

PRISMA Tecnológico

ISSN 2076-8133 | Volumen 5, n.º 1 | 2014 | Edición anual

**El rol del transporte marítimo
en el desarrollo de los pueblos**
Una mirada a la historia de la navegación
marítima y su impacto en la economía mundial

**Mensajería Instantánea
Cerebro-a-cerebro**

**Redes inalámbricas de sensores
eficientes para la agroindustria**

**Estudio comparativo del desempeño
de las redes celulares en Panamá**

**Análisis y validación de algoritmos
de separación de fuentes sonoras
para aplicaciones en entornos
industriales**

Revista indexada en

latindex
www.latindex.unam.mx



Editorial



En este año 2014, quiero destacar la gran importancia que tiene la celebración del primer centenario del Canal de Panamá, una maravilla de ingeniería que cambió las condiciones no sólo económicas del mundo, al unir los océanos Atlántico y Pacífico, sino que

además supuso una revolución en el transporte marítimo acortando distancias, reduciendo costos y tiempos de navegación.

Por otro lado, también está la transformación social, económica y política de proporciones mundiales con la que el Canal de Panamá ha impulsado el transporte marítimo, la cual ha sido, a través de toda la historia de la humanidad, uno de los elementos más importantes en el avance de los pueblos, permitiendo el intercambio de mercancías, bienes de todo tipo y la interacción entre distintas culturas.

Cabe destacar que gran parte del progreso de Panamá se debe al Canal de Panamá y todas las actividades comerciales asociadas al mismo, entre las cuales destacan: las agencias navieras, los suplidores de barcos, los astilleros y servicios de lanchas y pilotajes, los puertos, el ferrocarril y la Zona Libre de Colón, los operadores de turismo y cruceros, las zonas procesadoras, el sistema de transporte multimodal, las compañías de seguros y las actividades bancarias.

Además, se tiene previsto inaugurar en el próximo año el proyecto de ampliación del Canal de Panamá, creándose una nueva vía de tráfico que dará solución a la demanda del comercio con grandes buques.

Finalmente, quiero resaltar que resulta crítico el hecho de que las actuales y nuevas generaciones reciban una educación de excelente calidad y estén preparadas con nuevas competencias y conocimientos, ideales y valores para que podamos aprovechar como país, todas las ventajas económicas que provee el Canal y además, que éste sirva para impulsar el desarrollo sociocultural y económico, así como la construcción del futuro de Panamá, pues es a través de la educación que esta sociedad tendrá la oportunidad de transformarse y propiciar el cambio y procurar su progreso.

Agradecemos el interés y el apoyo de cada uno de los autores de los artículos incluidos en esta edición, a los revisores de los mismos, y a los colaboradores de la revista por sus valiosos aportes.

Esperamos que esta edición sea del agrado de nuestros estimados lectores, y que les provea información interesante, valiosa e instructiva, al tiempo que haga que todos nos sintamos esperanzados y orgullosos de todos los logros pasados y futuros del maravilloso Canal de Panamá.

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

Contenido

IMPACTO

- El rol del transporte marítimo en el desarrollo de los pueblos - Una mirada a la historia de la navegación marítima y su impacto en la economía mundial..... 3 - 7

TEC-NOTICIAS

- Mensajería instantánea cerebro-a-cerebro.... 8
- Nanopartículas podrían reducir el tiempo de carga de las baterías de Li-ion de horas a minutos..... 8-9
- Sensores de cuerpo permiten la comunicación entre humanos y perros..... 9
- Pronto, un 50% más de rayos con el calentamiento global..... 9

TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

- Endomarketing: Decisión estratégica efectiva para vincular y aprovechar los recursos más importantes, agregar valor y sacar lo mejor de las organizaciones a la luz pública..... 10 - 15
- Sistema de evaluación y seguimiento del rendimiento académico..... 16 - 19
- Entrevista con el Dr. Martín Ordoñez 20 - 21

ACTUALIDAD TECNOLÓGICA

- Redes inalámbricas de sensores eficientes para la agroindustria..... 22 - 25
- Agotamiento de IPv4 en la región latinoamericana..... 26 - 28
- Tecnologías de comunicación para redes de potencia inteligentes de media y alta tensión..... 29 - 32

TECNOLOGÍA A FONDO

- Estudio comparativo del desempeño de las redes celulares en Panamá..... 33 - 38
- Redes eléctricas de interiores como canal de comunicación..... 39 - 42

TECNOLOGÍA I+D

- Análisis y validación de algoritmos de separación de fuentes sonoras para aplicaciones en entornos industriales..... 43 - 47
- Etnobotánica en El Cacao, Capira, Panamá: Identificación y usos de plantas medicinales.. 48 - 52

TECNO-HISTORIA

Biografías

- Arquímedes..... 53-54
- Felice Matteucci y Eugenio Barsanti..... 54

ENTRETENIMIENTO..... 55

Revista indexada en



www.latindex.unam.mx

Mensaje del Rector

La Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), firme en su compromiso de informar y compartir con la sociedad panameña, acerca de la gran variedad de temas relacionados al desarrollo de la ciencia y al avance de la tecnología, se enorgullece en presentar este volumen de la revista **Prisma Tecnológico**.



El conocimiento es la luz. Haciendo una citación oportuna a la Ley de Snell, el papel más importante de la UTP es abrir la mente de nuestros estudiantes a ese mundo maravilloso del conocimiento, para que luego, en un efecto multiplicador, sea reflejado hacia la sociedad.

La mente humana es ilimitada en su capacidad para construir nuevas formas y tamaños, partiendo de lo que conoce, para crear lo que aún no existe. Es esa capacidad la que le ha permitido al mundo evolucionar, desde su forma más primitiva, hasta la deslumbrante e inimaginable era tecnológica que vivimos.

Construir un Panamá desarrollado, requiere de muchas cosas, pero principalmente, de la creatividad y conocimiento de nuestros jóvenes. El esfuerzo para lograr que la educación superior contribuya a este fin, nunca será suficiente.

Esperamos que el lector disfrute esta nueva edición de **Prisma Tecnológico**.

Dr. Oscar M. Ramírez R.
Rector

Universidad Tecnológica de Panamá

AUTORIDADES

Dr. Oscar M. Ramírez R.
Rector

Dr. Omar O. Aizpurúa 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

Ing. Rubén D. Espitia P.
Coordinador General de los Centros Regionales

El rol del transporte marítimo en el desarrollo de los pueblos

Una mirada a la historia de la navegación marítima y su impacto en la economía mundial

Adán Vega Sáenz

Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá
adan.vega@utp.ac.pa

Resumen: *Este artículo es una corta narración del desarrollo del transporte marítimo, desde sus inicios, cuando el hombre descubrió la posibilidad de subirse en un tronco y desplazarse por las aguas, hasta hoy día, cuando no existe reto que el buen marinero no pueda enfrentar.*

Aunque si bien escribir sobre transporte marítimo involucra el tema de la carga, el mismo no se considera en el escrito y nos concentramos entonces en la evolución del buque, pieza clave en el engranaje de la industria marítima y parte principal del sueño de conquista de los océanos.

Palabras claves: *barcos, Canal de Panamá, motores, transporte marítimo, vela.*

Title: *The role of maritime transportation in the development of humanity. A look at the history of maritime navigation and its impact on the global economy*

Abstract: *This article is a short account of what has been the development of maritime transport, from its beginning, when man discovered the possibility of getting on a log and scrolling through the waters, until today, when there is no challenge that a good sailor cannot undertake.*

Even though writing about maritime transportation involves the topic of cargo, we omit it in this article and we will focus on the evolution of the vessel, a key component in gear of the maritime industry and main part of the dream of conquest of the oceans.

Key words: *boats, motors, maritime transport, Panama Canal, sailing*

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 5 de septiembre de 2014

Fecha de aceptación: 1 de noviembre de 2014

Introducción

Tal como dijese el físico y matemático Blaise Pascal: "los ríos son caminos que se mueven". Así debió entenderlo el hombre del Paleolítico; pues siempre prefirió vivir cerca del agua, aun cuando no contaba todavía, con planes para sacarle provecho. Planes no,

pero con lo que sí contaba en demasía, eran los deseos de explorar y conocer, cualidades características de ellos, nómadas acostumbrados a batirse con animales salvajes en terrenos inexplorados.

Siempre me he preguntado, qué sería de nosotros si los hombres que nos antecedieron jamás hubieran tenido esos deseos de explorar y conocer. La respuesta es sencilla, quizás siguiéramos viendo el agua como un gran cuerpo azul, o verde, que se termina allá donde nuestros ojos alcanzan a mirar, sí, allá donde, según las leyendas, era imposible llegar. Y es que montarse sobre un tronco que ha de ser transportado por las corrientes, no es sólo de valientes, sino de ingeniosos exploradores.

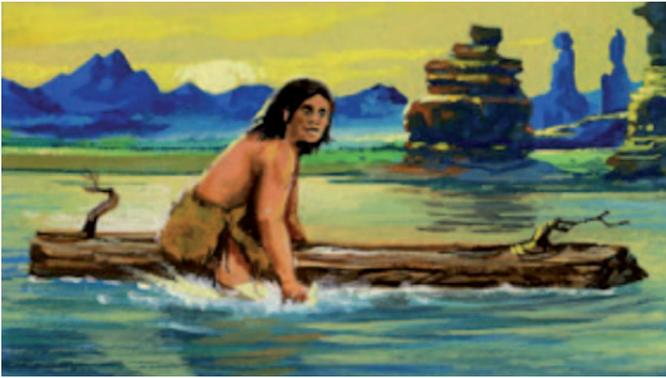
A ellos les debemos mucho, siendo quizás lo más importante el haber dado ese primer paso; de subir al tronco y abrir el camino a lo que hoy día se ha convertido en nuestro principal medio de transporte de carga, el medio de unir pueblos, acortando distancias. Nos hemos transportado a través del mar por miles de años, sacando provecho de las autopistas infinitas, todo eso gracias a ellos.

En el marco de la celebración de los cien años del Canal de Panamá, presentamos este artículo, donde plasmamos, en cortas líneas, lo significativa que ha sido la navegación marítima en el desarrollo del hombre. Revisaremos cómo ha evolucionado la ingeniería detrás de la construcción y el funcionamiento de los barcos y sobre todo cómo la tecnología ha cambiado la forma de transportarnos, ahora de forma más segura, más rápidamente y a menor precio. Aunque si bien es de gran valor revisar la historia a nivel global, pues nos permite recordar de dónde venimos y hacia donde debemos ir, no deja de ser igual de importante valorar lo que como país hemos aportado; es por ello que para concluir el artículo, abordaremos el impacto del Canal de Panamá en el transporte marítimo, sobre todo en sus cien primeros años. Concluiremos con un análisis del futuro de la navegación, tanto a corto como a mediano plazo.

Del tronco a la canoa - velocidad y estabilidad

Imaginémonos por un segundo un tronco de madera flotando. Ahora supongamos que el tronco, por su geometría y peso, le permitiría a una persona sentarse sobre él sin que ambos se precipitaran al fondo del agua. De este episodio, pueden surgir varias preguntas: ¿durante qué tanto tiempo se mantendrá la persona en esa posición?, ¿qué tan lejos podrá llegar?, ¿será posible escoger la ruta? Las respuestas son bien conocidas: el tronco no es estable flotando en el agua, por ende el destino final estará dado en función del interacción tronco-agua, sin importar la ruta que el hombre desee tomar.

Ese episodio lo vivió una y otra vez el hombre del Paleolítico cuando descubrió que podía mantenerse sobre el agua montado en un tronco. Gracias a ello, inició la búsqueda de soluciones que lo llevaron a tomar una rama de árbol para tratar de guiar el tronco. Esto representó un gran avance, ya que le permitió desplazarse a un sitio deseado. Sin embargo, los problemas seguían, y fue así como decidió colocar un tronco al lado del otro, logrando una mayor estabilidad, lo cual le brindaba más seguridad. Y así nació la balsa. Por mucho tiempo se utilizó la balsa, pues brindaba mayor capacidad de carga y estabilidad. Aun así existía un gran problema, y es que los troncos ofrecían una gran resistencia al flujo, lo cual limitaba la velocidad.



Éste último lo resolvió el hombre muchos años después, cuando apareció la canoa. El hombre volvió al inicio; tomó el tronco y le cambió la geometría, haciéndolo más liviano y con mayor capacidad de carga. Esto resultó en mayor velocidad y, por supuesto, menos esfuerzo para propulsarla.

El ingenio del hombre había permitido superar un gran dilema; ya se podía desplazarse de un punto a otro, de forma segura, rápida y sin mucho esfuerzo. Es allí cuando nace la ingeniería naval, cuando el hombre empieza a pensar en geometrías eficientes para sus embarcaciones, y cuando nace el casco. Allí termina la primera etapa de la historia; fue en esos tiempos que se marcó la ruta a seguir, misma que seguimos hoy día y que se seguirá por muchos años más.

Del remo al motor de combustión, un gran salto

Aunque el hombre ya poseía una embarcación segura y relativamente rápida, existía una gran limitante: el tiempo necesario para desplazarse de un lugar a otro, sobre todo por el hecho de que remar tenía sus límites. Es así como aparece una herramienta que posteriormente se convirtió en pieza clave en la conquista de los océanos: la vela. No se conoce con certeza cuándo se dio la aparición de la vela, pero se han encontrado importantes datos que la remontan a más de seis mil años.

Al introducir la vela, el hombre da un paso gigantesco en el desarrollo humano, pues aprendió a utilizar la fuerza del viento para resolver uno de sus grandes problemas. Lo que nació como una simple herramienta de apoyo en la navegación se convirtió en la clave del desarrollo de muchos pueblos, al permitir la navegación a tierras más lejanas en un tiempo mucho más corto, impulsando el comercio, las conquistas y el intercambio cultural.

Simple en su geometría, pero compleja en su funcionamiento, la vela pasó de ser una herramienta más en la navegación a ser el estandarte de muchos que lucharon por la conquista, por la libertad, o por sus sueños de grandeza. Sin duda, a ella le debemos muchas historias, ya que fue la herramienta que permitió grandes aventuras y cambios en la historia de la humanidad, como el descubrimiento de América.



Una simple tela reforzada, fue transformada a lo largo de la historia hasta convertirla en verdaderos ejemplos de avances tecnológicos. Pasaron miles de años durante los cuales el hombre le dio forma, tamaño y manejo a la vela; le sacó el máximo provecho, la acompañó del remo, y logró conquistar cuanto ola se le aproximó, aun con viento en contra. Los tiempos cambian y la necesidad de mayor empuje no pudo ser resuelta con la vela. Los grandes navíos aparecieron y cada día se hacía más difícil desplazarse por los mares empujados por velas.

La solución a este dilema demoró muchos siglos en presentarse. Fue solamente hasta mediados del siglo XVII que la inspiración llegó a un par de grandes hombres (el padre Eugenio Barsanti y el ingeniero Felice Matteucci, ambos Italianos), que ya en 1853 habían documentado y solicitado patentes de lo que en pocos años pasó a ser el invento de mayor relevancia en la propulsión de los buques. Pocos años después, y gracias al Alemán Nikolaus Otto, en 1863 se patentizó lo que hoy conocemos como motor de combustión interna a cuatro tiempos, con base en el trabajo realizado por Barsanti y Matteucci, y reforzado con el aporte del francés Alphonse Beau de Rochas.

El hombre por fin vio la luz al final del túnel. Esos siglos de trabajo arduo y de incontables luchas contra el hostil clima, junto con esos deseos de no depender de la naturaleza en un todo, se hicieron realidad. Ni pensar en las miles de personas que perdieron sus vidas soñando en conquistar lo desconocido, sucumbiendo entre las pesadas lonas de la vela, o peor aún, arrastrados por las corrientes, ante la impotencia del remo.



“Así quien no se convierte en marinero, comentó un viejo lobo del mar; sí, es cierto, si tan solo tienes que encender el motor y dejarte llevar, le contestó su compañero de mil batallas”.

Los motores han evolucionado en tamaño, capacidad y eficiencia, no en principio de funcionamiento, pues lo que bien se hizo, perdura. Hoy contamos con tecnología de punta que nos permite propulsar grandes naves, nacieron los submarinos, los aero-flotadores y los buques propulsados mediante energía nuclear, etc. En pocos años se dio un giro total a la construcción de nuevas embarcaciones, se volvieron a desempolvar los sueños de grandes inventores.

Si bien el motor de combustión cambió la forma de transportarnos en el mar, pues nos permitió llevar más carga por viaje, no hubiese tenido tal impacto sin la propela. Se conoce del uso de la propela desde unos 400 años antes de Cristo, aunque si bien en otras aplicaciones. Éstas evolucionaron y estaban ya preparadas para recibir el motor de combustión una vez éste se desarrolló. Podemos afirmar con seguridad que la combinación motor – propela atrajo una nueva generación de hombres de mar: aquellos que no estaban dispuestos a remar por largos períodos ni estaban entrenados para sobreponerse a los vaivenes del viento y aquellos que soñaban con disfrutar de la vida en el mar, pero sin tener que sudar más allá de lo necesario. Por primera vez, se reconoció el barco como una opción de paseo y placer.

El material que cambió la historia de la navegación

Si tuviese que resumir en tres palabras la historia de la construcción naval, no dudaría en describirla con base en el material con que se han construido los buques: madera, metal y materiales compuestos. El cambio fue lento, puesto que al hombre le costó mucho aceptar que de varios troncos se podría construir una embarcación mucho más versátil sin perder la seguridad que gozaba con la canoa. Primero tuvo que aprender a proteger la madera para que el agua no penetrase el casco. Luego estableció técnicas de construcción para poder reforzar los tabloneros. De esa manera, nacieron las cuadernas y los mamparos. El hombre aprendió a separar la carga, nacieron las bodegas de carga y se inició la era del transporte de carga. En resumen, se logró aumentar el tamaño de las embarcaciones sin verse restringido por el peso.

Cuenta la historia, que los vikingos impusieron sus reglas a la hora de definir rutas de navegación, conquistaron los mares, pelearon con quien se les pasó en frente, destruyeron ciudades, construyeron imperios; todo esto gracias a sus poderosos barcos que se desplazaban como peces en el agua. Ellos dejaron huellas en la historia naval y sus hazañas seguirán por los siglos. *¿Qué marinero no ha soñado que su próxima travesía fuese a bordo de un drakar?*

La historia de los vikingos y su aporte a la navegación nos llena de emociones y nos sirve de inspiración a la hora de pensar en los barcos del futuro. Así también lo hicieron en su momento los fenicios, a quienes le debemos mucho en cuanto al comercio marítimo, y a todos aquellos que aportaron innovaciones en el transporte marítimo, unas más conocidas que otras: la famosa caída de Troya, gracias a un caballo construido con maderos de las embarcaciones que utilizaron

los griegos para desplazarse desde sus tierras unos 1180 años antes de Cristo, o la épica derrota de Marco Antonio y Cleopatra a manos de Octavio mil años después. Así pasaron los siglos, y los barcos de madera se impusieron. El hombre enfrentó mayores retos y se atrevió a surcar los mares, sin rumbo conocido. Apoyado en los sueños de unos pocos, muchos se aventuraron. La mayoría no regresaría, pero los que lo lograron hicieron la diferencia y sus huellas quedaron para siempre. *¿Descubrió Cristóbal Colón América, o América conoció a Colón?, la verdad es que no sé cuál de las dos fue mejor.*

La historia a bordo de barcos de madera continuó por siglos y siglos, y solamente hasta que el hombre reconoció que el uso de madera no era sostenible, se dispuso a reemplazarlo por otro material más versátil y más resistente. Le costó mucho encontrar ese nuevo material, y de hecho no fue hasta finales del siglo XVII que se inicia la construcción de buques reforzados con hierro. El 26 de julio de 1787 escribían de Birmingham lo siguiente: *“Hace algunos días, un barco construido de hierro inglés por J. Wilkinson, ingeniero de la herrería de Bradley, subió por el canal a esta villa, conduciendo 22 toneladas y 15 quintales de hierro. Sus dimensiones son próximamente las mismas que las de las otras embarcaciones que navegan en el canal, pues mide 70 pies de largo y 6 pies y 8 1/2 pulgadas de ancho. El grueso de las planchas con que está construido es de unos 5/16 de pulgada, cuyas planchas están unidas o clavadas con remaches, como las calderas de cobre o las de las bombas o máquinas de incendios; pero la roda y el codaste son de madera, y la regala está forrada o revestida de lo mismo; pesa unas 8 toneladas, puede conducir, teniendo agua suficiente, más de 32 toneladas, y cala 8 ó 9 pulgadas sin carga.”*

Noticias como esta le quitaron el sueño a los dueños de grandes aserraderos navales, y marcaron el inicio de la desaparición de los mismos. Los sensatos se amoldaron a la nueva tecnología y los rebeldes son historia. Los grandes buques de madera pasaron a ser parte del pasado, se abrió las puertas a las mega estructuras flotantes construidas de acero, nacieron los buques modernos. Se introdujeron los perfiles de viga, se aumentaron los espacios abiertos, se eliminaron las columnas y se mejoró la resistencia de los buques. En resumen, se cambió la forma de navegar.

Aunque si bien el acero permitió la construcción de grandes buques, fue solamente hasta el siglo XIX cuando apareció su complemento perfecto, el componente que resolvió los problemas de unión de las diferentes partes del buque y que convirtió al acero en el material ideal para los buques. Se introdujo la soldadura de aceros. Previamente, sólo podían ser utilizados remaches y esto generaba uniones no del todo seguras y, peor aún, su reparación era toda una odisea. Es que ni el inglés Humphrey Davy, quien propuso la soldadura por arco eléctrico, ni el Sueco Oscar Kjellberg, quien inventó el electrodo recubierto, tenían la mínima idea de que sus inventos revolucionarían al mundo y cambiarían la historia de la manufactura, dando paso a la construcción soldada de grandes buques de acero.

Otros materiales, incluyendo metales más livianos, materiales compuestos y hasta productos de madera se han utilizado en la construcción naval, pero más bien para aplicaciones muy reducidas. Una excepción es la fibra de vidrio que se usa en la mayoría de embarcaciones pequeñas y de placer. Sin embargo, ninguno de estos

materiales ha jugado el papel predominante que tiene el acero en el éxito del transporte marítimo internacional.



Quando los sueños que parecían imposibles, se hicieron realidad: el Canal de Panamá

Fue un 25 de septiembre de 1513, cuando Vasco Núñez de Balboa, explorador español, divisó al que llamó el Mar del Sur. Así lo cuenta la historia, aunque se mencionan otras expediciones que ya lo conocían desde mucho antes. Cierto o falso, lo de Balboa fue un paso grande, pues despertó el interés de los soñadores. Solo 13 años después, Carlos V, rey de España, sugirió abrirse camino por las tierras de Panamá, para que los viajes desde el Perú fuesen más cortos, y seguros para sus buques. La situación política imperialista y el nivel de tecnología en el momento no lo permitieron. Se abandonó la idea, pero no el sueño.

Siglos después, el científico alemán Alexander von Humboldt, condujo a un resurgimiento del interés por el Canal. En 1819, el gobierno español autorizó la creación de una empresa para construirlo. Después de años de fallidos intentos, el proyecto se detuvo. Entre el 1850 y 1875 se realizó una serie de estudios que concluyeron que las mejores rutas para el Canal eran a través de Panamá y de Nicaragua, con una ruta a través del Istmo de Tehuantepec en México como una tercera opción. De allí nace una historia de poder, ambición, decepciones, triunfos y fracasos, dignas de una película. Apareció Ferdinand de Lesseps con sus grandes ideas propias de un futurista, pero tristemente regresó a su tierra sin nada. Luego llegaron los estadounidenses, y realizaron lo que pocos consideraban posible, lo que muchos soñaron: el Canal de Panamá.

Con su inauguración, hace 100 años, se revolucionó la historia del transporte marítimo y el comercio mundial, convirtiéndose el Canal de Panamá en símbolo de la navegación marítima internacional. Como lo hicieron el remo, la vela, y la madera en sus respectivas épocas, el Canal de Panamá, marcó pautas en el comercio marítimo, definió reglas, nomenclaturas, marcó precedentes y sobre todo determinó el tamaño de los buques.

Aun siendo muy bajo el porcentaje de buques que transitan por el Canal de Panamá, es notoria su importancia. Esto radica en el servicio que el Canal presta al comercio mundial. Quizás sea una de esas situaciones en las que los números son menos importantes.

Hoy, cien años después de haber cambiado el destino de nuestro país, el Canal sigue creciendo y preparándose para nuevos retos.

El Canal de Panamá marcó un hito en la historia de la navegación marítima internacional y permitió que el sueño de unir el Atlántico y el Pacífico se hiciera realidad.

El futuro de la navegación marítima – mega buques

El hombre en su afán de dominar el mundo ha explorado desde los terrenos maravillosos a orillas del mar hasta las montañas más inhóspitas. Siempre acompañado de su arma principal: los deseos de ver qué hay más allá de lo que sus ojos pueden ver. Aunque, todavía no se le ha ocurrido construir ciudades debajo del agua, pero lo que sí se le vino en mente hace décadas fue el establecer ciudades flotantes. Existen varios proyectos que buscan desarrollar ciudades enteras con todas las comodidades y servicios que el hombre necesita para su día a día, que incluyen trabajo, educación, ocio y convivencia. Imaginemos un edificio de 50 pisos, a sólo 12 millas de la orilla del mar. Allí llegarían los grandes buques, sin restricción de calado ni contratiempos.

Lo anterior parece una idea sacada de un libro de ficción, pero no lo es. Estamos a pocos años de ver cómo el futuro de la industria marítima dará un giro inmenso, pasando de los barcos tradicionales a algo parecido, en principio de anclaje al menos, a las estructuras *offshore*. Serán grandes embarcaciones dotadas de todo lo necesario para que las personas solo regresen a tierra firme como turistas, con la ventaja de poder ver el mar en cualquier ángulo, y sin tráfico ni otros problemas que tienen las grandes ciudades.



Esto podría ser una solución al gran problema de hacinamiento que existe en las grandes ciudades, y podría representar un mecanismo perfecto para escapar a los problemas de transporte, vivienda, trabajo y otros de las ciudades.

Estas ciudades flotantes no funcionarían si no se les diseña y construye con los mismos principios que se diseñan los barcos, puesto que los modelos, formas y tamaño cambian día a día, pero lo que no ha cambiado ni cambiará es lo que bien dejó escrito el muy recordado Arquímedes De Siracusa, cuando nos regaló su teoría de la flotación. Hoy, a 2.214 años de su muerte, no existe ingeniero que no se nutra de sus enseñanzas. Con él nació una nueva era: la verdadera ciencia detrás de la construcción naval, pues nos brindó los principios en los que se basaron los demás para construir sus nuevos buques.

El pensar en mega-buques no es del todo nuevo. Este concepto tal vez se remonta a los tiempos del hombre del Paleolítico, pues él al igual que nosotros hoy día, tenía una idea de lo que es grande y lo que no lo es, sólo que ha cambiado la escala con que lo comparamos. Así, tal vez él pensó en grandes troncos flotando y sobre ellos, toda su tribu desplazándose a otro pueblo; mientras que hoy día el ser humano piensa en mega- buques de metal capaces de transportarlo entre países, entre continentes.

Aunque no estamos muy lejos de los mega-buques, puesto que existen mega-tanqueros, y mega-cruceros, estos no se encuentran en gran número ni disponibles para todos. Pero de algo sí estamos seguros, muy pronto, lo estarán.

Conclusiones

La historia escrita jamás será suficiente para describir con el detalle que quisiéramos el impacto de la navegación marítima en el desarrollo del hombre, y es que no existe tampoco libro que lo soporte, ni escritor con la delicadeza para ilustrarla tal como ocurrió. Lo que sí es cierto es que independientemente de cómo la cuenten, tenemos que reconocer que el transporte marítimo le cambió la vida al hombre. Del remo al motor, pasaron siglos, pero lo más impresionante es el hecho de que el hombre nunca lo vio como un impedimento, siempre salió a la conquista de los mares indiferente de cuanto esfuerzo

tendría que hacer para lograrlo. Lo que sí es verdad es que solo una mirada en la historia de la navegación marítima nos llenaría de tantos conocimientos, pues no existe en este mundo, historia como tal.

Hoy, miles de años después, y a pesar de los avances tecnológicos, el hombre sigue utilizando las mismas herramientas en la navegación que el hombre primitivo: el tronco, el remo, la canoa, la balsa y la vela. La historia es la misma, los actores cambian. Los vikingos modernos existen, los fenicios se cambiaron de nacionalidad, los piratas perdurarán por los siglos, y aunque sea difícil de visualizar, en mil años más, las leyendas de los buques de hoy, las historias del Gran Canal de Panamá y los relatos de los exploradores modernos colmarán las páginas de los libros.

Como dijese el viejo lobo de mar: *“allá viene el viejo capitán, remando a todo dar, con la propela al aire para evitar que fondo toque. Allá viene luego de hacerse a la mar, el viejo capitán, en su velero de vieja madera”*.

Es ahora cuando el trabajo de cada uno de los actores que estamos involucrados en el desarrollo de nuevos conocimientos en lo relativo a la navegación marítima se debe dar a conocer ampliamente, para que podamos entrar, algún día en la larga lista de historias, de hitos que cambiaron el rumbo y el destino de la navegación, para que nos recuerden como lo hacemos hoy en día con los vikingos y fenicios.

Referencias

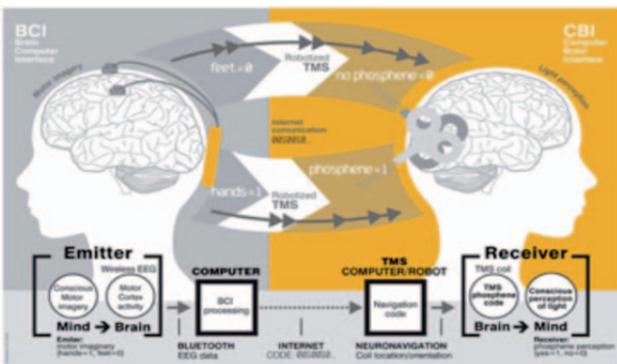
- [1] D. S. Johnson, J. Nurminen, *Historia de la Navegación*, Editorial GeoPlaneta, 2010
- [2] A. Arnáu Artigas, *Rudimentos de cultura marítima*, Editorial Maxtor, España, 2014
- [3] E. de Sendagorta, *Indomables del mar, marinos de guerra vascos en el siglo XVIII*, Ediciones Rialp, S.A, 2014
- [4] S. M. Margeson, *Viking*, Ed. Knopf Books for Young Readers, 1994
- [5] C. A. Araúz, *Canal de Panamá un sueño de siglos: el Canal de Panamá*, [en línea] <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/panama/cela/tareas/tar123/02arauz.pdf>
- [6] G. Ramos, “Bienvenidos a las ciudades las flotantes, bienvenidos al futuro”, [en línea] <http://www.idealista.com/news/inmobiliario/vivienda/2014/01/30/714815-bienvenidos-a-las-ciudades-flotantes-bienvenidos-al-futuro>

Mensajería instantánea cerebro-a-cerebro

(Fuente: *Scientists Fire Up Brain-to-Brain Instant Messaging* by Katherine Noyes, Tech News World, <http://www.technewsworld.com/story/80998.html>)

Hoy en día es algo trivial enviar un mensaje a una persona al otro lado del mundo, pero imaginemos poder hacerlo sin hablar o escribir. Esto es justamente lo que un equipo internacional de científicos en neurociencias e ingenieros en robótica ha logrado en un experimento en el que se transmitió exitosamente un mensaje directamente – sin métodos invasivos – del cerebro de una persona al de otra a una distancia de 8.000 kilómetros.

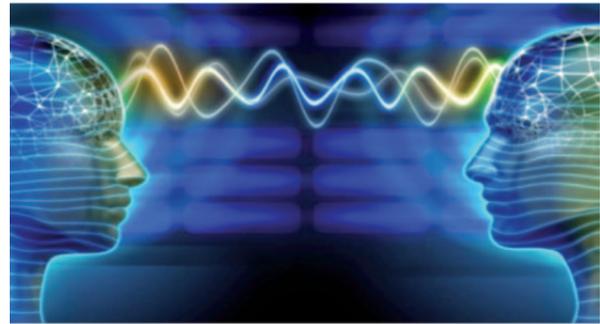
Según indicó el Dr. Álvaro Pascual-Leone, director del Centro Berenson-Allen para Estimulación No-invasiva del Cerebro y profesor de neurología de la escuela de medicina de Harvard, ellos querían descubrir si era posible la comunicación directa entre dos personas por medio de la lectura de la actividad cerebral de una persona y la inyección de ésta en la segunda persona, a través de distancias físicas grandes haciendo uso de medios de comunicación existentes. Para demostrar el equivalente neurocientífico de un mensaje instantáneo, el equipo del Dr. Pascual-Leone envió las palabras “hola” y “ciao” por medio de una transmisión usando medios electrónicos, del cerebro de una persona en India a otra en Francia. El enlace de Internet utilizado constaba de tecnologías de electroencefalograma (EEG) y estimulación magnética transcraneal asistida por robot y guiada por imagen, como se ilustra en la figura. Este experimento se detalla en un artículo de investigación publicado en *PLOS ONE* (DOI: 10.1371/journal.pone.0105225).



