

PRISMA Tecnológico

ISSN 2076-8133 | Volumen 7, n.º 1 | 2016 | Edición anual

Granjas verticales: una respuesta sostenible al crecimiento urbano

Entrevista con la Dra. Ivonne Torres

Seguridad cibernética en las redes eléctricas inteligentes. Amenazas y desafíos

Uso de la electrólisis de salmuera como técnica para la desinfección de agua y alimentos domiciliarios en Panamá

Caracterización de un sensor de rango láser de bajo costo previo a una implementación de Slam

Revista indexada en

latindex

www.latindex.unam.mx



**EDITORIAL
TECNOLÓGICA**

Editorial



Actualmente, las ciudades experimentan un rápido crecimiento y sufren un acelerado proceso de urbanización. Con aproximadamente 60% de la población mundial viviendo en regiones urbanas y sub-urbanas (de acuerdo a reportes de las Naciones Unidas de 2014), más y más personas se mueven a las ciudades con el

consecuente aumento del consumo de energía y otros recursos, así como el aumento de la pobreza y multiplicidad de problemas sociales y ambientales. Por consiguiente, es necesario atender esta problemática y buscar mejores alternativas para transformar las ciudades en áreas donde se garantice una mejor calidad de vida a los ciudadanos, una que las convierta en “ciudades inteligentes”.

El concepto de “ciudad inteligente” se refiere a una región urbana que es altamente avanzada en términos de: sistemas de infraestructura en general, gestión sostenible de suelos y viabilidad de comunicaciones y mercados, donde la actividad y el desarrollo económico son sostenibles y se tienen beneficios para todos, incluyendo los ciudadanos, empresas, gobierno y ambiente.

Una ciudad inteligente se caracteriza por tener: suministro adecuado de agua, suministro seguro de electricidad, gestión eficiente y segura de desechos, movilidad urbana y transporte público eficientes, viviendas accesibles para todos, conectividad robusta de sistemas de información, una buena gobernanza con participación ciudadana, ambiente sostenible, seguridad, servicios de salud adecuados y buena educación.

Para lograr lo anterior, es necesario reconocer a los ciudadanos como el motor para la innovación y la generación de ventajas competitivas sostenibles, y que las empresas, la academia y los gobiernos estén dispuestos y preparados para modernizar su enfoque y las estrategias para la inclusión e inmersión de los ciudadanos en la educación y los servicios en las condiciones que exigen los rápidos cambios en los mercados globales y los requerimientos de una ciudad inteligente.

En este sentido, es importante considerar e identificar el nivel cultural-académico-profesional del capital humano de una ciudad como un criterio de la capacidad de desarrollo de “inteligencia” necesario para lograr las condiciones deseadas. Así, para las perspectivas de desarrollo de una ciudad inteligente, es fundamental la educación en todas las edades y niveles y el desarrollo de conocimiento y habilidades, así como la capacidad de ser aptos para los distintos tipos de trabajos requeridos.

Para seguir el camino hacia una ciudad inteligente es necesario que investigadores, líderes, expertos y políticos se unan e inicien un proceso de detección y análisis de la gran diversidad de aspectos de una ciudad inteligente que se quieren lograr, definir medidas, establecer estrategias y construir planes que permitan transformar la visión de su ciudad inteligente en una realidad sustentable.

Nos queda entonces considerar qué estamos haciendo en nuestras ciudades para convertirlas en ciudades inteligentes.

Agradecemos a todos nuestros colaboradores y queridos lectores. Esperamos que esta edición sea de su agrado, y que les provea información interesante y valiosa. Disfruten de Prisma Tecnológico.

Prof. Dr.-Ing. Carlos A. Medina C.
Universidad Tecnológica de Panamá
carlos.medina@utp.ac.pa

Contenido

TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Granjas verticales: una respuesta sostenible al crecimiento urbano.....	3-6
---	-----

TEC-NOTICIAS

Nueva computadora combina circuitos electrónicos con pulsos de luz	7
Nuevo reloj inteligente que se carga con el calor de la piel	7-8
Se demanda un marco regulatorio para la seguridad del internet de las cosas	8

ENTREVISTA

Entrevista con la Dra. Ivonne Torres	9-10
--	------

ACTUALIDAD TECNOLÓGICA

Seguridad cibernética en las redes eléctricas inteligentes. Amenazas y desafíos	11-15
---	-------

TECNOLOGÍA A FONDO

Uso de la electrólisis de salmuera como técnica para la desinfección de agua y alimentos domiciliarios en Panamá	16-19
Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios	20-25

TECNOLOGÍA I + D

El aprendizaje cooperativo aplicado a las matemáticas y sus efectos en el rendimiento académico	26-29
Caracterización de un sensor de rango láser de bajo costo previo a una implementación de Slam	30-34
Estudio correlacional entre la innovación en productos servicios, procesos, gestión y la certificación de calidad en las MIPYMES.	35-38

Contenido

ISSN 2076-8133
Volumen 7, n.º 1 2016
Publicación anual

TECNO HISTORIAS

Jay W. Forrester: Pionero de la computación digital y dinámica de sistemas	39-40
ENTRETENIMIENTO	41



Universidad Tecnológica de Panamá

AUTORIDADES

Dr. Oscar M. Ramírez R.
Rector

Ing. Rubén D. Espitia P.
Vicerrector Académico

Dra. Casilda Saavedra de Madrid
Vicerrectora de Investigación, Postgrado y Extensión

Ing. Esmeralda Hernández P.
Vicerrectora Administrativa

Ing. Luis A. Barahona G.
Secretario General

Lic. Jeremías Herrera D.
Coordinador General de los Centros Regionales

Revista indexada en



www.latindex.unam.mx

Granjas verticales: una respuesta sostenible al crecimiento urbano

I. Díaz¹, C. González¹, E. Sención¹, G. González¹

¹Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá
{iris.diaz, carolina.gonzalez, eric.sencion, guadalupe.gonzalez}@utp.ac.pa

Resumen: *se estima que en el año 2050 habitarán 9 mil millones de personas en nuestro planeta, de los cuales un 80% vivirá en urbes. Sin duda alguna, con el pasar de los años, incrementará los retos referentes al manejo de recursos, las limitaciones económicas y los problemas sociales productos de la alta densidad de población. El abastecimiento de los alimentos se volverá un factor crítico en las urbes toda vez que se utiliza la tierra útil para edificar en lugar de sembrar. En este aspecto, las granjas verticales son una alternativa para la producción de alimentos en las ciudades. En este artículo se presentan las diversas modalidades de granjas verticales que se pueden desarrollar ya sea para la agricultura, ganadería y acuicultura. También, se muestran los beneficios y retos que se pueden encontrar en este tipo de granjas y finalmente, se presentan algunos casos de instalaciones que actualmente aplican el concepto de granjas verticales.*

Palabras claves: *aeroponía, acuicultura, agricultura, ciudades inteligentes, granjas verticales, hidroponía.*

Title: *Vertical farming: a sustainable response to urban growth*

Abstract: *it is estimated that in 2050, 9 billion people will inhabit our planet of which 80% will live in cities. Undoubtedly, with the passing of the years, challenges related to resource management, economic constraints and social problems caused by the high density of population will increase. The food supply will become a critical factor in cities as the useful land will be used to build infrastructure rather than food production. In this respect, vertical farms are an alternative for the production of food in the cities. This article discusses the various forms of vertical farming that can be developed either for agriculture, livestock and aquaculture. The benefits and challenges that can be found in this type of farming are also shown, and finally, some facilities that currently apply the concept of vertical farms are presented.*

Key words: *aeroponics, agriculture, aquaculture, smart cities, vertical farms, hydroponics.*

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 5 de mayo de 2016

Fecha de aceptación: 16 de noviembre de 2016

1. Introducción

El reto que tiene la sociedad del siglo XXI es el vivir y mantener un mundo sostenible para las generaciones futuras; en otras palabras,

como sociedad debemos procurar un balance entre nuestras necesidades económicas, sociales y energéticas con respecto a los recursos que posee nuestro planeta. En este aspecto es muy importante el efecto de la colonización humana, que, aunque comenzó hace 50,000 años, siempre ha sido caracterizada por un proceso de urbanización rápida a expensas de la pérdida de tierra útil para la siembra. Se estima que la urbe en países que se encuentran en vía de desarrollo, crecerá de 300,000 km² en el año 2000 a 1,200,000 km² en el año 2050. A manera general, se estima que en 50 años el 80% de la población residirá en grandes ciudades [1-3]. Al analizar estas cifras, es natural preguntarse qué se puede hacer para evitar una falta de alimentos que hoy por hoy es causa de conflictos sociales. Una alternativa puede ser el limitar el crecimiento de una ciudad en términos de población y área mediante la preservación de suficiente tierra arable para satisfacer la producción alimentaria mundial (una alternativa poco probable toda vez que se estima que para el año 2050 la población crecerá a 9 billones de personas y en el año 2300 se espera una población mayor a los 36 billones de habitantes [4]). Por otro lado, se puede hacer uso de la tecnología para adecuar la infraestructura existente y utilizarla para la producción alimenticia, ya que, sin duda alguna, en la actualidad se está generando una ola de nuevas tecnologías que propician la inventiva e innovación que nos están llevando no solo a desarrollar ciudades, pero a desarrollar ciudades inteligentes (smart cities, en inglés).

El término “ciudad inteligente” hace referencia a una ciudad que está enfocada tanto en mejorar la calidad de vida de los habitantes como en la sostenibilidad de la misma, claramente haciendo uso eficiente de las tecnologías. Si en un principio, las ciudades nacieron de la simbiosis entre infraestructura y ríos, luego los caminos y carreteras, hoy en día lo hacen con base en la logística y las telecomunicaciones. Actualmente, existe una percepción global de que nuestras ciudades se pueden beneficiar de los avances tecnológicos, así como lo han hecho muchos productos y servicios, lo que puede ayudar a dar respuesta a los crecientes retos referentes al manejo de recursos, limitaciones económicas y problemas sociales a los que se enfrentan las grandes urbes [5]. Cabe señalar que lo que caracteriza a una ciudad inteligente es la inteligencia de su infraestructura, que no es más que el resultado de aplicar las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) a las infraestructuras tradicionales [6].

En este artículo se presenta una alternativa para la producción de alimentos en urbes, conocida como granjas verticales. Se presentan las diversas modalidades de granjas verticales que se pueden desarrollar ya sea para la agricultura, ganadería y acuicultura. También, se muestran los beneficios y retos que se pueden encontrar en este tipo de granjas y finalmente, se presentan algunos casos de instalaciones que actualmente aplican algunos de los principios asociados al concepto de granjas verticales.

2. Granjas verticales

Las granjas verticales son aquellas granjas que se desarrollan en edificios o rascacielos acondicionados para que se pueda llevar a cabo la producción, ya sea como agricultura, acuicultura o ganadería en el interior de estos. El concepto de granjas verticales se ha explorado por décadas, pero hasta ahora es que se muestra económicamente

viable [7]. Empresas dedicadas a este negocio están germinando cosechas de productos que normalmente toman 30 días en el campo en periodos de 16 días, utilizando 95% menos agua, 50% menos fertilizante, cero pesticidas, herbicidas y fungicidas [8].

En Estados Unidos, la agricultura basada en granjas verticales está tomando auge, empresas como: AeroFarms y FarmedHere en Illinois, Vertical Harvest en Wyoming, Green Spirit Farms en Michigan y Alegria Fresh en California son ejemplo de esto [8]. El hecho de que las condiciones ambientales y el cambio de estaciones no afectan el producto es una de las mayores ventajas que la aplicación de granjas verticales ofrece; además se reduce el costo de transporte y el desecho de producto y finalmente, se aumenta la productividad en comparación con las granjas convencionales [8, 9].

En la figura 1 se muestra un esquema de los elementos necesarios para que una granja vertical cobre vida. Estos son: energía renovable (i.e. los paneles solares, paneles de vidrio), la misma arquitectura del edificio, el plan económico y el sistema de riego que tendrá la misma. Al tener granjas verticales estas contribuyen a que los habitantes de la comunidad suplan todas sus necesidades alimenticias reutilizando infraestructuras acondicionadas con tecnología de punta; utilizan luz artificial, control climatológico y redes sensoriales. En un futuro no muy lejano se espera que el consumidor se convierta entonces en el productor y el habitante del jardín.

Agricultura en los Rascacielos

Un concepto futurístico que convierte los rascacielos en granjas de cultivo que pueden ayudar a reducir el calentamiento global, mejorar el ambiente urbano y ayudar a alimentar la creciente población. Así es como podría funcionar:

PANEL SOLAR

La energía es suministrada por paneles solares que rotan siguiendo al sol; energizan los sistemas interiores de refrigeración y calefacción.

PANELES DE VIDRIO

Recubrimiento transparente de óxido de titanio que recolecta los contaminantes y hace que la lluvia se deslice hacia la parte inferior del vidrio donde se recolecta y se usa para regar plantas.

ARQUITECTURA

Diseño circular permite mayor luz en el centro

ECONOMÍA

El plan combina la agricultura con oficinas y pisos residenciales.

IRRIGACIÓN

Las aguas residuales se pueden filtrar y esterilizar para utilizarlas para irrigación

©2008 MCT
SOURCE: Vertical Farm Project



Figura 1. Infraestructura de una granja vertical. *Figura modificada de la versión original en Ref. [22], traducida al español.

2.1 Agricultura vertical

La agricultura vertical está ligada a las granjas verticales, siendo estas donde se implementará la agricultura. Este es un método que se desarrolla en un entorno totalmente urbano, actuando como invernaderos

de alta tecnología. La agricultura vertical es una forma eficaz de poder llevar la actividad agrícola al máximo ya que se usaría el mínimo consumo de agua, el suelo no se tendría que explotar indiscriminadamente y se utilizaría luz artificial. Estas características permiten poder tener alimento para consumir y/o vender sin importar las condiciones climáticas en las que se encuentre la región donde esté la granja vertical, por lo que, se podrá tener productos: frescos, libres de pesticidas, fungicidas o herbicidas y lo más importante es que, en comparación con la agricultura convencional, en estos sistemas se reducen las pérdidas de alimento ya que se reduce la distancia entre el vendedor y el consumidor [10].

A continuación, se presentan dos tipos de técnicas de cultivo consideradas dentro del esquema de agricultura vertical: la hidroponía y la aeroponía.

2.1.1 Hidroponía

La hidroponía es una técnica de cultivo en la que la planta crece en un medio acuático. La planta no utiliza el suelo para crecer, ésta utiliza sustratos los cuales no son más que un medio sólido biológica y químicamente inerte, el cual ayuda a proteger y dar soporte a la misma. Como ejemplos de estos sustratos tenemos: fibras de coco, piedra pómez, turba, perlita agrícola [11]. La solución nutritiva que permite que la planta se desarrolle, trata de proveer a la misma de trece elementos minerales: Nitrógeno, Potasio, Fósforo, Calcio, Magnesio, Azufre, Hierro, Manganeseo, Zinc, Boro, Cobre, Silicio, Molibdeno [12].

Esta técnica nace de problemáticas como la erosión del suelo, el creciente cambio climático y la fertilidad del suelo la cual poco a poco ha ido disminuyendo en ciertas zonas. La hidroponía es respetuosa con el medio ambiente, ésta reduce ciertas limitaciones que representa tener que cultivar en el suelo, por ejemplo, la eliminación de las plagas. Además, se pueden controlar los factores que inducen el crecimiento y desarrollo de la planta ya que se les monitorea los niveles de radiación, pH, nutrientes, entre otros [13].

2.1.2 Aeroponía

La aeroponía es una técnica de cultivo en el cual las raíces de las plantas se encuentran suspendidas en el aire a las que se le administra nutrientes [14]. Las raíces de las plantas deben estar en un espacio casi o totalmente cerrado y las plantas deben tener soportes (una vez sean sometidas a este sistema) ya que cuando se dé inicio al crecimiento es un tanto tedioso colocar dichos soportes; si las plantas empezaron por semilla se utilizan cubos de propagación, los cuales son productos que ofrecen el medio ideal para la germinación y el rápido enraizamiento de la planta.

Para optimizar la absorción de los nutrientes en las plantas se utilizan pulverizadores, ya que estos permiten que las microgotas faciliten la humedad y tengan contacto directo con las raíces, permitiendo que estas tomen el CO² y el oxígeno necesario. Una característica de esta técnica de cultivo, es la reducción en el contacto físico planta a planta, ventaja que no se observa cuando las plantas son cultivadas en la tierra o en el agua, ya que por estos medios es fácil la propagación de enfermedades y plagas.

Deben ser monitorizados factores como la humedad, CO², temperatura, luminosidad, etc., como también características

fisicoquímicas de las plantas como el índice de acidez (pH), conductividad y el grado de temperatura de la solución de nutrientes, para así poder cambiar estos parámetros con la programación correspondiente. Un aspecto importante a tomar en cuenta, es que como la automatización es indispensable, estos sistemas son propensos a fallas eléctricas en la bomba de agua, lo cual produciría que las raíces no obtuvieran su solución nutritiva debido a una interrupción en el bombeo de la misma.

2.2 Ganadería

La ganadería es la actividad económica desarrollada por el hombre que consiste en la crianza y producción de animales para el beneficio propio o para su posterior comercialización. En el caso de granjas verticales el tipo de ganadería más práctico es la avicultura.

La avicultura hace referencia a la cría de aves de tipo doméstico, con fines de producción para el beneficio del ser humano. Existen diferentes tipos de avicultura como, por ejemplo: gallinocultura (cría de gallinas), cotornicultura (cría de aves pequeñas como la codorniz), colombicultura (cría de palomas productoras de huevo o carne), meleagricultura (cría de pavos), anacultura (cría de patos) y canaricultura (cría de canarios).

En las granjas verticales, lo óptimo sería la crianza de aves para la producción de carne y huevo, ya que el consumo de estos productos aumenta cada año con el crecimiento de la población y además de que se van haciendo más accesibles [15]. Para este propósito se utilizarían los pisos inferiores y se diseñarían especies de jaulas para estos animales procurando que tengan las condiciones necesarias para el buen desarrollo de las especies. Los animales serían alimentados con el producto vegetal producido mediante los cultivos hidropónicos o aeropónicos. El estiércol de estos animales tendría la tarea de servir como abono a los campos como se utiliza actualmente.

2.3 Acuicultura

Otro tipo de producción que es muy acertada dentro de las granjas verticales es la acuicultura, la cual es parte del sistema sostenible conocido como acuoponía. En la acuicultura se practica la producción de especies acuáticas vegetales (i.e. algas) así como animales (i.e. peces, moluscos, crustáceos entre otros) ya sea para propósitos alimenticios o como materia prima para usos industriales y farmacéuticos.

Entre algunas técnicas de acuicultura tenemos: salmonicultura (cría de salmónes), truticultura (cría de truchas), acuicultura de especies tropicales de agua dulce (cría de especies como la tilapia), camaronicultura (cría de camarones y langostinos), cultivo de algas, entre otras.

Se estima que más del 40% de consumo de pescado actualmente proviene de la acuicultura [16], además, es una técnica sostenible de producción animal. Dentro de las granjas verticales, la producción de la tilapia es apropiada debido a que es un pez de agua dulce, con la capacidad de soportar las variaciones de temperatura entre 60 y 80°F y solo son necesarios 7 meses para que esté listo para el consumo [17].

Aparte de tener los estanques para los peces, se podrían también tener estanques con producción de algas y peces de menor tamaño, con el propósito de suplir la necesidad de alimentación de estos. Se deben cuidar muchos aspectos para la cría de peces o demás especies

acuáticas ya que estos deben estar en las mejores condiciones posibles para su posterior consumo. Dentro de las granjas verticales se asignarían sectores destinados a la eclosión de los huevecillos, otro sector orientado al crecimiento de las especies y un sector con el propósito de servir como almacenamiento de los peces para su posterior mercadeo o consumo propio.

3. Beneficios y problemas económicos referentes a las granjas verticales

Las ventajas que adjudican las mentes futuristas entorno a las mejoras de las estructuras verticales, implementando tecnologías que permitan controlar el ambiente donde se desarrollan estos tipos de cultivos, provee un avance dentro de la agricultura transformando la manera tradicional que tiene el hombre de plantar la tierra. Con base a esto se puede mencionar algunas ventajas que nos ofrecen las granjas verticales:

- Entornos controlados: los constantes cambios climáticos y las plagas son factores que afectan en mayor parte a los agricultores y provocan grandes pérdidas, por lo cual poseer entornos controlados evita estos tipos de problemas.
- Calidad de productos alimenticios: en nuestros días la frustración que muestran muchos consumidores a la hora de adquirir alimentos casi libres de pesticidas y fertilizantes es evidente, por lo que las granjas verticales tienen el objetivo de reducir la utilización de productos dañinos a la salud humana como los pesticidas [18], aprovechando la ventaja de poseer entornos controlados.
- Contribución con el medio ambiente: se espera que las granjas verticales contribuyan de gran manera a reducir la erosión de los suelos, además de aminorar la contaminación y uso inadecuado de las aguas de nuestro planeta, pues al poder controlar el riego de los cultivos, se utilizará el agua de mejor manera.
- Otros beneficios: la reutilización de restos orgánicos como abonos y el hecho de no tener que trasladar los productos a largas distancias disminuiría el uso de combustible.

Al ser las granjas verticales una alternativa innovadora y tecnológicamente viable para resolver problemas como el abastecimiento de alimentos en zonas urbanas y disminuir problemas ambientales también cabe resaltar que las principales desventajas que posee son de carácter económico, en las cuales podemos mencionar los costos de construcción del edificio y su equipamiento tecnológico, como también los costos energéticos que demandara la estructura, en donde la esperanza de implementar esta idea en su totalidad radica en que los avances tecnológicos reduzcan los costos [4].

4. Diseños y proyectos que están funcionando

En 1999, Dickson Despommier (biólogo y profesor de ciencias medioambientales y microbiología de la Universidad de Columbia) se dio a la tarea de diseñar una granja vertical viable, su trabajo recibió un gran impulso en 2007 con la publicación del artículo "Skyfarming" en el New York Magazine, interesando a científicos y empresas de todo el mundo en el tema [19]. A continuación, se presentan algunos proyectos destacados:

- Zoológico de Paignton en Londres, Inglaterra. Primera granja vertical en operación en Europa, produce alimentos para los animales del zoológico.

- Granjas verticales en Singapur. Debido a que Singapur es uno de los países más poblados de la tierra en donde se estima que en 718 kilómetros cuadrados, viven aproximadamente 5.5 millones de personas empresas como Agri-Food y Veterinary Authority (AVA), han creado la primera granja vertical comercial del mundo. Producen de 1 a 2 toneladas de vegetales cada 2 días, que luego son vendidos a los supermercados locales [20].
- Granja vertical en Suecia. Ya se han iniciado las obras de lo que será el primer invernadero vertical urbano en Suecia. Representantes de la ciudad de Linköping, Plantagon, y Verken Tekniska han realizado el gesto simbólico que da por iniciadas las obras, las cuales durarán entre 12 y 16 meses. El edificio triangular será de 12 pisos, donde las plantas viajarán desde el último piso hasta el primero para aprovechar la luz solar y facilitar la recolección [21].

5. Conclusión

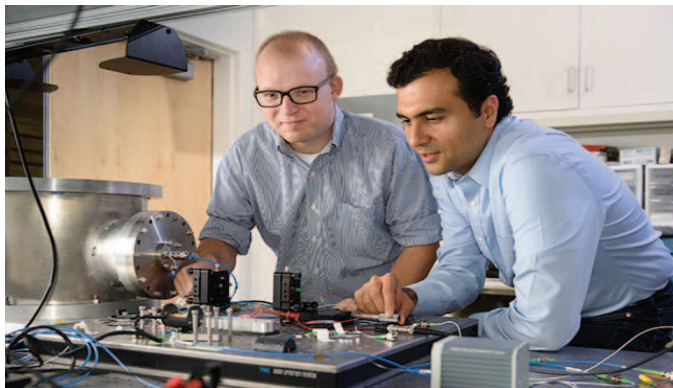
Las necesidades del ser humano y el deseo de crecer tecnológicamente han propiciado que el concepto de Smart City sea una realidad. La evolución de la tecnología nos está dando la oportunidad de encontrar alternativas que nos permitan interactuar, como sociedad, de una manera sostenible con el medio ambiente. En este artículo se presentaron las diversas modalidades de granjas verticales que se pueden desarrollar ya sea para la agricultura, ganadería y acuicultura. También, se mencionan los beneficios y retos que se pueden encontrar en este tipo de granjas y finalmente, se presentan algunos casos de instalaciones que actualmente aplican el concepto de granjas verticales.

Referencias

- [1] S. Angel, J. Parent, Daniel L. Civco, A. Blei, D. Potere, "The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000-2050", *Progress in Planning*, vol. 75, Edición 2, Febrero 2011, pp.53-107.
- [2] R. D'Autilia, I. D'Ambrosi, "Is there enough fertile soil to feed a planet of growing cities?", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 419, Febrero 2015, pp.668-674.
- [3] (2014) Arkiplus, "Granjas verticales", [Online]. Disponible en: <http://www.arkiplus.com/granjas-verticales>
- [4] A. Carangelo, A. Grossman, "Human Footprint", *National Geographic Education & Children's Program*, 2008, pp.4. Disponible en: www.nationalgeographic.com/xpeditions/lessons/14/g68/HumanFootprint.pdf
- [5] R. Saracco, "A Vision of a Smart, Happy, Citizen as an Enabling Infrastructure for Smart Cities", *IEEE Smart Grid Newsletter Compendium 2015*, pp. 34-36.
- [6] J. C. Martínez, I. J. Leborburu-Suárez, "La Ingeniería de Infraestructuras Inteligentes: Un Sector Empresarial en Crecimiento", *DYNA: Colombia*, vol. No.8, Nov. 1992, pp. 40-46.
- [7] C. Banerjee, L. Adenaeuer, "Up, up and away! The economics of vertical farming," *Journal of Agricultural Studies*, ISSN 2166-0379, vol.2, No.1, 2014, pp.40-60.
- [8] M. Brennan, J. Gralnick, "Vertical farming: The next big thing for food – and tech", *Blog: CNBC Food and Beverage*. Publicado: miércoles 24 de junio de 2015. Disponible en: <http://www.cnbc.com/2015/06/24/vertical-farming-the-next-big-thing-for-food-and-tech.html>
- [9] D. Baer, "New Jersey's 'Brick City' just broke ground on the world's largest vertical farm," *Business Insider Tech*. Publicada el 10 de julio de 2015. Disponible: <http://www.businessinsider.com/aerofarms-newark-vertical-farming-opening-2015-7>
- [10] M. Skyer, "Vertical farming: it's coming to save the day, but will it?" Publicado el 29 de junio de 2014. Disponible en: <http://www.craftsy.com/blog/2014/06/what-is-vertical-farming/>
- [11] Growth Technology, what is hydroponic growing? Disponible en: <http://www.growthtechnology.com/growtorial/what-is-hydroponic-growing/>
- [12] Libia I. Trejo-Téllez and Fernando C. Gómez-Merino (2012). *Nutrient Solutions for Hydroponic Systems, Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches*, Dr. Toshiki Asao (Ed.), ISBN: 978- 953-51-0386-8, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/hydroponics-a-standardmethodology-for-plant-biological-researches/nutrient-solutions-for-hydroponic-systems>
- [13] Dirección de Producción Agrícola, "Hydroponic vegetable production", Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, South Africa, 2011. Disponible en: <http://www.nda.agric.za/docs/Brochures/prodGuideHydroVeg.pdf>
- [14] R. Ziegler, "The Vertical Aeroponics Growing System" Synergy International Inc, pp. 1-13, 2005. Disponible en: <http://www.synergyii.com/aeroponic/VAP.pdf>
- [15] A. Conway, "Global egg consumption to rise worldwide through 2024," *Wattagnet.com*. Publicada el 23 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.wattagnet.com/articles/25047-global-egg-consumption-to-rise-worldwide-through-2024>
- [16] S. Nichols, "MSU study shows inland fisheries now provide 40% of world's fish," *Research@MSU*, Michigan State University. Disponible en: <http://research.msu.edu/inland-fisheries-now-provide-40-of-worlds-fish/>
- [17] *Aquaponics USA*. Disponible en: <http://www.aquaponicsusa.com/ap-info/aquaponics-fish.html>
- [18] "Potential health effects of pesticides," *Pesticide Safety Fact Sheet*, College of Agricultural Sciences, PennState University. Disponible en: http://extension.psu.edu/pests/pesticide-education/applicators/fact-sheets/pesticide-safety/potential-health-effects-of-pesticides/extension_publication_file
- [19] L. Chamberlain, "Skyfarming", *New York Magazine*, Octubre 24 2007. Disponible en: <http://nymag.com/news/features/30020/>
- [20] J. M. Prieto, "Granjas verticales en Singapur", *Blog: Agronegocios e industria de alimentos*, Facultad de Administración, Universidad de Los Andes, Colombia, 7 de mayo de 2015. Disponible en: <http://agronegocios.uniandes.edu.co/index.php/tematicas/alimentos/275-granjas-verticales-en-singapur>
- [21] A. Dazne, "La primera granja vertical se ha empezado a construir en Suecia", *Blog: IS-ARQuitectura*, 27 de febrero de 2012. Disponible en: <http://blog.is-arquitectura.es/2012/02/27/la-primera-granja-vertical-se-ha-empezado-a-construir-en-suecia/>
- [22] *Skyscrapers farming (Imagen)* Disponible en: <https://www.pinterest.com/pin/478929741596057269/>

Nueva computadora combina circuitos electrónicos con pulsos de luz

(Fuente: New Computer Combines Electronic Circuits with Light Pulses, By Jeremy Hsu, Oct 2016, IEEE Spectrum Tech Talk)



El problema clásico del “vendedor viajero” es un problema de optimización que resulta fundamental en investigación de operaciones y ciencia computacional teórica, así como para muchas aplicaciones del mundo de los negocios, tales como la planificación de las rutas de camiones de reparto o el descubrimiento de nuevas drogas farmacéuticas. Actualmente, se tiene la limitación de que los computadores modernos todavía no tienen la capacidad para encontrar la mejor solución a este tipo de problema; y es que, aun encontrar soluciones aproximadas, es exigente.

