. The selected primary feeder is based on radial and loop configurations with external interconnections (tie lines) with sufficient capacity to connect and transfer end-users between primary feeders providing flexibility and reliability under unusual circumstances. However, for the present paper the grid operates in normal conditions, where external interconnections are in open position and primary feeders are working radially. Table 1 shows main features of the selected scenario.

The customer’s demand in future years is based on transformer kVA demand allocation and a long-term forecasting. Load forecasting provides information for a proper decision in planning, investments, and usually load forecasting in the long-term is permanently affected by uncertain nature since there are several factors such as economy, weather, new policies, which can change the pattern of customer consumption. For the present a trend analysis is performed since it is based on historical data of power demand and its changes along the time, therefore predictions and future electricity demand can be determined [14].

The transformer kVA demand allocation is a traditional and extensive method to model the customer electricity consumption when feeders are analyzed, and it uses the kVA demand per phase metered at the feeder head and the kVA rating of all distribution transformers connected to the feeder. Consequently, an allocation factor by phase is calculated using (1), and the allocated load per phase ( $T_{d_p}$ ) in each transformer is determined by (2) [4].

$$A_{F\_phase} = \frac{Metered\_Demand}{kVA\_total} \quad (1)$$

$$T_{d\_p} = A_{F\_phase} * kVA\_transf \quad (2)$$

## 2.2 EV load model

The EV penetration for coming years into distribution networks is influenced by economic and politic stimulus, technology advances, and EV commercialization. As a result of EV worldwide market has been rapidly growing in last 5 years due to the fact that the successful partnership between industry and governments [8]. The main effect of insertion of EVs considering a smart charging strategy is a considerable augmentation of electrical current circulating on distribution networks. The advantage of smart strategy is that the demand curve will be made more uniform, because the EV will be charged when the electrical demand is in the lowest value due to high communication level between the grid and vehicles by innovative supervision system controls, which manages all the EV loads connected into the distribution network. Nevertheless. It is possible that distribution networks face with EVs during peak hours due to the fact that customers have the liberty to link the vehicle to the grid, consequently they could inject or consume electricity increasing loading, losses in the power distribution system, see figure 2.

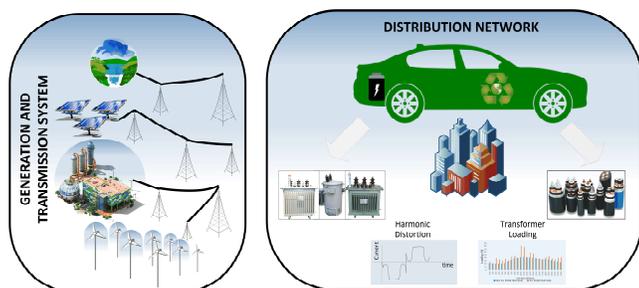


Figure 2. Distribution system considering EV deployment.

Set in this context, for the present, the charger points will represent an increment of load considering a utilization factor of 0.2, which represents that only 20% of EV are connected simultaneously to the different phases of the three phase distribution transformers along the feeder [15]. An arbitrary function defined by utilization factor, charging point capacity, pattern of vehicle usage, battery state of charge, and operation time are used to determine the EV load per hour per phase. In addition, the proposal analysis contemplates the installation of four rapid chargers in parking lots in the main avenue, which are fed by photovoltaic (PV) systems. The PV system has been designed to supply enough energy to its load, and the surplus is injected to the grid depending the solar variability. The benefits provided by vehicle to grid (V2G) are simulated, because that energy stored in low demand can be delivered to the grid during peak periods [16] [17].

An accurate analysis in distribution system considers the mathematical representation of steady state characteristics of distributed loads. The load model represents the relationship between the voltage magnitude, active and reactive power flowing into the bus load [18]. The load model provided by PowerFactory uses three polynomial terms to define active and reactive power as can be seen in equations (3) and (4). The load behavior is defined by some coefficients and exponents. The exponents specify the load type such as constant power, constant current and constant impedance, whilst the relative proportion of each load type is defined using the coefficients  $a^P, b^P, c^P$  and  $a^Q, b^Q, c^Q$ .

$$P = P_0 \left[ a^P \left( \frac{V}{V_0} \right)^{e_{-a^P}} + b^P \left( \frac{V}{V_0} \right)^{e_{-b^P}} + c^P \left( \frac{V}{V_0} \right)^{e_{-c^P}} \right] \quad (3)$$

$$Q = Q_0 \left[ a^Q \left( \frac{V}{V_0} \right)^{e_{-a^Q}} + b^Q \left( \frac{V}{V_0} \right)^{e_{-b^Q}} + c^Q \left( \frac{V}{V_0} \right)^{e_{-c^Q}} \right] \quad (4)$$

The selected values to represent a residential, commercial and EV loads are showed in table 2, and they are a compilation of suggested data from literature[18], [19]. EV load includes within its model a harmonic current source based on three-phase thyristor bridge converter and 12-pulse bridge converter, which represent the non-linear characteristic due to their power electronic components.

**Table 2.** Coefficients and exponents for residential, commercial and Electric vehicle loads

	Coefficient and exponents	Residential load	Commercial load	EV load
Active power	$aP$	1	1	0.93
	$bP$	0	0	0
	$cP$	0	0	0.07
	$e_{aP}$	1.30	1.51	0
	$e_{bP}$	0	0	1
	$e_{cP}$	0	0	2
Reactive power	$aQ$	1	1	-
	$bQ$	0	0	-
	$cQ$	0	0	-
	$e_{aQ}$	4.38	3.4	-
	$e_{bQ}$	0	0	-
	$e_{cQ}$	0	0	-

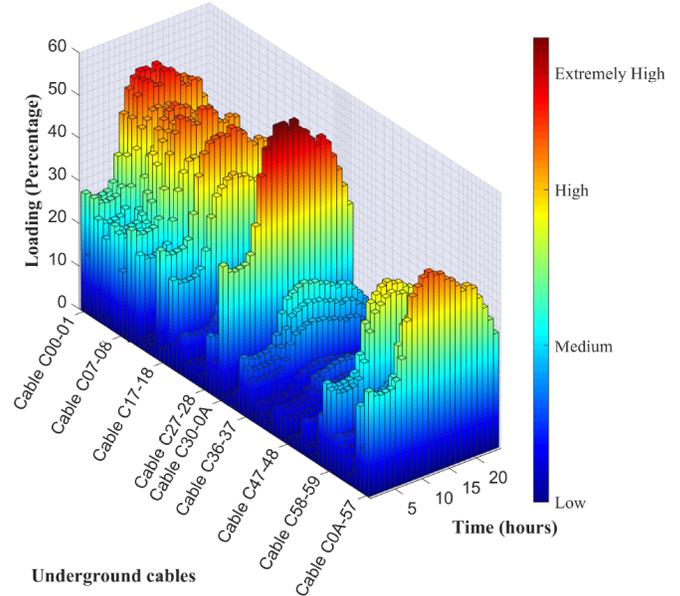
### 3. Simulation and results

Load model aforementioned for commercial, residential and EV load, in conjunction with the complete feeder's model are the basis for electrical studies such as power flow, short-circuit and harmonic analysis to determine planning expansions, upgrades, refurbishments and investments. The present paper is focused in EV penetration to futures years, consequently unbalanced power flows analysis is mandatory to determine voltage levels in each distribution transformer, phase voltage unbalance and voltage drops on busbars, and also losses and loading in cables and transformers are calculated. Furthermore, harmonic study is carried out to establish the effects in power quality due to the penetration of power converters in PV systems and EV loads. Consequently, a comprehensive and detailed electrical assessment of distribution network components can be performed.

#### 3.1 Current status

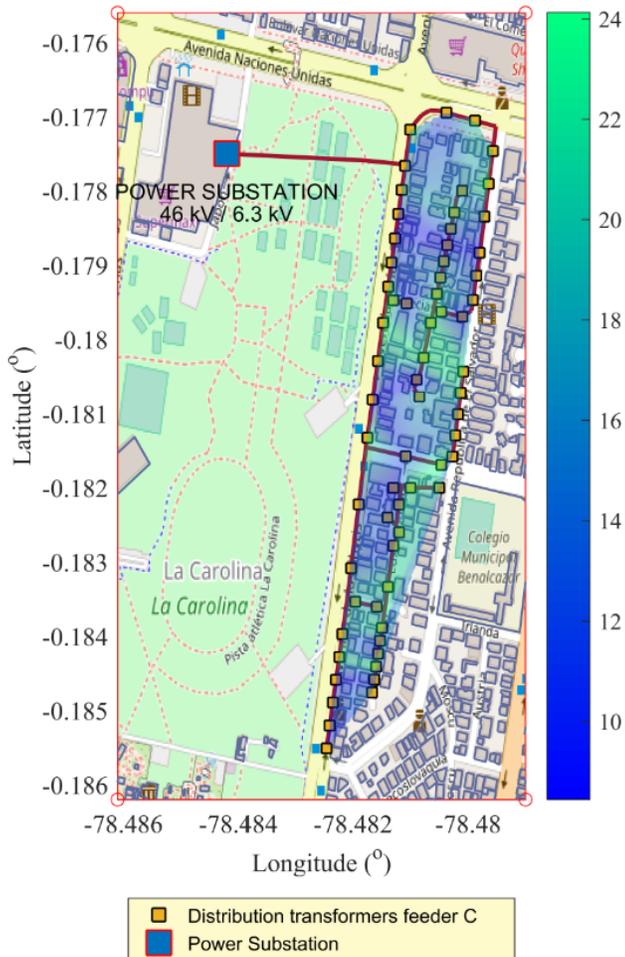
Power flow analysis in current conditions will establish the real state of the distribution equipment. The analysis is focused on busbar voltage levels, cables and transformer loading regarding the load profile, i.e. demand per hour. Power flows are calculated per hour, then 24 electrical studies are performed to establish the

condition of the distribution network during a normal day. Consequently, active and reactive power, voltages in each busbar, cable loading and other electrical parameters can be determined. Cable loading and losses can be estimated and represented as can be seen in figure 3 during a period of 24 hours. It is clear that cable C00-01, which is the connection between the main substation and the high voltage side of the distribution transformer number 1 is the most loaded (69%) since this cable conducts the entire feeder's current. Another cable which has a loading over 50% is Cable C30-A, which is carrying a current for its customer's load and other subsidiary transformers. Both aforementioned cables exhibit the major losses in the entire feeder because of their elevated currents, whilst the rest of underground cables are working under their nominal rating.


**Figure 3.** Underground cable loading on current conditions during 24 hours period.

Distribution transformers are selected by utilities designers to operate within their nameplate ratings due to the fact that some contingency factors are consider for unplanned load growth. Current conditions of the selected network present an extensive number of distribution transformers, consequently the utilization factor is lower than 25%. This value gives an indication of how well the capacity of an equipment is being used, and it is calculated in based of the relationship of maximum kVA demand and the transformer kVA rating.

Consequently, distribution transformers are oversized as can be seen in figure 4, where it is depicted a heat map representing transformer loading. An oversized distribution transformer can ensure reliability during contingencies, however, constant and perpetual core losses, which depend upon the magnetic properties of distribution transformers are present during their service life.



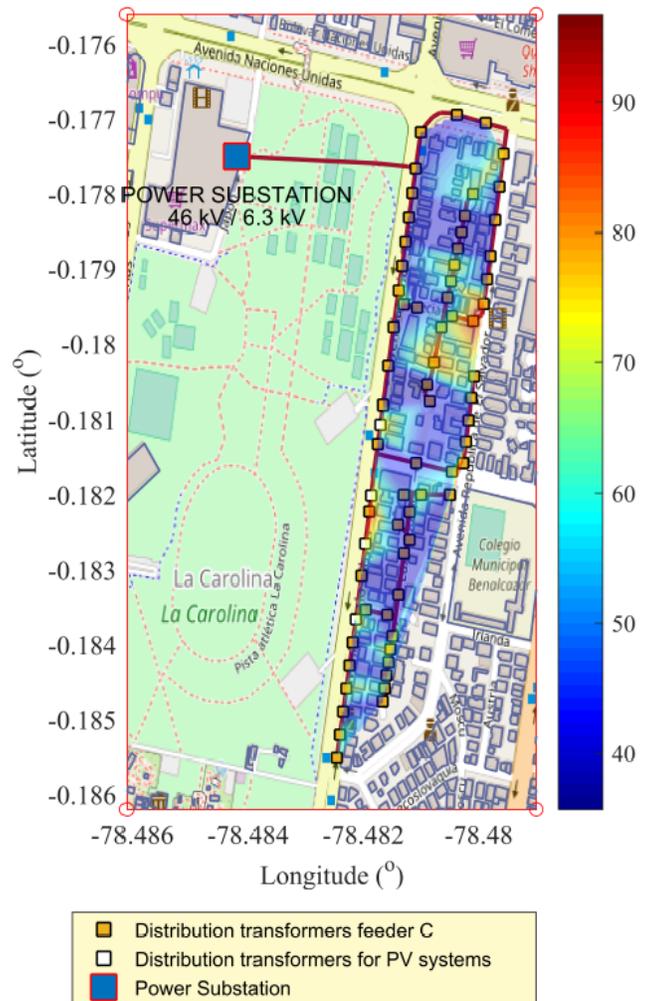
**Figure 4.** Transformer loading of a georeferenced distribution network on current conditions.

### 3.2 Future conditions due to EV proliferation

Future conditions are based on the forecasted load growth, which is associated with addition of load by actual consumers and raise of end users in each transformer. In addition, electric vehicle penetration will be considered, so slow, medium and fast charging stations will be employed to analyze the grid.

### 3.2.1 Transformer assessment

Based on current conditions and also utility policies, it is clear that utilization factor for distribution transformers connected to the residential and commercial customers should be increased up tolerable values in the coming years by the addition of end users and EV loads to each transformer instead of increment the number of transformer along the feeder. Consequently, technical and economic resources can be reduced due to EV integration, reducing oil derivatives consumption on transport and electricity sector.



**Figure 5.** Transformer loading of a Georeferenced distribution network due to EV penetration.

Figure 5 represent the loading of a distribution transformers due to the load growth and connection of residential and commercial (fast) charging points, where the consumption level or quantity of load required by EVs will depend on battery consumption. It is clear that

consumption is associated with travelled distance by EV and thus the patterns of vehicle usage will have significant impacts on the operation times of chargers; and therefore the quantity of electricity demanded by EV will vary with this pattern.

Residential charging points are normally consuming energy from the grid in order to charge vehicles, however for this scenario vehicle to grid concept will be studied, where the battery of EV can storage energy, charging at night when demand is low, and sending power back to the grid when demand is high. Fast charging points and distributed generation are considered for this proposed scenario, then additional transformers (75 kVA) are selected to connect the fast charging station and the PV system to the main grid.

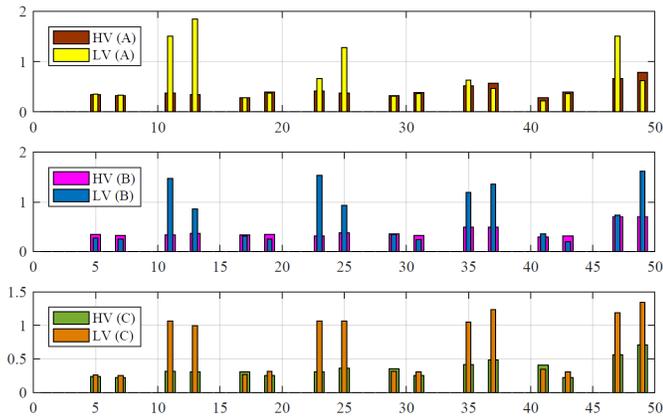


Figure 6. Harmonic distortion due to EV deployment.

PV systems, fast and residential charger points are modelled considering their inverters (12-pulse inverter and 6-pulse inverter), consequently, circulation of fundamental current and its associated harmonics will cause an increase of heating in the iron core and conductors of the transformers. The loading increment and excessive non-linear currents accentuates the aging of the transformer since these currents produces hot-spot temperature of windings. The result of the accelerated aging could cause two problems, the first one is to leave to the distribution transformer with a weakness, which could fail as a result of a system transient or short-circuit, and the second one is related with the operating life reduction. Figure 6 represents the harmonic content in high voltage level and low voltage level per phase in one distribution transformer.

### 3.2.2 Busbar voltage assessment

A suitable analysis of distribution system should take into account the phase unbalance due to the fact that the majority of household are designed to operate with one single phase, consequently EV charger points will be connected with the available mains supply points at home and small buildings. The voltage unbalance in a three-phase system is defined as the ratio of the negative sequence component to the magnitude of the positive sequence component and its equation is expressed in (5).

$$\%Unbalance = \frac{|V_{neg}|}{|V_{pos}|} * 100 \tag{5}$$

Calculations of voltage unbalance at each busbar are obtained using (5) with the positive and negative sequence components from simulations on DiGSILENT PowerFactory. Voltage unbalance results are within the allowable range established by IEEE, where acceptable values for voltage unbalance should be lower than 3%. Table 3 shows the most significant busbars where the voltage unbalance is greater than 1% but lower than 3%.

Table 3. Voltage unbalance at voltage level of 220 V

Busbar	Voltage unbalance (%)
LV(48)	1.749
LV(49)	1.008
LV(39)	1.420
LV(18)	1.751
LV(28)	1.475
LV(54)	1.340
LV(59)	1.015

### 3.2.3 Underground cable assessment

The increment of EV load is associated with the increment of currents circulating along the feeder, so the coincidence between charging time and peak hours, could cause the overload of cables, and thus accelerating the normal degradation of them. However, the main issue is related with harmonics, since the non-linear current circulating inside conductor produces a non-uniform current distribution due to the excessive skin and proximity effects. Additionally, third harmonic and its multiples cause disproportionate high currents on the neutral conductor. Within this background, circulation of harmonic in the grid origins the premature deterioration

of cables and the derating of cable capacity due to the conductor's overheating.

#### 4. Conclusions

The present paper is performed to determine the main effects in a distribution system when non-linear loads are connected to the grid. The distribution network is modelled in detail considering the unbalanced residential and commercial loads due to the customer's consumption in each distribution transformer based on the kVA demand allocation method. Simulations are performed in DIgSILENT PowerFactory. Results shows that an uncontrolled charging method could cause cables overloading and raising of voltage drops among some negative effects to the distribution system. However, this can be fixed throughout an Energy Management System (EMS), which could coordinate the EV charge when the demand is low and injecting power to the grid during peak hours, and thus achieving valley filling, peak shaving and avoiding voltage unbalance.

Future research should be the maximum number of EV connected to the grid considering statutory limits associated with voltage unbalance, harmonics, loading and voltage drops minimizing the system operation cost.

#### 5. References

- [1] H. Kheradmand-Khanekehdani and M. Gitizadeh, "Well-being analysis of distribution network in the presence of electric vehicles," *Energy*, vol. 155, pp. 610–619, 2018.
- [2] J. Delgado, R. Faria, P. Moura, and A. T. de Almeida, "Impacts of plug-in electric vehicles in the portuguese electrical grid," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 62, pp. 372–385, 2018.
- [3] J. Meza and E. García, "Asignación de recursos para la recarga de vehículos eléctricos en estaciones de servicios basado en la respuesta a la demanda," *Rev. I+D tecnológico*, vol. 14, no. 2, 2018.
- [4] A. Valenzuela, I. Montalvo, and C. Barrera-singaña, "Electrical Vehicle: Facing Future Challenges in Quito," 2017.
- [5] C. Barrera-singaña, A. Valenzuela, and M. P. Comech, "Dynamic Control Modelling of a Bipole Converter Station in a Multi-Terminal HVDC Grid," *2017 Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci.*, 2017.
- [6] E. M. Garcia, B. D. B. Lopez, and I. A. I. Millan, "Analysis of the Voltage Profile by the Insertion of Electric Vehicles in the Distribution Network Considering Response to Demand," *2017 Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci.*, pp. 7–13, 2017.
- [7] A. Temiz and A. N. Guven, "Assessment of impacts of Electric Vehicles on LV distribution networks in Turkey," *2016 IEEE Int. Energy Conf. ENERGYCON 2016*, 2016.
- [8] J. H. Wesseling, "Explaining variance in national electric vehicle policies," *Environ. Innov. Soc. Transitions*, vol. 21, pp. 28–38, 2016.
- [9] A. Ul-Haq, C. Cecati, and E. El-Saadany, "Probabilistic modeling of electric vehicle charging pattern in a residential distribution network," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 157, pp. 126–133, 2018.
- [10] S. A. Miloca, N. M. P. Volpi, J. Yuan, and C. L. S. Pinto, "Expansion planning problem in distribution systems with reliability evaluation: An application in real network using georeferenced database," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 70, pp. 9–16, 2015.
- [11] W. Medjroubi, U. P. Müller, M. Scharf, C. Matke, and D. Kleinhans, "Open Data in Power Grid Modelling: New Approaches Towards Transparent Grid Models," *Energy Reports*, vol. 3, pp. 14–21, 2017.
- [12] A. Alhamwi, W. Medjroubi, T. Vogt, and C. Agert, "GIS-based urban energy systems models and tools: Introducing a model for the optimisation of flexibilisation technologies in urban areas," *Appl. Energy*, vol. 191, pp. 1–9, 2017.
- [13] A. Alhamwi, W. Medjroubi, T. Vogt, and C. Agert, "OpenStreetMap data in modelling the urban energy infrastructure: A first assessment and analysis," *Energy Procedia*, vol. 142, pp. 1968–1976, 2017.
- [14] L. Ghods and M. Kalantar, "Different methods of long-term electric load demand forecasting; a comprehensive review," *Iran. J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 7, no. 4, pp. 249–259, 2011.
- [15] X. Tong, C. Guo, X. Yang, and C. Chen, "Research on Characteristics of Electric Vehicle Charging Load and Distribution Network Supportability," *2016 IEEE Asia-Pacific Power Energy Conf.*, pp. 1539–1542, 2016.
- [16] S. Pirouzi, J. Aghaei, T. Niknam, and H. Farahmand, "Exploring prospective benefits of electric vehicles for optimal energy conditioning in distribution networks," *Energy*, vol. 157, 2018.
- [17] V. T. Tran, D. Sutanto, and K. M. Muttaqi, "The state of the art of battery charging infrastructure for electrical vehicles: Topologies, power control strategies, and future trend," *2017 Australas. Univ. Power Eng. Conf.*, pp. 1–6, 2017.
- [18] A. Bokhari *et al.*, "Experimental determination of the ZIP coefficients for modern residential, commercial, and industrial loads," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 29, no. 3, pp. 1372–1381, 2014.
- [19] E. Sortomme, A. I. Negash, S. Member, S. S. Venkata, L. Fellow, and D. S. Kirschen, "Multistate Voltage Dependent Load Model of a Charging Electric Vehicle," *2012 IEEE Transp. Electr. Conf. Expo*, no. 1, pp. 4–8, 2012.

# Diseño de un entorno de pruebas SDN para soportar el IdC: prototipo y evaluación

## Designing an SDN testbed environment to support the IoT: prototype and evaluation

Carlos González <sup>1\*</sup>, Olivier Flauzac <sup>2</sup>, Florent Nolot <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vicerrectoría de Investigación y Postgrado UNACHI, Panamá

<sup>2</sup> Université de Reims Champagne-Ardenne, CReSTIC, Francia

\*Autor de correspondencia: [carlos.gonzalez5@unachi.ac.pa](mailto:carlos.gonzalez5@unachi.ac.pa)

**RESUMEN**— La Virtualización de las Funciones de Red (NFV) surge como una de las tecnologías más prometedoras para la gestión de la nueva generación de Internet. En los últimos años, los sistemas informáticos y de comunicación han evolucionado enormemente y han influido en el desarrollo de las infraestructuras de red en términos de escalabilidad, programabilidad y gestión dinámica. El número de dispositivos conectados crece exponencialmente con el desarrollo de Internet de las Cosas (IdC) y de múltiples aplicaciones en línea. Con la evolución de nuevas tecnologías emergentes, aparece el Software Defined Networking (SDN) y la NFV, permitiendo una gestión flexible, dinámica y adaptable para optimizar los recursos de la red. En un entorno de pruebas de IdC, se desarrolló una arquitectura de red virtual, la cual proporciona una plataforma que nos permite evaluar la orquestación de un controlador SDN distribuido. Se evaluó en términos de simulación y experimentación aspectos sobre el tratamiento flujo de datos masivos, el análisis de tráfico de red granulado y la utilización de los recursos de cada uno de los dispositivos conectados. Este trabajo de investigación pretende mejorar significativamente la ingeniería de tráfico a gran escala, con un enfoque de distribución de la gestión de carga de los nodos controladores, permitiendo una gestión dinámica y flexible. Los resultados experimentales muestran un buen rendimiento de la plataforma de pruebas desarrollada.

