



# PROYECTA

## CONGRESO INNOVACIÓN

### Y desarrollo tecnológico

## La escritura como proceso y otros retos de la publicación de nuevo conocimiento

Gina Lorena Varón Rondón  
Harvey David Rojas Cubides  
**Compiladores**

Memorias  
Bogotá D.C. 21 y 22 de octubre de 2015  
Regional Distrito Capital  
Centro de Electricidad, Electrónica y  
Telecomunicaciones  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN DEL CEET – SENA





SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE – SENA  
Grupo de Investigación del Centro de Electricidad,  
Electrónica y Telecomunicaciones – GICS  
Regional Distrito Capital  
Gina Lorena Varón Rondón  
Harvey David Rojas Cubides  
Compiladores

Director General, Adolfo Prada Gil  
Director Regional Distrito Capital, Enrique Romero Contreras

Subdirectora Centro Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones,  
Sonia Cristina Prieto Zarta

Líder Investigación, Desarrollo e Innovación –Sennova,  
Gina Lorena Varón Rondón  
Líder GICS, Harvey David Rojas Cubides

**ISBN: 978-958-15-0208-0**

*En memoria de mi amada hija Valeria García Varón.  
A ti la "niña de mis ojos", gratitud e infinitas bendiciones.*

## **La escritura como proceso y otros retos de la publicación de nuevo conocimiento**

Por Gina Lorena Varón Rondón @lorenavarón

Es sabido por los grupos de investigación que mantener o ascender en el ranking de categorías de grupos, definido por Colciencias, implica disciplina y constancia, para obtener cualquiera de los productos. En este texto, voy a abordar algunos aspectos frente a ese cultivar cualidades específicas de escritura técnica y científica, y por qué no decirlo, una buena dosis de alianzas con empresas y grupos de investigación.

Para iniciar esta reflexión, quiero empezar con la importancia de la documentación del proyecto de I+D+I, es decir, tener preferiblemente en forma escrita, la idea que lo originó, el estado del arte, el marco conceptual, el diseño metodológico, la ejecución del trabajo de campo o la experimentación, los hallazgos, la discusión, análisis y conclusiones. Estos elementos son parte fundamental para obtener un artículo potencialmente publicable. En todo, una variable clave es contemplar a lo largo de la ejecución del proyecto, y por tanto, de su documentación, cuáles son los aportes que se hacen al conocimiento en el campo específico que se trabaja. Eso en sí mismo es un reto. Para escribir un artículo que pueda publicarse en una revista científica, hay que tener un proyecto documentado y con resultados.

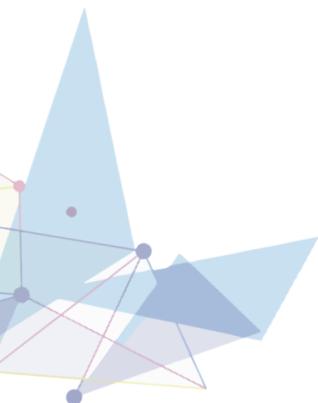
Si pensamos un poco en el sistema de publicación validado por Colciencias, es claro que los investigadores del país - incluidos los del SENA - estamos llamados a resolver otro reto; uno que no enseñan en las maestrías ni doctorados, sino que se va descubriendo con la experiencia.

La premisa que manejamos es que los artículos de nuevo conocimiento se deben publicar en revistas indexadas que respondan al método adoptado por Colciencias, por lo que hay variables que son claves y que se requieren tener en cuenta. Los puntos que relaciono a continuación son resultado del aprendizaje que ha venido teniendo el Grupo de Investigación GICS.