Sistema de comunicación cerebro-a-cerebro.

Participaron cuatro personas como sujetos en el estudio. Uno fue asignado a una interfaz cerebro-computadora y fue el emisor de las palabras; los otros tres fueron asignados a interfaces computadora-cerebro y eran los receptores. Usando el EEG, el equipo de investigación tradujo las palabras “hola” y “ciao” a un código binario y lo enviaron por correo electrónico de India a Francia. La interfaz computadora-cerebro transmitió el mensaje al cerebro receptor por medio de una estimulación cerebral no-invasiva, provocando a los

sujetos experimentar una especie de destello de luz en su visión periférica como indicador externo de la decodificación del mensaje.



Este tipo de tecnología tiene un potencial importante para personas con discapacidades que no les permiten la comunicación tradicional por medio de la voz, teclado, contacto visual y lenguaje de señas, así como para otras aplicaciones que involucran comunicaciones restringidas o prohibidas.

Aunque el camino para disponer de esta tecnología es largo, “este experimento puede verse como un primer paso en la dirección del desarrollo de tecnologías capaces de eventualmente revolucionar la comunicación humana, permitiendo una comunicación más profunda, rica y rápida entre humanos y entre humanos y máquinas”, indicó Giulio Ruffini, CEO de Starlab y coautor del estudio.

Nanopartículas podrían reducir el tiempo de carga de las baterías de Li-ion de horas a minutos

(Fuente: *Nanoparticle Reduces Charge Times for Li-ion Batteries From Hours to Minutes* by Dexter Johnson, Dec 2014, *IEEE Spectrum*)

La desventura que tienen algunos cada vez que necesitan cargar las baterías de iones de Litio (Li-ion) de sus teléfonos inteligentes puede estar por terminarse en un futuro próximo. Esto porque un grupo de investigación de la Universidad de Purdue ha desarrollado un nuevo material hecho de nanopartículas de óxido de estaño que puede reducir el tiempo de carga para una batería Li-ion de horas a minutos.

La investigación publicada en la revista *Advanced Energy Material*, describe un ánodo desarrollado por los investigadores que utiliza nanopartículas de óxido de estaño en lugar de grafito para casi duplicar la capacidad teórica de carga del grafito, la cual está limitada actualmente a 372 miliamperios hora por gramo (mAh/g). Los investigadores demostraron que los nuevos ánodos pueden cargarse en 30 minutos y aún tener una capacidad de 430 mAh/g, lo cual es mayor que el máximo teórico del ánodo de grafito que se ha cargado por 10 horas.



Tal vez lo más interesante del material es que permite producir de manera directa la red ordenada de nanopartículas de óxido de estaño interconectadas para el ánodo, por lo que la fabricación comercial debería resultar bastante sencilla.

Por mucho tiempo, los investigadores han tratado de reemplazar el grafito en los ánodos con silicón nanoestructurado, después que se determinó que el silicón sin un tratamiento especial se comenzaba a resquebrajar y romper después de pocos ciclos de carga-descarga, a pesar de incrementar su capacidad por un factor de diez. El silicón nanoestructurado mejoró la capacidad del material para soportar la expansión y contracción, pero nunca alcanzó realmente la capacidad del grafito.

Ahora, los investigadores reportan que la nueva red de nanopartículas de óxido de estaño fue puesta a prueba durante 100 ciclos de carga-descarga. Sin embargo, no será hasta que las pruebas se incrementen a 6.000 ciclos, un punto donde el silicón nanoestructurado era capaz de mantener el 85% de su capacidad original, que se verá si la nueva estrategia toma mayor interés en la comunidad de investigadores que el silicón nanoestructurado. Por lo pronto, el nuevo material parece más fácil de producir.

Sensores de cuerpo permiten la comunicación entre humanos y perros

(Fuente: *Body Sensors Help Dogs 'Talk' to Humans* by Jeremy Hsu, Nov. 2014, *IEEE Spectrum*)

Los perros y humanos se han comunicado desde siempre por medio de gestos con la mano y comandos de voz, pero ahora se tiene un nuevo sistema de comunicación de dos vías que permitirá una mejor comunicación entre el ser humano y su mejor amigo.

Este sistema está conformado por una pequeña computadora y sensores de cuerpo que permiten interpretar la postura de un perro; esto es, un sistema que permite traducir el lenguaje corporal del perro para que los humanos lo entiendan. Por otro lado, el hombre puede comunicar órdenes a su fiel compañero usando motores vibratorios en el arnés con tecnología háptica del perro. Este sistema puede resultar de gran ayuda para perros guías que trabajan con ciegos, en actividades militares y en búsqueda y rescate.

Como indicó David Roberts, profesor de ciencias computacionales de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, "los perros se comunican principalmente usando un lenguaje corporal, y uno de sus grandes retos era desarrollar sensores que permitieran indicar sobre el comportamiento de los canes al observar su postura remotamente".



Con el nuevo sistema, se puede determinar si el perro está sentado, de pie, corriendo, etc., aun cuando esté fuera de vista, ya que el sistema permite la transmisión de la información en forma inalámbrica.

El arnés también tiene capacidad para monitorizar algunos signos vitales del perro como su ritmo cardíaco, temperatura corporal y niveles de estrés. Adicionalmente, para actividades de rescate, el arnés puede contar con cámaras, micrófonos y sensores para detectar fugas de gas. Un trabajo completo sobre este sistema ha sido publicado en el artículo "Towards Cyber-Enhanced Working Dogs for Search and Rescue" en la revista *IEEE Intelligent Systems*. Aun cuando el uso de robots para actividades de búsqueda y rescate durante desastres se está incrementando, los perros siguen siendo irremplazables para ciertas tareas por sus extraordinarias cualidades de: sentido del olfato, inteligencia y movilidad.

Pronto, un 50% más de rayos con el calentamiento global

(Fuente: *Global Warming: Soon with 50% More Lightning* By Douglas McCormick, Nov 2014, *IEEE Spectrum*)

Los rayos tienen un importante impacto en la tierra. Aun cuando las muertes por rayos han decaído, estos continúan produciendo incendios que consumen grandes extensiones de terreno, y además son, entre otras cosas, la causa principal de incendios en turbinas de viento. Cada rayo también convierte cerca de 7 kilogramos de nitrógeno en óxidos de nitrógeno productores de smog, a una razón de aproximadamente 8.6 mil millones de kilogramos de NOx por año.

A pesar de la importancia de los rayos, todavía no se tiene un modelo confiable que muestre como la frecuencia de los rayos puede cambiar con los cambios de temperatura. Actualmente un grupo de investigadores de la Universidad de California en Berkeley, del Laboratorio Nacional Lawrence Berkely y de la Universidad Estatal de Nueva York en Albany, trabajan en un modelo para proyectar cómo el cambio climático afectará la producción de rayos de las nubes a la tierra. Detalles de este modelo se han publicado en la revista *Science*. El modelo describe la correlación entre parámetros claves de la atmósfera y las tasas de rayos, pero aún no tiene un mecanismo detallado como base. Así, el modelo puede predecir en líneas generales donde y cuando caerá un rayo, y tiene mejores resultados que otros modelos anteriores, basados en parámetros únicos como tasas de precipitación, altura de la nube o "energía potencial convectiva disponible".



De los estudios realizados con el modelo, el equipo de investigadores proyecta que la razón de rayos aumentará un 12% (+/- 5%) por cada 1°C de aumento de la temperatura promedio global de la superficie, o lo que resulta ser, dado el consenso en las predicciones del clima, cerca de 50% (+/- casi 25%) para el 2100.

Endomarketing: decisión estratégica efectiva para vincular y aprovechar los recursos más importantes, agregar valor y sacar lo mejor de las organizaciones a la luz pública

F. Picota | E. Pinzón M.

Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Panamá
erika.pinzon@utp.ac.pa

Resumen: *ya sea por desconocimiento o negación, las organizaciones que no han entendido que el mercadeo comienza a lo interno de ellas, se están equivocando porque están desaprovechando sus mejores recursos, los humanos y los estratégicos. Sin duda alguna, la mayoría de las organizaciones son creadas fundamentalmente para generar recursos financieros que, de una forma u otra, obtienen de las habilidades, destrezas y conocimientos que en gran medida aportan los recursos humanos que las conforman. La otra parte la logra mediante las estrategias de mercadeo que aplican con responsabilidad y ética en los negocios. Es por esto que las organizaciones requieren generar un vínculo más estrecho entre los recursos humanos que emplean y los recursos estratégicos que adoptan, para así facilitar la generación de recursos financieros; en otras palabras, necesitan que las estrategias de mercadeo también sirvan para generar los mejores recursos humanos y, al mismo tiempo, los mayores recursos económicos. Esto se logra con la aplicación de estrategias de endomarketing, las cuales ni son para complacer los caprichos de los empleados ni son para hacer gastar más presupuesto a las organizaciones, pues desde hace mucho tiempo han venido aplicándose en otros mercados con excelentes resultados, y sin ser vistos de esta manera. Para tratar este tema de una forma más objetiva y justa, es importante saber que es lo mismo que hacer mercadeo interno como decisión estratégica para establecer vínculos efectivos entre las personas y las organizaciones con múltiples beneficios para todas las partes involucradas.*

Palabras claves: *mercadeo interno, endomarketing, decisión estratégica, recursos humanos, cliente interno.*

Title: *Endomarketing: effective strategic decision to link and take advantage of the most important resources, add value and bring out the best of organizations to the public.*

Abstract: *whether it is for ignorance or denial, organizations that have not understood that marketing begins internally, are wrong because they are missing their best resources, human and strategic ones. Without a doubt, most organizations are created primarily to generate financial resources which, in one way or another, are obtained from the skills and expertise largely provided by their human resources. The other part is achieved through marketing strategies applied with liability and ethics in business. This is why organizations require to*

generate a stronger link between the human resources employed and the strategic resources adopted, in order to facilitate the generation of financial resources; in other words, they need that marketing strategies also help to generate the best human resources and, at the same time, the greatest economic resources. This is achieved with the application of endomarketing strategies, which are neither to please the whims of employees, nor to spend more money of the organizations' budget, because since long time ago these strategies have been applied in other markets with excellent results, and without being seen in such a way. To address this issue in a more objective and fair manner, it is important to know that it is the same as to make internal marketing as a strategic decision to establish effective linkages between people and organizations with multiple benefits for all parties involved.

Key words: *internal marketing, endomarketing, strategic decision, human resources, internal customer*

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2014

Fecha de aceptación: 28 de octubre de 2014

¿Por qué el endomarketing es una decisión estratégica efectiva para las organizaciones?

Al endomarketing se le considera una decisión estratégica efectiva porque es sin duda alguna una estrategia de mercadeo interno que se adopta para lograr motivación entre las personas que trabajan en las organizaciones. Con la aplicación de esta estrategia se hace mercadeo de marca o producto primero entre los colaboradores de la organización, como debe ser, de manera que esto redunde en beneficios para ambas partes al momento de hacer mercadeo externo.

Su efectividad radica en que busca conquistar a los empleados a través de distintas actividades y demostraciones de la administración, que los van comprometiendo más con los valores, objetivos, planes, productos, servicios, promociones y otros aspectos cruciales para la empresa. No en vano existe un interesante análisis del "The Economy Truth" sobre las 500 mayores empresas a nivel mundial que cotizan en la bolsa, donde se establece que las organizaciones cuyos empleados declaraban sentirse bien tratados por sus superiores, crecían seis veces más en relación con aquellas en las que los trabajadores manifestaban insatisfacción. Sin lugar a dudas, esta cifra ha dejado en evidencia que es casi imposible que una organización sea realmente exitosa si sus trabajadores no están motivados a contribuir en el logro de las metas [1].

Aquellas organizaciones con problemas de motivación de sus empleados, también están impactando de forma directa la atención a los clientes externos, su fidelización, retención y satisfacción, al tiempo que también se ve afectado el trato y las relaciones con los proveedores y el entorno que las rodea. Entonces, indiscutiblemente todo esto afecta directamente al área de mercadeo, cuyos esfuerzos requieren ser apoyados, e incluso aceptados primeramente por los clientes internos como parte fundamental del buen desarrollo y adopción en el mercado del producto/servicio. Es por esto que hoy en día, la aplicación del mercadeo interno o endomarketing

es una decisión estratégica que ha comprobado su efectividad en las organizaciones precisamente porque éste impacta directa y significativamente los resultados de las estrategias que los departamentos de mercadeo diseñan y aplican, así como también, impacta los resultados financieros y la imagen de la organización.

Por otro lado, muchos estudios han comprobado que si los clientes internos están satisfechos y se les reconoce como parte fundamental del producto/servicio, porque de hecho lo son, a lo externo de las organizaciones se percibirá un ambiente y clima organizacional sano que contribuirá a ganar respeto y confianza en el mercado, pero también, se gana respeto y confianza entre los miembros de una organización que comprende que existe por sus colaboradores y que con su ayuda, su operación y éxito es posible. Esto a su vez, contribuye a alcanzar un sitial importante en el mercado, lo cual se conoce como posicionamiento o reconocimiento de marca, primero como buen empleador que en vez de contar con empleados, cuenta con asociados, y luego como buen oferente de un producto/servicio en el mercado, que en vez de ser usado y admirado sólo por los clientes externos, es altamente apreciado y recomendado por los clientes internos.

¿Cómo el endomarketing logra vincular y aprovechar los recursos más importantes de las organizaciones?

Está comprobado que en las organizaciones se da el síndrome de Burnout, conocido también como síndrome del desgaste laboral [2]. Éste se manifiesta en los empleados a través de fatiga crónica e ineficacia provocada principalmente por el estrés continuo al que el trabajo somete al organismo de los empleados. Se trata de un problema grave con el que las organizaciones y sus departamentos de recursos humanos tienen que lidiar, debido a que es un padecimiento muy común en los empleados. Por tal razón, es indispensable crear estrategias que propicien un buen clima organizacional y un rendimiento mucho más óptimo del principal recurso que éstas poseen, el humano.

Al analizar más a fondo esta temática, se llega a la conclusión de que también es una decisión estratégica que áreas neurálgicas como la de recursos humanos y mercadeo se alíen o vinculen estratégicamente, de manera que la primera pueda usar y aplicar las valiosas herramientas estratégicas que la segunda le ofrece para captar, motivar y retener a los clientes internos, al tiempo que los transforma para que se sientan más cómodos, satisfechos y con sentido de pertenencia y orgullo por la organización. Este vínculo también es muy necesario por el hecho de que los colaboradores han de ser considerados "clientes" y porque ellos no solamente hacen empresa cuando están trabajando, sino

que también la hacen cuando no se encuentran en ella, y su opinión sobre la organización, sus directivos, productos y servicios crean imagen, publicidad y marca, además de generar ventas.

Siendo así, no cabe duda

de que el endomarketing es una decisión estratégica para ambas áreas (recursos humanos y mercadeo) y, por consiguiente, para las organizaciones modernas. El vincularlas es una necesidad, más que una simple moda, pues ambas tienen responsabilidad compartida en los asuntos relativos a los clientes internos. Además, deben trabajar en equipo, principalmente porque ambas tienen la finalidad de que las organizaciones destaquen tanto como sus marcas, productos y servicios. De esta forma, las organizaciones mismas se constituirían en marcas sobresalientes y reconocidas como buenos empleadores y generadores responsables de recursos humanos motivados y libres del síndrome de Burnout.

¿Qué valores agrega el endomarketing a las organizaciones y qué beneficios genera?

El endomarketing agrega valor a las organizaciones, y su mayor fortaleza es ser una estrategia que permite vincular y aprovechar los recursos más valiosos de las organizaciones, los humanos y los económicos. Con los recursos humanos las organizaciones logran agregar valor y sacar lo mejor de sí a la luz pública, mientras que con los económicos, logran seguir manteniéndose en el mercado siendo rentables. Ambos logros son significativamente importantes para las organizaciones, pero ambos a su vez, requieren del apoyo que les brindan los recursos estratégicos que se diseñan en el área de mercadeo, en otras palabras, las estrategias de mercadeo procuran sacar el máximo rendimiento en las ventas, de manera que la organización obtenga siempre mayores recursos económicos; mientras que con las estrategias de endomarketing, el mercadeo procura sacar y obtener lo mejor de los recursos humanos, para así ganar a un asociado satisfecho, comprometido y con sentido de pertenencia, lo cual agrega valor a la organización, sus productos y servicios.



Figura 1: Principales ventajas de implementar estrategias de endomarketing según expertos internacionales en el tema [3].

Aplicar estrategias de endomarketing en un mundo competitivo ha dejado de ser una técnica moderna de administración, para convertirse en una necesidad estratégica para las empresas, sobre todo en la medida en que la población calificada disponible se va haciendo cada vez más escasa en los mercados.



En términos generales, los principales beneficios o ventajas de aplicar estrategias de endomarketing en las organizaciones son el fortalecimiento de la marca corporativa y la atracción del talento. Además, se impacta fuertemente la disminución de la rotación de personal por motivación constante y genuina, así como en la promoción del compromiso de ambas partes y el mejoramiento de la atención al cliente externo, lo cual genera satisfacción y atracción de clientes por recomendación.

Todas estas ventajas reducen costos de reclutamiento y publicidad externa, generando más rentabilidad para la compañía.

En adición, el área de mercadeo agrega valor al área de recursos humanos cuando se involucra en tareas de gestión de personal porque su enfoque colabora con planificaciones estratégicas e ideas creativas y motivadoras que pueden resultar, y de hecho está comprobado que resultan, en un efecto positivo en el empleado.

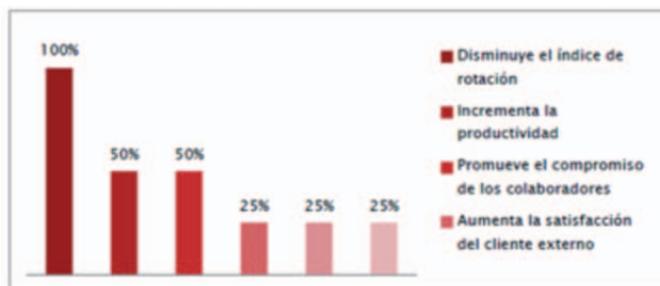


Figura 2. Principales ventajas de implementar estrategias de endomarketing según las empresas [3].

¿Qué hace el endomarketing que permite a las organizaciones sacar lo mejor de sí a la luz pública?

Crea estrategias de mercadeo interno que buscan motivar continuamente a los clientes internos, haciéndolos asociados de las organizaciones que están muy satisfechos porque son vistos y tratados como más que empleados, como valiosos recursos que se sienten orgullosos de pertenecer a la organización a la que

pertenecen, y con ganas de decirle a todos lo bien que se trabaja y se está en su otro hogar, así como recomendarle a todos, los excelentes productos y servicios que ellos ayudan a producir y comercializar. Dichas estrategias motivan de diversas maneras a los asociados y hacen que se les reconozca como parte fundamental del producto o servicio y de la marca empresa porque lo son.

Estas estrategias también buscan alcanzar un sitio importante entre el mercado interno, de manera que las organizaciones a las que pertenecen se posicionen en sus mentes como marcas responsables y excelentes, que atraen al mejor personal y saben cómo retenerlo y motivarlo para que estén lo suficientemente satisfechos como para recomendar tanto el lugar de trabajo, como sus productos y servicios en el mercado externo.

¿Cuáles son las estrategias de endomarketing más efectivas y atractivas para los asociados?

Más que citar las estrategias de endomarketing más efectivas y atractivas, a continuación se citan aquellas que realmente se aplican en los diferentes mercados. Las estrategias de endomarketing que se aplican en los mercados son muy diversas, especialmente en mercados europeos y anglosajones en donde la temática está más avanzada y es mucho más aceptada, aplicada y popular porque son creativas y muy atractivas, y también, porque las organizaciones realmente creen en su efectividad [3]. Lo cierto es que cada una de ellas depende de las necesidades y prioridades que tengan las organizaciones en un momento dado. En consecuencia, aquí se presentan y explican brevemente 10 ejemplos de las estrategias aplicadas en el mercado local e internacional.

¿Cuál es la situación actual del endomarketing en Panamá y el mundo?

Un estudio previo [3] realizado en empresas en Panamá que cuentan con programas de endomarketing o trabajan junto con especialistas y expertos en endomarketing ha demostrado que en el país la situación general del endomarketing es desventajosa en comparación con el desarrollo de la misma en países anglosajones y europeos.

Tabla 1. Ejemplos de estrategias de endomarketing locales e internacionales [3].

ESTRATEGIAS LOCALES	ESTRATEGIAS INTERNACIONALES
<p>1. Programa sobre docencia nutricional (healthy snack) Se trata de un día a la semana asignado para enseñar al personal a comer sano. Consiste en que se le coloca en los escritorios un plato con frutas y un mensaje que dice "Hoy es healthy snack: disfrútalo".</p>	<p>1. Extra capacitación: En Suiza, además de las capacitaciones para desempeñar un trabajo, algunas empresas manejan un presupuesto para enviar a los colaboradores a capacitaciones extras, que pueden durar hasta 15 días durante cualquier época del año, y que pueden ser tomadas en cualquier disciplina o tema que el colaborador escoja, según sus necesidades. Esta capacitación es más para que el colaborador estudie lo que quiera y se relaje (idioma, cultura, etc.) Este tiempo no es considerado parte de las vacaciones ni tampoco parte de las capacitaciones regulares, más bien se considera una capacitación extra que permite al cliente interno aprender cosas nuevas o emocionantes para su crecimiento como persona y profesional.</p>
<p>2. Programa de herramientas de aprendizaje on-line: Se ofrece una herramienta de enseñanza continua y monitoreada vía web para los empleados, con la intención de mejorar su calidad de vida y nivel profesional. Ejemplo: cursos de idiomas y/o tecnológicos.</p>	<p>2. Trabajo desde casa: En Inglaterra y Estados Unidos, en algunas empresas se trabaja tres días desde casa y dos días en la oficina, con acceso a la información de la compañía para evitar el estrés del tráfico, desgaste del auto, etc. Su mayor ventaja es que la empresa no necesita invertir en una oficina física, ni incurrir en los gastos que ello conlleva, logrando a su vez facilitar las cosas a los colaboradores brindándoles al mismo tiempo, confianza y libertad.</p>

<p>3. Actividad de superación personal: Se brindan seminarios y talleres nacionales e internacionales sobre liderazgo para todo el personal.</p>	<p>3. Personal de atención al público vía telefónica y desde casa: Es una estrategia que permite que los asociados trabajen desde casa atendiendo a los clientes finales, producto del alto nivel de confianza que se les tiene. Estos a su vez prefieren este sistema porque sienten que es como un amigo que está conversando con ellos desde la comodidad de su casa; además de los ahorros en tiempo, gastos de transporte y reducción del desgaste corporal debido al estrés.</p>
<p>4. Programa de becas para estudios: Se otorgan becas parciales o totales para impulsar la educación en los colaboradores e hijos de estos, financiando un porcentaje según el costo de los planes de estudio, otorgando una cantidad mensual estipulada u otorgando una cantidad según la calificación obtenida.</p>	<p>4. Pruebas internas de productos: En Italia, los asociados prueban los productos antes de que estos sean lanzados al mercado, sin costo alguno y con remuneración extra. Por ejemplo: prueban un carro por un período determinado y luego hacen un informe a la empresa con críticas constructivas. Además, pueden optar por quedarse con el producto a un precio especial que suele ser mucho más bajo al precio de venta del mercado.</p>
<p>5. Clínica médica: Se otorgan beneficios de servicios médicos totalmente gratuitos a todos los empleados y sus familiares. También se envía gratuitamente a los empleados a realizarse chequeos generales de salud en clínicas y hospitales autorizados por la empresa, generalmente anual o semestralmente.</p>	<p>5. Google Inc.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pisos de las oficinas de hierbas sintéticas y mobiliario de colores llamativos y formas dinámicas • Permitir al colaborador dedicar tiempo a proyectos no relacionados con su trabajo diario, durante su jornada laboral • Una lavandería totalmente gratis para todos los empleados
<p>6. Bonificación por antigüedad: Se otorga una bonificación económica por cada 10, 15, 20, 25 o más años de antigüedad del colaborador. En algunos casos, dicha bonificación podría ser permanente, como parte de un aumento de salario, o temporal, como un bono extra que se entrega junto con una placa, medalla u otro tipo de recordatorio.</p>	<p>6. Empresas Henkel: Organiza un Concurso de Mercadeo para estudiantes universitarios, que consiste en formar equipos estudiantiles que deben diseñar productos innovadores. El ganador es premiado con un viaje y los tres mejores equipos obtienen una entrevista con el director ejecutivo y oportunidades de empleo.</p>
<p>7. Bono de negocio: Se reparte un porcentaje de las ganancias anuales de la empresa entre los asociados.</p>	<p>7. Empresa SEAT: Creó un programa denominado aula SEAT, el cual realiza jornadas de enseñanza a estudiantes universitarios sobre los productos y posibilidades de desarrollo en la empresa. Este se ejecuta en diferentes universidades y los cursos son impartidos por los directivos de la compañía. En el "Programa Trainee" se ofrece la oportunidad de adquirir experiencia laboral, ya sea en una o diferentes áreas de la compañía, a nivel local o internacional, según lo que escoja y le favorezca más al cliente interno.</p>
<p>8. Transporte para el personal: Se facilita un transporte seguro para llegar hasta el lugar de trabajo.</p>	<p>8. Empresa Vodafone: Colocó una lona gigante en la fachada del edificio y rotuló la carrocería del autobús de la empresa con los nombres de todos los empleados y el lema: "Y gracias a ti, ya somos 15 millones de clientes". También enviaron un correo electrónico a todos los empleados, entregaron a cada empleado un ejemplar de periódico personalizado en donde aparecía en portada la noticia: "Gracias a sus empleados, Vodafone supera los 15 millones de clientes".</p>
<p>9. Cooperativa de ahorro y crédito para los empleados: Otorga préstamos de rápida recuperación y facilita la apertura de cuentas de navidad para los empleados.</p>	<p>9. Empresa Fujitsu: Puso en marcha un programa llamado "Reputation Programme" (Programa de Reputación) que constaba de información bidireccional con el objetivo de que cada empleador sintiese que su aportación en cuanto a sintonía, franqueza y tenacidad marcara la diferencia frente a la competencia. Este proyecto nace en la convicción de que para tener éxito y crecer frente a la competencia son fundamentales dos factores, realizar unos servicios impecables y tener una reputación sólida. La intención del programa fue que los atributos de Fujitsu, sus valores, fuesen asumidos por todos sus colaboradores aplicándolos en su trabajo diario. Para conseguirlo, todos sus asociados participaron en unas charlas trimestrales donde se debatían los valores y atributos de la empresa y cómo se aplican en el trabajo diario de cada uno. Cada charla era impartida a pequeños grupos (team meeting) a cargo de los responsables de grupo, o a grupos mayores, de hasta 50 personas (regional briefings) por los llamados Champions. La tarea básica de estos últimos es formar y apoyar a los responsables de grupo y hacer seguimiento de la campaña. Además, el programa se ha incorporado a la información de los recién contratados, a los mensajes de comunicación en cascada, a la formación de Fujitsu Management Academy, a los criterios de desempeño y a los Premios de Excelencia, así como a los cursos de técnicas de negociación.</p>
<p>10. Horario de verano: Se establece un horario especial de salida todos los viernes durante el período de verano, que va desde finales de diciembre hasta finales de febrero. Consiste en que los empleados trabajen durante la semana una hora adicional para que el viernes salgan dos o tres horas antes y puedan estar con sus familias.</p>	<p>10. Empresa Medtronic: Se propuso eliminar las barreras entre las distintas áreas de negocio y departamentos con el propósito de fomentar el trabajo cooperativo. Entre las acciones más destacadas del proyecto se encuentran el "Friends Day" (día de los amigos) día en el que la compañía abre sus puertas a niños con diferentes discapacidades, muchos de ellos pacientes de Medtronic, y les da la oportunidad de conocer las oficinas y a las personas que trabajan en ellas. También se optó por un cambio de proveedores en productos como las cestas y tarjetas de navidad o regalos de cumpleaños y se comenzó a trabajar con fundaciones y centros ocupacionales. Estas iniciativas fueron puestas en marcha gracias a las ideas de proyectos sociales propuestos por los empleados como mecanismo de integración. Cada vez que se realiza una acción de este tipo (una por mes) se hace una campaña de comunicación específica que consiste en el envío de un correo electrónico a toda la plantilla, su posterior comunicación en un café informativo a través de pantallas corporativas, afiches y el envío de un correo recordatorio a los quince días de su lanzamiento. Con esta estrategia no sólo se hace mercadeo interno, sino que también se trabaja en la responsabilidad social de la organización.</p>

En el mercado local hace falta conocer, aceptar y aplicar estas prácticas, con miras a lograr marcas más competitivas y organizaciones más maduras y conscientes de su rol como empleadores, mientras que al mismo tiempo se mejora la atención al cliente final. En contraposición, los resultados de estas investigaciones [3] arrojan que las estrategias de endomarketing que se aplican a nivel mundial, son planificadas por las organizaciones con base en la cultura de los clientes internos, lo que se desea crear dentro de la misma organización y la imagen que se quiere proyectar hacia lo externo de la empresa, destacando sus mejores cualidades. Es así que en los mercados en los que se maneja el concepto, se nota una competencia basada en estándares internacionales.

En el caso de Panamá, a pesar de ser considerado un país de servicios y experimentar un mayor desarrollo y auge económico, el país presenta deficiencias en los servicios debido a la baja calidad de la atención al cliente y a una relación poco estrecha y duradera entre colaboradores y empleadores. De hecho, se estima que debido a esto, muchas organizaciones locales confrontan problemas relacionados a sus colaboradores y su imagen de marca, producto de la falta de motivación y compromiso tanto de los patronos, como de los trabajadores, lo cual da lugar a una alta rotación del personal que brinda dichos servicios, y pérdidas económicas con el consecuente debilitamiento de la marca de la empresa.

Tanto en Panamá como en países latinoamericanos, esta temática no ha calado ni evolucionado lo suficiente en las organizaciones, debido a que el personal que se encarga de ejecutarlas no ha logrado vender a sus juntas directivas el valor de las pérdidas en dólares del ausentismo, la rotación, un mal clima laboral, la desmotivación, la generación de despido, etc. En la medida en que esto suceda, se estima que habrá un incremento en la práctica de estas estrategias; sin embargo, también se estima que este tema tiene un futuro muy prometedor en la región, ya que cada día se ven más empresas en países latinoamericanos y en Panamá, que se han dado cuenta que cuidar y conquistar al personal representa muchas más ganancias que pérdidas.

De acuerdo a los resultados obtenidos por [3], las estrategias de endomarketing que se aplican en Panamá dependen de cada empresa, su tamaño, número de empleados, presupuestos, entre otros aspectos importantes, pero sobre todo, de la disposición que cada una de ellas tenga en aplicar, completa o parcialmente, un programa estratégico de endomarketing. La Figura 3 muestra los principales programas de endomarketing usados por las empresas en Panamá.



Figura 3. Programas de endomarketing en los que se enfocan las empresas en Panamá [3].

Uno de los grandes hallazgos de la investigación destaca que las estrategias que aplican las empresas encuestadas en Panamá, están básicamente destinadas a satisfacer las necesidades inmediatas que expresan sus empleados, y no en un plan estratégico de endomarketing sostenible.

Los resultados también hicieron evidente el hecho de que el desconocimiento sobre el tema perjudica a todas las partes interesadas, ya que las organizaciones no pagan por una tendencia de mercado que se considera poco factible, es desconocida o se conoce a medias.

Es por ello que se piensa que los consultores externos o los pocos expertos locales en la materia, están más interesados en ofrecer lo que el mercado está demandando actualmente, brindando servicios orientados al desarrollo de capacidades a los líderes, y no de implementación de estrategias de endomarketing que beneficien a todos por igual (ver figuras 4 y 5).



Figura 4. Servicios de endomarketing que ofrecen los especialistas en Panamá [3].

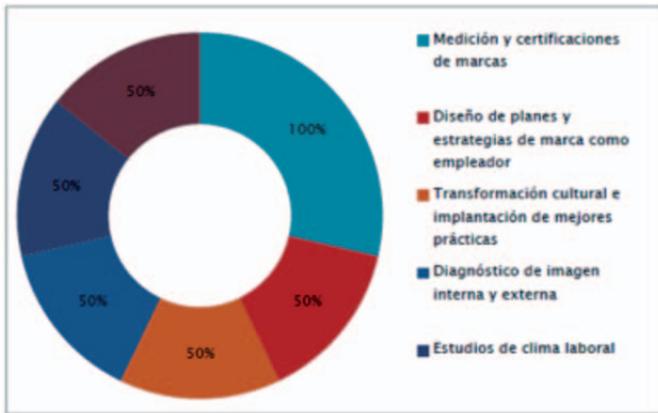


Figura 5. Servicios de endomarketing que se ofrecen en los mercados globales según expertos internacionales [3].