En la actualidad, los computadores manejan los problemas de optimización combinatorial saltándose algunas de las soluciones más débiles en lugar de considerar todas las posibilidades para encontrar la mejor solución. Por esto, un grupo de científicos de E.U. y Japón han desarrollado un nuevo computador especializado que podría algún día solucionar el problema del “vendedor viajero” y problemas similares en forma más eficiente. Es una máquina híbrida que combina circuitos electrónicos digitales con dispositivos ópticos similares al láser.

Con el nuevo computador se busca solucionar problemas de optimización usando un modelo matemático conocido como “modelo Ising”, el cual describe como los materiales magnéticos tienen espines atómicos que existen en estados ya sea arriba o abajo. Al imitar un arreglo de tales magnetos minúsculos, el computador especializado “máquina Ising” puede representar un problema de optimización como una configuración única de estados arriba o abajo de espín, en los que cada uno interactúa con otro por medio de acoplamientos. Es por medio de los acoplamientos entre espines, que se codifica el problema que se quiere resolver, y la solución de la “máquina Ising” es idealmente la configuración del estado fundamental que minimiza la energía total del sistema, dado el conjunto de acoplamientos.

Por muchos años, ingenieros y físicos han experimentado con diferentes computadores tipo “máquinas Ising” para resolver tales problemas de optimización, usando diferentes estrategias, entre las que se tiene: redes neuronales inspiradas en el cerebro construidas con circuitos electrónicos; computación cuántica adiabática que

involucra máquinas de “recocido” cuántico de ondas-D, y problemas de optimización de codificación dentro de moléculas de ADN biológico como una forma de computación molecular.

Pero el equipo de científicos de EE.UU. y Japón han tomado una estrategia bastante diferente para construir las “máquinas Ising”. Ellos utilizan pulsos de luz de un dispositivo similar a un láser, llamado oscilador paramétrico óptico, para representar los espines magnéticos. Estos pulsos de luz son medidos individualmente y combinados unos con otros para formar sistemas más grandes que simulan arreglos de magnetos minúsculos. Para controlar y combinar los pulsos de luz, se requieren líneas de retraso ópticas y moduladores ópticos. Pronto, se dieron cuenta que una máquina completamente óptica resultaba muy costosa y difícil de escalar, debido a las líneas de retraso y los moduladores, por lo que optaron por una máquina híbrida, parte electrónica digital y parte óptica, donde la interacción que ocurre entre los pulsos de luz se simula con circuitos electrónicos, y luego la información se traduce y se pasa a la porción óptica del sistema.

Se han hecho pruebas exhaustivas con múltiples versiones de problemas de optimización para demostrar que las soluciones no están limitadas a problemas específicos, y se han usado diferentes números de espines para evaluar las capacidades y el desempeño.

La gran pregunta con esta versión de la “máquina Ising” es si ésta puede vencer a los mejores algoritmos que corren en computadores clásicos. Los resultados publicados hasta la fecha son prometedores, pero en los próximos años, los grupos de investigación estarán realizando pruebas de comparación de velocidad, y también para clarificar las ventajas y desventajas de la “máquina Ising” sobre los computadores convencionales. Además, se estará abordando la aplicación de estas máquinas a aplicaciones comerciales del mundo real, como la optimización de redes de comunicación móviles o el descubrimiento de nuevas configuraciones de moléculas para nuevas drogas farmacéuticas.

Nuevo reloj inteligente que se carga con el calor de la piel

(Fuente: This Smart Watch Will Charge Itself Using Heat From Your Skin, by Tekla S. Perry, Nov 2016, IEEE Spectrum Tech Talk)



¿Cuántos olvidamos cargar las baterías de nuestros monitores de actividad física, perdiendo luego la información y la motivación? Matrix Industries, con base en California, ha indicado que tiene la forma de solucionar esto. Y es que piensan que la tecnología termoelectrónica está lista para alimentar los dispositivos portátiles, y pronto permitirá proveer

energía para dispositivos implantables y sensores de baja potencia para el Internet de las Cosas. Los dispositivos termoeléctricos recolectan energía usando la diferencia de temperatura entre sus dos lados para generar un voltaje.

Matrix ha lanzado lo que llama un reloj inteligente con alimentación termoeléctrica. Este dispositivo tiene un contador de pasos, un contador de calorías gastadas, un monitor de sueño, y por supuesto, un reloj para el tiempo. Aunque estos dispositivos son atractivos para los consumidores jóvenes y aquellos que les gusta lucir lo último, no son el objetivo principal de Matrix. La empresa está realmente interesada en convencer a otros fabricantes de artefactos que adopten su tecnología termoeléctrica.

“Nosotros nos vemos como una compañía de recolección de energía térmica”, indica Anne Ruminski, jefe de ingeniería de Matrix, “no como un fabricante de relojes”. Lo que se quiere es que la tecnología termoeléctrica de Matrix se adopte para otros dispositivos portátiles, dispositivos médicos y sensores inteligentes.

Ruminski indica que es el momento oportuno para usar la energía termoeléctrica en dispositivos portátiles, y que están sorprendidos de que, cuando buscan en las aplicaciones para esta tecnología, todos están trabajando enfocados en usarla en autos, lo que aún no es factible. Están sorprendidos de que nadie la ha puesto en un reloj. “Los relojes inteligentes tienen sentido, porque los dispositivos que van en los relojes inteligentes de hoy utilizan mucho menos energía que hasta hace solo un par de años atrás”.

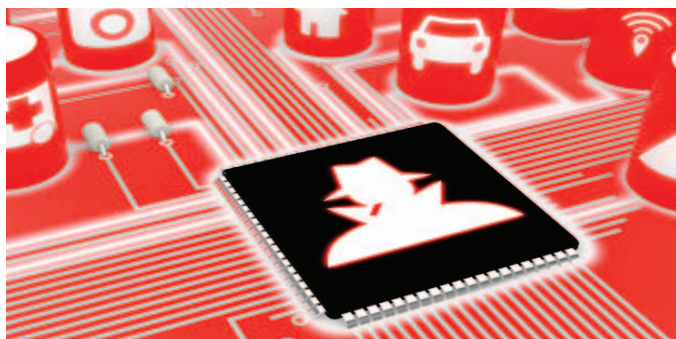
La compañía apunta a la implementación de la tecnología en dispositivos de ayuda auditiva, e indican que es especialmente adecuada para dispositivos implantables, como los marcapasos.

Matrix ha llenado patentes en aplicaciones termoeléctricas y en administración del calor. Ruminski indica que “encontrar la forma de cómo manejar el calor de manera que el lado frío del sistema no se caliente, fue un gran reto”.

Se demanda un marco regulatorio para la seguridad del internet de las cosas

(Fuente: Wanted: Smart Public Policy for Internet of Things Security, by Amy Nordrum, Nov 2016, IEEE Spectrum)

Sin que usted lo sepa, los dispositivos conectados en su hogar y negocio pueden estar llevando a cabo acciones maliciosas. Cada vez



más, el internet de las cosas (IoT – Internet of Things) se ha convertido en un arma para los hackers. Esto es posible en gran medida por culpa de los fabricantes al no programar medidas de seguridad básicas en estos dispositivos.

Ahora, expertos en EE.UU. están pidiendo a los reguladores que intervengan. La demanda de que la política pública mejore la seguridad de los dispositivos ha alcanzado un punto álgido después de una serie de ataques de denegación de servicio de alto perfil a través de *DVRs*, *routers* y *Webcams* no sospechosos. En octubre, los *hackers* inundaron con tráfico el servicio de Internet de una compañía, uniendo millones de dispositivos del IoT en un *botnet virtual* usando un programa malicioso llamado Mirai.

Bruce Schneier, un especialista en seguridad afiliado a la Universidad de Harvard, que pide mayor regulación, indica que “estos problemas no son problemas que los mercados puedan resolver”. Dice que los ataques como el indicado arriba son similares a la contaminación del aire – “son una externalidad que los fabricantes no están motivados a solucionar”.

En vista de los ataques recientes, queda claro que los dispositivos del IoT continuarán sirviendo como una primera línea para crear *botnets* si su seguridad no se mejora. Se hace necesaria entonces la regulación ya que los fabricantes no están haciendo lo que es importante para el interés común, y se limitan a lo que es importante para su interés comercial.

Sin embargo, la regulación es un caso complicado, ya que el término IoT abarca miles de millones de dispositivos conectados a Internet, que van desde simples sensores a supercomputadores, y la regulación de todos ellos implicaría abarcar múltiples sectores diferentes entrelazados. Hasta el momento, no ha habido una propuesta clara o un acuerdo entre los que apoyan un potencial marco regulatorio para la seguridad del IoT. Además, hay muchos que difieren y piensa que una regulación de gobierno no será efectiva ya que los *hackers* cambian frecuentemente sus ataques y ninguna regulación podría seguir estos cambios.

Al consultar con expertos sobre ciberseguridad, *están indican* que no está claro qué se debe hacer en términos de regulación, pero lo que sí es obvio es que el mercado no puede resolverlo. Un aspecto importante en este tema es si existe una agencia que claramente tenga la autoridad para regular e imponer cualquier nueva reglamentación, si es que esta se establece. Hasta ahora, no hay ninguna agencia encargada de darle seguimiento al IoT, en lugar de esto, algunas agencias han encontrado alguna razón para cubrir parte de ello. Así por ejemplo, el Departamento de Servicios de Salud y Humanos protege la información de salud personal almacenada en dispositivos conectados, mientras que la Reserva Federal ha publicado una guía de seguridad que cubre dispositivos asociados a la industria financiera, entre otros.

Una posibilidad para avanzar en una legislación para mejorar la seguridad del IoT es la de una regulación flexible, la cual describa pasos críticos que las compañías debe seguir, tales como realizar valoraciones de riesgo, preparar planes para minimizar riesgos de seguridad, etc., y que las compañías sean penalizadas si no cumplen con los mismos.

Lo que está claro es que mejorar la seguridad del IoT es un asunto complicado pero crítico.

Entrevista con la Dra. Ivonne Torres

Astrid Scheuermann

astrid_14893@hotmail.com

Polifacética, amistosa y conciliadora: así se describe la doctora en Farmacología Ivonne Torres Atencio. Su trayectoria profesional y personal la han llevado desde Puerto Armuelles, provincia de Chiriquí, tierra que la vio nacer, hasta Barcelona, la capital de Cataluña, donde obtuvo su doctorado. Actualmente se desempeña en el cargo de Profesora asistente de la cátedra de Farmacología en la Facultad de Medicina de la Universidad de Panamá, donde también ejerce como la directora del Departamento de Farmacología. La Dra. Torres dedica parte de su tiempo a la investigación farmacológica de productos naturales con interés en enfermedades inflamatorias respiratorias en líneas celulares y animales experimentales. Además es especialista y consultora en medicamentos biotecnológicos y asesora en proyectos de tesis de licenciatura y maestría. Hemos conversado con ella sobre su trayectoria y sobre la situación del país en materia de farmacología.

La doctora Ivonne Torres es una persona activa, a quien le encantan la literatura, los viajes, mantenerse actualizada, además del buen vino y la buena cerveza. Es fiel creyente de que el tercer mundo es más bien un estado mental y una actitud, que una realidad que nos rodea. Es su dedicación la razón por la cual ha dedicado su vida a formarse académicamente y a no detenerse ante las adversidades. Desde muy pequeña mostró interés por las materias científicas, pero no fue hasta el penúltimo año de secundaria cuando decidió optar por una carrera en salud. Sin embargo no escogió medicina, sino farmacia, licenciatura que cursó en la Universidad de Panamá. Debido a su desempeño en la tesis, ella y su colega el Profesor Juan Antonio Morán ingresaron como profesores del departamento, donde luego de 3 años de trabajo se abrió la oportunidad de realizar una maestría en Ciencias Biomédicas. Posteriormente aplicó y se trasladó por 4 años a Barcelona, donde completó el programa doctoral de Farmacología en la Universidad Autónoma de Barcelona.

Acerca de la Farmacología

Sobre la importancia de la Farmacología, la doctora Torres comenta que cuando eres paciente y requieres de un tratamiento, debes conocer sobre el tratamiento, los mecanismos de acción de ese fármaco, así como la respuesta del individuo de acuerdo a su edad, las interacciones que presenta con respecto a otros fármacos, los alimentos y el estilo de vida del paciente. Todo tiene importancia en la farmacología.

Son pocos los profesionales dedicados a este estudio, y su investigación es de carácter básico que principalmente se enfoca en la evaluación de productos naturales o moléculas interesantes en modelos animales, de tejido aislado o en algunos casos líneas celulares.

En su departamento hay colegas que se dedican a la evaluación de productos con acción vascular y la elucidación de mecanismos de acción relacionada. También se hacen evaluaciones de



productos con acción antiinflamatoria, antimicrobiana, respiratoria, antioxidante; entre otras técnicas. La doctora detalló que desde siempre la evaluación preclínica ha sido la carta de presentación de las evaluaciones farmacológicas, por lo tanto hay una gran cantidad de modelos animales en los cuales se reproducen padecimientos específicos mediante la modulación con fármacos, o el estudio de tejidos aislados cuando hay acciones más específicas. También están muy involucrados en la actualización y educación continua, y reciben invitaciones frecuentes de instituciones como la Caja de Seguro Social, el Colegio de Farmacia y Médico, algunos laboratorios farmacéuticos y el Ministerio de Salud junto con Farmacias y Drogas. Su objetivo primordial es realizar un aporte mediante las investigaciones y generar nuevos conocimientos. Mediante la colaboración con otros especialistas, tanto en Panamá como en el extranjero, se fortalecen relaciones para el intercambio de tecnología y conocimiento.

Investigación e innovación científica y tecnológica

Sobre la investigación y la creatividad e innovación científica y tecnológica, la doctora Torres nos comenta que para tener un país desarrollado lo importante es tener una población sana. “Solo pregúntense qué harían ustedes si tuvieran un dolor, de cualquier índole e intensidad, y no hubiese nada con qué mejorar esa situación, o si tienes una infección y no cuenta con antibióticos o sustancias que combatan la bacteria, qué ocurriría. Nuestro país, además tiene padecimientos propios del trópico y nuestra idiosincrasia, que hace de la investigación biomédica un área importante para obtener nuestros propios indicadores y enfocar las medidas de salud más convenientes”, puntualizó.

En cuanto a la situación de Panamá con respecto a otros países de la región en materia de farmacología y producción de medicamentos, nos cuenta que “existen laboratorios de producción nacional de medicamentos, pero estos desde luego son los genéricos de medicamentos que ya han estado en el mercado. Naturalmente, esos laboratorios de producción deben cumplir con las buenas prácticas de manufactura y pasar los análisis de calidad del producto”. Con respecto a otros países de la región, aclaró que la importación y compra de medicamentos finalmente encarece los precios de los productos, pero esto es más bien determinado por una política de

mercado de libre oferta y demanda. “Somos el país con medicamentos más caros de la región, inclusive que nuestros vecinos, Colombia y Costa Rica”, agregó la científica. Todo esto se traduce en los precios que pagan instituciones como la Caja de Seguro Social o el Ministerio de Salud, y cada vez hay más pacientes, sobre todo con enfermedades no transmisibles como hipertensión, diabetes o las transmisibles y reemergentes como Tuberculosis o la pandemia del VIH-SIDA.

La investigadora hizo especial énfasis en el rol de las universidades así como de los centros de investigación en la generación de conocimiento que tenga un impacto positivo en la sociedad. Comentó que “se requieren más recursos humanos y materiales para poder ser competitivos y responder a tiempo prudente, pero esto va ligado al engranaje de la adquisición de insumos científicos, que en nuestro país son excesivamente costosos, o los trámites logísticos son retrógrados”.

La doctora Torres dio un último consejo para todos aquellos jóvenes que desean estudiar carreras científicas o ser investigadores. “Si les gustan las ciencias y sienten pasión por aprenderlas e ir más allá, sigan su instinto. Todo debe ser impulsado por la vocación y la pasión por algo”.

Seguridad cibernética en las redes eléctricas inteligentes

Amenazas y desafíos

Y. Sáez¹, E. Collado²

¹Universidad Tecnológica de Panamá, ²Texas A&M University
yessica.saez@utp.ac.pa, edwin.collado@tamu.edu

Resumen: *la red eléctrica inteligente, mejor conocida como Smart Grid, promete aumentar la capacidad, fiabilidad y eficiencia de la red eléctrica actual a través de la participación de los consumidores y la convergencia de la tecnología de la información con la red eléctrica existente. Sin embargo, esta integración crea una nueva serie de puntos vulnerables causados por intrusión cibernética y corrupción, que pueden conducir a efectos físicos devastadores y grandes pérdidas económicas. El objetivo de este trabajo es documentar y proporcionar una visión general sobre los principales requerimientos de seguridad cibernética, los posibles tipos de ataques, y los desafíos que enfrentan las redes eléctricas inteligentes. Además, se proponen estrategias y tecnologías que podrían ayudar a reducir o mitigar la ejecución de ataques exitosos en las mismas.*

Palabras claves: *Smart Grid, red eléctrica inteligente, seguridad cibernética, amenazas, vulnerabilidades, ataques cibernéticos.*

Title: *Cyber security of the Smart Grid: Threats and Challenges*

Abstract: *the intelligent power grid, better known as Smart Grid, promises to improve the capacity, reliability and efficiency of existing electricity grid through the participation of consumers and the convergence of information technology with the current electricity grid. However, this integration creates a new set of vulnerabilities caused by cyber intrusion and corruption that can lead to devastating physical effects and economic losses. The main objective of this work is to document and to provide an overview of the main requirements of cyber security, the possible types of attacks, and the challenges that the intelligent power grids faces. In addition, strategies and technologies that could help reduce or mitigate the execution of attacks on these networks are proposed.*

Key words: *Smart Grid, intelligent power grid, cyber security, threats, vulnerabilities, cyber attacks.*

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 13 de julio de 2016

Fecha de aceptación: 16 de noviembre de 2016

1. Introducción

Actualmente la distribución de energía eléctrica se realiza a través de un sistema en su mayoría mecánico, con un uso modesto de sensores, con una mínima comunicación y con muy poco control

electrónico para monitorear y controlar dispositivos de la red. Dado el rápido incremento en el consumo de energía y la complejidad de la infraestructura del sistema eléctrico, la industria energética ha iniciado la búsqueda de una solución que permita mejorar el rendimiento de la red eléctrica actual, con el objetivo de servir eficientemente al alto número de consumidores esperados en el futuro. En años recientes, se ha escuchado hablar sobre la red eléctrica inteligente o “Smart grid” como una solución prometedora a este problema. Este término ha sido utilizado ampliamente en muchos aspectos, por lo que su definición es considerablemente dinámica. Energía y Sociedad define la “Smart Grid” como “una red que integra de manera inteligente las acciones de los usuarios que se encuentran conectados a ella – generadores, consumidores y aquellos que son ambas cosas a la vez–, con el fin de conseguir un suministro eléctrico eficiente, seguro y sostenible” [1]. En otras palabras, la red eléctrica inteligente permitirá la optimización de generación y almacenamiento, transporte, distribución, y el consumo de energía, lo que asegurará la fiabilidad, la conservación de la energía y la mitigación de los impactos ambientales y económicos.

La figura 1 ilustra la arquitectura general de la red eléctrica inteligente basada en el modelo conceptual del Instituto Nacional de Normas y Tecnología de los Estados Unidos (NIST) [2]. Este tipo de redes eléctricas prometen aumentar la capacidad, fiabilidad y eficiencia a través de la participación de los consumidores y la convergencia de la tecnología de la información y comunicaciones con la red eléctrica existente. Sin embargo, esta integración crea una nueva serie de puntos vulnerables causados por intrusión cibernética y corrupción que pueden conducir a efectos físicos devastadores y grandes pérdidas económicas. De hecho, una acción maliciosa en una parte de la infraestructura de la red eléctrica podría crear caos en el mercado eléctrico y efectos globales rápidamente, por el hecho de que la misma provee interconexión con otras infraestructuras críticas como lo son el transporte, las telecomunicaciones, la salud pública, banca y finanzas, suministro de agua, servicios de seguridad, entre otros.

Incidentes recientes, incluyendo ataques cibernéticos [3], demuestran que la infraestructura del sistema eléctrico está alcanzando un nivel de complejidad e interconexión que lo hace particularmente vulnerable a interrupciones de energía [4], [5]. Esto ha generado una preocupación razonable que ha conducido a cuestionamientos acerca de la seguridad en los sistemas eléctricos.

Dado que la investigación sobre seguridad cibernética de la red eléctrica inteligente se encuentra aún en su fase inicial de desarrollo, el objetivo de este trabajo es arrojar luces sobre posibles futuras direcciones de investigación para la seguridad de dicha red. Específicamente, este trabajo busca proporcionar una visión general sobre las principales amenazas cibernéticas y ataques que pueden afectar la seguridad y el rendimiento de la red eléctrica inteligente. El resto de este trabajo está organizado de la siguiente manera: la Sección 2 describe la seguridad cibernética en forma general, la Sección 3 discute los objetivos y requerimientos necesarios para asegurar las redes eléctricas inteligentes, la Sección 4 resume los principales ataques cibernéticos presentes en estas redes, la Sección 5 analiza los principales desafíos cibernéticos que enfrenta la industria energética, y finalmente la Sección 6 provee conclusiones y recomendaciones que pueden ser de gran utilidad en el diseño

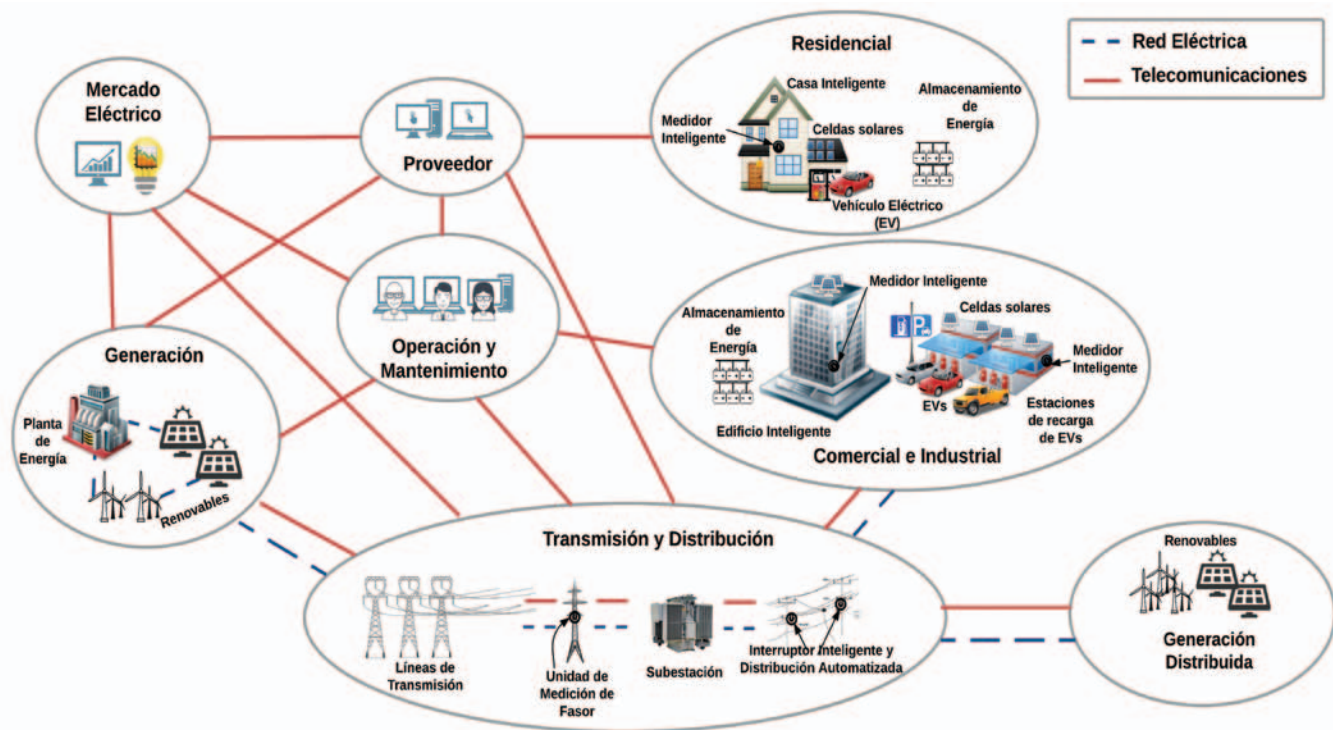


Figura 1. Arquitectura general de la red eléctrica inteligente (Creada por Sáez y Collado, adaptada de [2]).

de soluciones y estrategias de defensa para mejorar la seguridad cibernética en los sistemas informáticos y de comunicación de las redes eléctricas inteligentes.

2. Seguridad cibernética en las redes eléctricas inteligentes

La infraestructura cibernética de las redes eléctricas inteligentes incluye los sistemas y servicios de información electrónica y de comunicación y la información contenida en los mismos. Dichos sistemas y servicios están compuestos por el *hardware* y *software* utilizado para procesar (acceder, crear, modificar y destruir), almacenar y transmitir (intercambiar y distribuir) información [6]. Los ataques a la infraestructura cibernética, pueden causar fallas operacionales y de sincronización que afectarían componentes críticos, lo cual puede interrumpir el suministro de energía y causar pérdidas económicas. Por esto, es indispensable involucrar la seguridad cibernética en el proceso de diseño de la red eléctrica inteligente [7].

La incorporación de nuevas tecnologías a la red eléctrica actual aumenta la complejidad de la misma y con ello, aumenta también el número de riesgos. Por ejemplo, los nuevos nodos en la red eléctrica generan nuevos puntos de entrada que los agresores podrían explotar. Además, nuevas amenazas a sistemas de computadoras aparecen día a día debido al rápido incremento de herramientas de "hacking" sofisticadas, por lo tanto, cualquier enlace de telecomunicaciones dentro de la red eléctrica representa una vía potencialmente insegura en la operación de la misma.

Aunque que la destrucción física directa de generadores,

subestaciones, y líneas de energía puede ser la estrategia más obvia para causar apagones, otras actividades que ponen en peligro el funcionamiento de los sensores, dispositivos de comunicación y sistemas de control mediante la suplantación de identidad o el envío de comandos incorrectos a los centros de control, también podrían interrumpir el sistema, causar apagones, y en algunos casos producir daños físicos a componentes críticos del sistema. Además, la digitalización de la red eléctrica habilita la posibilidad de ataques remotos. Por ejemplo, la implementación de la infraestructura de medición avanzada o "Advance Metering Infrastructure" (AMI) [8], [9], ampliamente considerada como uno de los primeros pasos en la digitalización de los sistemas de control de la red eléctrica, genera nuevas amenazas a la red, tales como: la fabricación de las lecturas del medidor de energía, manipulación de los costos de energía, el envío de señales de control falsas y códigos maliciosos.

Como consecuencia, la seguridad cibernética es una prioridad clave y debe incluirse en todas las etapas o fases del ciclo de vida del desarrollo de las redes eléctricas inteligentes, desde la fase de diseño, hasta las fases de implementación y mantenimiento. La planeación e implementación de estrategias de seguridad cibernética puede reducir las probabilidades de ataques exitosos y minimizar los impactos de aquellos que logran ejecutarse.

3. Objetivos y requerimientos de seguridad en las redes eléctricas inteligentes

La fiabilidad de las redes eléctricas inteligentes se basa en la confianza, la seguridad y la disponibilidad del control de los sistemas

de aplicación de comunicaciones [10]. Antes de seleccionar e implementar medidas y soluciones de seguridad cibernética que garanticen un funcionamiento seguro y fiable, es esencial entender cuáles son los objetivos y requisitos de seguridad de la red eléctrica.

A continuación, se describen los principales objetivos y requerimientos de seguridad para la red eléctrica inteligente [11].

3.1 Objetivos de seguridad

La seguridad en las redes eléctricas inteligentes definitivamente implica la protección y seguridad de la información. Los criterios de protección de la información generalmente se especifican en políticas tales como la disponibilidad, integridad y confidencialidad. NIST ha definido estas políticas de seguridad de la siguiente manera [2]-[11]:

- **Disponibilidad:** garantizar el acceso y utilización oportuna y confiable de la información. Esta es una de las tareas más importantes de las redes eléctricas inteligentes, puesto que una pérdida de disponibilidad representa la interrupción del acceso y uso de la información, lo cual podría debilitar la gestión y entrega de energía.
- **Integridad:** asegurar que la información no sea alterada de manera no autorizada. Esta política protege contra la modificación y destrucción inapropiada de la información, asegurando de esta manera el no repudio y la autenticidad de la misma.
- **Confidencialidad:** preservar la restricción de acceso y divulgación de la información. Esta política aborda la protección de la propiedad de la información asegurando que información sensible no sea divulgada a personas, entidades o procesos no autorizados.