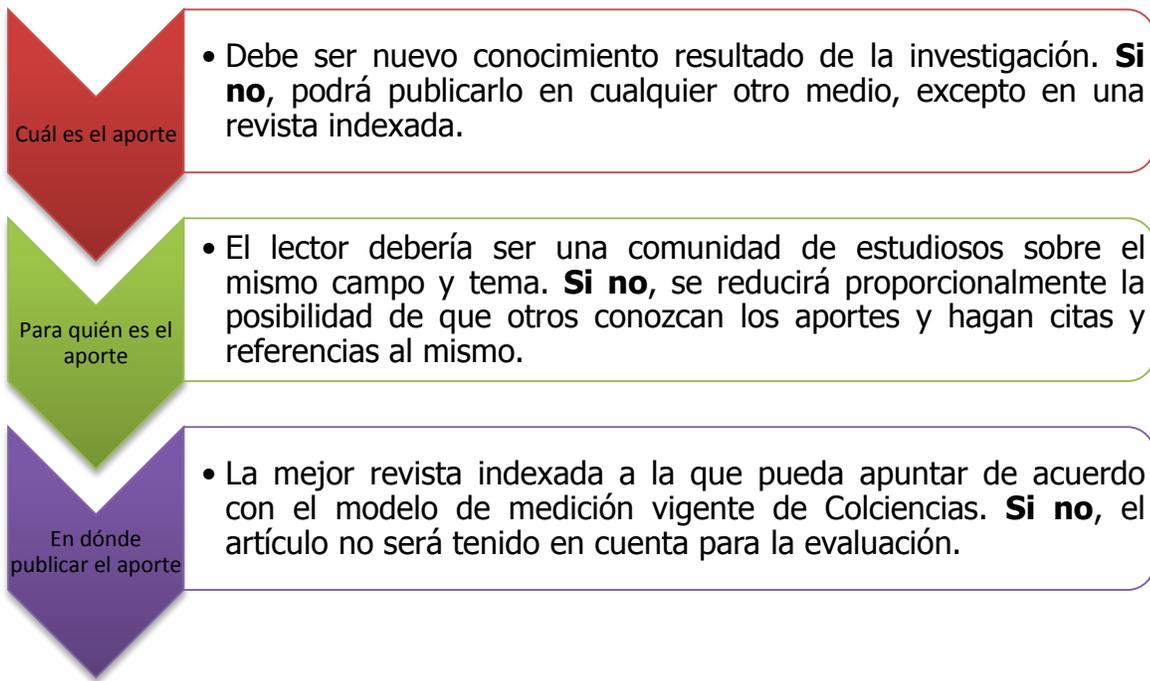
Para empezar, un investigador que pretenda publicar un artículo, debería hacerse tres preguntas básicas:

- ¿Cuál es el aporte?
- ¿Para quién es el aporte?
- ¿En dónde publicar ese aporte?

La siguiente gráfica responde brevemente estas preguntas:



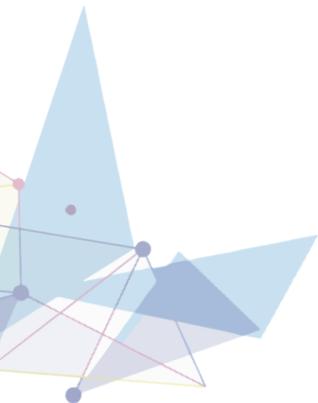
## Gráfica 1 - Tres preguntas antes de escribir un artículo de nuevo conocimiento



### La escritura como proceso

Esas preguntas son importantes porque escribir para ser leído por otros no es sencillo. La escritura tiene unas exigencias en sí mismas que deben ser comprendidas en el mismo proceso de documentación de un proyecto, para luego plasmarlas de manera que sean “validadas por otros”. Desde el punto de vista del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, aquello que no es validado por otros ya sean más avanzados o por pares, sencillamente no resulta de valor para el campo de estudio. Por esto es muy importante tener un plan para escribir. En este punto me parece apropiado recomendar el enfoque de la escritura como proceso. Dicho proceso exige al autor tomar decisiones acerca de lo que se va a escribir, el propósito que se pretende alcanzar con el texto y las características del lector o audiencia a quien va dirigido el texto.