Referencias

- [1] Metal Actual, "Endomarketing: A la Conquista del Cliente Interno", [en línea] http://metalactual.com/revista/25/admin_cliente.pdf
- [2] B. Dimitrios and V. Konstantinos, "Organizational Culture and Job Burnout – A Review", International Journal of Research in Business Management (IMPACT: IJRBM) ISSN(E): 2321-886X; ISSN(P): 2347-4572 Vol. 2, Issue 1, Jan 2014, pp. 43-62.
- [3] F. Picota, "Estrategias de Endomarketing para lograr el reconocimiento de una marca corporativa como buen empleador en el mercado". Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, junio de 2014.

Sistema de evaluación y seguimiento del rendimiento académico

L. Del C. Pérez^{1,2} | N. Samaniego F.¹

¹Facultad de Ingeniería Sistemas Computacionales, ²Centro Regional de Azuero
Universidad Tecnológica de Panamá
{luyiana.perez, nicolas.samaniego}@utp.ac.pa

Resumen: desde el 2011 se viene debatiendo en la Universidad Tecnológica de Panamá, acerca de la importancia de contar con un sistema de evaluación y seguimientos de los aprendizajes, como uno de los puntos en el plan de mejora para contribuir a la calidad de la formación exigidos por los procesos de acreditación. En este sentido, este artículo presenta un sistema piloto de información para la gestión de la enseñanza-aprendizaje moderno y amigable para beneficio de los estudiantes, docentes y autoridades, que participan directamente en la gestión académica. Éste ya ha iniciado su fase de prueba en el Centro Regional de Azuero. Además, en el artículo se describen aspectos de seguridad considerados en el diseño del sistema y se presentan sus características con miras a fortalecer la calidad de la enseñanza-aprendizaje y dar seguimiento al rendimiento académico de los estudiantes, con el fin de identificar variables internas y externas al sistema que permitan explicar desigualdades en el aspecto de rendimiento académico.

Palabras claves: evaluación, calificación, rendimiento académico, portafolio.

Title: Academic Performance Assessment and Monitoring System

Abstract: since 2011 there has being a debate in the Technological University of Panama about the importance of having a learning performance assessment and monitoring system, as one of the aspects considered in the improvement plan to contribute to the quality of training required by the accreditation process. In this sense, this article documents a pilot information system for management of teaching and learning, which is modern and friendly, for the benefit of students, teachers and authorities, who are directly involved in the academic management. It has already started its test phase in the Regional Center of Azuero. In addition, in the article safety aspects considered in the design of the system are described and its characteristics are presented with a view to strengthen the quality of the teaching-learning and to follow up on the academic performance of students, in order to identify internal and external variables to the system that could explain differences in the academic performance aspect.

Key words: evaluation, grading, academic performance, portfolio.

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 10 de septiembre de 2014

Fecha de aceptación: 6 de noviembre de 2014

Antecedentes

Desde el momento en que las universidades se someten a un proceso de acreditación, tanto institucional como de sus carreras, se inicia una etapa de autoevaluación validada por pares externos para saber qué se tiene y qué se requiere tener para estar acorde con las exigencias de la globalización en cuanto a la calidad de la formación y el mejoramiento continuo, en función de los propósitos declarados por la institución que la imparte y los estándares nacionales e internacionales de cada profesión o disciplina.

En Panamá este proceso inicia en el año 2006 [1] por el Consejo Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria de Panamá (CONEAUPA), creado mediante la Ley 30 del 20 de Julio de 2006 y reglamentada mediante decreto 511 legalizado en la Gaceta Oficial N° 26571, el 7 de Julio de 2010. Desde ese momento la Universidad Tecnológica de Panamá se somete a un proceso de acreditación, iniciando con la carrera de Ingeniería Civil, en 2011, seguido con la carrera de Ingeniería Industrial, Mecánica Industrial, reacreditación de Ingeniería Civil, Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecánica y actualmente se encuentran en el estudio las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería en Sistemas y Computación, Ingeniería de Alimentos, Maestría en Ciencias de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones, utilizando para tal fin las guías de la ACAAI (Consejo de Acreditación de la Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura y de Ingeniería) y la ACAP (Agencia Centroamericana de Acreditación de Postgrado).

Se busca mantener el mejoramiento continuo y asegurar la calidad en la formación de los estudiantes, puesto que la evaluación es un proceso que no se detiene, y periódicamente las carreras acreditadas deben someterse a una nueva evaluación en donde se verifica el cumplimiento del plan de mejoras, con miras a continuar con el certificado de reconocimiento de su calidad y competitividad en el mercado. La Universidad Tecnológica de Panamá ha hecho varios esfuerzos por fortalecer debilidades encontradas, sobre todo en los pocos trabajos de investigación y desarrollo. El Dr. Carlos Medina sustenta [2] que toda enseñanza debe fomentar el deseo por aprender e investigar, por tanto la investigación debe ser un elemento fundamental de toda universidad que debe promoverse y vincularse a la enseñanza, desde pregrado. Por otra parte, la actualización de laboratorios especializados, infraestructura, planes curriculares y fortalecimiento de la planta docente a nivel de doctorado, son fundamentales para impactar positivamente en las actividades de investigación.

Para lograr la calidad en la formación superior, además de los aspectos mencionados, hay otros puntos importantes a considerar: el perfil de ingreso y egreso de los estudiantes, la evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje, entre otros. El perfil de los estudiantes de primer ingreso [1] "afecta el rendimiento, la eficiencia quizás, hasta la eficacia de los estudiantes universitarios", por eso la Universidad Tecnológica de Panamá ha implementado exámenes internacionales

de admisión, clasificando a sus estudiantes según su puntaje en áreas de ingeniería, licenciatura o técnicos con tal de garantizar de que su rendimiento académico sea el más óptimo, y poder ofertar recurso humano calificado al mercado laboral, contribuyendo al desarrollo del país. Aunque un examen de admisión no es garantía para lograr el fin antes expuesto, constituye un primer esfuerzo que debe ser fortalecido con el proceso de enseñanza – aprendizaje en el aula de clase, en donde el docente juega un rol muy importante en tal dirección. Pero ¿cómo saber si el docente está planificando y evaluando de acuerdo a criterios establecidos por la Institución? El Estatuto Universitario consigna la libertad de cátedra, aunque dentro de un espacio normado por reglas y políticas académicas, por lo cual todo docente debe pasar por un proceso de evaluación, y mantener evidencia de la labor realizada en el aula de clase, contribuyendo de esta manera al mejoramiento continuo de la calidad de la formación.

Con miras a alcanzar sus metas, la Universidad Tecnológica de Panamá implementa en el II semestre 2014, el proyecto piloto de un Sistema de Evaluación y Seguimiento del Rendimiento Académico, como una alternativa tecnológica que ofrece a docentes, estudiantes y autoridades académicas la opción de tener en línea la evaluación de las actividades de aprendizaje de los estudiantes. Este sistema fue desarrollado con el fin de poder evidenciar y dar seguimiento al proceso de enseñanza-aprendizaje, y poder cumplir con uno de los requisitos de la acreditación, ya que esta se basa en el enunciado de Lord Kelvin [1]: “Lo que no se define no se puede medir, lo que no se mide, no se puede mejorar y lo que no se mejora, se degrada siempre”.

Calificación vs Evaluación

La calificación y la evaluación son dos términos distintos, la calificación es una medición cuantitativa que despierta el interés del estudiante porque le da una idea de su rendimiento académico y además es su carta de presentación para optar por estudios posteriores. Para un docente, la calificación representa un punto de partida para evidenciar si el contenido de un curso ha sido asimilado por el estudiante. Sin embargo, cuando se habla de un Sistema de Evaluación en una entidad educativa se espera que el mismo involucre varios aspectos, tales como: planeación, evaluación de los aprendizajes, metodologías, evidencias de lo actuado por docentes y estudiantes, entre otros aspectos afines al proceso educativo, aspectos estos que servirán de referencia para emitir un juicio acerca de los aprendizajes alcanzados por los estudiantes, y permitir un proceso efectivo de toma de decisiones y corrección de deficiencias a medida que se avanza hacia el logro de los objetivos de formación profesional.

Todo proceso de acreditación está centrado en evaluar, porque apunta al control de la eficiencia en la gestión de la institución, de sus carreras y de sus programas. Aunque este sistema no es un instrumento para evaluar, sí es un medio que proporciona información suficiente para: analizar programas educativos específicos, realizar el seguimiento de los resultados sobre el rendimiento académico a través del tiempo, certificar los logros de aprendizaje de los

estudiantes, revisar las metodologías utilizadas por el docente, diagnosticar deficiencias del proceso de enseñanza – aprendizaje, entre otros factores.

La evaluación del rendimiento académico surge como una necesidad para lograr la igualdad de oportunidades. En este contexto comienzan a ponerse en marcha los sistemas de evaluación que permiten suministrar información referente al logro de las metas educativas; identificar variables internas y externas al sistema que explican las desigualdades en los resultados; contribuyen a una predicción informada del funcionamiento del sistema en el futuro y, proporcionan indicadores acerca de los rasgos más permanentes del sistema.

Para que exista confianza en el empleo de sistemas como el que discutimos es fundamental que la seguridad de los datos se garantice.

Aspectos de seguridad considerados

La seguridad y confidencialidad de los datos es un aspecto importante a considerar en cualquier sistema de información, sobre todo cuando se accede a través de la Web. Esta inicia desde la producción del software. Todo desarrollador de software debe considerar cómo va a manejar la entrada al sistema para los diferentes usuarios, cuáles son los privilegios de accesos, la autenticación del manejo de la base de datos utilizada, el filtrado de datos a través de listas blancas, el cifrado de las contraseñas y ciertos datos críticos, la configuración del servidor en donde reposará la aplicación, evitando mostrar errores y variables globales, y poseer un protocolo de comunicación seguro como SSH (Secure Shell) para evitar que usuarios no autorizados se conecten al servidor con malas intenciones.

El usuario del sistema también juega un rol importante en la seguridad de sus datos. Primeramente debe utilizar una contraseña segura para que no sea violada con facilidad y debe acostumbrarse a cerrar su sesión, falta cometida comúnmente por los usuarios.

Una de las opciones que toda aplicación debiese permitir es la de exportar datos a programas externos como Excel, viabilizando el respaldo de información.

Para el desarrollo del sistema han sido considerados todos los aspectos de seguridad mencionados, con la intención de brindar confianza al usuario.

Características del Sistema de Evaluación y Seguimiento del Rendimiento Académico

El sistema ha sido diseñado tomando en cuenta el proceso de evaluación utilizado por la Universidad Tecnológica de Panamá, con una interfaz sencilla para cualquier tipo de usuario (ver Figura 1). El docente es el principal actor de la aplicación, ya que es el responsable de alimentar el sistema con la información desde la calificación de los estudiantes, hasta montar sus actividades y material correspondiente, con tal de mantener su portafolio actualizado para fines de evaluación.

Es importante resaltar que los accesos a expedientes están restringidos de acuerdo al tipo de usuario, serán los docentes los únicos con derecho a modificar los datos de sus grupos, mientras que de manera creciente podrán consultar datos los coordinadores

de carrera y de Facultad en los Centros, Directores de Centro, Subdirectores Académicos de Centro, Vice-decanos Académicos, Decanos y Vice-rector Académico y cualquier otra autoridad que la institución considere pertinente.



Figura 1. Pantalla de Inicio del Sistema.

Las características y facilidades que presenta el sistema son (ver Figura 2):

- Configuración de curso de acuerdo al sistema de evaluación, en cualquier momento.
- Registro de asistencia, sin necesidad que sea considerada en el sistema de evaluación configurado.
- Registro y actualización de calificaciones de las diferentes actividades planificada para el curso.
- Opción para subir archivos en formato PDF (Portable Document Format) como: planeación del curso, actividades académicas (pruebas parciales, laboratorios), material didáctico utilizado en cada actividad o referencia bibliográfica, formando así el portafolio docente.
- Obtención de informes de calificaciones a medida que se evalúa el curso, como medio para dar seguimiento al rendimiento académico del estudiante.
- Generación de informes estadísticos de los resultados académicos del curso.
- Sistema de comunicación asíncrono entre el docente – estudiantes, docente – coordinador, docente – colaborador de psicología y estudiante- coordinador.
- Exportación de la libreta electrónica y el resultado final del rendimiento académico en Excel como respaldo del docente.
- Actualización del estatus del estudiante de un curso como: Retirado e Incompleto.
- Inscripción de estudiantes por matrícula tardía.
- Acceso al portafolio docente, para la evaluación y seguimiento.
- Acceso al expediente de calificación del estudiante de un determinado curso.
- Configuración del perfil de usuario.
- Expediente del estudiante por sesiones en psicología o bienestar estudiantil.

El sistema cuenta con varios perfiles de usuario tales como: docente, estudiante, autoridades académicas y colaborador de

psicología y bienestar estudiantil con el fin de dar un seguimiento del rendimiento de los estudiantes.

El estudiante sólo podrá visualizar su expediente de notas para que conozca su rendimiento académico.

El sistema también contempla el seguimiento de estudiantes con deficiencia académica a través del departamento de psicología o de bienestar estudiantil; para tal caso, el docente es el encargado de remitir al estudiante a dichos departamentos, con el objetivo de que el colaborador de psicología y/o trabajador social pueda evaluar el expediente del estudiante en cuanto a su rendimiento y asistencia al curso, ver el diagnóstico del docente y poder dar su evaluación, como medio de generar evidencia de tal seguimiento.

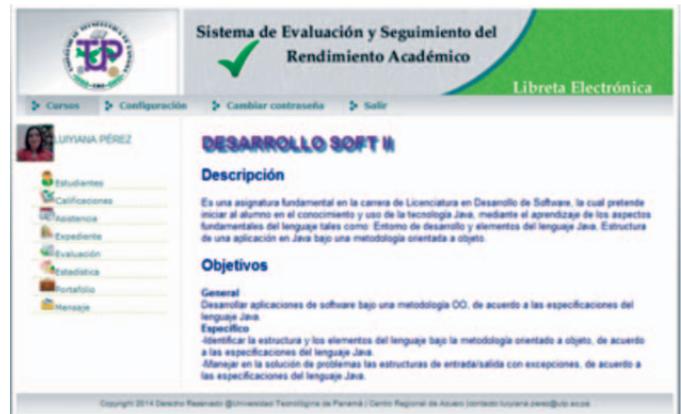


Figura 2. Pantalla del rol docente.

Los resultados y su impacto en la calidad de la gestión de enseñanza – aprendizaje en la Universidad Tecnológica de Panamá

El contar con una plataforma en línea que recopile toda la información sobre la evaluación de los aprendizajes para una institución educativa, tiene como finalidad facilitar la toma de decisiones sobre la calidad en la gestión del proceso de enseñanza – aprendizaje, analizando y corrigiendo estrategias y procedimientos para garantizar la formación de los estudiantes.

Es por eso que se ha recogido en este sistema la dinámica del desarrollo de la actividad cognoscitiva de los estudiantes bajo la dirección de los docentes, alineados con los exigidos por ACAA [3] y logrando consolidar en una sola herramienta los siguientes aspectos:

- Registrar la gestión del proceso de enseñanza-aprendizaje para que pueda ser supervisado por autoridades académicas responsables de validar el programa.
- Contar con un mecanismo que permita comprobar la efectividad de la metodología de la enseñanza-aprendizaje, por medio de un historial del trabajo realizado por el docente, que contenga guías de exámenes, trabajos, proyectos, etc., evidenciando sus actuaciones de facilitador, ya que él tiene el derecho y la responsabilidad de demostrar su profesionalidad.
- Verificar si el 100% de las asignaturas impartidas cumplen con al menos el 90% de sus contenidos.

- Ofrecer al estudiante una herramienta tecnológica que le ayude a seguir su rendimiento académico a medida que son evaluadas las diferentes actividades programadas de una asignatura, con el objetivo que tome medidas correctivas en caso que se amerite.
- Ofrecer a los directivos, órganos de coordinación docente u otros responsables dentro de la unidad académica la facilidad de supervisar y monitorear las actividades académicas planificadas por un docente en una asignatura determinada.
- Dar seguimiento permanente y continuo del desempeño académicos de un estudiante a través de su registro académico o expediente de calificaciones de una asignatura durante el semestre (Figura 3).
- Evidenciar evaluaciones de los estudiantes con problemas de bajo rendimiento académicas referido a los departamentos de bienestar estudiantil y/o psicología.

Analizando estos aspectos alcanzados con el Sistema de Evaluación y Seguimiento del Rendimiento académicas, se logra un impacto positivo para los estudiantes, docentes y autoridades académicas, al poder verificar la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje, como el de poder cumplir con algunos indicadores de acreditación en esta categoría. La Universidad Tecnológica de Panamá dispondría un sistema de información de la gestión de enseñanza-aprendizaje moderno y amigable en beneficio de los estudiantes, al que podrá tenerse acceso por los diferentes estamentos habilitados, que intervienen directa o indirectamente en la gestión académica.

Como resultados de las capacitaciones dadas a los docentes de tiempo completo y los docentes de nombramiento por resolución de la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales del Centro Regional de Azuero, surgieron opiniones y sugerencias con miras a fortalecer la usabilidad de la aplicación, como la integración de otros componentes. Por ejemplo, se logró incorporar la opción de ofrecer el seguimiento a estudiantes vulnerables con bajos rendimiento académico, al ser referidos a los Departamentos de Bienestar Estudiantil o Psicología según sea el caso, dejando evidencia en el expediente del estudiante, con el fin de identificar qué variables están interviniendo en sus resultados académicos. Otros aspectos importantes y que quedan pendientes de incorporar en el sistema son: las clases de laboratorios para las materias como Física y Química que trabajan las horas teórica separada de las prácticas, con docentes distintos, pero con una nota final en conjunto; y la integración del envío de notificaciones desde el sistema hacia el correo electrónico configurado en el perfil de cada usuario.

El sistema de Evaluación y Seguimiento del Rendimiento Académico fue percibido positivamente por los docentes seleccionados para la prueba piloto por ser una herramienta tecnológica que incorpora varios componentes de una manera fácil y amigable. Para el II semestre 2014 deben estar usando la herramienta alrededor de 20 docentes tiempo completo, 6 docentes de nombramiento por resolución, los coordinadores de facultad, el secretario académico, el decanato de la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, 2 colaboradoras (una de Psicología y otra de Bienestar Estudiantil) y alrededor de 300 estudiantes del Centro Regional de Azuero.

Finalmente se llegó a la conclusión que este sistema es una alternativa que la Universidad debe evaluar como el primer paso para mejorar la calidad del procesos de enseñanza – aprendizaje, y de los resultados obtenidos de la prueba piloto se tendrán las mejoras o ajustes que permitirán fortalecer la herramienta y lograr su integración con los otros sistemas existentes en la Institución.



Figura 3. Evaluaciones de los aprendizaje.

Referencias

- [1] M. McPherson, 2Evaluación y Acreditación Universitaria en Panamá”, 1era Edición 2012, Volumen No. 3, Revista PRISMA. ISSN 2076-8133.
- [2] C. Medina, “Hacia la integración de la enseñanza universitaria de pregrado y la investigación”, 1era Edición 2013, Volumen No. 4, Revista PRISMA. ISSN 2076-8133.
- [3] Concejo de Acreditación, *Manual de Acreditación*, ACAAI, 2012.
- [4] E. Rentería, “La evaluación del desempeño escolar y la política educativa caso de México”, Revista Iberoamericana de Educación, Vol/No 54/2 ISSN: 1681-5653, 2010
- [5] F. González, “Modelo de un sistema de información para el seguimiento Psicopedagógico de alumnos en instituciones de educación superior”, Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653).

Entrevista con el Dr. Martín Ordóñez

Guadalupe G. González

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

El Dr. Martín Ordóñez es profesor en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación de la Universidad de la Columbia Británica (UBC) en Vancouver, Canadá. Actualmente posee la Cátedra de Investigación Canadiense en Convertidores de Potencia para Sistemas de Energía Renovable (Canada Research Chair in Power Converters for Renewable Energy Systems) y es profesor adjunto en la Memorial University of Newfoundland y en la Simon Fraser University. El Dr. Ordóñez nació en Argentina y recibió su grado de Ingeniero Electrónico de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRC) en el año 2003. Además, posee una maestría y un doctorado (PhD) en Ingeniería Eléctrica de la Memorial University en Canadá (obtenidos en 2006 y 2009, respectivamente). El Dr. Ordóñez es miembro senior del IEEE, ha escrito más de 60 artículos y reportes en su área de especialidad y actualmente participa como Editor Asociado de la revista IEEE Transactions en Electrónica de Potencia.

En el mes de mayo del 2014, el Dr. Ordóñez visitó la Universidad Tecnológica de Panamá y ofreció una ponencia magistral titulada "Sistemas de Energía Renovable y Campus Sustentable" en el marco de la Serie de Conferencistas Distinguidos organizada por el Programa de Tecnologías Energéticas Avanzadas y Sostenibilidad (TEAS). Aprovechamos la grata relación que hemos desarrollado con el Dr. Ordóñez para entrevistarle y conocer un poco más sobre sus inicios y experiencias en investigación, además de su visión acerca de la implementación de sistemas renovables en Panamá y la región Latinoamericana.

Háblenos sobre sus inicios en investigación, especialmente el porqué de su interés en electrónica de potencia

Mi interés en el área de electrónica de potencia siempre ha estado directamente enfocado a la investigación y el desarrollo (R&D) de soluciones prácticas que sean eficientes y realizables. Comencé trabajando en la industria de la electrónica de potencia cuando estudiaba en la escuela técnica secundaria; tuve suerte al ser recomendado por un amigo para reemplazarle en una empresa de tecnologías sudamericana llamada DEEP Power Electronics. Al comenzar con una experiencia técnica, específicamente en el área de la electrónica de potencia, desarrollé un gran interés en el tema lo que me llevó a estudiar ingeniería eléctrica en la universidad y trabajar en varios proyectos de investigación durante mis años como estudiante. Considero que mi temprana exposición al R&D me llevó a reconocer la necesidad que tiene la academia de colaborar con la industria para poder asegurar la transferencia de conocimiento e incrementar el impacto de las actividades de R&D académicas en la sociedad. También me mostró el beneficio de las redes profesionales.



Al mudarme de Argentina a la región Atlántica de Canadá y luego a la Costa Oeste de Canadá, me familiaricé con las diferentes formas de energía renovable que eran relevantes a las condiciones locales. En vista de que el uso de energías renovables ayuda a la economía local y tiene un impacto social y ambiental directo, ahora me enfoco en el desarrollo de convertidores y controladores, los cuales son relevantes para maximizar el uso de la energía renovable/alternativa proveniente del sol, el viento, el océano y las celdas de combustible. Estoy orgulloso de que mi trabajo en electrónica de potencia me permite contribuir a la implementación de sistemas renovables.

La introducción de energías renovables a nivel mundial se está dando a pasos acelerados y Latinoamérica no se queda atrás, ¿considera que vamos por buen camino?

Las fuentes renovables proveen la mejor oportunidad para construir sistemas de potencia seguros, escalables y ambientalmente sostenibles. Tras haber vivido, trabajado y realizado investigación en tres regiones del mundo totalmente distintas, he visto los beneficios de construir sistemas energéticos adaptables a la topografía y condiciones climáticas locales. Latinoamérica es el mejor ejemplo de como las condiciones en diferentes regiones pueden ser explotadas para implementar plantas de generación eléctrica de bajo costo y pocas emisiones, tal como es el caso de los parques eólicos en el Desierto de Atacama y las plantas geotérmicas en El Salvador.

En la última década, muchas instituciones en América Latina han apostado por la creación de programas que tienen como objetivo impulsar el uso de energías renovables, ya sea individuales o en conjunto con colaboradores internacionales. Considero que la creación de infraestructura adecuada será la clave para permitir

que América Latina explote en su totalidad su capacidad de generar energía utilizando fuentes renovables.

Si bien es cierto que el progreso en el uso de renovables varía de región en región, América Latina tiene países a la vanguardia de esta tecnología; por ejemplo, Chile actualmente genera casi el 9% de su energía producto de fuentes renovables, mientras que en el 2011 menos del 0.9% del consumo global se generaba de las fuentes solar, eólica y oceánica. A manera general, yo vaticino un incremento marcado en la competitividad y efectividad de América Latina como productor de energía basada en fuentes renovables en las próximas décadas.

El avance que se ha alcanzado en la implementación de las fuentes renovables en América Latina está fuertemente ligado a las actividades de investigación y desarrollo (R&D) que se están ejecutando, ¿qué opinión le merece el nivel de la investigación en nuestra región?

La calidad del talento que proviene de América Latina claramente refleja la mejora que los programas de investigación han experimentado en la última década; a medida que sea más evidente que las fuentes renovables son una opción económicamente viable y que ofrecen una solución al problema de satisfacer las necesidades energéticas en áreas remotas, espero ver aún más desarrollo de investigación e innovación en la región. Muchas instituciones Latinoamericanas sobresalen debido al progreso que han alcanzado al incrementar sus capacidades de investigación en el campo de las energías renovables, los programas desarrollados por la Universidad Nacional de Río Cuarto en Argentina y la Universidad Técnica Federico Santa María en Chile son particularmente notables. Sin embargo, una mayor inversión pública tanto en investigación como en infraestructura será necesaria para elevar aún más el nivel y el impacto del R&D en la región.

La Universidad de la Columbia Británica (UBC) es altamente reconocida por los programas de investigación con los que cuenta, nos puede comentar sobre los proyectos que se llevan a cabo en su laboratorio.

He tenido la suerte de establecer un laboratorio de investigación en UBC con la ayuda del gobierno, la inversión de la universidad y el apoyo del sector privado; parte de nuestros fondos proviene de la Cátedra de Investigación Canadiense en Convertidores de Potencia para Sistemas de Energía Renovable, de la cual actualmente soy el Catedrático.

Mi equipo y yo estamos involucrados en múltiples proyectos y mucha de nuestra investigación se enfoca en el desarrollo de convertidores y controladores que serán utilizados en la creación de una red inteligente integrada a través del campus de la UBC. Otro de nuestros proyectos resultará en el desarrollo de convertidores y controladores para arquitecturas de potencia que combinen tecnologías de almacenamiento de energía y sistemas renovables intermitentes para generar energía continua y con bajas emisiones. Otro ejemplo de los proyectos que realizamos involucra la creación de convertidores que ayudarán a extender la vida y eficiencia de una planta solar a nivel de los Mega watts, esto para reducir costos e

incrementar la posibilidad de desarrollar plantas solares en áreas remotas.

Es importante señalar que muchos de los estudiantes de postgrado que trabajan en mi laboratorio provienen de diferentes regiones de América Latina, lo que contribuye al intercambio de conocimiento entre UBC y los laboratorios de las universidades de la región.

Tratando otro tema, siendo un miembro reconocido de IEEE, pudiera comentarnos sobre los múltiples beneficios que conlleva ser miembro de ésta sociedad

La membresía a IEEE es una excelente forma de incrementar sus oportunidades como investigador e ingeniero. Las mejores investigaciones a nivel mundial son presentadas en conferencias del IEEE y publicadas en sus revistas, por lo que para mantenerse al día en los avances del campo es absolutamente necesario ser miembro. Como una asociación profesional, IEEE también les puede proveer de exposición ante colaboradores potenciales y ayudará a los estudiantes y jóvenes profesionales a obtener recursos relevantes a su carrera y entrenamiento continuo. Siempre recomiendo a mis estudiantes que se inscriban en esta sociedad.

Pudiera compartir con nosotros alguna experiencia gratificante que haya vivido debido a su participación en el IEEE

Cada año atiendo a tres o cuatro conferencias, lo que me provee de oportunidades para establecer relaciones profesionales y oportunidades para aprender de investigadores altamente calificados y que se encuentran en la cúspide de su campo. Además, debido a que IEEE es una red profesional, no académica, mi participación en ella me ha llevado a establecer contactos con representantes de la industria. De igual forma, como Editor Asociado del *IEEE Transactions* en Electrónica de Potencia, he encontrado gran valor en revisar el trabajo de mis colegas y además he ganado experiencia en lo que involucra el proceso de revisión. Finalmente, la experiencia más gratificante de asistir a las conferencias de IEEE es escuchar a mis estudiantes de postgrado presentar sus artículos basados en los trabajos de investigación que hemos realizado juntos.

Redes inalámbricas de sensores eficientes para la agroindustria

J. Cedeño | M. Zambrano | C. Medina

Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá
{juan.cedeno2, maytee.zambrano, carlos.medina}@utp.ac.pa

Resumen: Una red de sensores inalámbrica permite medir ciertos parámetros y cambios en características físicas como la temperatura y la humedad, así como también controlar, de cierta forma, estos parámetros con el fin de mejorar y facilitar el manejo de cualquier actividad a la que sean aplicadas, entre ellas, la agroindustria. Una de las grandes limitantes en estas redes son sus fuentes de energía, ya que los sensores deben ser dispositivos pequeños, por lo que existe un gran interés en buscar técnicas para el uso eficiente de la energía, uso de energías renovables como medio de alimentación en los sensores y aplicación del muestreo compresivo, el cual permite obtener suficiente información utilizando menos sensores que con los métodos convencionales. Otras tecnologías como los bio-sensores, también pueden ser aplicadas para mejorar el uso de las redes de sensores en la agroindustria. En este artículo se ilustra como estas tecnologías presentan ventajas para diseñar o modificar sistemas de forma que resulten más eficientes y menos costosos, lo que mejoraría la producción agrícola y facilitaría cubrir la gran demanda alimenticia en la actualidad.

Palabras Claves: muestreo compresivo, WSN, eficiencia energética, agroindustria.

Title: Efficient wireless sensor networks for agroindustry

Abstract: A Wireless Sensor Network allows us to measure some changes in physical parameters like temperature and moisture, as well as control them in certain way, so they can improve the efficiency of any activity where applied, as is the case of agroindustry. One of the main constraints of these networks is their power source, because sensors must be small devices, so scientist are interested in methods for efficient use of energy, use of renewable energy as the sensors energy source and use of compressed sensing, which allows to obtain enough information using a lot less active sensors compared to traditional methods. Other technologies like biosensors can be used to improve the use of sensor networks in agroindustry. In this article we illustrate the advantages of these techniques to design and modify systems in order for them to be less expensive and more efficient, improving farming and helping to supply the actual high food demand.

Key words: Compressed sensing, WSN, energy efficiency, agroindustry

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 17 de septiembre de 2014

Fecha de aceptación: 8 de noviembre de 2014

1. Introducción

La agricultura supone una de las más importantes actividades económicas para el desarrollo de las naciones, ya que promueve el desarrollo económico y social. Poco a poco ha ido incrementando su valor gracias a la inclusión de equipos y técnicas que se han desarrollado para facilitar la siembra, riego y cultivo de los sembradíos, pero siguen siendo las personas las encargadas de velar por el estado de cada plantación y así evitar pérdidas mayores. Las redes inalámbricas de sensores WSN (Wireless sensor networks) han demostrado ser una herramienta útil para diversas aplicaciones, entre las cuales está la agricultura, ya que a grande y pequeña escala permiten monitorear, controlar y mantener el estado de cualquier objeto o área muestreada. En un campo de cultivo permitirían monitorear parámetros físicos de cada planta, como la temperatura y la humedad, permitiendo también modificar estos parámetros para mantener el estado ideal de cada planta y obtener el mejor producto final para el consumo humano. Sin embargo, cada uno de estos procedimientos consume cierta cantidad de energía en un sensor, y toda la información recopilada debe ser enviada de forma inalámbrica a un centro colector. El mayor problema energético de estas redes es que cada sensor cuenta con pequeñas baterías de poca duración, por lo que debemos encontrar métodos para reducir ese consumo de energía. Para una aplicación en la agroindustria, se necesitarían miles de sensores, lo que se podría pensar que resultaría en un bajo costo-beneficio, además de resultar difícil de monitorear por lo tedioso de la colocación y extracción de cada sensor durante cada temporada de cultivo y cosecha. Han surgido diversas ideas con el fin de mejorar la aplicación de WSN en la agroindustria, entre las que se encuentra el muestreo compresivo. Esta técnica de procesamiento de señales podría reducir la cantidad de sensores activos necesarios para monitorear una determinada área, lo que se traduce en menos información y menos tiempo de transmisión y recepción, lo que a su vez reduce el consumo de energía. El objetivo primordial de este artículo es presentar las ventajas de utilizar la tecnología de WSN vía censado compresivo conjuntamente con otras tecnologías como biosensores y mostrar como en su conjunto ambas tecnologías pueden dar resultados favorables en el campo de la agroindustria. Además, se indican las ventajas del avance de la tecnología en los sensores, específicamente en los biosensores. Este artículo en la Sección 2 presenta las nuevas tecnologías de redes inalámbricas y transmisión de datos utilizadas en la agroindustria y sus ventajas. En la Sección 3 se plantean ciertas aplicaciones ligadas con la agroindustria para las WSN. En la Sección 4 se realiza un enfoque en la técnica de CS aplicada a la agroindustria, en la Sección 5 se explica el concepto de bio-sensores y su utilidad en la agricultura y finalmente en la Sección 6 se indican algunas conclusiones y líneas futuras de trabajo en este tema.