**Palabras clave**— Administración de redes de computadoras, internet de las cosas, openflow, redes definidas por software, Virtualización

**ABSTRACT**— The Network functions virtualization (NFV) emerges as one of the most promising technology for the management of the next Internet generation. In recent years, computer and communication systems have considerably evolved influencing the development of network infrastructures in terms of scalability, programmability and dynamic management. The number of connected devices grows exponentially with the development of the Internet of Things (IoT) and a plethora of online applications. The research community has focused its efforts on optimizing network administration with implementation and configuration techniques improving the network performance. With the evolution of new emerging technologies, appears the Software Defined Networking (SDN) and the Virtualization of Network Functions (NFV), which allow a flexible, dynamic and adaptable management to optimize network resources. In an IoT environment, we developed a virtual network architecture, which provides a test platform that allows us to evaluate the orchestration of a distributed SDN controller, obtaining a scalable and flexible management. This research work aims to enhance the large-scale traffic engineering, with a distributed approach including the load-balanced management of controller nodes, allowing dynamic and flexible management. The experimental results show a good performance of the developed testbed platform.

**Keywords**— Computer network management, internet of things, openflow, software-defined networking, virtualization.

### 1. Introducción

En los últimos años, con la proliferación de dispositivos conectados a Internet, se ha desarrollado un nuevo paradigma de red, el Internet de las Cosas (IdC). Debido a la constante evolución, los riesgos de seguridad y las dificultades para gestionar las redes en gran escala aumentan considerablemente [1]. Al tratarse de una de las tecnologías emergentes más importantes, el IdC concierne actualmente, a una gran parte de la industria y la comunidad académica. Los sistemas informáticos incluidos en este nuevo paradigma de comunicación

digital, nos permiten programar objetos relacionados con muchos aspectos de nuestra vida cotidiana. Además, el IdC puede ser utilizado para supervisar y controlar de forma autónoma, diversos entornos, como las ciudades inteligentes, el medio ambiente, la educación, la salud, el transporte, entre otros. Debido al gran número de dispositivos interconectados, se genera un gran volumen de datos, con lo que se establece un ecosistema de IdC con nuevos requisitos de redes escalables, de seguridad y de privacidad. Según las proyecciones de los sistemas de comunicación, se espera para el año 2020, unos 26 mil

**Citación:** C. Gonzalez, O. Flauzac y F. Nolot, "Diseño de un entorno de pruebas SDN para soportar el IdC: prototipo y evaluación," *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 1, pp. (69-77), 2020.

**Tipo de artículo:** Original. **Recibido:** 25 junio de 2019. **Recibido con correcciones:** 25 junio de 2019. **Aceptado:** 2 diciembre de 2019.

**DOI:**

**Copyright:** 2020 C. Gonzalez, O. Flauzat y F. Nolot. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

millones de dispositivos conectados [2]. En cuanto al grado de complejidad y heterogeneidad de los sistemas, las nuevas arquitecturas de red requieren un desarrollo adaptable a la cuarta generación industrial, con conectividad omnipresente entre máquinas y objetos. Una solución prometedora es proporcionada por otra tecnología emergente, denominada Redes Definidas por Software (SDN) [3].

La función de control es separada de la función de plano de transferencia de datos, lo que proporciona una arquitectura de red escalable, programable y dinámica. En la función de control, la inteligencia se centraliza en un nodo o puede distribuirse en múltiples nodos controladores SDN. Los equipos de red tradicionales son propietarios, lo que dificulta la programación, la innovación y el despliegue de la escalabilidad, que puede dar soporte a redes emergentes como el IdC. Con su entorno de código abierto, es posible programar funciones de red y personalizar las aplicaciones de administración y seguridad de los datos.

Con el desarrollo de un entorno de pruebas, permite evaluar la capacidad de enrutamiento del protocolo *Openflow*, y el balance de carga de los controladores SDN, el cual son uno de los principales inconvenientes mencionados en algunos estudios realizados previamente en [4], [5], [6]. La principal motivación al realizar el prototipo de pruebas, se basa en la literatura científica sobre el presente y el futuro de las redes donde el tráfico será realmente abundante. Una gran parte se centra en conceptos formales y arquitecturas teóricas, que se evalúan mediante modelos analíticos o simulaciones básicas. Aunque los trabajos teóricos son indispensables para el avance del conocimiento y la innovación, los entornos de pruebas y los prototipos son esenciales para demostrar el correcto funcionamiento y el rendimiento de estas tecnologías. El diseño y validación de algunos entornos de pruebas han sido presentados en diversos trabajos de investigación [7], [8], [9], [10].

Los entornos de pruebas desarrollados están basados en Mininet o utilizando controladores SDN de forma centralizada, lo que impide la evolución en términos de redes emergentes. En este artículo presenta el desarrollo de una plataforma SDN virtualizada, que realizar pruebas de escalabilidad, programabilidad, flexibilidad y la distribución de reglas de flujos de datos para la administración de los dispositivos integrados de tipo IdC.

### 1.1 Arquitectura de IdC

Con el desarrollo de una amplia variedad de dispositivos integrados con alta demanda de conexión a internet, se

genera un gran volumen de datos, que requiere de una arquitectura de red capaz de incluir la recolección, procesamiento y almacenamiento de información [11]. Actualmente, existen varios modelos de arquitectura, como caso de uso de IdC. Tanto los sectores académicos como industriales proponen diversas soluciones en función de las necesidades y de los productos desarrollados. Los modelos propuestos varían según el número de capas de comunicación o los protocolos utilizados. Sin embargo, actualmente no hay consenso para un único tipo de arquitectura de IdC. La estandarización de un modelo universal evoluciona con las aportaciones de diferentes desarrolladores de esta tecnología.

La tecnología emergente en mención ofrece una amplia gama de oportunidades para crear valor agregado en los sectores académicos e industriales. En una de las proyecciones publicadas recientemente, cisco prevé unos 6.5 dispositivos conectados por persona, así como unos 156 exabytes de tráfico de datos al mes y unos 1.5 zettabytes al año 2018 [12].

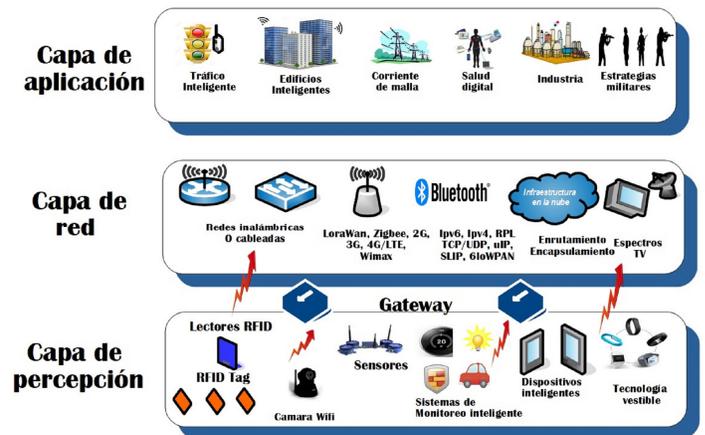


Figura 1. Arquitectura de la Internet de las Cosas [13].

Debido al desarrollo de la tecnología de IdC, es importante mencionar algunas de las arquitecturas propuestas. Sin embargo, tras realizar un estudio profundizado de las principales características de estas arquitecturas, se han simplificado las funcionalidades, para entender el tratamiento de los datos. Desde esta perspectiva, se puede definir una arquitectura de tres capas: la capa de percepción, la capa de red y la capa de aplicación (figura. 1).

- Capa de aplicación: permite implementar el desarrollo de aplicaciones para interactuar con usuarios, sectores industriales, como la domótica, ciudades inteligentes, logística, medio ambiente, seguridad pública, sanidad. Además, se pueden integrar las funciones de decisión de control y seguridad.
- Capa de red: su función principal es establecer un vínculo entre la capa de percepción y la capa de aplicación. La transferencia de datos se realiza a través de diferentes tecnologías y protocolos que garantizan el flujo de la información.
- Capa de percepción del artículo: incluye los objetos físicos conocidos como sensores y actuadores. El objetivo principal de estos dispositivos es recopilar datos e identificar otros objetos utilizando radiofrecuencia RFID y redes inalámbricas.

La heterogeneidad de las múltiples redes crea una administración compleja para abordar temas de escalabilidad y la seguridad en entornos de IdC. La comunidad científica está centrando sus esfuerzos en una tecnología emergente basada en el concepto SDN, siendo una de las tecnologías más prometedoras para este tipo de redes.

## 1.2 Arquitectura de SDN

La complejidad en la administración de las redes tradicionales, se debe al acoplamiento del plano de control y al plano de datos. Cada dispositivo de interconexión de red se gestiona de forma individual, lo que impide la evolución e innovación al implementar políticas y reglas de flujo de datos dinámicos. La mayoría de los sistemas son cerrados y propietarios, lo que impide el acceso al despliegue de nuevos protocolos de comunicación o políticas de seguridad, con un proceso extenso y complejo a desarrollar.

Con una gestión dinámica, la arquitectura SDN simplifica la gestión de la red al separar las funciones de control del plano de datos. En lugar de configurar individualmente cada dispositivo de interconexión de red, un nodo denominado controlador SDN gestiona el plano de control de forma centralizada. La transferencia de paquetes está organizada por tablas de enrutamiento en nivel del plano de datos. Todas las decisiones de enrutamiento son realizadas por el controlador, dada la visión global de la red.

La figura 2 muestra la arquitectura SDN, compuesta por tres capas: capa de aplicación, capa de control y capa de infraestructura.

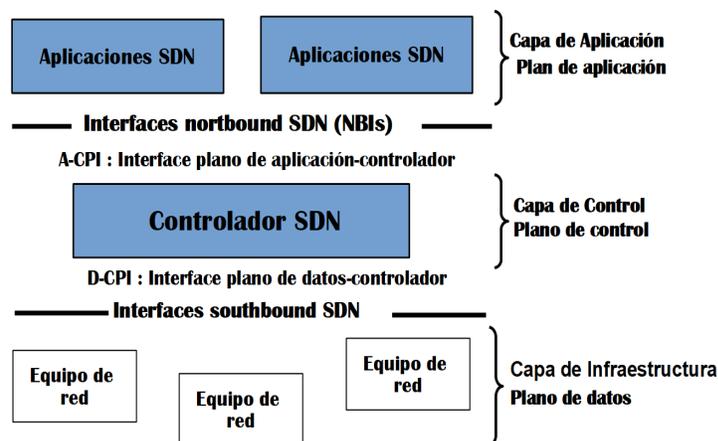


Figura 2. Arquitectura SDN [14].

- La capa de aplicación permite a los administradores de red configurar, gestionar, automatizar y optimizar los recursos de red, a través de una interfaz de programación de aplicaciones.
- La capa de control utiliza una política de gestión de datos, basada en algoritmos y protocolos específicos. Las directivas de red se pueden distribuir entre varios controladores SDN.
- En la capa de infraestructura, se incluyen todos los dispositivos de interconexión de red, donde el tráfico es reenviado o procesado con las decisiones de transferencia recibidas del controlador.

El protocolo de comunicación más utilizado para acceder al plano de datos es *Openflow* (OF) y está estandarizado por la *Open Networking Foundation* [14]. Actualmente, una gran parte de los fabricantes de equipos de red han desarrollado sistemas con capacidades para soportar el SDN. Los mensajes intercambiados entre el controlador y los conmutadores OF pueden ser cifrados con TLS. Cada conmutador OF contiene tablas de flujos de datos con un conjunto de entradas, que representan las reglas de enrutamientos. De esta manera, el controlador SDN almacena información de los dispositivos de red y establece las configuraciones necesarias.

## 2. Trabajos Relacionados

La escalabilidad del recurso NFV ha sido objeto de estudio, y existen algunas técnicas de escalabilidad para integrar nuevas tecnologías emergentes. El estudio en [15], destaca el Objeto Virtual (VO) como un componente clave para proporcionar una gestión energéticamente eficiente, la heterogeneidad y la escalabilidad para el IdC. Los autores proponen un dispositivo inteligente como servicio (SDaaS), que incluye el VO de cada uno de los dispositivos físicos. La arquitectura virtual propuesta incluye un modelo de plataforma como servicio (PaaS), virtualización de funciones de Red (NFV) y técnicas de *Fog Computing*. La solución en nube PaaS está situada cerca del borde de la red, lo que permite la comunicación directa con los dispositivos virtuales finales. De esta manera, la plataforma de pruebas proporciona un resultado de rendimiento de red y una visión general de las funcionalidades de VO. Sin embargo, la solución propuesta no dispone de información sobre la integración de los servicios *cloud* con NFV para la toma de decisiones de transferencia de datos.

La investigación en [16], presenta una arquitectura escalable basada en NFV. Desde esta perspectiva, este trabajo aborda los beneficios y los retos que plantea el apoyo a la creciente tecnología de IdC prevista. Obviamente, la creciente movilidad y la computación ubicua emergen como uno de los retos más importantes para una integración con el NFV. La conectividad de red en la interfaz en dirección sur, *Southbound* es proporcionada por pasarelas de IdC, y el protocolo IP comunica la información recopilada a la interfaz *Northbound*. Todas las funciones de red y la aplicación de IdC están instaladas en un centro de datos. Como parte del trabajo futuro, los autores planean la integración de una plataforma de implementación, para evaluar el enfoque propuesto.

En [17], la arquitectura SDIoT extiende la alta escalabilidad, gestión y seguridad de IdC. Esencialmente, esta arquitectura consiste en tres capas: capa física, capa de *middleware*/control y capa de servicio de datos. La capa física incluye los dispositivos de punto final. La capa de *middleware*/control consiste en un bloque de aplicaciones definidas por *software*: la seguridad definida por *software* (SDSec), el almacenamiento definido por *software* (SDStore), el controlador de Internet de objetos (IoT-C) y el controlador definido por

*software* (SDN-C). Los datos recogidos se procesan desde una pasarela de IdC. El SDSec procesa la autenticación de los dispositivos conectados. En caso de una autenticación exitosa, los datos se etiquetan, incluyendo un indicador positivo (P); de lo contrario, un indicador se etiqueta como (N). A continuación, el IoT-C calcula la ruta de datos a los dispositivos de destino. El SDN-C procesa las reglas de reenvío que se añaden a los conmutadores de red. En cuanto a la escalabilidad, la arquitectura SDIoT cuenta con muchas aplicaciones definidas por *software*, que evitan la evolución del entorno de IdC.

Erran *et al.* en [18], proponen una plataforma denominada CellSDN. Su objetivo es simplificar la gestión de las redes celulares. Basados en aplicaciones SDN, especifican las políticas atribuidas y las reglas de reenvío de cada dispositivo de usuario final, lo que permite un control detallado sobre la red LTE. El agente de control local agregado a los conmutadores, es clave para manejar la inspección profundizada de paquetes. El proceso de verificación puede monitorear aplicaciones de flujo de tráfico, como video, peer-to-peer, web y VoIP. Con una alta eficiencia, el rendimiento de estos agentes locales debe aumentar la escalabilidad y reducir la carga excesiva en múltiples controladores, para proporcionar un tiempo de reacción rápido, que permita superar los eventos críticos. Una extensión de este trabajo fue presentada en [19]. La arquitectura *SoftCell* propuesta se basa en cuatro componentes principales: el controlador, los interruptores de acceso, los interruptores de núcleo y las cajas intermedias. Las casillas centrales definen las reglas de seguridad o aplicaciones de transcodificación para la transferencia multimedia recibida por el controlador y procesada en nivel de conmutador. Los flujos de tráfico recibidos de los usuarios finales, se verifican con precisión en el nivel del interruptor de acceso, para poder ubicarlos en la estación base. Cada conmutador de acceso incluye un agente local, que especifica una clasificación de los paquetes recibidos de los usuarios finales. Los flujos se procesan localmente, buscando minimizar la sobrecarga entre controladores. Los conmutadores centrales actúan como una pasarela de conexión a Internet. El tráfico de red es reenviado desde la pasarela, a través de los conmutadores centrales. En esta arquitectura, las redes LTE no necesitan elementos de red especializados, incluidas las pasarelas de servicio

(S-GW) o las pasarelas de red de datos por paquetes (P-GW).

Una investigación similar se realizó en [20], donde los autores presentan un marco de monitorización con virtualización de funciones NFV/SDN, que integra el proyecto SONATA, para soportar aplicaciones y servicios 5G. La escalabilidad se basa en un sistema distribuido de monitorización en cascada. Una pasarela *push* recoge información del contenedor LXC, para enviarla al servidor de monitorización. Cada contenedor define un punto de presencia (PoP), que se comunica con su respectivo servidor *websocket*. El marco es una iniciativa para monitorear los servicios 5G.

La integración de dispositivos de IdC con SDN ha sido desarrollado en diversos entornos de pruebas y plataformas de simulación. Bellavista *et al.* [4] describen una arquitectura en entorno de pruebas de dominios de IdC haciendo uso de MATLAB. Otra herramienta utilizada para la emulación de redes definidas por *software* es Mininet. Seeger *et al.* implementaron Mininet para medir las limitaciones de SDN al configurar QoS en los dispositivos de IdC [5]. La arquitectura SDN para el IdC propuesta por Sinh *et al.* [6] utilizan Mininet en el desarrollo del prototipo de simulación. En entornos de pruebas minimizados la distribución de controladores SDN haciendo uso de Mininet presenta un sistema flexible y plataformas escalables [7]. Otra solución interesante que permite la integración de dispositivos de IdC y SDN es el uso de *raspberrypi*. Kim *et al.* [8] desarrollaron una plataforma con controladores SDN, conmutadores y dispositivos de IdC haciendo uso de múltiples *raspberrypi* en cada uno de los equipos utilizados. Schaerer *et al.* [9] implementan una *raspberrypi* como *gateway* entre los dispositivos IdC y el controlador SDN. Existen otras soluciones como entornos de pruebas con la implementación de la computación en nube y el uso de contenedores [10], [21].

Las soluciones propuestas se han desarrollado con el propósito obtener la integración y la escalabilidad del IdC haciendo uso de SDN. Sin embargo, estas propuestas carecen de una plataforma de evaluación experimental para el control masivo del flujo de datos, el uso flexible y dinámico de los controladores SDN.

### 3. La Solución Escalable de SDN Propuesta

Debido al gran número de dispositivos de IdC conectados, es necesario disponer de infraestructuras de

redes capaces de soportar la escalabilidad. Desde un punto centralizado, el SDN hace posible la creación de un sistema de automatización con protocolos que permitan una gestión macro de los flujos de datos [22].

También con el SDN es viable predefinir las políticas de comunicación y seguridad de los dispositivos conectados e, incluso, definir estas políticas antes de la solicitud de conectividad, lo que, básicamente, posibilita una administración dinámica, sin tener en cuenta los nuevos dispositivos conectados. SDN permite incluir una escalabilidad inherente, debido a su concepción centralizada para la administración de aplicaciones y protocolos, así como generar una respuesta rápida para expandir redes escalables.

Con la abstracción de equipos de red, como los conmutadores, enrutadores y dispositivos intermedios, tiene lugar una reducción significativa de costes [3]. Estos equipos en redes tradicionales utilizan sistemas propios programados, con reglas específicas y protocolos complejos, para establecer las comunicaciones. Por lo tanto, la configuración de políticas adecuadas para satisfacer los requisitos específicos de las aplicaciones de IdC, constituye un reto que puede resolverse, aplicando tecnologías de redes definidas por *software*.

La arquitectura propuesta para mejorar la escalabilidad y flexibilidad en la administración de número elevado de dispositivos, introducimos el concepto del Internet de las Cosas definidas por *software* (ICDS), asumiendo que cada controlador contiene cientos o miles de dispositivos por administrar. Normalmente, una red en gran escala no puede lograr, eficientemente, una estructura organizativa. Por esta razón, proponemos el *cluster* SDN, considerando que cada controlador gestiona su propio dominio. Cada ICDS se encarga de gestionar los dispositivos de los puntos finales de la operación (figura 3). Con esta arquitectura de *clustering*, los datos del entorno de red se procesan en nivel de controlador y se envían al controlador más cercano. Además, al tener una visión global de todo el dominio, el nodo controlador puede monitorizar, suministrar y definir reglas de flujo reactivas. En la clusterización a través de Atomix del proyecto Onos, el nodo controlador descubre a sus pares vecinos, mediante mecanismos de descubrimiento dinámicos. El *cluster* Atomix ONOS puede soportar la tolerancia de fallo de alguno de los nodos agrupados. Cada controlador tiene control total de acceso a los

*switches* y a las reglas del flujo de datos. Basándose en esta arquitectura de *clusterización*, es posible configurar la gestión de la red, procesar los datos recogidos y agregar la información en el dominio o distribuir la información a otro controlador.

Atomix se configura individualmente en cada controlador ONOS. Cada agente Atomix está encargado de almacenar la información del clúster. Una vez iniciado, un agente Atomix comienza el proceso de descubrir los nodos que forman parte de un grupo configurado en el archivo de configuración. Para asignar los agentes Atomix a un controlador Onos, es necesario configurar el archivo *cluster.json* con la dirección IP de cada agente y los puertos de comunicación.

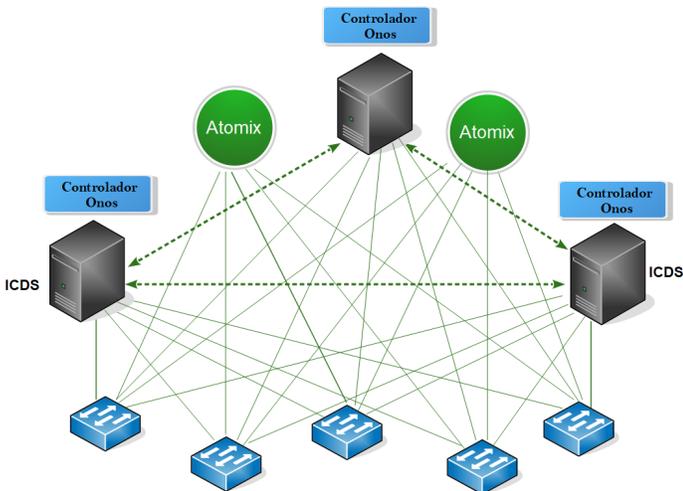


Figura 3. Arquitectura clúster escalable con Onos.

La interfaz web de ONOS GUI facilita la identificación de las instancias, los conmutadores y los dispositivos finales conectados a los controladores. Una vez se tiene acceso, se puede añadir o eliminar flujos de datos, y con una vista relativamente completa del entorno virtualizado, es fácil ver el tráfico, desplazar los dispositivos y obtener detalles de cada uno de los enlaces.

El despliegue de un modelo de alta disponibilidad basado en *cluster* se basa en el proyecto Onos. El hecho de mejorar el rendimiento de la red, la tolerancia a fallos y gestión de red escalable introduce nuevos retos para desplegar controladores SDN. Debido a que cada controlador SDN agrupado tiene una vista parcial de su dominio e intercambia información completa, se produce una sobrecarga del sistema. Al utilizar múltiples controladores, si uno de ellos falla, otro puede tomar el control sobre toda la red. El modelo de clúster propuesto

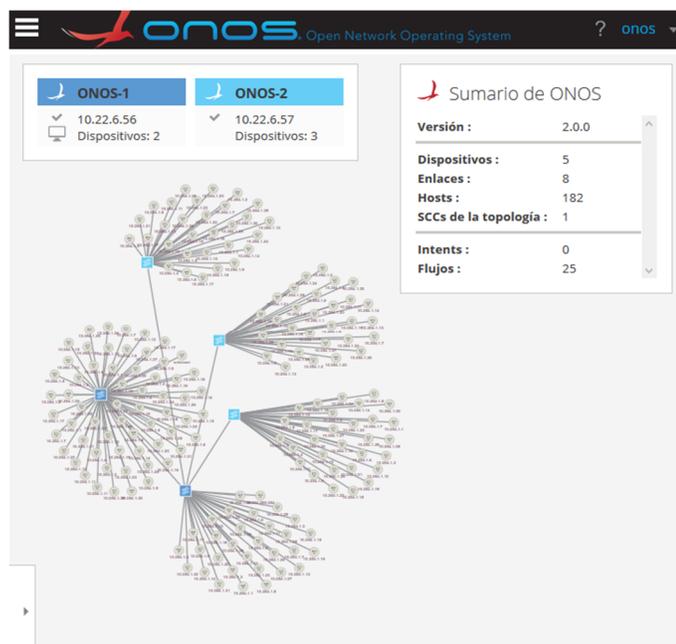
proporciona un alto nivel de escalabilidad, una gestión flujos macros y una fácil gestión de implementación.

#### 4. Implementaciones

En esta sección, se describe la plataforma desarrollada para lograr una escalabilidad de IdC y las aplicaciones utilizadas, así como el diseñado específico para lograr la integración con las tecnologías del SDN. Nuestro entorno de IdC proporciona virtualización de dispositivos integrados, *Openvswitch* y controladores SDN.

Después de analizar las diferentes plataformas y herramientas que existen actualmente, resulta evidente que no hay una que se adapte a un escenario realista de experimentación SDN-IdC. Por esta razón, construimos una plataforma de pruebas, diseñada en un entorno virtualizado, el cual permite insertar flujo de datos entre dispositivos finales, monitorear las peticiones de conexión, verificar las reglas y políticas para cada dispositivo conectado al clúster. La plataforma desarrollada consiste en una red externa para la gestión remota y una red interna para establecer la comunicación *Openflow*. En una primera aproximación, la plataforma de pruebas incluye ocho servidores Linux, dos servidores para la instalación del *cluster* atomix, un controlador ONOS y cinco servidores para la virtualización de los dispositivos integrados de IdC.