La escritura como proceso impone al autor una serie de exigencias cognitiva sobre (1) el contenido – qué escribir; (2) el propósito – con qué intencionalidad - y (3) la estructura del texto – un artículo de nuevo conocimiento. Para que esto tenga un orden, las autoras del libro “El regalo de la escritura” (Flórez y Cuervo, 2005), sugieren seguir cuatro pasos, los cuales propongo adaptar para el propósito de la producción escritural de los grupos de investigación:



## Gráfica 2 – La escritura como proceso



La planeación implica recoger y preparar la documentación que se tiene del proyecto de investigación, generar ideas de organización, elaborar un bosquejo de lo que se va a escribir y diseñar una estructura de presentación de la información.

La redacción es el mismo acto de escribir partiendo del plan que previamente se ha diseñado. Se trata de fluir en la prosa del artículo de investigación, procurando mantener la lógica de las ideas y del texto, sin centrarse en observar la gramática, ortografía o estilo.

La revisión implica la relectura cuidadosa del texto, para cuidar que todo esté completo, que haya hilo conductor, suficiente exposición y profundidad del tema. Que el texto se entienda porque su coherencia es lógica y tiene claramente cohesionadas las ideas y planteamientos.

La edición es el paso final de la escritura como proceso. Aquí se revisa la forma del texto, el estilo de redacción, las citas y referencias, la ortografía, la gramática. Se revisa la numeración de los apartados, tablas y gráficos. Demás elementos que configuran la "presentación" del artículo de investigación.

### La cadena de beneficios en la producción de nuevo conocimiento

Entonces, a la publicación en revistas indexadas, le antecede un trabajo que implica tiempo, no sólo por el acto de investigar en sí mismo, sino el acto de la escritura científica. Publicar y ser leído por otros y citado por otros, parece un juego de nunca acabar en esto de los productos de nuevo conocimiento. Cada aspecto le da fuerza al siguiente. Eso es lo que llamo: "la cadena de beneficios". Pero para estar allí, se requiere surtir con claridad y estrategia las preguntas antes abordadas.

Cuando un investigador escribe para publicar, lo primero que debería preguntarse es ¿cuál es el aporte?, sencillamente porque un artículo de nuevo conocimiento, es aquel que hace una contribución al campo de estudio. Al mismo tiempo, es necesario reflexionar sobre el lector, hacerse la pregunta ¿quiénes son esos potenciales lectores que se desea conozcan los aportes?. Lo que se espera, en esa cadena de beneficios, es que esos lectores sean estudiosos del campo y del tema (que seguramente tienen ya artículos de nuevo conocimiento), a quienes los aportes les resultan tan valiosos, como para desear citarlo y referenciarlo.

Pero estos son sólo un par de pernos de la cadena, pues cuando un estudioso cita, automáticamente se está entrando en un conteo de medición: si otros le citan en sus bien categorizados artículos de investigación, quizá podrá ser algún día reconocido por sus aportes al campo de estudio. El conteo de citas y referencias, es una variable que contribuye también en etiquetar a la persona como un investigador senior o como integrante de grupo.

Para lograr esa validación por Colciencias, se debe tener en cuenta la revista en la que se quiere publicar. Es necesario leer y analizar detenidamente el modelo de medición de los grupos de Colciencias, este presenta elementos que son clave de éxito para sumarle pernos a la cadena de beneficios. Publindex es el sistema nacional de identificación y reconocimiento de revistas indexadas, pero no es el referente que usa Colciencias para validar las publicaciones científicas a la hora de evaluar la producción de nuevo conocimiento presentada por los grupos. Colciencias tiene en cuenta la clasificación internacional de las revistas, que se puede consultar en sistemas como el SJR – SCImago Journal and Country Rank (<http://www.scimagojr.com/> ).