2. La tecnología en la agroindustria

La agroindustria, al igual que otras áreas de producción, se ha visto impactada por el amplio uso de tecnologías, entre ellas las WSN, que buscan mejorar la eficiencia en la producción agrícola mediante el reemplazo de la mano de obra por tecnología electrónica y automatizada para ciertas labores. Utilizando estas tecnologías, por ejemplo, el tiempo de inspección, cosecha o siembra en un campo agrícola se puede reducir considerablemente, además que se evita el agotamiento de los trabajadores, ya que se pueden monitorear cultivos a grandes distancias utilizando las ventajas de una WSN. Un ejemplo de esto se tiene en [1] donde se documenta el uso de las WSN para desplegar sensores cerca de cada planta en un maizal, y tomar mediciones de humedad del suelo, temperatura, iluminación y humectación de las hojas. También se organiza la red de tal manera que puedan hacerse mapas de temperatura del campo para combatir plagas, y también determinar y controlar el sistema de riego. Los sensores toman mediciones cada minuto y se aprovecha la energía evitando tener información en tiempo real. La implementación de esta red es poco costosa ya que cada sensor tiene un valor de un dólar, lo que permite ser accesible para cualquier tipo de aplicación en el campo y en todo tipo de cultivos. La tecnología utilizada es llamada LOFAR (Low Frequency Array) para lograr lo que se denomina agricultura de precisión. Un esquema de la red es mostrada en la Figura 1.

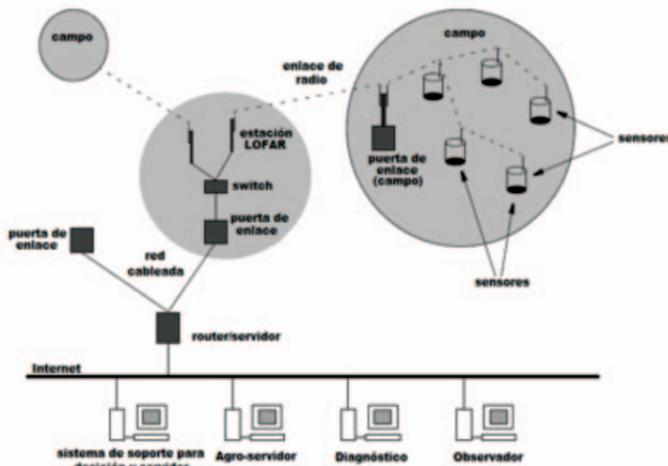


Figura 1. Esquema de LOFAR WSN para la agricultura de precisión.

*Figura modificada de la versión original, traducida al español [1]

Las WSN tienen diversas aplicaciones para la agricultura como lo son: medición de las condiciones climáticas, irrigación inteligente, monitorización y control de plagas, agricultura de precisión, entre otras. Un estudio de ciertas ventajas que tienen las WSN, así como algunos problemas que trae su uso se presenta en [2]. Entre las ventajas que mencionan están:

- Irrigación: permite el aprovechamiento de lugares con escasos recursos de agua controlando el riego mediante las WSN.
- Fertilización: se puede automatizar el proceso de dispersión de fertilizadores (cantidad, tiempo, lugar, etc.) para aprovechar el uso

de la tierra, afectando el crecimiento de las plantas y su calidad.

- Control de plagas: en el artículo se menciona la implementación actual de las WSN para el control de plagas y hongos dañinos. Esto mejora a reducir enfermedades en las plantas modificando las condiciones del ambiente en ciertas aplicaciones para que sean apropiadas para la planta.
- Monitoreo de animales y pasto: mediante sensores GPS, que se pueden considerar como WSN a gran escala, se monitorea posición de animales, control de los límites de terrenos mediante emisión de sonidos alertando al animal de ellos. Al igual que con otras plantaciones se puede utilizar para el monitoreo de pasto.
- Invernaderos: ya que se trata de ambientes cerrados, se puede modificar temperatura del aire, intensidad de la luz, humedad y temperatura de la tierra.

En [3] se introduce el concepto de agricultura de precisión (PA – Precision Agriculture), mostrando todas las ventajas que trae consigo una forma de cultivo controlada, manejando la aplicación de semillas y sustancias químicas como fertilizantes y pesticidas solo donde sean necesarios y en la cantidad adecuada, lo que es beneficioso para el ambiente y la salud de los consumidores, además de generar ahorros económicos a los productores, menos pérdidas debido al mal uso de pesticidas, y la reducción de la resistencia de las plantas a estos químicos.

Otra aplicación práctica, con resultados experimentales, propuesta en [4] para el monitoreo de invernaderos de melón y repollo, analiza la posibilidad de utilizar esta tecnología a nivel doméstico. Se implementa una pequeña red utilizando redes de área local (LAN) y dispositivos inteligentes como PDAs para acceder a la información. De igual forma que en [2], se presentan los problemas que afronta una WSN al ser aplicadas en la agroindustria.

En general, el principal problema de las WSN es el consumo de energía, ya que en una red inalámbrica cada dispositivo debe tener una fuente de energía portátil o baterías, que le permitan realizar todos los procesos de adquisición de datos y comunicación que requiere la red. Otra forma de afrontar el problema energético de las WSN en la agroindustria es el uso de energías renovables. Por ejemplo, en [5], se ha estudiado la posibilidad de utilizar la energía eólica para recargar las baterías de los nodos en terreno. Este tipo de energía renovable es un sustituto para la energía solar, ya que a pesar de tener una gran capacidad de generación, para este campo no se necesita una gran cantidad de potencia, por lo que puede reducir los costos y tamaños de los aerogeneradores a lo necesario en los campos de agricultura. Algunos métodos como: baterías recargables, energía cinética, energías renovables y técnicas de procesamiento de datos también son utilizados para mejorar el uso de las baterías. Otro método propuesto es el modo de hibernación, el cual permite a cada sensor apagar los transmisores, los cuales sólo se encienden cuando la información está lista para ser transmitida. El transmisor solo envía cambios en los datos enviados anteriormente, esto reduce en gran cantidad el tamaño de los datos que deben ser enviados, ahorrando energía (transmisión inteligente).

Otro factor importante en la aplicabilidad de las WSN son los sensores, que deben ser resistentes a los efectos climatológicos y

de pequeño tamaño para su fácil despliegue en el campo de trabajo. Además, se deben colocar de tal forma que cubran todo el área de estudio, y se debe encontrar la distancia óptima entre cada sensor para no tener fallas ni desconexiones dentro de la red. El avance de la tecnología ha hecho posible la disminución en tamaño de los sensores y el aumento de funciones añadidas a estos, lo cual facilita su aplicabilidad en la agroindustria.

La WSN exhibe una ventaja primordial, y es que permite la interconexión y cooperación entre los dispositivos, y esto permite el diseño en diferentes topologías de red y comunicación multi-saltos. Estas topologías reducen en gran medida ciertos parámetros como ancho de banda y la energía utilizada por cada sensor. Estudios presentados en [6] demuestran que ante otras tecnologías ZigBee (estándar de la IEEE 802.15.4) es el mejor estándar para el monitoreo de la agricultura e industria alimentaria por el bajo consumo de potencia para aplicaciones a gran escala. El estándar ZigBee para la comunicación inalámbrica de una WSN permite prolongar el tiempo de vida de las baterías en los dispositivos sensores, además de soportar distintas topologías permitiendo miles de nodos sensores. Al tener en cuenta estas características no hay duda de que este estándar es ideal para aplicaciones agroindustriales.

3. Aplicaciones de WSN en la agroindustria

Ya mencionadas anteriormente, las WSN en la agroindustria traen consigo muchas ventajas que las hacen una propuesta viable para cualquier tipo de procedimiento agrícola. Las aplicaciones para WSN en el área agroindustrial pueden clasificarse como en [7]: el sector agrícola, medioambiente, salud e industria. Esta clasificación la basan en factores como cómputo requerido, tamaño de memoria, tamaño de la red, ancho de banda, ubicación en los nodos, etc. La orientación principal de agricultura de precisión es el monitoreo de especies, tanto vegetal como animal, monitoreo de productos agrícolas relacionado con la logística de los mismos, automatización de cultivos, predicción de cosechas etc. de agricultura de precisión, que involucran el control y medición de toda práctica agrícola. Por ejemplo en [7] se presenta un estudio para combatir la fitóftora en los cultivos de papa se realizó a partir de 100 nodos sensores, además de un análisis de condiciones de temperatura, salinidad y humedad de suelo en los cultivos de repollo. De igual forma se presenta un ejemplo con un cultivo de champiñones, donde se determinó que la topología de estrella resulta de gran ayuda para cubrir espacialmente un cultivo. Estos estudios arrojan resultados importantes de control de riego de fungicidas. En especial se determinó la reducción de la cobertura de los dispositivos de comunicaciones debido al crecimiento de los cultivos, por lo que se implementaron métodos para controlarlo de manera efectiva en ciertos cultivos.

Las WSN pueden ser implementadas para estudiar el impacto del uso de los suelos y los cambios que esto trae en ecosistemas áridos [8]. El objetivo es poder brindarle al productor una forma eficiente y viable de mantener los cultivos en donde se puede evitar el desgaste del suelo y por ende que se convierte en un terreno árido e insostenible. De esta manera se logra analizar los suelos y así poder implementar distintas políticas de uso de suelo que hagan la actividad

agrícola una actividad sostenible.

De igual forma se puede utilizar de tecnología como GSM para la comunicación y monitoreo remoto desde un dispositivo móvil de campos agrícolas, como por ejemplo el expuesto en [9] para cultivos de maíz. El modelo en [9] es diseñado e implementado con el propósito de estudiar distinta situaciones ambientales evitando la exposición de trabajadores en el campo, por lo que se reducen los efectos secundarios del trabajador en la agroindustria, como daños causados por la radiación solar, condiciones climatológicas, etc.

Una aplicación un poco más compleja es el monitoreo del comportamiento animal utilizando una WSN geo-referenciada como el estudio en [10] basado en GPS. Específicamente en la cría de todo tipo de ganado mediante la colocación de collares GPS que permitan monitorear en todo momento el comportamiento animal y su interacción con el ambiente. Utilizando imágenes satelitales se puede lograr obtener información muy importante y de forma eficaz sobre la localización, por ejemplo, de todas las reses en un terreno. Esto traería un impacto en el costo y calidad de vida del personal dedicado a esta actividad ya que de forma remota puede obtener información necesaria sin tener que ir personalmente al terreno. Las complicaciones en esta aplicación surgen desde el punto de vista de las comunicaciones, ya que si se desea ver esta implementación como una gran WSN utilizando satélites y receptores GPS, involucraría costos elevados, así que valdría la pena tomar otras consideraciones para poder tener un sistema dinámico pero efectivo y fiable. Otros obstáculos como las fuentes de energía, rango de detección de los sensores y sincronización, de igual forma podrían afectar este tipo de implementaciones. La integración de una WSN con el sistema GPS, donde se puede utilizar una red en el terreno podría ser utilizada desde otra perspectiva como marcar puntos limitantes del terreno para evitar pérdidas de los animales, detección de proximidad para estudiar de mejor manera el comportamiento de cada uno de ellos, etc.

4. CS para las WSN en la agroindustria

Una WSN se compone de muchos sensores, transmisores y receptores inalámbricos desplegados en un área determinada que deben enviar y recibir la información de manera efectiva y sin pérdidas de datos. Al estudiar una WSN en la agroindustria, vemos que su principal y mayor limitante es el consumo de energía. En [11] se hace énfasis en que un dispositivo sensor puede consumir igual o más energía en el proceso de muestreo, comparado con los demás procesos de procesamiento y transmisión de datos. Todos estos problemas energéticos pueden ser afrontados mediante técnicas de procesamiento de datos y mejoras en los métodos de transmisión. Así, el muestreo compresivo se presenta como un método de reducción del consumo de energía en el proceso de obtención de la información por parte del sensor. En [11,12] se presenta un análisis experimental de distintos dispositivos utilizados y su comparación con el resto de los procesos llevados a cabo en una WSN. El muestreo compresivo permite adquirir información con menos muestras que los sistemas tradicionales (basados en la razón de Nyquist) lo que ahorra tiempo de procesamiento y consumo de energía. El requerimiento para poder implementar muestreo compresivo es que la información captada

debe ser esparza en algún dominio. En [11] se ilustran diversas aplicaciones como mediciones de temperatura, sismos y CO₂, donde las señales se pueden representar de forma esparza, por lo que son compresibles, permitiendo usar CS en forma efectiva. Como resultado se logran ahorros en los procesos de muestreo y consumo de energía. CS se vale de algoritmos de optimización para reconstruir la información a partir de la poca información recolectada. Esta reconstrucción es eficaz, fiable y se utilizan mucho menos sensores activos y por lo tanto hay un menor consumo de energía [11,12].

5. Bio-sensores en la agroindustria

Un bio-sensor es una combinación de una parte biológicamente sensible con un sistema electrónico, de modo que la reacción de reconocimiento molecular que tiene lugar en la parte biológica se traduce en señal eléctrica que luego es amplificada, procesada y convertida en la forma deseada en el sistema electrónico. Estos sensores poseen un mercado establecido y creciente en laboratorios analíticos y clínicos, en procesos tecnológicos industriales, en tecnología militar y aeronáutica, en la terapia médica "in vivo" (monitoreo de pacientes), la agricultura, y el monitoreo y control del medio ambiente, en el control de la fermentación y en el análisis de los alimentos [13]. Específicamente sus usos pueden extenderse a aplicaciones como el estudio de maduración de frutos, estudios de contaminación y monitoreo de procesos de fermentación, detección de bacterias o parásitos [14,15]. En la agricultura además de un elemento de medición y muestreo, un bio-sensor puede representar un elemento fertilizante de la planta, o un elemento totalmente biodegradable para evitar su recolección una vez se alcance la época de cosecha de un cultivo.

La utilización de bio-sensores en la agroindustria incorporados dentro de una WSN eficiente en donde este dispositivo pueda ser integrado al crecimiento de la planta o animal, y que a pesar de ser un proceso invasivo sea beneficioso en residuos minerales al producto final. Otro beneficio que ofrece es no tener que retirar de la planta o animal el sensor después del proceso de monitoreo, medición o aplicación de medicación.

6. Consideraciones finales

Todas las técnicas descritas describen tecnologías y métodos aplicados a las WSN en la agroindustria. Una de las grandes ventajas de redes WSN es su fácil implementación e instalación y la reconfiguración remota. Por otro lado, la utilización de bio-sensores podría ser beneficiosa desde la perspectiva de que están hechos de materiales minerales que al degradarse pueden ser utilizados como nutrientes y porque no se necesitan retirarse del objeto de estudio.

El crecimiento de la población mundial y las problemáticas asociadas al cambio climático requieren que el mercado de la agroindustria sea eficiente y sostenible. Para esto se necesita que se propongan nuevas aplicaciones innovadoras para la producción agrícola. Una solución podría ser la combinación de la tecnología compresiva aplicada en las redes WSN conjuntamente con sensores o bio-sensores (incluyendo bioMEMs) eficientes que incorporen más funciones con un tamaño apropiado en el sector. Algunas de estas

aplicaciones pueden ser el monitoreo del producto final durante su traslado desde el productor al mercado, sensores desechables de bajo costo para evitar el proceso de recolección de cada uno de ellos en grandes cultivos, sensores aplicables directamente en las plantas, equipos sensores con químicos para alejar plagas, etc. Todas esas aplicaciones ofrecerían ventajas en cuanto a que mejoran la calidad de vida del productor, representan menos costos y mayor eficiencia para el cultivo de alimentos.

Referencias

- [1] A. Baggio, "Wireless sensor networks in precision agriculture". In *ACM Workshop on Real-World Wireless Sensor Networks (REALWSN 2005)*, Stockholm, Sweden. June, 2005.
- [2] A. Abbasi, N. Islam & Z. Shaikh, "A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture". *Computer Standards & Interfaces*, 36(2), 263-270. 2014.
- [3] R. Bongiovanni, J. Lowenber, "Precision Agriculture and Sustainability". In *Precision Agriculture*, 5(4), 359-387, 2004.
- [4] S. Yoo, J. Kim, T. Kim, S. Ahn, J. Sung & D. Kim, "A 2 S: automated agriculture system based on WSN". *IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE 2007)*, pp. 1-5, June, 2007.
- [5] A. Nayak, G. Prakash & A. Rao, "Harnessing wind energy to power sensor networks for agriculture". *2014 IEEE International Conference on Advances in Energy Conversion Technologies (ICAECT)*, pp. 221-226, January, 2014.
- [6] L. Ruiz-Garcia, L. Lunadei, P. Barreiro & I. Robla, "A review of wireless sensor technologies and applications in agriculture and food industry: state of the art and current trends". *Sensors*, 9(6), 4728-4750. 2009.
- [7] A. Murillo, M. Pen & D. Martínez, "Applications of WSN in health and agriculture". In *Communications Conference (COLCOM), 2012 IEEE Colombian*, pp. 1-6, May, 2012.
- [8] J. Romo-Leon, W. van Leeuwen & A. Castellanos-Villegas, "Using remote sensing tools to assess land use transitions in unsustainable arid agro-ecosystems". *Journal of Arid Environments*, 106, 27-35. 2014.
- [9] N. Sakthipriya, "An Effective Method for Crop Monitoring Using Wireless Sensor Network". *Middle-East Journal of Scientific Research*, 19(11), 1546-1548. 2014.
- [10] R. Handcock, D. Swain, G. Bishop-Hurley, K. Patison, T. Wark, P. Valencia & C. O'Neill, "Monitoring animal behavior and environmental interactions using wireless sensor networks, GPS collars and satellite remote sensing". *Sensors*, 9(5), 3586-3603. 2009.
- [11] M. Razzaque, S. Dobson, "Energy-Efficient Sensing in Wireless Sensor Networks Using Compressed Sensing". *Sensors*, 14(2), 2822-2859. 2014.
- [12] F. Fazel, M. Fazel & M. Stojanovic, "Random access compressed sensing for energy-efficient underwater sensor networks", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 29(8), pp. 1660-1670, 2011.
- [13] S. Mohanty, E. Kougiannos, "Biosensors: a tutorial review". *Potentials, IEEE*, 25(2), 35-40. 2014.
- [14] Y. Chai, et al. "Design of a surface-scanning coil detector for direct bacteria detection on food surfaces using a magnetoelastic biosensor." *Journal of Applied Physics* 114.10 (2013): 104504.
- [15] S. Li, Y. Li, H. Chen, S. Horikawa, W. Shen, A. Simonian & B. Chin, "Direct detection of *Salmonella typhimurium* on fresh produce using phage-based magnetoelastic biosensors. *Biosensors and Bioelectronics*, 26(4), pp. 1313-1319, 2010.

Agotamiento de IPv4 en la región latinoamericana

Yarisol Castillo

Centro Regional de Chiriquí, Universidad Tecnológica de Panamá
 yarisol.castillo@utp.ac.pa

Resumen: Una dirección IP es un número asignado a cada aparato conectado a Internet que permite identificar el destino del tráfico por la web en todo el mundo. Es un hecho que las direcciones IP basadas en la actual versión del protocolo IPv4 se terminarán en corto plazo, proceso que ha sido denominado agotamiento de direcciones IP. Este artículo tiene como finalidad dar a conocer los procesos y etapas que involucran el agotamiento de direcciones del protocolo IPv4 en la región Latinoamericana y las directrices a seguir establecidas por el Registro de Direcciones de Internet para América Latina y el Caribe (LACNIC), con el objetivo de realizar cambios en los procedimientos de asignación dependiendo de la etapa de agotamiento donde uno se encuentre.

Palabras claves: Protocolo, stock, IPv4, IPv6.

Title: Exhaustion of IPv4 in the Latin-American region

Abstract: An IP address is a number assigned to each device connected to the Internet that allows identifying the targeted traffic for the web worldwide. It is a fact that based on the current version of IPv4 IP addresses will be exhausted in the short term, this process has been called exhaustion of IP addresses. This article aims to present the processes and stages that involve the depletion of IPv4 addresses in the Latin American region and to follow the guidelines established by the Internet Address Registry for Latin America and Caribbean (LACNIC), with the purpose of making changes in assignment procedures depending on the stage of exhaustion where we are.

Key words: Protocol, stock, IPv4, IPv6.

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 17 de julio de 2014

Fecha de aceptación: 22 de septiembre de 2014

1. Introducción

El protocolo de Internet versión 4 (IPv4) es la cuarta versión del protocolo IP y el primero en ser implementado a gran escala. Este protocolo está definido en el RFC (Request for comments) 791 [1]. IPv4 usa direcciones de 32 bits, tiene un espacio de 4.294.967.296 direcciones únicas, aunque parecen muchas no todas pueden ser utilizadas. Hay muchos factores que han contribuido a que poco a poco se vayan minimizando estas direcciones. La población mundial actual es aproximadamente de 7.237.864.615 millones de habitantes [2], de los cuales 87% tienen celular y 35% usan Internet, y la mayoría utiliza varias direcciones IP, por lo que ya no resultan ser tantas direcciones, de aquí surge el concepto de agotamiento.

Para poder organizar toda la asignación de direcciones a nivel global se hace uso de la distribución de espacio de los recursos de numeración siguiendo un esquema jerárquico, como se muestra en la Figura 1.

Para el área de Latinoamérica y el Caribe el espacio de direcciones IP es distribuido por IANA a LACNIC, para ser a su vez distribuidos y asignados a Registros Nacionales de Internet (NIRs), Proveedores de Servicios de Internet (ISP) y usuarios finales. La organización lleva entregadas más de 182 millones de direcciones IPv4 en América Latina y el Caribe desde el inicio de sus operaciones en 2002.

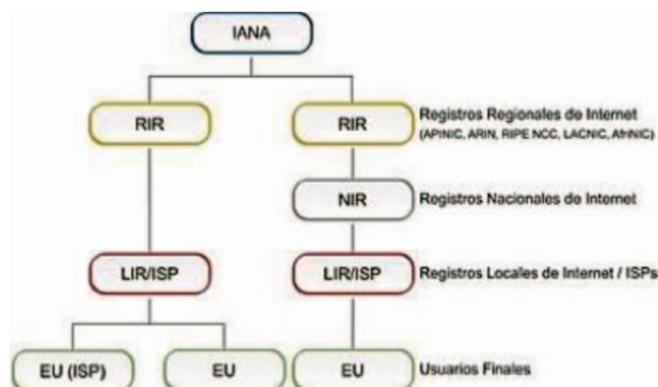


Figura 1. Estructura jerárquica para la administración de las direcciones IP.

2. Definición de Agotamiento IPv4

El término agotamiento IPv4 [3] se refiere a la etapa de reservas donde las asignaciones se restringen en tamaño y periodicidad. Este agotamiento implica que LACNIC, el ente encargado de asignar las direcciones para América Latina y el Caribe, no va a tener suficientes direcciones para cubrir las necesidades de direccionamiento IPv4 de sus miembros.

Los Registros de Internet han sido establecidos con la finalidad de hacer cumplir los objetivos de exclusividad, conservación, asignación de rutas e información. Este sistema consiste de Registros de Internet (IR) organizados jerárquicamente. Los espacios de direcciones IPv4 son típicamente asignados a los usuarios finales por los ISPs o los NIRs.

Con miras a solventar los problemas de agotamiento se discutieron una serie de restricciones y se definió un Manual de Políticas cuya última versión, hasta el momento de redactar este artículo, es la v2.1 del 25 de marzo del 2014 elaboradas por LACNIC.

Estas políticas [4] son presentadas con el propósito de asistir a los Registros de Internet en el proceso de solicitud de espacio adicional de direcciones IPv4. El factor más importante en la evaluación de las solicitudes de espacio adicional de direcciones IPv4 es la revisión del espacio actual de direcciones IPv4 de las entidades solicitantes.

3. Descripción del proceso de agotamiento

Cuando el espacio libre de LACNIC alcance el equivalente a un /10 (aproximadamente 4.2 millones de direcciones), las políticas relacionadas con el agotamiento entran en funcionamiento. Estas son las etapas cuando se alcance este límite:

- Período soft-landing
- Recursos para nuevos entrantes
- Agotamiento final

Los criterios de asignación IPv4 ya no serán basados en las necesidades, incluso si una organización justifica la necesidad, solamente un bloque de tamaño fijo le será asignado.

En el primer período, denominado soft-landing, un bloque /11 estará disponible; organizaciones nuevas o existentes podrán obtener prefijos de hasta un /22 cada seis meses si es justificado apropiadamente. Esto significa que:

- Habrá 1024 bloques disponibles
- Máximo un /22 (1024 direcciones) cada seis meses

Luego de agotado este pool destinado a la fase de soft-landing, un segundo bloque /11 estará disponible exclusivamente para los nuevos entrantes al mercado. Cada nueva organización podrá solicitar hasta un /22 cada seis meses.

La finalización del protocolo IPv4 comprende 4 fases fundamentales [5] (Figura 2) que se detallan a continuación:

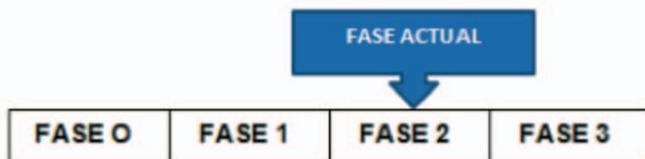


Figura 2. Fases de agotamiento del protocolo IPv4.

3.1 Fase 0

Se inicia con la entrada en vigencia de la fase de agotamiento hasta llegar al espacio equivalente al último /9.

- Las solicitudes son tratadas en el orden de llegada mediante un sistema de tickets. Solo el NIR de México (NIC.MX), como el de Brasil (NIC.br), administran sus tickets de forma independiente de LACNIC.
- Toda solicitud que esté incompleta y requiera información adicional de parte del solicitante pasa al final de la cola de tickets y será respondida cuando se vuelva a llegar a ese ticket una vez el cliente haya aportado la información requerida.
- Se procede a evaluar dichas solicitudes tomando como referencia el capítulo 2 descrito en el manual de políticas y las asignaciones serán otorgadas en base a la necesidad justificada.
- Si las solicitudes son iguales o mayores a un /15 son evaluadas en forma conjunta con los NIRs y LACNIC.
- Si las solicitudes son iguales a un /16 son evaluadas en conjunto por 2 hostmasters dentro de la misma entidad.
- Para asignar la dirección, una vez aprobada la solicitud, las asignaciones son realizadas directamente por el hostmaster de cada entidad.

3.2 Fase1

Inicia cuando se alcance al equivalente al último bloque /9, incluyendo los dos /11 reservados para la terminación gradual de IPv4 y para nuevos entrantes.

- Se realizan los pasos 1 y 2 de la fase anterior.
- Una vez cumplido todos los requisitos para la aprobación, el hostmaster cargará los datos de la solicitud en un formulario web con la siguiente información:
 - *Número de Ticket*
 - *Fecha y hora UTC de ingreso de la solicitud.*
 - *Fecha y hora UTC de aprobación de la solicitud.*
 - *Organización y ownerID*
 - *Bloque pre-aprobado*
- Se enviará esta información a un sistema de pre-aprobaciones que las ordenará automáticamente de la más antigua a la más nueva, tomando en cuenta la fecha de creación del ticket del cliente.
- Se trabajará con la asignación de las pre-aprobaciones.
- En caso de tratarse de una solicitud adicional se procede a asignar al siguiente día hábil de hecha la pre-aprobación.
- Como criterios de evaluación se repiten los paso 3, 4 y 5 de la fase anterior.
- Las asignaciones serán realizadas directamente por el hostmaster de cada entidad al siguiente día hábil de su pre-aprobación.

3.3 Fase 2

Inicia cuando se alcance el último bloque /10. En esta fase se activa el punto 11.2 del manual de políticas, donde se reservará un bloque de prefijo /11 para una terminación gradual.

En esta etapa, sólo se podrán asignar bloques desde un prefijo /24 hasta un /22, pudiendo recibir un bloque adicional cada 6 meses. Esta mecánica se llevará de igual forma todos los días hasta que llegue el momento en que termine el /11 reservado para terminación gradual.

El manejo de solicitudes se tratará igual que la Fase anterior, siguiendo los pasos del 1 al 6.

Como criterios de evaluación las solicitudes serán tratadas de acuerdo a lo estipulado en el capítulo 11.2 del manual de políticas y deberán cumplir los requisitos de solicitud inicial o adicional establecidos en el capítulo 2 del manual de políticas.

Es importante destacar que a partir de este momento dejan de existir análisis conjuntos entre LACNIC y NIRs para solicitudes de IPv4 y tampoco se hacen solicitudes en conjunto entre hostmasters dentro de los NIRs o LACNIC.

Las asignaciones serán realizadas directamente por el hostmaster al siguiente día hábil de ser realizada su pre-aprobación.

3.4 Fase 3

Inicia cuando se agote el bloque /11 de terminación gradual. Esta reserva será el último espacio disponible de LACNIC, el cual está compuesto de una reserva de prefijo /11 junto con bloques IPv4 que fueron recuperados. De este espacio solo se podrán hacer asignaciones entre un /22 y un /24. Cada nuevo miembro podrá recibir solamente una asignación inicial de este espacio.

El manejo de solicitudes se tratará igual que la Fase 0, siguiendo los pasos del 1 al 2.

Como criterios de evaluación las solicitudes serán tratadas de acuerdo a lo estipulado en el capítulo 11.1 del manual de políticas y deberán cumplir los requisitos de solicitud inicial establecidos en el

capítulo 2 del manual de políticas. En esta fase es importante aclarar que sólo se tomarán en cuenta las solicitudes iniciales. Las asignaciones serán realizadas directamente por el hostmaster de cada entidad.

4. Fechas de agotamiento importantes en la evolución del pool IPv4

La fecha de agotamiento tendrá lugar en todos los continentes a la vez, ya que todos los registros siguen políticas de asignación similares con stock de alrededor de 12 a 18 meses para cada asignación. Únicamente algunas organizaciones que solicitaron direcciones en la era anterior a los CIDR y RIR (Registro de Internet Regional) tienen un stock importante.

Entre algunas de las fechas de agotamiento podemos mencionar:

- IANA agotó su espacio /8 en Enero de 2011.
- APNIC fue el primer RIR en quedarse sin espacio IPv4 a fines de 2011.
- RIPE NCC agotó su espacio IPv4 en 2012.
- LACNIC agotó su espacio para IPv4 entre mayo y junio 2014.

En la estructura jerárquica de asignación de direcciones IP es importante recordar que IANA asignaba bloques /8 a los RIRs Registros de Internet Regionales (LACNIC por ejemplo).

Los RIRs asignan bloques de varios tamaños a sus organizaciones miembros, estos miembros los utilizan en su propia infraestructura (usuarios finales) o las asignan a sus clientes (ISPs).

5. Conclusiones

Gracias a la existencia de estas políticas se prevé una mejor administración de recursos para un agotamiento gradual de IPv4, así como también el permitir acceso a nuevos actores que quieran iniciar sus actividades de Internet en un futuro.

Como consecuencia de este agotamiento habrá un Mercado de direcciones IP, lo que significa la compra de IPs y cada vez va a resultar más costoso tener IPv4.

El pasado 10 de junio del 2014, LACNIC informó a través de su página web que se había agotado el stock de direcciones IPv4 y expresó su preocupación por la demora de operadores y gobiernos en desplegar el protocolo de Internet (IPv6) en la región. En ese momento se alcanzó la cuota de 4.194.302 direcciones IPv4 en su stock, lo que significa un /10, e inmediatamente empezaron a regir políticas restrictivas para la entrega de recursos de Internet en el continente, que en la práctica significan el agotamiento de las direcciones de IPv4 para los operadores de redes en América Latina y el Caribe.

En otras palabras dicha situación significaba que sólo se podían asignar cantidades muy pequeñas de direcciones IPv4, insuficientes para cubrir las necesidades de la región Latinoamericana.

Desplegar el protocolo IPv6 adquiere hoy más que nunca un sentido de urgencia, volviéndose inevitable e inaplazable si los proveedores de conectividad desean satisfacer la demanda de sus clientes y de nuevos usuarios.

A pesar de que el 67% de las entidades miembros de LACNIC y los Registros Nacionales NIC.br y NIC.MX. ya cuentan con direcciones IPv6 asignadas es preocupante ver que hay muchos operadores y

empresas que todavía no han dado los pasos necesarios para afrontar debidamente esta circunstancia.

Internet crece a pasos agigantados y cada vez surgen más oportunidades de negocios. Se estima que en nuestra región habrá decenas de millones de nuevos usuarios de Internet en el próximo año. Para poder satisfacer la demanda de los siguientes años, es indispensable la implementación de IPv6 en todas las redes de acceso y en los servicios de contenidos de nuestra región.

Referencias

- [1] RFC791, «Internet Protocol Darpa Internet Program Protocol Specification,» septiembre 1981. [En línea]. Available: <http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt>. [Último acceso: 10 junio 2013].
- [2] «countrymeters,» [En línea]. Available: <http://countrymeters.info/es/World>. [Último acceso: 12 junio 2014].
- [3] LACNIC. [En línea]. Available: <http://www.lacnic.net/web/lacnic/agotamiento-ipv4>. [Último acceso: 6 junio 2014].
- [4] LACNIC, «Manual de Políticas,» LACNIC, [En línea]. Available: <http://www.lacnic.net/web/lacnic/manual-11>. [Último acceso: 11 junio 2014].
- [5] S. Rojas, «Procesos de Servicio de Registro durante agotamiento IPv4,» de Lacnic 21, Cancún, México, 2014.