La gestión de la infraestructura se realiza en un entorno de *cloud computing*, basado en *VMware vSphere*. Con este *software* es posible gestionar, instalar y configurar múltiples máquinas virtuales, simultáneamente, en un único nodo físico. La emulación de la arquitectura de un dispositivo con capacidad de IdC, se realiza con la herramienta de código abierto Qemu. El emulador Qemu permite adaptarlo a las necesidades del sistema, como el tipo de procesador, interfaces de red, disco duro, memoria RAM, entre otros. Existen varios sistemas operativos para simular dispositivos con recursos limitados de tipo IdC, como Contiki, RIoT, LiteOS. Sin embargo, escogimos TinyOS, ya que contiene varias funciones diseñadas para permitir la escalabilidad y la integridad en una arquitectura, pruebas para dispositivos con capacidades de IdC.



**Figura 4.** Controladores Onos entorno de pruebas.

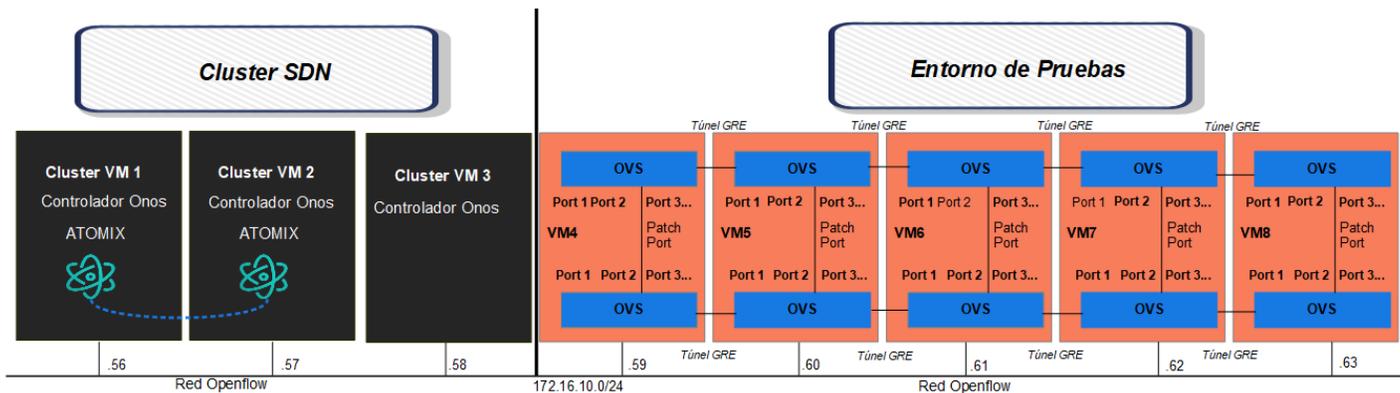
La plataforma de prueba SDN consiste en herramientas de código abierto, como Onos y *OpenvSwitch* (OVS) (figura 4). El proyecto Onos es compatible con la distribución Windows y Linux, así como con algunos desarrolladores de dispositivos de red importantes. El protocolo *Openflow* está configurado para crear un canal de comunicación entre el controlador y los conmutadores OVS. La aplicación de gestión de control y las decisiones de transferencia de datos son gestionadas por *Openflow*, y los datos se organizan en tablas de flujo. El controlador Onos tiene un plug-in integrado, que permite el proceso de automatización de conmutación en IPv4 e IPv6 (figura 5). Sin embargo, el proceso de enrutamiento para una escalabilidad óptima, requiere muchas operaciones sucesivas, con el fin de añadir flujos a los conmutadores *Openflow*. Para permitir el proceso de automatización de redes escalables de SDN con *Openflow*, es necesario un amplio conocimiento de la segmentación de tablas de flujo, incluyendo las instrucciones de enrutamiento, así como scripting en Shell o Python.

El escenario experimental permite verificar el buen rendimiento de *Openflow* en redes escalables, utilizando un número importante de dispositivos conectados simultáneamente, organizados en clúster. En el caso de uso experimental, se utilizó el protocolo *OpenFlow* versión 1.3. En cuanto a las operaciones de escalabilidad,

*Openflow* permite la implementación de políticas de seguridad, de forma dinámica y flexible, a través de algoritmos programados en Shell script y Python. Sin embargo, el protocolo OF no proporciona las herramientas adecuadas para adaptar reglas de flujos al nivel de la capa de aplicación. *Openflow* solo permite la gestión de las decisiones de transferencia de datos y de las tablas de flujo de comunicación. Por lo tanto, una vez que se instalan las reglas de flujo, la transferencia de conmutación y de enrutamiento únicamente la realizan los conmutadores OVS.

La programación de una red a gran escala de capa 3, las decisiones de reenvío de IPv4 *Openflow* requieren cientos de miles de flujo de datos en un solo *switch*, para permitir la implementación de redes escalables. Esto crea un nuevo reto en el intento de interconectar múltiples dispositivos en nuestra plataforma de pruebas desarrollada. Para configurar un sistema escalable *Openflow*, hemos desarrollado un algoritmo, con el propósito de simplificar las entradas flujos de datos añadidas a cada uno de los OVS. Los flujos de datos instalados permiten la gestión de toda la red, mediante el controlador Onos dado a la visión global de todo el entorno de la red. La gestión de reglas de enrutamiento de forma dinámica a través de OF, necesita una puerta de enlace para comunicar diferentes subredes. El método utilizado se realiza con resoluciones ARP entre los OVS más cercanos, permitiendo el flujo de tráfico en gran escala. Debido a la gran cantidad de flujo de datos que deben procesar los OVS, es preciso organizar las reglas de encaminamiento en tablas de flujos. Cada tabla de flujo de datos tiene tareas específicas, desde obtener las direcciones MAC de cada dispositivo conectado, hasta el procesamiento de datos entre cada una de las subredes. El enrutamiento es de tipo dinámico, y puede definirse de acuerdo la configuración reactiva o pasiva en cada uno de los conmutadores OF

El clúster Onos utiliza una elección distribuida del controlador principal, al emplear el protocolo Raft. Una vez que los controladores líderes electos están conectados en el clúster, los miembros del grupo comparten una visión global de la red. El tiempo de elección depende de cada proceso de descubrimiento, el cual empieza inmediatamente después de iniciar cada miembro del clúster. El primer miembro ya iniciado tiene una alta probabilidad de ser seleccionado como controlador principal. Cada nodo cliente agrupado recibe



**Figura 5.** Plataforma de pruebas clúster SDN.

una entrada del líder para unirse al clúster. El líder recibe las solicitudes de respuesta de los otros clientes del clúster y comparte el inventario y topología de la red.

El proceso de agrupamiento indica que el procedimiento de elección del líder, y el intercambio de información dependen, en gran medida, de la hora de inicio de cada uno de los miembros del grupo y del tiempo de espera de las elecciones.

Un experimento trascendental con nuestras arquitecturas SDN es la organización del clúster. Los controladores SDN agrupados permiten limitar el número de dispositivos conectados en un dominio, la cantidad de datos y el dispositivo que se debe gestionar. La información de clúster intercambiada entre los controladores, se realiza a través de las herramientas Atomix, proporcionadas por los controladores de interconexión de Onos. Dentro de la plataforma de pruebas desarrollada, se pueden realizar simulaciones con números variables de 1 a 1,000 dispositivos conectados al mismo tiempo, en un entorno de IdC y, a su vez, pueden ser organizados de acuerdo a las necesidades de simular diversos tipos de pruebas haciendo uso de SDN. La adaptabilidad y la flexibilidad hacia diferentes entornos de desarrollo permiten implementar nuevas herramientas y tecnologías emergentes en la plataforma diseñada.

## 5. Conclusiones

En este artículo, presentamos las principales contribuciones de la virtualización de redes para el IdC. Con las pruebas realizadas, observamos un alto grado de escalabilidad, confiabilidad y alta tolerancia del SDN. La arquitectura ICDS desarrollada permite el control, la configuración y la gestión de redes complejas de forma

dinámica y eficiente. Además, el resultado de la evaluación muestra un rendimiento superior a otras plataformas de pruebas desarrolladas incluyendo el desempeño de las funcionalidades del protocolo Openflow

Con base en los resultados obtenidos con la implementación y evaluación de nuestra arquitectura distribuida basada en SDN, se consideran nuevos temas de investigación por estudiar. Dentro de la plataforma se requiere un protocolo de gestión intra-cluster, a través de los controladores SDN. Con este enfoque, se puede proporcionar un mejor encaminamiento del flujo de datos para los objetos/dispositivos conectados en el clúster. Otro trabajo futuro para un despliegue escalable es incluir una combinación de protocolos IPv4 e IPv6 que proporcionen un rendimiento del concepto emergente de virtualización de redes.

## 6. Agradecimiento

Agradecimiento a la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación (SENACYT) por financiar la investigación, a través del programa del Sistema Nacional de Investigación SNI.

## 7. Referencias

- [1] M. A. Al-Garadi, A. Mohamed, A. K. Al-Ali, X. Du, and M. Guizani, "A Survey of Machine and Deep Learning Methods for Internet of Things (IoT) Security," *CoRR*, vol. abs/1807.1, 2018.
- [2] (i3 FORUM), "Internet of Things," *Internet of Things*, 2018. .
- [3] N. Bizanis and F. A. Kuipers, "SDN and Virtualization Solutions for the Internet of Things: A Survey," *IEEE Access*, vol. 4, pp. 5591–5606, 2016.
- [4] P. Bellavista, C. Giannelli, T. Lagkas, and P. Sarigiannidis, "Quality Management of Surveillance Multimedia Streams Via Federated SDN Controllers in Fiwi-Iot Integrated Deployment

- Environments,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 21324–21341, 2018.
- [5] J. Seeger, A. Bröring, M. Pahl, and E. Sakic, “Rule-Based Translation of Application-Level QoS Constraints into SDN Configurations for the IoT,” in *2019 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*, 2019, pp. 432–437.
- [6] D. Sinh, L. Le, B. P. Lin, and L. Tung, “SDN/NFV — A new approach of deploying network infrastructure for IoT,” in *2018 27th Wireless and Optical Communication Conference (WOCC)*, 2018, pp. 1–5.
- [7] B. Lantz and B. O’Connor, “A Mininet-based Virtual Testbed for Distributed SDN Development,” *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, vol. 45, no. 4, pp. 365–366, 2015.
- [8] H. Kim, J. Kim, and Y. Ko, “Developing a cost-effective OpenFlow testbed for small-scale Software Defined Networking,” in *16th International Conference on Advanced Communication Technology*, 2014, pp. 758–761.
- [9] J. Schaerer, Z. Zhao, J. Carrera, S. Zumbunn, and T. Braun, “SDN Wisebed: A Software-Defined WSN Testbed,” in *Ad-Hoc, Mobile, and Wireless Networks*, 2019, pp. 317–329.
- [10] F. Yang, S. Zhang, S. Song, R. Li, Z. Zhao, and H. Zhang, “A Testbed for Intelligent Software Defined Security Framework,” in *Proceedings of the ACM Turing Celebration Conference - China*, 2019, pp. 48:1–48:2.
- [11] I. Alam *et al.*, “IoT Virtualization: {A} Survey of Software Definition & Function Virtualization Techniques for Internet of Things,” *CoRR*, vol. abs/1902.1, 2019.
- [12] and T. K. T. Barnett, S. Jain, U. Andra, “Cisco visual networking index (vni) complete forecast update,” p. 38, 2019.
- [13] C. J. Gonzalez Santamaria, “Management of a heterogeneous distributed architecture with the SDN,” *Universite de Reims Champagne Ardenne*, 2017.
- [14] P. Alto, “Software-Defined Networking: The New Norm for Networks [white paper],” *ONF White Paper*, 2012. .
- [15] L. Atzori *et al.*, “SDN&NFV contribution to IoT objects virtualization,” *Comput. Networks*, vol. 149, pp. 200–212, 2019.
- [16] I. Miladinovic and S. Schefer-Wenzl, “A Highly Scalable IoT Architecture through Network Function Virtualization,” *OJIoT*, vol. 3, pp. 127–135, 2017.
- [17] Y. Jararweh, M. Al-Ayyoub, A. Darabseh, E. Benkhelifa, M. A. Vouk, and A. Rindos, “SDIoT: a software defined based internet of things framework,” *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 6, pp. 453–461, 2015.
- [18] L. E. Li, Z. M. Mao, and J. Rexford, “Toward Software-Defined Cellular Networks,” in *2012 European Workshop on Software Defined Networking*, 2012, pp. 7–12.
- [19] X. Jin, L. E. Li, L. Vanbever, and J. Rexford, “SoftCell: Scalable and Flexible Cellular Core Network Architecture,” in *Proceedings of the Ninth ACM Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies*, 2013, pp. 163–174.
- [20] P. Trakadas *et al.*, “Scalable monitoring for multiple virtualized infrastructures for 5G services,” 2018, pp. 1–4.
- [21] S. Mahamat Charfadine, O. Flauzac, F. Nolot, C. Rabat, and C. Gonzalez, “Secure Exchanges Activity in Function of Event Detection with the SDN,” in *e-Infrastructure and e-Services for Developing Countries*, 2019, pp. 315–324.
- [22] O. Salman, I. Elhadj, A. Chehab, and A. Kayssi, “IoT survey: An SDN and fog computing perspective,” *Comput. Networks*, vol. 143, pp. 221–246, 2018.

## Proceso para la gestión del talento en el desarrollo de proyectos de *software*

### Process for talent management in the development of software projects

Andy Hernández Paez <sup>1\*</sup>, Pedro Manuel Salas Leyva <sup>1</sup>, Javier Santos Anias <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de las Ciencias Informáticas, Carretera a San Antonio de los Baños, Km 2½, Torrens, La Lisa, La Habana, Cuba

\*Autor de correspondencia: [andyhp@uci.cu](mailto:andyhp@uci.cu)

**RESUMEN**– La gestión del talento es un área del conocimiento que se encarga de formar, desarrollar y retener a un individuo en una organización para su progreso, mediante el uso efectivo de herramientas y tecnologías de la información. La condición de talento que se le puede otorgar a un sujeto va en correspondencia con la unión de cuatro aspectos principales: capacidades, compromiso, aptitudes y resultados. Un proyecto de *software* está integrado por un grupo de especialistas que poseen condiciones determinadas en diferentes disciplinas asociadas al desarrollo del *software*. La necesidad de mantener una estabilidad en este equipo de proyecto se hace indispensable para asegurar un futuro económico próspero y sostenible. Para garantizar el trabajo adecuado en cada una de las disciplinas de un proyecto de *software*, la tendencia actual es la descripción de procesos que propongan buenas prácticas, pues el propósito presente de la sociedad es lograr la informatización de todos sus procesos. La gestión del talento se puede considerar como uno de los procesos de un proyecto de *software* que debería realizarse de forma consecuente. El objetivo de esta investigación es desarrollar un proceso para la gestión del talento en un proyecto de *software*, aplicando buenas prácticas propuestas por un nuevo modelo de la gestión del talento basado en el libro de Roberto Luna. La validez del proceso fue comprobada con la aplicación del método de Iadov, del cual se obtiene una alta satisfacción y criterios positivos a partir de su utilización.

**Palabras clave**– *Nuevo modelo de la gestión del talento, proceso, talento.*

**ABSTRACT**– The talent management is an area of knowledge that is responsible for training, developing and retaining an individual in an organization for their progress, through the effective use of tools and information technologies. The condition of talent that can be granted to a subject goes in correspondence with the union of four main aspects: capacities, commitment, aptitudes and results. A software project is composed of a group of specialists who have certain conditions in different disciplines associated with software development. The need to maintain stability in this project team is essential to ensure a prosperous and sustainable economic future. To guarantee adequate work in each of the disciplines of a software project, the current trend is the description of processes that propose good practices, since the present purpose of society is to achieve the computerization of all its processes. Talent management can be considered as one of the processes of a software project that should be carried out consistently. The objective of this research is to develop a process for the management of talent in a software project, applying good practices proposed by a new model of talent management based on the book of Roberto Luna. The validity of the process was verified with the application of the Iadov method, from which high satisfaction and positive criteria are obtained from its use.

**Keywords**– *New model of talent management, process, talent.*

### 1. Introducción

En la actualidad los proyectos de *software* están guiados por procesos que indican el cómo realizar una serie de tareas específicas en aras de lograr un beneficio determinado. Un proyecto de *software* es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Los proyectos pueden crear un producto o artículo producido, que es cuantificable, y que puede ser un elemento terminado o un componente. También se encargan de la capacidad de prestar un servicio como, por ejemplo, las funciones del negocio que respaldan la producción o la distribución. Además, se responsabilizan de generar un resultado que produzca

salidas o documentos. Por ejemplo, de un proyecto de investigación se obtienen conocimientos que pueden usarse para determinar si existe o no una tendencia o si un nuevo proceso beneficiará a la sociedad [1]. En un proyecto de *software* es indispensable controlar, mantener y desarrollar los conocimientos que respaldan el talento que puede tener cada individuo.

La gestión del talento se refiere al proceso que desarrolla e incorpora nuevos integrantes a la fuerza laboral, y que además desarrolla y retiene a un recurso humano existente. La gestión del talento busca básicamente destacar a aquellas personas con un alto potencial, entendido como talento, dentro de su puesto

**Citación:** A. Hernández, P. Salas y J. Santos, "Proceso para la gestión del talento en el desarrollo de proyectos de software", *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 1, pp. (78-82), 2020.

**Tipo de artículo:** Original. **Recibido:** 2 julio de 2019. **Recibido con correcciones:** 2 julio de 2019. **Aceptado:** 2 diciembre de 2019.

**DOI:**

**Copyright:** 2020 A. Hernández, P. Salas y J. Santos. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

de trabajo. Además, retener o incluso atraer a aquellas personas con talento será una prioridad [2]. La gestión de recursos humanos de un proyecto de *software* es un área del conocimiento de la Gestión de proyectos, la cual incluye los procesos que organizan y dirigen al equipo de trabajo. Esta área del conocimiento está compuesta por los siguientes procesos: planificación de los recursos humanos del proyecto, adquisición de los recursos humanos, desarrollo y control del equipo de proyecto [3]. En estos procesos se ponen de manifiesto rasgos de la gestión del talento, como lo son la formación y el desarrollo del personal, pero los mismos no se enfocan en aquellos recursos humanos con cualidades especiales, sino de forma general.

El propósito fundamental que persigue el proceso gestión del talento es formar, desarrollar y retener a estos recursos humanos para que mediante ellos se pueda obtener un valor agregado en un proyecto de software en específico que perdure a través del tiempo. Un proceso de negocio específicamente, tiene la intención de proporcionar un beneficio añadido a un entorno determinado, orientado el mismo a un cliente o a actividades internas de una entidad. Un proceso de negocio es un conjunto estructurado, medible de actividades diseñadas para producir un producto especificado, para un cliente o mercado específico. Implica un fuerte énfasis en cómo se ejecuta el trabajo dentro de la organización, en contraste con el énfasis en el qué, característico de la focalización en el producto [4]. La gestión del talento específicamente es un proceso que contiene elementos de entrada que respaldan un conjunto de actividades secuenciales que originan elementos de salida.

En la actualidad la fluctuación del personal en los equipos de proyectos es un factor que atenta contra el éxito del producto. Por otra parte, la reutilización de experiencias mediante el conocimiento de los recursos humanos no se llevara a cabo adecuadamente, ni se documentan las lecciones aprendidas, lo cual provoca duplicidad de esfuerzo y pérdida de tiempo. Las habilidades adquiridas, junto con las experiencias obtenidas en el desarrollo con las tecnologías de trabajo no son documentadas, afectándose de esta manera el sistema de capacitación base para los nuevos miembros de los equipos de proyectos que recién se integren. Teniendo en cuenta la situación antes descrita, se define como objetivo de la investigación, desarrollar un

proceso para la gestión del talento en un proyecto de *software*, aplicando buenas prácticas propuestas por un nuevo modelo de la gestión del talento basado en el libro de Roberto Luna [5].

## 2. Materiales y métodos

Para representar la interacción entre cada una de las actividades, participantes y medios de información que intervienen en un proceso de negocio se utiliza como técnica de diseño, los diagramas de procesos. La notación más adecuada que se emplea es BPMN (Business Process Modeling Notations, por sus siglas en inglés) [6]. BPMN es una notación gráfica que describe la lógica de los pasos de un proceso de negocio. Esta notación ha sido especialmente diseñada para coordinar la secuencia de los procesos y los mensajes que fluyen entre los participantes de las diferentes actividades que constituyen a un proceso de negocio [7]. BPMN provee un conjunto de patrones de flujos que son imprescindibles tener en cuenta para modelar estructuralmente los flujos de secuencia y mensaje entre las diferentes actividades que componen a un proceso de negocio [8]. Como herramienta CASE (Computer Aided Software Engineering, por sus siglas en inglés) para el modelado de procesos de negocio se emplea Visual Paradigm For UML 2.0 [9] en su versión 8.0, ya que apoya todo lo básico en cuanto a artefactos a generar en la disciplina de negocio específicamente, definición de requerimientos y de especificación de componentes [10].

### 2.1 Nuevo modelo de la gestión del talento, basado en el libro *gestión del talento* de Roberto Luna, Pirámide 2017

Este nuevo modelo de gestión del talento distingue tres variables estructurales que se denominan sistémicas porque impactan en toda la organización y en sus estrategias. Estas tres variables son marca de empleador, gestión del talento inteligente y compensación total del empleado. Así mismo se definen tres variables estratégicas fundamentales y que conforman las acciones concretas operativas enmarcadas en la gestión del talento: atracción, desarrollo y fidelización del talento. En la figura 1 se muestra un resumen del significado que se le atribuye a las variables sistémicas y estratégicas del modelo [5]:



Figura 1. Variables sistémicas y estratégicas del nuevo modelo para la gestión del talento.

### 3. Resultados

Los logros en un proyecto de *software* son obtenidos a partir de la integración que pueda existir en un equipo de trabajo. La capacidad de cada individuo es el elemento fundamental para generar un resultado con éxito. El seguimiento que se le pueda procurar a la formación, desarrollo y retención del talento de cada sujeto forman parte de los logros del equipo de proyecto en general y de desarrollar un negocio bien estructurado en un proyecto de *software*. Además, estas condiciones garantizan un punto de partida en la disciplina de negocio al iniciar un proyecto informático determinado. Teniendo en cuenta la importancia que se le confiere a la gestión del talento para iniciar un proyecto de este tipo, en la representación del mismo se pueden apreciar las actividades, participantes y objetos de datos que componen al proceso y a los subprocesos correspondientes. Las actividades o pasos [2] que deben llevarse a cabo para la gestión del talento en el desarrollo de un proyecto de *software* aparecen de forma organizada en los diagramas de procesos modelados. A continuación, en las figuras 2, 3, 4 y 5, se presentan los diagramas resultantes del análisis realizado al proceso de gestión del talento para garantizar el buen desarrollo de un producto informático en un proyecto de *software* considerando las buenas prácticas de las variables del modelo referente:

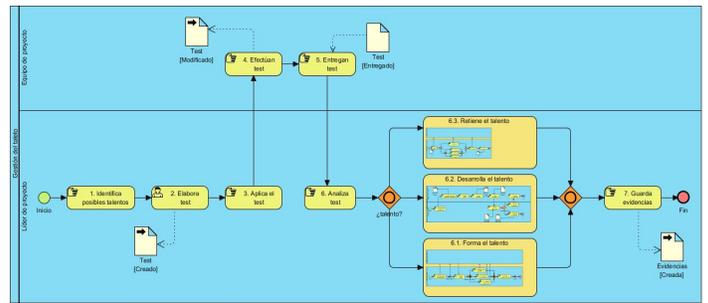


Figura 2. Diagrama del proceso gestión del talento.

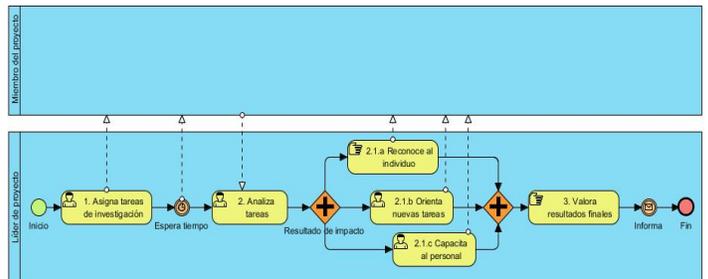


Figura 3. Diagrama del subproceso formación del talento del proceso Gestión del talento.