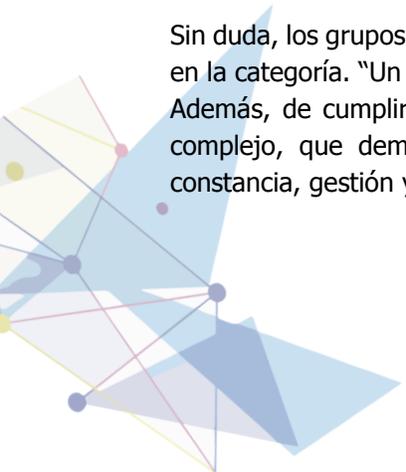
### Gráfica 3 – Sistemas de clasificación de revistas indexadas

Sistema Nacional - Publindex	Sistema internacional
<ul style="list-style-type: none"><li>• Clasifica la revista y no el artículo.</li><li>• Categorías de revistas A1, A2, B, C Y D.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conteo de citaciones de los artículos publicados.</li><li>• Categorías de revistas: Q1, Q2, Q3 y Q4 (Siendo Q1 el mejor).</li></ul>

No hay una correlación directa entre las categorías de los dos sistemas, pues los criterios de clasificación son diferentes. Es por eso que una revista colombiana categorizada en Publindex como A1 puede estar en el cuartil –Q4 – o incluso no ser reconocida internacionalmente. Por lo tanto, hay que considerar la posibilidad que una revista colombiana en categoría C, no sea la vía más rápida para que Colciencias, por su modelo de revisión, acepte el artículo.

Otro aspecto retador para la categorización de los grupos de investigación del SENA, son las alianzas. Al no tener programas de formación en el nivel de postgrado (maestrías y doctorados), resulta fundamental aliarse con Instituciones de Educación Superior para contribuir con el diseño curricular de un programa en ese nivel. No menos importante, resulta la gestión de convenios de cooperación con el sector productivo; esto con el propósito de que los esfuerzos efectuados en manuales técnicos, montaje de plantas, prototipos o diseños industriales –entre otros – cuenten con el respaldo real (certificado) de ponerlo en práctica por parte de una empresa. Si no se cuenta con ese respaldo, Colciencias simplemente no reconoce ese producto para la medición de grupos.

Sin duda, los grupos de investigación del SENA tenemos un gran reto para ser categorizados y para sostenernos en la categoría. “Un producto de nuevo conocimiento por año de existencia”, reza la convocatoria de medición. Además, de cumplir con otros productos de las cuatro diferentes tipologías. Todo esto es un reto. Un reto complejo, que demanda disciplina, cuidado, dedicación de tiempo, desarrollo de cualidades escriturales, constancia, gestión y estrategia, por parte de cada uno de los investigadores que conforman un grupo.



## Sobre los compiladores

**Gina Lorena Varón Rondón, I.S, Esp, MSC ([lorenavaron@misena.edu.co](mailto:lorenavaron@misena.edu.co) @lorenavaron)**

Magíster en Educación, especialista en Gestión de Proyectos de Ingeniería, e Ingeniera de Sistemas. Ha estado vinculada con el SENA como líder de Investigación, Desarrollo e Innovación<sup>1</sup> desde el año 2011. Después de haber sido Directora de Investigación en una universidad de Bogotá y Directora Ejecutiva de una prestigiosa fundación dedicada a la innovación en educación. Gestó el modelo de I+D+i del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones –CEET, así como la creación del grupo de investigación-GICS<sup>1</sup> y su plan de acción. Ha diseñado y gerenciado los dos formatos del congreso Proyecta.

Le interesan especialmente aquellos proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación y Educación que promuevan la gestión de conocimiento, mejores prácticas, apropiación de las TIC, aumento en la productividad y competitividad de Colombia. Actualmente desarrolla una investigación de corte social, para documentar los cambios que la parálisis facial periférica produce en las emociones y su impacto en la vida de las personas que la padecen, desde una perspectiva de gestión de conocimiento.