Tecnologías de comunicación para redes de potencia inteligentes de media y alta tensión

N. Poveda D. | C. Medina | M. Zambrano

Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá
{neyra.poveda, carlos.medina, maytee.zambrano}@utp.ac.pa

Resumen: *el buen desempeño de una red de potencia inteligente, mejor conocida como Smart Grid, depende del sistema de comunicación empleado, de aquí la importancia de contar con la tecnología apropiada. En este artículo se presentan las tecnologías de comunicación usadas en los entornos de alta y media tensión, y el objetivo principal es documentar las características generales de cada una de ellas, sus aplicaciones, limitaciones y los estándares empleados. Para mayor comprensión, las mismas se han clasificado según su tipo, en cableadas e inalámbricas.*

Palabras claves: *Smart Grid, sistemas de comunicación para redes de potencia inteligentes, alta y media tensión, tecnologías de comunicación cableadas e inalámbricas.*

Title: *Communication technologies for smart power networks of medium and high voltage*

Abstract: *the good performance of an intelligent power grid, better known as Smart Grid, depends on the system of communication, hence the importance of appropriate technology. This article describes the communication technologies used in the high and medium voltage environment and the main objective is to document the general characteristics of each of them, their applications, limitations and standards. For more insight, these have been classified according to their type, in wired and wireless.*

Key words: *Smart Grid, communication systems for smart power networks, high and medium voltage, wired and wireless power communication technologies.*

Tipo de Artículo: original

Fecha de recepción: 11 de septiembre de 2014

Fecha de aceptación: 12 de noviembre de 2014

1. Introducción

El planeta va en camino a enfrentar una crisis energética, por lo que las medidas que se puedan tomar en la actualidad no se deben hacer esperar, y una de las soluciones a este problema es la implementación de un sistema de distribución eléctrica modernizado,

que permita el manejo eficiente de la energía. Ante esta necesidad, surge Smart Grid, el cual provee de inteligencia al sistema de potencia eléctrico, permitiendo así el manejo eficiente de los sistemas eléctricos en donde se logra la reducción de pérdidas, se identifica y controla el consumo real eficazmente.

El concepto Smart Grid hace referencia a un modernizado sistema de distribución eléctrica que realiza un control automatizado del flujo de energía desde la central generadora hasta los consumidores, proporcionando mayor seguridad, rentabilidad y eficiencia. El mismo se caracteriza por el flujo bidireccional de energía y de información, permitiendo que el usuario interactúe de forma directa con la central generadora. Smart Grid también incluye servicios como el control de electrodomésticos, ahorro de energía y reducción de costos, proveyendo al cliente de herramientas que le ayuden a decidir cómo y cuándo consumir energía de forma responsable. Otro aspecto importante a considerar con la implementación de Smart Grid es la reducción del impacto ambiental, mediante la disminución del desperdicio de energía al proporcionar sólo la energía solicitada; y mediante la incorporación de energía de fuentes alternativas como la energía eólica y la solar.

Las ventajas que ofrece la moderna red de potencia inteligente sólo son posibles si se emplea la tecnología de comunicación adecuada, ya que ésta es la que va a permitir el control del flujo de energía, el control de fallas y la fiabilidad de todo el sistema. Es por ello que esta selección debe hacerse con mucho cuidado, tomando en cuenta su entorno de aplicación y los requisitos de la red, ya que de esto dependerá el buen funcionamiento de todo el sistema de distribución de energía. La importancia de un buen sistema de comunicación para Smart Grid se indica en [1] y [2] y además se explican algunas de las tecnologías aplicadas. Del mismo modo, tomando en cuenta la importancia de un buen sistema de comunicación, en [3] se indican los requisitos que deben cumplir las futuras arquitecturas de comunicación y se propone un modelo llamado Grid Stat (marco de middleware que proporciona una interfaz de programación) para satisfacer las futuras necesidades de la red de distribución eléctrica.



Figura 1. Infraestructura de comunicación de una red inteligente
*Figura modificada de la versión original, traducida al español [4].

En la Figura 1 se muestra un diagrama con las partes de una red de energía eléctrica y la red de comunicación asociada. La red de área local en el hogar (HAN) proporciona acceso a los

electrodomésticos y la red de área amplia (WAN) conecta el centro de generación de energía, el centro de transmisión, y el centro de control. En este artículo se hace referencia a la red de distribución eléctrica en el área de cobertura WAN, brindando información sobre las tecnologías de comunicación empleadas y los estándares que las regulan. La tecnología de comunicación empleada dependerá del área de cobertura de la red.

A continuación se explican las tecnologías de comunicación implementadas en alta y media tensión, clasificando éstas de acuerdo a su tipo en cableadas o inalámbricas. Cada una de estas tecnologías son explicadas tomando en cuenta sus aplicaciones más importantes, y las limitaciones presentadas dependiendo de su área de cobertura y la vulnerabilidad a las ondas electromagnéticas a las que están expuestas.

2. Tecnologías de comunicación implementadas en Smart Grid

El empleo de las primeras tecnologías de comunicación inalámbricas, en el contexto de redes inteligentes, se presentan en [5], con el propósito de apoyar las necesidades de tráfico de las líneas de transmisión. Luego se realizaron propuestas para apoyar la transmisión con pocas pérdidas a través de la red bajo el estándar IEEE 802.21 (el cual proporciona la información que hace posible la transferencia de datos entre dos estaciones base). Posteriormente, se continúan implementando otros estándares que permiten la integración de aplicaciones, técnicas y soluciones tecnológicas que están disponibles para la red de potencia inteligente pero que carecen de normas ampliamente aceptadas, en [6] se explican algunos de estos estándares.

Otro aspecto importante que se debe tomar en cuenta para la selección de la tecnología de comunicación apropiada en los entornos de alta y media tensión, es que la infraestructura de comunicación en Smart Grid está compuesta por tres sectores de red: núcleo (backbone), media milla, última milla.

El núcleo, corresponde al sector de alta tensión en la red de distribución eléctrica. Soporta la conexión entre numerosas subestaciones y distribuidoras. Cubre una red de área amplia (WAN) y requiere gran capacidad de ancho de banda para la transferencia de datos. Esta red es por lo general de fibra óptica, aunque también puede utilizarse Ethernet, PLC, comunicación satelital, etc.

El sector de media milla, corresponde al área de media tensión en la red de distribución eléctrica. Conecta la infraestructura de medición avanzada (AMI) con las subestaciones y sistemas de distribución. Incluye la tecnología WiMAX, LTE, 3G, fibra óptica, PLC, etc.

Sector de última milla, corresponde al área de baja tensión e incluye las regiones de red que interconectan los hogares presentes en un área (NAN), HAN y AMI. Una variedad de tecnologías cableadas e inalámbricas se pueden implementar en este sector [4].

A continuación se explican las tecnologías de comunicación más utilizadas en los sectores de alta y media tensión.

3. Tecnologías inalámbricas

Las tecnologías de comunicación inalámbricas se han desarrollado

para la transferencia de datos entre dos o más puntos sin la necesidad de contar con una infraestructura física entre ellas. Además, tiene varias ventajas, como su bajo costo de implementación, despliegues rápidos y movilidad, que las hacen muy atractivas para su uso en redes de potencia inteligentes. Sin embargo, éstas deben enfrentar algunos desafíos para su implementación en Smart Grid, como resistencia a las interferencias electromagnéticas [1].

A. LAN inalámbrica

Proporciona una comunicación de punto a punto y punto a multipunto de alta velocidad. Esta tecnología se adoptó bajo el estándar IEEE 802.11 (WiFi), el cual permite que varios usuarios ocupen la misma banda de frecuencias con mínima interferencia entre ellos

Las diversas versiones del estándar 802.11 son: IEEE 802.11b, 802.11a, 802.11g, 802.11n y 802.11i, los cuales presentan velocidades de datos desde los 11 Mbps a los 600 Mbps aproximadamente, en las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5.8 GHz. Emplean las técnicas de modulación DSSS y OFDM. Además el 802.11i conocido como WPA-2 es empleado para mejorar la seguridad cibernética en las redes LAN inalámbricas.

WiFi permite muchas aplicaciones dentro del contexto de Smart Grid, como automatización, protección y control de recursos. Entre las aplicaciones más destacadas basadas en la norma IEC 61850, explicada en [6], se encuentran: fortalecimiento de la protección del transformador, enlace redundante para el sistema de distribución automatizado, protección de línea eléctrica, y control y seguimiento de fuentes de energía renovables remotas.

Por otra parte, esta tecnología presenta algunas limitaciones como: mala disponibilidad de la señal inalámbrica, se ve afectada por las radiaciones electromagnéticas en lugares de alta tensión y no menos importante, las interferencias ocasionadas por las frecuencias de radio que afectan el funcionamiento de los equipos.

B. WiMAX

Una red WiMAX proporciona un ancho de banda de 5 MHz con una velocidad de hasta 70 Mbps a una distancia de 48 Km. Para la comunicación en bandas fijas se han asignado las bandas de frecuencia de 3.5 y 5.8 GHz, mientras que para la comunicación móvil se han asignado las bandas de 2.3, 2.5 y 3.5 GHz. Los espectros con licencias brindan mayor potencia y distancia de transmisión, lo que los hace más adecuado para la comunicación a larga distancia. Está regido por la norma IEEE 802.16d (fijo) y 802.16e (datos móviles). WiMAX ofrece una serie de capacidades, además de su excelente latencia, que hacen de esta tecnología una buena opción para el control de aplicaciones Smart Grid. Posee modulación adaptativa y control de potencia. Igualmente, la red WiMAX permite a un operador priorizar el tráfico de datos mediante lo que se le conoce como calidad de servicio QoS.

Las aplicaciones que proporciona WiMAX en el contexto de redes inteligentes, como se indica en [1], son:

- Redes inalámbricas de lectura automática (WMAR), gracias a la gran cobertura y altas velocidades que presenta.

- Proporciona los precios en tiempo real a los consumidores conectados a la red de distribución eléctrica gracias a su buena latencia [2].
- Detección de interrupción y restauración.

Las limitaciones que presentan la implementación de una red WiMAX son:

- El costo de la construcción de una torre para WiMAX es relativamente alto, ya que ésta debe hacerse de manera óptima para cumplir con la calidad de servicio.
- Las frecuencias por encima de 10 GHz no pueden penetrar a través de obstáculos.

C. Tecnología celular

Es una red de radio distribuida en una extensa zona terrestre, atendida por un transceptor con una ubicación fija conocida como estación base. Incluye la tecnología 3G y 4G que operan en el rango de 824-894 MHz y 1900 MHz. Los sistemas de comunicación celular son rápidos y baratos y permiten una cobertura de comunicaciones de datos sobre una gran área geográfica. La velocidad de transferencia de datos es de 60-240 Kbps, y la distancia depende de la disponibilidad del servicio celular. La transmisión de datos se intercambia entre célula y célula facilitando el flujo de datos ininterrumpido. La ventaja que ofrece la tecnología celular, es que la infraestructura ya está instalada, por lo que se puede hacer uso de ésta para su implementación. Además, con el reciente crecimiento de la tecnología celular 3G y 4G, la velocidad de datos y la calidad de experiencia (QoE) han mejorado mucho.

Las siguientes aplicaciones de la tecnología celular son orientadas a Smart Grid: interfaz SCADA (control de supervisión y adquisición de datos) para la subestación de distribución remota gracias a la gran cobertura que ofrece y seguimiento y medición de fuentes de energía renovables remotas.

Una limitación importante de la tecnología celular es que el establecimiento de la comunicación, por lo general, toma tiempo y la comunicación de datos no es priorizada en caso de eventos especiales.

D. Comunicación satelital

Proporciona la comunicación entre múltiples estaciones terrenas, al permitir el acceso a lugares remotos. Este tipo de comunicación funciona como una repetidora ya que posee la capacidad de recibir y retransmitir información por medio de un dispositivo receptor/transmisor, llamado transpondedor. Emplea frecuencias diferentes para la recepción y la retransmisión con el propósito de que no se den interferencias entre las señales.

Entre las aplicaciones de esta tecnología para Smart Grid están:

- Control y monitoreo remoto, ya que permite una cobertura global. Esto se debe a que en algunos lugares no existe una infraestructura de comunicación por su ubicación lejana.
- Integración de los generadores de energía renovable que por lo general se encuentran apartados.
- Copia de seguridad cuando las infraestructuras de comunicación terrenas se ven afectadas por algún tipo de desastre naturales o

fallas en el sistema.

La comunicación satelital también presenta algunas limitaciones como:

- Los sistemas satelitales poseen un retardo mayor que los otros sistemas de comunicación.
- Las características del canal se ven afectadas por las condiciones meteorológicas.
- Los altos costos asociados a esta tecnología.

4. Tecnologías cableadas

Además de las tecnologías inalámbricas, también se cuenta con tecnologías cableadas, las cuales también poseen ventajas importantes como mayor velocidad de transmisión a grandes distancias e inmunidad frente a interferencias electromagnéticas. Estas ventajas convierten a esta tecnología en una buena opción para su uso en redes de potencia inteligentes de alta y media tensión.

A. Fibra óptica

La fibra óptica presenta importantes características que la hacen ser de uso imprescindible en el entorno de alta tensión, como: su gran capacidad de ancho de banda y su alta inmunidad a las interferencias electromagnéticas y a las radiofrecuencias. La utilización de diferentes longitudes de onda para el tráfico simultaneo ascendente y descendente permite una gran flexibilidad en el enrutamiento y conmutación de señales ópticas. Es por esto que la fibra óptica juega un papel muy importante en los sistemas de comunicación de Smart Grid.

Un aspecto muy importante en las redes inteligentes, es el uso de una infraestructura de comunicación con características de latencia excepcionalmente reducidas. La latencia máxima permitida en un sistema de comunicación para Smart Grid es de 6 ciclos, o 100 ms. Por tanto, la red de comunicaciones que soporta estos escenarios debe respetar estrictamente esta limitación de latencia. La latencia que presenta la fibra óptica es menor de 5 ms por kilómetro de longitud.

Aunque el costo de la instalación de fibras ópticas presenta una limitación, su infraestructura de comunicación es muy rentable gracias a sus características, lo que hace de ésta una buena opción en el entorno de alta y media tensión en donde las distancias son mayores y las radiaciones electromagnéticas más intensas.

B. PLC (Power Line Communication)

La comunicación por líneas eléctricas es una vieja idea que se remonta a principios de 1900, cuando las primeras patentes fueron presentadas en este ámbito. Desde entonces, las empresas de servicios públicos de todo el mundo han estado utilizando esta tecnología para la medición remota y control de carga. PLC es una tecnología para el transporte de datos a través de un conductor utilizado para la transmisión de energía eléctrica, regulado bajo el estándar IEEE P1901.2 y ITU-T G.hnem [6].

En Smart Grid se pueden emplear muchos tipos de tecnologías para la comunicación pero PLC es la única que ofrece un costo menor en cuanto a la infraestructura ya que las líneas ya están disponibles.

Además, otra ventaja del uso de PLC es que permite la comunicación entre los dispositivos de distintas instalaciones eléctricas sólo conectándose al tomacorriente.

Desafortunadamente, PLC también lucha con los problemas de atenuación, ruido y distorsión que se encuentran en comunicaciones de RF (radio frecuencias) cuando se comunica a través del cableado de energía eléctrica ya que la línea de alimentación no se diseñó en su principio para la transmisión de datos, en [7] se describen las siguientes limitaciones que se deben tomar en cuenta:

- La variación de la impedancia y la condición de canal.
- Ruido blanco en la naturaleza.
- Atenuación correspondiente a la frecuencia utilizada.
- Cambio de fase (de monofásico a trifásico y viceversa) entre arquitecturas interiores y exteriores.

A continuación se explicarán las aplicaciones más destacadas de PLC en la red inteligente, en los niveles de alta y media tensión.

Alta Tensión: Las tecnologías PLC que operan a través de líneas de alta tensión de CA y CC de hasta 1.100 KV en la banda de 40-500 KHz permiten velocidades de datos de unos pocos cientos de Kpbs y juegan un papel importante en las redes de alta tensión debido a su alta fiabilidad, bajo costo y largo alcance [7].

El ruido que se presenta en una línea de transmisión de alta tensión es causado principalmente por el efecto corona (fenómeno eléctrico que se produce en los conductores de las líneas de alta tensión y se manifiesta en forma de halo luminoso a su alrededor) y otros eventos de fuga o de descarga. En comparación con las líneas de medio y bajo voltaje, las líneas de alta tensión son un mejor medio de comunicación que se caracteriza por una baja atenuación.

PLC además de proporcionar conectividad, también se utilizan para la detección de averías remotas como detección de aislante roto, aislador de cortocircuito y rotura del cable; y para determinar el cambio en la altura sobre el suelo de conductores aéreos horizontales de alta tensión.

Media Tensión: Un aspecto importante para el futuro de las redes inteligentes es la capacidad de transferir datos sobre el estado de la red de media tensión donde la información de los equipos y de las condiciones del flujo de potencia debe ser transmitida entre las subestaciones dentro de la red. Los materiales empleados en la construcción de la infraestructura de la red de media tensión son de hace muchos años, por lo que la detección de averías y la vigilancia se han convertido en un aspecto muy importante hoy en día.

Algunas aplicaciones de la comunicación por líneas de media tensión son:

- Control remoto para la prevención de fenómenos de islas.
- Verificación de la temperatura de los transformadores.
- Control de la tensión en el secundario de los transformadores.
- Encuestas de fallas.
- Medición de calidad de energía.

5. Conclusión

En los entornos de alta y media tensión, los requerimientos de los sistemas de comunicación son más exigentes debido al área de cobertura y las interferencias electromagnéticas. Conocer los tipos de

tecnologías disponibles, así como las aplicaciones y limitaciones que presentan cada una, ayudan a realizar una comparación equitativa para la selección de la mejor tecnología dependiendo del lugar de aplicación.

Además de las tecnologías explicadas, se espera que se implemente la comunicación por protocolo IP a redes de potencia inteligentes, superando ciertas limitaciones por medio de Middleware y QoS, por lo que se recomienda ampliar sobre este tema en artículos futuros.

Referencias

- [1] P. Parikh, M. Kanabar, T. Sidhu, "Opportunities and challenges of wireless communication technologies for smart grid applications," *IEEE Power and Energy Society General Meeting*, pp.1-7, 25-29, July 2010
- [2] V.Sood, D. Fischer, J. Eklund, T. Brown, "Developing a communication infrastructure for the Smart Grid," *IEEE Electrical Power & Energy Conference*, pp.1-7, 22-23 Oct. 2009
- [3] C. Hauser, D. Bakken, A. Bose, "A failure to communicate: next generation communication requirements, technologies, and architecture for the electric power grid," *IEEE Power and Energy Magazine*, vol.3, no.2, pp.47-55, March-April 2005
- [4] R. Amin, J. Martin, X. Zhou, "Smart Grid communication using next generation heterogeneous wireless networks," *IEEE Third International Conference*, pp.229-234, 5-8 Nov. 2012
- [5] K. Hung, W. Lee, V. Li, K. Lui, P. Pong, K. Wong, G. Yang, J. Zhong, "On Wireless Sensors Communication for Overhead Transmission Line Monitoring in Power Delivery Systems," *Smart Grid Communications (SmartGridComm), First IEEE International Conference*, pp.309-314, 4-6 Oct. 2010
- [6] V. Gungor, D. Sahin, T. Kocak, S. Ergut, C. Buccella, C. Cecati, G. Hancke, "Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol.7, no.4, pp.529-539, Nov. 2011
- [7] S. Galli, A. Scaglione, Z. Wang, "For the Grid and Through the Grid: The Role of Power Line Communications in the Smart Grid," *Proceedings of the IEEE Communications Surveys*, vol.99, no.6, pp.998-1027, June 2011
- [8] X. Fang, S. Misra, G. Xue, D. Yang, "Smart Grid, The New and Improved Power Grid: A Survey," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol.14, no.4, pp.944-980, Fourth Quarter 2012
- [9] C.H. Lo, N. Ansari, "The Progressive Smart Grid System from Both Power and Communications Aspects," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol.14, no.3, pp.799-821, Third Quarter 2012
- [10] A. Zaballos, A. Vallejo, J. Selga, "Heterogeneous communication architecture for the smart grid," *IEEE Network*, vol.25, no.5, pp.30-37, September-October 2011

Estudio comparativo del desempeño de las redes celulares en Panamá

S. Galeano | H. Poveda | F. Merchán

Fac. de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá
{sebastian.galeano, hector.poveda, fernando.merchan}@utp.ac.pa

Resumen: *El presente trabajo proporciona una perspectiva del desempeño y la calidad de servicio brindado por los operadores de telefonía celular en Panamá. Durante los meses de enero a abril 2014 se realizaron mediciones de parámetros en comunicaciones móviles en las áreas aledañas a la Universidad Tecnológica de Panamá y las instalaciones de la misma. Las mediciones fueron hechas utilizando un equipo de prueba de sistemas móviles (TEMS). Este equipo permite medir los parámetros de la comunicación basados en indicadores claves de rendimiento (KPI's) a nivel del usuario. Los resultados obtenidos permiten al usuario conocer el nivel de recepción, calidad de voz, velocidad de transmisión, entre otros parámetros, de los diferentes operadores de telefonía celular en Panamá.*

Palabras claves: *drive test, TEMS, llamada larga, llamada corta, indoor, outdoor.*

Title: *Comparative study of the performance of Cellular Networks in Panama.*

Abstract: *The present study provides a perspective of the performance and the quality of service provided by operators of cellular telephony in Panama. During the months from January to April 2014 measurements of mobile communications parameters in the surrounding areas of the Universidad Tecnológica de Panama and its buildings have been made. The measurements were carried on using a test mobile system (TEMS) equipment. This equipment allows measuring the communication parameters based on key performance indicators (KPI's) at the level of the user. The results obtained allow the user to know the reception level, voice quality, transmission data rate, and other parameters between the different operators of cellular networks in Panama.*

Keywords: *drive test, TEMS, long call, short call, indoor, outdoor.*

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 31 de agosto de 2014

Fecha de aceptación: 6 de noviembre de 2014

1. Introducción

En esta época, el mundo está experimentando grandes adelantos en el desarrollo digital en áreas como las telecomunicaciones, aplicaciones multimedia y entretenimiento. Sin embargo estas aplicaciones ya no se desarrollan por separado; al contrario, el usuario

demandará una integración de electrónica, multimedia, entretenimiento y telecomunicaciones [1]. Además, la tecnología y la información van siempre tomadas de la mano, conformando herramientas de aprendizaje, integración de dispositivos para la comunicación personal y comercial, entretenimiento de alta calidad y definición. Todas ellas derrumban barreras que existían hace una década donde la distancia y el volumen de la información era un impedimento para poder establecer la comunicación entre ciudades.

Los usuarios que se agregan a los servicios de telefonía o datos aumentan y explotan sus recursos al máximo, dependiendo de la red constantemente. Estos siempre andan en busca de más ancho de banda, mayores velocidades de descarga y subida que exigen aplicaciones en tiempo real como video llamadas, voz sobre IP y video *streaming*. Conjuntamente, el usuario demanda para estos servicios de voz y datos, mejor cobertura y constancia del servicio, así como precios asequibles [2]. Es por eso que todas las operadoras de telefonía móvil están, y deben mantenerse continuamente, en el proceso de mejorar su red, ampliar sus equipos y actualizar el hardware en conjunto con su software y con las tecnologías que puedan hacer un uso más eficiente el espectro radio eléctrico. Esto, para suplir las exigencias de los usuarios y aumentar el número de usuarios a los que se les presta el servicio.

Por las razones arriba descritas, los operadores deben monitorear constantemente sus redes. Para ello es necesario realizar mediciones directas de los indicadores claves de rendimiento (KPI's) con vehículos para áreas grandes o recorridos a pie dentro de instalaciones, lo que se denomina *drivetest* [1] [2].

En este trabajo presentamos los resultados un *drivetest* que se realizó con el fin de analizar los servicios de voz y datos, dentro (*indoor*) y fuera (*outdoor*) de las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). Se realizaron llamadas cortas y llamadas largas, a la vez que se midieron diferentes parámetros de datos con el propósito de proveer al usuario una visión técnica y científica del desempeño de los operadores. Se desarrolló un estudio comparativo entre diferentes parámetros de las tecnologías GSM/EDGE (2G) y WCDMA/HSPA (3G). Para ello fue necesario ser neutrales e imparciales frente a cada operador.

En las siguientes secciones se introduce de manera resumida el equipo de captura de esta información, el equipo de prueba de sistemas móviles (TEMS), equipo que también es usado por los operadores y la autoridad reguladora de estos servicios en Panamá. Además, se presentan las definiciones y parámetros más importantes para concluir sobre la mejor red desde el punto de vista de usuario; posteriormente planteamos el procedimiento y las condiciones de las mediciones y finalmente los resultados acompañados de conclusiones con respecto al ranking general de las compañías en Panamá.

2. Recolección de datos e instrumentación

Antes de realizar mediciones se debe conocer el equipo con el que se va a trabajar; el equipo utilizado como indicio es el TEMS de la marca ASCOM. Más información de los productos y su utilización se puede encontrar [1] y [2].

Los equipos y software disponibles para esta investigación se mencionan y detallan a continuación en función de las pruebas que normalmente se realizan en un *drivetest*. Cuando se realiza un *drivetest*, se pretende recolectar información del servicio final que se le provee al usuario. Todos estos se miden conforme a parámetros específicos que describiremos en la Sección 3. La recolección de estos datos se realiza en locaciones fuera de edificios, lo que normalmente se denomina *outdoor drivetest*, mientras, que cuando se realiza dentro de un edificio o instalación se le denomina *indoor drivetest*. Para cada uno se pueden realizar pruebas de desempeño, de cobertura, de accesibilidad, de retención, de velocidad de transmisión de subida (UL) y de bajada (DL), entre otros.

Tanto en *indoor* como *outdoor*, se pueden probar servicios de voz o de datos. Para servicios de datos se mide cobertura, velocidad de transmisión de subida y de bajada. Para servicios de voz normalmente se efectúan llamadas largas y llamadas cortas. Una llamada larga es una llamada que dura más de la duración de una llamada promedio, que es aproximadamente 2 minutos. Ésta se usa para medir retención, cambio de celda, cobertura y calidad de voz. Mientras que la llamada corta es una llamada de duración entre 15 segundos a 1 minuto y se usa para medir accesibilidad, cobertura y cambio de celda. La llamada corta se repite mientras dure el recorrido en intervalos entre llamadas de 5 a 15 segundos.

2.1 Outdoor Drivetest

En un *outdoor drivetest* se pueden realizar pruebas para servicios de voz o servicios de datos. En este estudio se realizaron mediciones de voz, llamadas largas y cortas; y en datos DL y UL. Para recolectar datos *outdoor* se utilizó el equipo celular Sony Ericsson W995 que se conecta a la red celular que se desea examinar mientras la información es recolectada por la computadora portátil corriendo el software de *TEMS Investigation*. Adicional, se conecta un dispositivo de sistema de posicionamiento global (GPS) para geo-localizar y posicionar el punto en el mapa donde se efectuó la medición. En la Figura 1 se ilustra el equipo celular utilizado [3].



Figura 1. Sony Ericsson W995 utilizado para *drivetest* de Ascom .

La única manera de integrar la información de la red y la geo localización por GPS es por medio del software *TEMS Investigation*. Este es un software que ofrece a los operadores un instrumento con la capacidad de recopilar, analizar y post-procesar los datos de la

red para corregir problemas y optimizar deficiencias de la misma. Asimismo admite el monitoreo de la telefonía de voz y de video, como una diversidad de servicios de datos. El *TEMS Investigation* ofrece apoyo a las siguientes tecnologías: GSM / GPRS / EDGE, WCDMA / HSPA / HSPA+, LTE, TD-SCDMA y WIMAX. En la Figura 2 se ilustra la interfaz.

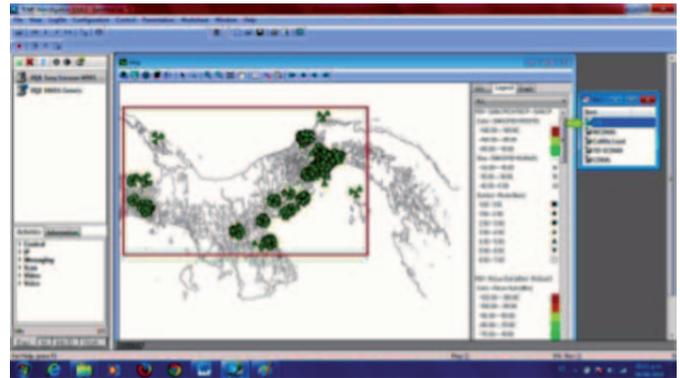


Figura 2. Interfaz gráfica del *TEMS Investigation* de Ascom.

2.2 Indoor Drivetest

En un *indoor drivetest* también se pueden realizar pruebas para servicios de voz o servicios de datos tal y como se hizo para las pruebas *outdoor*, con la diferencia que no se tiene servicio GPS. Para poder realizar este *drivetest* se necesita también el equipo Sony Ericsson W995 con el software *TEMS Pocket Móvil*. La herramienta recopila datos de medición y de eventos para el monitoreo inmediato o para su procesamiento en un momento posterior. En la Figura 3 se muestra la interfaz de la aplicación del procedimiento de recolección de datos con el *Tems Pocket* en el Sony Ericsson W995.

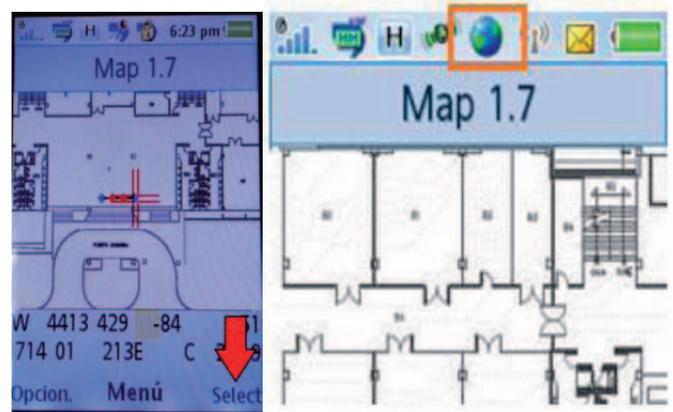


Figura 3. *Drivetest* con *TEMS Pocket* en Sony Ericsson W995.

Los datos recolectados se guardan en la memoria del celular para posterior análisis. Debido a la mala recepción en las instalaciones, el dispositivo GPS no se puede utilizar. Por ende es necesario tener los planos de la instalación para movilizarse por el mapa y marcar los lugares donde se realizan las mediciones.

3. Análisis de datos recolectados

Previo a realizar mediciones, se hace necesario entender a fondo los parámetros que describen de manera general el desempeño de una red. Con el uso del equipo y software de Ascom se puede recolectar un número importante de mediciones; sin embargo, este estudio se enfoca sólo en aquella información recopilada que contempla el punto de vista y experiencia como usuario.

Todos los datos recopilados por el *TEMS Pocket*, *TEMS Investigation* se analizan con el software *TEMS Discovery*, ya sea *outdoor data* o *indoor data*. El *TEMS Discovery* es una herramienta de post-procesamiento altamente configurable y fácil de usar para los datos de medición de interfaz aérea. Esto permite evaluar fácilmente el rendimiento inalámbrico y detectar rápidamente los problemas de red. El *TEMS Discovery* permite a los usuarios realizar un análisis complejo de una manera sencilla, y generar informes de forma rápida y fácil. Se pueden analizar datos de las principales tecnologías: CDMA2000, GSM/GPRS/EDGE, WCDMA, HSDPA/ HSUPA/ HSPA+, TD-SCDMA, WiMAX y LTE [3] [8].

En definitiva, se presentan exclusivamente aquellos parámetros que influyen directamente en la manera en que el usuario experimenta el servicio. A continuación se detallan algunos de los parámetros de interés para el proceso de comparación.

- Potencia del código de la señal recibida (RSCP):** se describe como la potencia medida por un receptor en un canal de comunicación física particular. Es utilizado como un indicador de la potencia proveniente de la estación base a la que está conectado el dispositivo móvil y normalmente se expresa en dBm [4].
- Índice de la calidad de voz (SQI MOS):** es una estimación de la calidad de la voz percibida por un oyente en la escala MOS. La escala MOS es un promedio de resultados de un conjunto de pruebas estándar subjetivas sobre un medio de comunicación, donde un número de oyentes califica al oído la calidad de audio de pruebas de lectura en voz alta de oradores tanto masculinos como femeninos [5].
- Tasa entre Energía e Interferencia (Ec/Io):** es la relación entre la energía recibida por la tarjeta SIM en el canal y la densidad de potencia del ruido. Se expresa normalmente en dB. Al igual que para RSCP se puede usar para comparar celdas en una misma portadora, cambio de celda, entre otros [4].
- Caudal de datos (Throughput):** es la tasa máxima a la cual los datos pueden ser transportados a través de la red en un contexto de protocolo de paquetes de data.
- Acceso al sistema:** es la capacidad del proveedor de brindar servicio de voz o data sin espera, o que no se interrumpa la solicitud al no poseer troncal libre, como en llamadas bloqueadas. Lo que va de la mano con las *llamadas caídas*, que son el número de llamadas realizadas que no lograron establecerse o se establecieron y se perdieron [6].