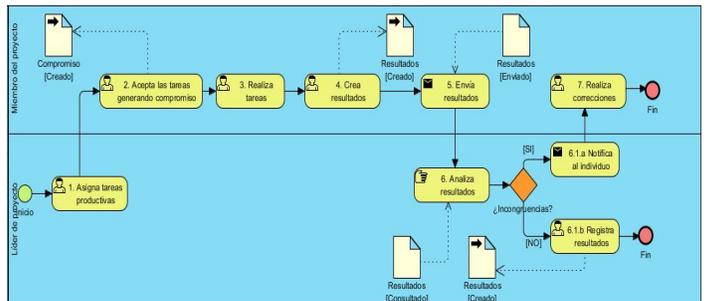


Figura 4. Diagrama del subproceso desarrollo del talento del proceso gestión del talento.

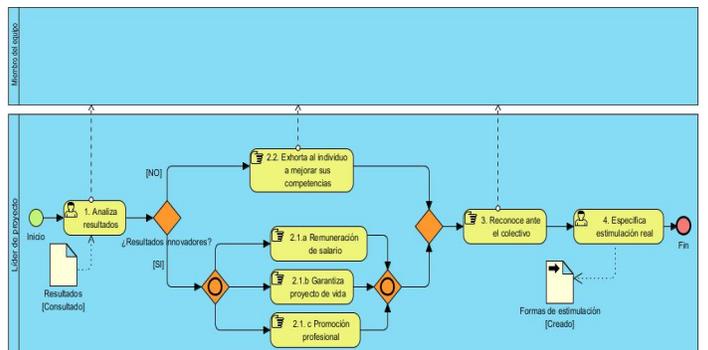


Figura 5. Diagrama del subproceso retención del talento del proceso gestión del talento

### 3.1 Validación del proceso para la gestión del talento

El conocimiento del estado de satisfacción del usuario respecto a la utilización de un proceso para la gestión del talento en el desarrollo de proyectos, contribuirá a mejorar la reutilización del conocimiento tácito y explícito de los miembros de los equipos. La técnica de V.A. Iadov en su versión original fue creada por su autor para el estudio de la satisfacción por la profesión en carreras pedagógicas [11]. Esta técnica fue utilizada para evaluar la satisfacción por la profesión en la formación profesional pedagógica [12] y explicada la metodología para su utilización [13]. La misma constituye una vía para el estudio del grado de satisfacción de los implicados en el proceso objeto de análisis.

Para el desarrollo de esta técnica se aplicó una encuesta que permitió conocer el grado de satisfacción sobre el proceso de gestión del talento implementado, en cuanto a:

- La definición de aspectos críticos a incorporar dentro del proceso de desarrollo de *software* para la gestión del talento.
- La definición de un proceso para la gestión del talento en el desarrollo de proyectos de *software*, teniendo en cuenta acciones útiles para identificar, desarrollar, mantener y formar aspectos técnicos informáticos en los involucrados directos.
- El aumento de la eficiencia en el proceso de desarrollo de *software* mediante la utilización de un proceso de gestión del talento.
- Las deficiencias existentes entre lo definido y el entorno real.

Esta técnica constituye una eficiente herramienta para el estudio de la satisfacción de un proceso para la gestión del talento, debido a que los criterios que utiliza se fundamentan en las relaciones que se establecen entre tres preguntas cerradas (se relacionan a través de lo que se denomina, "Cuadro Lógico de Iadov", ver tabla 1) y dos abiertas.

1. ¿Considera usted que se deba llevar a cabo un proyecto de desarrollo de *software* sin considerar un proceso para la gestión del talento que permita reutilizar, identificar, formar, desarrollar y mantener sus recursos humanos y tecnológicos?
2. ¿Si usted fuera a realizar otro proyecto utilizaría el proceso de gestión del talento propuesto para

viabilizar el desarrollo efectivo del producto y la administración de sus recursos?

3. ¿Satisface sus necesidades en su rol de jefe de proyecto, integrante y/o alta gerencia el proceso para la gestión del talento en el desarrollo de proyectos de *software*?
4. ¿Incluiría o modificaría usted alguna actividad o buena práctica del proceso para la gestión del talento en el desarrollo de proyectos propuesto? Argumente.
5. ¿Considera útil el logro de un proceso para la gestión del talento en el desarrollo de proyectos informáticos que permita reutilizar, identificar, formar, desarrollar y mantener sus recursos humanos y tecnológicos? Argumente.

**Tabla 1.** Cuadro lógico de Iadov evaluando la propuesta

	1. ¿Considera usted que se deba llevar a cabo un proyecto de desarrollo de <i>software</i> sin considerar un proceso para la gestión del talento que permita reutilizar, identificar, formar, desarrollar y mantener sus recursos humanos y tecnológicos?								
	No			No sé			Sí		
3. ¿Satisface sus necesidades en su rol de jefe de proyecto, integrante y/o alta gerencia el proceso para la gestión del talento en el desarrollo de proyectos de <i>software</i> ?	2. ¿Si usted fuera a realizar otro proyecto utilizaría el proceso de gestión del talento propuesto para viabilizar el desarrollo efectivo del producto y la administración de sus recursos?								
	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No
Me satisface mucho.	1	2	6	2	2	6	6	6	6
No me satisface tanto.	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me da lo mismo.	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me disgusta más de lo que me satisface.	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me satisface nada.	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé qué decir.	2	3	6	3	3	3	6	3	4

La escala de satisfacción es la siguiente:

(1). Clara satisfacción, (2). Más satisfecho que insatisfecho, (3). No definida, (4). Más insatisfecho que satisfecho, (5). Clara insatisfacción y (6). Contradictoria.

Para medir el grado de satisfacción se tomó una muestra de 17 especialistas pertenecientes al centro Vertex de la Universidad de las Ciencias Informáticas, teniendo en cuenta los años de experiencia de trabajo, el rol que desempeñan y el tiempo de permanencia dentro del centro.

Como resultado de la aplicación de la técnica se evidencia que la propuesta formulada presenta un adecuado grado de aceptación entre la población encuestada. Esto se puede apreciar por el índice de satisfacción grupal que se obtuvo de 0,81 aproximadamente, lo que significa una clara satisfacción con la propuesta y reconocimiento de su utilidad en la determinación del nivel de reutilización, identificación, formación, desarrollo y mantención de los recursos humanos y tecnológicos del proyecto.

La técnica Iadov contempla, además, dos preguntas complementarias de carácter abierto, las cuales permiten profundizar en las causas que originan los diferentes niveles de satisfacción. En este caso fueron formuladas las preguntas:

**Pregunta 4:** ¿Incluiría o modificaría usted alguna actividad o buena práctica del proceso para la gestión del talento en el desarrollo de proyectos propuesto? Argumente.

**Pregunta 5:** ¿Considera útil el logro de un proceso para la gestión del talento en el desarrollo de proyectos informáticos que permita reutilizar, identificar, formar, desarrollar y mantener sus recursos humanos y tecnológicos? Argumente.

Esta información se utilizó para perfeccionar la propuesta realizada aportando elementos objetivos, tales como: actividades de control, patrones de flujo para la realización de las actividades de cada uno de los sub-proceso para la gestión del talento y características relacionales del nuevo modelo para la gestión del talento con el proceso propuesto. Estos aspectos se tuvieron en cuenta para la formulación final de la misma.

#### 4. Conclusiones

Con la aplicación de cada una de las actividades o pasos especificados en el proceso de gestión del talento y en los subprocesos: formación, desarrollo y retención del talento, se le atribuye un seguimiento sistémico al trabajo íntegro de un equipo de proyecto de software, permitiéndose lograr y mantener un resultado individual y en colectivo. Además, se logra un trabajo sistemático por parte del líder de proyecto teniendo en cuenta las competencias específicas de cada individuo que conforma al equipo de desarrollo. También se garantiza un trabajo consecuente de acuerdo a los intereses de cada sujeto que reportan un beneficio final para el desarrollo de un proyecto de software. La aplicación del método Iadov permitió reconocer la satisfacción con la propuesta por parte de los usuarios.

#### 5. Referencias

- [1]. PMBok. "Project Management Body of Knowledge". ISBN978-1-62825-009-1. Quinta Edición. 2013.
- [2]. Pérez, López-Chávez, Z. "Estrategia para la Gestión del Talento Informático en la UCI". 2014.
- [3]. Hernández, M. "Administración de Proyectos de Software". 2012.
- [4]. Davenport, T. H. "Business Process Coordination: State of the Art, Trends, and Open Issues". 27th International Conference on Very Large Data Bases: s.n., 1993.
- [5]. Luna, R. "Gestión del Talento". Pirámide 2017. 2017.
- [6]. Instituto Andaluz de Tecnología (IAT). "Guía para una gestión basada en procesos". 2002.
- [7]. OMG. "Business Process Model and Notation". 2011.
- [8]. White, S. A. "Process Modeling Notations and Workflow Patterns". United States: IBM, 2004.
- [9]. Booch, R. y J. "El Lenguaje Unificado de Modelado 2.0". 2006.
- [10]. López, P. y Ruíz, F. "Ingeniería de Software I. Lenguaje Unificado de Modelado". 2010.
- [11]. Kuzmina, N. V. "Metódicas investigativas de la actividad pedagógica". Editorial Leningrado. 1970.
- [12]. González, V. "Niveles de integración de la motivación profesional". Tesis Doctoral. Ciudad de la Habana. 1989.
- [13]. González, V. "Motivación Profesional y Personalidad". Editorial Universitaria. Universidad de Sucre, Bolivia. 1994.

# Análisis de anomalías climáticas para la cuenca del río La Villa, Panamá, basado en los escenarios RCP

## Analysis of climate anomalies for La Villa river basin, Panama, based on RCP scenarios

Cassilda Saavedra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

\*Autor de correspondencia: [cassilda.saavedra@utp.ac.pa](mailto:cassilda.saavedra@utp.ac.pa)

**ABSTRACT**– The use of climate change projections is crucial for mitigation and adaptation, which are the basis for creating resilience. However, access to these scientific products is scarce in Latin America and the existing studies lack of an appropriate resolution to analyze small but highly vulnerable regions, such as river basins for planning purposes. La Villa river basin, Republic of Panama, is one of the watersheds of highest priority for adaptation to climate change. This study used downscaled projections from four climate models. The models are based on the Representative Concentration Pathways (RCP), presented in the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. Results of this study suggest increases of the annual average precipitation in the watershed for the years 2050 and 2070. Meanwhile, maximum and minimum temperatures will increase an average of 1-2 °C and near 4 °C by the end of the 21st century. With these results, we observed that the use of small-scale climate projections in the RCP scenarios is feasible to determine the effects of climate change on small regions.

**Keywords**– *Climate change, RCP scenarios, anomalies, climate modeling, temperature, precipitation.*

**RESUMEN**– El uso de proyecciones es indispensable en los procesos de mitigación y adaptación al cambio climático, los cuales son la base para crear resiliencia. Sin embargo, el acceso a estos productos científicos es escaso en Latinoamérica. Por otro lado, los estudios existentes carecen de una resolución apropiada para analizar regiones pequeñas, pero de alta vulnerabilidad climática, como lo son las cuencas hidrográficas. Este caso de estudio se enfoca en la cuenca del río La Villa, ubicada en el arco seco de Panamá, la cual es considerada una de las cuencas de mayor prioridad para la adaptación al cambio climático de Panamá. Se realizaron proyecciones de cuatro modelos climáticos sometidos a reducción de escala. Estos utilizan como base las Trayectorias de Concentración Representativas (RCP), presentados en el Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). La diferencia entre las condiciones climáticas actuales y las proyectadas por los modelos, conocidas como anomalías climáticas, arrojaron que para los años 2050 y 2070, la precipitación en la zona aumentará en promedio anual. Por su parte, las temperaturas máximas y mínimas incrementarán en promedio de 1-2 °C, y cerca de los 4°C hacia el final del siglo XXI. Con estos resultados observamos que el uso de proyecciones climáticas reducidas a menor escala en los escenarios RCP, es viable para determinar los efectos del cambio climático sobre regiones pequeñas.

**Palabras clave**– *Cambio climático, escenarios RCP, anomalías, modelos climáticos, temperatura, precipitación.*

### 1. Introduction

Este Computer simulation of climate features has helped understand the past behavior and future tendencies of the climate system [1]. Long term research and data collection, in conjunction with increasing capabilities of computing have made possible a solid foundation of knowledge about the complex climate systems and its evolution [2]. However, even with the myriad of studies by different research centers around the world, and the significant advance on climate modeling, there are still uncertainties of projections, especially at the regional level [3]. Climate modeling is a powerful tool for climate resilience planning around the world,

since climate projections are the basis for a better decision making. Strategies for adapting to climate change should be based on the best available science, especially when dealing with the impacts of disasters related to climate change, including water availability. On the other hand, there is no future for adaptation without working on mitigation. In this regard, there is a commitment of every country under the Paris Agreement to limit the temperature increase to 2 Degrees Celsius above pre-industrial levels and make every possible effort to stay under 1.5 °C of these levels. This is the first quantitative commitment of Article 2 of the United Nations Framework Convention on Climate Change [4].

**Citación:** C. Saavedra, “Análisis de anomalías climáticas para la cuenca del río La Villa, Panamá, basado en los escenarios RCP”, *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 1, pp. (83-89), 2020.

**Tipo de artículo:** Original. **Recibido:** 9 julio de 2019. **Recibido con correcciones:** 9 julio de 2019. **Aceptado:** 2 diciembre de 2019.

**DOI.**

**Copyright:** 2020 C. Saavedra. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) has been, since its creation, working hard on collecting and organizing the best available scientific research on climate change. The climate change scenarios, presented periodically by the IPCC in the form of assessment reports, provide the required information to evaluate future changes in climate and contribute to better decision making. With the release of IPCC's Fifth Assessment Report (AR5), published in 2013, a new group of climate change scenarios known as Representative Concentration Pathways (RCP) was presented [5].

The RCPs are the result of extensive modelling experiments by the scientific community including near and long-term conditions and scenarios of greenhouse gas emissions [6]. The RCPs are pathways based on CO<sub>2</sub> concentrations and its related radiative forcing. They go from the best to worst scenario: RCP 2.6 assumes radiative forcing peaks at 3W/m<sup>2</sup> before 2100 and then declines; RCP 4.5 and RCP 6 assume radiative forcing is stabilized at 4.5 W/m<sup>2</sup> and 6 W/m<sup>2</sup> respectively after the year 2100; finally, RCP 8.5 assumes that radiative forcing will be greater than 8.5 W/m<sup>2</sup> by 2100. These scenarios differ from the previous set of IPCC scenarios by describing four levels of concentration of greenhouse gases emissions, instead of focusing on a combination of socio-economic possible future conditions. This new set of scenarios aims to standardize the input data to obtain accurate results, no matter the model used in the developing of climate change projections [6].

Many studies have been done based on the Representative Concentration Pathways. Zhang Dong et al. [7] performed a downscaling simulation of East Asia using RCP4.5 scenario, obtaining an estimation of continuous increase in temperature over the region and increased precipitation. These results were based on the use of two models: CSIRO-M3.6.0 and the Regional Climate Model RegCM4.4. Another study in the South Asian region [8], focused on RCP8.5 scenario, finding increases in mean annual runoff by 20 to 30 percent for 2046 to 2075 in relation to 1976-2005. Huailiang et al. [9] report results of climate projections for the Yellow Sea Western Coast, over the period of 1951 to 2011, finding increases of precipitation intensity within the region. Jing Chen et al. [10] focused their study on determining climate change impacts on the water resources of Yangtze River Basin based on the 1.5 and 2

degrees Celsius global temperature increase scenarios, finding that droughts will increase within the region for 1.5°C scenario in the dry season, while floods will increase in the wet season under the 2 °C scenario. In the Latin-American region, Olsson et al. [11], developed downscaling climate projections for a Peruvian Region for the period 2051-2080, using RCP 4.5 and 8.5 scenarios. Results of these modeling effort indicates increases in temperature of 3.1 and 4.3 Degrees Celsius respectively, for the two considered scenarios.

The Central American region, being one of the hot spots for climate related disasters, has very limited research on climate change projections. We will mention the most relevant peer reviewed research and some results of case studies.

One of the studies [12] was focused on using a regional model for Central America and Mexico with the aim providing climate change projections for decision making. They report reductions in precipitation in the wet season for the region. The world in order to project the evolution of this important resource and the impact of climate change on it. Hidalgo et al. [13] made a downscaled simulation of runoff climate change for Central America. Utilizing a resolution of 0.5°x0.5°, the results of the simulation indicate that the Central American region will exhibit important decreases in precipitation for the period 2050-2099, as well as increases in droughts.

Simulations based on the RCP4.5 and RCP 8.5 IPCC scenarios were studied by Lyra et al. [14], with the aim of assessing potential changes in biomass within the Central American Region. Results of this study indicate reductions of biomass for both scenarios, with most critical conditions for RCP8.5. On the other hand, Imbach et al. [15] made downscaled projections of Central America with the Eta Regional Climate Model under RCP4.5 scenario, obtaining potential decreases in precipitation up to the year 2050. Finally, the Water Center for the Humid Tropics of Latin America and the Caribbean (CATHALAC)[16], developed an applied research project in Guatemala and the Dominican Republic. The NorESM1-M and the MIROC5 models were utilized, obtaining important reductions in precipitation in the two regions included in the study.

In relation the Isthmus of Panama, most of the information on climate change projections and potential impacts is contained in the three National

Communications to the United Nations Framework on Climate Change [17][18][19]. Fábrega et al. [20] studied hydroclimate projections for Panama, utilizing the MRI-AGCM3.1 model. They found potential increases in precipitation for the period 2075-2099 for the months of may to december.

Since there are important limitations in climate projections in the Republic of Panama, especially at the watershed level, which is critical for better local government decision making, the aim of this study is to estimate climate anomalies at the watershed level in order to project changes in temperature and precipitation, main drivers of climate conditions, as well as its potential effects in the central region of Panama. It is important to empathize that due to the complexity of climate phenomena, the results of the modeling show tendency and not actual predictions.

## 2. Materials and methods

### 2.1 Study area

La Villa river hydrological basin is located at the central part of the Isthmus of Panamá in the Azuero Peninsula. It has an extension of 1,295.45 km<sup>2</sup> with a characteristic elongated shape towards the lowest part of it. The average elevation of the watershed is 135 m (over sea level) and the highest point has an elevation of 957 m. This watershed is located between the provinces of Herrera and Los Santos, and provides water for the most populated and economic growth region from the Azuero Peninsula [21]. Its localization can be observed in figure 1.

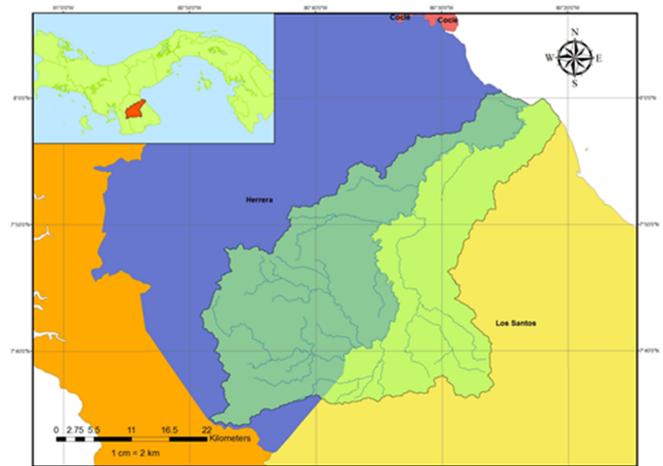
La Villa's weather presents an average annual precipitation of 1785 mm, with 91% of it happening during the months of may to november and 9% between december and april [21]. This corresponds to the wet and dry season typical rainfall regime distribution in the tropics.

In terms of temperature, the average value for this climatic zone is 27 °C. However, lowest temperatures vary from 19 to 21 and, the highest temperatures oscillate between 30 to 34 degrees Celsius [21].

Because of the rise of climate variability and considering its biophysical characteristics (vegetative cover, pronounced slopes in the high basin area and land use capacity available), the more probable effects in the zone will be droughts and flood [17]. The aim of this study is to apply the new set of IPCC scenarios to

determine future climate conditions at the watershed level in one of the regions of Panama.

One of the most vulnerable regions of Panama to climate change impacts is the central part, known as the "Dry Arch" because the annual precipitation in this area is less than one third of that of other areas within the country. La Villa's river basin is in the dry arch. Water resources in this basin are critical for agriculture development and water supply for the region's population [21]. This watershed is under stress due to its significant environmental degradation that evolved in a growing desertification process, as well as the more frequent and extended seven months droughts.



**Figure 1.** La Villa's watershed regional localization map.

### 2.2 Methodology

The study is based on climate change projections from the Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5), published in the Fifth Assessment Report of IPCC (IPCC- AR5). Downscaled projections for the selected models with 1-kilometer spatial resolution were obtained from WorldClim. WorldClim is a dataset of global climate, open access, available for the purposes of modeling climate variables, including, past, present and future projections.

Considering the range of models tested in CMIP5, available WorldClim projection and guidance from the CATHALAC's research project "Water security and climate change", the generated models projections chosen for the study were CNRM-CM5, MIROC5, MRI-CGCM3 y NorESM1-M. CNRM-CM5 is a global circulation model developed in France, while MIROC5

and MRI-CGCM3 are both from Japan. Finally, NorESM1-M was developed in Norway.

Those model's projections were obtained from WorldClim Meteorological Database that allows downloading raster images with a downscaling resolution of 1 km per pixel, in the four RCPs scenarios and historic periods of 2050 and 2070. Another product accessible on WorldClim is a climatological database set which compiles meteorological data from the years 1950 to 2000, necessary to determine climate change anomalies.

With observational data from meteorological stations inside the limits of the watershed, we compared the historical average monthly value against WorldClim's historic baseline period in aims to observe the capacity of reproduction of the climate variables (precipitation, maximum and minimum temperatures) behavior for the region.

For the selection of the meteorological stations, we considered their location inside the limits of the basin and the historic data available for the climatic variables: precipitation, maximum and minimum temperatures. There is a limited number of meteorological stations within the La Villa watershed. In that regard, Los Santos and Macaracas meteorological stations, which have a record of 42 years of continuum information, were used for this study. Los Santos station is in the lower basin, while Macaracas is on the upper basin.

For maximum temperature, it was required to use data from a near station outside the watershed (Divisa station) because inconsistencies were detected for this parameter in Los Santos station.

Finally, in order to extract the values from the raster images (climate change projections and baseline), the ArcGIS software Model Builder application and statistical analysis tools were applied.

### 3. Results

#### 3.1 Baseline analysis

A comparison of the WorldClim baseline information against the meteorological station's data showed that WorldClim represents a good fit to the historical data, since the tendency for monthly average precipitation is similar. However, WorldClim overestimates the historical values by approximately 26% taking into consideration data for both meteorological stations.

With respect to maximum and minimum temperature baseline data from WorldClim reproduced very well the annual behavior of both variables with an underestimation of approximately 2 °C.

#### 3.2 Climate models projections

Because precipitation in the tropics is a very difficult to predict variable, the results obtained from the projections are defined by trends. The general trend observed in the analysis for all the models shows an increase of the rainfall all year long, for 2050 and 2070. However, each one of the models defines a singular pattern of precipitation during a year as shown in figure 2.

From the four models used, MIROC5 shows the extremist wet scenarios, by exceeding the typically expected rainfall value over a hundred percent for some months. On the other hand, MRI-CGCM3, represents the extreme dry scenarios, being the only one that maintains this behavior for the four scenarios including 2050 and 2070. The magnitude of the negative anomalies reaches a value 44% of decreasing precipitation compared to baseline values.

On the other hand, models CNRM-CM5 and NorESM1-M present intermediate scenarios, alternating between positive and negative anomalies with variations within months that surpass 10% of increase or decrease in rainfall.

The Fifth Assessment Report of the IPCC [5] reports annual average precipitation anomalies varying in  $\pm 10\%$  in the tropics. However, they recognized that this variation can be higher if seasonal periods are considered.

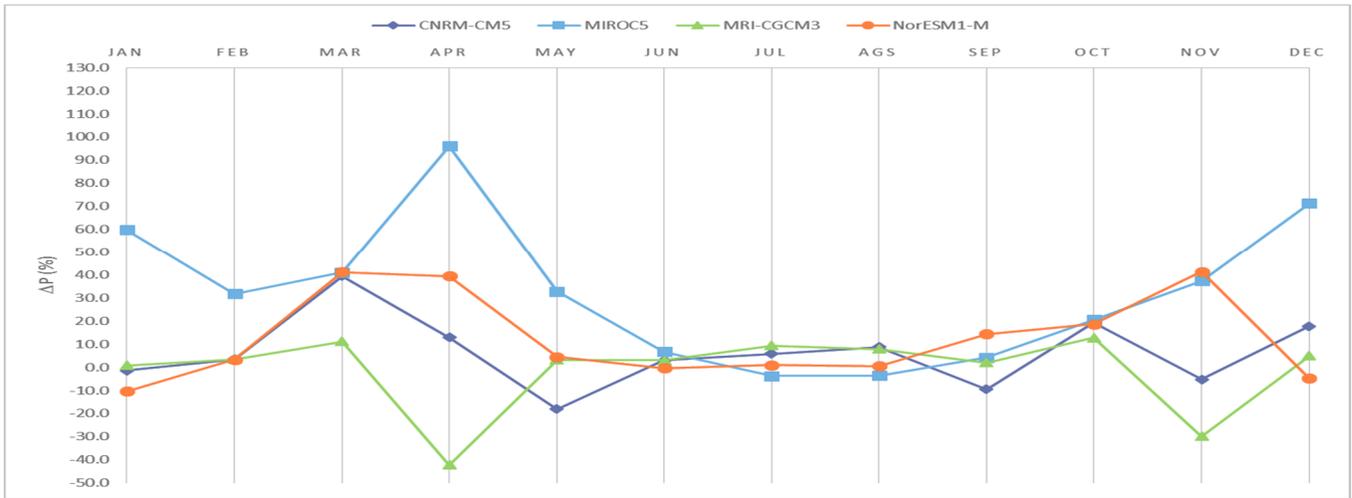


Figure 2. Annual precipitation anomalies for 2050 in RCP 2.6.