**Harvey David Rojas Cubides, L.E, Esp, MSc ([davidrc@misena.edu.co](mailto:davidrc@misena.edu.co))**

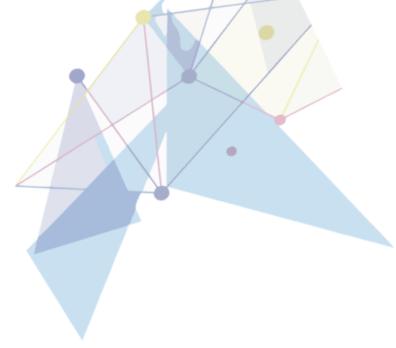
Licenciado en electrónica de la Universidad Pedagógica Nacional, especialista en automática e informática industrial de la Universidad Autónoma de Colombia y magister en automatización industrial de la Universidad Nacional de Colombia. Se ha desempeñado como docente – investigador a nivel de pregrado y posgrado en las áreas de automatización industrial, sistemas de control, redes de comunicación industrial, sistemas de supervisión, electrónica industrial y de potencia y programación de sistemas embebidos, en la Universidad Central, la Universidad Nacional de Colombia y el Centro de electricidad electrónica y telecomunicaciones del SENA, institución donde labora actualmente como director del grupo de Investigación GICS.

Cuenta con experiencia en la formulación, ejecución y evaluación de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación. Dentro de su producción como investigador se resaltan: la publicación de diferentes artículos en revistas especializadas, la organización de eventos de carácter científico-tecnológico y la participación como ponente en eventos de ámbito nacional e internacional.

Dentro de sus intereses de investigación se encuentran: el control de alto desempeño de máquinas y procesos industriales, el diagnóstico y tolerancia a fallas, la calidad de potencia y las tecnologías de implementación y validación de controladores, entre otros.

## Tabla de contenido

La escritura como proceso y otros retos de la publicación de nuevo conocimiento .....	3
<b>Sobre los compiladores .....</b>	<b>7</b>
<b>Ponencias.....</b>	<b>9</b>
1. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE CONTROL AUTOMÁTICO BASADAS EN RECHAZO ACTIVO DE PERTURBACIONES .....	10
2. ASIGNACIÓN TARIFARIA PARA LA DEMANDA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA (GD) A PARTIR DE COEFICIENTES MARGINALES DE PÉRDIDAS Y CONSUMO NETO .....	19
3. VISIÓN DEL FUTURO A TRAVÉS DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN.....	34
4. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE INFORMACION Y GESTIÓN DE CONOCIMIENTO PARA EL DESARROLLO CURRICULAR EN EL SENA-CEET.....	39
5. IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DEL PROTOCOLO IPSEC EN REDES PRIVADAS VIRTUALES.....	46
6. SMART CITY EN COLOMBIA.....	53
7. LINEAMIENTOS PARA LA GESTION DEL ESPECTRO.....	66
RADIOELECTRICO EN COLOMBIA .....	66
8. CONVERGENCIA Y LAS REDES DE NUEVA GENERACIÓN.....	72
9. CALIDAD DE SERVICIO EN REDES NGN.....	76
10. DRONESMANIA: MÁS ALLÁ DEL ENTRETENIMIENTO .....	86
11. DISEÑO DE UNA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO TIPO FÓRMULA ..	90
12. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PAR DE ALTA EFICIENCIA DE MOTORES SÍNCRONOS DE IMANES PERMANENTES (PMSM) PARA APLICACIONES EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	97
13. ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE GESTIONADOS A PARTIR DE LAS TIC EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL INTEGRAL .....	106
14. SISTEMA DE VOTACION ELECTRÓNICA CON CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS Y DE SEGURIDAD PARA CEET SENA.....	113
15. TECNOLOGÍA BROADBAND POWER LINE, OPORTUNIDADES Y RETOS EN COLOMBIA.....	120
16. TRANSMISION DE CONTENIDOS DIGITALES PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA.....	124