4. Mediciones realizadas

Durante las pruebas anclamos la tecnología de acceso a los servicios, para hacer un estudio justo y equitativo de las redes de los operadores, ya sea 3G o 2G. Las pruebas se llevaron a cabo en

los alrededores de la UTP y en las instalaciones de los Edificios del Campus Víctor Levi Sasso de la UTP. Constaron de mediciones de datos y voz. En voz se realizaron llamadas cortas y llamadas largas. A continuación se indican las condiciones en las que estas mediciones se realizaron [9].

4.1 Pruebas outdoor

Para los recorridos outdoor se ejecutaron llamadas largas, llamadas cortas y recorrido de data UL y DL. En el caso de las pruebas de llamadas cortas se realizaron en los alrededores de la UTP recorridos en automóvil, donde se analizó el comportamiento de los cuatro proveedores con los que cuenta el país, manteniendo todas las pruebas bajo las mismas condiciones entre ellas. Estas se describen a continuación:

- El teléfono anclado a 3G con el objetivo de ser equitativo en la tecnología de acceso a la red del sistema proveedor.
- Duración de la llamada de aproximadamente 15 segundos y el establecimiento de llamada menor a 15 segundos.
- Horario de pruebas aproximado desde las 6:00 p.m. a 10:00 p.m. Las pruebas fueron realizadas en los meses de enero a marzo 2014; en estos meses estas horas son las que agrupan la mayor cantidad de personas.

Las llamadas largas se realizaron con las mismas condiciones de tecnología de acceso e intervalo de hora, a diferencia de que la duración de la llamada debe ser mayor a 2 minutos, lo que corresponde estadísticamente a la duración de una llamada promedio. En algunos casos, la llamada puede mantenerse abierta por todo el recorrido.

Las mediciones de la calidad de la data de los cuatro operadores móviles se realizaron en un perímetro cercano a la UTP, sectores de El Dorado, Bethania y Condado del Rey. Se analizaron diferentes parámetros como: *Ec/Io*, *RSCP* y *throughput*; la descarga y subida se midió por medio de una sesión de FTP manteniendo las siguientes condiciones para los cuatro proveedores:

- Horario de pruebas aproximado desde 6:00 p.m. a 10:00 p.m.
- Descarga desde el mismo servidor FTP para los cuatro operadores.

4.2 Pruebas Indoor

En el modo *indoor*, únicamente se realizaron pruebas de datos en tres edificios del campus de la UTP, Edificio 1, Edificio 3 y Edificio de Postgrado, en el horario de 8:00 a.m. a 5:00 p.m. Las pruebas fueron hechas de mediados de marzo a abril 2014, este período corresponde al inicio de clases regulares en la UTP, donde el mayor tráfico de personas se da en horario diurno. En este apartado también se puede analizar cobertura con los parámetros *RSCP* y *Ec/Io*.

5. Resultados

Después de realizar las mediciones correspondientes a los parámetros señalados, obtuvimos la información planteada en la sección 3 para comparar las redes. Los siguientes gráficos y resultados para cada apartado tanto fuera de la Universidad como dentro de las instalaciones de la misma corresponden a la recopilación general de los recorridos *outdoor* e *indoor* para cada uno de los proveedores en Panamá.

5.1 Pruebas outdoor

Para las mediciones en los alrededores de la Universidad, con sectores incluidos de Betania, Condado del Rey y El Dorado (ver figura 4).

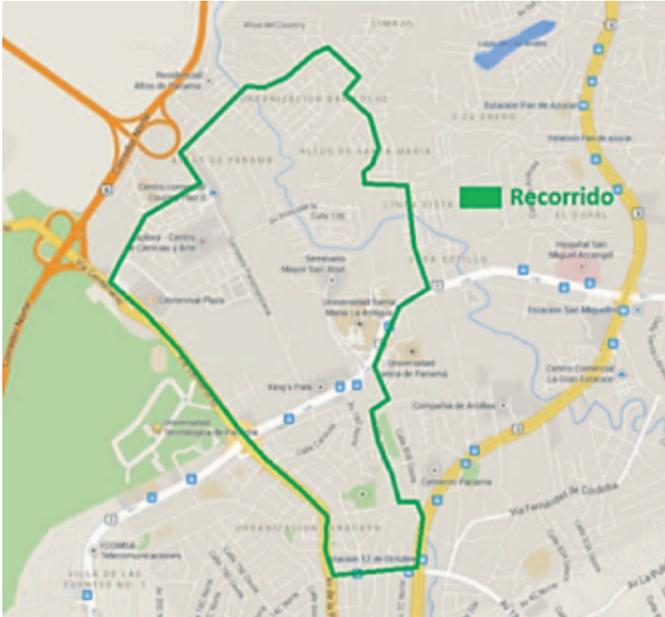


Figura 4. Muestra de recorrido outdoor de llamada larga, se muestra el nivel de recepción.

5.1.1 Nivel de Recepción

Se analizó la potencia de la señal recibida en el dispositivo, asimismo se midió la potencia de la señal portadora y la relación de la potencia de la portadora con la potencia del ruido para llamada larga, llamada corta y recorrido de data. Observamos el compendio de los 4 proveedores para la variable RSCP en el gráfico 1, en donde los operadores obtuvieron niveles tolerables y semejantes. Mientras que en el Gráfico 2. presentamos Ec/Io, que corresponde a un comportamiento similar al Gráfico 1.

5.1.2 Calidad de la voz (SQI, MOS)

La calidad de voz es importante en la percepción del audio para los usuarios, cualitativamente presentamos el índice MOS para llamada larga (rango de 0 a 5). Mientras que SQI (rango de 0 a 30) se basa en las tasas de error de bit (BER) y tasa de error de trama (FER) como el códec de voz usado, lo que lo hace ser más cuantitativo. Los resultados se presentan en el Gráfico 3, donde Movistar tiene una ligera ventaja sobre los demás proveedores; sin embargo, estas diferencias no serán percibidas por un usuario.

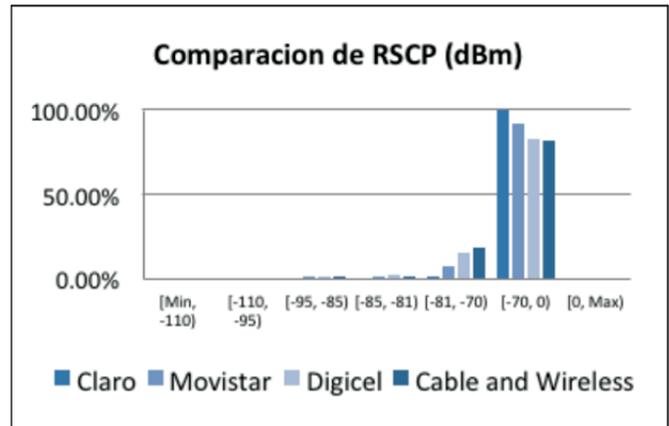


Gráfico 1. Nivel de Recepción RSCP outdoor para recorrido llamada larga en intervalos para los 4 proveedores.

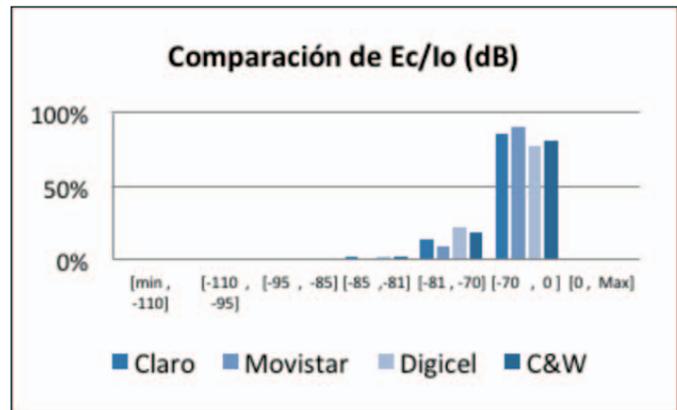


Gráfico 2. Nivel de Recepción Ec/Io outdoor para recorrido llamada larga en intervalos para los 4 proveedores.

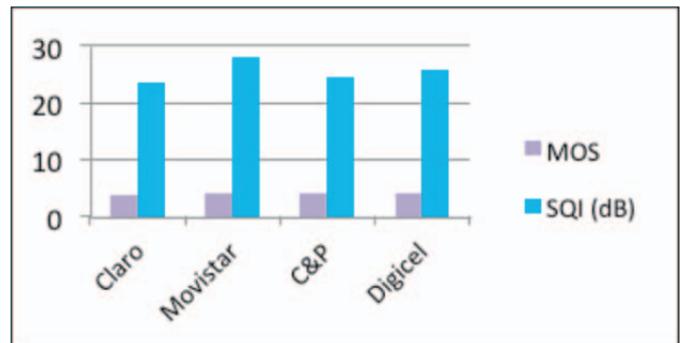


Gráfico 3. Índices de calidad de voz MOS y SQI respectivamente para cada proveedor.

5.1.3 Acceso al sistema

Aquí se puede observar si el servicio de voz fue sin larga espera o si se interrumpe la solicitud al no tener una troncal libre, todo esto

se analiza sobre las llamadas cortas y se presenta en el Gráfico 4. En el mismo se puede observar que Claro obtuvo un mayor número de llamadas con éxito, mientras que el operador con mayor número de llamadas en cola correspondió a Digicel.

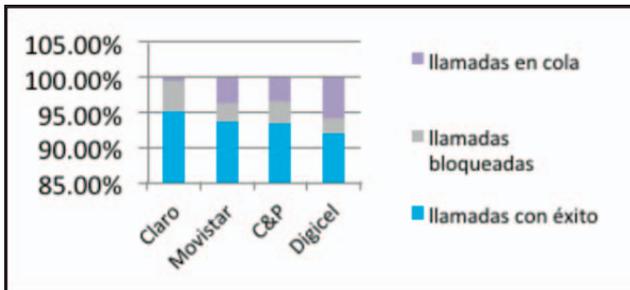


Gráfico 4. Porcentaje de llamadas en cola y bloqueadas en recorrido de llamada corta para medir Acceso al sistema.

Los resultados en llamadas caídas en llamada larga brindan un buen marcador. Los resultados generales se muestran en la Tabla 1. Los resultados son similares para todos los operadores. Estos conservan índices de cambio de celda altos, y el índice de accesibilidad se comporta de igual forma.

Tabla 1. Llamadas caídas y porcentaje de retención y accesibilidad.

Proveedor	CW	MOVI	CLARO	DIGI
Llamada caída	0	0	0	1
%Retenebilidad	100%	100%	100%	95.45%
%Accesibilidad	97.55%	97.15%	97.25%	95.65%

5.1.4 Datos de transmisión

En este se presentan las tasas promedio y pico de descarga, siendo este el interés principal de los usuarios; la estabilidad de la conexión se puede revisar en los recursos extra de [9]. A continuación en el Gráfico 5. se presentan las velocidades de descarga - Digicel obtuvo velocidades pico superiores y Claro alcanzó una velocidad promedio sutilmente mayor a los demás.

5.2 Pruebas indoor

Para las mediciones dentro de las instalaciones de la Universidad se midió el nivel de recepción y los servicios de datos por medio de sesiones FTP para cada piso de cada edificio en el Campus Víctor Levi Sasso de la UTP. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de uno de esos recorridos correspondiente al piso de la Facultad de Ingeniería Eléctrica en el Edificio 1 de la UTP (elegimos este piso por ser un piso intermedio entre el sótano y el último piso).

5.2.1 Nivel de recepción

En el Gráfico 6. se presentan los intervalos potencia de la señal, correspondiente a la potencia de la portadora y la relación de la potencia de la portadora con la potencia del ruido en UL y DL. En ésta todos los operadores poseen un comportamiento muy parecido.

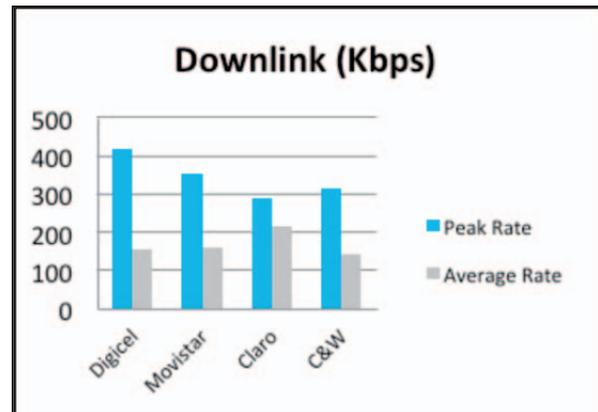


Gráfico 5. Velocidades de descarga promedio y pico para cada uno de los proveedores.

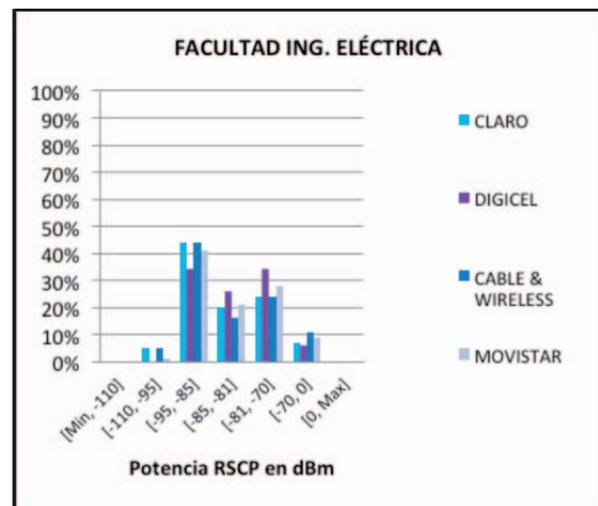


Gráfico 6. Nivel de Recepción RSCP indoor para recorrido data.

5.2.2 Datos de transmisión

En el Gráfico 7. se presentan las tasas promedio y pico de descarga para recorrido indoor. Digicel, al igual que en outdoor, alcanzó velocidades pico ligeramente superiores, mientras que en velocidad promedio alcanzaron velocidades similares. En la Tabla 2. se resume en orden descendente el proveedor con mejor rendimiento para cada categoría.

De la Tabla 2 en la categoría de calidad de recepción outdoor (RSCP y Ec/Io) se tienen resultados estrechos, y no decisivos, mientras que para calidad de voz con índice de SQI se encontró a Movistar como aquel operador con mayor rendimiento, y a Claro con el menor rendimiento.

Tabla 2. Resumen en orden descendente de los proveedores por categoría

Orden	Outdoor						Indoor		
	RSCP	Eo/lo	SQI	MOS	Data	Acceso	RSCP	Eo/lo	Data
1	Claro	Movistar	Movistar	Digicel	Digicel	Claro	Movistar	Movistar	Claro
2	Movistar	Claro	Digicel	Movistar	Movistar	+Móvil	+Móvil	+Móvil	Movistar
3	Digicel	+Móvil	+Móvil	+Móvil	Claro	Movistar	Digicel	Digicel	Digicel
4	+Móvil	Digicel	Claro	Claro	+Móvil	Digicel	Claro	Claro	+Móvil

El índice de MOS no es decisivo para encontrar el mejor proveedor. En categorías de recorrido indoor se obtuvo mejor penetración de la señal en el edificio por parte de Movistar. Sin embargo en velocidad de datos, Claro obtuvo mejores resultados.

proveedores. La mayoría de los edificios estudiados poseen un nivel de cobertura *indoor* relativamente malo, a lo que recomendamos a los proveedores suplir la demanda correspondiente a la cantidad de personas en la UTP que dependen de los servicios.

Aspiramos a que los resultados obtenidos en este proyecto puedan interesar tanto a usuarios como a autoridades para tener una perspectiva técnica de un proveedor que satisfaga las necesidades y suministre una base del servicio adecuado.

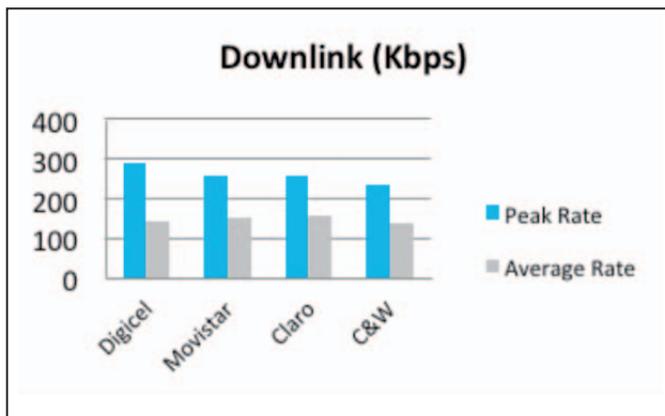


Gráfico 7. Velocidades de descarga promedio y pico para cada uno de los proveedores.

6. Conclusiones

El equipo TEMS permitió comparar la calidad de servicio que ofrecen cada uno de los cuatro operadores con los que cuenta Panamá. En función de los resultados obtenidos para cada prueba y la clasificación final se puede concluir cuáles son las categorías y servicios en los que cada proveedor se desempeña mejor. La experiencia con el dispositivo y el software de Ascom fue satisfactoria, y consideramos que los resultados en cobertura o datos podrían variar si se dispusiese de otro teléfono, por desigualdades de Hardware en las antenas de cada teléfono. Es muy difícil asegurar que la conexión con el servidor FTP sea independiente de la capacidad de la red celular, y no de la red de datos a la que se conecta el servidor para permitir la conectividad a Internet.

Correspondiendo los gráficos obtenidos, se puede, según categorías más generales, organizar los proveedores de la siguiente manera: en servicio de data, el mayor rendimiento lo obtuvo Digicel, y el más bajo correspondió a C&W; en cobertura y accesibilidad, el desempeño superior lo tenía Movistar y el inferior correspondió a Claro; en calidad de voz fue Movistar el que alcanzó índices mayores y el más bajo fue Claro; en estabilidad y disponibilidad, el proveedor con desempeño superior fue Claro y el menor fue Movistar.

Para analizar parámetros como celdas muertas o sectores muertos se debe tener información confidencial que sólo poseen los

Referencias

- [1] Ananda Mitra, *Digital Research: The digital world*, InfoBase Publishing, 2010.
- [2] Stefan Valentin, *Forecasting Telecommunication Demand: Methods For the 'Crystal Ball'*. Bell Labs, Alcatel Lucent, Stuttgart, Germany
- [3] H. Poveda, Manual TEMS, Universidad Tecnológica de Panamá. Versión 2014.
- [4] *WCDMA Network Planning and Optimization*. Engineering Services Group. Qualcomm. Revision B 2006.
- [5] *Speech Quality Measurement with SQI. Technical Paper*. Ascom. Agosto 2009.
- [6] V. H. Mac Donald, „The Cellular Concept”, The Bell Technical Journal, Vol. 58, No. 1, January 2008.
- [7] (2014) Ascom website. [Online]. Disponible en: <http://www.ascom.com>
- [8] *Drive test methodology for Quality of Service*. Information document Uganda Communications Commission. September 2012.
- [9] H. Poveda, *Informe de mediciones para análisis comparativo de proveedores de telefonía Celular en Panamá, Universidad Tecnológica de Panamá*. Versión 2014.

Redes eléctricas de interiores como canal de comunicación

I. Velásquez | M. Zambrano | C. Medina

Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá
{iliana.velasquez, maytee.zambrano, carlos.medina}@utp.ac.pa

Resumen: *las comunicaciones a través de líneas de potencia (PLC) se han convertido en una tecnología de interés para tener acceso a la red de Internet y otros servicios de comunicación. PLC está siendo altamente competitiva con otras tecnologías por la extensión geográfica que cubre en la mayoría de las zonas que generan grandes demandas de transmisión de datos. Para incorporar sistemas PLC es necesario conocer las características del medio (líneas de potencia) como canal de comunicación. Este artículo brinda una descripción detallada acerca de las propiedades y características de las redes eléctricas de interiores en cuanto a sus topologías, escenario de ruido, comportamiento del canal y finalmente un análisis acerca de los estudios y modelos actuales para la caracterización del canal.*

Palabras claves: *caracterización de canal, modelo de canal, PLC, sistemas PLC de interiores*

Title: *Indoor power lines as communication channel*

Abstract: *communications over power lines (PLC) have become a technology of interest to access the Internet and other network communication services. PLC is highly competitive with other technologies due to the geographical spread that it covers in most areas that generate large data demands. To incorporate advance PLC systems is necessary to know the characteristics of the medium as a communication channel. This paper gives a detailed description about the properties and characteristics of indoor power line in regard to topologies, noise scenario, channel behavior and finally an analysis of actual studies and models for channel characterization.*

Key words: *channel characterization, channel model, PLC, indoor PLC system*

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 11 de septiembre de 2014

Fecha de aceptación: 28 de octubre de 2014

1. Introducción

Originalmente las líneas de distribución de potencia fueron diseñadas para transmitir energía eléctrica a un gran número de consumidores. Actualmente, con el interés de aprovechar este recurso y convertirlo en un sistema de comunicación competitivo, las

líneas de distribución de potencia son utilizadas también como medios de comunicación. Esta idea no es del todo nueva, ya que en los años 1970s las redes eléctricas, específicamente las redes de alta tensión, eran utilizadas para servicios de control y automatización entre las entidades distribuidoras y subestaciones de voltaje [1], [2]. Luego, en los sistemas de líneas de media tensión, también se desarrollaron diversas aplicaciones, tales como: sistemas de monitorización, servicios de operación y automatización.

Hoy en día, numerosos estudios se han realizado con el fin de lograr un amplio desarrollo en la materia y así contribuir a la generación de nuevas tecnologías como *Power Line Communications (PLC)*. La tecnología PLC propone servicios de comunicación de alta transferencia de datos a través de las líneas de transmisión de electricidad en todos los niveles de tensión: alto (mayores a 110 KV), medio (3 kV – 30 KV) y bajo (110 V - 220 V).

Los mayores esfuerzos de estudios de PLC se han enfocado en las redes de baja tensión, especialmente en las redes eléctricas de interiores o redes de distribución doméstica.

Las redes de potencia difieren considerablemente de los medios de comunicación convencionales en cuanto a su topología, propiedades físicas y función de transferencia [3]. Es por ello que el diseño de estas redes como medio de comunicación representa un desafío, donde se tiene como objetivo principal la aplicación de técnicas y métodos que permitan un desarrollo eficiente de un sistema de comunicación efectivo en este tipo de redes de potencia.

El objetivo de este artículo es describir las características y propiedades de un sistema de distribución de energía eléctrica en las líneas de baja tensión como medio de comunicación. Se basa en las redes eléctricas de interiores, y busca caracterizar el canal de comunicación, presentando modelos de canal propuestos que permitan implementar nuevas estrategias al momento de diseñar un sistema PLC interno.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se describe la topología general de las redes eléctricas de interiores; la Sección 3 desarrolla un análisis conceptual del escenario de ruido e interferencia, y luego en la Sección 4 se realiza un análisis del comportamiento del canal para conocer los parámetros influyentes en el mismo; en la siguiente sección se presentan modelos de canal determinísticos y probabilísticos propuestos, y finalmente se indican algunas conclusiones sobre la caracterización del canal PLC, así como posibles alcances futuros de esta tecnología.

2. Topología

El canal de una red típica PLC interna se caracteriza por una topología de bus (o troncal) con una distribución de ramas entre cada enlace de los extremos transmisor y receptor, como se muestra en la Figura 1. Esta estructura implica que el ancho de banda de que dispone la red esta compartido por todos los puntos conectados a ella.

Un canal PLC se puede analizar por medio del modelo de una línea de transmisión. En todo medio de comunicación cableado se cuenta con un extremo transmisor y un extremo receptor, cada uno caracterizado por una fuente generadora (VG), y su impedancia de

fuente (Z_G) y por una impedancia de carga (Z_L), respectivamente. Además, cuenta con la línea de transmisión principal (bus) y de una serie de ramas distribuidas por todos los nodos presentes en la línea. Estas ramificaciones de los nodos se caracterizan por su impedancia característica y por su impedancia terminal de carga, tal como se ilustra en la Figura 1.

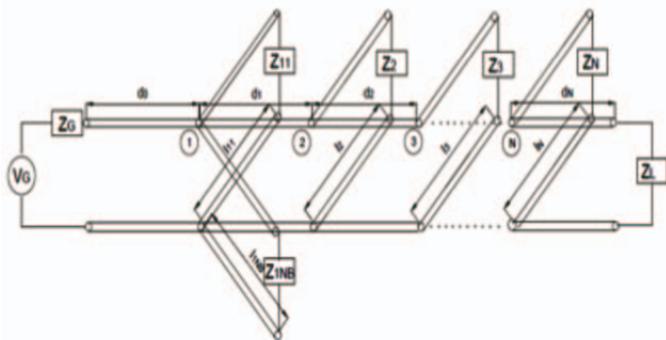


Figura 1. Topología de redes eléctricas de interiores.

Observe en el nodo 1 de la figura que la red eléctrica es un punto de transmisión compartido, lo que significa que varios usuarios pueden utilizar el mismo punto de distribución. Esto implica, desde el punto de vista de la línea de transmisión, que se pueden tener múltiples cargas conectadas en un solo nodo.

La red eléctrica puede tener diversas topologías, puede ser aérea o subterránea, y también puede diferir dependiendo de algunos otros factores como densidad urbana, longitud de la red, localización, entre otros.

3. Escenario de ruido

Uno de los factores que afecta severamente a las líneas de potencia no sólo como líneas de distribución de energía, sino como líneas de comunicación es el escenario del ruido, ya sea generado por los componentes de los equipos de la red, por perturbaciones naturales o provocado por otras fuentes de ruido adyacentes a la red.

El ruido como señal indeseable en los servicios de comunicaciones para las redes de potencia interna es clasificado en tres tipos distintos: ruido de fondo o ruido de color, ruido de banda angosta y ruido impulsivo.

El ruido de color es una perturbación al sistema producido por las diferentes fuentes de baja energía interconectadas en la red; el ruido de banda angosta es un ruido caracterizado por señales de amplitud modulada que se originan por la inducción de señales de estaciones de difusión, y el ruido impulsivo es producido por efectos transitorios debido a fenómenos de relámpagos y conmutación interna en la red de potencia. Este último puede ser clasificado en tres diferentes tipos: ruido impulsivo periódico asincrónico, ruido impulsivo periódico sincrónico y ruido impulsivo asincrónico [2].

En la literatura se describen detalladamente los efectos del ruido, y se determina que el nivel de ruido de fondo es alrededor de -145 dBm/Hz y el ruido de banda angosta sobrepasa 30 dB al ruido de color;

asimismo, el ruido impulsivo excede a una amplitud máxima de 40 dBm/Hz mayor que los otros dos tipos de ruido anteriores.

4. Comportamiento del canal

Las redes eléctricas como canal de comunicación se pueden caracterizar por ser sistemas lineales pero periódicamente variables en el tiempo (LPTV) [4]. Esta propiedad de variación en el tiempo es producto de los equipos conectados en la línea de transmisión. Muchos de los equipos están compuestos por elementos no lineales; y otros, que pueden no contener no-linealidades, presentan cambios continuos cuando se encuentran operando a elevados niveles de frecuencia. La variación en el tiempo conlleva a su vez a una variación en la impedancia de carga, lo que implica que el canal sea LPTV.

De la topología de una red eléctrica, mostrada en la Figura 1., se tiene que numerosas reflexiones pueden ser ocasionadas debido a las ramas interconectadas en la línea de transmisión, es por ello que se determina, en términos generales, que un canal PLC es un canal de múltiples trayectorias, lo cual causa pérdidas por atenuación y distorsión de la señal propagada.

Además del número de ramas distribuidas por todo el medio, la longitud de las ramas interconectadas y el tamaño de las cargas en ellas, pueden causar efectos negativos en el desempeño del sistema de comunicación.

Por consiguiente, la causa de fenómenos como reflexión, atenuación, distorsión, variación de impedancia, longitud de la línea, entre otros, resultan en un rendimiento pobre en los sistemas de líneas de potencia como canal de comunicación. En éstas, se producen ráfagas de errores y/o pérdidas de información en la transmisión de datos, por lo que es necesario implementar técnicas robustas al entorno de propagación de la señal, tanto de modulación para la transmisión de datos, como de codificación para detección y corrección de errores.

La Multiplexión por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM) y otras técnicas como Espectro Expandido por Secuencia Directa (DSSS) son utilizadas comúnmente como técnicas de modulación. Varios estudios han comprobado que OFDM resulta ser un candidato eficiente para mitigar los efectos de interferencia intersímbolos e interferencia entre portadoras [5], [6]. Esta técnica además, presenta muchas más ventajas que aportan a su gran eficiencia para sistemas de múltiples trayectos.

Por otro lado, se han implementado técnicas de codificación como códigos de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC), que resultan ser eficientes para las condiciones de un canal PLC. Además, se han propuesto técnicas de intercalado entre códigos de bloque y códigos convolucionales con resultados beneficiosos, mejorando así, el desempeño del sistema [6]. Esta técnica de intercalado se ha desarrollado en sistemas de media tensión y baja tensión, y también se han propuesto para redes de alta tensión.

5. Modelos propuestos

Muchos estudios se han realizado para dar a conocer las características existentes en una red de potencia de baja tensión para

uso de transmisión de datos, y así plantear modelos que caracterizan las redes eléctricas como canal de comunicación.

Las redes PLC de baja tensión están clasificadas en dos categorías: redes externas (outdoor) que comprenden desde la estación de transformación a baja potencia hasta el medidor principal de energía (acometida) en la localidad del usuario, y redes internas (indoor), que comprenden toda la red de distribución de interiores.

La Figura 2. ilustra un esquema general como modelo del canal de comunicación en las redes eléctricas de interiores.



Figura 2. Modelo general del canal PLC de interiores.

Normalmente se han descrito dos formas de llegar a conocer las características de un canal de línea de potencia: mediante la estructura física del medio o mediante el comportamiento externo.

Un análisis de la estructura física de la red considera los parámetros físicos de ella y está basado en un análisis teórico de una línea de transmisión típica.

Modelos matemáticos basados en la estructura física se han propuesto para la estimación de la función de transferencia $H(f)$ que describe el comportamiento de un canal PLC de baja tensión. Philipps en [7] propone un modelo determinístico que describe la respuesta al impulso del canal, donde sólo es considerado el factor del producto de la transmisión y reflexión de cada trayecto (factor de peso) y el retardo de propagación; posteriormente, Zimmermann en [8] propone un modelo de eco adaptado (1), donde además de los parámetros del modelo de Philipps, se considera un factor de atenuación

$$H(f) = \sum_{i=1}^N g_i e^{-(a_0 + a_1 f^k) d_i} e^{-j2\pi f v_p d_i} \quad (1)$$

donde i es el número de trayectos; g_i es el factor de peso; a_0 , a_1 son parámetros de atenuación; k es el exponente del factor de atenuación; d_i es la longitud de los trayectos, y v_p es la velocidad de fase.

Este modelo matemático es muy utilizado, ya que representa las bases de muchos otros modelos; el mismo describe una forma simplificada de la función de transferencia de una red PLC típica.

El análisis del comportamiento externo se refiere más bien a un análisis estadístico o basado en pruebas de mediciones. El mismo requiere de un elevado nivel de muestras; y a pesar de ser considerado fundamental, ha ganado detractores ya que este método resulta bastante difícil de comparar con otros debido a la

diversidad del medio de transmisión en diferentes localidades y por las características físicas de los cables. En [9] se describen los parámetros de caracterización de un canal PLC de interiores, entre ellas la respuesta en frecuencia del canal, ganancia del canal promedio, retardo de propagación cuadrático medio, ancho de banda coherente, razón máxima alcanzable y correlación espacial. Todos estos parámetros fueron analizados de manera probabilística, donde y cada uno presentaba una tendencia similar a una distribución específica; por consiguiente, los autores optaron por una forma de proveer información nueva acerca del comportamiento de un canal PLC y a su vez comprobar resultados presentados por otras contribuciones.

La mayoría de los trabajos realizados sobre describir un modelo del canal asumen que es un sistema lineal e invariante en el tiempo (LTI), de modo que ignoran la naturaleza de la red eléctrica de ser un sistema LPTV.

No obstante, en [10] se propone una estrategia híbrida que permite generar un canal realístico, mediante un topología simplificada y modelos de cargas con pocos parámetros, lo que conlleva a decir que el modelo está basado en las características de un modelo estructural, que cubre todas las propiedades comunes de un canal PLC tales como atenuación, sistema variante en el tiempo y frecuencia selectiva. Los resultados de este modelo presentan un significativo comportamiento similar a los modelos estadísticos actuales en los parámetros de retardo de propagación, longitud efectiva, ancho de banda coherente. Por consiguiente, esta estrategia propuesta ayuda a la evaluación en el desempeño de la red y al mismo tiempo permite implementar algoritmos de procesamiento de señales para la tecnología PLC.