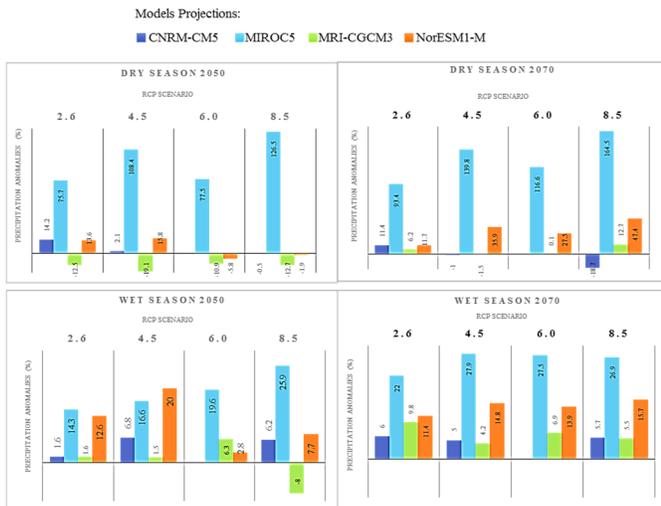


Figure 3. Seasonal precipitation anomalies resume.

La Villa’s rainfall regime has two seasons, first the dry season, which begins in december and last to april, and the wet season that goes to may until november.

In order to see the trend by season, the average anomalies were obtained for the wet and dry season. In this case, precipitation variations present slight differences as compared to the yearly analysis. The results are shown in figure 3.

In both seasons, most of the anomalies tend to be positive, indicating an increase in precipitation throughout the year. Nevertheless, those changes are more accentuated during the wet season than in the dry one.

Those positive anomalies generally vary in a range of 5 to 30 % excluding the over exceeding values presented from MIROC5 model. Meanwhile, negative anomalies reach close to 20% and almost all occurred during the dry season.

In addition, the results indicate a trend of more accentuated positive anomalies for 2070 period than in 2050. This behavior exhibited in models, according to [5], happens due to the increase of temperatures in climate models, results in the increase of precipitation.

In relation to temperature, all four models show a clear trend of increasing temperature by 2050 and 2070. Because the dispersion within models is not significant, the average anomalies are presented in table 1. One of the most relevant features is that average anomalies increase with the scenarios (from RCP 2.6 to RCP 8.5), for both high and low temperatures. Nevertheless, these values are more severe for the minimum temperature values.

Even if in annual average low-temperature changes rise more than for high temperature, the last one shows us that the probability of occurrence of hot days will increase.

In general, changes in temperature range between 2 °C to 3°C, as predicted for the Central American region [5], which also recognizes that by the end of the XXI century changes can reach up to 4°C.

**Table 1.** Temperature anomalies from models' projections

Period	RCP	Maximum temperature (°C)		Minimum temperature (°C)	
		Average	Range	Average	Range
2050	2.6	0.9	0.7-1.2	1	0.8-1.3
	4.5	1.2	0.9-1.6	1.2	1.0-1.7
	6.0	1.3	0.4-2.1	1.1	0.9-1.4
	8.5	1.5	1.2-2.1	1.6	1.3-1.9
2070	2.6	1	0.6-1.4	1	0.7-1.5
	4.5	1.4	1.1-2.0	1.5	1.1-1.9
	6.0	1.5	1.0-1.7	1.5	1.2-1.9
	8.5	2.3	1.8-2.8	2.3	1.9-2.6

#### 4. Conclusion and discussion

Using future climate projections downscaled in a proper resolution as a resource; demonstrate that an acceptable level of detail to assess climate change in smaller areas such as our case of study La Villa River watershed can be obtained.

In this watershed, changes in rainfall estimated by the four models show an annual tendency of increase by the middle and towards the end of the XXI century. Despite the rising amount of rainfall, it does not imply that it would be more water available for consumption. Instead, it is more reasonable to consider an increment in the intensity and frequency of extreme events.

During seasonal periods (dry and wet), average changes in precipitation locate between -20 to +25 % against the typically expected climatology of the period. This supports the probability of an increase of extremes events, drought, and floods, in the dry and wet season respectively.

On the other hand, high and low temperatures according to the four models converge by demonstrating an average increase of 1 to 2 °C, with more severe changes in the southeast part of the basin. In addition, model's projections identify that by the end of the century temperatures will rise over the 3°C.

As mentioned before, La Villa's River watershed current climatic vulnerability and challenges for water management make it one of the priority basins in the country. Therefore, it was necessary to estimate climate change's future influence by using a local scale that could improve the quality of the results.

Besides contributing with scientific climatic information, the most striking aspect in the selection

involved was the use of the latest scenarios presented in the IPCC Fifth Assessment Report: Representative Concentration Pathways (RCP). RCP's are a valuable resource to improve the quality of the predictions of climate models and therefore obtain more accurate climate change projections.

Next steps in this research will be to use the data generated to feed environmental models and obtain the potential effects over hydrological regimen, land use planning, ecosystems functions and economical production.

Advance in Panama's effort on mitigation and adaptation to climate change will require increasing the country's capacity on climate modeling, including human resources and infrastructure. As well as policy makers disposition to invest and turn into sustainable initiatives the information generated with this technology.

#### 5. Acknowledgement

This research was developed due to the incorporation on the international project Water Security and Climate Change for Latin America and The Caribbean, directed by CATHALAC with funding from the International Development Research Center-IDRC.

#### 6. References

- [1] P. Lynch, "The origins of computer weather prediction and climate modeling," *J. Comput. Phys.*, vol. 227, no. 7, pp. 3431–3444, 2008.
- [2] Q. Chao and A. Feng, "Scientific basis of climate change and its response," *Glob. Energy Interconnect.*, vol. 1, no. 4, pp. 420–427, Oct. 2018.
- [3] Z. Zhao, "Are the Projections of Future Climate Change Reliable in the IPCC Reports?" *Adv. Clim. Chang. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 55–56, Mar. 2011.
- [4] Y. Gao, X. Gao, and X. Zhang, "The 2 °C Global Temperature Target and the Evolution of the Long-Term Goal of Addressing Climate Change—From the United Nations Framework Convention on Climate Change to the Paris Agreement," *Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 272–278, Apr. 2017.
- [5] T. F. Stocker et al., "Climate change 2013: The physical science basis." Cambridge University Press Cambridge, 2013.
- [6] D. P. Van Vuuren et al., "The representative concentration pathways: an overview," *Clim. Change*, vol. 109, no. 1–2, p. 5, 2011.
- [7] D.-F. Zhang, Z.-Y. Han, and Y. Shi, "Comparison of climate projections between driving CSIRO-Mk3.6.0 and downscaling simulation of RegCM4.4 over China," *Adv. Clim. Chang. Res.*, vol. 8, no. 4, pp. 245–255, Dec. 2017.

- [8] H. Zheng, F. H. S. Chiew, S. Charles, and G. Podger, "Future climate and runoff projections across South Asia from CMIP5 global climate models and hydrological modelling," *J. Hydrol. Reg. Stud.*, vol. 18, pp. 92–109, Aug. 2018.
- [9] H. Wang, Z. Shao, T. Gao, T. Zou, J. Liu, and H. Yuan, "Extreme precipitation event over the Yellow Sea western coast: Is there a trend?" *Quat. Int.*, vol. 441, pp. 1–17, Jun. 2017.
- [10] J. Chen et al., "Assessing changes of river discharge under global warming of 1.5 °C and 2 °C in the upper reaches of the Yangtze River Basin: Approach by using multiple- GCMs and hydrological models," *Quat. Int.*, vol. 453, pp. 63–73, Sep. 2017.
- [11] T. Olsson et al., "Downscaling climate projections for the Peruvian coastal Chancay-Huaral Basin to support river discharge modeling with WEAP," *J. Hydrol. Reg. Stud.*, vol. 13, pp. 26–42, Oct. 2017.
- [12] A. V Karmalkar, R. S. Bradley, and H. F. Diaz, "Climate change in Central America and Mexico: regional climate model validation and climate change projections," *Clim. Dyn.*, vol. 37, no. 3–4, p. 605, 2011.
- [13] H. G. Hidalgo, J. A. Amador, E. J. Alfaro, and B. Quesada, "Hydrological climate change projections for Central America," *J. Hydrol.*, 2013.
- [14] A. Lyra, P. Imbach, D. Rodriguez, S. C. Chou, S. Georgiou, and L. Garofolo, "Projections of climate change impacts on central America tropical rainforest," *Clim. Change*, vol. 141, no. 1, pp. 93–105, Mar. 2017.
- [15] P. Imbach et al., "Future climate change scenarios in Central America at high spatial resolution," *PLoS One*, vol. 13, no. 4, p. e0193570, Apr. 2018.
- [16] W. C. for the H. T. of L. A. and the Caribbean, "Impacts of climate change on water security and adaptation measures in the watershed of Samala River, Guatemala." p. 36, 2016.
- [17] Panama National Authority of the Environment, "Panama First National Communication on Climate Change to the UNFCCC." 2000.
- [18] Panama National Authority of the Environment, "Panama Second National Communication on Climate Change to the UNFCCC." 2011.
- [19] Panama Ministry of the Environment, "Panama Third National Communication on Climate Change to the UNFCCC." 2018.
- [20] J. Fábrega, T. Nakaegawa, R. Pinzón, K. Nakayama, and O. Arakawa, "Hydroclimate projections for Panama in the late 21st Century," *Hydrol. Res. Lett.*, vol. 7, no. 2, pp. 23–29, 2013.
- [21] Autoridad Nacional del Ambiente, "Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de la Cuenca del Río La Villa, Panama".

# Estudio de percepción social en las vivencias postdesastre, para determinar el nivel de resiliencia y afectación comunitaria en el distrito de La Chorrera, provincia de Panamá Oeste

## Social perception study in the experiences postdisaster, to determine the community resilience and affectation level in La Chorrera, Panama Oeste

Marta Moreno <sup>1\*</sup>, Humberto Álvarez <sup>1</sup>, Angelo Chacón <sup>3</sup>

<sup>1\*, 2</sup> Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

<sup>3</sup> Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

\*Autor de correspondencia: [marta.moreno@utp.ac.pa](mailto:marta.moreno@utp.ac.pa)

**RESUMEN**– La evaluación concreta de la actitud de una población ante el riesgo y con ello el conocimiento es un factor básico en la valoración de su vulnerabilidad general, así como la búsqueda de las bases imprescindibles para poder dotarla de nuevas capacidades de defensa, exige un amplio trabajo de campo de índole interdisciplinaria y, en particular la aplicación de metodologías cualitativas orientadas a la evaluación de experiencias comunitarias encuestas y entrevistas. Por lo tanto parece necesario recabar una información más amplia, que incluya el conocimiento de los problemas generales del grupo y el papel relativo que dentro de estos asignan a la existencia de riesgo; la evaluación que se hace, por parte de los afectados potenciales, de las acciones que emanan de los distintos niveles de la administración, acompañada por la descripción y valoración de su propia acción individual, familiar o de unidad de convivencia; también, por último, conocer el estado de opinión respecto a actuaciones que se estiman pertinentes y la valoración de propuestas ajenas, en el caso que existan. Este artículo presenta un estudio de percepción social en la gestión del riesgo de inundación en un área del distrito de La Chorrera, provincia de Panamá Oeste, que permitirá proponer un plan de acción para elevar y fortalecer la resiliencia comunitaria en este sector, y que el mismo pueda ser implementado en otras áreas de la República de Panamá.

**Palabras clave**– Gestión de riesgo, percepción social, resiliencia comunitaria.

**ABSTRACT**– The assessment of the attitude of a population at risk and thus the knowledge of a basic factor in assessing their overall vulnerability, and the search for the essential foundation to provide it with new defense capabilities requires extensive work field of interdisciplinary nature and in particular the application of qualitative methodologies aimed at assessing community experiences surveys and interviews. It therefore seems necessary to obtain more comprehensive information, including knowledge of the general problems of the group and the relative role within these assigned to the existence of risk; the assessment made, by the potentially affected, actions emanating from the different levels of government, accompanied by the description and assessment of their own individual, family or household unit action; also, finally, to know the state of mind about actions that are considered relevant and evaluation of proposals outsiders, if any. This paper proposes Social Perception study on Flood Risk Management in an area of the district of La Chorrera, Panama, Panama Oeste, which will propose an action plan to increase and strengthen community resilience in this sector, and the same can be implemented in other areas of the Republic of Panama.

**Keywords**– Risk management, social perception, community resilience.

### 1. Introducción

Hay evidencia creciente de que los fenómenos meteorológicos extremos a corto plazo (por ejemplo, lluvias excesivas, calor, viento) son cada vez más frecuentes a nivel mundial, lo que podría provocar efectos negativos (es decir, inundaciones, sequías) y poner en peligro el ecosistema terrestre a largo plazo funcionando y estos aumentos son más evidentes en Norteamérica y Europa en comparación con otros países

ubicados en el hemisferio sur, por ejemplo invierno de 2013–2014 vio niveles excepcionales de lluvia en el Reino Unido conduciendo a inundaciones extremas y prolongadas en muchas áreas bajas con tierras agrícolas que permanecen bajo el agua hasta tres meses y eventos similares han ocurrido en otros países como Estados Unidos en 2011, 2013 y 2014 y quizás el impacto más obvio de las inundaciones prolongadas en los campos agrícolas es el daño a los cultivos donde el suelo se

**Citación:** M. Moreno, H. Álvarez y A. Chacón, “Estudio de percepción social en las vivencias postdesastre, para determinar el nivel de resiliencia y afectación comunitaria en el distrito de La Chorrera, provincia de Panamá Oeste,” *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 1, pp. (90-103), 2020.

**Tipo de artículo:** Original. **Recibido:** 19 julio de 2019. **Recibido con correcciones:** 19 julio de 2019. **Aceptado:** 2 diciembre de 2019.

**DOI:**

**Copyright:** 2020 M. Moreno, H. Álvarez y A. Chacón. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

convierte anaeróbico cuando está saturado de agua, y esto tiene efectos casi inmediatos en la vegetación. Dentro de las 48 h, las plantas comienzan a sufrir privación de oxígeno, lo que provoca una reducción significativa en las tasas de absorción de nutrientes, inhibiendo crecimiento vegetal tanto por encima como por debajo del suelo, por lo tanto podría decirse que lo importante del concepto resiliencia en cualquier contexto es que define la capacidad de enfrentamiento a los cambios y la vuelta a la situación inicial, que por lo general implica adaptación y aprovechamiento incluso creación de mecanismos de superación [1].

Debido a la escasez de inundaciones extremas, se sabe relativamente poco del impacto a largo plazo de inundaciones prolongadas y posterior recuperación. Teniendo en cuenta que se prevé que experimentemos inundaciones más extremas en el futuro, es imperativo que comprendamos estos impactos y, lo que es más importante, cómo mitigar y aliviar el daño que puedan causar. La percepción del riesgo se relaciona con una construcción de pensamiento humano, siendo un resultado social y distinto de acuerdo con los contextos experimentados por individuos o grupos que generan múltiples interpretaciones del evento.

La percepción del riesgo es una herramienta para los servicios de protección civil y otras entidades de seguridad en los procesos de decisiones y acciones, la perspectiva social del riesgo es, sin duda, una importante herramienta en su gestión. La valoración de la percepción social del riesgo de inundación requiere un análisis integrado de los dos sistemas que lo integran, natural (peligrosidad) y el humano (exposición y vulnerabilidad). Hay distintos enfoques sobre la percepción, uno de ellos es el que se refiere a la forma en que un individuo interpreta y valora los posibles efectos y peligros de un riesgo. La percepción social de los episodios naturales otorga grado al impacto que causa un hecho natural de rango extraordinario.

Prevención de inundaciones: aquí se define como la prevención de ríos. Inundaciones, ha sido durante mucho tiempo una ideología universal. Se ha tomado para siempre que no se produzcan inundaciones en los centros urbanos o el desarrollo urbano se verá gravemente impedido. La prevención de inundaciones se logra en gran medida a través de la infraestructura de control de inundaciones (FCI por sus siglas en inglés) que utiliza medidas estructurales, como la canalización, diques, presas y desvío de inundaciones, para modificar la geomorfología e hidrología del río. A menudo retratado

como un ejercicio técnico, la FCI está políticamente cargada y es moralmente significativa porque puede conferir seguridad contra inundaciones para algunos a costa de otros. Por ejemplo, FCI puede empeorar el riesgo de inundación para otros, y mientras esta inundación el riesgo es involuntario, es una imposición previsible. Sin embargo, relativamente poco ha sido discutido cómo las medidas de prevención de inundaciones, como intervenciones para brindar seguridad a ciertos grupos, podrían terminar comprometiendo el bienestar de otros [2].

En lo referido a la gestión de las inundaciones, esto se traduce en facilitar la inclusión de todos los potenciales afectados o interesados en una decisión, ya que los que se ven afectados por una decisión tienen el derecho a participar en el proceso de elección de esa decisión y sabemos que el riesgo de inundación es el resultado de las interacciones entre un peligro natural o antropogénico y las condiciones de vulnerabilidad de la sociedad. Sin embargo, no podemos olvidar que este concepto de riesgo también está configurado por la percepción social que existe de él. La noción sobre la percepción del riesgo de inundación está forjada por los juicios intuitivos que individuos o grupos de individuos hacen al respecto, utilizando para ello información limitada o incierta [2].

En la lista de amenazas naturales más frecuentes, las inundaciones vienen en primer lugar. Aun así, las comunidades urbanas no siempre están dispuestas a aceptar la inundación y hacer frente a las consecuencias.

El nivel de daños causados por las inundaciones y los eventos, el aumento y la función de las medidas estructurales existentes no proporcionan una protección aceptable.

La vulnerabilidad de las comunidades urbanas cobra importancia en el proceso de análisis de posibles estrategias para reducción de riesgos de inundaciones. Por definición, la vulnerabilidad es la medida en que un sistema es susceptible a inundaciones debido a exposición, una perturbación, junto con su capacidad (o incapacidad) para hacer frente, recuperarse o adaptarse, en consecuencia, el concepto de resiliencia está asumiendo un papel principal en este proceso debido al enfoque que está definiendo nivel de perturbación del sistema en su conjunto para mantenerse estable durante y después de la inundación. Aquí, bajo el sistema tanto físico y los componentes sociales están en juego. El término de resiliencia a menudo se deja abierto al debate y no tiene un general o definición consensual, aunque se utiliza cada vez más en la gestión integrada del drenaje urbano, las diversas interpretaciones de resiliencia

reflejan la complejidad de este concepto. Esto dificulta la implementación de resiliencia en la gestión integral del drenaje urbano.

La discusión sobre la resiliencia debe subrayar el término resiliencia especificada con las siguientes preguntas: resiliente de ¿qué? y hasta que nivel? Estamos presentando resiliencia específica en este documento. La resistencia a las inundaciones define nivel aceptable de inundación que el sistema urbano puede tolerar, el sistema puede funcionar durante y después de la inundación [2].

Esto significa que es posible afirmar que el sistema urbano es resistente a los procesos de inundación. Hasta cierto nivel, los sistemas urbanos resistentes y las comunidades urbanas, deben tener la capacidad de aceptar, resistir, recuperarse y aprender de la capacidad de los sistemas urbanos y las comunidades, donde la misma se mejora en cada parte de la gestión del riesgo de inundaciones, cubriendo acciones relacionadas con la preparación, respuesta y recuperación. Dentro de esta investigación los cinco elementos de gestión del riesgo de inundación se desarrollan: reflejo, alivio, resistencia, respuesta y recuperación. Estos nuevos elementos donde, por lo tanto, estas nociones varían en la sociedad de acuerdo a diversos factores, como serían sus distintos niveles de conocimiento sobre el peligro (experiencias vividas en relación a anteriores episodios de inundación, nivel de educación e información recibida, etc.) o su ubicación geográfica y composición demográfica respecto a muchos otros.

En los últimos años, la percepción de riesgo se ha convertido en un tema importante para los tomadores de decisión relacionados con la gestión de riesgos, en la medida que su conocimiento dirige el desarrollo de estrategias de mitigación eficaz y eficiente. La percepción del riesgo es una herramienta para los servicios de protección civil y otras entidades de seguridad en los procesos de decisiones y acciones [3].

Es así como comprende que la inclusión de la comunidad en un enfoque reformado de la gobernanza del riesgo, propendería a aumentar una conciencia de relación con gobiernos locales y otras partes interesadas, posibilitando la elaboración de acciones en conjunto que brindan un bienestar colectivo. Un ejemplo de ello son las comunidades urbanas organizadas y las redes conjuntas entre gobierno y comunidades que se han desarrollado en las Filipinas.

Estas comunidades participan tanto en los procesos de identificación y priorización de las ayudas post

catástrofes como también en el destino y utilización de los materiales entregados para vivienda y otros usos [3].

## 2. Revisión del estado del arte

Según la bibliografía revisada, existe en Panamá, el Marco Nacional de Recuperación de Panamá, en unos de sus contextos en respuesta a esta situación, los países de la región han dado importantes avances impulsados por el Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres en América Central (CEPRENAC): la formulación de la Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgos (PCGIR, 2010), los correspondientes planes nacionales, y la implementación de diversos programas de gestión de riesgos de desastres de carácter regional, nacional y local. Sin embargo, a pesar de estos avances se reconoce que existen todavía temas pendientes que abordar, entre ellos la gestión de procesos de recuperación.

En ese sentido, la Cumbre de Presidentes Centroamericanos de 2011 desarrollada, adoptó como prioridad la necesidad de fortalecer las capacidades institucionales y organizativas en la temática de recuperación postdesastre.

Es así que CEPREDENAC, con el apoyo técnico de la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres (UNISDR) y el financiamiento de la Agencia Australiana de Cooperación Internacional (AUS-AID), vienen apoyando la formulación de los marcos de recuperación en cada uno de los países de la región. Bajo esta condición, el presente Marco Nacional de Recuperación de Panamá se ha trazado el siguiente objetivo: “Orientar la intervención de instituciones públicas y privadas de manera organizada sectorial y territorialmente en procesos de recuperación post-desastre, atendiendo integralmente las necesidades y prioridades de la población de la zona afectada, y asegurando que no se regeneren las condiciones de riesgo y que se promuevan dinámicas más seguras de desarrollo”.

Para ello, al interior de la Plataforma Nacional de Gestión Integral de Riesgo de Desastres (PNGIRD), se ha desarrollado un proceso participativo de análisis del problema y de las capacidades institucionales, de definición de tareas y de responsabilidades, y de diseño de mecanismos de coordinación para la recuperación de las zonas afectadas.

Bertilsson et tal definió objetivos concretos para alcanzar un estado de resiliencia a las inundaciones y evaluar su progreso, con el modelo matemático

denominado S-FRESI en donde se consideraron diferentes variables y conjeturas de interés [4].

Sarmah et tal diseñaron una propuesta de un sistema de prevención y mitigación de inundaciones en la cuenca Bharalu ubicada en la rivera Bharalu en la India [5].

Tingsanchali et tal realizaron un estudio sobre las áreas vulnerables a inundaciones en Bangkok con el fin de sustentar un plan de resiliencia propuesto en conjunto con las autoridades [6].

Kuei-Hsien sustenta un paradigma alternativo de adaptación a las inundaciones, que trata de prevenir daños cuando se producen inundaciones y permite que las inundaciones ingresen a la ciudad y se basa en los trabajos de campo con las inundaciones en el delta del Mekong de Vietnam en dos aldeas, Vinh An y Ha Bao, donde la inundación es mayormente inofensiva debido a la experiencia de estas vivencias, las cuales aportan beneficios desarrollando una capacidad de respuesta ante inundaciones, de una manera más rápida enfocada hacia el área urbana [7].

Vazquez-González et tal, estimaron el valor económico de la prevención de inundaciones provisto por los humedales costeros. Cuantificaron la pérdida de capacidad de retención de agua como función de pérdida de humedales y estimaron el costo económico de las inundaciones para los hogares conurbación Veracruz-Boca del Río-Medellín en Veracruz, México donde se utilizó para evaluar estos parámetros durante las inundaciones causadas por el huracán Karl en 2010 [8].