# Ponencias

Congreso PROYECTA 2015



# 1. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE CONTROL AUTOMÁTICO BASADAS EN RECHAZO ACTIVO DE PERTURBACIONES

## **HARVEY DAVID ROJAS CUBIDES**

Licenciado en Electrónica, Esp., MSc  
Instructor – Investigador CEET- SENA  
davidrc@misena.edu.co

## **HERBERT ENRIQUE ROJAS CUBIDES**

Ingeniero Electricista, MSc, PhD(c).  
Profesor Asistente Universidad Distrital FJC  
herojasc@udistrital.edu.co

## RESUMEN

En este artículo se presentan dos alternativas para el control de alto desempeño de sistemas no lineales, con un enfoque de rechazo activo de perturbaciones. El núcleo del diseño es la estimación de la función de perturbación generalizada usando 1) Observadores Integral Proporcional Generalizados (GPI) y 2) Identificación algebraica de parámetros, para su posterior cancelación usando una ley de control realimentado. Los principales aportes de los esquemas de control propuestos son la reducción considerable de los requerimientos de modelado del sistema y el incremento de la robustez ante el efecto de no linealidades, incertidumbre en los parámetros y perturbaciones externas, aspectos que son comunes en aplicaciones industriales reales. Como caso de estudio se aborda el control de velocidad de un motor de corriente directa afectado por perturbaciones externas desconocidas. Finalmente, se presentan algunos resultados experimentales que validan las alternativas de control propuestos.

**PALABRAS CLAVE:** Control automático, Identificación algebraica, Observador GPI, Rechazo activo de perturbaciones, Motor DC.

## ABSTRACT

This work presents two alternatives for high-performance control of nonlinear systems under the active disturbance rejection approach. The core of the design is the estimation of the generalized disturbance function using 1) Generalized Proportional Integral Observers (GPI) and 2) Algebraic Identification of parameters, for a subsequent cancellation using a feedback control law. The main contributions of the proposed control schemes are the notable reduction in the system modeling and increased robustness against the effect of nonlinearities, parameter uncertainties and external disturbances, aspects that are common in real industrial applications. As case study, we addressed the velocity control in a DC motor, affected by unknown external perturbations. Faithfully some experimental results that validate the proposed control alternatives are presented.

**KEYWORDS:** Active Disturbance Rejection, Algebraic identification, Automatic control, DC Motor, GPI observer.

## 1. INTRODUCCIÓN

Mejorar la confiabilidad de los sistemas de control en aspectos como robustez al efecto de incertidumbres, rechazo de perturbaciones y tolerancia fallas ha motivado el desarrollo de estrategias de control especializadas en cada uno de estos problemas [1, 2]. No obstante son pocos los enfoques de tratan de forma unificada todos estos efectos a fin de simplificar la complejidad en el análisis, diseño e implementación de los controladores.

Durante los últimos años ha cobrado fuerza en el ámbito del control las estrategias basadas en Rechazo Activo de Perturbaciones (ADR) con amplias contribuciones en los ámbitos académico e industrial [3]. El concepto general del control por rechazo activo de perturbaciones (ADRC) se basa en considerar los efectos producidos por no linealidades, perturbaciones exógenas e incertidumbres en los parámetros dentro de una única función de perturbación generalizada. De esta manera el objetivo es lograr una estimación en línea de la señal de perturbación generalizada y cancelar su efecto usando leyes de control realimentado [4, 5].

El ADRC ha sido validado en diferentes campos, especialmente en el contexto de aplicaciones de una entrada y una salida (SISO) [6], sin embargo en la actualidad son cada vez más las aplicaciones de -

- múltiples entradas y salidas (MIMO) que demandan la integración de estrategias de control que permitan mantener el desempeño aun en presencia de efectos indeseables como perturbaciones o fallas

[7]. Bajo esta perspectiva en este artículo se presenta una comparación de alternativas de control automático basadas en rechazo activo de perturbaciones. Por un lado una estrategia de control basada en observadores Proporcional integral Generalizado (GPI) y por otra parte un esquema de control basado en la estimación algebraica de perturbaciones aditivas [8] [9], con aplicación a sistemas no lineales, inciertos y fuertemente perturbados.