Otras contribuciones importantes en el desarrollo de modelado de la red eléctrica como canal de comunicación se indican a continuación.

En [11] se diseña un modelo matemático y de simulación de un sistema de comunicación a través de línea eléctrica con OFDM como esquema de modulación, el cual presenta buenas prestaciones en este canal. Se analiza el efecto de cambiar el número de ramas, la longitud de la línea y el número de cargas. Por simplicidad se considera que las cargas son continuamente lineales. La ecuación utilizada para caracterizar la función de transferencia del canal de comunicación a través de red eléctrica es la de Zimmermann. El modelo de eco en cual se basó la simulación se ilustra en la Figura 3.

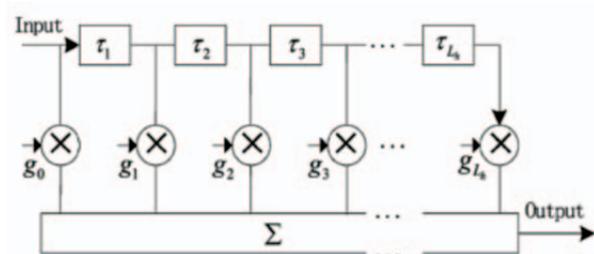


Figura 3. Modelo de eco en las líneas de potencia [11].

Tal como se indicó en los parámetros de la ecuación (1) g_i representa el factor de peso y T_i el retardo de propagación de cada uno de los trayectos.

Los resultados obtenidos fueron que al incrementar el número de ramas en una línea eléctrica se incrementa la razón de error de bit (BER) debido al número de reflexiones que ocurre en cada una de ellas. Estas reflexiones interfieren con la onda transmitida y causa atenuación; para compensarlo se requiere incrementar la potencia transmitida la cual está restringida a un valor máximo establecido, también se puede reducir la distancia entre repetidores o utilizar otros esquemas de codificación más poderosos. Por otro lado, resultó que un incremento de la BER se da a causa del incremento de la carga; sin embargo, se demostró que mientras más ramas existan, menor será el efecto de las cargas sobre el sistema; esto se debe a que el número de cargas en el sistema lo ve como una sola carga en paralelo. Además se demostró que a medida que aumenta la longitud, la probabilidad de error aumenta; al llegar a una longitud mayor a 500 m la señal será casi completamente atenuada, es por ello que los repetidores deben colocarse a una distancia mucho menor para evitar este fenómeno.

Un análisis similar se tiene en [12]. Los efectos de variación del tamaño de la carga con el incremento de número de ramas a un rango de frecuencia hasta de 100 Mhz es descrito para determinar el perfil de parámetros de retardo como el *mean excess delay*, *root means square (rms) delay spread* y el *excess delay spread*. Como resultado, el retardo de propagación incrementa al aumentar el número de ramas y por consiguiente se da un decremento en el ancho de banda coherente; sin embargo, se comprueba que estos resultados se consideran buenos para el diseño de redes PLC de interiores, ya que los decrementos obtenidos son mucho menores a los que se dan en sistemas que operan a una banda de frecuencia de hasta 30 MHz.

También fue evaluada la capacidad del canal para distintos números de ramas y se determinó que es mucho mejor a los análisis comúnmente realizados a 30 MHz.

Posteriormente en [6], el mismo modelo propuesto en [12] se considera para describir el desempeño de un sistema OFDM aplicado a una red PLC de baja tensión utilizando códigos de control de errores intercalados, RS concatenados con códigos Viterbi.

Los códigos intercalados tienden a ser lo suficientemente largos para romper ráfagas largas de errores y corregirlos, de modo que si se utilizan técnicas de codificación, éstas ayudan a mejorar el desempeño significativamente, tanto por la influencia de los tipos de ruidos ya mencionados, como por los efectos del número de ramas interconectadas en un mismo nodo o de todo el enlace de transmisión, la variación de carga y la longitud de la línea.

Los estudios mencionados en conjunto describen el comportamiento de manera general de las líneas de potencia de interiores como canal de comunicación. En otras referencias se han planteados resultados similares; sin embargo, las características y propiedades del canal descritas durante todo el artículo, son las que mayormente se consideran al momento de realizar un análisis del canal o para modelar sistemas de PLC en redes eléctricas.

6. Alcances futuros

Utilizar las redes eléctricas como canal de comunicación resulta un gran reto debido a que para poder lograr responder a las grandes

demandas por parte de los usuarios y que estos puedan tener acceso a redes de transmisión de datos a alta velocidad, es necesario superar las condiciones adversas del medio y el entorno al que está expuesto el canal.

Muchos estudios desarrollan modelos determinísticos y probabilísticos para conocer las características del canal, sin embargo aún se pueden desarrollar nuevas estrategias para crear o mejorar los modelos ya propuestos; como por ejemplo, desarrollar un modelo matemático considerando la naturaleza del sistema, además de considerar una aproximación del escenario de ruido y de buscar nuevas metodologías para que la red pueda operar en otras bandas de frecuencias. También es posible lograr combinaciones de ambos tipos de modelos desde puntos de vista no desarrollados hasta el momento.

Esta contribución da una apertura a nuevas visiones en el desarrollo de la tecnología PLC, no sólo para tener un sencillo y mejor entendimiento de la caracterización del canal, sino también de poder desarrollar nuevos modelos de canal que contribuyan a mejoras de los modelos actuales.

Referencias

- [1] A. Cataliotti, A. Daidone, and G. Tine, "A medium-voltage cables model for power-line communication," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol.1, no. 1, pp. 129-135, Jan. 2009.
- [2] M. Gotz, M. Rapp, and K. Dostert, "Power line channel characteristics and their effect on communication system design," *IEEE Communications Magazine*, vol. 42, pp. 78-86, Apr. 2004.
- [3] P.J. Langfeld, and K Dostert, "The capacity of typical powerline reference channels and strategies for system design," in *International Symposium on Power-Line Communications and its Applications (ISPLC)*, 2001, pp. 271-278.
- [4] F. C. Corripio, J. C. Arrabal, L. D. del Río, and J. E. Muñoz, "Analysis of the cyclic short-term variation of indoor power line channels," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 4, no.7, pp. 1327-1338, Jul. 2006.
- [5] J. A. Cortés, L. Díez, F. J. Cañete, J. J. Sánchez-Martínez, and J. T. Entrambasaguas, "Performance analysis of OFDM modulation on indoor broadband PLC channels," *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, vol.2011, pp. 1-12, 2011.
- [6] J. Anatory, N. Theethayi, and R. Thottappillil, "Performance of underground cables that use OFDM systems for broadband power-line communications," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 24, no. 4, pp. 1889-1897, Oct. 2009.
- [7] H. Philipps, "Modelling of powerline communication channels," in *Proc. 3rd Int'l. Symp. Power-Line Commun. and its Applications*, 1999, pp. 14-21.
- [8] M. Zimmermann, and Dostert, "A multipath model for the powerline channel. *IEEE Transactions on Communications*," vol. 50, no. 4, pp. 553-559, 2002.
- [9] A. M. Tonello, F. Versolatto, and A. Pittolo, "In-Home Power Line Communication Channel: Statistical Characterization." To appear in *IEEE Transactions on Communications*.
- [10] F. J. Canete, J. A. Cortés, L. Díez, and J. T. Entrambasaguas, "A channel model proposal for indoor power line communications," *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, no. 12, pp.166-174, Dec. 2011
- [11] V. K. Chandna, and M. Zahida, "Effect of varying topologies on the performance of broadband over power line," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 25, no. 4, pp. 2371-2375, Oct. 2010.
- [12] J. Anatory, N. Theethayi, and R. Thottappillil, "Channel characterization for indoor power-line networks," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 24 no. 4, pp. 1883-1888, Oct. 2009.

Análisis y validación de algoritmos de separación de fuentes sonoras para aplicaciones en entornos industriales

A. Gómez¹ | A. Chacón-Rodríguez¹ | C. Lozano^{1,2} | F. Merchán²

¹DCILab, Escuela de Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica
²Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá
 agomez10010@gmail.com, {anaclevis.lozano, fernando.merchan}@utp.ac.pa

Resumen: este documento presenta la evaluación del costo computacional de las operaciones matemáticas básicas de tres algoritmos de separación de fuentes sonoras: FastICA, adaptativo basado en gradiente natural y adaptativo EASI basado en gradiente relativo. Estos algoritmos fueron seleccionados por su relativa simplicidad y la viabilidad de implementación en hardware de bajo costo en aplicaciones de localización acústica de agentes móviles en entornos industriales.

Palabras claves: separación ciega de fuentes (BSS), implementación en hardware, localización acústica.

Title: Analysis and Validation of Algorithms of Separation of Sound Sources for Applications in Industrial Environments

Abstract: This paper presents the evaluation of the computational cost of the basic mathematical operations of three algorithms separation of sound sources: FastICA, adaptive algorithm based on natural and adaptive EASI gradient based on relative gradient. These algorithms were chosen for their relative simplicity and viability of hardware implementation in low-cost applications of acoustic localization of mobile agents in industrial environments.

Key words: blind sources separation (BSS), hardware implementation, acoustic localization.

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 5 de septiembre de 2014

Fecha de aceptación: 12 de noviembre de 2014

1. Introducción

Con las mediciones acústicas captadas de un entorno es posible obtener la distancia a la que se ubica un objeto emisor de un sonido [1], o utilizar la diferencia de tiempo y de fase entre las señales recibidas por una red de sensores para estimar la localización de una fuente (ver [2] para un estudio de fuentes bibliográficas al

respecto). No obstante, resulta claro que antes de poder localizar un objeto por el sonido que emite, es necesario saber si el sonido analizado proviene del objeto en cuestión. Para la extracción o separación ciega de fuentes BSS (del inglés "Blind Source Separation") se han desarrollado complejos algoritmos de procesamiento de señales, los cuales requieren cada vez mayor potencia en los cálculos matriciales y estadísticos, representando altas cargas computacionales [3]. Debido a las propiedades de las señales de audio tomadas de un ambiente real, donde las fuentes emiten sonidos simultáneamente y los obstáculos en el camino producen ecos y reverberación, la aplicación de las técnicas de BSS es un complejo problema [4]. Dichas técnicas utilizan los principios del procesamiento digital de señales y distribuciones probabilísticas basados en características supuestas de las señales, como la independencia estadística entre ellas [4, 5]. Considerando la viabilidad de implementar algoritmos de BSS en un circuito integrado, el primer paso es el análisis y la evaluación de las operaciones matemáticas básicas de las diferentes etapas de procesamiento de los algoritmos más comunes en aplicaciones de localización de agentes autónomos en movimiento en la industria [1], buscando soluciones óptimas de bajo costo por encima de altos estándares de robustez. En la sección II de este trabajo se presenta la descripción y el costo computacional de las tres estructuras implementadas en la plataforma de LabView de National Instruments. En la sección III se discuten los resultados de las pruebas de evaluación del comportamiento de cada algoritmo, usando la versión instantánea con mezclas construidas en el laboratorio. La sección IV presenta las conclusiones.

2. Descripción y Costo Computacional de los Algoritmos Diseñados

Con el fin de llevar a cabo la extracción de la fuente de interés, se asume que la mezcla capturada por cada micrófono tiene una independencia estadística entre las fuentes [5, 6]. Dichas mezclas, se clasifican como instantáneas o convolutivas, y pueden ser analizadas en el dominio del tiempo o de la frecuencia. También se ha demostrado la aplicación de algoritmos BSS en ambientes reales que utilizan técnicas de pre procesamiento para trabajar con las derivadas de las señales en lugar de las originales [7]. Por lo citado, se determinó que para la evaluación de los algoritmos en este trabajo, las muestras fueran instantáneas y en el dominio del tiempo.

En la implementación de los algoritmos se definen las siguientes convenciones simbólicas:

- P : Número de micrófonos para las mediciones.
- N : Tamaño de la muestra de datos.
- J : Número de fuentes a estimar.
- S : Matriz de fuentes de sonido del ambiente, $J \times N$.
- A : Matriz de mezcla procesada, $P \times J$.
- V : Matriz de mezclas observadas en los micrófonos, $P \times N$.
- X : Matriz de mezclas después del pre-procesamiento, $P \times N$.
- B : Matriz de separación final, $J \times P$.
- Y : Matriz de estimación de las fuentes originales, $J \times N$.

2.1 Algoritmo FastICA

FastICA es uno de los algoritmos más conocidos y comúnmente utilizados para BSS en una gran cantidad de aplicaciones, por su robustez y velocidad de convergencia [4, 8]. Este algoritmo opera con datos en bloque, por lo que requiere de suficiente memoria para contener los bloques de N datos en cada etapa del procesamiento. Como muestra la Figura 1, el algoritmo FastICA consta de tres etapas.



Figura 1. Etapas del algoritmo FastICA. Las dos primeras etapas - centrado y blanqueo - son en realidad operaciones de pre procesamiento que optimizan el subsiguiente algoritmo de ICA.

El centrado es la media de los datos de la matriz de entrada v , calculada de la siguiente manera:

$$\bar{v}_i = v_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N v_{ij} \quad (1)$$

Las operaciones matemáticas básicas para centrar un vector fila se listan en la Tabla 1. A nivel de *hardware* este bloque puede replicarse P veces para calcular la media en paralelo de todas las filas, o insertar una lógica de secuencialización para utilizar los mismos recursos en P tiempos diferentes.

Tabla 1. Cantidad de operaciones para el centrado de datos.

Tipo	Cantidad por mezcla	Cantidad total
Sumas	N	PN
Multiplicaciones	1	P
Restas	N	PN
Total	$2N + 1$	$2PN + P$

El proceso de blanqueamiento de la señal conlleva el cálculo de las matrices de covarianza y de salida de datos, así como de los vectores y valores propios de la matriz covarianza. La Tabla 2 muestra la cantidad total de operaciones del proceso.

Tabla 2. Cantidad de operaciones para el blanqueamiento, donde k es el número de iteraciones, parámetro que determina la convergencia del algoritmo afectando la calidad de la separación.

Tipo	Cantidad total
Sumas	$\frac{1}{2}(3N-1)P^2 - \frac{1}{2}(N+1)P + k((2P-1)\sum_{j=1}^{P-1} j + P^3 - P)$
Multiplicaciones	$\frac{3}{2}(N+1)P^2 + \frac{1}{2}(N+3)P + k(P^3 + 3P^2 + 3P\sum_{j=1}^{P-1} j)$
Restas	$kP\sum_{j=1}^{P-1} j$
Divisiones	$kP + 1$
Raíz	$kP + P$
Total	$(3N+1)P^2 + 2P + 1 + k(2P^3 + 3P^2 + ((6P-1)\sum_{j=1}^{P-1} j) + P)$

Por último, se aplica el algoritmo central para la técnica FastICA, que tiene dos versiones: FastICA basado en curtosis y FastICA basado en negestropía [9]; para la evaluación del algoritmo central se eligió la versión basada en curtosis por su velocidad de convergencia cúbica que hace que sea entre 10-100 veces más rápido comparado con algoritmos basados en gradiente [9]. En la Tabla 3 se resume la cantidad de operaciones matemáticas que realiza el núcleo del algoritmo FastICA basado en curtosis.

Tabla 3. Cantidad de operaciones para el núcleo del algoritmo Fastica basado en curtosis, donde se observa la dependencia del costo computacional con número de iteraciones k .

Tipo	Cantidad total
Sumas	$k[(J-1)P^2 + 2NJ - J(N+2) + 1] + (J-1)\frac{P^2 + P}{2}$
Multiplicaciones	$k[(J-1)P^2 + (6J + 2NJ - 2)P + 2NJ] + J(J-1)\frac{P^2 + P}{2}$
Restas	$kP(2J - 1)$
Divisiones	$k(2J - 1)$
Raíz	$k(2J - 1)$
Total	$k[2(J-1)P^2 + (4NJ + 8J - 3)P + NJ + 2J - 1] + (2J-1)(J-1)\frac{P^2 + P}{2}$

2.2 Algoritmo adaptativo basado en gradiente natural

A diferencia del algoritmo FastICA que opera en bloque, este algoritmo opera dato a dato a medida que va ingresando en cada una de las mezclas, lo que representa una ventaja al no requerir grandes cantidades de memoria para almacenar grupos de datos. Además, por ser adaptativo, minimiza la dependencia estadística entre las fuentes estimadas tomando como base el parámetro de información mutua; no obstante, tiene la desventaja de que en condiciones iniciales se requeriría un tiempo apreciable para que el algoritmo empiece a converger a valores estables [10].

Debido a que este algoritmo solo requiere el centrado de los datos de entrada antes de ejecutar el núcleo central del mismo, se utiliza un filtro paso bajo (ecuación 2) para calcular la media m_i de cada mezcla x_i . Dicho cálculo realiza dos multiplicaciones, una suma y una resta (para extraer el dato centrado).

$$m_i(t) = \alpha x_i(t) + (1 - \alpha)m_i(t - 1) \quad (2)$$

El núcleo central del algoritmo adaptativo basado en gradiente natural se ejecuta en los pasos siguientes:

$$y(t) = B(t-1)x(t)$$

$$B(t) = B(t-1) - \mu[f(y)y^T - I]B(t-1)$$

donde B es la matriz de tamaño J x P y f(y) es la función de activación definida por:

$$f(y) = \frac{3}{4}y^{11} + \frac{25}{4}y^9 - \frac{14}{3}y^7 - \frac{47}{4}y^5 + \frac{29}{4}y^3$$

En la Tabla 4 se muestra el total de operaciones matemáticas de los dos pasos anteriores.

Tabla 4. Cantidad de operaciones para el núcleo del algoritmo adaptativo basado en gradiente natural

Tipo	Cantidad
Sumas	$PJ^2 - J$
Multiplicaciones	$(1 + P)J^2 + (2P)J$
Restas	$(1 + P)J$
Total	$(2P + 1)J^2 + 3PJ$

2.3 Algoritmo adaptativo EASI basado en gradiente relativo

Este algoritmo es de aprendizaje adaptativo también, que minimiza la dependencia estadística entre las fuentes estimadas. Al igual que el algoritmo basado en gradiente natural solo requiere de dos etapas, el centrado (dos multiplicaciones, una suma y una resta) y el núcleo central. La diferencia entre ellos es que algoritmo EASI incluye el gradiente relativo, representado por y que considera la matriz de separación como ortogonal. La cantidad de operaciones para el algoritmo EASI se muestra en la tabla 5, donde se observa que no hay gran variación en la cantidad de operaciones matemáticas ejecutadas.

Tabla 5. Cantidad de operaciones para el núcleo del algoritmo EASI.

Tipo	Cantidad
Sumas	$(1 + P)J^2 - J$
Multiplicaciones	$(2 + P)J^2 + (2P)J$
Restas	$J^2 + (1 + P)J$
Total	$2(P + 2)J^2 + (3P)J$

3. Análisis de resultados

Para evaluar el comportamiento de cada algoritmo implementado en LabView, se creó una matriz aleatoria de 20000 muestras a partir de la mezcla de tres fuentes de datos muestreados a una frecuencia de 22050 Hz. La selección de las fuentes se hizo con base en sonidos de elementos presentes en un ambiente industrial: el sonido repetido de la bocina de camión, la señal acústica de un motor de tractor en estado estacionario y una motosierra que acelera y desacelera (todas señales súper gaussianas). Con el fin de estimar la calidad de la separación, se utilizó la razón de señal a interferencia SIR (Signal to Interferences Ratio, por sus siglas en inglés).

Se tomó un bloque de $N = 10000$ datos de cada fuente por separado antes de ser mezcladas, y con Matlab se calcularon los parámetros estadísticos de curtosis y de información mutua para cada una de ellas (resultados mostrados en la tabla VI), datos requeridos para el procesamiento del algoritmo central de FastICA.

Tabla 6. Parámetro de información n mutua entre cada par de fuentes y curtosis de cada una, parámetros estadísticos para maximizar FastICA.

Fuente	BocCamion	MotTractor	Motosierra	Curtosis
BocCamion	0,98	$8,13E-05$	$5,86E-04$	0,463
MotTractor	$8,13E-05$	1,00	$2,11E-05$	1,294
Motosierra	$5,86E-04$	$2,11E-05$	1,00	2,490

La primera prueba realizada fue observar el comportamiento del algoritmo FastICA con respecto a la cantidad de iteraciones ejecutadas. De los resultados que se muestran en la Figura 2, se puede resaltar que en doce iteraciones todas las fuentes han superado el 90% de su valor final; inclusive la fuente Motor Tractor demostró converger prácticamente a la primera iteración, cerca de 18 dB. El SIR promedio de la mezcla de las tres fuentes es aproximadamente 16 dB.

La segunda prueba se realizó con valores diferentes de la tasa de aprendizaje μ en cada muestra, ejecutando los otros dos algoritmos (gradiente natural y EASI). Las simulaciones del algoritmo adaptativo basado en gradiente natural se muestran en las figuras 3 y 4, donde se observa que al aumentar el valor de la tasa de aprendizaje se acelera el proceso de convergencia: con $\mu = 0.0005$ se requieren 20 iteraciones mientras que con $\mu = 0.001$ solo ocho iteraciones. Para ambos casos el promedio final de la SIR es de alrededor de 27 dB. La mejor estimación se obtiene para MotorTractor con ± 38 dB y la peor para Motosierra con ± 18 dB.

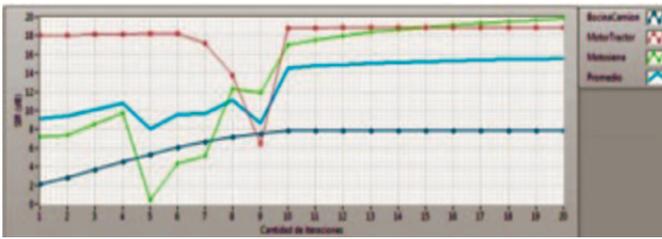


Figura 2. Influencia de la cantidad de iteraciones en el núcleo principal de FastICA sobre la calidad de la separación. Se resalta que casi todas las fuentes convergen a su valor final en ± 12 iteraciones; incluso la fuente MotorTractor muestra convergencia a la primera iteración, con un alto valor de la SIR (18 dB).

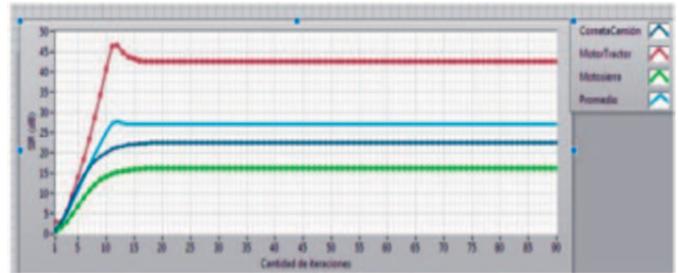


Figura 5. Influencia de la cantidad de iteraciones sobre la calidad de la separación con $\mu = 0.0005$ del algoritmo EASI. No presenta gran diferencia entre éste y el gradiente natural, pues se reduce en ± 5 iteraciones.

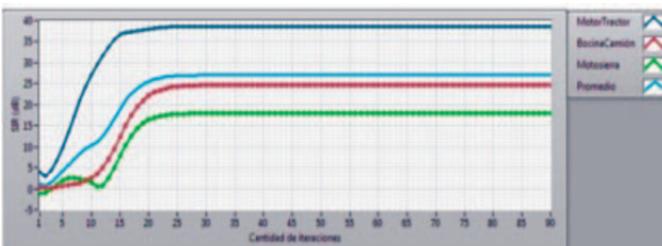


Figura 3. Influencia de la cantidad de iteraciones sobre la calidad de la separación con $\mu = 0.0005$ con el algoritmo de gradiente natural. Para este valor de la tasa de aprendizaje el proceso de convergencia se lleva a cabo en ± 20 iteraciones.

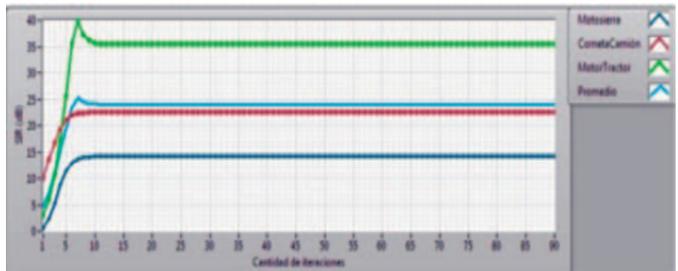


Figura 6. Influencia de la cantidad de iteraciones sobre la calidad de la separación con $\mu = 0.001$ del algoritmo EASI. La diferencia entre éste y el de gradiente natural es en la reducción del promedio del SIR en aprox. 4 dB al aumentar μ .

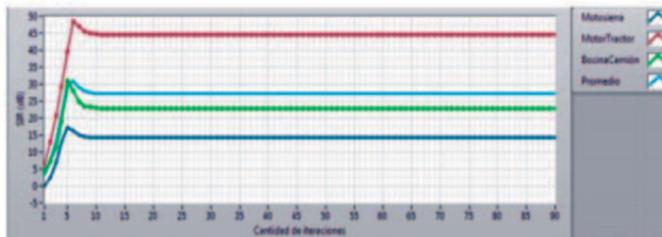


Figura 4. Influencia de la cantidad de iteraciones sobre la calidad de la separación con $\mu = 0.001$ con el algoritmo de gradiente natural. Para este valor de la tasa de aprendizaje el proceso de convergencia se lleva a cabo en ± 8 iteraciones y el promedio de SIR se mantiene constante.

Se aplicaron los mismos parámetros de prueba al algoritmo adaptativo EASI basado en gradiente relativo. De los resultados presentados en las figuras 5 y 6, se observa que no hay una gran diferencia en el comportamiento de algoritmo EASI y el basado en gradiente natural en términos del número de iteraciones que toma para la convergencia. Sin embargo, el algoritmo EASI muestra que para una mayor tasa de aprendizaje hay una reducción en la SIR promedio y viceversa.

Por otro lado, cuantificando el total de operaciones matemáticas simples que realiza cada algoritmo (con $P = 4$ mezclas y $J = 3$ fuentes), el algoritmo FastICA es el que menor cantidad de operaciones ejecuta frente a los otros dos, como se muestra en la tabla VII. Esto se debe a que el algoritmo FastICA requiere efectuar varias ecuaciones diferentes pero que son independientes entre sí, lo que brinda más posibilidades para paralelizarlas, aunque ello implica utilizar mayores recursos de hardware.

Tabla 7. Cantidad de operaciones matemáticas básicas requeridas por cada algoritmo con $\mu=0.001$. A pesar de la gran cantidad de ecuaciones del algoritmo FastICA, requiere menor cantidad de operaciones.

Fuente	BocinaCamion	MotorTractor	Motosierra
BocinaCamion	0.98	$8.13E - 05$	$5.86E - 04$
MotorTractor	$8.13E - 05$	1.00	$2.11E - 05$
Motosierra	$5.86E - 04$	$2.11E - 05$	1.00

4. Conclusiones

Se han analizado tres algoritmos de separación de fuentes sonoras basados en análisis de componentes independientes (ICA), estos fueron seleccionados debido a su relativa simplicidad, lo cual

permite una potencial implementación en un circuito integrado de bajo costo en aplicaciones de procesamiento acústico para ambientes industriales. Se cuantificó el costo computacional de cada uno en términos de la cantidad de operaciones matemáticas simples que se ejecutan, se propusieron estructuras lógicas que conceptualizan la posible implementación paralela de los algoritmos desarrollados y su aplicación en un sistema de localización de fuentes sonoras. Este análisis es extendible para la versión en frecuencia de los algoritmos con mezclas convolutivas.

Referencias

- [1] J. Lanslots, F. Deblawe, K. Janssens, "Selecting Sound Source Localization Techniques for Industrial Applications", *The Noise and Vibration Control Magazine*, pp. 6-9, Junio 2010.
- [2] A. Chacon., F. Martin-Pirchio, S. Sanudo, and P. Julian, "A low-power integrated circuit for interaural time delay estimation without delay lines", *IEEE Trans. Circuits Systems II, Express Briefs*, 56, (7), 2009.
- [3] A. Van Schaik, S. Shamma, "A Neuromorphic Sound Localizer for a Smart MEMS System", *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, 39, pp. IV-864-867, 2004.
- [4] P. Common and C. Jutten. *Handbook of Blind Source Separation*, chapter 1: Introduction, pages 1–22. Elsevier Ltd, 1 edition, 2010.
- [5] A. Hyvarinen, J. Karhunen, E. Oja, "Independent component analysis", 2001.
- [6] V. Yan Fu Tan. *Blind audio source separation*, Mayo 2005. Fourth-year undergraduate project in Group F, 2004/2005.
- [7] M. Stanacevic and G. Cauwenberghs. Gradient flow adaptive beamforming and signal separation in a miniature microphone array. In *Proc. IEEE Int. Conf. Acoustic Speech and Signal Processing (ICASSP'2002)*, (Orlando FL, pages 13–17, 2002.
- [8] C. Alvarez, J. Monzón, "Aplicaciones de ICA con conceptos de estabilidad para separar señales", Departamento de Ingeniería, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes – Argentina. Resumen: E-004, *Comunicaciones Científicas y tecnológicas*. 2006.
- [9] A. Hyvärinen. New approximations of differential entropy for independent component analysis and projection pursuit. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, 10:273–279, 1998.
- [10] S. Amari, A. Cichocki, and H. H. Yang. A new learning algorithm for blind signal separation. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, pages 757–763. MIT Press, 1996.

Etnobotánica en El Cacao, Capira, Panamá: identificación y usos de plantas medicinales

I. Bermúdez | J. Ramos Chue de Pérez

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad Tecnológica de Panamá

isaias.bermudez@comcast.net, juana.ramos@utp.ac.pa

Resumen: Este estudio consistió de una encuesta comunitaria aplicada en 90 hogares de la comunidad de El Cacao de Capira, Panamá. La información obtenida permitió estudiar la relación de plantas medicinales con los usos asignados para el manejo de problemas de salud. Los resultados permitieron identificar los usos medicinales de un total de 136 plantas medicinales utilizadas en la comunidad. Se les estimó el nivel de importancia y el nivel de uso significativo, identificándose a la hierbabuena y al toronjil como las de mayor importancia. La hierbabuena obtuvo el mayor índice de valor cultural. Este estudio contribuye al conocimiento de etnobotánica en Panamá, donde en comunidades como la estudiada aún existe gran riqueza en el conocimiento local y valor cultural que se le atribuye a las plantas medicinales.

Palabras Claves: etnobotánica, plantas medicinales, tradiciones, Capira, Panamá

Title: Ethnobotanics in El Cacao, Capira, Panama: Identification and uses of medicinal plants

Abstract: This study consisted of a community survey of 90 households in the community of El Cacao, Capira, Panama. The information obtained allowed to study the relationship of plants with medicinal uses assigned to manage health problems. The results allowed the identification of the medicinal uses of a total of 136 medicinal plants used in the community. The level of importance and level of meaningful use were estimated, identifying peppermint and lemon balm as the most important. Peppermint had the highest cultural value. This study contributes to the knowledge of ethnobotanics in Panama, where communities like the one surveyed there is still wealth of local knowledge and cultural value ascribed to medicinal plants.

Keywords: Ethnobotanics, medicinal plants, traditions, Capira, Panama

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 30 de agosto de 2014

Fecha de aceptación: 30 de octubre de 2014

1. Introducción

Una de las alternativas milenarias de proveer salud y bienestar en el mundo, principalmente en los países en vías de desarrollo, es la basada en el uso de plantas terapéuticas o medicinales, para realizar curaciones y proporcionar bienestar corporal. En la mayoría de estos países en vías de desarrollo, su población depende de un 70% a 95% de la medicina tradicional como estrategia de cuidado primario [1].

Alrededor del mundo se han logrado identificar unas 2.000 especies de plantas medicinales, de las cuales, por ejemplo, 120 especies han sido encontradas en Guatemala [2]. En estudios recientes realizados en el oriente antioqueño de Colombia, 254 especies de plantas han sido mencionadas como de uso tradicional [3]. El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ha logrado desarrollar una colección de 191 especies de plantas medicinales en la Comarca Ngäbe Buglé [4]. Este mismo instituto, en su laboratorio de Ollas Arriba, distrito de Capira, ha logrado coleccionar 40 especies que son referenciadas con alguna propiedad medicinal [5]. En el Centro de Investigaciones Farmacognósticas de la Flora Panameña (CIFLORPAN), también han realizado varias investigaciones a partir de las cuales han logrado identificar y documentar actividad farmacológica en plantas medicinales panameñas, incluyendo plantas utilizadas por habitantes de comunidades rurales y por grupos indígenas, lo que indica, según ellos, que estos usos etnofarmacológicos tienen cierta validez científica [6],[7].

En el Distrito de Capira, la comunidad de El Cacao y las áreas circunvecinas, disponen de una buena proporción de la riqueza herbaria de plantas medicinales. También se cuenta con personas conocedoras que utilizan las propiedades terapéuticas de las plantas que curan. Usualmente se les conoce como curanderos, botánicos o simplemente son personas que tienen un extenso conocimiento acerca de la efectividad de las plantas.