3.2 Requerimientos de seguridad

Como se ha mencionado anteriormente, los requisitos generales para un alto nivel de seguridad son disponibilidad, integridad y confidencialidad. No obstante, adicionalmente a dichos objetivos,

el NIST [11] también recomienda ciertos requisitos de seguridad específicos para la red eléctrica inteligente, los cuales abarcan tanto la seguridad cibernética como la seguridad física. Como este artículo está enfocado en la seguridad de los sistemas informáticos y de redes de comunicación, a continuación, se presentan algunos de los requisitos de seguridad cibernética más importantes para la red eléctrica inteligente basados en el estudio desarrollado en [11].

- **Privacidad:** a medida que la red eléctrica inteligente llega a los hogares y negocios, los clientes participan cada vez más en la gestión de su energía. Por lo tanto, la privacidad de la información se ha convertido en una preocupación cada vez grande. Los medidores inteligentes [8], [9] y el manejo de carga en las redes eléctricas inteligentes involucran la utilización de patrones de uso de electricidad que podrían revelar información privada [12], [13]. Por ejemplo, usuarios maliciosos podrían utilizar patrones de consumo para determinar no solamente cuánta energía se utiliza en una residencia o edificio, sino también para saber si los consumidores se encuentran o no en los mismos y así poder ejecutar ataques. También, los delincuentes podrían utilizar la información de estos patrones para perjudicar a consumidores específicos (robo de identidad). Como resultado, varias preocupaciones sobre privacidad deben ser abordadas. Afortunadamente, las tecnologías relacionadas con privacidad están muy bien desarrolladas y las soluciones de privacidad específicas necesarias dependerán del tipo de recurso de comunicación protegido [14].
- **Detección de ataques y respuesta rápida a incidentes:** la red eléctrica inteligente es una red de comunicación que comprende una gran cobertura. Por lo tanto, resulta prácticamente imposible proteger cada nodo de la red. Como resultado, es recomendable realizar consistentemente verificaciones de perfiles, pruebas y comparaciones para monitorear el estado del tráfico de la red con

Tabla 1. Ataques maliciosos a la red eléctrica inteligente

Según amenaza	Objetivo de seguridad afectado	¿Activo o pasivo?	Ejemplos
Intercepción (cuando personal no autorizado obtiene acceso a datos, dispositivos o componentes del entorno cibernético)	Confidencialidad	Pasivo (por lo general no puede ser detectado pero puede ser prevenido con criptografía)	Denegación de servicios (o "DoS, Denial of service"), espionaje, monitoreo de tráfico de datos
Modificación (cuando se obtiene acceso y se realizan modificaciones a datos, dispositivos o componentes del entorno cibernético de forma deliberada e ilegal)	Integridad	Activo (puede ser detectado con criptografía)	Modificación de señales de control, modificación de datos de sensores, modificación de información (por ejemplo utilización de energía)
Interrupción (cuando datos, dispositivos o componentes del entorno cibernético son destruidos o convertidos en no disponibles con el objetivo de retrasar, bloquear o perjudicar la comunicación en la red inteligente)	Disponibilidad	Activo (puede ser detectado, pero por lo general no se previene)	Eliminación de enrutamiento, interferencia de enlaces de comunicaciones, modificación de software para evitar ejecución precisa, borrado de datos
Fabricación (cuando personal no autorizado inserta objetos (por ejemplo datos o componentes) falsos en el sistema.	Autenticidad	Activo (puede ser detectado con criptografía)	Ataques por saturación, inserción de señales de control falsas, inserción de transacciones financieras falsas con fines de lucro

• Fuente: Adaptado de [14], [18]

la finalidad de detectar e identificar incidentes anormales debido a ataques. Los autores en [11], proporcionan recomendaciones relacionadas a la respuesta a incidentes, incluyendo políticas y procedimientos para la supervisión de respuesta a incidentes, manipulación, elaboración de informes, pruebas, capacitación, recuperación y reconstitución de los sistemas de información de redes inteligentes.

- **Continuidad de operaciones:** un sistema de información de redes eléctricas inteligentes debe tener la capacidad de continuar o reanudar las operaciones en caso de interrupción de su funcionamiento normal. El trabajo presentado en [11] introduce un conjunto de recomendaciones sobre políticas y procedimientos de funciones y responsabilidades, centros de almacenamiento alternativos, métodos alternativos de mando y control, centros de control alternativos, recuperación y reconstitución y respuesta a prueba de fallas, entre otra información referente a la continuidad de las operaciones de la red eléctrica inteligente.
- **Identificación, autenticación y control de acceso:** las redes eléctricas inteligentes están conformadas de millones de dispositivos electrónicos y sistemas de información inteligentes. Por tanto, la identificación y autenticación deben ser procedimientos clave para verificar la identidad de un usuario o dispositivo y un prerequisite para obtener acceso a recursos en el sistema de información de la red eléctrica inteligente. El enfoque de este control de acceso es asegurar que los recursos solo sean accedidos por personal apropiado y debidamente identificado. Para lograr esto, cada nodo en la red debe tener al menos funciones criptográficas básicas para realizar autenticaciones y encriptación de datos.
- **Auditoría y responsabilidad:** las auditorías periódicas se utilizan para detectar brechas en los servicios de seguridad a través del examen de los registros del sistema de información de redes inteligentes. El registro es necesario para la detección de anomalías, así como el análisis forense. Con la convergencia de los sistemas eléctricos tradicionales y la tecnología de la información, el análisis correcto de la información de eventos (por ejemplo, interrupción del servicio eléctrico) es necesario con el fin de entender lo que ocurrió durante el evento.

4. Ataques a la red eléctrica inteligente

Un ataque cibernético se refiere a una acción no deseada realizada a la infraestructura y sistema de información y comunicación, explotando una vulnerabilidad en la misma [7]. En las redes de comunicación, los ataques a la seguridad pueden provenir tanto de usuarios egoístas que violan protocolos de seguridad con el objetivo de obtener más recursos de la red que aquellos usuarios legítimos [15], así como también de usuarios maliciosos cuyo objetivo es adquirir, modificar o alterar ilegalmente la información de la red [16]. Aunque ambos tipos de usuarios causan problemas de seguridad en las redes de comunicación, los usuarios maliciosos resultan ser de mayor preocupación en las redes eléctricas inteligentes debido a la cantidad de dispositivos de computación electrónicos utilizados para monitorear y controlar la red [11], [16].

En forma general, los ataques a los sistemas de comunicaciones se pueden clasificar en activos y pasivos [17], [18]. Los ataques

activos intentan alterar los recursos del sistema y afectar la operación del mismo, mientras que los pasivos solo buscan conocer o escuchar información del sistema, pero sin afectar los recursos del mismo. Enumerar todos los posibles tipos de ataques a la red eléctrica inteligente resulta impráctico debido a su complejidad y larga escala. Sin embargo, este documento se enfoca en los ataques maliciosos, los cuales pueden ser clasificados según su amenaza, resaltando el impacto que tienen a los objetivos de seguridad [16], como se observa en la tabla 1.

5. Desafíos de la seguridad cibernética

Los sistemas de control utilizados en la red eléctrica fueron originalmente diseñados y desarrollados para trabajar de forma independiente de la red de comunicaciones. Eventualmente, estos sistemas han sido conectados a través de sistemas de comunicación sin tomar en cuenta los mecanismos necesarios para hacerlos seguros. Por tanto, uno de los desafíos que enfrentan las redes eléctricas inteligentes es el análisis y desarrollo de mecanismos y protocolos de seguridad apropiados para proteger tanto el dominio de los sistemas eléctricos como el dominio de los sistemas de comunicación y tecnología de información. Estos mecanismos deben brindar un balance de protección entre la parte física y cibernética.

Por otro lado, existe una gran variedad de tecnologías de comunicaciones utilizadas en las redes eléctricas inteligentes: líneas telefónicas, fibra óptica, conexión inalámbrica, entre otras [19]. Cada una de estas tecnologías cuenta con mecanismos y estándares de seguridad propios, lo cual dificulta el desarrollo de un sistema de defensa uniforme. Por tanto, uno de los grandes retos que enfrenta la seguridad cibernética es desarrollar estrategias viables, suficientemente escalables, compatibles y adecuadas para ser implementadas en toda la red.

Los requerimientos de temporización para el envío de mensajes en las redes eléctricas inteligentes dependen del dominio (generación, mercado eléctrico, proveedor, operación y mantenimiento, transmisión y distribución, y consumidor) en que nos encontremos [16]. Consecuentemente, otro desafío práctico que afrontan los diseñadores de seguridad es que las soluciones de seguridad no solo deben proteger el intercambio de información, sino que también deben cumplir con los requisitos de comunicación y procesamiento de datos.

Hoy en día los operadores humanos son quienes en última instancia toman las decisiones y las acciones que controlan las operaciones del sistema. Por tanto, otro de los desafíos a los que se enfrenta la seguridad cibernética consiste en considerar factores como la fiabilidad de los operadores dentro de los centros de control y la posibilidad de que códigos inseguros o señales de control erróneas hayan sido generados o insertados en el sistema, ya que un suceso de estos podría tener consecuencias catastróficas. Por ejemplo, en septiembre de 2003, Italia y algunas partes de Suiza enfrentaron lo que se conoce como su mayor interrupción en el suministro de energía, el cual afectó a 56 millones de personas en total, resultando en enormes pérdidas financieras [2]. Dicho incidente ocurrió a causa de dificultades técnicas causadas por error humano y la comunicación ineficaz dentro de los operadores de la red eléctrica. Otro gran apagón debido al error humano reportado en [2], se produjo en Europa del

Oeste en noviembre del 2006, donde la comunicación insuficiente fue también un tema importante detrás de este incidente.

6. Discusión

La seguridad cibernética es uno de los principales retos de la transformación de las redes eléctricas. La misma debe ser construida como parte de su diseño, es decir, no debe incorporarse como una idea de último momento. Por lo tanto, identificar los posibles problemas que afectan la confidencialidad, integridad y disponibilidad del flujo de información en el sistema de la red eléctrica inteligente es indispensable al momento de investigar cuáles son las mejores prácticas de seguridad de la información que deben ser aplicadas a las redes y en qué medida pueden aplicarse.

En este caso, debido a que una sola medida de seguridad no puede contrarrestar todo tipo de amenaza en la red eléctrica inteligente, la estrategia de defensa a profundidad o seguridad en capas, es decir, la combinación estratégica de múltiples tecnologías de seguridad en cada capa del sistema de computación (por ejemplo en los sistemas de operaciones, base de datos, aplicaciones, redes, etc.), es una de las estrategias de defensa más recomendadas [14], [19]. Esta estrategia ayudaría a reducir riesgos de acceso sin autorización al sistema de comunicaciones y la infraestructura de tecnologías de la información, debido a fallas en una técnica de seguridad en particular. Igualmente, reduciría el riesgo y la probabilidad de ataques al incrementar el costo y complejidad para comprometer el sistema, en comparación con utilizar un solo mecanismo de seguridad. Algunas de las tecnologías de seguridad que deben ser consideradas dentro de esta estrategia son los firewalls, sistema de detección de intrusiones, antivirus, verificación de identidad a través de mecanismos de autenticación (incluyendo criptografía, firma de datos), uso de claves para protección contra *malware* en sistemas embebidos y sistemas de propósito general.

Además, tal como se menciona en [14], la arquitectura lógica de seguridad en las redes eléctricas inteligentes conlleva un constante proceso de cambio, debido a que de igual forma en que la tecnología evoluciona, también evolucionan las amenazas. Por lo tanto, es recomendable realizar evaluaciones de vulnerabilidades, por lo menos una vez al año, para asegurar que las herramientas y técnicas de seguridad estén acordes con las necesidades.

7. Conclusiones

Finalmente, diversas interrogantes relacionadas a la seguridad cibernética de sistemas y componentes específicos de las redes eléctricas inteligentes requieren mayor discusión, específicamente en temas sobre cómo y cuánta privacidad puede ser soportada, por lo que se recomienda ampliar este tema en publicaciones futuras.

Referencias

- [1] (2010) Sitio web Energía y Sociedad. [Online]. Disponible en: <http://www.energiaysociedad.es/>
- [2] (2014) Página web smart grid en NIST. [Online]. Disponible en <http://www.nist.gov/smartgrid/upload/NIST-SP-1108r3.pdf>
- [3] A. Anwar, A. Mahmood, Cyber security of smart grid infrastructure, Pathan, A.

P.-S.K., The State of the Art in Intrusion Prevention and Detection, Boca Raton, Florida: CRC Press/Taylor & Francis Group, 2014.

- [4] Albert, Réka, István Albert, and Gary L. Nakarado. "Structural vulnerability of the North American power grid." *Physical review E* 69.2 (2004): 025103.
- [5] Arianos, Sergio, et al. "Power grid vulnerability: A complex network approach." *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science* 19.1 (2009): 013119.
- [6] I. Ghansah, "Smart Grid cyber security potential threats, vulnerabilities and risks," California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research Program, Sacramento, CA, CEC-500-2012-047, 2009.
- [7] T. Baumeister, "Literature review on smart grid cyber security", Technical Report, 2010, [online] Available: <http://csdl.ics.hawaii.edu/techreports/10-11110-11.pdf>
- [8] Karnouskos, Stamatis, Orestis Terzidis, and Panagiotis Karnouskos. "An advanced metering infrastructure for future energy networks." *New Technologies, Mobility and Security*. Springer Netherlands, 2007. 597-606.
- [9] Depuru, Soma Shekara Sreenadh Reddy, Lingfeng Wang, and Vijay Devabhaktuni. "Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status." *Renewable and sustainable energy reviews* 15.6 (2011): 2736-2742.
- [10] C.M., Shipman, K.M. Hopkinson, and J. Lopez, "Con-Resistant Trust for Improved Reliability in a Smart-Grid Special Protection System," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol.30, Issue-1, pp.455-462, Sept. 2014.
- [11] The Smart Grid Interoperability Panel - Cyber Security Working Group, "Guidelines for smart grid cyber security," NISTIR 7628, 2010.
- [12] G. Kalogridis, C. Efthymiou, S. Z. Denic, T. A. Lewis, and R. Cepeda, "Privacy for Smart Meters: Towards Undetectable Appliance Load Signatures," in *Proc. of IEEE SmartGridComm*, 2010, pp. 232-237.
- [13] P. McDaniel and S. McLaughlin, "Security and Privacy Challenges in the Smart Grid," *IEEE Security & Privacy*, vol. 7, Issue-3, pp. 75-77, May-June 2009.
- [14] D. Yadav and A.R Mahajan, "Smart Grid Cyber Security and Risk Assessment: An Overview," *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*, vol. 4, Issue-9, pp. 3078-3085, Sept. 2015.
- [15] M. Cagalj, S. Ganeriwal, I. Aad, and J.-P. Hubaux, "On selfish behavior in CSMA/CA networks," in *Proc. of IEEE INFOCOM*, 2005, pp. 2513-2524.
- [16] W. Wang and Z. Lu. "Cyber security in the Smart Grid: Survey and challenges," *The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, vol. 57, Issue-5, pp. 1344-1371, April 2013.
- [17] R. Shirey, Página web RFC 2828 Internet Security Glossary en IETF.[Online]. Disponible en <https://www.ietf.org/rfc/rfc2828.txt>
- [18] D. Kundur, "A tour of information security," Texas A&M University, Info_Security_Handout, pp. 13-23, 2012.
- [19] N. Poveda, C. Medina y M. Zambrano, "Tecnologías de comunicación para redes de potencia inteligentes de media y alta tensión," *Prisma Tecnológico*, Vol. 5, no. 1, pp. 29-32, 2014.
- [20] S. M. Amin and A. M. Giacomoni, "Smart grid- safe, secure, self- healing: Challenges and opportunities in power system security, resiliency, privacy," *IEEE Power Energy Mag.*, Vol. 10, no. 1, pp. 33-40, Jan./Feb. 2012.

Uso de la electrólisis de salmuera como técnica para la desinfección de agua y alimentos domiciliarios en Panamá

O. Melgar¹ | N. Barranco²

^{1,2}Universidad Tecnológica de Panamá

¹Centro de Investigación e Innovación, Eléctrica, Mecánica y de la Industria,

²Laboratorio de Análisis Industriales y Ciencias Ambientales

{orlando.melgar, nelson.barranco}@utp.ac.pa

Resumen: *el presente trabajo describe, principalmente, el uso de la electrólisis con sal común como alternativa para la desinfección de agua de consumo en comunidades marginadas. El autor hace una breve descripción sobre la calidad del agua potable y su situación en Panamá. Presenta una revisión de los diferentes métodos de tratamiento existentes. Discute los fundamentos, procedimiento, ventajas y desventajas de la desinfección por electrólisis de salmuera. Y finalmente, se concluye que este tipo de tecnología es una alternativa perfectamente viable en la desinfección del agua para comunidades que carecen de energía eléctrica y no cuentan con el servicio público de agua potable.*

Palabras claves: *tecnología, desinfección de agua, agua potable, electrólisis de salmuera.*

Title: *Using the electrolysis of brine as a technique for disinfecting water and household food in Panama*

Abstract: *this work describes the use of salt electrolysis as an alternative for the disinfection of drinking water in underserved areas. The author makes a brief description of the quality of drinking water and its situation in Panama. This paper presents a review of the various existing treatment methods. Also, it discusses the basis, procedures, advantages and disadvantages of disinfection by electrolysis of brine. Finally, this research concluded that this technology is a viable alternative for water disinfection in communities without grid connection and public drinking water system.*

Key words: *technology, water disinfection, drinking water, brine electrolysis.*

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 7 de abril de 2016

Fecha de aceptación: 16 de noviembre de 2016

1. Introducción

El agua es esencia de vida, recurso limitado y un derecho natural para todo ser humano [1]. La Organización Mundial de la

Salud (OMS) establece que el agua potable no debe implicar riesgos significativos a la salud del consumidor durante toda su vida. A su vez, debe disponer de características microbianas, químicas y físicas mínimas, fundamentadas con estudios de calidad y pruebas a nivel de laboratorio que garanticen la calidad de la misma [2]. Mediante controles de purificación adecuados, el agua potable debe ser inodora, incolora e insípida.

La naturaleza característica, y la transformación de los ecosistemas acuáticos y del entorno causan alteraciones particulares en los parámetros de calidad del agua. En consideración, se deben establecer controles que permitan evaluar los requerimientos mínimos permisibles para el agua y sus diferentes usos (industria, agricultura, recreación, consumo, etc.) [3].

Cada país tiene la responsabilidad de establecer o adoptar normas y directrices que fijen los niveles de seguridad requeridos, basados en estrictos criterios de evaluación de las distintas fuentes empleadas [3].

Un importante número de informes y reportes técnicos elaborados por agencias nacionales e internacionales posiciona a Panamá como un país con una excelente disponibilidad hídrica. Según datos del Banco Mundial para 2014, Panamá ocupa el quinto lugar en la lista mundial de países con mayor precipitación pluvial, y la segunda posición en Centroamérica con la mayor disponibilidad hídrica de la región posterior a Nicaragua. No obstante, menos del 10 % del potencial hídrico disponible es aprovechado en actividades como navegación, generación hidroeléctrica, riego y abastecimiento humano [4], [5].

La información presentada en el Censo 2010 señala que el 92.9% de la población en el área urbana, y el 73% de la población en el área rural, tienen acceso al agua a través de suministros construidos, mejorados e improvisados [6]. Los matices de esta cifra son importantes, pues se observa que el 98.2% de la población en las zonas urbanas tiene acceso a agua potable pero con deficiencias en las áreas periurbanas.

En contraste, tenemos que en zonas rurales y comarcales menos del 48.6% y 45.9% de la población respectiva reciben el agua a través de acueductos rurales. Un porcentaje considerable de estas zonas solo dispone de las aguas de lluvia y fuentes naturales para abastecer sus necesidades [6].

Nuestros sistemas de abastecimiento de agua potable actuales presentan muchas deficiencias en la forma de manejo, tratamiento, monitoreo de la calidad y cobertura [6].

Con la finalidad de promover y desarrollar tecnologías económicas y técnicamente viables para beneficio de comunidades marginadas, se realizó el presente estudio enfocado en el uso de la electrólisis de salmuera como alternativa para potabilizar el agua de consumo residencial. La investigación se basó en el diseño, construcción y caracterización de un equipo que utiliza sal común para producir Hipoclorito de Sodio y potabilizar agua de consumo domiciliario.

2. Breve reseña histórica de la electrólisis

Con la invención de la pila eléctrica en 1800 por el físico Italiano Alessandro Volta, se impulsó inmediatamente el estudio de los efectos químicos de la corriente eléctrica en diferentes ámbitos. Por ejemplo,

los ingleses William Nicholson y Anthony Carlisle descubrieron el fenómeno de descomponer el agua en Hidrogeno y Oxígeno, mientras estudiaban el funcionamiento de la pila de Volta [7]. Entre 1806 y 1808 el científico británico Humphry Davy interesado por el estudio de la pila eléctrica, logró descubrir el proceso de la electrolisis y separó elementos como el Magnesio, Bario, Estroncio, Calcio, Sodio, Potasio y Boro. Sus descubrimientos lo llevaron a estudiar las fuerzas envueltas en la separación de los elementos, dando paso al desarrollo de un nuevo campo de estudio conocido como electroquímica. En 1833, Michael Faraday logra demostrar matemáticamente las leyes de la electrólisis que llevan su nombre [8].

3. Planteamiento de la problemática

A lo largo de la historia del desarrollo comunitario, el acceso al agua potable ha sido proscrito a las comunidades pobres de las zonas rurales donde se asienta la población con mayores niveles de vulnerabilidad. En Panamá, las fuentes naturales de agua subterráneas, superficiales y pluviales constituyen muchas veces la alternativa disponible a la red pública de abastecimiento.

Sin embargo, el agua que nos proporciona la naturaleza no reúne los requisitos para ser consumida directamente por el ser humano. A través de su paso por el suelo, el agua se mezcla con minerales, materia orgánica, microorganismos, químicos, gases, sustancias radiactivas, entre otros elementos que tienden a contaminarla. Generalmente, estas fuentes de agua disponen de un control analítico de calidad escaso o inexistente que suponen riesgos para la salud del consumidor [9], [10].

La calidad del agua se compromete con la presencia de contaminantes físicos, químicos y biológicos que provienen de fuentes naturales y/o por actividades humanas. Siempre se recomienda la aplicación de procesos o métodos de tratamiento para la purificación del agua de consumo.

Existen un número de técnicas aprobadas para el tratamiento de agua de consumo en pequeña y a gran escala. En la siguiente tabla se observa un listado con los métodos físicos y químicos empleados para el tratamiento del agua de consumo [2], [11].

Tabla 1. Metodologías de tratamiento de agua

MÉTODOS FÍSICOS	MÉTODOS QUÍMICOS
Ebullición (Destilación)	Coagulación-floculación y precipitación
Calentamiento (solar o combustibles)	Intercambio iónico
Filtración (Micro, Ultra y Nano)	Desinfección química
Sedimentación	Adsorción
Radiación UV	Ablandadores de agua
Osmosis inversa	
Fotocatálisis	

Ninguna de las técnicas o métodos existentes para el tratamiento de agua representa una solución óptima. Normalmente, la combinación simultánea o secuencial de algunos de estos métodos promete resultados más eficaces en el proceso de potabilización.

El estudio de la electrólisis de salmuera como técnica propuesta para la desinfección de agua de consumo se debió principalmente al bajo costo de operación y de mantenimiento del sistema, y a su relativa facilidad en el manejo. Esta tecnología requiere como materia prima sal común (sal de cocina) o agua de mar, y opera con un pequeño sistema de paneles solares que produce la energía requerida en el proceso. Resulta útil su aplicación en lugares de difícil acceso, carentes de servicios de electricidad y agua potable, o en situaciones de desastre naturales.

4. Aspectos teóricos de la electrólisis

Conceptualmente, la electrólisis consiste en la descomposición de una sustancia iónica (electrolito) en elementos más simples, utilizando un conjunto llamado celda electrolítica. Se trata de un proceso químico no espontáneo donde se utiliza energía eléctrica para que suceda una reacción llamada reacción electroquímica.

La celda electrolítica consta de dos elementos importantes: el electrolito y el par de electrodos (ver figura 1). Cuando se aplica un voltaje externo entre el par de electrodos, los iones libres del electrolito, con carga opuesta, son atraídos al ánodo y cátodo provocando estados de oxidación y reducción, respectivamente.

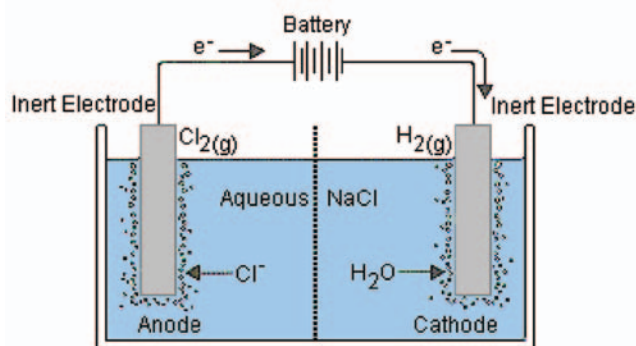


Figura 1. Celda Electrolítica. Fuente [12].

Hoy en día, la electrolisis forma parte del proceso de un sinnúmero de aplicaciones con fines industriales, comerciales y estéticos. Por ejemplo, se usa en la extracción (electrowinning) de algunos metales como el Cobre, Oro, Plata, Zinc, Aluminio, Cromo, Cobalto y Manganeseo [13]. Se emplea como técnica de recubrimiento (electroplating) para proporcionarle al material mejores propiedades mecánicas o acabados estéticos específicos, de uso en la fabricación de automóviles, aviones, joyería, juguetería, electrónica, etc. [14]. También se utiliza para incrementar la pureza (electrorefining) de metales extraídos como el Plomo, Estaño, Cobre, Níquel, Oro y Plata [14]. Se aplica en la producción industrial de Hidrógeno, Oxígeno, Cloro e Hidróxido de Sodio. Además, se emplea con fines estéticos en la remoción de vellosidades, y como herramienta con fines de investigación.

Al descomponer una solución diluida de Cloruro de Sodio (NaCl)

o sal común, se obtienen compuestos y radicales libres como el ácido Hipocloroso e Hipoclorito, que actúan como agentes oxidantes y bactericidas.

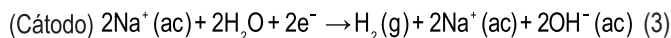
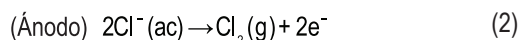
Este proceso viene a conformar un tipo de desinfección electroquímica, donde los elementos desinfectantes no son añadidos al agua, sino que son producidos naturalmente por el proceso de electrólisis.

Las reacciones químicas de la electrólisis suceden como se presenta a continuación y podrá verificarse en [15].

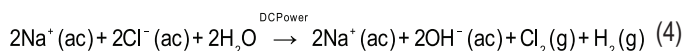
Al combinar agua y sal común se produce una reacción física donde los cristales de la sal se rompen para formar iones de Sodio (Na^+) y Cloro (Cl^-) acuosos por separados.



Cuando la solución salina entra en contacto con el potencial eléctrico de los electrodos, el ánodo y cátodo reaccionan de la siguiente forma:



La reacción química resultante de la solución electrolizada es:

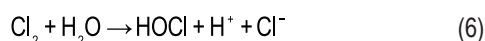


Otras reacciones resultantes suceden de la siguiente manera:



Las reacciones consecuentes se desarrollan hasta lograr un punto de equilibrio donde se obtienen concentraciones estables de cada sustancia, momentáneamente. Transcurrido el tiempo, el Cloro generado tiende a evaporarse progresivamente del agua.

El Cloro liberado en el ánodo tiende hacia una rápida desproporción, y produce Ácido Hipocloroso, Cloruro e Iones Hidronio:



El Ácido Hipocloroso de la reacción anterior entra en equilibrio químico y la proporción de cada uno de ellos va a depender del valor PH en el agua:



Adicionalmente, en el proceso de la electrólisis ocurren otras reacciones secundarias que afectan de una manera u otra la tasa de producción de Hipoclorito, pero que serán omitidas en este contenido para su posterior publicación.

Durante las distintas reacciones químicas, una parte de la energía producida se consume en la producción del Cloro, ya sea en forma de Ácido Hipocloroso (HClO) o ión Hipoclorito (ClO^-). Otra parte, se consume en la transformación del Cloro en Cloratos y Cloruros. Y adicionalmente, parte de la energía se disipa en forma de energía calórica durante las reacciones.

La electrólisis nos permite realizar la transformación de un compuesto abundante y económicamente asequible, sal común, en productos básicos que poseen gran demanda a nivel industrial como el Cloro, Hidróxido de Sodio e Hidrógeno.

5. Ciencia contra la pobreza

La información presentada en este artículo deriva de la participación en el proyecto "Introducción de la electrólisis de salmuera para el suministro de agua potable a una población marginada," desarrollado por personal científico del Laboratorio de Análisis Industriales y Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Panamá; en colaboración con otros centros de investigación (CIHH, CEPIA y CINEMI). El proyecto fue especialmente diseñado para una comunidad rural carente de servicios básicos de energía eléctrica y agua potable.

5.1 Descripción del sistema instalado

El objetivo fundamental del proyecto consistió en la adecuación de una planta de desinfección de agua potable mediante la electrólisis de salmuera para ser utilizado en el sistema de acueducto rural de la comunidad de Ipetí Emberá Chocó en la República de Panamá.