Con el propósito de validar las alternativas propuestas, se considera como caso de estudio el control de un sistema mecatrónico compuesto por motores de corriente continua, donde se busca minimizar los requerimientos del modelado y lograr alto desempeño aun en presencia de perturbaciones externas variantes en el tiempo.

## 2. CONTROL POR RECHAZO ACTIVO DE PERTURBACIONES

El sistema de control propuesto se basa en el concepto de rechazo activo de perturbaciones, donde los efectos producidos por no linealidades, perturbaciones exógenas e incertidumbres en los parámetros son considerados dentro de una única función de perturbación generalizada carente de una estructura particular, desconocida pero acotada [10] [11]. De esta manera, el objetivo es lograr una estimación en línea de la señal de perturbación generalizada y poder cancelar su efecto usando una ley de control realimentado tal como se presenta en la figura 1 [12, 13].

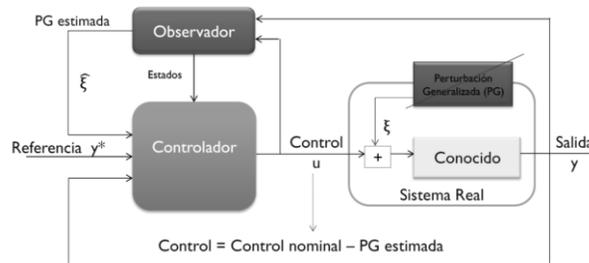


Figura 1: Sistema de control basado en rechazo activo de perturbaciones

Durante los últimos años, se han desarrollado varias técnicas de control bajo el enfoque ADRC. Este es el caso del Control Proporcional Integral Generalizado GPI [6]. En general, las técnicas de control GPI son aptas para trabajar con sistemas lineales y no lineales en donde se dispone de poca información del modelo del sistema (tal como el orden y la constante que acompaña al control), aspectos que lo hacen muy atractivo a la hora de abordar procesos complejos, con altas incertidumbres, fuertemente perturbados e incluso afectados por fallas [9, 14]. Otra alternativa para lograr ADRC es el uso de los métodos de identificación algebraica que pueden ser utilizados para estimar los coeficientes variantes en el tiempo de un polinomio de Taylor que represente localmente a la perturbación generalizada [9, 8].

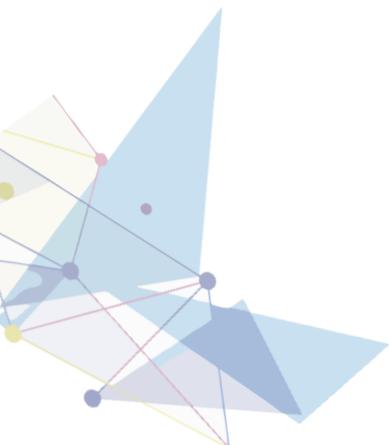
Partiendo de lo anterior resulta relevante evaluar el desempeño de los enfoques mencionados a fin de establecer sus principales características en el marco del control de sistemas no lineales, con incertidumbre y afectados por la presencia de perturbaciones variantes en el tiempo.

## 3. CASO DE ESTUDIO

En esta sección se presenta el caso de estudio utilizado para la validar las alternativas de control propuestas

### 3.1. MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA

Se considera un sistema mecatrónico compuesto por dos motores de corriente continua acoplados directamente como se muestra en la figura 2. El objetivo es controlar la velocidad angular  $\omega$  del motor principal, de tal manera que rastree las velocidades de referencia deseadas  $\omega^*$ , mientras que el motor de carga genera perturbaciones desconocidas y variantes en el tiempo mediante un lazo de corriente controlado.