Algunos investigadores como Bermúdez y Velásquez, 2002 [8] y Toscano-González, 2006 [9] han aplicado estimaciones como la del "Nivel de uso significativo de las especies (TRAMIL)". Fonnegra-Gómez y Villa-Londoño, 1995 [3] también han propuesto estimaciones de la importancia de cada planta (especie) y que representan el porcentaje de encuestados identificando una determinada planta como medicinal.

Este tipo de análisis etnobotánica para medir el nivel de uso significativo de las especies o plantas medicinales no han sido documentados en Panamá, de acuerdo a las investigaciones de los autores de este artículo.

El propósito de este estudio es medir la relación e interacción de las plantas vs su utilización y disponibilidad para el tratamiento y prevención de dolencias y enfermedades que se presentan en los moradores de la comunidad de El Cacao del distrito de Capira, Panamá.

2. Materiales y Métodos

2.1 Área geográfica del estudio

La investigación se realizó en la comunidad de El Cacao, cabecera del corregimiento del mismo nombre del Municipio de Capira.

De acuerdo con el censo 2006 de la Contraloría de la República de Panamá, el corregimiento de El Cacao tenía una población total de 4,843 habitantes. La comunidad cabecera de El Cacao es considerada como área rural pero cuenta con servicios básicos de escuelas de niveles primario y secundario, un Centro de Salud, oficinas locales de entidades agrícolas como MIDA, Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) y la Autoridad del Canal (APC). También cuenta con una Iglesia, un Centro Comunal y varios locales comerciales.

El Cacao, cabecera, está a una distancia aproximada de 75 kilómetros de la Ciudad de Panamá. Con una altura en los 700 metros sobre el nivel del mar, el clima en esta región es tropical, lluvioso y selvático. Existe carretera asfaltada desde la Carretera Panamericana hasta el mismo centro de El Cacao.

2.2 Muestra para el estudio

La recolección de datos del estudio que se presenta aquí, se realizó a través de una entrevista dirigida a jefes de familia o sus informantes de los hogares identificados en la comunidad de El Cacao. Para establecer el número de familias a encuestar, se realizó una enumeración en la comunidad cabecera. En total se censaron un total de 100 viviendas y se logró enumerar a los residentes de 90 viviendas. En las viviendas restantes (10 casas) se declinó la participación o las casas estuvieron cerradas durante los días de la encuesta, la cual se efectuó en los meses de octubre y noviembre de 2013. Debido al número relativamente pequeño de viviendas familiares, se tomó la decisión de encuestar a la totalidad de los mismos en lugar de seleccionar muestras representativas de dichas viviendas.

2.3 Instrumento para recolección de datos

Se desarrolló y probó un cuestionario para la recolección de los datos de este estudio. Este cuestionario fue diseñado para obtener datos sobre estadísticas demográficas de las familias a ser encuestadas, características de las viviendas, disponibilidad y conocimiento sobre plantas medicinales locales, información retrospectiva de enfermedades y de las plantas medicinales utilizadas como tratamientos o curaciones en los últimos 5 años.

Una vez diseñado el cuestionario para este estudio, se hicieron pruebas pilotos sobre la comprensión, coherencia y fluidez con tres trabajadores de fincas cercanas a la comunidad y con cuatro maestros de la escuela secundaria del lugar. Con los resultados de estas pruebas, se hicieron los ajustes necesarios para su aplicación durante el estudio.

2.4 Selección y capacitación de encuestadores

Para la recolección de los datos, se coordinó con los directores y profesores de la escuela secundaria de El Cacao. Con la colaboración de este personal docente, se identificó a un grupo de estudiantes que participaron como encuestadores. Este equipo fue dirigido por el autor de este artículo, quien contó con la colaboración de un estudiante visitante de un programa de maestría de la Universidad de Ghent, Bélgica y quien realizaba su trabajo de tesis sobre usos artesanales del cacao con el grupo de investigación de este proyecto.

Una vez integrado el grupo de entrevistadores, se procedió a su capacitación, la cual incluyó sesiones de trabajo durante los días sábados del mes de septiembre de 2013. Durante estas sesiones, se hicieron múltiples ejercicios de estandarización para la aplicación del instrumento de recolección de datos.

2.5 Aplicación del cuestionario

El equipo de encuestadores visitó los hogares previamente enumerados y, en cumplimiento con la ética de este tipo de estudios, obtuvo el consentimiento informado de los jefes de familia o sus representantes. Se procedió entonces a la aplicación del cuestionario. Para mantener los controles de calidad de la información, el coordinador de los entrevistadores realizó revisiones y las tabulaciones primarias en bases de datos electrónicas, lo que le permitió realizar pruebas sobre la validez de la información que se recolectaba.

2.6 Procesamiento y análisis de datos

Una vez concluida la recolección de los datos, se procedió a su procesamiento, desarrollando bases de datos para los análisis respectivos, los cuales se realizaron con el programa estadístico IBM-SPSS, versión 21 [10]. Luego se procedió a construir variables para el análisis, incluyendo tipos de plantas medicinales y de usos de las mismas.

Para describir las características de los hogares encuestados, se hicieron comparaciones de acuerdo al sexo del jefe del hogar encuestado. Se compararon los resultados entre estos dos grupos de hogares, aplicando pruebas estadísticas descriptivas de Chi-cuadrado para las variables categóricas y pruebas de t de "student" para muestras independientes. Valores de P menores de 0.05 fueron considerados significativos.

Para la descripción e interpretación de los resultados sobre las plantas medicinales y sus usos, se estimaron indicadores desarrollados para estudios etnobotánicos. Estos incluyeron la medición del nivel de importancia de las plantas identificadas y el valor cultural de una especie o planta.

El nivel de importancia de cada planta medicinal fue estimado utilizando el índice "Nivel de importancia de cada especie" o NIsp(%), propuesto por Fonnegra-Gómez [3]. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\text{NIsp} (\%) = \frac{\sum \text{Csp}}{t_i} \times 100 \quad (1)$$

donde:

$\sum \text{Csp}$ = número de informantes que citaron la planta medicinal (sp)
 t_i = número total de informantes encuestados

Para analizar el valor cultural de las plantas medicinales se estimó el índice UST (Nivel de Uso Significativo TRAMIL ("Traditional Medicine in the Islands") [3] aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{UST} = \sum i \text{ uso especie (S)} / \text{nis} \times 100 \quad (2)$$

donde

uso especie (S) = número de citas (usos) para cada especie de planta
 nis = número de informantes encuestados

3. Resultados

3.1 Características de los hogares estudiados

En esta investigación se encuestó a un total de 90 familias las que representaban al 90% de las familias residentes de la comunidad cabecera de El Cacao. La mayor proporción de familias (61%) estaban ubicadas en el sector conocido como Cacao Centro, y las restantes estaban distribuidas en los sectores de Cacao Arriba, Cacao Abajo y otros (ver Tabla 1).

Tabla 1. Familias encuestadas por sectores de la comunidad de El Cacao de Capira. Panamá, octubre 2013.

Sectores	N	%
El Cacao Abajo	10	11.1
El Cacao Arriba	13	14.4
El Cacao Centro	55	61.1
Otros sectores ¹	12	13.3
Total	90	100.0

¹Incluye sectores como Cacaíto, Virgen del Carmen y otros.

De acuerdo a los detalles de la Tabla 2, se observa que de los 90 hogares estudiados, el jefe de familia era del sexo masculino en 63 de ellos y del sexo femenino en los restantes 27 hogares. La edad promedio de estos jefes de familia estaba por encima de los 50 años, sin diferencias estadísticas entre hombres y mujeres. La distribución por edades de estos jefes de familia también se presenta en la Tabla 2. La mayoría de los entrevistados o informantes fueron los propios jefes de familia. Sin embargo se observó que en hogares donde otro miembro diferente al jefe de familia actuó como informante, el porcentaje de informantes identificados como esposo o cónyuge fue significativamente más alto si el jefe de familia era hombre.

También en la Tabla 2 se aprecia el tamaño promedio de miembros por hogar, el cual fue de 4.2 y 4.4 miembros en los hogares con mujeres y hombres como jefe de familia, respectivamente, aunque estas diferencias no tuvieron significancia estadística. Asimismo, la Tabla 2, contiene detalles sobre la distribución de los miembros de familia por grupos de edades.

Tabla 2. Características de los miembros de los hogares encuestados, según sexo del jefe de familia de la comunidad de El Cacao de Capira. Panamá, octubre 2013.

	Mujer (n=27)	Hombre (n=63)	Total (n=90)	Valor p ²
	$\bar{X} \pm DE^1$	$\bar{X} \pm DE$	$\bar{X} \pm DE$	
Edad, Jefe de Familia (años), $\bar{X} \pm DE^1$	51.8 \pm 18.4	58.2 \pm 17.4	56.3 \pm 17.8	0.12
Grupos de edad de Jefe de Flia				
-Menos de 39 (%)	29.6	12.7	17.8	0.12
-Entre 40-59 (%)	37.0	36.5	36.7	
-De 60 y más (%)	33.3	50.8	45.6	

Relación informante con jefe de flia				
-Cónyuge (%)	3.7	33.3	24.4	0.01*
-Hijo, hija, hijastro (%)	18.5	14.3	15.6	
-Jefe de familia (%)	77.8	52.4	60.0	
Miembros por hogar, $\bar{X} \pm DE^1$	4.2 \pm 1.9	4.4 \pm 2.4	4.3 \pm 2.3	0.76
Grupos de edad, $\pm DE^1$				
-45 años o más	1.0 \pm 0.9	1.4 \pm 1.0	1.3 \pm 0.9	0.06
-18 a 44 años	1.7 \pm 1.4	1.6 \pm 1.5	1.6 \pm 1.5	0.92
<18 años	1.6 \pm 1.6	1.4 \pm 1.7	1.4 \pm 1.6	0.64

¹ $\bar{X} \pm DE$ = Promedio \pm desviación estándar

²Valores de significancia P obtenidos con pruebas estadísticas de t de student para muestras independientes y de Chi-cuadrado para variables categóricas (categorías de edad del jefe de familia y relación del informante con el jefe de familia).

*P<0.05

Las condiciones y características de las viviendas de las familias encuestadas se presentan en la Figura 1. Allí se observa que, en general, los hogares con mujeres como jefes de familia, en comparación con aquellos con hombres como jefes de familia, tenían mejores condiciones en cuanto a los materiales utilizados en la construcción de sus hogares y a los servicios de electricidad y agua potable. Una mayor proporción de estos hogares con mujeres al frente de los mismos también reportaron un menor porcentaje con letrinas (vs. sanitarios).



Figura 1. Características de las viviendas según el sexo del jefe de familia de los hogares encuestados durante la Encuesta del Hogar sobre Plantas Medicinales en El Cacao de Capira. Panamá, octubre 2013.

3.2 Nivel de importancia de las plantas medicinales identificadas en El Cacao

El nivel asignado a las plantas medicinales identificadas fue medido con el "Nivel de importancia de cada especie" o NIsp (%) aplicando la fórmula descrita anteriormente. Los resultados se presentan en

la Tabla 3., donde se ha incluido la disponibilidad o existencia de las plantas en los hogares encuestados y también dentro de la comunidad, de acuerdo al conocimiento de los encuestados sobre la existencia de plantas en sus hogares o en la comunidad. En esta Tabla sólo se presentan las plantas medicinales identificadas por 5 o más familias.

De acuerdo a la información de la Tabla 3., se observa que las familias estudiadas identificaron a la hierbabuena o menta como la planta medicinal de mayor importancia tanto en la comunidad como en los hogares con Nlsp de 60% y 31%, respectivamente. La segunda en importancia fue el toronjil con Nlsp de 58% en la comunidad y 44% en los hogares. Con relación al orden de importancia, otras plantas identificadas fueron sábila (56%), salvia (52%), mastranto (46%), paico (37%), llantén (29%), hinojo (27%), ruda (25%) y tilo (22%).

Tabla 3. Nivel de importancia de las principales plantas medicinales identificadas en la comunidad de El Cacao de Capira. Panamá, octubre 2013.

Planta Medicinal	Disponibilidad en la comunidad		Disponibilidad en el hogar	
	N	Nlsp (%)*	N	Nlsp (%)*
Hierbabuena/menta	54	60.0	28	31.1
Toronjil	52	57.8	40	44.4
Sábila	50	55.6	38	42.2
Salvia	47	52.2	28	31.1
Mastranto	41	45.6	31	34.4
Paico	33	36.7	16	17.8
Llantén	26	28.9	23	25.6
Hinojo	24	26.7	18	20.0
Ruda	23	25.6	12	13.3
Tilo	20	22.2	14	15.6
Hierba zorra	18	20.0	14	15.6
Pasmo	18	20.0	14	15.6
Albahaca	17	18.9	9	10.0
Contra gavilana	17	18.9	16	17.8
Altamisa	15	16.7	13	14.4
Anamú	13	14.4	8	8.9
Manzanilla	13	14.4	9	10.0
Hoja de guanábana	12	13.3	11	12.2
Jengibre	11	12.2	5	5.6
Orozul/orozú	11	12.2	6	6.7
Desbaratadora	10	11.1	8	8.9
Eucalipto	9	10.0	3	3.3
Palo santo/palo de pito	8	8.9	5	5.6
Balsamino(a)	7	7.8	3	3.3
Cola de caballo	6	6.7	3	3.3
Guabo amargo	6	6.7	4	4.4
Sauce	5	5.6	4	4.4

*Nlsp: Nivel de importancia de cada especie o planta medicinal.

3.3 Valor cultural de las plantas medicinales

Para la estimación del valor cultural de las plantas medicinales, las mismas se relacionaron con los usos medicinales o curativos que se asignaron a dichas plantas. Para ello se estimó el nivel de uso significativo TRAMIL (UST) – ver Tabla 4. La planta o especie de mayor valor cultural fue la hierbabuena la cual recibió el mayor número de menciones sobre propiedades curativas para tratar diversos problemas de salud.

Un valor UST de 29% fue dado al toronjil, una planta medicinal que según los informantes se utiliza para dolor de espalda, inflamación, cólicos, gases, resfriados y diarrea. De igual manera, la salvia (UST de 27%) se identificó como de valor cultural para el tratamiento de dolor de cabeza, pasmo, calambre y reuma. Y el mastranto, con UST de 24% fue citado para el manejo de problemas tales como dolor de cabeza o de espalda reuma, fiebre, gases y diarrea. Al paico (UST de 22%) solamente se le asignó un uso específico: tratamiento de lombrices (parásitos intestinales). La Tabla 4. incluye otras plantas que recibieron hasta cinco menciones de usos.

Tabla 4. Usos medicinales y curativos atribuidos a las principales plantas medicinales identificadas en la comunidad de El Cacao de Capira. Panamá, octubre 2013.

Plantas Medicinales	Usos (N)	UST (%)	Tipos de condiciones o problemas de salud
Hierbabuena/menta	31	34.4	Resfriado, fiebre, pasmo, reuma y dolores de cabeza, espalda, oído, otros
Toronjil	26	28.9	Dolor de espalda, inflamación, cólicos, gases, resfriado, diarrea
Salvia	24	26.7	Dolor de cabeza, pasmo, calambre y reuma
Mastranto	22	24.4	Dolor de cabeza o de espalda, reuma, fiebre, gases, diarrea
Paico	20	22.2	Lombrices (parásitos intestinales)
Sábila	19	21.1	Dolor de cabeza, quemaduras, heridas, inflamación, para el estómago, hígado y para el cabello, cutis y piel
Pasmo	13	14.4	Pasmo, dolor de cabeza, dolores varios,
Llantén	13	14.4	Gases, resfriado, diarrea, cólicos, inflamación, dolor de glándulas y otros
Hierba zorra	13	14.4	Resfriado o tos y diarrea
Hinojo	12	13.3	Resfriado, fiebre, pasmo y reuma
Tilo	12	13.3	Nervios e insomnio
Ruda	9	10.0	Ojos, mal de ojos, lombrices, infección del cuerpo y dolor de cabeza o de oídos
Jengibre	8	8.9	Gases, pasmo, resfriado, calambre y colesterol
Anamú	7	7.8	Adelgazar, limpiar la sangre, cáncer, riñones y dolor muscular
Contra gavilana	7	7.8	Picaduras de insectos, limpiar la sangre, dolor muscular, bilis y diabetes
Albahaca	7	7.8	Limpia la sangre, fiebre, dolor de hueso, otros dolores y enfermedades
Orozul u orozú	7	7.8	Resfriado o tos y asma
Hoja de guanábana	6	6.7	Dolor de estómago, lombrices y diarrea
Manzanilla	6	6.7	Nervios y dolor de estomago
Altamisa	6	6.7	Pasmo, reuma, dolor de parto y dolores varios
Eucalipto	6	6.7	Descongestión nasal, fiebre y resfriado
Sauce	5	5.6	Resfriado o tos y asma

4. Discusión

En este estudio exploratorio sobre el conocimiento local de plantas medicinales, sus usos y valor cultural asignados por pobladores de la comunidad de El Cacao de Capira, se logró identificar a un total de 100 hogares, de los cuales 90 fueron encuestados. De acuerdo a la estructura de las familias, llamó la atención la edad relativamente avanzada de los jefes de familia y la baja proporción de niños en dichos hogares, lo cual podría ser un indicativo de cambios demográficos y de patrones de migración del campo hacia la ciudad, especialmente de los grupos más jóvenes de la comunidad.

Una contribución muy importante al conocimiento etnobotánica en Panamá fue ganar la percepción de que en comunidades en transición de ambientes rurales a semi-urbanos, aún existe una gran riqueza en el conocimiento local y el valor cultural que se atribuye a una gran variedad de plantas medicinales. A la mayoría de las plantas enumeradas por los informantes se les asignó usos o propiedades curativas que forman parte de las tradiciones y de la cosmovisión de la población de El Cacao. Resultó un hallazgo importante observar que los informantes fueron bastante consistentes al asignar usos medicinales específicos a plantas como el paico, valeriana, pasmo y eucalipto, los cuales son consistentes con otros estudios [5], [6], [11].

De acuerdo a la metodología TRAMIL [3] se recomienda considerar de valor cultural importante a aquellas plantas o especies citadas por el 20% o más de los participantes de un estudio. Aplicando este criterio, en El Cacao se ha logrado determinar como de alto valor cultural a la hierbabuena, toronjil, salvia, mastranto, paico y sábila. Es necesario poder confirmar estas determinaciones de valor cultural de las plantas mencionadas.

Fue interesante observar que, de acuerdo a los resultados obtenidos, a algunas plantas se les asignaron usos específicos ya confirmados en la literatura, como es el caso del paico y el eucalipto [5], [6], [11]. También resultó revelador encontrar las muchas alternativas que los moradores de comunidades con la de El Cacao tienen para tratar problemas de salud, particulares lo que ellos identificaron como dolores en varias partes del cuerpo. Esta asignación cultural al tratamiento de dolores y otros problemas de salud podría estar asociada con problemas crónicos de salud que podrían ser de interés para las autoridades locales y de salud.

Aunque este estudio tuvo limitaciones en el número de hogares visitados, los cuales aunque representaron casi la totalidad de la comunidad, significaron un número reducido. Asimismo, al ser un estudio de corte vertical, no es posible establecer si la información recogida tiene validez durante un período de tiempo específico ya que, por los mismos cambios demográficos y migratorios discutidos anteriormente, es probable que el número de plantas medicinales, así como sus usos, se modifiquen a lo largo del tiempo.

La importancia de este estudio ha consistido en que se ha logrado conocer mejor las características socio-culturales de las regiones del país que aún se apoyan en la medicina tradicional para el manejo de algunos de sus problemas de salud. Con este estudio también se realiza un aporte sobre el conocimiento de los especies de plantas nacionales que podrían ser de importancia cuando se requiera asignar prioridades a especies locales para su manejo agrícola y comercial.

5. Reconocimientos y agradecimientos

Los autores agradecen a Thomas Van der Have de la Universidad de Ghent, Bélgica y al grupo de estudiantes de la escuela de El Cacao que participaron como encuestadores. Igualmente se agradece a la Directora y profesores de dicha escuela por el apoyo recibido. De manera muy especial se agradece a los jefes de familia e informantes de los hogares visitados sin cuya participación entusiasta y desinteresada no se habría logrado la realización de este estudio. Para este estudio se contó con el apoyo financiero del Centro de Investigación en Nutrición y Salud Global (CINSAG) de Panamá.

Referencias

- [1] Robinson, M.M. and X. Zhang, Traditional medicines: Global situation, issues and challenges. Report WHO/EMP/MIE/2011.2.3. World Health Organization, Geneva, Switzerland. 12 p2011.
- [2] Morgan Szybist, R.J., Natural healing: a journey to the Mayan world of Atitlán. Ediciones Papiro. Guatemala 2010.
- [3] Fonnegra-Gómez, R. and J. Villa-Londoño, Plantas medicinales usadas en algunas veredas de municipios del Altiplano del Oriente Antioqueño, Colombia. *Actual Biol*, 2011. 33(95): p. 219-250.
- [4] Torres Vargas, L., R. Rincón, and V. Montezuma, Plantas Medicinales. Tecnología para la sostenibilidad de los sistemas de producción de la agricultura Ngäbe-Buglé, Panamá. Proyecto FIS FIDA 580 PA. IDIAP. Panamá2011.
- [5] Alfaro, O., Plantas medicinales colectadas en Panamá. Publicación del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Panamá. 28 p. ISBN: 978-9962-677-03-1, 2009.
- [6] Gupta, M.P., et al., Medical ethnobotany of the Teribes of Bocas del Toro, Panamá. *J Ethnopharmacol*, 2005. 96(3): p. 389-401.
- [7] Matsuse, I.T., et al., A search for anti-viral properties in Panamanian medicinal plants. The effects on HIV and its essential enzymes. *Ethnopharmacology*, 1998. 64(1): p. 15-22.
- [8] Bermúdez, A. and D. Velázquez, Etnobotánica médica de una comunidad campesina del Estado de Trujillo, Venezuela: un estudio preliminar usando técnicas cuantitativas. *Revista de la Facultad de Farmacia (Universidad de los Andes)*, 2002. 44: p. 2-6.
- [9] Toscano-González, J.Y., Uso tradicional de plantas medicinales en la Vereda San Isidro, municipio de San José de Paré-Boyacá: Un estudio preliminar usando técnicas cuantitativas *Acta Biológica Colombiana*, 2006. 11(2): p. 137-146.
- [10] IBM Corporation, IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY, 2012.
- [11] Biblioteca Digital Panameña and Biblioteca Virtual Iberoamericana y Caribeña El Dorado, Plantas medicinales de Panama [en línea]. Disponible en: <http://bdigital.binal.ac.pa/bdp/older/cienciasnaturales3.pdf> 2012.

Biografías

Carlos Medina

Universidad Tecnológica de Panamá

En biografías, presentamos la vida y obras de tres grandes inventores y científicos, uno de la antigüedad y dos de la era moderna, quienes con sus descubrimientos e inventos, revolucionaron el mundo en su momento y para la posteridad.

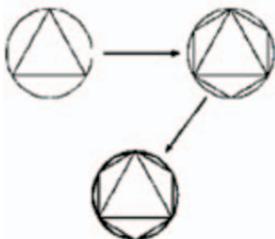
Arquímedes

Arquímedes de Siracusa es considerado uno de las más grandes mentes de la antigüedad clásica, siendo matemático, físico, ingeniero, inventor y astrónomo. Nació en Siracusa, colonia griega de Sicilia, en 287 A.C. Fue hijo del astrónomo Fidias, quien probablemente lo introdujo en el mundo de las matemáticas y la astronomía. Luego, siguió sus estudios en la Alejandría de los Tolomeos, el gran centro del saber helenístico de esos tiempos.

Después regresó a Siracusa para dedicarse completamente al trabajo científico, hasta su muerte en 212 A.C., durante el sitio de Siracusa por los romanos.

Una biografía de Arquímedes fue escrita por su amigo Heráclides, pero este trabajo se perdió, y no se conoce mucho sobre su vida, estando sus biografías posteriores pobladas de anécdotas e imprecisiones. Sin embargo, en cuanto a sus descubrimientos y trabajos científicos sí se tienen detalles en numerosas obras publicadas.

En matemáticas realizó grandes contribuciones en las áreas de geometría plana y geometría de sólidos, demostrando múltiples teoremas geométricos incluyendo el área de un círculo, y la superficie, área y volumen de una esfera. Uno de sus más grandes logros fue descubrir la razón del volumen de un cilindro al de una esfera ubicada en él. Esta medición fue considerada por Arquímedes tan importante, que pidió que colocaran una esfera y un cilindro en su tumba. También usó el método exhaustivo para medir con extrema precisión el número π , que corresponde a la razón del diámetro a la circunferencia de un círculo. Para ello consideró dibujar un círculo y luego, dentro de éste, una serie de polígonos, incrementando el número de sus lados hasta que coincidieran con el círculo. El método exhaustivo también le permitió calcular el área bajo una parábola como la



sumatoria de una serie infinita. Este método, junto con otros conceptos y métodos utilizados por él para los cálculos matemáticos como los infinitesimales fueron la base del cálculo moderno y el análisis, los cuales son fundamentales para resolver problemas complejos en todas las ciencias.

En física logró grandes avances como los fundamentos de la hidrostática, estática y la explicación del principio de la palanca.

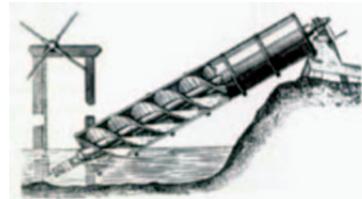
El trabajo de Arquímedes en hidrostática involucró una serie de experimentos sobre la densidad relativa (también conocida como gravedad específica) de las sustancias. Y el principio de Arquímedes en hidrostática está descrito en su tratado *Sobre Cuerpos Flotantes*. Este principio establece que un cuerpo sumergido en un fluido, experimenta una fuerza de flotación igual al peso del fluido que éste desplaza.

En el tiempo de Arquímedes la palanca se usaba ampliamente pero sin una explicación teórica, y mientras trabajaba en la teoría de la misma, descubrió el centro de gravedad de los cuerpos. Él utilizó este principio para mostrar que si pesos iguales se colocaban en lugares opuestos del punto de soporte, entonces el peso más lejano descendería.

Como matemático y físico, Arquímedes fue sin duda un genio. Sus experimentos en hidrostática llevaron al desarrollo del hidrómetro para mediciones de la densidad de líquidos, y otro de sus aportes en la matemática incluye un sistema usando exponenciación para expresar números grandes.

Su dimensión como inventor es tal vez la más popular y se le atribuye el diseño de múltiples máquinas innovadoras, muchas de ellas con fines militares para proteger a su ciudad de las invasiones. Entre estos inventos se tienen:

- “el tornillo de Arquímedes”, que es una bomba de tornillo que permite transferir agua en forma eficiente desde un depósito bajo a un punto alto, y que encontró aplicación en pozos, para irrigación, para sacar el agua de las embarcaciones, y que todavía hoy resulta útil y se usa para bombear líquidos y sólidos granulados como carbón y granos.



- las poleas compuestas para elevar y mover pesadas cargas en los barcos.
- “la garra de Arquímedes”, que consistía en un brazo con un juego de poleas semejante a una grúa, del cual pendía un enorme gancho de metal. Ésta se utilizó como un arma de defensa, ya que se dejaba caer la garra sobre un barco enemigo y el brazo permitía balancear la embarcación en sentido ascendente, levantando una parte del barco fuera del agua y provocando el



ingreso del agua por el otro, para así causar confusión, y provocar un posible vuelco que lo llevara al hundimiento.

- “el rayo de calor”, que consistía en un arreglo de espejos que colectivamente funcionan como un reflector parabólico para concentrar los rayos de luz del sol en un punto, y que se usaron para incendiar los barcos en un ataque a Siracusa, según la leyenda.
- También se le ha acreditado a Arquímedes haber aumentado el poder y la precisión de la catapulta, así como haber inventado el odómetro para medir la distancia recorrida.

En la antigüedad, los escritos matemáticos de Arquímedes no fueron tan conocidos como sus inventos. Solo se tienen como referencia algunas citas de algunos matemáticos de Alejandría. No fue hasta 530 d.C. que Isidoro de Mileto realizó la primera compilación integral de la obra de Arquímedes, y que llevaron a los comentarios y el trabajo de Eutocio en el siglo VI sobre las mismas. Esto llevó por primera vez la gran obra de Arquímedes a un público más amplio y permitió que algunas pocas copias de estos trabajos escritos sobrevivieran a través de la Edad Media, lo que resultó de gran importancia, ya que las mismas sirvieron como una valiosa fuente de ideas durante el Renacimiento.

Felice Matteucci y Eugenio Barsanti



Felice Matteucci, ingeniero hidráulico y el padre Eugenio Barsanti, también ingeniero, ambos de Toscana, Italia, unieron esfuerzos en un proyecto que los llevó a inventar la primera versión de la máquina de combustión interna en 1853.

Matteucci nació en Lucca, Toscana, en 1808 y estudió ingeniería hidráulica y mecánica, primero en París y luego en Florencia, mientras que Barsanti, nacido en Pietrasanta, Toscana, en 1821 estudió en un instituto católico con orientación científica en Toscana y luego en 1838 en Florencia, se convirtió en novicio de los Padres Piaristas, conocidos por su apertura al estudio de las ciencias.

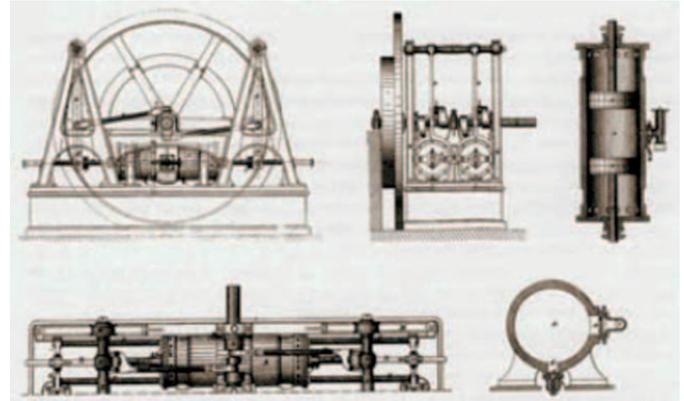
En 1841 mientras dictaba una clase en el Colegio San Miguel en Voterra sobre la explosión de la mezcla de hidrógeno y aire, Barsanti se dio cuenta del potencial para usar la energía de la expansión de los gases en combustión dentro de un motor.

Posteriormente, en 1851 en Florencia, Felice conoce al padre Eugenio y valora sus ideas sobre la combustión de gases para un nuevo tipo de motor. Así, decidieron trabajar juntos para llevar el concepto a un modelo adecuado que pudiese fabricarse.

La solicitud de patente fue otorgada en Londres en junio de 1854, y publicada en el *London's Morning Journal* bajo el título de “Especificación de Eugene Barsanti y Felix Matteucci, Obtención de Potencia Motora por la Explosión de Gases”. Patentaron su invención en Londres porque la ley italiana de patentes en ese tiempo no podía garantizar suficiente protección internacional.

En 1856 desarrollaron un motor de dos cilindros de 5 HP y dos años más tarde construyeron un motor de dos pistones.

La principal ventaja del motor Barsanti-Matteucci era el uso de la fuerza de retorno del pistón debido al enfriamiento del gas, comparado a otros métodos que usaban la fuerza de empuje de la explosión, pero que resultaban más lentos.



El nuevo motor resultó una gran mejora sobre la máquina de vapor; era mucho más seguro y menos complicado, así como más rápido para operar. Sin embargo, no era tan liviano para uso como motor en automóviles, por lo que su principal uso fue proveer energía mecánica en fábricas y propulsión naval.

El éxito de este motor fue tan grande que comenzaron a tener órdenes de compra de todas partes de Europa. En la búsqueda de un fabricante, Matteucci y Barsanti llegaron a un acuerdo para la producción de un motor de cuatro HP con una compañía en Bélgica, a donde Barsanti partió en 1864 para supervisar personalmente la producción del motor. Pero en abril de ese mismo año Barsanti murió repentinamente de fiebre tifoidea y todo el trabajo llegó a su fin.

Finalmente, Matteucci volvió a su trabajo previo como ingeniero hidráulico y realizó algunos aportes importantes en el estudio de nuevos hidrómetros (para medir el nivel de un río), un medidor de lluvia y operaciones hidráulica en ríos.

La invención del motor de combustión interna revolucionó el mundo, acortando distancias, aumentando la producción de bienes, marcando profundamente la civilización moderna tanto para bien, como para mal.

Referencias

- [1] The New How It Works Encyclopedia, Archimedes, Vol. 24, pp. 3212, Plub. H. S. Stuttman Inc., U.S.A. 1989
- [2] Biografías y Vidas, La Enciclopedia Biográfica en Línea, Arquímedes, [en línea] <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/a/arquimedes.htm>
- [3] Wikipedia, La Enciclopedia Libre, Arquímedes, [en línea] <http://es.wikipedia.org/wiki/Arqu%C3%ADmedes>
- [4] Official site Barsanti e Matteucci, Biography, [on line] <http://www.barsantiatteucci.it/inglese/intro.html>