Cai et tal formularon un estudio que utilizaron la dinámica de usó de la propiedad de simulación de un autómatas celular para avanzar más en el enrutamiento por inundación, donde se consideraron varios parámetros de interés sobre la inundación y desarrollaron un modelo matemático basado en un autómatas celular, además un caso numérico de propagación analizando esta inundación en un área de la parte baja del río Yangtze, utilizando los modelos de paso fijo y paso variable con el fin de enrutar las vías de las inundaciones [9].

Galderisi et tal, estudiaron el caso de la inundación ocurrida en la municipalidad de Benevento en Italia en donde se propusieron en el documento las áreas vulnerables y deficientes que están presentes en el área[10].

## 2.1 Justificación

En la última década, el Gobierno de Panamá realizó ocho declaraciones de emergencia de alcance nacional/regional. En diciembre de 2010, prolongadas precipitaciones provocaron serias inundaciones,

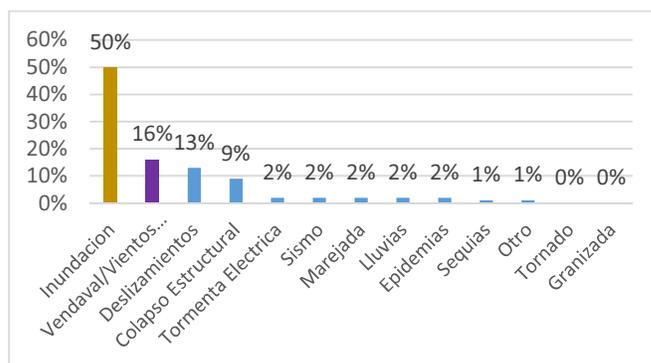
impactaron seriamente al país y llevaron a declarar la emergencia nacional.

Estas inundaciones dejaron a gran parte de la ciudad de Panamá sin agua potable por semanas y obligaron al cierre del tránsito en el Canal de Panamá.

La asignación de fondos por sector para la respuesta y rehabilitación después de estas inundaciones superó la cifra de US\$ 149 millones.

Como podemos observar las inundaciones, vendavales y los deslizamientos son las amenazas naturales más frecuentes (ver figura 1).

En este sentido, inundaciones, vendavales y los deslizamientos agrupan el 79% de todos los eventos reportados en la base de datos del Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DesInventar entre 1929 y 2015), (ver figura 1).



**Figura 1.** Estadísticas de amenazas naturales en Panamá (1929-2015).

**Fuente:** Base de datos del Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DESINVENTAR).

En este escenario, Panamá al igual que cualquier otro lugar del mundo no puede considerarse exento de tener que enfrentar situaciones indeseables más graves que las descritas en el párrafo anterior. Y en estos casos donde se han ameritado planes de contingencia por parte del gobierno, así como de otras organizaciones, han quedado descubiertos puntos críticos acerca de la organización y la comunicación entre los actores institucionales que participan en ellas, lo que afecta de manera directa el objetivo primordial de la logística humana, como es la recuperación de las personas afectadas.

Recientemente en el mes de septiembre de 2015, la dirección de Gestión Social de la Alcaldía de Panamá, a través de su equipo de trabajadoras sociales contabilizó mediante censo un aproximado de 25 casas con afectaciones en el corregimiento de Juan Díaz, provocadas por las inundaciones originadas por el

torrencial aguacero del día jueves 10 de septiembre de 2015. (Redacción de TVN noticias 11/9/2015).

En el mes de octubre de 2015, 200 familias afectadas por inundaciones a causa de los oleajes en el Corregimiento de Puerto Caimito, Distrito de La Chorrera. (Redacción de TVN noticias 11/9/2015).

El motivo de elegir el caso de estudio en La Provincia de Panamá Oeste del Distrito de La Chorrera, ha sido por algunos escenarios de inundaciones en los periodos de 1996, 2003, 2006, 2012, afectando aproximadamente 3,699 personas, según informe suministrado por el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) de Panamá Oeste, y algunas estadísticas recopiladas del Sistema de Inventario de Efectos de Desastre (DESINVENTAR).

Esta investigación tuvo como objetivo realizar un análisis de las vivencias postdesastre, a los afectados en las inundaciones del pasado 25 de noviembre de 2012, en el Distrito de Panamá Oeste, que ocasionaron aproximadamente 1,800 personas damnificadas de las áreas de los corregimientos de Barrio Colón, Barrio Balboa, El Coco, Mastranto Final, Puerto Caimito a través de un estudio de percepción social, que nos permita comparar el plan de recuperación postdesastre que actualmente existe en Panamá, y nos sirva como guía proponer un plan de acción, que fortalezca la resiliencia comunitaria en ese sector y sirva como referencia para otros sectores de la Provincia de Panamá y colaborar con la aplicación de las políticas que tienden al mejoramiento de la gestión de riesgo y el desarrollo sostenible en las áreas de vulnerabilidad a los desastres.

Daños causados por las inundaciones del pasado 25 de noviembre de 2012, en el distrito de La Chorrera, (ver figuras 2, 3, 4).



**Figura 2.** Fotografía de la inundación en Mastranto Final, La Chorrera - 2012

**Fuente:** Archivos del Municipio de La Chorrera.



**Figura 3.** Fotografía de la inundación en el Trapichito, La Chorrera - 2012

**Fuente:** Archivos del Municipio de La Chorrera.



**Figura 4.** Fotografía de la inundación en La Barriada Los Flamings, La Chorrera - 2012

**Fuente:** Archivos del Municipio de La Chorrera.

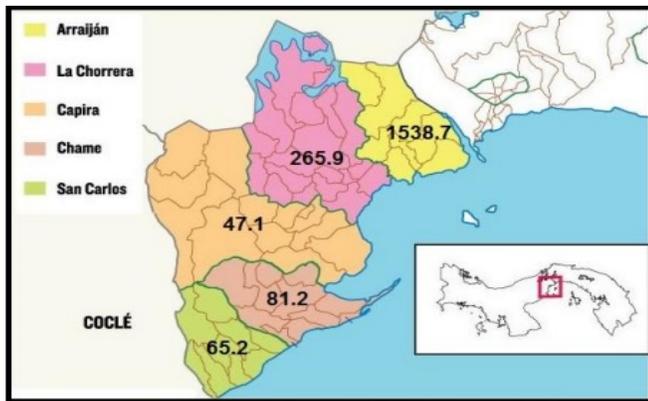
### 3. Metodología

#### 3.1 Descripción del área de estudio

Panamá Oeste es una de las diez provincias de Panamá, creada el 1º de enero de 2014 a partir de territorios segregados de la provincia de Panamá, ubicados al oeste del Canal de Panamá. Está conformado por cinco distritos: Arraiján, Capira, Chame, La Chorrera y San Carlos; y un total de 58 corregimientos. Su capital es el distrito de La Chorrera.

Limita al norte con la provincia de Colón, al sur con el océano Pacífico; al este con la provincia de Panamá y al oeste con la provincia de Coclé.

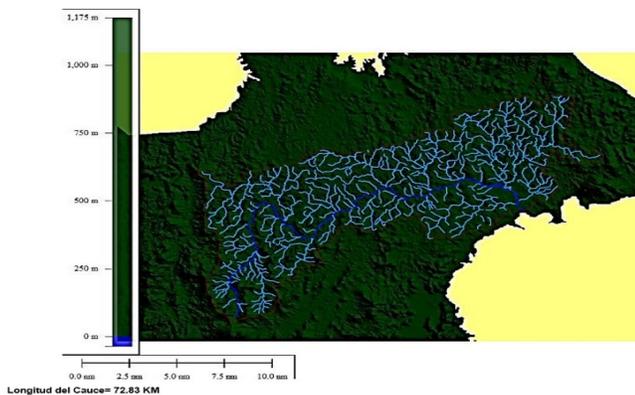
Cuenta con una extensión territorial de 2467.1 Km<sup>2</sup>, para una población estimada en el 2014 de 518,013 habitantes y una densidad poblacional de 210 hab./Km<sup>2</sup> siendo una de las más altas a nivel nacional. El Distrito de Arraiján el de mayor densidad (1538.7 hab./Km<sup>2</sup>) y Capira el de menor densidad (47.1 hab./Km<sup>2</sup>). (Ver figura 5).



**Figura 5.** Densidad de población de Panamá Oeste, año 2014. **Fuente:** Sistema Regional de Salud Panamá Oeste. Departamento de Registros y Estadística de Salud.

### 3.1.1 Localización de la cuenca

La cuenca del río Caimito, cuenca 140, cuenta con una extensión de 509 km<sup>2</sup> cuyo río principal es el río Caimito con una longitud de 72.83 Km y un perímetro de 185. 75 Km. Sus afluentes más importantes son: el río Aguacate con sus afluentes río Cáceres, San Bernardino y Potrero, en el distrito de Arraiján. En el distrito de la Chorrera se tienen afluentes importantes como son: Río Congo, Río Caimitillo y Río Martín Sánchez, (ver figura 6).



**Figura 6.** Cuenca del río Caimito, cuenca 140, cuenta con una extensión de 509 km<sup>2</sup> cuyo río principal es el río Caimito con una longitud de 72.83 Km. **Fuente:** Ing. Manuel Arcia.

En el distrito de Capira, donde tiene el nacimiento el Río Caimito, el principal afluente es el Río Caimitillo, lo demás lo constituyen quebradas de menor importancia. La cuenca del río Caimito ocupa gran parte de los distritos de La Chorrera, Arraiján y una pequeña porción del distrito de Capira. De los tres distritos, el de La Chorrera es el que tiene el mayor territorio, seguido del

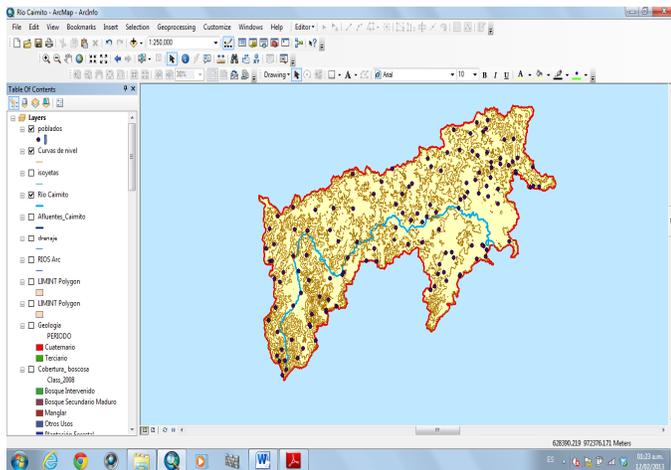
distrito de Arraiján y en menor proporción el distrito de Capira (ver figura 7).

El distrito de La Chorrera, a pesar de ocupar el mayor territorio de la cuenca del río Caimito, la población se encuentra concentrada en la ciudad de La Chorrera. Aquí los corregimientos urbanos como Barrio Colón, Balboa y el Coco poseen la más alta densidad, alcanzando cifras que superan también los 1000 habitantes por kilómetro cuadrado (ver figura 6).



**Figura 7.** Corregimientos dentro de la cuenca del Río Caimito **Fuente:** Ing. Ricardo De León.

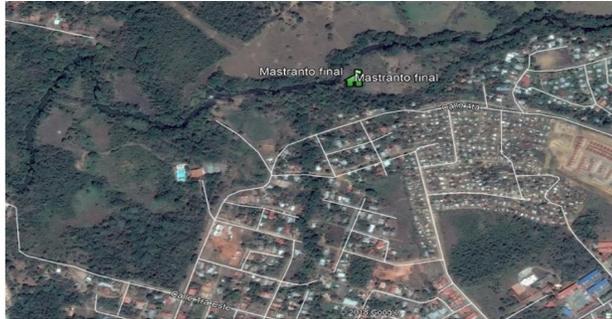
Según el artículo 23 de la ley 1 del 3 de febrero de 1994, establece lo siguiente: Queda prohibido el aprovechamiento forestal; el dañar o destruir árboles o arbustos en las zonas circundantes al nacimiento de cualquier cauce natural de agua, así como en las áreas adyacentes a lagos, lagunas, ríos y quebradas. Esta prohibición afectará una franja de bosques de la siguiente manera: Las áreas que bordean los ojos de agua que nacen en los cerros en un radio de doscientos (200) metros, y de cien (100) metros si nacen en terrenos planos. Para este análisis utilizamos la cobertura de poblados al cual se le establece un buffer con un corredor de 100 metros para verificar viviendas que se encuentran en esta área (ver figura 8).



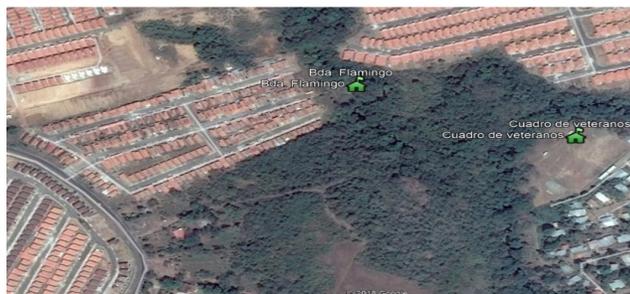
**Figura 8.** Poblados que están establecidos dentro de la cuenca del Río Caimito.  
**Fuente:** Ing. Ricardo De León.

### 3.1.2 Ubicación del área de estudio

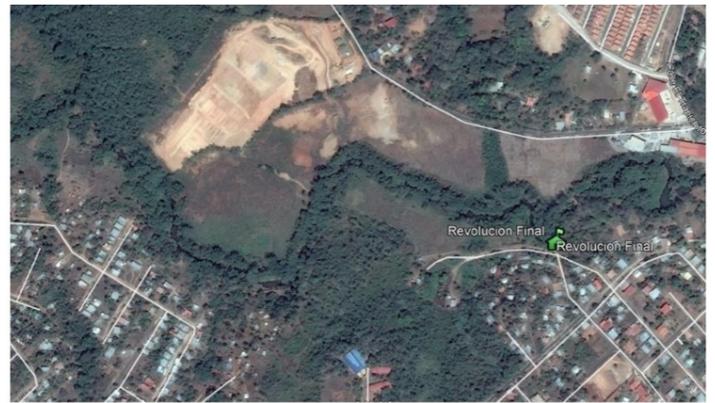
Mastranto final, ubicado en el corregimiento de Barrio Colón, distrito de La Chorrera, es uno de los sitios de estudio que fueron más afectados por esta inundación, con 114 casas afectadas y un total aproximadamente de 470 personas afectadas (ver figura 9).



**Figura 9.** Ubicación satelital del área de Mastranto final  
**Fuente:** Lic. Italo Biancheri.



**Figura 10.** Ubicación satelital de la barriada Flamingo y el Cuadro de Veteranos ubicados en el corregimiento de Barrio Balboa, distrito El Trapichito.  
**Fuente:** Lic. Italo Biancheri.



**Figura 11.** Ubicación satelital del área de Revolución Final ubicado en el distrito del El Trapichito, Corregimiento de Barrio Balboa.  
**Fuente:** Lic. Italo Biancheri



**Figura 12.** Ubicación del Puerto Caimito, distrito de Puerto Caimito.  
**Fuente:** Lic. Italo Biancheri.

El estudio de la percepción del riesgo involucra un examen de conciencia de las personas, en base a sus emociones y comportamiento con respecto a las amenazas. Para este estudio se desarrolló una metodología mixta que combina aspectos cualitativos y cuantitativos y se aplican una técnica complementaria de recolección de datos: a) encuestas a los residentes de las zonas expuestas a las inundaciones.

El análisis de los aspectos perceptivos del riesgo se realizará por medio de encuestas. La finalidad de estas se centra de manera sistemática y ordenada en obtener información sobre variables que intervienen en la percepción de riesgos naturales. El cuestionario está formado por tres secciones: (1) Contexto general de la Comunidad (2); Descripción y evaluación del riesgo; (3) Preparación y respuesta ante el riesgo. Las encuestas

intentarán determinar cuáles fueron las vivencias que tuvieron los moradores después del desastre y su percepción social que tuvo la comunidad afectada.

De acuerdo con la información recolectada la única estación disponible en la zona con datos de Temperatura

y Precipitación corresponde a la Estación Caimito, ubicada en Panamá. Los datos disponibles para evaluar la precipitación se relacionan en la tabla 1.

Como se puede observar el año con menor precipitación fue el 2002 con solo 175,3 mm al año y el

**Tabla 1.** Precipitación Pluvial - Estación Caimito

Provincia y Estación	Precipitación Pluvial en Centímetros													
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Promedio	
Panamá														
Caimito	1139,4	1591,1	1527,2	812,4	877,7	596,8	601,8	686,2	175,3	708,7	1399,9	708,7	902,1	

valor máximo se registró para el año 1995 con 1591,1 mm al año. Las precipitaciones en el área de estudio son generalmente de tipo convectivas y orográficas. Las corrientes marinas con altas temperaturas favorecen el calentamiento y evaporación de las aguas. A medida que el aire cargado de humedad, proveniente del Océano Pacífico, se traslada tierra adentro sobre la cuenca, las masas de aire se encuentran con las montañas ubicadas en la parte alta de las cuencas ocasionando precipitaciones.

El régimen pluvial o de precipitación del área de estudio pertenece a la vertiente del Pacífico, caracterizada por una notable precipitación entre los meses de mayo a noviembre. Las lluvias suelen ocurrir durante el día

### Elección del tipo de muestreo

Hemos utilizado el muestreo probabilístico por conglomerado, ya que hay situaciones en los cuales la población está conformada por conglomerados que son grupos de individuos que tienen la particularidad de estar muy cercanos unos a otros, cuando establecer una lista de todos los individuos resulta muy difícil o cuando una selección aleatoria de estos implicara tener observaciones que podrían quedar muy distantes una de otras, lo que resultaría muy costoso, es posible seleccionar primero conglomerados, en forma aleatoria, y dentro de estos a los individuos de interés para el estudio. Si los individuos son heterogéneos dentro del conglomerado se observan varios o todos sus componentes, de lo contrario si son muy homogéneos basta con pocas observaciones.

### Preparación del marco de muestreo

Actualmente se cuenta con una data en Excel de todos los afectados en las inundaciones del pasado 25 de

noviembre de 2012, en el Distrito de Panamá Oeste, que ocasionaron aproximadamente 1,800 personas damnificadas de las áreas de los corregimientos de Barrio Colón, Barrio Balboa, El Coco, Mastranto Final. (Sistema Nacional de Protección Civil de Panamá Oeste, 2012).

### Determinación del tamaño de la muestra

Elegido el esquema de muestreo, ahora es necesario determinar aspectos referentes a la muestra, en particular su tamaño y su procedimiento de selección.

Como contamos con una data suministrada por el (Sistema Nacional de Protección Civil de Panamá Oeste, 2012), presente en la tabla 1. en donde nos indican la cantidad de personas damnificadas por vivienda, para que la muestra fuera más representativa se hizo el estudio a través de una muestra de todas las viviendas que fueron afectadas por la inundación el pasado 25 de noviembre de 2012, por sector, además de contener dicha muestra se hace una referencia en cuanto al margen de error de la encuesta.

### Cálculo del tamaño de la muestra conociendo el tamaño de la población

La fórmula que utilizamos para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente:

En donde,

$$n = \frac{NZ_a^2pq}{d^2(N-1) + Z_a^2pq}$$

N = tamaño de la población (1,812)

Z<sub>a</sub> = nivel de confianza, (1.96)

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada (0.05)

q = probabilidad de fracaso (0.5)

d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción)  
 Nivel de confianza = 95%;  
 Error de la medida = 1.309522%;  
 Proporción esperada = asumamos que puede ser próxima al 5%; si no tuviese ninguna idea de dicha proporción utilizaríamos el valor p = 0.5 (50%) que maximiza el tamaño muestral.

A continuación, se muestra el cálculo para determinar el tamaño de la muestra de toda la encuesta.

$$n = \frac{(1812)(1.96)^2(0.05)(0.5)}{(0.01309522)^2(1812 - 1) + (1.96)^2(0.05)(0.5)}$$

$n = 428$

**Tabla 2.** Informe preliminar de las casas y personas afectadas en el año 2012 en las inundaciones en La Chorrera, provincia de Panamá Oeste

Lugar	Casas Afectadas	Cálculo del tamaño de la muestra	Personas Afectadas
La Goyita	4	3	18
Moisés Castillo	7	6	26
El Limón	15	14	58
Mastranto Final	114	103	470
El Campesino	34	32	130
El Trapichito	21	20	89
Cuadro Veterano	4	3	14
Puente Velásquez	21	20	87
Revolución Final	60	56	268
Naos La Riviera	32	31	129
El Coco Raudal No.2	7	6	27
Sta. Rita	22	21	56
Obaldía	13	12	56
Bda. Flamingo	48	45	184
Puerto Caimito	60	56	200
<b>Total</b>	<b>462</b>	<b>428</b>	<b>1812</b>

Se detallan los cálculos de la muestra de las viviendas afectadas por las inundaciones, en 15 lugares, del Distrito de La Chorrera, Provincia de Panamá Oeste. Se encuestaron 428 viviendas afectadas, por las inundaciones para poder tener una confiabilidad del 95%.

**3.2 Estudio de factibilidad**

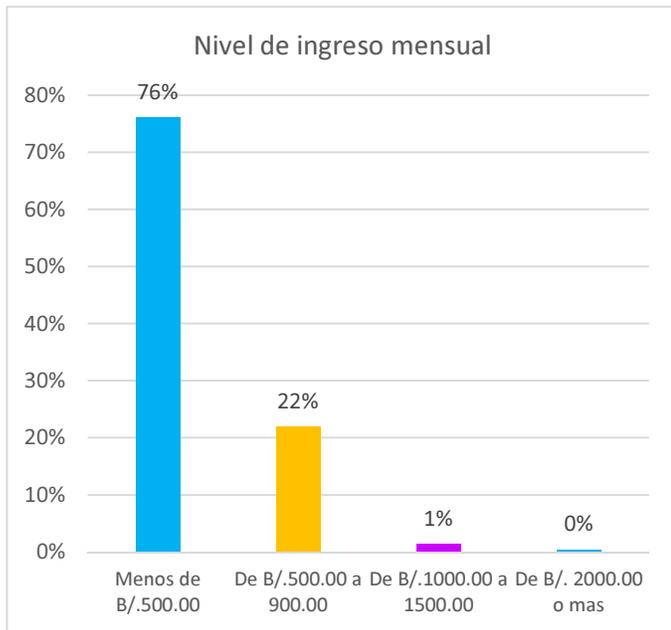
Para poder resolver este modelo utilizamos el programas informáticos SPSS (es un programa estadístico informático muy usado en las ciencias sociales y las empresas de investigación de mercado. Originalmente SPSS fue creado como el acrónimo de Statistical Package for the Social Sciences, aunque también se ha referido como "Statistical Product and Service Solutions" (Pardo, A., & Ruiz, M.A., 2002, p. 3). Sin embargo, en la actualidad la parte SPSS del nombre completo del software (IBM SPSS) no es acrónimo de nada.

**4. Resultados**

Una vez realizado el estudio y el análisis correspondiente, los resultados obtenidos los clasificamos de la siguiente manera. Los siguientes gráficos corresponden a la tabulación de las encuestas que han sido respondidas por los participantes. Los datos que se han extraído de estas encuestas, corresponden al contexto general de la comunidad, descripción y evaluación del riesgo y preparación y respuesta.

**5. Contexto general de la comunidad**

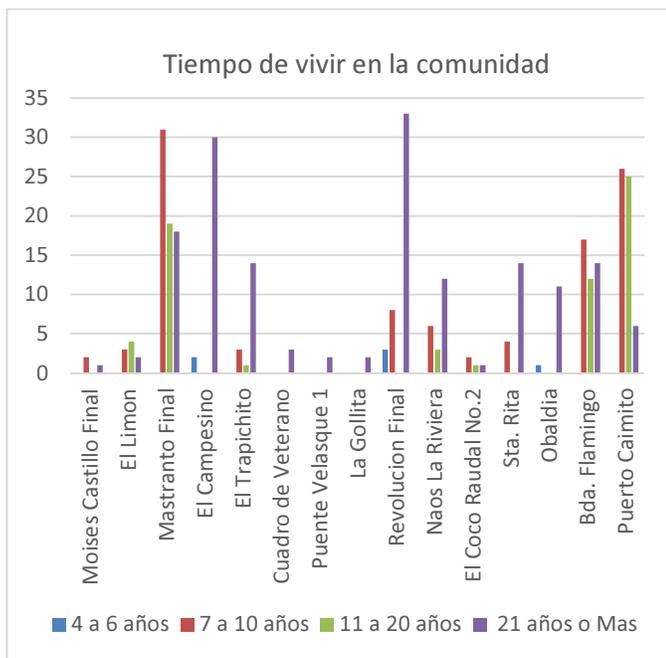
En relación a la pregunta cuál es su nivel de ingreso familiar mensual: en la figura 10, se señala que el 76% de los encuestados respondieron menos de 500.00, el 22% de 500.00 a 900.00 y el 1% de 1000.00 a 1500.00. En la figura 11, muestra el tiempo que tienen las personas de vivir en las áreas inundables, pudimos observar que la mayoría de las personas en cada comunidad tiene más de 11 años de vivir en esa comunidad. En la figura 12, el 78% de los encuestados respondieron que tienen conocimiento de vivir en un área inundable, el 13% contesto que No y el otro 10% contestó que no sabe.