Para efectos de diseño, se consideraron datos importantes como la cantidad de población, la demanda de agua y la capacidad del sistema de acueducto de la comunidad.

El equipo instalado está conformado por un equipo electrolizador que opera con energía eléctrica continua o DC. Se diseñó un pequeño sistema fotovoltaico el cual genera, almacena y proporciona la energía eléctrica que utiliza el electrodo en la celda electrolítica. (Ver figura 2).

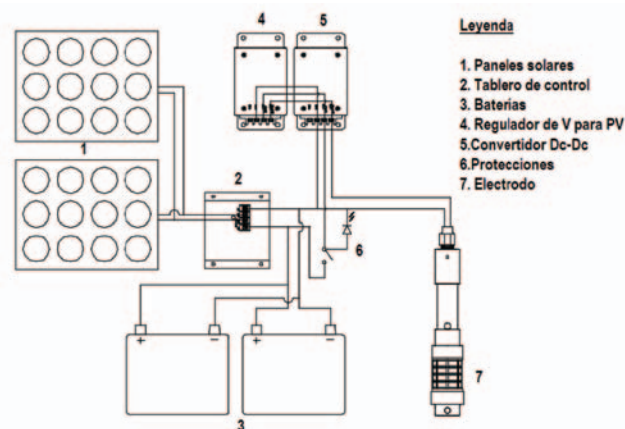


Figura 2. Esquema del equipo de electrólisis instalado.

El equipo de electrólisis dispone de baterías que almacenan la energía eléctrica producida por los paneles solares para ser utilizada en periodos nocturnos o de baja radiación solar.

Algunos elementos electrónicos como reguladores, convertidores y sistemas de protección están conectados con la finalidad de proporcionar la energía eléctrica de operación adecuada y conservar la integridad del equipo.

Para efectos de instalación se recomienda tener especial cuidado al momento de ubicar los paneles solares, ya que se deben considerar

aspectos importantes como la radiación, inclinación y la incidencia de sombras. Adicionalmente, se recomienda que estos tipos de sistemas se ubiquen lo más cercano posible al sistema de distribución de agua para que se puedan efectuar las tareas de mantenimiento y de cuidados requeridos.

5.2 Funcionamiento

El equipo instalado en la comunidad funciona de una manera muy sencilla. Se requiere preparar una solución de salmuera diluyendo sal común en agua (a razón de 1 kg de sal / 5 gal de agua); o bien, emplearse agua de mar. El electrodo es el elemento generador de cloro y debe estar inmerso en la salmuera preparada. Mediante un convertidor DC-DC y un dispositivo temporizador ubicado en el tablero de control, se establecerá el tiempo por ciclo requerido para preparar la solución con el Hipoclorito de Sodio. Para el equipo de electrólisis instalado en la comunidad se estableció un tiempo de operación de 4 horas por ciclo, con un valor de corriente de operación de 10 amperios.

Una vez finalizado el ciclo, el equipo se apaga. Se procede a remover el electrodo, y se coloca en un recipiente para la limpieza. En esta etapa, la salmuera se ha convertido en una solución de por lo menos 0.6% gramos de Cloro/litro de salmuera preparada.

Para finalizar con el proceso, la solución preparada se debe verter al sistema de acueducto rural a través de un recipiente hipoclorador el cual regula la dosis de cloro necesaria, basada en la estimación de demanda de agua diaria por la comunidad.

6. Efectos del punto de cloración

La gran mayoría de los problemas de salud ocasionados por el consumo de agua contaminada se deben a la presencia de enfermedades bacterianas, virales y parasitarias. De aquí a que la desinfección mediante cloro o compuestos clorados constituyen el método mayormente empleado para garantizar la inocuidad microbiana, con un alto porcentaje de efectividad [2].

La cloración del agua actúa con una eficacia limitada frente a algunos virus como el *Cryptosporidium*, entre otros [16]. Se vuelve ineficaz frente a patógenos presentes en flóculos o partículas orgánicas; ya que esto actúa como barrera ante la acción del desinfectante, estimulando a la proliferación de las bacterias, y generando una demanda significativa de cloro innecesaria.

7. Conclusiones

La investigación nos permitió evaluar el impacto que tiene la tecnología de la electrólisis de salmuera como técnica de desinfección de agua de consumo y alimentos domiciliarios. El estudio se realizó en una comunidad indígena que cuenta con 73 hogares y 600 habitantes censados en junio del 2011. El procedimiento aplicado para el estudio, diseño e instalación de la planta de producción de la electrólisis de salmuera en Ipetí Emberá Chocó fue exitoso.

La OMS establece que los niveles de cloro deben oscilar entre 0.5 y 0.2 mg/L de Cloro, a una distancia comprendida entre el punto de cloración y el sitio de entrega más cercano. Basados en este criterio, el proyecto logró obtener concentraciones próximas a 0.38 mg/L de Cloro aproximadamente. Estos resultados deben validarse con mediciones posteriores para asegurar que la cloración se mantenga

dentro de los límites permisibles.

Los potenciales beneficios en la salud de los usuarios podrán ser apreciados en el futuro a medida que la comunidad: se comprometa con el proyecto; apliquen el seguimiento adecuado de desinfección; y ejecuten las tareas de mantenimiento para prolongar el funcionamiento del sistema entregado.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaria Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación el apoyo, el financiamiento y la confianza depositada bajo el acuerdo CVP10-009. Así como también a los diferentes colaboradores que se vieron involucrados en el logro del proyecto.

Referencias

- [1] (2002). The Human Right to Water and Sanitation. Resolution 64/292. [Online]. Available on: <http://www.un.org/>
- [2] (2005). Water Quality Assessments. [Online]. Available on: <http://www.who.int/>
- [3] (2004). Índices Globales de Calidad de las Aguas. [Online]. Disponible en: <http://www.milliarium.com/prontuario/Indices>
- [4] F. Tábora, Et al., Asociación Mundial para el Agua. Situación de los recursos hídricos en Centroamérica: Hacia una gestión integrada. Tegucigalpa, Honduras, 2011, p. 27-29.
- [5] (2011). Recursos Hídricos en América Latina. [Online]. Disponible en: <http://conocimiento.incae.edu/>
- [6] L. Tejada. Ministerio de Economía y Finanzas. Atlas Social de Panamá: Desigualdades en el Acceso y uso el agua potable en Panamá. [Online]. Disponible en: <http://www.mef.gob.pa/es/informes/Paginas/Atlas-Social.aspx>
- [7] E. Zoulias, E. Varkarakí, N. Lymberopoulos, "A Review on Water Electrolysis," Centre for Renewable Energy Sources (CRES). [Online]. Disponible en: <http://large.stanford.edu/courses/2012/ph240/jorna1/docs/zoulias.pdf>
- [8] E. Gene, I. Aaron, "Faraday's Electrochemical Laws and the Determination of Equivalent Weights," *Journal of Chemical Education*, Vol. 31, 226-231, 1954.
- [9] J. Gallo, "Análisis de la Calidad de Agua de los Manantiales del Cerro Uyuca," Tesis de Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras, Abril 1997. Disponible en: <http://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/2966>
- [10] R. García, C. Muñoz, D. Vizcaino, J. Veguillas, M. L. Acevedo, "Calidad de Agua de Fuentes de Manantial en la Zona Básica de Salud de Sigüenza," *Revista Española de Salud Pública*, v. 77, n.º 3, Madrid 2003.
- [11] P. J. Parr, R. Shaw, "Choosing an appropriate technology," *Loughborough University, Leicestershire, Waterlines*; 15(1):15-8, 1996.
- [12] Nakhleh Research Group (2004), Division of Chemical Education Department of Chemistry Purdue University. [Online]. Disponible en: <http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch20/faraday.php>
- [13] E. Mostad, S. Rolseth, J. Thonstad, "Electrowinning of Iron from Sulphate Solutions," *Journal of Hydrometallurgy*, Vol. 90, 213-220, 2008.
- [14] Kanani, N. *Electroplating: Basic Principles, Processes and Practice*; Elsevier Advanced Technology: Oxford, U.K., 2004.
- [15] G. Morris, R. Alkire, R. Varjian. "Industrial Electrolysis and Electrochemical Engineering." *Electrochemical Society Interface* (2006): 53.
- [16] EPA (2013). Basic Information about Disinfection Byproducts in Drinking Water. [Online]. Disponible en: <http://water.epa.gov/drink/contaminants>

Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios

A. Cortés¹

¹Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación, Universidad de Panamá
antonio.cortes@up.ac.pa

Resumen: el objetivo en esta investigación es proponer un mejor entendimiento en la planificación y diseño de redes FTTH en combinación con las redes GPON. Para lograr este mejor entendimiento se diseña un escenario experimental, al tomar como referencia el contexto de las redes de próxima generación, se encuentran las redes FTTH (Redes multiservicio por fibra óptica hacia la casa de cada usuario) que vienen a cubrir una gran demanda, como el ancho de banda y la prestación de servicios que ofrecen las operadoras a sus clientes. En este artículo consideramos soluciones para la planificación y el diseño de la red a partir de redes de acceso a fibra, basadas en tecnología GPON (Red Óptica Pasiva Gigabit), al considerar la red de fibra óptica y los nodos de acceso desde la perspectiva de un operador tradicional. Para el diseño de la red de fibra óptica, se consideran aspectos relacionados con los tipos de servicios como telefonía usando VoIP, HSI (Internet de alta velocidad) e IPTV (Televisión por Protocolo de Internet) con señales HD (de alta definición), números de clientes, FTTH por bloque, zonificación por clientes, canalizaciones, ancho de banda de subida y bajada y características técnicas a nivel de los nodos de acceso y la red de fibra óptica.

Palabras claves: Redes FTTH, tecnologías GPON, planificación de la red, diseño de la red, red de fibra óptica, nodos de acceso.

Title: Planning and Designing of FTTH Networks Based on Zoning and Services

Abstract: the aim in this research is to propose a better understanding in the planning and design of FTTH networks combined with GPON networks. To achieve this better understanding is designed an experimental stage, taking as reference the context of next generation are networks, are the nets FTTH (fiber optic multiservice networks toward the house of every user) who come to cover a large demand, as the bandwidth and the provision of services that offer the operators to their customers. In this article we consider solutions for the planning and design of the network from accessing networks to fiber, based on technology GPON (Gigabit Passive Optical Network), to consider the optical fiber network and the access nodes from the perspective of a traditional operator. For the design of the fiber optic network, they are considered aspects related with the types of services such as telephony using VoIP, HSI (High Speed Internet) and IPTV (TV over Internet Protocol) with HD signals (high definition), numbers of customer, FTTH per block, zoning by customers, channels, bandwidth up and down and technical characteristics at the level of the access nodes and the fiber optic network.

Key words: FTTH networks, GPON technology, network planning, design of the network, fiber optic network, access nodes.

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 22 de mayo de 2016

Fecha de aceptación: 16 de noviembre de 2016

1. Introducción

La creciente demanda de servicios tales como datos, video y acceso a Internet de alta velocidad por parte de los usuarios hace que los proveedores de dichos servicios tengan que proponer nuevas estrategias en las tecnologías de acceso para satisfacer las exigencias de los clientes.

En este contexto se encuentran las redes de acceso FTTH que proveen un ancho de banda mayor y mejor calidad en el servicio para los clientes residenciales. Esta tecnología se divide en dos categorías: activas y pasivas [6]. Las redes ópticas activas (AONs), como se observa en la figura 1, utilizan una topología tradicional Ethernet punto a punto (EP2P), con fibra óptica dedicada (OF) entre el switch de la oficina central (CO) o un nodo remoto (RN) y una línea o terminal de red óptica (ONU/ONT) hacia el usuario final, por lo que requiere de CAPEX/OPEX. CAPEX, es el gasto de capital o inversiones que hace una empresa para adquirir o actualizar activos fijos, físicos, no consumibles. Por tanto, en esta investigación el CAPEX se refiere a inversiones óptimas y al compromiso que habrá que hacer para armonizar las distintas mejoras para poder garantizar lo planificado y también la posible evolución en el diseño de la red. OPEX, son los gastos operacionales referidos a los costos del día a día. En este caso, los OAM (Costos Administrativos y de Mantenimiento) se intentarán reducir al disminuir las acciones y los tiempos de administración y reparación de la red para cada usuario, debido al uso exclusivo de puertos en CO y OSP. Este tipo de topologías son utilizadas en redes de acceso en edificios (FTTB), debido a que el promedio de subida de datos se da en Gb/seg en la configuración de los equipos [7], [5].

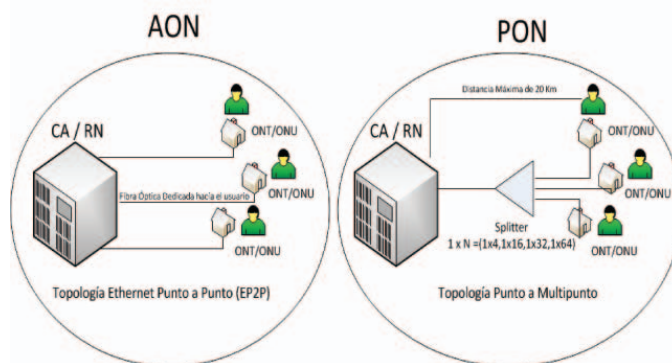


Figura 1. Topologías de AON (Ethernet Punto a Punto) y PON (Punto a Multipunto).

Por otra parte, las redes ópticas pasivas (PONs), utilizan tres tipos de topologías: Punto a Punto, Punto a Multipunto Activo y Punto a Multipunto Pasivo. La topología (EP2P), determina que para X usuarios se requiere instalar N fibras en el canal de comunicación dependiendo

de la distancia a cubrir. No obstante, se requiere de la ubicación de un conector eléctrico – óptico en la OLT y ONT, respectivamente, en total $2xN$ conectores. En el caso de la topología (P2MA), para X clientes, se necesita instalar una fibra para el mayor tramo a cubrir, aparte, se requiere del uso de conector electro-óptico en la ONT y el *Curb Switch*, respectivamente, en total $2xN+2$ conectores. Además, la topología (P2MP), para X usuarios, necesita la instalación de una fibra de acuerdo con el recorrido a cubrir. Por cada cliente, se requiere instalar un conector electro-óptico, tanto en la ONT como en la OLT, para un total de $N+1$ conectores. La ventaja de esta topología, es que el *splitter* óptico pasivo, que es el elemento intermedio entre la ONT y la OLT, no requiere de una fuente eléctrica de alimentación. De aquí su nombre de una red óptica pasiva o PON. Esta topología es la de menor costo.

La topología (P2MP) incorpora en sus estándares a las redes ópticas pasivas Gigabit (GPON) y las redes ópticas pasivas Ethernet (EPON) [8]. Las características específicas de la capa de convergencia de transmisión (TC) se definen en la recomendación G.984.3 de ITU-T, [9]. La capa TC en un sistema GPON se compone de dos subcapas: una subcapa de entramado y otra subcapa de adaptación. La subcapa de entramado tiene tres funciones entre las que sobresalen el multiplexado y demultiplexado, la generación y decodificación de la cabecera y el enrutamiento interno de tramas. Por otro lado, la subcapa de adaptación debe proporcionar dos adaptadores, de acuerdo a las recomendaciones de la G.984.3, que son el adaptador a la interfaz GPON y el adaptador a la interfaz OMCI (Interfaz de gestión y control de la terminación óptica de la red). Las dos subcapas son las responsables de los diversos servicios que pueden ofrecer las operadoras en un momento determinado. Las pilas de protocolos, métodos para DBA (Asignación de Ancho de Banda Dinámicos), métodos de activación de ONTs, monitorización de prestaciones y algoritmos de encriptación y redundancia soportados por la capa de convergencia y sus subcapas se ajustan a lo especificado en la recomendación G.984.3. En el estándar ITU-T G.984 [10], las tramas Ethernet son encapsuladas dentro de la GTC (Capa de Convergencia en un sistema GPON), mediante el método de encapsulamiento (GEM), generando el formato GEP-like, derivado del procedimiento de una trama genérica, bajo el estándar (ITU G.7401). Las tramas GEM son encapsuladas dentro de la GTC, como SONET y SDH, por lo que se obtienen velocidades de transmisión de bajada, en un sistema de comunicación sincrónico de 1.25 Gb/seg o 2.5 Gb/seg, mientras que de subida, los promedios pueden oscilar entre los 622 Mb/seg, 1.25 G o 2.5 G; en comparación con las redes ópticas pasivas de próxima generación (XG-PON) donde las bajadas y subidas oscilan entre los (10G/2.5G), respectivamente, por lo que, han sido estandarizadas en XG-PON1 y 10G/10G en XG-PON2 [ITU-T G.987, 2010]. El estándar IEEE 802.3 ah EPON, basado en tecnología Ethernet, tiene una capacidad simétrica de un 1G, el cual puede ser actualizado a 10G/10G (bajada y subida), mediante el estándar IEEE 802.3 av; al transportar tramas Ethernet sin fragmentación y soportando solo 32 usuarios [11].

A continuación, se analizan algunos trabajos relacionados con la Planificación y Diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios que han de proporcionarse.

En [2] propone el diseño y la implementación de una red FTTH

basada en una arquitectura GPON a través un caso de estudio denominado Baghdad/Al-Gehad, el cual forma parte de la red de telecomunicaciones y compañía postal (ITPC) de Iraq. En esta publicación, se plantea la necesidad de establecer un número de puertos de red PON, en base al promedio de tiempo de acceso a los diversos tipos de servicios que llevan a cabo los usuarios y a su vez, el poder garantizar a través del operador de servicios, Al-Gehad, una adecuada capacidad de transporte de los datos en la red FTTH. Además, se introducen los costos de optimización de la distribución de cables, cables de alimentación y el total de costos de la red FTTH a través de la tecnología GPON, con respecto al número de clientes.

A su vez, [1] y [14], recoge en las publicaciones de otros autores, dedicados al planeamiento y diseño de redes FTTH, aspectos relacionados con la eficiencia de las redes FTTH, costos de implementación, modelado de las redes FTTH, cambios relacionados con las redes de próxima generación PONs, entre otros aspectos relevantes. La propuesta es una nueva implementación de este tipo de redes FTTH, denominado marcas OLT, con protección de clase B. La finalidad de implementar esta protección clase B en los puertos OLT es poder garantizar por un lado el proceso de redundancia de los *splitters* con respecto a la OLT y por otro, mantener la comunicación entre los cables de comunicación que van conectados a los *splitters* en caso de fallos, lo que permite establecer y mantener los niveles de comunicación bidireccionales mínimos, de manera tal que el sistema de la red FTTH GPON continúe funcionando con normalidad en caso de los usuarios demanden el consumo de nuevos servicios. El funcionamiento de la red FTTH debe ser continuo en todo momento de manera que se garantice la calidad en el servicio que ofrecen las operadoras a sus clientes.

La propuesta de [5] presenta soluciones para el planeamiento y diseño de las redes FTTH basadas en el proveedor de servicios u operador. Considera aspectos relacionados con administración de componentes para este tipo de redes, herramientas de mapeo, diseño y automatización de recursos, administración de infraestructura, materiales, aspectos geográficos, casas, edificios y bases de datos de los usuarios. Por otra parte, el autor menciona el aspecto dinámico y el ciclo de vida de una red. Por dinámico, se entiende que la red en proceso de planificación y diseño, como efectivamente se propone en esta investigación, va a cubrir extensas áreas ocupadas por zonas rurales, ciudades, residencias familiares, casas de veraneo, entre otros aspectos, lo que hace que la red tenga que mantener el servicio que brinda a través de sus distintos operadores los 7 días de la semana y las 24 horas del día, con breves interrupciones para el mantenimiento preventivo y correctivo. Con respecto al ciclo de vida, dentro del proceso de planificación y diseño de la red, hay que prever una adaptación de la infraestructura a las nuevas tecnologías que vayan surgiendo con el tiempo, a fin de no quedar obsoleta con el paso del tiempo. Por consiguiente, los aspectos que plantea este autor guardan mucha relación con los puntos fundamentales antes mencionados, que esbozan [2], [1] y [12], respectivamente.

Sin embargo, [3], también establece los elementos de la red FTTH, con respecto a la ubicación de las oficinas centrales (CO) y nodos, cables de alimentación y su configuración. Además, considera la localización geográfica económica (GEL), ya que no todas las áreas,

esquinas o manzanas tienen las mismas características y número de casas y usuarios. Hay que tener en cuenta que, para una densidad uniforme, la posición ideal del nodo o punto de referencia debe ser en la mitad de las áreas que sirven. Muchos de los aspectos que plantea [4], guardan relación con el estudio que se propone en este trabajo a nivel de planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios que han de proporcionarse.

Otro trabajo de gran interés en el ámbito de la planificación y diseño de las redes FTTH es el de [8]. Su propuesta incluye los elementos de una red genérica FTTH, en donde se destaca la capa de datos, la red óptica, la terminal de casa. También establece la compatibilidad a nivel de elementos de las redes FTTH con los sistemas HFC, que son fibras híbridas: soportan cobre y fibra óptica, en forma simultánea en el mismo canal de comunicación. Estos elementos comunes se relacionan con la potencia eléctrica de los equipos, la compatibilidad con el ancho de banda, los terminales de soporte, los interfaces de datos, el protocolo de voz, la calidad del servicio (QoS), entre otros aspectos relevantes.

De esta forma, [13] expone en su trabajo, que un planificador de la red comienza con una gran área dentro de un alcance de una oficina central (CO) que se divide en sub-áreas que son planificadas individualmente. Asimismo, este proceso de división manual consume tiempo y no permite optimizar los costos asignados al diseño de la red, por lo que el investigador propone una herramienta de software que ayude al planificador de la red a la ubicación de los elementos de una red FTTH, así como una correcta distribución de los costos en que se incurren en este tipo de redes.

En el caso concreto que se presenta en esta memoria, la planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios que han de proporcionar se inicia con un área extensa, identificada como un área rural, la cual contiene a su vez una serie de pueblos, que se sub-dividen en casas familiares, casas de verano, etc. Asimismo, se asigna los nodos remotos u oficinas centrales (CO) de acuerdo al número de pueblos que componen esta área rural, número de hogares, número de habitantes y área de cobertura expresada en kilómetros cuadrados.

Este artículo está organizado en las siguientes secciones: la Sección 2, se esboza la metodología de este estudio; Sección 3, describe la planificación de la red; la Sección 4, se esboza el diseño de la red FTTH, y en la Sección 5, se presentan las consideraciones finales del trabajo.

2. Metodología

La metodología seguida se basa en el estudio crítico del estado del arte en el área de la planificación y diseño de redes FTTH en combinación con redes GPON, al término del cual se expondrá la propuesta que sustenta el presente trabajo. Para ello, en primer lugar, se llevará a cabo un proceso sistemático de revisión de la documentación, así como una clasificación de las distintas propuestas existentes. Posteriormente se hará una valoración específica de las propuestas de [1] y [2] como referencias del trabajo que se va a presentar aquí. La presentación de la planificación y diseño empezará por un análisis de los componentes de una red de acceso FTTH GPON, así como de su arquitectura, considerando los distintos puntos

de vista que plantean los autores. Posteriormente se introducen nuevos elementos y técnicas con el fin de optimizar los servicios ofrecidos por las operadoras. Se tomará en cuenta la planificación de redes, servicios prestados, se considerarán las topologías de redes, el número de usuarios, la distribución de bloques, el punto de referencia para el trazado e instalación de la fibra óptica y la distribución de *splitters* de primer y segundo nivel por bloque.

La tecnología GPON es la referencia en este trabajo porque también ha sido adoptada por múltiples proveedores de servicios, lo cual permite una comparación en la Calidad de Servicios (QoS) en escenarios con múltiples servicios. Además, al ser una arquitectura más compleja que EPON, ayuda a la planificación y diseño de redes ópticas del tipo FTTH, tomando en consideración la zonificación, en primer tiempo, y posteriormente los servicios a prestar. Hay que destacar que los autores antes mencionados ya cuentan con infraestructura tecnológica propia, a nivel empresarial de alto costo, que les permite planificar, implementar y diseñar redes FTTH GPON, en escenarios reales.

La planificación de la red se lleva a cabo considerando aspectos relacionados, con el área geográfica, elementos de la red, servicios a brindar, infraestructura tecnológica, arquitecturas y técnicas. Para el diseño de la red, se toma en cuenta el diseño del nodo de acceso, al considerar la cantidad de puertos, cantidad de tarjetas por puerto, nodos de acceso, tipos de interfaz "uplink", entre otros aspectos.

3. Planificación de la red FTTH

Todas las redes, indistintamente de cómo esté configurada su infraestructura como un sistema y considerando una serie de elementos propios de estos entornos, deben garantizar ante y después un correcto funcionamiento, lo que significa que deben seguir brindando el servicio al cliente para la cual fueron diseñadas.

Sin embargo, para poder brindar y mantener esos servicios a nivel de las redes FTTH, es importante contar inicialmente con un plano [3], donde se esquematizan las distribuciones por zonas y servicios que van a ser atendidos por el proveedor de servicios. Una representación de este plano se ilustra en la figura 2.

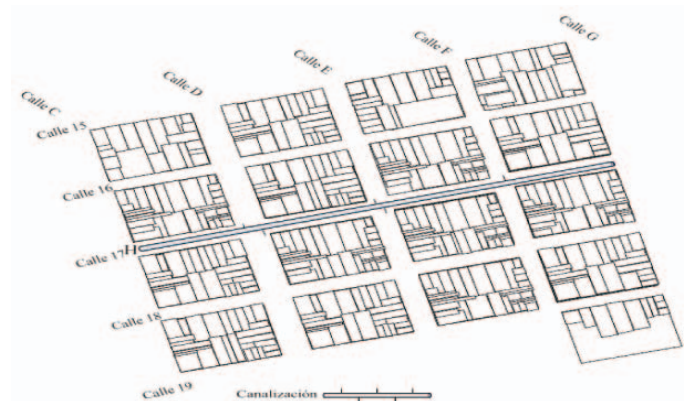


Figura 2. Distribución de predios y servicios en una red FTTH.

A partir del plano, se tiene una cantidad de predios donde reside cierta cantidad de clientes y una canalización de FTTH para cada propietario. De esta forma, los servicios que se brindan se relacionan con telefonía usando VoIP, Internet de alta velocidad (HSI), IPTV con señales de alta definición (HD) y ancho de banda. Los tipos de servicios y anchos de banda, se detallan en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Tipos de Servicios y Anchos de Banda

Servicio	Ancho de Banda (Subida)	Ancho de Banda (Bajada)
Acceso a Internet (HSI)	1 Mbps	30 Mbps
IPTV (tres canales simultáneos (3 x 8 Mbps))	100 Kbps	24 Mbps
Servicios Telefónicos (2 en total)	200 Kbps	200 Kbps
Total	1.3 Mbps	54.2 Mbps

Cuando hacemos referencia al tipo de servicio y ancho de banda, se debe considerar la simultaneidad, referido al envío y recepción de datos, para cada servicio en horas pico, el cual es del 10% para más de 200 usuarios. También se deben considerar la cantidad de señales de broadcast TV, que en el caso de IPTV es de 60 señales, y cada señal con velocidades promedio de 8 Mbps. En este contexto, se utiliza tecnología GPON para el diseño de la red con disponibilidad de puertos bidireccionales.

En las siguientes secciones se ilustra lo relacionado con la red de fibra óptica y los nodos de acceso.

3.1 Red de Fibra Óptica

Para ilustrar, la planeación de la red de fibra óptica, se contempla una red distribuida, subdividida en dos etapas, donde se definen *splitters* o divisores de haz de primer y segundo nivel por áreas de zonificación. Esto se debe a la creciente tasa de crecimiento que existe en tales zonas.

Sin embargo, se define una relación de división única entre todos aquellos *splitters* de primer nivel conjugándolos con los *splitters* de segundo nivel. En efecto, esto da lugar a que el cable de fibra óptica sea instalado mediante canalización por razones por seguridad y que los centros de distribución (*splitters* de primer nivel) sean tomados en cuenta en el recorrido de instalación de la fibra óptica, tal como se indica en el plano, a través de la calle 17. La longitud de la fibra óptica en el proceso de canalización es de 2 km, y contempla desde la central hasta las zonas que son atendidas (punto H en el plano de la figura 1. Cuando hacemos referencia a los centros de distribución, significa que estarán alojados en una caja de empalme, que albergan un total de 6 *splitters* como máximo y que las salidas que contienen estos divisores de haz de primer nivel, permiten llevar a cabo las respectivas conexiones, lo que les permiten ser utilizadas en su totalidad sin dejar salidas de reserva para crecimientos futuros de la red.

Por consiguiente, los *splitters* de segundo nivel, serán ubicados en la propia NAP (Punto de Acceso de Red), para una distribución de los servicios hacia los usuarios, al permitir que cada *splitter*, deje una salida libre para futuros crecimientos de la red. Además, es

recomendable que los cables de acometida no atraviesen las calles, por lo que, deben ser soterrados o enterrados por debajo de la acera, pudiendo así, atender los servicios de un solo predio o manzana. A su vez, cada manzana tiene dimensiones de 100 metros de largo, representado por un cuadrado en el plano y que las calles tienen un ancho de 10 metros.