**Figura 10.** Nivel de Ingreso Mensual.  
**Fuente:** Los autores.



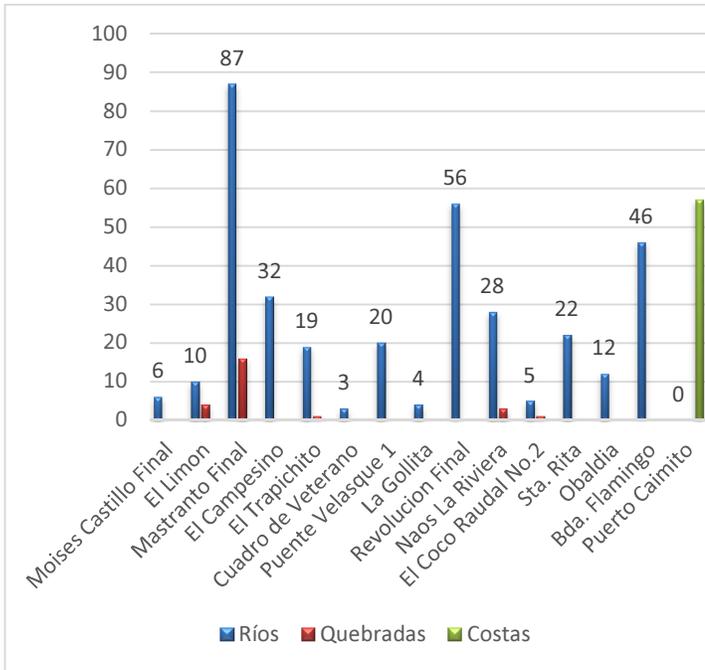
**Figura 12.** Tienen conocimiento si su propiedad está ubicada en una zona de inundación.  
**Fuente:** Los autores.



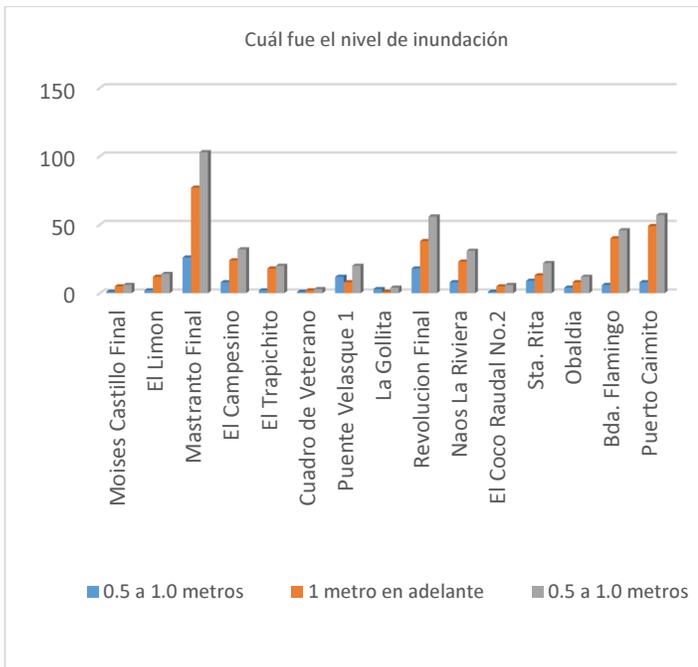
**Figura 11.** Tiempo de vivir en la comunidad.  
**Fuente:** Los autores.

## 6. Descripción y Evaluación del Riesgo

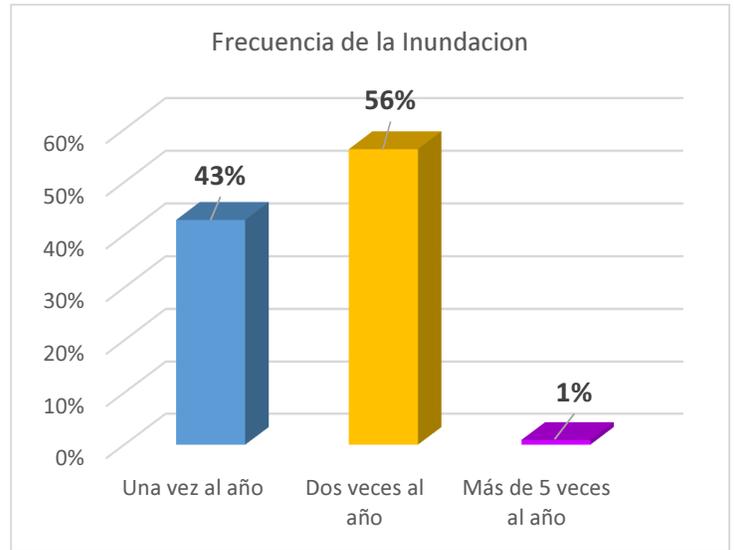
En relación a la pregunta cuál es su nivel de ingreso familiar mensual: En relación a la pregunta cuál fue el evento de esta inundación, en la figura 13 podemos observar que, en la mayoría de los moradores de La Goyita, Moisés Castillo, El Limón, Mastranto Final, El Campesino, El Trapichito, Cuadro Veterano, Puente Velásquez, Revolución Final, Naos La Riviera, El Coco Raudal No.2, Sta. Rita, Obaldía, y Bda. Flamingo respondieron que el evento de la inundación fue causado por un río, en excepto los moradores de Puerto Caimito manifestaron que el evento de la inundación, fue provocado por la costa. En cuanto a la pregunta cuál fue el nivel de la inundación, en la figura 14 muestra que la mayoría de las respuestas coincidieron en todas las comunidades en donde el nivel de la inundación alcanzo en su mayoría 0.5 a 1 metro en adelante y en la figura 15 el 56% manifestaron que la frecuencia de inundación es de 2 veces al año, el 43% manifestaron que es de una vez al año el 1% más de 5 veces al año.



**Figura 13.** Lugares en donde se encuestó de dónde provino la inundación.  
**Fuente:** Los autores.



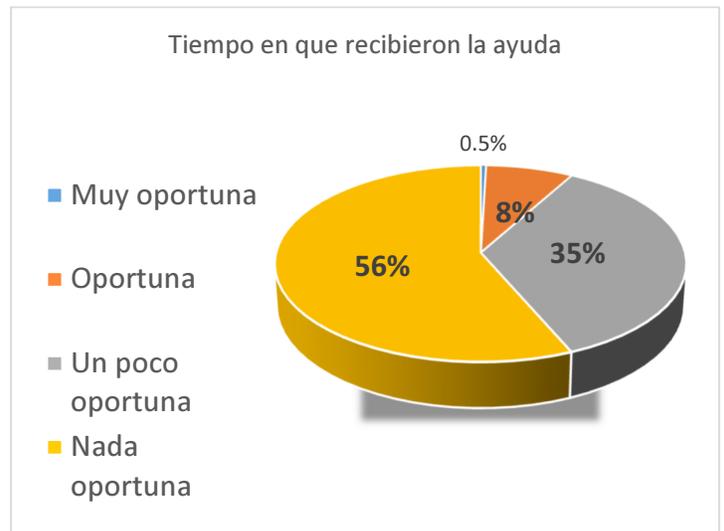
**Figura 14.** Encuesta en donde se preguntó hasta dónde fue el nivel de agua producto de la inundación.  
**Fuente:** Los autores.



**Figura 15.** Encuesta en donde se determinó la frecuencia de las inundaciones.  
**Fuente:** Los autores.

## 7. Preparación y respuesta

En la figura 16 el 56% de los moradores encuestados manifestaron que la ayuda recibida al momento de la inundación no fue nada oportuna, el 35% manifestó que fue un poco oportuna, el 8% que fue oportuna y 0% muy oportuna.



**Figura 16.** Encuesta en donde se realizó la pregunta del nivel de respuesta percibida por parte de las autoridades en el área del desastre.  
**Fuente:** Los autores.

En relación a la pregunta, “considera usted que las autoridades han tomado las medidas necesarias para minimizar los riesgos de inundación”, en la figura 17 pudimos observar que el 87 % de los moradores manifestaron que las autoridades No han tomado las medidas necesarias para minimizar esta inundación y el 13 % manifestaron que Sí.



**Figura 17.** Encuesta en donde sustentaron si las autoridades tomaron medidas oportunas en el área del desastre.

**Fuente:** Los autores.

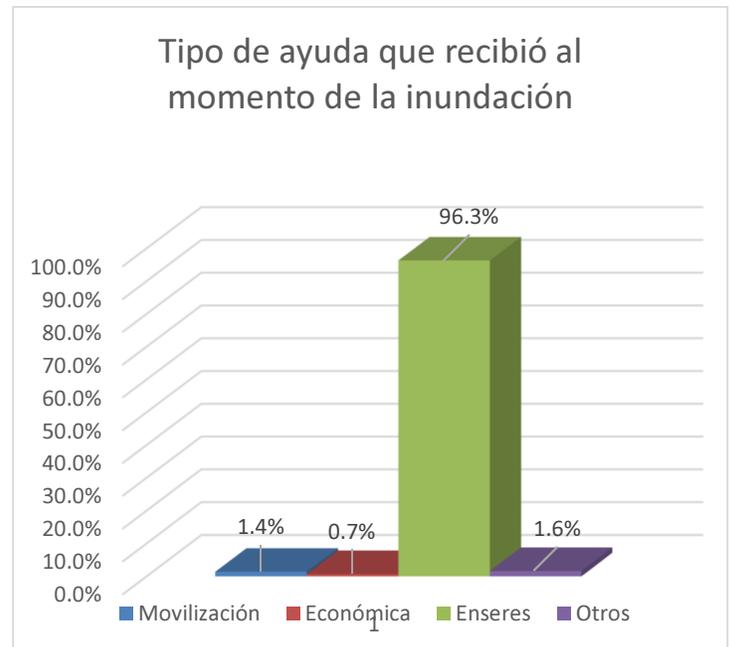
Como podemos observar en la figura 18, el 89% de los moradores respondieron que no se les ha capacitado para enfrentar las inundaciones, y el 11% restantes respondieron que sí. El resultado de esta encuesta expresa el desinterés por las autoridades sobre el tema de las inundaciones, la cual no hace algo al respecto para minimizar las mismas.



**Figura 18.** Encuesta en donde se determinó el nivel de capacitación de la comunidad.

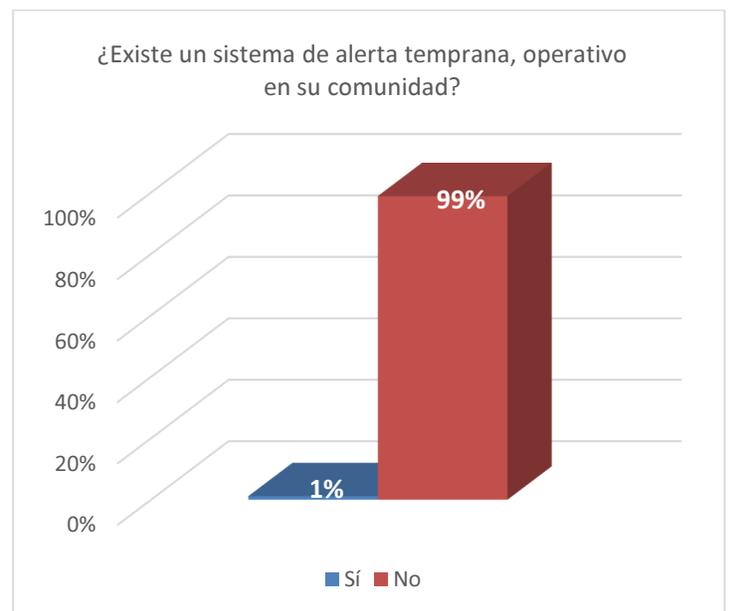
**Fuente:** Los autores.

En cuanto al tipo de ayuda recibida en el momento del desastre en la figura 19, el 96.3% de los moradores manifestaron haber recibido en su gran mayoría enseres.



**Figura 19.** Encuesta en donde se preguntó acerca del tipo de ayuda recibida en el momento del desastre.

**Fuente:** Los autores.



**Figura 20.** Encuesta sobre un sistema de alerta temprana en el área afectada.

**Fuente:** Los autores.

En la figura 20 se sustenta que la falta de un sistema de alerta temprana en sus comunidades, los moradores tienen desconocimiento en cuanto el riesgo de una inundación inminente, tomando en cuenta el peligro de la situación para entonces inmediatamente realizar una evacuación oportuna ante el desastre, en este caso una inundación.

Tomando en cuenta todas las figuras anteriores, con relación a un análisis en función de las personas con respecto con la ayuda recibida, se consideró que la ayuda proporcionada por el personal del Sistema de Protección Civil fue de rescate, limpieza y suministros, tomando en cuenta que las condiciones del lugar no se propiciaron para una asistencia inmediata, debido a que la inundación bloqueó y dejó incomunicada las vías de tránsito habitual.

**8. Conclusión**

La percepción social de los riesgos naturales es producto de muchos factores como el resultado del universo social y grado de conocimiento de situaciones similares. Se ha observado en la muestra estudiada en el artículo que las personas que pasan por dificultades debido a efectos de fenómenos naturales, como por ejemplo las inundaciones, son más conscientes en relación a las acciones que debemos tomar respecto al medio ambiente. La experiencia con el riesgo, esto es, la vivencia de algún episodio extremo en fecha reciente, es el factor de mayor correlación con la percepción del riesgo, en la muestra estudiada.

Mediante una encuesta realizada como sujeto de estudio a los moradores de la cuenca del río Caimito, en donde se determinaron las siguientes deficiencias sustentadas por dichas personas:

- Deficiencia en la ayuda por parte de las autoridades.
- Deficiencia en la capacidad de hacer frente a las inundaciones por medio de capacitación.
- Deficiencia de un sistema de alerta temprana presente en el área afectada.

Dicho todo anterior se determinó que las personas en el área afectada no tienen capacitación ni conocimiento alguno sobre cómo hacer frente a las inundaciones, por lo tanto, se considera que no existe resiliencia alguna por parte de la población. Aunado a esto se expresó que la ayuda de las autoridades no fue nada oportuna, y tomando en cuenta eso se sustenta también que no existe un sistema de alerta temprana donde dichas personas no

tienen una referencia o aviso cuando van a ocurrir algunos de estos desastres, poniendo en riesgo no solo la integridad física y la vida de esas personas sino también sus bienes.

**8.1 Recomendaciones**

**Tabla 3.** Esquema de acción postdesastre

Desastre/emergencia	Postdesastre	
	Recuperación	Desarrollo
Movilizar ayuda financiera como garantías y créditos a largo plazo	Financiar programas de rehabilitación y de alimentos por trabajo	Incluir actividades de GRD en la planificación del desarrollo
Declarar desastres y estado de emergencia	Establecer fondos para emergencia y recuperación	Preparar código de conducta para desarrollo y socorro
Coordinar y mediar acciones entre los niveles locales y nacionales	Implementar alimentos u otros programas de rehabilitación	Proteger las infraestructuras: promover tecnologías para la reducción del riesgo.
Ayudar en evaluación de necesidades y distribución de insumos específicos por sector	Promover procesos de recuperación específicos por sector	Desarrollar tecnologías para la reducción de riegos.

Mediante estos diagramas conceptuales se expresa de manera sencilla los posibles planes de acción y planificación propuesto para las autoridades en conjunto con la población donde GRD es Gestión de Riesgo de Desastres.

Tomando en cuenta este documento científico se recomienda un estudio a fondo para predecir las áreas aledañas de riesgo y generar un mapa de riesgo, además de un plan de acción en donde se requiere que las autoridades tengan pleno conocimiento para así brindar una ayuda rápida y oportuna a los damnificados por lo tanto se va a sustentar próximamente un modelo matemático y simulación de estas en un próximo artículo.

Por lo cual en el próximo artículo en base a toda la información recabada se planea hacer una simulación hídrica del área para generar un mapa de riesgo de toda

la cuenca sustentada por un modelo matemático en las ecuaciones de Navier-Stokes enfocadas en las inundaciones, luego de realizar lo anterior se planea hacer un plan de planificación incorporando un sistema de alerta temprana en la ubicación de estudio.

Según la tabla 2 se recomienda en base a el desastre ocurrido implementar un sistema de alerta temprana además de realizar un plan riguroso de capacitación a la población para reducir los riesgos de no solamente de perder vidas sino reducir las pérdidas materiales, ya que la gran mayoría de los moradores del área de la cuenca no cuentan con salarios suficientes para recuperar lo perdido.

## 9. Referencias

- [1] R. J. Harvey, D. R. Chadwick, A. R. Sánchez-Rodríguez, y D. L. Jones, «Agroecosystem resilience in response to extreme winter flooding», *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 279, pp. 1-13, jul. 2019.
- [2] K.-H. Liao, J. K. H. Chan, y Y.-L. Huang, «Environmental justice and flood prevention: The moral cost of floodwater redistribution», *Landsc. Urban Plan.*, vol. 189, pp. 36-45, sep. 2019.
- [3] J. Batica y P. Gourbesville, «Resilience in Flood Risk Management – A New Communication Tool», *Procedia Eng.*, vol. 154, pp. 811-817, ene. 2016.
- [4] L. Bertilsson, K. Wiklund, I. de Moura Tebaldi, O. M. Rezende, A. P. Veról, y M. G. Miguez, «Urban flood resilience – A multi-criteria index to integrate flood resilience into urban planning», *J. Hydrol.*, vol. 573, pp. 970-982, jun. 2019.
- [5] T. Sarmah y S. Das, «Urban flood mitigation planning for Guwahati: A case of Bharalu basin», *J. Environ. Manage.*, vol. 206, pp. 1155-1165, ene. 2018.
- [6] T. Tingsanchali, «Urban flood disaster management», *Procedia Eng.*, vol. 32, pp. 25-37, ene. 2012.
- [7] K.-H. Liao, T. A. Le, y K. V. Nguyen, «Urban design principles for flood resilience: Learning from the ecological wisdom of living with floods in the Vietnamese Mekong Delta», *Landsc. Urban Plan.*, vol. 155, pp. 69-78, nov. 2016.
- [8] C. Vázquez-González, P. Moreno-Casasola, L. A. Peralta Peláez, R. Monroy, y I. Espejel, «The value of coastal wetland flood prevention lost to urbanization on the coastal plain of the Gulf of Mexico: An analysis of flood damage by hurricane impacts», *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 37, p. 101180, jul. 2019.
- [9] R. Cai, H. Zhang, M. Zhang, H. Yang, J. Lyu, y G. Yue, «Development and application of the design principle of fluidization state specification in CFB coal combustion», *Fuel Process. Technol.*, vol. 174, pp. 41-52, jun. 2018.
- [10] A. Galderisi y E. Treccozi, «Green Strategies for Flood Resilient Cities: The Benevento Case Study», *Procedia Environ. Sci.*, vol. 37, pp. 655-666, ene. 2017.



## Instructivo para autores

### Guide for authors

Nombre del autor principal <sup>1\*</sup>, Nombre de cada coautor <sup>1...n</sup>

<sup>1</sup> Unidad a la que está adscrito, entidad a la que está afiliado, País

<sup>1...n</sup> Unidad a la que está adscrito, entidad a la que está afiliado, País

\*Autor de correspondencia: ejemplo@ejemplo.com

**RESUMEN**– Todo trabajo debe presentar un resumen con un aproximado no más de doscientas cincuenta (250) palabras. Esta sección va después de la información de los autores y con su respectiva traducción al inglés. Utilice las palabras “RESUMEN” (español) y “ABSTRACT” (inglés) como títulos, alineados a la izquierda, en letra Times New Roman 12 puntos, tipo negrita y seguido de un guión. Luego, inicie el resumen en letra Times New Roman 9 puntos y espacio sencillo. Finalmente, mantener un espacio en blanco de 8 puntos y empiece a desarrollar el contenido del artículo. No modificar las líneas

**Palabras clave**– En esta sección se deben utilizar las frases “Palabras Clave” (español) y la palabra “Keywords” (inglés), alineadas a la izquierda, en letra Times New Roman 12 puntos, tipo negrita y seguido de un guion. Finalmente, debe incluir un máximo de siete (7) palabras clave o frases clave en letra Times New Roman 10 puntos, separadas por comas y en orden alfabético.

**ABSTRACT**– This section provides a sample of an abstract and keywords which conform to the formatting guidelines for Revista de I+D Tecnológico.

**Keywords**– Abstract, guidelines for authors, keywords, Revista de I+D Tecnológico.

## 1. Introducción

Este instructivo es una plantilla que el autor puede modificar para estructurar fácilmente su artículo según las disposiciones establecidas por el Comité Editorial (CE) de la Revista de I+D Tecnológico (RIDTEC) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).

El documento provee reglas de estilo que explican el manejo de ecuaciones, figuras, tablas, abreviaturas y siglas. Además, el autor encontrará secciones para preparar los agradecimientos y referencias.

## 2. Componentes del artículo

El contenido del documento debe limitarse a un máximo de doce (12) páginas, incluyendo texto, ilustraciones, gráficos y referencias. Por página se entiende una cara de papel tamaño carta ó 21.59 cm x 27.94 cm (8.5" x 11"). El cuerpo del artículo es a dos (2) columnas, cada una con 8.79 cm de ancho y 1.0 cm de espacio entre cada columna.

La configuración de los márgenes es la siguiente: Solo la primera página superior 3 cm, inferior 2.5 cm,

izquierdo 1.5 cm y derecho 1.5 cm. Y la configuración del encabezado de página es de 2 cm y el pie página es a 1.5 cm, ambos solo aplicados en la primera página.

A continuación, se detallan los componentes del artículo y formato de presentación.

### 2.1 Tipos de letra y estilos

Utilice un procesador de texto con el tipo de letra Times New Roman. Por favor, evite el uso de “bit-mapped fonts”.

### 2.2 Título

El título debe ser breve e informativo, reflejando el hallazgo contenido en el artículo y debe estar en Times New Roman 16 puntos, negrita y centrada. La primera palabra comenzará con letra mayúscula y de ahí en adelante se utilizará la mayúscula solamente para los nombres propios y símbolos químicos. Se evitará el uso de abreviaciones y siglas en el título, así como palabras innecesarias al principio del título, como por ejemplo: un, una, sobre, el, etc.

**Citación:** Primera\_letra\_nombre. Apellido, “Titulo\_artículo”, *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 15, no. 1, pp. (no\_modificar), 2019.

**Tipo de artículo:** No\_modificar. **Recibido:** No\_modificar. **Recibido con correcciones:** No\_modificar. **Aceptado:** No\_modificar.

**DOI.**

**Copyright:** 2019 Primera\_letra\_nombre. Apellido. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

El título debe contar con su respectiva traducción al inglés o al español, según el idioma base del artículo y tamaño de fuente a 14 puntos. Ejemplo: si el artículo está redactado en español entonces el título debe aparecer en español y luego en inglés o viceversa si es el caso contrario.

### 2.3 Nombre de los autores, afiliaciones y correo

Los autores y coautores deben escribir sus nombres de la misma forma como lo hacen en todas sus publicaciones y seguir el formato establecido al inicio del instructivo. Cada autor debe presentar la siguiente información: la unidad a la que está adscrito (departamento, centro de investigación, facultad, etc.); la entidad a la que está afiliado (universidad, empresa privada, etc.); el país al que corresponde y por último el correo del autor de correspondencia el cual debe estar indicado con un (\*).

Los autores y coautores de la UTP deben utilizar el nombre completo de la universidad y sin traducirlo a otro idioma. En otras palabras, la entidad de afiliación es “Universidad Tecnológica de Panamá”. Esta medida contribuye positivamente en el conteo por entidad que realiza SCOPUS u otras herramientas, tales como: *Research ID*<sup>1</sup> y *WoS*<sup>2</sup>.

### 2.4 Encabezado de Página de la primera página

No modificar.

### 2.5 Pie de página de la primera página

No modificar.

### 2.6 Cuerpo del manuscrito

Los componentes principales del manuscrito deben dividirse en secciones con un uso apropiado de títulos y subtítulos, según lo requiera la organización y el desarrollo lógico del material.

#### 2.6.1 Texto principal

Escriba el texto principal en Times New Roman 11-puntos y a espacio sencillo. Los párrafos deben iniciar con una sangría de 0.5 cm. Además, el texto debe estar completamente justificado, **no** debe agregar espacios en blanco entre los párrafos de cada sección y los extranjerismos (solo aplica para artículo en español) no adaptados deben escribirse en cursiva.

#### 2.6.2 Cabeceras de primer nivel, cabeceras de segundo nivel y viñetas

Una cabecera de primer nivel debe estar en Times New Roman 12 puntos, negrita, la letra inicial en mayúscula y a la izquierda de la columna. Ejemplo: ver el título de la sección 1 (introducción) del presente instructivo. Recuerde utilizar un punto (.) después de la numeración, no una coma (,). El texto del contenido va en la siguiente línea, recuerde mantener la sangría.