Como ocurre con otras muchas tecnologías de alta velocidad, es importante determinar la manera cómo se van a conectar los *splitters*, tanto los de primer y segundo nivel. Para este caso en particular, se utiliza la técnica de empalme por fusión, uno a la entrada y otro a la salida del *splitters* de primer nivel. Por esta razón, se utilizan dos conectores en el distribuidor óptico que permite unir la longitud de la fibra óptica con la OLT (Terminación de la Línea Óptica). Lo anterior implica, que debe salir y haber un empalme por fusión de la misma troncal del distribuidor óptico y otra caja de empalme de recepción antes de llegar al *splitter* de primer nivel. Se considera que la pérdida en cada empalme por fusión es de 0,1 dB y en cada conector es de 0,5 dB. En la fibra óptica la atenuación es de 0,4 dB/Km. Entre las OLT (Terminales de Línea Óptica) y las ONT (Terminal de Red Óptica) la pérdida de inserción es de 28,5 dB.

En resumen, podemos observar que hay que considerar una serie de aspectos y características técnicas no solo del medio de comunicación sino también de todos aquellos dispositivos mecánicos que intervienen y participan en el proceso de comunicación.

3.2 Nodos de Acceso

Como se ha comentado anteriormente, existe un elemento clave en el diseño de la red de fibra óptica, como son los puntos de acceso a la red (NAP) o nodos de acceso. Para el caso de la red FTTH, cada nodo de acceso estará conformado con sus respectivos bastidores, los cuales permiten un máximo de 12 tarjetas, y cada tarjeta dispondrá de 8 puertos GPON [5].

Muy asociado a cada nodo, se utilizará una interface de enlace de 1GE (igual a 1000 Mbps) o de 10 GE (equivalente a 10000 Mbps). A cada una de estas interfaces de enlace se les puede agregar una "interface de agregación", lo que da lugar, a la formación de grupos de entre 1 a 4 interfaces con velocidades de transmisión que oscilan entre 1GE y los 10 GE, en el mismo nodo.

4. Diseño de la red FTTH

Para instruir, cómo sería el diseño de una red FTTH, se toma en cuenta el ancho de banda en este tipo de redes, ya que este aspecto garantiza la calidad y en cierta forma el nivel de satisfacción de los usuarios con respecto a los servicios requeridos.

Por lo anterior, es importante conocer el total del ancho de banda para transmitir cada uno de los servicios ofrecidos y la relación con los *splitters* de primer y segundo nivel, respectivamente. Para ello, nos planteamos el siguiente método:

$$\text{HSI} + \text{IPTV} + \text{VoIP} \times 2 = 30 + 24 + 0.2 \times 2 = 54.2 \text{ Mbps} \quad (1)$$

Se observa, que los datos utilizados para el cálculo del ancho de banda, son seleccionados del ancho de banda de bajada, tabla 1, que se utilizan para ofrecer los diversos servicios.

Para garantizar, que estos 54.2 Mbps, le van a llegar a los usuarios de manera eficiente y continua, se debe establecer la relación de los *splitters* de primer y segundo nivel, equitativamente, al tomar en cuenta el número de canales de comunicación por puerto en cada uno de los *splitters*. Esta relación a nivel de *splitters* se observa en la figura 3.

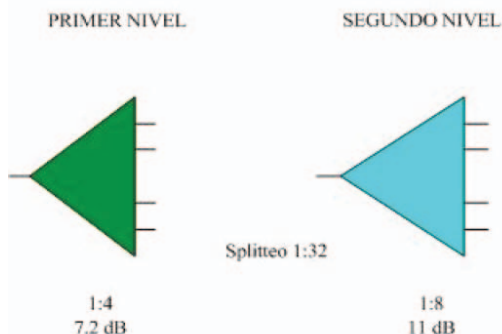


Figura 3. Relación de los splitters (N-1 y N-2) con el ancho de banda.

Se puede observar en la figura 2, que la relación de 1:32 tiene una pérdida de inserción de 7.2 y 11 dB en cada uno de los *splitters* y que se tiene un ancho de banda de 2214.40 Mbps en el puerto GPON de la OLT. Para obtener la velocidad de 2214.40, se procede a utilizar la siguiente técnica:

$$54.2 \times 32 + 60 \times 8 = 2214.4 \text{ Mbps} \quad (2)$$

Se observa en el cálculo anterior, que el ancho de banda disponible es de 2214.40 Mbps, por lo que es menor al ancho de banda promedio de 2500 Mbps, que ofrece un puerto PON, lo que permite brindar los servicios a los respectivos usuarios.

4.1 Ubicación de los *splitters* de segundo nivel

Tal y como se ha descrito hasta el momento en el diseño de la red FTTH, es necesario contemplar el posicionamiento de los *splitters* de segundo nivel dentro del área de zonificación, tal cual, se indica en la figura 1. Para lograr una adecuada distribución de estos *splitters* de segundo nivel, se toma en cuenta el número de clientes que existen por manzana [4] y el nivel de relación del *splitter*, que en este caso es de 1:8, lo que significa que la fibra óptica que proviene de la OLT, puede atender un máximo de 8 clientes, como se observa en la figura 4.



Figura 4. Distribución de *splitters* de segundo nivel.

Como hemos puesto de manifiesto, en la figura 3, por ejemplo, para un predio o bloque conformado por 21 usuarios, se requiere de un total de 3 *splitters*, con un total de 24 salidas (3 *splitters* x 8 salidas = 24 salidas), lo que deja disponibles 3 puertos libres para un futuro crecimiento de esta manzana.

4.2 Ubicación de los centros de distribución y *splitters* de primer nivel

Para la ubicación de los centros de distribución y los *splitters* de primer nivel, se ha tomado en cuenta, el número de usuarios por manzana, como se puede apreciar en la figura 5.



Figura 5. Centros de Distribución y *splitters* de primer nivel.

Tal y como se aprecia en la figura 4, por ejemplo, el centro de distribución 1, conformado por cuatro *splitters*, atenderá la demanda de los servicios en cada uno de los predios, los cuales están conformados por los bloques, compuesto de 21, 27, 31 y 28 clientes, respectivamente. La misma misión en cuanto a funcionamiento y rendimiento tendrán los centros de distribución 2,3 y 4, individualmente.

Por consiguiente, si se considera que los puertos GPON son iguales al número de *splitters* de primer nivel, se tiene un total de 18 puertos GPON, que son requeridos para poder atender la demanda de servicios entre los respectivos usuarios, sectorizados por manzanas y calles, proporcionalmente.

Además, cada bastidor permite alojar un máximo de 12 tarjetas, disponiendo cada tarjeta de 8 puertos GPON, por lo que solo se requiere un nodo de acceso, debido a que: 12 tarjetas x 8 puertos = 96 puertos. Por supuesto que, se requiere de tres tarjetas, la primera y la segunda tarjeta contendrán 8 puertos GPON y la tercera tarjeta 2 puertos GPON.

Con todo lo anterior, se logra obtener un balance entre los servicios que demandan los clientes y una optimización en el canal de comunicación, lo que permite equilibrar el uso de banda ancha requerido para cada uno de los productos ofrecidos.

5. Consideraciones Finales

En este trabajo se plantea como la planificación y el diseño de las redes FTTH a partir de la zonificación y prestación de servicios usando tecnología GPON, permite optimizar el rendimiento de una red de fibra óptica para una mejor prestación de servicios y mejoras en el rendimiento continuo de manera distribuida.

Si bien, como hemos podido observar, un aspecto relevante en la planificación es contar con un buen diseño a nivel de un plano, igual de importante, es el hecho de que a nivel del diseño de la red, debe existir una distribución equitativa a nivel de *splitters* de primer y segundo nivel, así como una correcta colocación de los centros de distribución en las diversas manzanas y calles, ya que son los encargados, en compañía de los *splitters* de primer nivel, de distribuir los diversos servicios que demandan los clientes.

De esta forma, las redes FTTH, surgen como una tecnología prometedora, que acompañada de aspectos técnicos de las redes ópticas pasivas (GPON), permite lograr tener redes de alta velocidad dónde se pueda combinar de forma exitosa, la voz y los datos.

Se ha puesto de manifiesto que el campo de la planificación y diseño de redes FTTH con tecnología GPON es bastante amplio.

Esto hace que se puedan plantear trabajos futuros, que sea interesante explorarlo por medio de casos de estudio. En primer lugar, se podría experimentar con la propuesta de un modelo que permita ser validado mediante un caso de estudio dividido en dos etapas. En esta primera etapa, se consideran las topologías de Árbol, Eye y Eye-Tree, comparativamente, en asociación con las arquitecturas Home-Run y GPON, lo que da lugar a 12 escenarios distintos en los que hay nodos de distribución ubicados en el mismo lugar o no. A partir de este planteamiento en la primera etapa, se han considerado además dos parámetros denominados conducto principal y terminales de red (TRs) conectados a puntos de empalme (PEs), generados a partir de la zonificación de los predios o zonas y de la identificación del total de usuarios y *splitters*, igualmente. Los resultados que se obtienen de esta primera etapa, deben permitir reducir la cantidad de fibra óptica en los procesos de instalación entre las terminales de red y sus respectivos puntos de empalme.

En la segunda etapa, se toman los resultados de la primera etapa y se implementan en un escenario más real, tomando en consideración una serie de criterios definidos con anterioridad. Ello requiere considerar el conjunto de todas las municipalidades con sus respectivos terminales de red (TRs) y costos operativos. Los resultados obtenidos de esta segunda etapa, deben permitir una disminución paulatina en la cantidad de fibra óptica a instalar en cada municipalidad y a su vez el definir el tipo de topología a utilizar va a determinar de manera determinante el aumento o disminución en la cantidad de fibra a comprar.

Otros trabajos a considerar, sería profundizar sobre la topología *Eye-Tree* en comparación con la topología de Árbol, con el fin de ver si la primera topología puede ser planificada desde una perspectiva redundante sin costar más que una topología de árbol en escenarios de mayor cobertura. Estos aspectos quedan para un estudio posterior.

Referencias

- [1] Mahmoud M., Design and Implementation of a Fiber to the home FTTH Access Network based on GPON. International Journal of Computer Applications, April 2014, vol. 92-n.° 6.
- [2] Jasim D. and Abdul-Rahman N, Design and Implementation of a Practical FTTH Network. International Journal of Computer Applications, June 2013 vol. 72, n.° 12.
- [3] D. Stallworth, Fundamental FTTH Planning and Design: Part 1, www.broadbandproperties.com, vol. Jan./Feb.,pp.84-87, 2011.
- [4] D.Stallworth,“Fundamental FTTH Planning and Desing: Part 2”, www.broadbandproperties.com, vol. Mar./Apr. 2011,pp 114-117.
- [5] J. Segara, V.Sales and J.Prat, “Planning and Designing FTTH Networks: Elements, Tools and Practical Issues”, in Proc. ICTON 2012, Stockholm, Sweden, July, 2012.
- [6] K. Wieland.The FTTx Mini-Guide. White Paper, Ed. Nexans and Telecomm – Magazine, 2007.
- [7] J. Segarra., V. Sales. And J. Prat. Access Services Availability and Traffic Forecast in PON Deployment in Proc. ICTON 2011, Stockholm, Sweden, 2011.
- [8] L. Chinlon. Broadband Optical Access Networks and Fiber – to – the – Home: Systems Technologies and Deployment Strategies. England, John Wiley & Son, Ltd, pages 220 – 228, 2006.
- [9] CommScape Solutions Marketing. GPON – EPON Comparison. October, 2013. White Paper, (Consultado el: 10/04/2014), Disponible en: http://www.commscope.com/...Comparison_WP_107285.pdf.
- [10] ITU-T G.984.Gigabit – Capable Passive Optical Network (G-PON), Geneva, Switzerland, October, 2010.
- [11] IEEE 802.3 ah y IEEE 802.3 av, (Consultado el: 10/04/2014), Disponible en: <http://www.ieee802.org/3/>
- [12] P. Brereton, B.A. Kitchenham, D. Budgen, M. Turner, M. Khalil. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. Journal of Systems and Software, 80(4), 571-583, 2007.
- [13] O. Anis, P. Kin, and Ch., Andre. FTTH Network Design Under Power Budget Constraints. IFIP/IEEE Internacional Symposium on Integrated Network Management (IM),2013.
- [14] P., Suman and D., Sanjeev. A review on Gigabit Passive Optical Network (GPON). Internacional Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 3, Issue 3, March 2014.

El aprendizaje cooperativo aplicado a las matemáticas y sus efectos en el rendimiento académico

Yazmín Dorati¹, Mirna de Crespo¹ y Félix Cantú¹

¹Instituto de Investigaciones en Logística y Cadena de Suministro.

Universidad Latina de Panamá

(ydcantu, mirnadedecrespo)@ulatina.edu.pa, fcantug2010@hotmail.com

Resumen: *algunos alumnos perciben las matemáticas como una asignatura complicada y difícil de entender, responsable de la mayoría de los fracasos en las escuelas y universidades. Muchas de las causas se encuentran en las estrategias utilizadas por los facilitadores, quienes han promovido un sistema de enseñanza netamente conductista y monótono en el que se ha sembrado y cosechado indiferencia y antagonismo hacia la asignatura. El objetivo de esta investigación fue la de aplicar la estrategia de aprendizaje cooperativo con 120 estudiantes de primer año de universidad, mediante la cual los estudiantes elaboraron en grupos de tres sus exámenes parciales, el examen final, las tareas cooperativas y la de ejercicios para resolver en el pizarrón. Los resultados arrojaron que estas estrategias influenciaron de tal forma que se incrementó el rendimiento y se generó una actitud más favorable hacia el aprendizaje de las matemáticas.*

Palabras claves: *interactividad, trabajo grupal, aprendizaje cooperativo o colaborativo, aprendizaje significativo.*

Title: *Cooperative learning applied mathematics and its effects on academic performance*

Abstract: *some students perceive mathematics as a complicated and difficult subject to learn, which causes most of the failures in schools and universities. Many of the reasons lie in the strategies that are used by facilitators who have promoted a system of purely behavioral and tedious teaching that has sown and harvested indifference and antagonism toward the subject. The aim of this research was to implement the cooperative learning strategy with 120 freshmen college students where they worked in groups of three to design their own partial and final tests, their collaborative tasks, and the practical exercises to be solved on the whiteboard. The results showed that these strategies influenced in a way that it improved students' performance and as a result a more favorable attitude toward the learning of mathematics.*

Keywords: *interactivity, group work, cooperative or collaborative learning, meaningful learning.*

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 4 de abril de 2016

Fecha de aceptación: 16 de noviembre de 2016

1. Introducción

De acuerdo a David Robson [1] la mayoría de los fracasos escolares en matemáticas son motivados por el temor, la aversión y el escaso conocimiento acerca de su utilidad más allá de simples operaciones de suma y resta.

Mucha culpa recae en las estrategias y pericias antiguas que utiliza el facilitador, quien ostenta un papel protagonista, ya que constituye el último “eslabón en la cadena” en la formación [2] y no ha percibido que en esta época de alto desarrollo tecnológico el proceso de enseñanza debe pasar de un viejo modelo centrado en la enseñanza, el cual subyace en el estancamiento de las disciplinas psicopedagógicas [3], a un modelo basado en el aprendizaje propio, aunque se deba romper con paradigmas previamente establecidos.

Comenta Hernández y Olmos [4] que en los nuevos modelos “los alumnos construyen activamente su propio conocimiento y dejan de ser receptores meramente pasivos y el profesor va apuntando no solo el desarrollo conceptual, sino el desarrollo de aptitudes, capacidades y competencias de sus alumnos” que se requieren para la internalización efectiva de esta asignatura.

De allí que entender las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas se haya convertido en una preocupación manifiesta de buena parte de los profesionales dedicados al mundo de la educación, especialmente si consideramos el alto porcentaje de fracaso que presentan en estos contenidos los alumnos y alumnas que terminan la escolaridad obligatoria. J. Orrantía [5] añade que “la sociedad actual, cada vez más desarrollada tecnológicamente, demanda con insistencia niveles altos de competencia en el área de matemáticas”, sin embargo la propia sociedad va en franco deterioro en el área.

Los resultados de las pruebas del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes, (PISA, por sus siglas en inglés), un examen realizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) a alumnos de 15 años para determinar su nivel en comprensión de lectura, en ciencias y en matemáticas ha sido catastrófico para la mayoría de los países centroamericanos. Comenta el diario La Prensa [6] que “los países de América Latina que participaron reflejaron los malos resultados obtenidos en la prueba de Evaluación PISA”.

Estos resultados podrían mejorar si se sustituyera el sistema de enseñanza tradicional por procesos más dinámicos en donde el alumno pueda compartir y discutir su aprendizaje mediante la interacción social. Parece claro que esta estrategia interactiva juega un papel importante en el desarrollo cognitivo. Las principales teorías de psicología evolutiva –Piajet, Vygotski, Wallon, Erikson, etc. –, hacen referencia a ello. Sin embargo no existen estudios que establezcan cómo funciona esto, específicamente en el ámbito matemático.

El aprendizaje cooperativo se define como “el empleo didáctico de grupos reducidos en los que los alumnos trabajan juntos para maximizar su propio aprendizaje y el de los demás” [7] y es poco utilizado en el ámbito matemático.

Desde el punto de vista social genera habilidades que coadyuvan a la internalización efectiva de los nuevos conceptos y aplicaciones, pues, desarrollan en los participantes destrezas de tipo cognitivo, tales como la memorización, la comprensión y la asimilación de la información [8].

Este tipo de estrategias ayuda a que el aprendizaje sea "significativo". Díaz y Ciriaco [9] introducen el término "aprendizaje significativo", que es lo opuesto al aprendizaje repetitivo, ampliamente utilizado en todas las escuelas modernas. Para este autor: "la cooperación y significatividad del aprendizaje matemático, se refiere a la posibilidad de establecer vínculos sustantivos y no arbitrario entre lo que hay que aprender (el nuevo contenido) y lo que ya se sabe, lo que se encuentra en la estructura cognitiva de la persona que aprende".

En este aspecto la socialización coadyuva al aprendizaje al promover la participación cooperativa entre los participantes con la idea de que se ayuden unos a los otros a lograr sus objetivos, partiendo de conocimientos previos. Postula Ausubel [10] que "La característica más importante del aprendizaje cooperativo y significativo es que este produce una interacción entre los conocimientos más relevantes de la estructura cognitiva y las nuevas informaciones (no como una simple asociación) de tal modo que estas adquieran un significado y son integradas a la estructura cognitiva de manera no arbitraria y sustancial".

Desde la perspectiva de la Psicología de la Educación, Collazos y Mendoza [11] definen a la interacción entre iguales: "a la serie de procesos que ocurren en la relación entre dos o más personas, de semejantes características evolutivas, cognitivas, etc., dispuestas a aprender conjuntamente, con el objetivo de que intercambien información, conductas, sentimientos, habilidades motrices y sociales".

Una de las características importantes de este tipo de herramienta es la preocupación por que los compañeros asimilen el conocimiento. Zavala [12] le llama al aprendizaje cooperativo "aprendizaje colaborativo" y expresa que "el aprendizaje colaborativo es, ante todo, un sistema de interacciones cuidadosamente diseñado, que organiza e induce la influencia recíproca entre los integrantes de un equipo. Es también un proceso en el que se va desarrollando gradualmente, entre los integrantes de dicho equipo, el concepto de ser mutuamente responsables del aprendizaje de cada uno de los demás".

El aprendizaje cooperativo produce disposición hacia el estudio, en virtud de que los estudiantes se motivan unos con otros y puede ejercer influencia sobre la voluntad.

Tal como lo señalan [11] Collazos y Mendoza que "la motivación es un factor esencial en el aprendizaje", a su vez cita a Ausubel señalando que todo aprendizaje requiere de dos condiciones: un material potencialmente significativo y la voluntad de aprender significativamente. En este caso la voluntad puede ser moldeada por medio de la interacción grupal. Urbano y Juni [13] aluden que "la capacidad para atender a nuestras emociones, experimentar con claridad los sentimientos y poder reparar los estados de ánimo negativos va a influir decisivamente sobre la salud mental de los estudiantes y este equilibrio psicológico, a su vez, está relacionado y afecta el rendimiento académico final. Las personas con escasas habilidades emocionales son más propensas a experimentar estrés y dificultades emocionales durante sus estudios y, en consecuencia, se beneficiarán más del uso de habilidades emocionales adaptativas que les permiten afrontar tales dificultades. La inteligencia emocional podría actuar como un moderador de los efectos de las habilidades cognitivas sobre el rendimiento académico".

No hay duda alguna que existe una relación estrecha entre

el método o estilo de enseñanza utilizado por el profesor y el rendimiento del alumno y la aplicación del aprendizaje cooperativo aplicado a matemáticas redundará en grandes beneficios al proceso de enseñanza-aprendizaje del área.

2. Metodología

La pregunta de investigación a responder fue: ¿La estrategia de aprendizaje cooperativo aplicada a las matemáticas afecta la actitud y el grado de aprovechamiento de los participantes de primer ingreso de las universidades? Los elementos a medir fueron el grado de influencia en el aprendizaje, dificultad y el nivel de agrado.

Como hipótesis conceptual se tiene que la actitud del estudiante hacia las matemáticas y el grado de aprovechamiento se incrementan con la estrategia de aprendizaje cooperativo. La *n* fue de carácter probabilística, fácil de medir y cooperativa y se realizó a 110 estudiantes entre 18 y 19 años, participantes la asignatura Matemáticas I, del primer cuatrimestre de universidad, 55 hombres y 53 mujeres sin realizar una selección en cuanto a la carrera en específico, a quienes se les aplicó la estrategia de enseñanza cooperativa durante un cuatrimestre. Los estudiantes se agruparon con tres integrantes para cada estrategia. Las estrategias fueron las siguientes:

- Exámenes parciales, final y tareas cooperativas
- Ejercicios individuales en el tablero representando a su grupo

Metodología de los exámenes parciales, final y tareas cooperativas, se aplicaron dos exámenes parciales y uno final, los cuales fueron resueltos por los tres integrantes. También se llevaron a cabo seis tareas cooperativas. La calificación que sacaron en cada estrategia se les asignó al grupo.

La metodología que se utilizó en los ejercicios individuales en el tablero o pizarra fue la siguiente:

En la fecha señalada se le dio unos diez minutos previos a la prueba para que practiquen en grupo. Se dividió la pizarra en tres partes. Los ejercicios se escribieron en unos papelitos puestos en un contenedor pequeño. En forma aleatoria se llamó a uno de cada grupo quienes tomaron un papelito con su ejercicio y lo escribieron y resolvieron sin apoyo de sus compañeros. La calificación que obtuvo se le designó al resto de su grupo.

Aplicación de cuestionarios:

La medición de variables se realizó antes del estudio (pretest) y posterior a la prueba (postest). Con la escala de medición tipo Likert. A continuación:

Muchísimo 5- Mucho 4- Regular 3- Poco 2- Nada 1.

3. Resultados

Se aplicó el índice de consistencia Alpha de Cronbach para medir la confiabilidad y validez del instrumento, cuyo índice fue de .885 (88.5%) con 52 elementos y se interpreta que la confiabilidad es "Buena".

Análisis estadístico:

Tabla 1. Exámenes, tareas, pizarrón

Estrategia	Influencia en el aprendizaje	Grado de dificultad	Nivel de agrado
Parciales			
Rango de Mediana	4.6 (69%) Muchísimo	1.77 (80.7%) Poco	4.5 (67%) Muchísimo
Moda	5.0	1.0	5.0
Final			
Rango de Mediana	4.6 (69%) Muchísimo	1.89 (75%) Poco	4.46 (58%) Muchísimo
Moda	5.0	1.0	5.0
Tareas			
Rango de Mediana	3.87 (73%) Regular	2.15 (73.4%) Poco	4.0 (43%) Mucho
Moda	5.0	2.0	5.0
Pizarrón			
Rango de Mediana	4.0 (72%) Mucho	1.99 (71%) Poco	3.9 (41%) Regular
Moda	5.0	2.0	5.0

De acuerdo con los porcentajes observados (tabla 1) se puede interpretar que la influencia de cada una de las estrategias fue esencial para su aprendizaje matemático. Las de mayor influencia fueron los exámenes parciales y el final y la que influyó pero en menor intensidad fue la de las tareas cooperativas. El grado de dificultad se considera "poco", ya que al trabajar en grupo se socializa y facilita el conocimiento en especial cuando se trabaja con buena disposición, como en este caso, ya que la sensación de agrado se considera en un buen nivel, sustituyendo a la apatía con que se caracteriza la mayoría de los alumnos. Se aprecia un nivel de agrado más bajo en la del pizarrón, debido a que les causaba un poco de tensión.

Grado de influencia del grupo y el nivel de agrado individual hacia las matemáticas

Se aplicó análisis de varianza cuyo resultado arrojó que no hay relación entre la influencia del grupo y el nivel de agrado individual hacia las matemáticas en las estrategia de tareas cooperativas (.250) y la de pasar al pizarrón (584), ya que el valor es > .05. Habría que profundizar en este aspecto e investigar el nivel de intervención de cada participante y su motivación. En el caso de los exámenes parciales (.015) y finales (0.016), el valor es <.05 y se presume que si hay relación entre la influencia del grupo y el nivel de agrado en el aprendizaje cuando se utiliza la estrategia cooperativa. Se sugiere elaborar entrevistas de profundidad para conocer los aportes de los participantes que favorecieron el incremento en el aprendizaje de las matemáticas.

Grado de influencia del grupo en el aprendizaje y el grado de dificultad

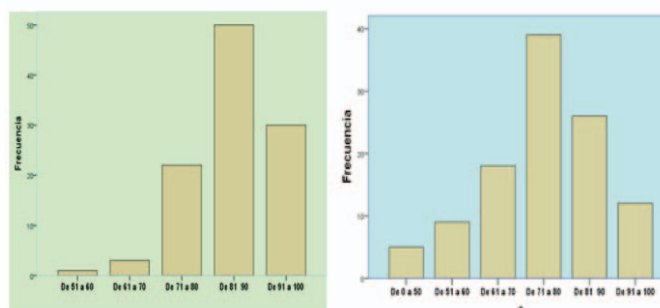
Se aplicó análisis de varianza para conocer si hay relación entre la influencia del grupo y la dificultad en el aprendizaje. En este aspecto se pudo observar que el valor de la estrategia del examen final (.042) es <.05, por lo que se interpreta que sí hay relación entre el grado de influencia del grupo y el grado de dificultad en las matemáticas en el aprendizaje. Cabe mencionar que el profesor le da la mayor ponderación al examen final que a las demás estrategias. En los casos de las tareas cooperativas (.115), los exámenes parciales (.094) y la del pasar al pizarrón (.081) observamos que el valor es > .05= no hay diferencias.

Diferencias de proporciones de género

En este aspecto no existen diferencias entre las proporciones de género. El grado de significancia fue de 0.119, cuyo valor es > .05. Por lo que el comportamiento en el aprovechamiento y motivación grupal fue igual tanto para hombres como para mujeres.

Relación de las edades con el gusto con las matemáticas

El p- valor de *Chi* cuadrada fue de 0.262 con 2 gl por lo que se puede concluir que las edades no están relacionadas con el gusto o disposición hacia las matemáticas (Gamma.298). Existen otros factores a detectar que influyen en la disposición hacia las matemáticas que se deben realizar en otra investigación.



Gráfica 1. Promedios antes y pasado el curso.

Se puede observar un incremento en sus calificaciones y una gran disminución de los promedios bajos. En este caso se comprueba que al sustituir la estrategia utilizada por el profesor hacia una estrategia interactiva (tabla 1) se consigue un cambio en la actitud del alumno hacia esta asignatura, así como un cambio en la actitud del alumno.

Tabla 2. Calificaciones antes y después del curso

Variables <i>Chi</i> cuadrada. Rango de la mediana			
Calificaciones	Promedios antes (%)	Promedios después (%)	Dif % acumulado
Mediana	4.0000	5.0000	
Moda	4.0000	5.0000	
De 0 a 50	4.6	.9	-3.7
51 a 70	42.2	29.2	-13
71 a 100	53.2	69.9	16.7

Se aprecia mediante *Chi* cuadrada la diferencia entre los promedios antes y después. Se advierte un aumento considerable de los promedios en las calificaciones regulares, buenas y excelentes y una disminución de los bajos promedios (de 0 a 70). Se confirma mediante Wilcoxon para comparar medias y se observa que existen diferencias entre ambos promedios ($.000 < 0.05$). Ver tabla 2 y la gráfica 1.

Tabla 3. Prueba T para muestras relacionadas

Concepto	Antes (%)	Después (%)	Diferencia
Alegría	8.2	12.7	4.5
Emoción	33.6	34.2	0.6
Apatía	23.6	7.3	-16.3
Nada	8.2	19.1	10.9
Disgusto	14.5	3.6	-10.9

Al marcar la palabra que más se acerca al concepto de matemáticas para el individuo con el fin de conocer sus sentimientos y disposición antes y después de la prueba, el valor que resultó fue de 0.04, el cual es menor que 0.05, por lo que se acepta que existe diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los dos grupos. Se incrementó la buena disposición cuando aumentaron las categorías de alegría y emoción. Parece interesante que los que señalaron apatía y disgusto en la prueba inicial, en la segunda prueba habían cambiado esos sentimientos a alegría y emoción y un gran número a por lo menos "nada" (ningún sentimiento).

Referente a la problemática relacionada con el trabajo grupal, se observó lo siguiente a modo de resumen:

La categoría que más se repitió fue la 1.0 ("Todos los compañeros trabajaron") 63% de los valores está en el valor de la mediana (1.0); 18% comentó que "solo algunos trabajaron" y 13.8% que "existió coordinación en el grupo". Los demás porcentajes informaron (3.7%) "el tiempo no fue suficiente" y el resto (1.5%) "ninguna dificultad".

Conclusiones

En esta investigación se encontró que las estrategias de enseñanza-aprendizaje cooperativo influyeron en el aprendizaje e incrementó la calificación en la asignatura y esta calificación es independiente del género y de las edades. Las estrategias que más gustaron fueron las de los exámenes y la que más generó estrés fue la de pasar al pizarrón, ya que no siempre se llamaba al alumno con mayor conocimiento. Precisamente eso permitió que se preocuparan para que los demás aprendieran del tema. Referente a la actitud hacia las matemáticas, estas estrategias fueron del agrado de los participantes permitiendo un ambiente agradable y propicio para el aprendizaje, y se pudo apreciar una mejoría en su concepto con respecto a las matemáticas, en especial por la buena participación y cohesión que se presentó en el trabajo grupal.

Este trabajo aporta a la comunidad científica en especial a los países con un índice bajo en matemáticas, una alternativa exitosa para la enseñanza aprendizaje de esta asignatura. En un segundo intento se volverá aplicar este experimento a una mayor muestra para contrastar y comparar, para luego perfeccionar las estrategias.

Agradecimientos

Al Profesor Karim Delys Coordinador de Mercadeo. FII. UTP por sus sugerencias en el ámbito estadístico.

A la Profesora Beverly Hunt Heslop por la traducción en inglés.
Prof. Rafael Vásquez. Director del CEP por sus sugerencias.

Referencias

- [1] D. Robson, «BBC Mundo,» 30 Junio 2015. [En línea]. Available: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150628_vert_fut_ansiedad_matematicas_yv. [Último acceso: 12 Septiembre 2016].
- [2] L. Villardón Gallegos, Competencias genericas en educación superior: Metodologías específicas para su desarrollo, Madrid, España: Narcea S.A. Ediciones, 2015.
- [3] J. Sáens Carrera y A. M. Esteban, Dialéctica de los conceptos de educación, Barcelona, España: UOC, 2016.
- [4] A. Hernández Martín y S. Olmos Miguelañes, E- Brary pro- Quest reader, Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca, 2011.
- [5] J. Oarrantia, Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas. Una perspectiva evolutiva, São PAulo, 2006.
- [6] G. R. Jiménez, «El examen que evitó la educación en Panamá,» La Prensa, 2013.
- [7] Wikibooks, «Aprendizaje colaborativo/Aprendizaje colaborativo y cooperativo,» Wikibooks, 2010 Junio 24. [En línea]. Available: https://es.wikibooks.org/wiki/Aprendizaje_colaborativo/Aprendizaje_colaborativo_y_cooperativo. [Último acceso: 15 Septiembre 2016].
- [8] B. M. A. Zavala, Corazón y razón en armonía: inteligencia emocional en alumnos con aptitud intelectual., México: Plaza y Valdés S.A., 2009.
- [9] J. D. y. O. Ciriaco., Aplicación de nuevas técnicas y estrategias del aprendizaje cooperativo y significativo en la enseñanza de las matemáticas: dos alternativas que sustentan la capacitación y/o preparación del joven del siglo XXI en el continuo devenir humano., Argentina: El Cid Editor, Agosto 2009.
- [10] N. Ausubel, Psicología de la Educación., España: Marcombo, 2009.
- [11] C. C. y. J. Mendoza, Cómo aprovechar el aprendizaje colaborativo en el aula, Colombia: D. Universidad de la Sabana, 2009.
- [12] B. Zavala, Corazón y razón en armonía: Inteligencia emocional en alumnos con aptitud intelectual, México: Plaza y Valdés S.A., 2009.
- [13] C. Urbano y J. Juni, Técnicas para la animación de grupos, Argentina: Brujas, 2014.

Caracterización de un sensor de rango láser de bajo costo previo a una implementación de Slam

Víctor Costella¹, Humberto Rodríguez¹

¹Universidad Tecnológica de Panamá
{victor.costella, humberto.rodriguez}@utp.ac.pa

Resumen: una propiedad básica que debe poseer cualquier vehículo autónomo es su capacidad de desplazarse libremente a través de su ambiente de trabajo. La navegación robótica autónoma se consigue cuando el problema computacional denominado Localización y Mapeado Simultáneo (SLAM) es resuelto. Para conseguir esto, el robot móvil debe calcular su posición aproximada al mismo tiempo que construye y actualiza un mapa de ambiente. Tradicionalmente, se utilizan las lecturas odométricas y los rangos de los objetos circundantes obtenidos por medio de un sensor de rango láser. La estimación de la posición del robot es mejorada en la medida en que la data sensoriales recolectada, manejada y modelada apropiadamente. Debido a su rapidez, exactitud, resolución angular y amplia área de barrido, el sensor de rango láser ha sido usado en muchas aplicaciones para resolver el problema de SLAM con éxito, pero siempre existe un compromiso entre su costo y su desempeño. En este artículo se presenta una caracterización del sensor de rango láser Hokuyo URG-04LX_UG01, un sensor de bajo costo. El propósito final es establecer un modelo funcional para solucionar SLAM en interiores.

Palabras claves: sensor de rango láser, caracterización, extracción de características del ambiente, navegación.

Title: Characterization of a low cost laser rangefinder previous a Slam implementation

Abstract: a basic quality of any autonomous vehicle is its ability to move freely through its working environment. Autonomous navigation is achieved when the computational problem denominated Simultaneous Localization and Mapping is solved. In order to achieve this, the mobile robot must estimate its approximate position at the time it builds and updates a map of the environment. Traditionally, odometric readings are used together with the ranges of the surrounding objects obtained through a laser range finder and for doing that utilizes odometry measurements of its displacement and the distances of the objects in the surroundings given by a laser range finder. The estimation of the robot position is improved if sensor data is collected, managed and modeled properly. Because of its speed, precision, angular resolution, and ample scanning area, the laser rangefinder has been successfully used to solve the SLAM problem in many applications, but there is always a compromise between its cost and its performance. In this paper, a characterization of the low cost Hokuyo URG-04LX_UG01 laser rangefinder is presented. The final goal is to establish a functional model for solving indoor SLAM.

Key words: laser rangefinder, characterization, environmental feature extraction, navigation.

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 29 de abril de 2016

Fecha de aceptación: 16 de noviembre de 2016

1. Introducción y motivación

En robótica, el problema computacional denominado Localización y Mapeado Simultáneo (SLAM) consiste en ubicar la posición de un robot al mismo tiempo que construye mapas del ambiente. Debido a que la ubicación de las características del ambiente depende de la posición del robot, y la posición del robot es determinada de acuerdo a la ubicación de las características del ambiente, SLAM es un problema complejo, que ha sido estudiado durante tres décadas [1]. SLAM representa, sin embargo, la mayor esperanza, de conseguir en un futuro próximo la navegación robótica autónoma en cualquier tipo de ambiente. En su evolución, SLAM ha sido resuelto a través de dos métodos principales: Filtro extendido de Kalman y Rao-Blackwellis [2,3]. Se han dado soluciones para el problema en interiores y exteriores [4,5], con distintos tipos de agentes [6,7], y con variados sensores [8,9]. Ya se han planteado muchas soluciones al problema de SLAM, pero un reto importante consiste en garantizar que la técnica funciona con bajo presupuesto, pues existe siempre un compromiso entre el costo de los sensores y la exactitud de la localización. Tradicionalmente, el sensor de rango láser ha sido utilizado para resolver SLAM en 2D. Esto se debe a la precisión y exactitud de las mediciones, el amplio barrido en forma de abanico, alta velocidad de muestreo, y su muy buena resolución [10].

2. Formulación del Problema de SLAM con Sensor de Rango Láser

Consideremos un robot autónomo que navega en un ambiente 2D. La posición del robot x es de tipo probabilística, con toma de datos en un ambiente ruidoso. El vector que representa el estado del robot en el instante de tiempo k tiene la forma:

$$\mathbf{x}_k = [x \quad y \quad \theta]^T \quad (1)$$

Se asume que el ambiente debe estar poblado de objetos que poseen características rectilíneas, por ejemplo, paredes, puertas, cajas, o estantes. El sensor de rango láser montado en el robot toma distancias desde su probable ubicación. Las lecturas son captadas en series de rangos y ángulos, de las cuales pueden ser extraídas características lineales, considerando un coeficiente de correlación lineal es aceptable. En [10] se detallan los algoritmos generales para la extracción de líneas a partir de las lecturas de un sensor de rango. Como puede observarse en la figura 1, el conjunto de líneas debe ser parametrizado de la forma $li = [p_i, \alpha_i]$, donde p_i y α_i representan respectivamente los rangos y ángulos de los segmentos de líneas que parten del origen global del mapa. Es necesario, entonces, obtener coordenadas globales a partir de coordenadas del robot. Entonces, también la representación del ambiente puede hacerse por medio

de un conjunto de características $f_i=[xf_i,yf_i]$. Las posiciones de estas características son extraídas al punto de intersección de las líneas originales con las líneas normales desde el origen global, o, en el caso de las esquinas, de la intersección de las líneas originales [11].

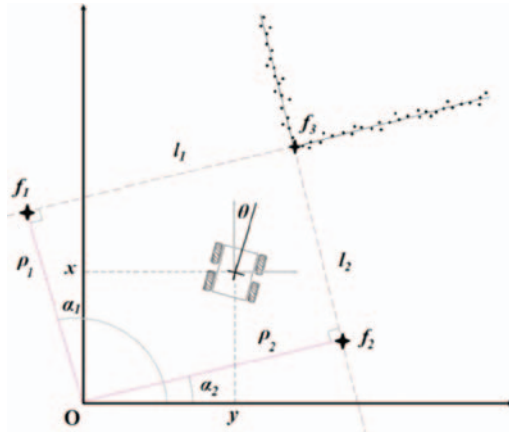


Figura 1. Representación de la posición del robot y de las características lineales del ambiente en coordenadas globales.

Ambos, el estado del robot y el estado de las balizas requieren de modelos de incertidumbre. El modelo de incertidumbre del estado del robot se define por medio de la ecuación:

$$\mathbf{x}_{k+1} = f(\mathbf{x}_k, \mathbf{u}_k + 1) + \mathbf{w}_{k+1} \quad (2)$$

Donde f es una función de aproximación lineal, y:

\mathbf{u}_k es el vector de entradas de control,

\mathbf{w}_k es el vector de ruido en el proceso que se asume tiene una covarianza promedio de cero.

El modelo de incertidumbre de las observaciones está definido de la siguiente forma:

$$\mathbf{z}_k = h(\mathbf{x}_k) + \mathbf{v}_k \quad (3)$$

Donde h es una función que aproxima la medición, y \mathbf{v}_k es el vector de ruido en la medición y que se asume tiene una covarianza promedio de cero.

Asumiendo observaciones en forma de puntos, es posible obtener la matriz:

$$R(\mathbf{v}) = \begin{bmatrix} c_{\rho\rho} & c_{\rho\alpha} \\ c_{\alpha\rho} & c_{\alpha\alpha} \end{bmatrix} \quad (4)$$

que representa la matriz de covarianza en los procesos de medición. Debido a que el error en la medición del estado del robot es acumulativa (producto de las lecturas odométricas), la solución de SLAM depende en gran medida de un modelo robusto de medición de las características del ambiente, por lo que la caracterización del sensor de rango láser es crítica para que la localización del robot y el mapeado del entorno sean certeros. No se profundizará más en el resto de los procesos de SLAM, pues no son los objetivos de este

artículo. El propósito de lo discutido anteriormente es establecer la importancia de un modelo de error del sensor de rango láser y sus mediciones, pues la solución de SLAM depende en gran medida de modelos apropiados.

3. Discusión de las especificaciones técnicas del Hokuyo URG-04LX_UG01

Las principales especificaciones técnicas del sensor de rango Láser Hokuyo URG-04LX_UG01 [12] son brindadas en la tabla 1. Como puede observarse en la tabla, las pruebas fueron realizadas con papel blanco Kent 70mm x 70mm, en condiciones ambientales no especificadas. Cuando se realiza SLAM, las deficiencias causadas por la falta de modelos sensoriales adecuados pueden comprometer seriamente los resultados de localización de las características del entorno, y, por ende, la propia localización del robot. En la literatura no se encontró un estudio sobre el sensor Hokuyo URG-04LX_UG01, quizás porque representa el sensor de rango laser de características más básicas de la marca Hokuyo.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del sensor de rango láser Hokuyo URG-044LX_UG01

Especificaciones Técnicas Hokuyo URG-04LX-UG01	
Fuente de Luz	Diodo Láser Semiconductor ($\lambda=785\text{nm}$)
Detección de Distancia y Objeto Estándar	Con exactitud: 60-4,095mm (papel blanco Kent 70mm x 70mm o mayor) Rango Detectable: 20-5,600mm
Exactitud	0.06 - 1m: $\pm 30\text{mm}$ 1-4m: 3% de la distancia detectada (Objeto estándar: papel blanco 70mm x 70mm)
Resolución	1 mm
Ángulo de Barrido	240°
Resolución Angular	Aprox. 0.36° (360°/1024)
Tiempo de Barrido	100msec/scan
Condiciones Ambientales (Temp./Humedad)	-10° ~ 50°C / 85% o menos (sin rocío o granizo)
Resistencia a la luz del Ambiente	10000Lx o menos (luz del sol)

4. Configuración Experimental

Las pruebas experimentales se fundamentaron tanto en las especificaciones técnicas del Hokuyo URG-04LX_UG01 como en los trabajos de Okubo et al [13], Kneip et al[14], y Diosi y Kleeman [15]. Los trabajos mencionados caracterizan el Hokuyo URG-04LX y el Sick PLS, que tienen costos muy superiores al URG-044LX_UG01.

Los datos fueron tomados por medio de una aplicación programada para dicho efecto, en lenguaje Visual C#.NET, Visual C# 2010, edición Express. El lenguaje operativo utilizado fue Windows 7 Profesional. Para la realización de las pruebas se utilizaron las especificaciones del sensor como referencia. Por lo tanto, los rangos medidos comprendieron solo las distancias entre 60 y 4095 mm. Se

acondicionó una superficie blanca con una escala, y sobre ella se corrieron las distintas pruebas. Las superficies medidas contaban con distinto color y brillo, y se utilizaron láminas de 82.5 x 55 cm. Las pruebas se realizaron luego de mantener encendido el sensor de rango láser por una hora.

Debido a que histogramas de pruebas previas mostraron una distribución casi gaussiana, la ecuación (5) fue utilizada para encontrar la media.

$$\bar{z} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i \quad (5)$$

En general, se pueden reconocer cuatro fuentes principales de error en la medición del sensor de rango láser [15]:

- Errores de los componentes eléctricos debidos a la temperatura.
- Errores causados por la fuerza de la señal de retorno.
- Errores aleatorios en la electrónica del receptor.
- Truncamiento del cuantificador.

Tomando en cuenta estos factores, de acuerdo con Diosi y Kleeman [15], el error absoluto con respecto al valor esperado en la lectura, Δr , puede ser caracterizado por las principales fuentes de error:

$$\Delta r \approx r_s + r_r + r_i + r_c + r_g \quad (6)$$

Donde:

- r_s = error para todas las lecturas con superficies similares
- r_r = error debido al incremento con el rango
- r_i = error producido por el cambio del ángulo de incidencia
- r_c = error del cuantificador
- r_g = ruido gaussiano

Los autores anteriores concluyen, sin embargo, que no necesariamente todos los errores anteriores aplican a todos los telémetros láser.

5. Resultados y su Discusión

Errores Esporádicos

Durante los períodos de muestreo (cada 20000 lecturas), se dieron dos o tres lecturas con valores de entre 0 y 10 mm. Estas lecturas representan errores atípicos, fuera del rango mínimo del sensor (ver tabla 1), y fueron descartadas como mediciones válidas. Se atribuye este fenómeno a la saturación de la electrónica del receptor o del búfer de datos. Como no es posible modelar esta situación, dentro del programa se incorpora una función condicional para ignorar la lectura.

Errores Causados por el Brillo y Color de la Superficie

Para que se tenga una idea de cuánto puede influir el color y brillo en las lecturas, se tomaron 500 muestras de distintos colores a distancias al objetivo de entre 20 y 4000 mm. Se utilizaron 14 colores distintos. Para dar una muestra, en la gráfica se muestran los resultados de dispersión para distintas superficies a una distancia de 2000 mm. El mínimo obtenido fue de 1977 mm y el máximo 2022 mm, representando errores de -1.15% a 1.1%. Este rango de error está dentro de los parámetros de exactitud prometida por el fabricante, es

decir, menor al 3% (ver figura 2). Aun así se logró demostrar también que la dispersión cambia de acuerdo al tipo de superficie medida. El brillo de la superficie no resultó ser es un factor determinante. En muestras de blanco brillante versus blanco mate y rojo brillante vs rojo mate, la diferencia en el promedio no sobrepasó 1.1 mm.

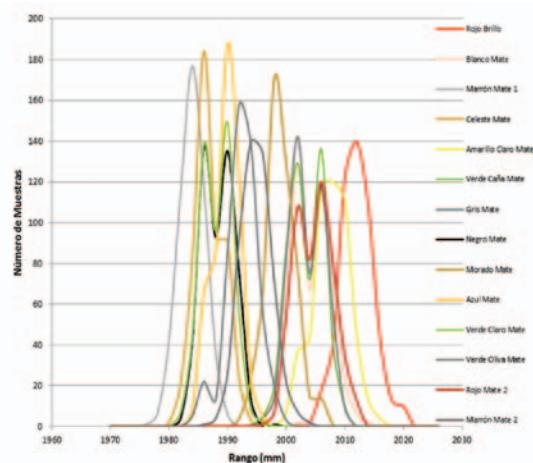


Figura 2. Cambios en la dispersión de acuerdo al color y brillo de la superficie para una distancia de 2000 mm.

Tomando solo en cuenta los promedios de los 500 conteos, se puede modelar el comportamiento por medio de funciones lineales. La figura 3 muestra un ejemplo de 3 colores, y representa el ejemplo de que la linealidad se mantuvo durante las pruebas con cada color, realizadas variando la distancia cada 10 cm para cada color. Los rangos comprendidos para la prueba fueron de entre 20 y 4000 mm. La función lineal de error por la superficie toma la forma:

$$e_s(d) = ad + b - r_{esperado} \quad (7)$$

Siendo a y b los parámetros normales de una línea, d la distancia del sensor de rango al objetivo, y $r_{esperado}$ el valor de rango esperado en la medición.

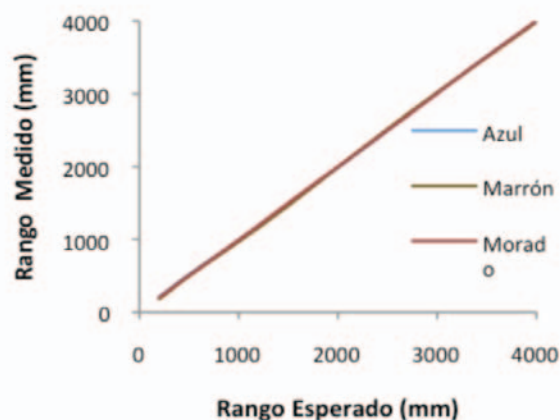


Figura 3. Demostración de linealidad de la medición para los colores azul, marrón y morado.

Errores por temperatura y estabilización de la Electrónica

Esta prueba consiste en activar el sensor luego de por lo menos 8 horas de reposo. El objetivo a medir fue una lámina de papel blanco de color blanco de dimensiones 82.5 x 55 cm ubicada a distintas distancias, a un ángulo paralelo al eje horizontal del sensor. El tiempo de funcionamiento del sensor fue de una hora, con un total de 12462 conteos. Se realizaron ajuste en el programa para tomar solo la muestra central por barrido.

En la figura 4 se puede apreciar un patrón típico del arranque del sensor durante los primeros 30 minutos de operación. Inicialmente, la gráfica muestra una subida esporádica para luego realizar una caída lenta hasta estabilizarse. El periodo de estabilización ocurre a unos 25 minutos de haberse activado el sensor. Como se puede notar, existen algunos picos esporádicos en las lecturas.

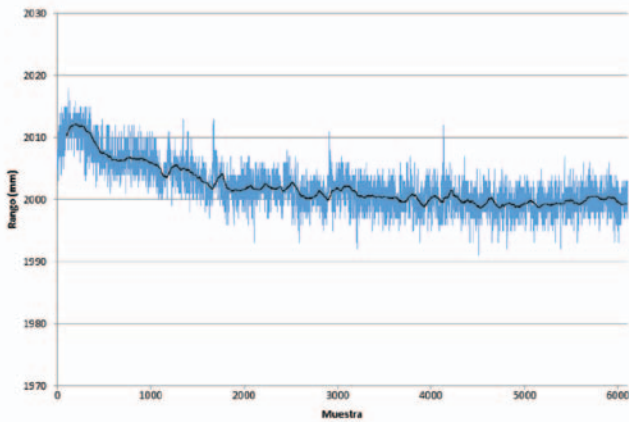


Figura 4. Patrón típico de arranque durante los primeros 30 minutos de operación.

El modelado del error por calentamiento es crucial pues es una fuente de error mayor. El lóbulo inicial hasta la estabilización fue modelado promediando 10 periodos de calentamientos de 4 distancias distintas, haciendo un total de 40 periodos de calentamiento. Se tomaron los promedios de 100 muestras, y cada precalentamiento tuvo un total de 10000 muestras. Se restó la medición esperada, y se encontró el polinomio utilizando regresión polinómica :

$$\begin{aligned}
 e_p(m) = & 8.8636771170987370 \\
 & + 2.0351736454547890 \quad m \\
 & - 4.6947605806032016 \times 10^{-1} \quad m^2 \\
 & + 4.1589305161886070 \times 10^{-2} \quad m^3 \\
 & - 1.9441942207761252 \times 10^{-3} \quad m^4 \\
 & + 5.3502858075775480 \times 10^{-5} \quad m^5 \\
 & - 9.0792950057841390 \times 10^{-7} \quad m^6 \\
 & + 9.5511112016285330 \times 10^{-9} \quad m^7 \\
 & - 6.0038870709256960 \times 10^{-11} \quad m^8 \\
 & + 2.0297642090264837 \times 10^{-13} \quad m^9 \\
 & - 2.7484074016284042 \times 10^{-16} \quad m^{10}
 \end{aligned}$$

El cual arrojó un coeficiente de correlación $r^2 \approx 0.98266$.

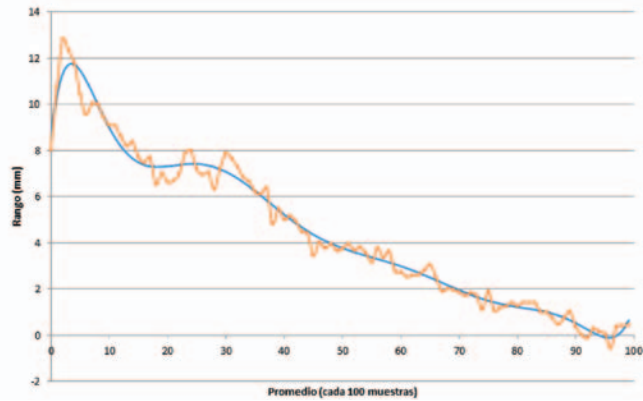


Figura 5. Regresión polinómica promediando las lecturas de rango cada 100 muestras.

Error causado por el ángulo del Objetivo

Para comprobar la variación de la medición de acuerdo al ángulo del objetivo, se realizaron mediciones con rangos distintos, de 1.5, 2, 2.5, 3.0 y 3.5 m. Se promedió la variación del rango al rotar el objetivo (cartón blanco mate) de -80° a 80° en pasos de 5° . Después de cada promedió, se restó el valor de rango obtenido para el ángulo 0° . Como resultado, se obtuvo la gráfica de la figura 6, y el consecuente polinomio utilizando regresión polinómica:

$$\begin{aligned}
 e_i(\varphi) = & - 1.5523670073569948 \\
 & - 2.4531065468912566 \times 10^{-2} \quad \varphi \\
 & - 1.9600299500495410 \times 10^{-3} \quad \varphi^2 \\
 & + 1.3571508889183155 \times 10^{-5} \quad \varphi^3 \\
 & - 6.2005257043723864 \times 10^{-6} \quad \varphi^4 \\
 & - 2.8506087714657082 \times 10^{-9} \quad \varphi^5 \\
 & + 2.8938196741050577 \times 10^{-9} \quad \varphi^6 \\
 & + 2.2405953647331787 \times 10^{-13} \quad \varphi^7 \\
 & - 3.1211003012517057 \times 10^{-13} \quad \varphi^8
 \end{aligned}$$

El cual arrojó un coeficiente de correlación $r^2 \approx 0.97402$

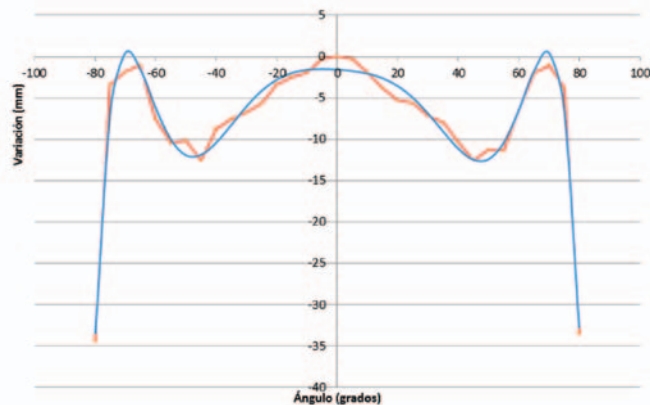


Figura 6. Variación de la medida de acuerdo al ángulo del objetivo.

Dispersión con la distancia del Objetivo

Este efecto no fue notado con todos los colores, solo con la muestra gris en particular. Quizás el fabricante reconoce este fenómeno, pues asegura que el error se mantendrá a 3% dentro de las distancias de operación (60-4,095mm). A medida que la distancia del objetivo aumenta, se puede ver que la distribución cambia dramáticamente. Para tener una idea del fenómeno, la diferencia entre la lectura mínima y la máxima para 1.5 m fue de 12, mientras que para la de 4.0 m fue de 30. Este fenómeno se puede apreciar en la figura 6. Se puede notar que el diámetro de la dispersión aumenta con la distancia, pero este fenómeno debería reflejarse también con otros colores.

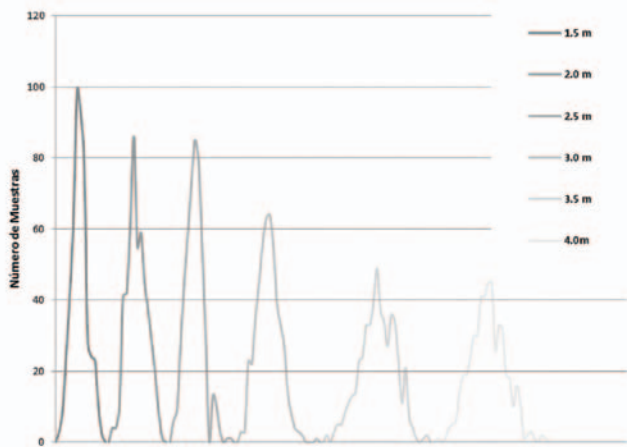


Figura 6. Dispersión de las lecturas con las distancias al objetivo debido al color gris.

6. Conclusión

La distribución y el sesgo de las lecturas del sensor de rango láser del receptor dependen de la calidad de los componentes electrónicos relacionados a su receptor. Pero un modelo más elaborado puede compensar muchas de las deficiencias de diseño en un sensor de bajo costo. Se puede concluir que las principales fuentes de error del sensor Hokuyo URG-04LX_UG01 pueden ser modeladas de acuerdo a:

$$\Delta e = e_s(d) + e_p(m) + e_i(\varphi) \quad (8)$$

Debido a que representan las principales causas de error en este sensor. Durante la configuración del experimento no fue observado el error por truncamiento, y por tanto, se consideró despreciable. Producto del estudio, los valores antes descritos han sido tabulados previamente para compensar los errores en las mediciones. Los demás errores son considerados insignificantes si se siguen las especificaciones del fabricante en cuanto a condiciones ambientales y rangos de medición se refieren. En cuanto al desempeño del sensor de rango láser Hokuyo URG-04LX_UG01 para realizar SLAM en interiores, se concluye que es posible incluso disminuir el error detallado por el fabricante con un modelado adecuado, lo cual lo califica como un sensor adecuado para robótica móvil en interiores.