Una cabecera de segundo nivel debe estar en Times New Roman 11 puntos, negrita, la letra inicial en mayúscula y a la izquierda de la columna. Ejemplo: ver el título de la sección 2.3. El texto del contenido va en la siguiente línea, recuerde mantener la sangría.

Es importante indicar que estas especificaciones también aplican para las cabeceras de tercer nivel y su contenido. Además, la numeración de estas cabeceras no culminan con un punto. Las viñetas deben justificarse a la izquierda y a espacio sencillo. La sangría entre la viñeta y el texto es de 0.5 cm.

**Nota:** las secciones principales y subsecciones deben estar separadas mediante un interlineado sencillo (espacio en blanco) de tamaño 11 puntos. Además, escriba un texto entre el título de una sección y una subsección o entre subsecciones, no deje ese espacio en blanco, ver ejemplo entre las subsecciones 2.4 y 2.4.1.

#### 2.6.3 Enumeración de páginas, encabezados y pies de páginas

Enumere sus páginas en el borde inferior derecho, ejemplo: 1, 2, 3, ..., n páginas. No utilice encabezados ni pies de páginas. Si necesita pie de página, colóquelo en la parte inferior de la columna en la cual se hace referencia con el siguiente formato: Times New Roman de 9 puntos y espacio sencillo. Para facilitar la lectura, se recomienda evitar el uso excesivo de pies de página e incluir observaciones entre paréntesis, ejemplo: (como se ilustra aquí...).

#### 2.6.4 Ecuaciones

Si está utilizando *Microsoft Word*, use *Microsoft Editor de Ecuaciones* o el complemento *MathType* ([www.mathtype.com](http://www.mathtype.com)) para ecuaciones en su artículo. Las variables, números y texto deben ser en Times New Roman 11 puntos.

Pasos para insertar ecuaciones:

- *Microsoft* Editor de Ecuaciones: *Insert/Insertar* - *Object/Objeto* - *Create New/Crear Nuevo* - *Microsoft Equation/Microsoft Editor de Ecuaciones*.
- *MathType*: *Insert/Insertar* - *Object/Objeto* - *MathType*.

La ecuación debe estar centrada y con su correspondiente numeración alineada a mano derecha, como se muestra a continuación,

$$C = W \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \quad (1)$$

Enumere las ecuaciones en forma consecutiva entre paréntesis. Use paréntesis para evitar ambigüedades en los denominadores. Utilice punto al final de la ecuación cuando ellas sean parte de una oración, como

$$\int_0^2 F(r, \varphi) dr d\varphi = [\sigma r_2 / (2\mu_0)] \quad (2)$$

$$\cdot \int_0^{\infty} \exp(-\lambda |z_j - z_i|) \lambda^{-1} J_1(\lambda r_2) J_0(\lambda r) d\lambda \cdot$$

Los símbolos de las ecuaciones deben ser definidos antes o inmediatamente después de la ecuación; utilice letra cursiva y 11 puntos. Para la definición utilice letra normal y 11 puntos. En cuanto a la referencia de la ecuación dentro del contexto del artículo deben ir en minúscula y sin punto al finalizar el texto. Por ejemplo: “En la ecuación 1 se muestra el resultado estimado” o “En la ecuación (1) se muestra el resultado estimado”.

No se aceptan las abreviaciones de las ecuaciones como: “a ec. (1)”, “eq. #1” o “ecuación N°1”. Además, las ecuaciones extraídas de fuentes externas deberán ser citadas en el texto.

### 2.6.5 Imágenes y fotografías

Las imágenes y fotografías deben estar centradas en el artículo formando parte del texto. En cuanto a numeración, título y leyenda, ver la siguiente sección.

Si alguno de los elementos mencionados no puede ser ajustado en las columnas, entonces debe centrarlo en la parte superior de la página con su respectivo título y leyenda. Después, deben seguir las columnas del artículo en la parte inferior.

Las fotografías e imágenes (tablas, diagramas, gráficos y ecuaciones) deben tener una resolución mínima de 300 ppp (píxeles por pulgada) o dpi (*dots per*

*inch*). Procure que la resolución de las imágenes facilite el envío del artículo a través de la plataforma.

No hay un límite en cuanto a la cantidad máxima de imágenes permitidas. Sin embargo, límitese a incluir las imágenes y ecuaciones más esenciales o novedosas.

Si su artículo es aprobado por el Comité Editorial para su publicación, entonces, debe seguir las instrucciones de la sección 4.

### 2.6.6 Leyendas de figuras y títulos de las tablas

Las leyendas de figuras y títulos de las tablas deben ser en Times New Roman de 10 puntos. La primera palabra de la leyenda debe iniciar con letra mayúscula. Las palabras “Figura” y “Tabla” deben ser en negrita, incluyendo el número de secuencia y el punto.

Las figuras y tablas deben enumerarse separadamente y llevar su respectiva secuencia, ejemplo: “**Figura 1.** Diagrama de control” y “**Tabla 1.** Mediciones en campo”. Las leyendas de las figuras se colocan *justificadas* debajo de la imagen y los títulos de las tablas se colocan *centrados* arriba de las tablas.

## 2.7 Secciones usuales de un artículo

Las secciones más usuales de un artículo científico, pero NO limitantes, son las siguientes:

### 2.7.1 Introducción

Debe ubicar al lector en el contexto del trabajo:

- La naturaleza del problema cuya solución o información se describe en el documento.
- El estado del arte en el dominio tratado (con sus respectivas referencias bibliográficas).
- El objetivo del trabajo, su relevancia y su contribución en relación al estado del arte.
- Descripción de la estructura del artículo.

### 2.7.2 Materiales y métodos

Es importante presentar el diseño y tipo de investigación, pasos de la investigación, materiales y métodos. Además, el autor debe incluir los criterios de la selección del material tratado, los controles, estudios planeados y realizados.

### 2.7.3 Resultados

Los resultados deben presentarse en orden lógico acorde a la metodología planteada. Usar tablas y figuras cuando sea posible para presentar los resultados de forma clara y resumida. Además, las referencias de

tablas y figuras dentro del contexto del artículo deben ir en minúscula y sin punto al finalizar el texto. Ejemplo: En la figura 2 se muestran las mediciones realizadas en el período de enero a marzo.

Tenga mucho cuidado en el texto del artículo al usar porcentajes o estadísticas con un pequeño número de muestras. Incorrecto: "El 60% (3/5) de las muestras de David y el 20% (1/5) de Santiago han demostrado resistencia a los medicamentos." Correcto: "Tres de cada cinco ejemplares de David y 1 de cada 5 ejemplares de Santiago han demostrado resistencia a los medicamentos."

Cuando un número empieza una oración entonces debe escribirlo en letras. Además, utilice numerales cuando las cifras sean mayores que 10.

Posterior a la presentación de los resultados, se destacarán y discutirán los aspectos más importantes del trabajo. Toda afirmación debe estar avalada por los resultados obtenidos. Y por último, comparar los resultados obtenidos con estudios previos.

Se recomienda extremar el poder de síntesis evitando repeticiones innecesarias. Además, las unidades numéricas con su respectiva magnitud deben estar unidas. Ejemplo: 30°C o 25%.

#### 2.7.4 Conclusiones

Deben ser enunciadas con claridad y deben cubrir:

- Las contribuciones del trabajo y su grado de relevancia.
- Las ventajas y limitaciones de las propuestas presentadas.
- Referencia y aplicaciones de los resultados obtenidos.
- Recomendaciones para futuros trabajos.
- Impacto sobre la comunidad científica.

#### 2.7.5 Agradecimiento

Utilice el término en singular como encabezado, aun cuando sean muchos agradecimientos. En esta sección se recomiendan las siguientes expresiones: "Agradecemos a Juan Pérez por su asistencia técnica" o "Agradecemos también a nuestro colaborador Carlos Pérez de la Dirección de Investigación en la Universidad Tecnológica de Panamá". El reconocimiento a patrocinadores por el apoyo financiero se indica en esta sección, ejemplo: "Este trabajo fue financiado por la Secretaría Nacional bajo contrato...".

#### 2.7.6 Referencias

Las referencias se identificarán en el texto mediante números arábigos entre corchetes, alineados con la escritura. Se enumerarán por orden de aparición en el texto al final del trabajo. Las listas de referencias deben seguir el estilo de la **IEEE**. El autor tiene la libertad de utilizar un administrador de fuentes bibliográficas que incluyen los procesadores de texto o un *software* específico. La letra debe estar en Times New Roman 9 puntos.

El autor es responsable de la exactitud del contenido y citación de todas las referencias. Todas las referencias deben ser citadas en el documento. Los números de las referencias en el texto deben colocarse entre corchetes.

A continuación, se detallan algunos ejemplos de citaciones:

##### Citación de un artículo

- [1] G. Pevere. "Infrared Nation," *The International Journal of Infrared Design*, vol. 33, pp.56-99, Jan. 1979.

##### Citación de un libro

- [2] W.K. Chen. *Linear Networks and Systems*. Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 123-35.

##### Citación de un documento electrónico

- [3] A. Paul. (1987, Oct.). "Electrical properties of flying machines." *Flying Machines*. [Online]. 38(1), pp. 778-998. Available: [www.flyingmachjourn/properties/fly.edu](http://www.flyingmachjourn/properties/fly.edu) [Dec. 1, 2003].

#### 2.7.7 Apéndice

El apéndice consiste en la presentación de cualquier otro material que impida el desarrollo continuo del artículo, pero puede ser importante para justificar los resultados del trabajo.

### 3. Normas para la recepción de los artículos

La RIDTEC es una **revista abierta** de publicación semestral, por lo tanto, extendemos una cordial invitación a todos los autores interesados en publicar artículos científicos (ver definición en la sección 4) sobre los avances y los resultados de sus proyectos de investigación.

Las áreas de investigación de interés, pero no limitantes, han sido definidas por la UTP con la finalidad de abarcar los campos del conocimiento a nivel internacional han identificado en los sectores económico, social, científico y tecnológico:

- Agricultura y Agroindustria
- Astrofísica
- Biotecnología

- Cambio climático y meteorología
- Ciencias físicas y sistemas ambientales
- Geología
- Hidrología tropical
- Infraestructura.
- Instrumentación nuclear
- Logística y Transporte
- Proceso de Manufactura y Ciencia de los Materiales
- Sistema marino costero
- Tecnologías de Energías Renovables e Ingeniería Ambiental
- Tecnologías de la Información y Comunicación.
- Robótica, Automatización e Inteligencia Artificial.

Los autores de artículos pueden ser docentes, investigadores, estudiantes universitarios de pregrado y postgrado con orientación de un profesor tutor. Además, los interesados pueden ser profesionales de entidades públicas (autónomas y semiautónomas) y entidades privadas, ya sean, nacionales e internacionales. Los estudiantes de pregrado con interés de publicar pueden enviar sus trabajos a la Revista de Iniciación Científica de la UTP (<http://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric>).

El autor puede encontrar en el portal de la RIDTEC (<http://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico>) los siguientes ítems:

- Miembros del CE.
- Ediciones anteriores.
- Instructivo para autores.
- Objetivos, alcance, misión y temática.
- Política editorial de la revista.
- Declaración de ética de publicación de la revista.
- Plataforma para la recepción de artículos.
- Fechas de convocatorias para la recepciones de los artículos.

El autor debe enviar una primera versión de su artículo durante el periodo establecido, y cumplir con los siguientes criterios de preselección:

#### **Criterio 1**

El autor debe utilizar el formato establecido en el instructivo para estructurar su artículo y enviarlo a través de la plataforma para la recepción de artículos. Los artículos recibidos en la plataforma, pasada la fecha límite de la convocatoria, pasarán al estatus de “espera” para formar parte de la próxima convocatoria. El archivo del artículo debe cumplir con las siguientes

características: formato .doc o .docx y no debe superar los 65MB.

#### **Criterio 2**

El artículo emitido debe corresponder a la cobertura temática de la RIDTEC, y abarcar las áreas temáticas orientadas a las ciencias e ingenierías.

#### **Criterio 3**

El artículo debe pasar por un proceso de comprobación de originalidad, la RIDTEC hace uso de la herramienta web Paper Rater (acceso libre) y el *software* de detección de plagio, el cual permite garantizar la originalidad del trabajo escrito antes de la publicación.

No existe un límite para el envío de artículos por autor. Sin embargo, si dos o más artículos de un autor son aceptados entonces solo se publicará un artículo por número y los demás artículos en los siguientes números.

**Nota:** El autor solo puede modificar o retirar el artículo antes de la fecha establecida para el corte de la recepción. Esto implica que el artículo no puede ser reemplazado durante el proceso de evaluación o retirado si es recomendado para su publicación.

## **4. Evaluación y aceptación de artículos**

Cada artículo será evaluado mediante el método de “revisión por pares doble ciego”, para garantizar un proceso de evaluación libre de sesgo o conflictos de intereses. Los criterios de evaluación son los siguientes: Originalidad, Relevancia, Calidad y Presentación (redacción y claridad de las secciones). Cada criterio será calificado como: Muy Alto, Alto, Bueno, Suficiente, Promedio, Débil o Deficiente. Dependiendo de esta calificación, el evaluador elegirá una de las siguientes alternativas: 1) se recomienda con modificaciones menores, 2) se recomienda con modificaciones mayores o, 3) no se recomienda. Además, el evaluador emite sus observaciones y recomendaciones, las cuales van dirigidas al autor y también al comité editorial. Para sustentar la evaluación del manuscrito, al artículo se le asigna un puntaje (0, 1 y 2), donde 0 representa a consideración del evaluador, que el artículo no se recomienda, 1 si el artículo se recomienda con modificaciones mayores y 2 si se recomienda con modificaciones menores. De esta manera el puntaje dado por cada evaluador se suma y divide entre la cantidad de evaluadores asignados al artículo emitido a revisión, así el resultado es un

promedio que podría variar entre 0 y 2. Este promedio determina si un artículo tendrá prioridad para ser publicado. Los artículos que fueron aprobados, pero no publicados en el actual número, pasarán al estatus de “espera” hasta el próximo número. Los dictámenes finales serán emitidos por el Comité Editorial (CE) de la RIDTEC. Esto implica que el artículo no puede ser reemplazado durante el proceso de evaluación o retirado si es recomendado para su publicación, de lo contrario se aplicará un periodo de embargo (no podrá remitir artículos en la revista dentro de seis meses “un semestre”).

Si el dictamen final (opinión de ambos evaluadores y el CE) consiste en no recomendar un artículo para su publicación, se procede con devolverlo al autor con el informe de evaluación notificándole sobre las debilidades de fondo y forma. Un dictamen final de este tipo se sustenta con los siguientes puntos: el trabajo no incorpora el componente de ingeniería, deficiencias en la redacción y claridad de las secciones, no hay una contribución original y significativa al área del conocimiento. Sin embargo, si existe una contradicción entre los evaluadores entonces se recurrirá a un tercer evaluador para definir la evaluación.

En el caso de que el artículo sea recomendado para su publicación, se procede con devolver el artículo y el informe de evaluación. El autor debe mejorar el documento y remitirlo con la información de los autores en un plazo no mayor de **15 días** al correo electrónico [revista.idtecnologico@utp.ac.pa](mailto:revista.idtecnologico@utp.ac.pa)

Posterior a la aceptación de los ajustes en el artículo por parte del CE, el autor principal recibirá una certificación sobre la publicación de su artículo en la RIDTEC. Además, el autor debe entregar los archivos al correo electrónico [revista.idtecnologico@utp.ac.pa](mailto:revista.idtecnologico@utp.ac.pa) o enviar un disco (CD o DVD) con sus respectivas imágenes o gráficos originales para la diagramación del artículo. En el caso de enviar un disco, este debe incluir los siguientes datos:

- Número de identificación del artículo (ID)
- Título del artículo
- Nombre del autor principal.

¿Qué queremos decir con una "**imagen original**"? Según nuestras experiencias con ediciones anteriores, se recomienda generar un PNG o JPG de la imagen con el *software* utilizado para crear dicha imagen y con una resolución **mínima de 300 ppp**. Ejemplos del concepto

"original": si la imagen es creada en *Autocad* entonces usted debe generar el archivo PNG o JPG de la imagen a partir del *Autocad*.

No se recomienda exportar la imagen a otra aplicación para generar el PDF porque puede afectar considerablemente la calidad de la imagen y complicar la tarea de diagramación. Ejemplo: exportar la imagen del *Autocad* e importarla en *Word* o *power point*.

Cada imagen debe aparecer en un archivo PNG o JPG por separado y debidamente identificada para facilitar el reemplazo en el artículo.

**Nota:** El autor es responsable de garantizar el cumplimiento de los requisitos establecidos para las imágenes. En caso contrario, el artículo quedará en cola de espera para su publicación.

## 5. Prioridad de publicación

La prioridad de publicación se va a regir por los siguientes criterios:

- Por impacto.
- Por tiempo de recepción del artículo.
- Enfoque de la temática.

Si un artículo tiene una mayor puntuación en base a estos criterios este tendrá prioridad para ser publicado, los otros artículos que fueron aprobados, pero no publicados en el actual número estarán en el estatus de *espera* hasta el próximo número.

## 6. Política de acceso y reúso

Los artículos científicos publicados en la RIDTEC son de exclusiva propiedad de sus autores. Todas las opiniones y contenidos expresados en la revista pertenecen a sus autores, siguiendo los lineamientos del documento "*Declaración de ética de publicación*", la UTP declina de toda responsabilidad por los derechos que pudiera derivarse de la lectura, interpretación y uso del contenido de los trabajos publicados.

Los autores deben acatar el principio de libre acceso en revista científicas. Por lo tanto, todos los contenidos deben estar disponibles gratuitamente al público, con el objetivo de fomentar un intercambio de conocimiento científico-académico internacional mediante nuestra plataforma Open Journal System (OJS).

## 7. Correspondencia o comunicaciones

Para la correspondencia, suscripciones o envío de documentación, sírvase hacerlo a siguiente dirección:

Universidad Tecnológica de Panamá

Editorial Tecnológica

Apartado 0819-07289, El Dorado, Ciudad de Panamá, República de Panamá

Además, para una comunicación directa, usted puede escribirnos al siguiente correo electrónico [revista.idtecnologico@utp.ac.pa](mailto:revista.idtecnologico@utp.ac.pa)

## 8. Conceptos fundamentales de interés

Esta sección tiene el objetivo de ilustrar a nuestros autores y lectores sobre conceptos fundamentales de investigación y desarrollo experimental (I+D)<sup>3</sup>, y redacción científica<sup>4</sup>.

La I+D comprende el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones.

El término I+D engloba tres actividades: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental. A continuación se definen cada una de estas actividades.

- La **investigación básica** consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada.
- La **investigación aplicada** consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos y está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico.
- El **desarrollo experimental** consiste en trabajos sistemáticos que aprovechan los conocimientos existentes obtenidos de la investigación y/o la experiencia práctica, y está dirigido a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; a la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas y servicios, o a la mejora de los ya existentes.

En cuanto a la redacción científica, su característica fundamental es la claridad. El éxito de la experimentación científica es el resultado de una mente clara que aborda un problema claramente formulado y llega a unas conclusiones claramente enunciadas. Idealmente, la claridad debería caracterizar todo tipo de comunicaciones; sin embargo, cuando se dice algo por primera vez, la claridad es esencial.

La mayoría de los artículos científicos publicados en las revistas de investigación primarias se aceptan

precisamente porque aportan realmente conocimientos científicos nuevos. Por ello, debe exigirse una claridad absoluta en la redacción científica. Para una mejor comprensión entre los tipos de trabajos científicos, presentamos las siguientes definiciones:

- **Artículo científico:** informe escrito y publicado que describe resultados originales de una investigación.
- **Artículo de revisión:** no es una publicación original y su estructura es diferente a la de un artículo de investigación. Ofrece una evaluación crítica de los trabajos publicados y llegan a conclusiones importantes.
- **Ensayos cortos:** son el resultado de un examen crítico de artículos de investigación científica publicados, en donde se resaltan los trabajos más importantes o los que han brindado mayor aporte al conocimiento en una área determinada.

---

### Los conceptos fueron extraídos de los siguientes documentos:

<sup>1</sup><http://www.researcherid.com/>, Thomson Reuters

<sup>2</sup><https://www.recursoscientificos.fecyt.es/>, FECYT

<sup>3</sup>"Manual de Frascati", 2003, FECYT y Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE).

<sup>4</sup>"Cómo escribir y publicar trabajos científicos", 2005, Roberto Day

# VIII Congreso Internacional de Ingeniería, Ciencias y Tecnología-IESTEC

8th International Engineering Science and Technology Conference

“Ciencia, Tecnología, Sostenibilidad e Innovación:  
Pilares para la recuperación económica”

**19 al 21 de octubre de 2022**  
Wyndham Panamá Hotel Albrook Mall



**LLAMADO A PONENCIA**  
ENTREGA DE ARTÍCULOS- <http://congreso.utp.ac.pa>

 @CongresoUTP

## ÁREAS DE INTERÉS:

- ◆ Ciencia e Ingeniería de Materiales, Ciencias Básicas y Espaciales
- ◆ Biociencias, Biotecnología, Biomedicina y Agroindustrias
- ◆ Robótica, Percepción e Inteligencia Artificial
- ◆ Energía y Ambiente
- ◆ Educación en Ingeniería y Ciencias Sociales
- ◆ Infraestructura, Construcción y Edificaciones
- ◆ Logística, Innovación y Ciencias Empresariales
- ◆ Sistemas Inteligentes y TIC

## FECHAS IMPORTANTES:

- ◆ 18 de julio 2022      Último día para la subida de artículo
- ◆ 5 de septiembre 2022      Notificación a los autores
- ◆ 19 de septiembre 2022      Último día para subir la versión final del artículo
- ◆ 30 de septiembre 2022      Último día de registro con descuento

Para que su ponencia sea incluida en el programa de **IESTEC-2022 (International Engineering Science and Technology Conference)**, por lo menos uno de los autores, debe estar registrado y haber pagado a más tardar el 7 de octubre de 2022.

2.º Encuentro Científico Académico (ECA 2022), UTP:





Portal de REVISTAS ACADÉMICAS UTP



Bienvenido al Portal de Revistas Académicas (Investigación, Académica, Cultural, Congresos Nacionales e internacionales) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).

Este sitio nace como una iniciativa del proyecto UTP-Ridda<sup>2</sup> para mostrar la producción científica e investigativa desarrollado por los docentes, investigadores y estudiantes de la UTP. Este proyecto es desarrollado por la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión, Editorial Universitaria y la Dirección de Comunicación Estratégica, con el apoyo de las principales autoridades de nuestra Universidad.

El objetivo de esta plataforma es visibilizar la producción científica en las revistas científicas en vías de mejorar el alcance de las publicaciones a nivel nacional e internacional a través de la integración en directorios, bases de datos, catálogos e indexaciones.

A partir del 2018 las publicaciones de los volúmenes de las revistas I+D Tecnológico, Prisma Tecnológico y la Revista de Iniciación Científica (RIC) se les asignará un DOI (Digital Object Identifier).



**I+D Tecnológico**  
ISSN: 1680-8894  
E-ISSN: 2219-6714



**Prisma Tecnológico**  
ISSN: 2076-8133  
E-ISSN: 2312-637X



**Revista de Iniciación Científica**  
ISSN: 2412-0464  
E-ISSN: 2413-6786



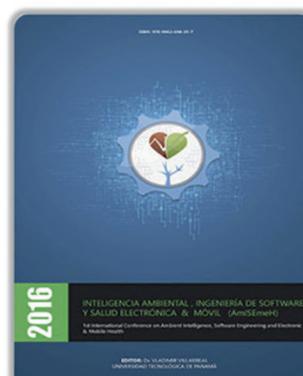
**Revista RETOS XXI**  
ISSN: 2524-1125  
E-ISSN: 2524-1133



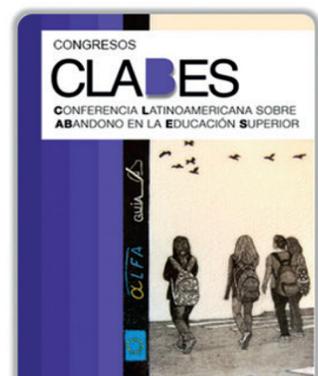
**El Tecnológico**  
ISSN: 1819-9623  
E-ISSN: 1819-9623



**Cultural Maga**  
ISSN: 1018-1563  
E-ISSN: 1018-1563



**Memorias de Congresos UTP**



**Congresos CLABES**

Visítenos en:

<http://www.revistas.utp.ac.pa>

No es necesario registrarse para tener acceso a los contenidos de las revistas



**Universidad Tecnológica de Panamá**  
Campus Universitario Dr. Víctor Levi Sasso,  
Edificio Administrativo

Teléfono: (507) 560-3703 | Telefax 560-3442

Correo Electrónico: [editorial@utp.ac.pa](mailto:editorial@utp.ac.pa)

Web: [www.utp.ac.pa](http://www.utp.ac.pa)

Apartado Postal 0819-07289 El Dorado,  
Panamá, República de Panamá.