Referencias

- [1] H. Durrant-Whyte, T. Bailey. "Simultaneous Localisation and Mapping (SLAM): Part I The Essential Algorithms", IEEE Robotics and Automation Magazine, pp 99-108, 2006.
- [2] G. Dissanayake, P. Newman, H.F. Durrant-Whyte, S. Clark, M. Csobor. "A Solution to the Simultaneous Localisation and Mapping (SLAM) Problem". IEEE Trans. Robotics and Automation, Magazine, 17(3): pp. 229-241, 2001.
- [3] M. Montemerlo, S. Thrun, D. Koller, B. Wegbreit. "Fast SLAM: A Factored Solution to the Simultaneous Localization and Mapping Problem". In AAAI National Conference on Artificial Intelligence, pp. 593-598, 2002.
- [4] J. Huang, D. Millman, M. Quigley, D. Stavens, S. Thrun, A. Aggarwal "Efficient, Generalized Indoor WiFi GraphSLAM". Proceedings of International Conference on Robotics and Automation, pp. 1038-1043, 2011.
- [5] P. Newman, D. Cole and K. Ho. "Outdoor SLAM using Visual Appearance and Laser Ranging". In IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 1180-1187, 2006.
- [6] O. Stasse, A. Davison, R. Sellaouti, K. Yokoi. "Real-time 3D SLAM for Humanoid Robot considering Pattern Generator Information". In IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 348-355, 2006.
- [7] C.H. Lee, M.J. Tahk. "Unmanned Aerial Vehicle Recovery Using a Simultaneous Localization and Mapping Algorithm without the Aid of Global Positioning System". International Journal of Aeronautical & Space Science, 11(2), pp. 98-109, 2010.
- [8] A. J. Davison. "Real-Time Simultaneous Localisation and Mapping with a Single Camera". In Proceedings on the IEEE International Conference on Computer Vision, p. 1403, 2003.
- [9] A. Chilian, H. Hirschmüller, M. Görner. "Multisensor Data Fusion For Robust Pose Estimation of a Six Leg Walking Robot". IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 2497-2504, 2011.
- [10] V. Nguyen, A. Martinelli, N. Tomatis, R. Siegwart. "A Comparison of Line Extraction Algorithms using 2D Laser Rangefinder for Indoor Mobile Robotics". In Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2005.
- [11] A. Garulli, A. Giannitrapani, A. Rossi, and A. Vicino. "Simultaneous Localization and Map Building Using Linear Features". In IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 19:2, 238-249, 2003.
- [12] Kamini, Maeda, Yamamoto and Mori. "Scanning Laser Range Finder URG-04LX-UG01 - Specifications". Hokuyo Automatic Co., LTD, 2009.
- [13] L. Kneip, F. Tâche, G. Caprari, R. Siegwart. "Characterization of the Compact Hokuyo URG-04LX 2D Laser Range Scanner". IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2009.
- [14] Y. Okubo, C. Ye, J. Borenstein. "Characterization of the Hokuyo URG-04LX Laser Rangefinder for Mobile Robot Obstacle Negotiation". Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol. 3, pp 2512-2518, 2002.
- [15] A. Diosi, L. Kleeman. "Uncertainty of Line Segments Extracted from Static SICK PLS Laser Scans". In Proceedings of the Australasian Conference on Robotics and Automation 2003.

Estudio correlacional entre la innovación en productos servicios, procesos, gestión y la certificación de calidad en las MIPYMES.

E. Quintero¹, G. Vergara¹,
B. Bernal¹,

¹Universidad Tecnológica de Panamá
{edilsa.quintero, gabriel.vergara, bolivar.bernal}@utp.ac.pa

Resumen: *en la investigación sobre el “Análisis Estratégico para el Desarrollo de la MIPYMES en Panamá 2012”, se realizaron 615 encuestas a gerentes de micros, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) de Panamá. Utilizando dicha base de datos se realizó la presente investigación, que tiene como objetivo analizar las MIPYMES que realizan certificaciones de calidad o están en proceso, a fin de medir el impacto en su nivel de innovaciones de productos/servicios, procesos, gestión; el tamaño de la empresa, edad de las empresas y si exportan o no. El método utilizado fue la regresión logística, que consiste en estimar la probabilidad de un suceso que depende del impacto de los valores de varias covariables o variables independientes. Los factores que se han definido para analizar en el presente estudio son: Innovación, Sector, Edad, Tamaño y Exportación. Los resultados obtenidos utilizando el método de regresión logística apoyan la conclusión de que la innovación en (productos/servicios, procesos, gestión); el tamaño, edad de la empresa y si exportan, presentan una correlación positiva y un impacto positivo significativo en la certificación en calidad de las MIPYMES.*

Palabras claves: *calidad, innovación, producto/servicio, proceso y gestión, exportación, MIPYMES.*

Title: *Correlation between product/process, design, systems management and MSMEs quality certifications*

Abstract: *in the research project “Strategic Analysis of the Strategic Development of MSMEs in Panama 2012”, a series of surveys were conducted to 615 managers and owners of micro, small and medium enterprises (MSME) of Panama. Using the resulting database, this research aims to analyze the impact on MSMEs that provide quality certification services in their level of innovations (products / services, processes, management) considering aspects such as company size, age companies and whether or not exported. The method used to perform the analysis was the logistic linear regression. This tool consists of estimating the probability of an event that depends on the impact of the values of several co variables or independent variables and the factors defined for analyses which are: Innovation, Industry, Age, Size and Export. The results obtained using the logistic*

regression method support the conclusion that innovation (products / services, processes, management), the size and age of the company have a correlation and a significant positive impact on the quality certification of MSMEs activities.

Keywords: *quality, innovation, product / service, process and management, export, SMEs.*

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 27 de abril de 2016

Fecha de aceptación: 16 de noviembre de 2016

1. Introducción

En relación al término de calidad, sus orígenes han establecido los parámetros para entender el éxito de la nueva filosofía de gestión, hoy en día. El proceso de calidad total, se inició en Japón en los años cincuenta. Sin embargo, antes del año 1945, la calidad para los japoneses solo se limitaba a la inspección [1].

La evolución histórica del movimiento por la calidad, destaca el desarrollo del término desde la “inspección” hasta saber de qué manera se deben “reestructurar las organizaciones y mejoras sistémica de los procesos” [2].

Adoptar sistemas de calidad tiene una influencia favorable en las capacidades de innovación [3].

Las MIPYMES son la sangre vital de las economías modernas y tienen como reto ser competitivas y generar productos y servicios de alta calidad. Dicha calidad es exigida por las empresas grandes, ya que las MIPYMES son demandadas como proveedores de bienes y servicios a las organizaciones de mayor tamaño [4].

La innovación en la organización es un elemento esencial que por lo general tiene una fuerte influencia en la calidad de los productos, servicios y nuevos estilos de liderazgo, la cultura organizacional y la gestión, compromiso que puede generar impacto positivo en el comportamiento de los empleados [5], [6], [7].

Las empresas que se consideran exitosas y competitivas están dispuestas a realizar cambios innovadores en la gestión, productos y procesos productivos, incorporando tecnologías, información y comunicación, en vista que el entorno globalizado exige mantenerse acorde a las necesidades de sus clientes y al ambiente competitivo en el que operan [8].

La competitividad de las MIPYMES depende o está directamente relacionada con la innovación, el desarrollar las capacidades internas de las MIPYMES para innovar de una forma sistemática y sostenible, que permite aumentar los niveles de productividad del recurso humano y del capital, así como la calidad de los productos; influye en la reducción de los costos y la consolidación en los mercados en que se desenvuelven [9]. Según [10] considera, que la innovación es el esfuerzo que las empresas hacen a través del uso de la tecnología y los sistemas de información para desarrollar, producir y comercializar nuevos productos que requieren la industria, los clientes y los consumidores. Por otro lado, [11] llegaron a la conclusión de que la innovación puede ser concebida como la creación de nuevos productos, servicios o procesos de producción. Mientras tanto, [12] concluyó en su estudio que la innovación es la modificación o la

invención de ideas que permiten continuamente mejora y desarrollo de los productos y servicios que demandan los clientes y consumidores.

Con el desarrollo de esta investigación se busca sustentar los resultados obtenidos, utilizando el método de regresión logística, de que la innovación en productos/servicios, procesos, gestión; el tamaño, edad de la empresa y si exportan, tienen una correlación positiva y un impacto significativo en la certificación en calidad de las MIPYMES.

El presente artículo consta de cinco fases. En la primera la introducción, donde se destaca el marco teórico de la investigación, la segunda describe la metodología utilizada, describiendo los resultados obtenidos con el programa estadístico utilizado para correr el modelo logístico, el *software* IBM SPSS (Statistical Program for Social Science), la tercera enfatiza los resultados obtenidos, donde queda de manifiesto en la tabla 6, acerca del análisis de los parámetros, destacando que una empresa, que ha realizado la innovación en gestión es dos veces más propensa de estar certificada o en proceso de hacerlo. Seguidamente en la cuarta parte se presenta las conclusiones y luego los alcances futuros, agradecimiento y referencias bibliográficas.

2. Metodología

Se utilizó la base de datos del estudio empírico [15], consistente en 615 encuestas realizadas a gerentes y propietarios de MIPYMES.

De la base de datos se definieron 5 variables como las más relevantes para este estudio, las cuales son: tamaño (micro, pequeña y mediana), edad de la empresa (jóvenes: menores a 10 años, maduras: mayores de 10 años), sector (industria, construcción, comercio y servicio), tipo de innovación (gestión, productos/servicios, proceso), si exportan o no.

El cuestionario original constaba de 31 preguntas divididas en 5 bloques; las temáticas calidad e innovación, se ubicaron en un solo bloque de 3 preguntas para calidad y 7 preguntas para innovación.

Se preguntaba si la empresa estaba certificada o en proceso de certificarse, si había realizado innovaciones en productos/servicio, procesos y gestión.

2.1 Conceptualización de las variables

La correlación intenta examinar la dirección y la fuerza de la asociación entre variables (generalmente cuantitativas). La variable dependiente recibe el nombre de variable de respuesta y las variables que intenta explicar a la de respuesta, se conocen como variables explicativas. La medida de la correlación se conoce como coeficiente de correlación el cual tiene su valor entre -1 y 1 [13].

La correlación entre las variables dependiente “certificación calidad” (variable de respuesta) y la variable independiente la “innovación en producto/proceso, diseño, sistemas de gestión (variable explicativa) en las MIPYMES; han sido conceptualizadas y presentadas con las preguntas que se escogieron del cuestionario antes señalado y a continuación se describen.

Para medir la variable dependiente “calidad” se formuló la pregunta ¿Dispone la empresa de una certificación ISO de la serie 9000 o equivalente o están en proceso previo de certificación?

Las normas ISO han proporcionado múltiples beneficios para

las empresas en todo el mundo. Sin embargo, estos beneficios no solo son para grandes corporaciones o empresas. Cabe señalar que las normas ISO también pueden ayudar a las pequeñas y medianas empresas (PYME). Por ejemplo, las normas ISO proporcionan el estado de la técnica de las especificaciones de los productos y servicios, aumentando la eficiencia de los procesos. Lo antes señalado, resume los 10 aspectos que las ISO pueden hacer para las PYMES [14].

Para medir la variable independiente, de control o explicativa “innovación” de las MIPYMES panameñas se les pidió a los gerentes que contestaran si habían realizado innovaciones en los dos últimos años (sí o no) en productos/servicios, procesos y gestión y el grado de importancia de la misma, según la escala de Likert (ver tabla 1).

En relación al sector, se les preguntó ¿Indique el sector donde se ubica su empresa? Con respecto a la edad: ¿Cuántos años lleva funcionando su empresa? hasta el momento de la encuesta. Y tamaño: si la empresa es micro, pequeña o mediana empresa según el número de empleados.

En el “Análisis Estratégico para el Desarrollo de las MIPYMES en Panamá 2012”, [15] se presenta la encuesta en donde se listan las preguntas antes descritas.

Tabla 1. Pregunta de variables independiente

¿Ha hecho algún cambio o mejora de sus productos, procesos o sistemas de gestión de los últimos 2 años? Si es así, indique el grado de importancia de estos cambios para su negocio?		Muy poco importante	Importante
Productos / servicios	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	1 2	3 4 5
- Los cambios o mejoras en productos / servicios existentes	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	1 2	3 4 5
- Comercialización de nuevos productos / servicios	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	1 2	3 4 5
Procesos	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	1 2	3 4 5
- Los cambios o mejoras en los procesos de producción	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	1 2	3 4 5
- La adquisición de nuevos bienes de capital	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	1 2	3 4 5
Sistema de Gestión	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	1 2	3 4 5
- Dirección y gestión	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	1 2	3 4 5
- Compras y Adquisiciones	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	1 2	3 4 5
- Comercial / Ventas	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	1 2	3 4 5

2.2 Modelo de regresión logística

En [16] se presenta la ecuación del modelo de regresión logística, es decir la llamada transformación logística de la probabilidad, tal como se detalla en la ecuación “(1)”.

$$\ln \left[\frac{p(x)}{1-p(x)} \right] = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p = \beta_0 + \beta' x, \quad (1)$$

La metodología empleada para la estimación del modelo logístico se basa en la utilización de variables cuantitativas, al igual que en cualquier otro procedimiento de regresión, es incorrecto que en él intervengan variables cualitativas, ya sean nominales u ordinales. La solución a este problema es introducir tantas variables dicotómicas como número de respuesta -1. Estas nuevas variables, artificialmente reciben en

la literatura anglosajona el nombre de “dummy”, traduciéndose en español como variables internas, indicatoras o variables diseño, [17] que permite estimar la matriz de parámetros que determinan la relación de dependencia estadística entre la matriz de variables explicativas y la probabilidad de la variable dependiente binaria. El objetivo es encontrar aquellas variables que mejor pueden explicar a la variable dependiente de certificación de calidad (ver tabla 2).

El programa estadístico utilizado para correr el modelo logístico es el software IBM SPSS (*Statistical Program for Social Science*), [18].

Tabla 2. Modelo de regresión logística

VARIABLES	TOMA VALOR DE:	
	0	1
Y	No tiene proceso de calidad	Si tiene proceso de calidad o está en proceso
X ₁ = Innovación de producto/servicio	NO	SÍ
X ₂ = Innovación de proceso	NO	SÍ
X ₃ = Innovación en Sistema de Gestión	NO	SÍ
X ₄ = Sector de pertenencia	Cuatro categorías con DUMMY	
X ₅ = Edad de la empresa	< 10 años	>10 años
X ₆ = Tamaño de la empresa	Tres categorías con DUMMY	
X ₇ = Exportan	NO	SÍ

3. Resultados

En esta sección se presentan los resultados del modelo logístico, de las variables definidas previamente, para la presente investigación.

El programa estadístico SPSS una vez que se incorporaron los datos de las variables y se realizó la programación del modelo logístico, el resumen del modelo presentó un nivel de explicación (R² de Nagelkerke) del 11.8% para la variable de respuesta. Aun cuando parece un valor pequeño, este valor se encuentra dentro del rango aceptable para estudios similares realizados por otros investigadores [13]. De acuerdo a [13] valores de R² de Nagelkerke menores a 35% son comunes en estudios del área de ciencias sociales, administrativas y económicas, ya que las condiciones de estos estudios son poco controlables, no así el caso de las ciencias naturales y exactas, donde en laboratorio se controlan los parámetros.

La prueba de Hosmer y Lemeshow, cuyo resultado se presenta un “P” valor de 0.730, para el respectivo estadístico de prueba, lo cual implica que se cumple la hipótesis nula que indica que el modelo presenta un buen ajuste, es decir que es una buena herramienta predictiva.

Otra forma de validar el ajuste del modelo es la comparación de la clasificación del modelo. La clasificación confirma que el modelo

fue capaz de clasificar correctamente al 70.5% de las empresas estudiadas. Es decir, los factores que se incluyeron en el modelo permiten determinar en 70.5% de efectividad si la empresa que innova están más propensas a certificarse que aquellas que no innovan.

En relación a las variables de la ecuación, innovación en productos/servicios e innovación en procesos no presentan significancia estadística, sin embargo a juicio de los investigadores no es conveniente descartarlas, ya que la literatura indica que son de relevancia para el modelo planteado, tal como se detalla en el análisis de los parámetros (ver tabla 3).

La Innovación en Procesos (Inn_Proc) presentó una propensión de 1.5, esto significa que las empresas que han realizado una innovación en procesos tienden a ser 1.5 veces más propensas de haber obtenido o estar en proceso de certificación. Situación que resulta consistente ya que los procesos de certificación están acompañados de una mentalidad enfocada en la mejora continua de los procesos de la empresa.

La Innovación en Sistemas de Gestión (Inn_SG), mostró significancia estadística. Se puede apreciar según los resultados que una empresa que ha realizado una innovación en sistema de gestión es 2.0 veces más propensa de haber obtenido o estar en proceso de certificación. Ya que al realizar innovaciones en los sistemas de gestión se crea la plataforma que alinea estratégicamente a la organización para el logro de la respectiva certificación.

Al analizar los sectores, que inicialmente se habían definido como: comercio, servicio, industria y construcción, se definieron las tres variables dummy: DS1 (servicio), DS2 (industria), DS3 (construcción), comercio se identificó como la variable de nivel de referencia, es decir la primera respuesta.

El estimador para el sector construcción fue el más alto, de allí se entiende que una empresa de dicho sector tiende a ser 1.8 veces más propensa a estar certificada o en proceso que otra del sector comercio, seguido del sector industrial que tiende a ser 1.6 veces más propensa a estar certificada o en proceso que otra del sector comercio.

Se ha identificado que las empresas jóvenes, son 2.0 veces más propensas a estar certificadas que las empresas maduras. Ya que estas empresas presentan una gerencia más joven y con una mayor disposición a realizar todo tipo de innovaciones para sustentar la ventaja competitiva de sus organizaciones. Para la variable tamaño de las empresas, se definió previamente dos variables dummy DT1 (pequeña) y DT2 (mediana). Donde es importante señalar que entre los resultados del modelo, las empresas medianas son 2.0 veces más propensas a estar certificadas que las pequeñas.

En relación a la exportación, las MIPYMEs que cumplen con esta condición, son 1.7 veces más propensas a estar certificadas. Lo antes descrito, obedece a que generalmente los mercados de destino de los productos que ofrecen estas empresas les exigen que cumplan con la calidad certificada para la exportación.

Tabla 3. Análisis de los parámetros

Paso 1a	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Inn_PrSr(1)	.070	.369	.036	1	.850	1.072	.520	2.211
Inn_Proc(1)	.407	.377	1.166	1	.280	1.503	.718	3.148
Inn_SG(1)	.701	.305	5.271	1	.022	2.016	1.108	3.667
DS1(1)	.272	.240	1.285	1	.257	1.313	.820	2.102
DS2(1)	.513	.245	4.387	1	.036	1.670	1.033	2.699
DS3(1)	.593	.356	2.780	1	.095	1.810	.901	3.635
Edad(1)	.658	.193	11.645	1	.001	1.931	1.323	2.818
DT1(1)	.239	.262	.829	1	.362	1.270	.759	2.123
DT2(1)	.773	.254	9.239	1	.002	2.167	1.316	3.568
Exportación(1)	.534	.220	5.875	1	.015	1.706	1.108	2.627
Constante	-3.055	.472	41.966	1	.000	.047		

a. Variable(s) introducida(s) en el paso 1: Inn_PrSr, Inn_Proc, Inn SG, DS1, DS2, DS3, Edad, DT1, DT2, exportación.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos utilizando la regresión logística apoyan la conclusión que la innovación en gestión tiene una correlación y un impacto positivo significativo en la certificación de calidad de las actividades de la MIPYME, por lo que si los gerentes quieren mejorar el nivel de calidad de la empresa, tendrán que aprobar y ejecutar las actividades de innovación en la gestión de sus empresas, lo que le permitirá aumentar significativamente su nivel de calidad.

Las MIPYMES que cuentan con certificación en calidad, son competitivas, por ende es una fortaleza y están preparadas para aprovechar las oportunidades del mercado globalizado. Dicha competitividad, estará sustentada por la habilidad que tengan, para innovar en sus procesos, sus sistemas de gestión y de esta forma estarán en la capacidad de exportar sus bienes y servicios.

Los directivos de las MIPYMES deberían incluir la innovación en los sistemas de gestión, como un tema prioritario de sostenibilidad de las empresas, tratando en la medida que las posibilidades lo permitan, implementarla como un área tractora de las empresas que ayude a fortalecer las áreas funcionales y no verla como un tema que solo lo pueden implementar las grandes empresas, ya que se pierde todo el efectos esperados en la calidad de las actividades de gestión de las MIPYMES.

Finalmente, Panamá tiene un gran reto en lograr aumentar el porcentaje de MIPYMES panameñas que se certifiquen y que sean más competitivas para hacerle frente a los retos de la próxima década.

5. Alcances futuros

Las MIPYMES a parte de innovar en producto, procesos y diseño, deben establecer las bases de una gestión considerando a la calidad como prioridad para ser más competitivas.

Para aumentar el porcentaje de MIPYMES certificadas en calidad,

es necesario desarrollar nuevos estudios que puedan correlacionar otras variables tales como la productividad, la calidad, la capacidad de innovación, el marketing digital, el planeamiento estratégico y las TIC.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Red Internacional de Investigadores en PYMES Capítulo de Panamá (REDIMYPE, Panamá) quien a su vez forma parte de Fundación para el Análisis Estratégico y Desarrollo de la Pequeña y Mediana Empresa (FAEDPYME), por brindarnos la oportunidad de formar parte de tan distinguida red de investigadores. Igualmente se le agradece al Dr. Humberto Álvarez, Director del Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria (CINEMI), por su apoyo en la revisión del borrador del artículo.

Referencias

- [1] F. M. Fuentes, "Calidad Total Versus ISO 9000: Dos Alternativas Para Un Mismo Objetivo". I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el umbral del siglo XXI, Ponencia, 260-272, 2014.
- [2] H. P. Gutiérrez, *Calidad Total y Productividad*, McGrawHill, Tercera Edición, 2010.
- [3] J. P. François, F. Favre & S. Negassi, "Competence and Organization: Two Drivers of Innovation", *Economics of Innovation and New Technology*, 11(3), pp. 249-270. [doi:10.1080/10438590210906], 2002.
- [4] E. J. Gálvez, S.C. Riascos, F.C. Palacios, "Influencia de las tecnologías de la información y comunicación en el rendimiento de las micro, pequeñas y medianas empresas colombianas", *Estudios Gerenciales* 30, Elsevier, 355-364, 2014.
- [5] W. Belassi, A Fadlalla, An integrated framework for FMS diffusion, *Omega: the International Journal of Management Science*, No. 6, pp. 699-713, 1998, vol. 26.
- [6] B. D. Hooff, F. L. Weenen, Committed to share: Commitment and CMC use as antecedents of knowledge sharing, *Knowledge and Process Management*, No. 1, pp. 13-24, 2004, vol. 1.
- [7] F. Jaramillo, J. P. Mulki, G. W. Marshall, A meta-analysis of the relationship between organizational commitment and salesperson job performance: 25 years of research, *Journal of Business Research*, No. 6, pp. 705-725, 2005, vol. 58.
- [8] J. Mojica, G. Maldonado, The Relationship between Innovation, Information Communication Technology, and Quality: A Latin American Enterprises Perspective, *Journal of Business and Economics*, ISSN 2155-7950, USA, December, pp. 1265-1275, 2013, vol. 4, n.º 12.
- [9] RGX, Red Global de exportación "La innovación una solución en tiempos de crisis. "La innovación como motor para el desarrollo exportador de las PYMEs", Estudio de mercado, GTZ-FOEX, pp.4-25, 2009.
- [10] C. Freeman, *The economics of industrial innovation*. Harmondsworth Niddleles, Penguin Books, pp. 49-64, 1974, vol. 25.
- [11] N. L. Tushman, D. A. Nadler, "Organizing for innovation", *California Management Review*, No. 28, pp. 74-92, 1986.
- [12] E. G. Frankle, In *Management of Technological Change*, Springer Netherlands, Kluwer Academic Publishers, ISBN 978-94-010-7389-9, 1990.
- [13] R. Walpole, R. Myers, S. Myers, K. Ye, *Probabilidad & Estadística para ingeniería y ciencias*, Editorial Prentice Hall, Inc. Octava Edición, 2007.
- [14] (2016) ISO. [Online]. Disponible en <http://www.iso.org/iso/10goodthings-es.pdf>
- [15] J. Mojica, et al, *Análisis Estratégico para el Desarrollo de la MIPYMES en Panamá, REDIPYME PANAMÁ*, Universidad de Panamá, ISBN 978-9962-05 421-4, pp.128-131, 2012, <http://www.gaedpyme.upct.es/documentosfaedpyme/informe2012/panama.pdf>
- [16] C. Cuadras, *Nuevos Métodos de Análisis Multivariante*. CMC Editions Manacor 3008023, Barcelona, España, Pág. 224, 2014.
- [17] L. M. Molinero, *La Regresión Logística*, Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. [Online]. Disponible en <http://www.seh-lelha.org/rlogis1.htm>
- [18] (2016) IBM. [Online]. Disponible en <http://www-01.ibm.com/software/ec/analytics/spss/>

Jay W. Forrester: pionero de la computación digital y dinámica de sistemas

Guadalupe G. González

Universidad Tecnológica de Panamá
Facultad de Ingeniería Eléctrica
guadalupe.gonzalez@utp.ac.pa

Resumen: *este artículo presenta la vida de Jay Wright Forrester, profesor emérito del MIT, cuyas contribuciones abarcan múltiples áreas como la ingeniería eléctrica, los sistemas computacionales y la logística. Fue un genio cuyo legado sentó las tendencias de nuestra sociedad actual. Tristemente el Profesor Jay W. Forrester falleció el 16 de noviembre de 2016 a los 98 años de edad.*

Jay W. Forrester: pioneer of digital computing and system dynamics.

Abstract: *this article presents the life of Jay Wright Forrester, professor emeritus of MIT, whose contributions cover multiple areas such as electrical engineering, computing and logistics. He was a genius, whose legacy set the trends of our current society. Sadly, Professor Jay W. Forrester passed away on November 16th, 2016 being 98 years old.*

Sus inicios

Jay Wright Forrester nació el 14 de julio de 1918 en Anselmo Nebraska, Estados Unidos. Sus padres, Ethel y Marmaduke Forrester, eran maestros y desde pequeño lo expusieron a la tecnología. Su casa era una de las pocas en el área que contaba con plomería interna y en la escuela leía manuales sobre cómo hacer baterías e instalar alarmas contra robo. Su interés por innovar lo llevó a construir un sistema eléctrico eólico de 12 V para el rancho de su familia utilizando partes de autos desechadas [1].

Al terminar el colegio, Forrester fue a la Universidad de Nebraska donde estudió Ingeniería Eléctrica después de renunciar a una beca que le permitiría estudiar en el Colegio de Agricultura [2]. En 1939, entró al Massachusetts Institute of Technology (MIT, por sus siglas en inglés) donde estudió su maestría en Ingeniería Eléctrica y donde comenzó a laborar como asistente de investigación en el Laboratorio de Alto Voltaje del MIT y al año siguiente en el Laboratorio de Servomecanismos [3]. Recordemos que en este tiempo todavía se estaba luchando la II Guerra Mundial y dicho laboratorio desarrollaba controles para armas antiaéreas basadas en radares. Forrester diseñó el sistema de estabilización hidráulico que mantenía el radar del portaviones USS Lexington apuntando hacia el horizonte. En 1943, el control hidráulico falló y Forrester viajó a Hawaii a repararlo; mientras lo hacía, el Lexington entró a la batalla y el 4 de diciembre fue bombardeado cerca de las Islas Gilbert, matando a nueve miembros de la tripulación. Afortunadamente Forrester estuvo fuera de peligro en el cuarto de control [1].



Jay Wright Forrester

Su vida profesional

Forrester trabajó toda su vida profesional como profesor e investigador en el MIT. En 1944, lideró un proyecto de investigación financiado por la Marina de Guerra de los Estados Unidos (US Navy) que consistió en diseñar un programa computacional para probar diseños de nuevas aeronaves. En 1945, Forrester fundó el Laboratorio de Computación Digital en donde participó de la construcción del Whirlwind I, una computadora digital diseñada para el US Navy. Mientras desarrollaba este trabajo, se percató que el sistema de almacenamiento de información de las primeras computadoras digitales era lento y poco confiable por lo que se necesitaba más desarrollo en el área. En 1949, Forrester creó un sistema de memoria que almacenaba información en tres dimensiones, su invención consistió de células magnéticas que se utilizaban tanto para almacenamiento como conmutación. Esta tecnología incrementó considerablemente la velocidad de las computadoras y se mantuvo como la tecnología de almacenamiento de preferencia hasta principio de los 70's cuando la Corporación Intel comenzó a vender las RAM's de estado sólido basadas en silicio las cuales almacenaban una cantidad mayor de información, de una manera más rápida y en menos espacio [3, 4]. Por esto se le conoce a Forrester como el precursor de las memorias RAM que utilizamos hoy en día en nuestros computadores y otros accesorios electrónicos.

Desde 1951 hasta 1956, Forrester se asoció con el Laboratorio Lincoln, operado por MIT para el gobierno federal, para trabajar en tecnología de electrónica aplicada a resolver problemas de defensa nacional. Ahí, junto con su colega George Valley, desarrollaron un sistema computacional para la fuerza aérea denominado US Force's Semi-Automatic Ground Environment (SAGE). SAGE entró en operación total en 1963 contando con 23 Centros de Control en los Estados Unidos y 1 en Canadá, cada uno eran instalaciones con radar y misiles controlados por su propia computadora, aunque todas las computadoras estaban en continuo contacto una con la otra para el intercambio y análisis de información. SAGE fue el cerebro detrás del

sistema de defensa aéreo de los Estados Unidos hasta los 80's [4].

El profesor Forrester abandonó la computación digital en 1956, en parte porque consideraba que las mayores innovaciones en ese campo ya se habían realizado. En el 2011 indicó que mantenía su punto de vista al respecto pues, aunque en los 50's no visionaba lo pequeñas y rápidas que podían ser, la lógica fundamental no ha cambiado [4].

Forrester hizo un cambio de carrera interesante al volverse profesor de la Escuela de Negocios Sloan del MIT. Aplicó sus conocimientos de ingeniería al campo de sistemas humanos y se enfocó en el uso de simulaciones computacionales para analizar sistemas sociales y predecir las implicaciones de diferentes modelos. Este método se denominó "dinámica de sistemas" y se reconoció a Forrester como su creador. En los 70's Forrester lo aplicó a problemas globales concluyendo que la industrialización era un gran problema ya que la sobrepoblación estaba afectando el equilibrio global [2].

Jay se retiró formalmente del MIT en 1989 pero continuó trabajando [5]. En los últimos 20 años su atención fue enfocada a dos áreas: la creación de modelos de sistemas dinámicos de la economía de los Estados Unidos y a introducir el entrenamiento en dinámica de sistemas en la educación desde pre-escolar hasta la secundaria (K-12). Este último proyecto de Forrester comenzó a tomar auge ya que varios profesores comenzaron a integrar dinámica de sistemas en sus clases y a asistir a conferencias internacionales sobre el tema. La intención es crear los líderes del futuro con la capacidad de analizar los problemas desde el punto de vista de la dinámica de sistemas [6].

Jay W. Forrester escribió diversos libros y artículos en el tema incluyendo: *Industrial Dynamics* (1961), *Principles of Systems* (1968), *Urban Dynamics* (1969), y *World Dynamics* (1971), *The Beginning of System Dynamics* (1992), *System Dynamics and K-12 Teachers* (1996), *Designing the Future* (1998).

Honores y logros

Según el libro *Perfiles en Investigación de Operaciones* [5], Jay Forrester fue merecedor de los siguientes honores:

- En 1972 recibió la Medalla de Honor del IEEE.
- En 1982 fue honrado por el IEEE con el Premio al Pionero de la Sociedad de Computación (IEEE Computer Pioneer Award).
- En 1989 recibió la Medalla Nacional de Tecnología de los Estados Unidos.
- En 1990 fue honrado por el IEEE en conjunto con Robert R. Everett por la Computadora Whirlwind con el Premio al Pionero de la Sociedad de Sistemas Electrónicos y Aeroespaciales (IEEE Aerospace and Electronic Systems Society Pioneer Award).
- En 1995 se convirtió en miembro *Fellow* del Museo Histórico de Ordenadores.
- En el 2006 fue incluido en el Salón de la Fama de la Investigación de Operaciones.
- Posee títulos honoríficos de nueve universidades.

Referencias

- [1] P. Dizikes, "The Many Careers of Jay Forrester", MIT Technology Review, Publicado: 23 de junio de 2015. Consultado: 20 de noviembre de 2016. [Online]. Disponible en: <https://www.technologyreview.com/s/538561/themanycareersofjayforrester/>

- [2] Public Broadcast Service (PBS), "A Science Odyssey: People and Discoveries", 1998. [Online] Disponible en: <http://www.pbs.org/wgbh/aso/databank/entries/btforr.html>
- [3] K. Hafner, "Jay W. Forrester dies at 98; a Pioneer in Computer Models", The New York Times, Publicado: 17 de noviembre de 2016. Consultado: 20 de noviembre de 2016 [Online]. Disponible en: <http://www.nytimes.com/2016/11/18/technology/jayforresterdead.html>
- [4] Los Editores de Enciclopedia Británica, "Jay Wright Forrester American Engineer", Enciclopedia Británica, Publicado: 5 de enero de 2009, Consultado: 26 de noviembre de 2016. Disponible en: <https://www.britannica.com/biography/Jay-Wright-Forrester>
- [5] A. A. Assad, S. I. Gass (eds.), "Jay Wright Forrester", Profiles in Operations Research: Pioneers and Innovators. Cap. 20, New York, Springer, pp.363-386.
- [6] Sociedad de la Dinámica de Sistemas, Orígenes de la Dinámica de Sistemas. [Online]. Disponible en: <http://www.systemdynamics.org/DL-IntroSysDyn/origin.htm>

MATHEMA GRID

Instrucciones

Complete la malla con números del 1 al 9, sin repetir los números. Cuando la malla esté completa, todas las operaciones deberán estar correctas.

	+	1	+		=	12
x		+		+		
	x		+	7	=	25
+		x		-		
	-		x		=	10
=		=		=		
22		40		5		

SUDOKU

Instrucciones

Tienes que completar todas las casillas, existentes, teniendo en cuenta que no pueden coincidir dos números iguales en la misma fila o en la misma columna, o dentro de un mismo cuadrante 3 x 3. Tan solo puedes usar números del 1 al 9.

3							5	
1			6		7		3	2
2		5			9			
						8		9
			4	3	6			
5		1						
			9			7		4
8	9		1		3			5
	5							1

FUTOSHIKI

Objetivo / Reglas

Complete la malla de tal forma que cada fila y cada columna contenga todos los números del 1 al 6 exactamente una vez. Los símbolos en la malla son signos de "mayor que" y "menor que" (por eje., 11, 3<5).

5					
	∨				
		>			<
	>		2	∧	∧
		∨			
			∧		
	>				
∧		∧	∧		4

Cinco pacientes, todos potenciales donantes de sangre, están esperando en la sala del hospital y están sentados en un sofá de izquierda a derecha. ¿Puede determinar la posición de cada paciente junto con su grupo sanguíneo, edad, estatura y peso? Sus edades son 5, 9, 30, 46 y 60. Sus estaturas son 40, 48, 60, 65 y 74. Sus pesos son 40, 75, 96, 125 y 165.

- La persona en el extremo derecho es 37 años mayor que Juan, y tiene 60 pulgadas de estatura.
- El peso de Juan es 56 unidades más que su estatura.
- Alan pesa 75 libras y mide 74 pulgadas de estatura.
- José es tipo AB y pesa 56 libras menos que Juan.
- La persona del centro tiene 9 años, tiene tipo AO y pesa 96 libras.
- Adam, quien es el primero, mide 65 pulgadas y su peso es 100 unidades más que su altura.
- La persona cuyo tipo de sangre es O, es 25 años mayor que la persona a la izquierda de ellos.
- Kevin tiene 60 años.
- La persona cuyo tipo de sangre es A, es 55 años más joven que Kevin y no está al lado de la persona con tipo de sangre AO.
- La persona que está después del niño de 9 años pero no después de la persona de 65 pulgadas de estatura, tiene sangre tipo B y pesa 125 libras.

Instrucciones para los autores

Formato de los artículos

PRISMA Tecnológico

Editorial Tecnológica
prisma@utp.ac.pa

PRISMA Tecnológico (ISSN 2076-8133) es una publicación anual de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) que se realiza a través de la Editorial Universitaria. Es una revista que ofrece artículos de contenido tecnológico y científico multidisciplinarios, cuyo objetivo es divulgar conocimiento técnico-científico, comunicar temas de ingeniería y ciencia, y presentar temas sociales desde una perspectiva técnica-científica, a profesionales y estudiantes de las diversas áreas de la ingeniería, así como al público en general, de manera comprensible y amena, con claridad, amplitud y responsabilidad.

PRISMA Tecnológico es una revista de divulgación tecnológica-científica de carácter general, cuyos artículos o ensayos deben tener un carácter, forma y nivel científico, pero también deben mantener un perfil y redacción tales que permitan su lectura e interés a un público general, de personas interesadas en la tecnología y la ciencia. Los artículos no son del tipo de una revista científica altamente especializada o teórica. La revista está dirigida a profesionales del área tecnológica, estudiantes universitarios de carreras tecnológicas, docentes universitarios, investigadores y público en general.

PRISMA Tecnológico es una revista abierta a todos los interesados en publicar, es decir, que los autores de los artículos no tienen que ser miembros de la Universidad Tecnológica de Panamá. Además, son bienvenidos los trabajos, en particular, de estudiantes universitarios de pregrado y postgrado con la orientación y colaboración de un docente tutor.

Cualquier aportación técnico-científica relacionada con algún área de la ingeniería en sus múltiples disciplinas es, en principio, susceptible de ser publicada en PRISMA Tecnológico.

1. Requisitos generales

Para cualquier trabajo científico remitido a PRISMA Tecnológico el Comité Editorial entiende que:

- Los trabajos no han sido publicados previamente ni enviados al mismo tiempo a otras revistas.
- Cumple con los criterios internacionales de autoría (véase el apartado de «Autorías»).
- No existen conflictos de intereses por parte de los autores, salvo que éstos lo hayan notificado convenientemente en el apartado correspondiente (véase el apartado de «Conflicto de intereses»).
- Se ajusta a la estructura de la sección de PRISMA Tecnológico a la que se envía el trabajo y cumple las instrucciones para los autores referentes a los trabajos enviados a la revista. En el caso de que esto no fuese cierto, el trabajo se devolvería sin revisar, o se mantendría fuera del circuito editorial hasta que los defectos fueran subsanados.
- Los comentarios y opiniones vertidos en sus páginas, siempre que no provengan del Comité editorial de forma colegiada, son

los de los autores y no los del Comité por lo que PRISMA Tecnológico rechaza cualquier responsabilidad derivada de ellos.

- Una vez atendida la opinión de los revisores, el Comité Editorial se reserva el derecho de rechazar los trabajos que no juzgue apropiados, así como de proponer las modificaciones de los mismos que considere necesarias.

2. Conflicto de intereses

Los autores deben describir cualquier relación financiera o personal que tengan con otras personas u organizaciones y que pudieran dar lugar a un conflicto de intereses en relación con el artículo que se remite para publicación.

3. Autorías

En la lista de autores deben figurar únicamente aquellas personas que han contribuido sustancialmente al desarrollo del trabajo. Recuerde que autor es quien:

- Ha contribuido en la concepción y diseño del estudio, en la obtención de los datos, o en su análisis e interpretación.
- Ha intervenido en la redacción del trabajo o en su revisión crítica, haciendo aportaciones intelectuales relevantes.
- Ha dado su aprobación final a la versión que se envía para publicar.

En ningún caso puede considerarse autor a quien haya intervenido únicamente en la obtención de financiación, la recogida de los datos o la supervisión general del equipo de investigación. Este tipo de participación podrá ser reconocida en la sección de agradecimientos.

4. Secciones de la revista

PRISMA Tecnológico es una revista de divulgación técnico-científica multidisciplinaria enfocada en las diversas ramas de la ingeniería, dirigida no solo a profesionales de estas áreas sino a estudiantes universitarios y público en general. Por esto, PRISMA se ha diseñado con varias secciones que permiten incluir artículos de diversos tipos, desde escritos de opinión a ensayos técnicos y artículos originales como resultados de investigaciones o proyectos. Las secciones de artículos que incluye PRISMA Tecnológico son: Impacto, Tecnología y Sociedad, Actualidad Tecnológica, Tecnología a Fondo, Tecno I+D y Tecno-Historia.

La valoración de los artículos de la sección Tecno-Historia será responsabilidad del editor jefe, el cual los evaluará inicialmente, y si son aceptados, serán enviados a dos miembros del comité técnico.

Para los artículos de las secciones Impacto, Tecnología y Sociedad, Actualidad Tecnológica, Tecnología a Fondo y Tecno I+D, la forma de evaluación es la revisión por al menos dos expertos externos de forma anónima – *peer review*.

Impacto

Se trata de ensayos sobre una tecnología cuyo impacto en la evolución de la sociedad ha sido trascendental. Estos artículos deben incluir algo de la historia o evolución de la tecnología en cuestión, el impacto de la misma en los diversos aspectos de la sociedad, prospectiva, etc. Deben incluir aportaciones que reflejen la opinión del autor sobre el tema. La longitud máxima es de cinco (5) páginas.

Se espera que sean artículos interesantes y orientados a lectores inteligentes y con formación científica pero no expertos en un área en particular. Pueden incluir figuras y deben incluirse referencias.

Tecnología y Sociedad

Incluye artículos sobre temas de tecnología, educación o investigación, relacionados con problemáticas o realidades sociales. Deben incluir aportaciones que reflejen la opinión del autor sobre el tema. Deben tener carácter, forma y nivel científico (no tipo diario/periódico) – estar basado en estudios, datos, área de experticia del autor y deben incluir referencias. La longitud máxima es de cuatro (4) páginas. Pueden incluir figuras, tablas y gráficas y deben incluirse referencias.

Actualidad Tecnológica

Se trata de ensayos técnicos descriptivos sobre tecnologías actuales – se incluyen estudios del estado del arte, tutoriales o artículos de visión general (survey). Estos trabajos no son una publicación de investigaciones y no incluyen resultados de investigaciones. La cantidad de fórmulas matemáticas debe mantenerse al mínimo posible. La longitud máxima es de cuatro (4) páginas.

Tecnología a Fondo

Se trata de artículos técnico-científicos que describen en forma bastante detallada un aspecto relacionado con una tecnología pero tratando de mantener el enfoque en la explicación de la esencia de una idea, estudio, experimento o tecnología, más que en los detalles matemáticos o de ejecución. La cantidad de fórmulas matemáticas debe mantenerse al mínimo posible. La longitud máxima es de cuatro (4) páginas.

Tecno I+D

Incluye artículos que describen los resultados originales derivados de investigaciones teóricas, experimentales y de desarrollo tecnológico, así como resultados derivados de trabajos de grado de estudiantes universitarios. Los trabajos están limitados a cinco (5) páginas.

Tecno-Historia

Se incluyen dos tipos de trabajos: biografías de científicos importantes o ensayos sobre la historia de alguna tecnología. Las biografías están limitadas a una (1) página por personaje y los ensayos a un máximo de dos (2) páginas. En ambos casos deben incluirse figuras y referencias.

5. Presentación de los trabajos

Todos los artículos para todas las secciones: Impacto, Tecnología y Sociedad, Actualidad Tecnológica, Tecnología a Fondo, Tecno I+D y Tecno-Historia, se deben enviar a través de la plataforma de recepción de artículos en la dirección:

www.editorial.utp.ac.pa/prisma

Para acceder a estas páginas, el autor podrá hacerlo directamente o por medio de la página Web de la UTP: www.utp.ac.pa

El trabajo se redactará en español y se incluirá una traducción

al inglés del título, el resumen y las palabras claves. Se evitará el uso de abreviaturas o iniciales, salvo que se expliquen previamente en el texto o sean unidades de medida, en cuyo caso se expresarán preferentemente en Unidades del Sistema Internacional.

Antes de su entrada en el circuito editorial el editor jefe y el editor adjunto harán una evaluación preliminar. Tras ésta el artículo podrá ser rechazado o incluido en el circuito, en función de que se ajuste o no a la línea editorial de la revista. Alternativamente, el trabajo podrá ser devuelto, o mantenido en espera mientras no se ajuste a las «Instrucciones para los autores» de la revista. PRISMA Tecnológico pide a los autores que sean rigurosos con el cumplimiento de las instrucciones, con el objetivo de no retrasar el proceso de revisión de sus trabajos. La fecha oficial de recepción del trabajo será la de entrada en el circuito. Una vez en él, la valoración científica será como se indicó en «Secciones de la revista». Para que la revisión de un artículo sea lo más objetiva posible, los autores evitarán introducir en el texto y en las imágenes del artículo su centro de trabajo o cualquier otra referencia que permita reconocerlos. Por el mismo motivo, cuando hagan alusión a citas bibliográficas que correspondan a su grupo de investigación, los autores procurarán que, al hacerlo, no queden claramente identificados.

6. Estructura de los trabajos

Escriba el documento en página tipo carta (21.9 cm x 27.94 cm). Todo material impreso, incluyendo texto, ilustraciones, gráficas y ecuaciones, debe mantenerse dentro de un área de impresión de 17.52 cm de ancho, por 22.86 cm de alto, con márgenes de 2.54 cm superior e inferior y de 2.03 cm a izquierda y derecha. No escriba o imprima nada fuera de esta área de impresión. Todo texto debe estar en un formato de dos columnas completamente justificado. Las columnas deben ser de 8.36 cm de ancho, con una separación entre ellas de 0.8 cm.

Tipos de letra y estilos

Utilice Word con el tipo de letra Arial Narrow. Por favor evite el uso de "bit-mapped fonts". Caracteres True-Type 1 son preferidos.

Título principal

El título principal debe iniciar en la primera columna, justificado a la izquierda, en Arial Narrow, 20 puntos, tipo negrita. Ponga en mayúscula solamente la letra inicial y aquellas de nombres propios o siglas. Si tiene subtítulo, este debe ir a continuación, justificado a la izquierda, en Arial Narrow 16 puntos, tipo negrita. Incluya a continuación una línea en blanco de 12 puntos.

El título debe expresar claramente el tema en el que se centra el artículo, de modo que el lector pueda extraer, con solo leerlo, una idea de lo que va a encontrar después. Los autores procurarán no incluir en él abreviaturas salvo que estas sean de uso generalizado (WCDMA, OFDM, etc.). En caso de duda, no las incluya.

Nombre(s) de autor(es) y afiliación(es)

Los nombres de los autores deben estar justificados a la izquierda justo debajo del título (o subtítulo) en Arial Narrow, 12 puntos, negrita. Cuando son múltiples autores deben mostrarse uno, seguido de otro,

con su afiliación debajo de su respectivo nombre. Las afiliaciones se indican debajo de los autores, en el orden de los mismos en Arial Narrow 8 puntos. Incluya el correo electrónico de los autores en el mismo formato de la afiliación. Incluya a continuación una línea en blanco de 12 puntos.

Resumen

El resumen debe ser escrito en texto completamente justificado y en itálica, en la parte superior de la columna izquierda, debajo de la información del autor. Utilice la palabra “Resumen” como título, en Arial Narrow 12 puntos, tipo negrita, no itálica, justificada a la izquierda relativa a la columna, con mayúscula inicial y seguida de dos puntos. A continuación, inicie el resumen, el cual debe estar escrito en Arial Narrow 10 puntos, espacio sencillo, itálica y puede ser hasta 7.62 cm de largo. Deje una línea (tamaño 10) en blanco después del resumen, luego incluya una lista de palabras claves.

Todos los tipos de artículo deben acompañarse de un resumen, con excepción de los trabajos en la sección Tecno- Historia. El resumen debe recoger los aspectos más destacados del trabajo, de modo que éste sea comprensible sin tener que leer el resto del artículo.

Para los artículos de Tecno I+D el resumen debe ser estructurado conteniendo objetivos, métodos, resultados y conclusiones. Para todas las otras secciones, el resumen no se estructurará. Nunca se incluirán citas bibliográficas en el resumen. En el caso del resumen estructurado deberán seguirse las siguientes recomendaciones:

- **Objetivo.** Hará constar el propósito fundamental del estudio y la hipótesis principal si la hubiera.
- **Material y métodos.** Mencionará los procedimientos para su realización, describiendo modelos, esquemas, herramientas, equipos, así como los métodos de modelado, simulación, observación y analíticos.
- **Resultados.** Hará constar los resultados más relevantes del estudio, incluyendo la magnitud de los efectos y su importancia.
- **Conclusiones.** Debe mencionar solo aquellas que se sustentan directamente en los datos, junto con su aplicación.

Palabras claves

Utilice la expresión “Palabras claves” como título, en Arial Narrow 12 puntos, tipo negrita, no itálica, justificada a la izquierda relativa a la columna, con mayúscula inicial y seguida de dos puntos. A continuación, incluya de 3 a 7 palabras claves en Arial Narrow 10 puntos itálicos a espacio sencillo. Seguido de los dos puntos la primera letra debe ir en minúscula, salvo excepciones (nombres propios, siglas, otras).

Sección en inglés

Después de las palabras claves deben aparecer el título, el resumen y las palabras claves en inglés en el formato anterior, indicando cada uno como se muestra a continuación.

Title: ...

Abstract: ...

Key words: ...

Texto principal

Escriba su texto principal en Arial Narrow 10 puntos, a espacio sencillo. No use doble espacio. Todos los párrafos deben tener una sangría de 0.5 cm. Asegúrese que el texto está completamente justificado, es decir, raso a la izquierda y a la derecha. Por favor no agregue ninguna línea en blanco entre párrafos.

Cabeceras de primer nivel

Los títulos de primer nivel, por ejemplo, “1. Introducción”, deben estar en Arial Narrow 12 puntos negrita, con mayúscula inicial, a la izquierda de la columna con una línea en blanco antes. Utilice un punto (“.”) después de la numeración, no una coma. Como en el título, use mayúscula solo para la primera letra, nombres propios o siglas.

Cabeceras de segundo nivel

Los títulos de segundo nivel, por ejemplo, “1.1 Antecedentes”, deben estar en Arial Narrow 11 puntos, negrita, solo la primera letra en mayúscula, y una línea en blanco antes.

Cabeceras de tercer nivel

Los títulos de tercer nivel, por ejemplo, “1.1.1 Secciones”, no se recomiendan. Sin embargo, de ser necesarios, use Arial Narrow de 10 puntos, negrita, solo la primera letra en mayúscula, y una línea en blanco antes.

Viñetas

Las viñetas deben ir justificadas a la izquierda y a espacio sencillo. La posición de la viñeta con respecto a la columna del texto debe ser cero (0) cm, y las posiciones de la tabulación y la sangría del texto de la viñeta deben ser 0.3 cm.

Diseño de la última página

Si la última página de su documento está solo parcialmente llena, arregle las columnas para que estén igualmente balanceadas si es posible, en lugar de tener una sola columna larga.

Enumeración de páginas y encabezados

No enumere automáticamente las páginas en el procesador, y no utilice ningún tipo de encabezado (header or footer).

Figuras y tablas

Todas las figuras y tablas deben ocupar el ancho completo (en lo posible) de una columna. Use figuras y tablas de dos columnas de ancho solo cuando sea absolutamente necesario. Las leyendas de figura se colocan debajo de las figuras, y los títulos de las tablas se colocan centrados sobre las tablas. Las figuras y tablas deben enumerarse separadamente y en forma consecutiva usando números arábigos. Por ejemplo: “Figura 1. Esquema de modulación”, “Tabla 1. Datos de entrada”. Las leyendas de figuras y tablas deben ser Arial Narrow de 10 puntos. Use mayúscula inicial solo para la primera palabra de cada leyenda de figura o título de tabla. Para el contenido de las tablas use Arial Narrow de 8 puntos. Localice las tablas y figuras lo más cerca posible a la primera referencia de las mismas, preferiblemente al inicio o final de cada columna.

Todas las figuras (gráficas, ilustraciones, fotos) deben estar centradas, inclusive el título. Los artes (figuras, etc.) deben estar en su sitio dentro del artículo (preferiblemente como parte del texto en lugar de pegados). Procure utilizar ilustraciones, gráficas y fotos de alta calidad, mínimo 300 dpi, para evitar que se distorsionen si se amplían o reducen. Una vez se apruebe su artículo, se le solicitará que envíe las imágenes en formato JPG, PNG o EPS y las tablas o fórmulas en formato PDF.

A continuación, se presenta un ejemplo de formato correcto para las tablas y figuras en la figura 1 y la tabla 1.



Figura 1. Ejemplo de imagen con resolución aceptable

Tabla 1. Ejemplo de una tabla.

Sectores	N	%
Arriba	10	14.5
Abajo	13	60.2

Fuente: Adaptado de [2]

Ecuaciones y símbolos

Para las ecuaciones, utilice el editor de ecuaciones de Microsoft y asegúrese de utilizar tipo Arial Narrow 10 puntos para las variables, números y texto en general. Para el formato de la ecuación (Format Object) seleccione "in line with text" y asegúrese que la numeración correspondiente queda alineada a la derecha y la ecuación queda centrada, como se ilustra a continuación

$$\int_0^{r_2} F(r, \varphi) dr d\varphi \quad (1)$$

Enumere las ecuaciones en forma consecutiva en paréntesis. Para hacer las ecuaciones más compactas puede utilizar el solidus (/), la función exp, o exponentes apropiados, y use paréntesis para evitar ambigüedades en los denominadores, como en

$$\int_0^{r_2} F(r, \varphi) dr d\varphi = [\sigma r_2 / (2\mu_0)] \cdot \int_0^\infty \exp(-\lambda |z_j - z_i|) \lambda^{-1} J_1(\lambda r_2) J_0(\lambda r_i) d\lambda. \quad (2)$$

Asegúrese que los símbolos en su ecuación se han definido antes que aparezca la ecuación o inmediatamente después de la ecuación. Utilice tipo itálica para los símbolos (así por ejemplo, T para referirse a una temperatura, mientras que T para la unidad Tesla). Refiérase a "(1)" no a "ec. (1)" ni "ecuación (1)".

Confine las ecuaciones a una columna y de ser necesario, divídalas en los símbolos algebraicos apropiados (como en (2)).

Con respecto a los símbolos matemáticos, letras griegas u otros elementos gráficos asegúrese que se muestran e imprimen correctamente, y que están incluidos en los tipos de letras (fonts packages) disponibles regularmente en MS Word.

Pies de página

Procure no utilizar pies de página. Si se utiliza colóquelo en la parte inferior de la columna de la página en la cual se hace referencia. Use Arial Narrow 8 puntos, espacio sencillo. Para facilitar la lectura, evite el uso de pies de página e incluya las observaciones necesarias en el texto (entre paréntesis, si se prefiere, como se ilustra aquí).

Secciones más comunes

Las siguientes secciones son las más usuales (pero no están limitadas a éstas) en un artículo resultado de una investigación o proyecto de aplicación.

Introducción: debe ubicar al lector en el contexto del trabajo.

La introducción debe contener:

- 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.
- La descripción de la forma como el documento está estructurado.

Materiales y métodos: es importante presentar el diseño y tipo de investigación, pasos de la investigación, métodos y materiales. Además, también deben incluirse los criterios de selección del material tratado, los controles, estudios planeados y realizados.

Resultados y discusión: se recomienda presentar los resultados en orden lógico acorde a la metodología planteada. Usar tablas y figuras cuando sea posible para presentar los resultados de forma clara y resumida.

- Deben indicarse claramente los hallazgos más significativos.
- 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 evitará repetir la enumeración de los resultados o los conceptos que se presentan en la introducción. Los autores expondrán el significado y trascendencia de los resultados obtenidos, su concordancia o no con estudios similares ya realizados, las limitaciones de su trabajo y la continuación lógica de este.
- Se recomienda extremar la síntesis evitando repeticiones innecesarias.
- Tenga mucho cuidado en el texto del artículo al usar porcentajes o estadísticas con un pequeño número de muestras. Es incorrecto: "El sesenta por ciento (3/5) de las muestras X y el 20% (1/5) de Y han demostrado resistencia a los medicamentos." Es correcto: "Tres de cada cinco ejemplares de X y 1 de cada 5 ejemplares de

Y 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.

Conclusión: las conclusiones deben ser enunciadas con claridad y deberán 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 trabajos futuros.
- Impacto sobre la comunidad científica

Es importante indicar que no se requiere una sección de conclusión, pero que si se incluye debe cuidar que, aun cuando una sección de conclusión pueda resumir los puntos principales del artículo o ensayo, no debe duplicar el resumen en la conclusión. Una conclusión, como se ha indicado, debe elaborarse sobre la importancia del trabajo o sugerir aplicaciones y extensiones del mismo.

Los otros tipos de artículos tendrán estructura libre.

Apéndices (Anexos)

Los apéndices o anexos, de ser necesarios, aparecen antes del agradecimiento.

Agradecimiento

Podrán incorporarse, cuando se considere necesario, las personas, centros o entidades que hayan colaborado o apoyado la elaboración del trabajo, sin que ello justifique la calidad de autor. Debe especificarse la naturaleza de la ayuda.

Utilice el término en singular en el encabezado, aun cuando pueda tener muchos agradecimientos. Evite expresiones tales como "Uno de nosotros (S.A.M) agradece...". En lugar de esto, escriba "S. A. M. agradece". El reconocimiento de apoyo a algún patrocinador o de apoyo financiero va en esta sección, por ejemplo, "Este trabajo fue financiado o apoyado en parte por la Secretaría Nacional bajo el acuerdo BS12345".

Referencias

La sección de Referencias va al final del documento y no debe estar enumerada. En ella debe listar y enumerar todas las referencias bibliográficas en Arial Narrow 8 puntos, espacio sencillo. Utilice los estilos Regular e Itálica para distinguir entre los diferentes campos como se muestra en los ejemplos de esta sección.

Las referencias bibliográficas aparecerán seguidas de la última sección del texto, o de los agradecimientos, sin cambiar de hoja.

En el texto, enumere los elementos consecutivamente (en orden de aparición) en paréntesis cuadrados (e.g., [1]). Cuando se refiera a un elemento de la referencia, simplemente use el número de referencias, como en [2]; no use "Ref. [2]" o "Referencia [2]", excepto al inicio de una oración, e.g., "En [2] se muestra que...". Múltiples referencias se deben enumerar cada una con paréntesis separados (e.g., [1], [2], [4]-[6]).

A continuación se ilustran diferentes categorías con su formato que incluyen: libro [1], libro en una serie [2], artículo de revista (journal

[3], artículo en revista electrónica con DOI [4], artículo de conferencia [5], patente [6], sitio web [7], página web [8], hoja de datos [9], libro de datos como un manual [10], tesis de maestría o doctorado [11], reporte técnico [12], estándar [13].

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. *Lecture Notes in Statistics*. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569–571, Nov. 1999.
- [4] M. Gonçalves, E. Fox, & L. Watson, "Towards a digital library theory: a formal digital library ontology," *International Journal on Digital Libraries*, vol. 8, no. 2, pp. 91-114, 2008. <http://doi:10.1007/s00799-008-0033-1>
- [5] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [6] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [7] (2002) The IEEE website. [Online]. Disponible en: <http://www.ieee.org/>
- [8] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Disponible en: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [9] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [10] FLEXChip Signal Processor (MC68175/D), Motorola, 1996.
- [11] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [12] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," *Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02*, 1999.
- [13] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997.