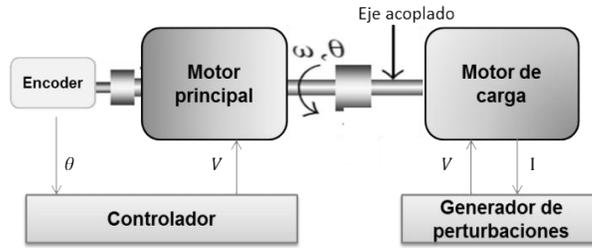


Figura 2: Esquema general del sistema mecatrónico empleado

El modelo matemático del motor principal se describe en las ecuaciones (1) y (2).

$$L_a \frac{di(t)}{dt} = k_{pwm}u(t) - R_a i(t) - K_b \omega(t) \quad (1)$$

$$J_m \frac{d\omega(t)}{dt} = K_T i(t) - T_L(t) - B\omega(t) - \delta(\omega) \quad (2)$$

Donde  $\delta(\omega)$  es una función de fricción dependiente de la velocidad angular  $\omega(t)$  dada por

$$\delta(\omega) = \omega \left[ T_c \{ \text{sign}(\omega) + (T_s - T_c) e^{-\alpha|\omega|} \text{sign}(\omega) \} \right] \quad (3)$$

Los parámetros  $L_a$  y  $R_a$  representan la inductancia y resistencia de armadura respectivamente,  $J_m$  es el momento de inercia,  $K_b$  es la constante de fuerza contra electromotriz,  $K_T$  es la constante de corriente a par,  $B$  es la constante de fricción viscosa,  $T_s, T_c$  y  $\alpha$  son términos asociados a la fricción de coulomb,  $i(t)$  es la corriente de entrada y  $T_L$  es el par de carga considerado como una entrada de perturbación [13]. Finalmente  $k_{pwm}$  es una constante para el actuador que utilizado modulación por ancho de pulso (PWM).

Es posible lograr una representación simplificada del sistema en el contexto del control por rechazo activo de perturbaciones como se describe a continuación

$$y^{(2)}(t) = \kappa(t)u(t) + \xi(t) \quad (4)$$

Donde  $y(t) = \omega(t)$  representa la salida plana del sistema que se encuentra disponible,  $\kappa(t)$  representa la constante que acompaña a la función de control  $u(t)$  y  $\xi(t)$  representa una función de perturbación generalizada que integra los elementos adicionales de modelo, las incertidumbres en los parámetros y los efectos de perturbaciones externas variantes en el tiempo.

Bajo esta perspectiva se tiene que:

$$\kappa(t) = \frac{K_T k_{pwm}}{J_m L_a} \quad (4)$$

$$\xi(t) = \frac{K_T}{J_m L_a} [-R_a i(t) - K_b \omega(t)] - \frac{1}{J_m} \frac{d}{dt} [-T_L(t) - B\omega(t) - \delta(\omega(t))] \quad (5)$$

### 3.2. Ley de Control basada en rechazo activo de perturbaciones

La ley de control propuesta basada en rechazo activo de perturbaciones se presenta en la ecuación (6)

$$u(t) = \frac{1}{u(t)} \left[ \ddot{y}^*(t) + \frac{k_x s^2 + k_1 s + k_0}{s(s+k_3 s)} e(t) - \hat{\xi}(t) \right] \quad (6)$$

Se observa que la señal de control  $u(t)$  esta compuesta por los siguientes términos

Un término de pre compensación,  $\ddot{y}^*(t)$ , que depende de la referencia

Una función de transferencia  $\frac{k_x s^2 + k_1 s + k_0}{s(s+k_3)}$  de realimentación que opera sobre el error de seguimiento,  $e(t) = y(t) - y^*(t)$

Un término de cancelación activa en el marco del ADRC, que depende de la estimación de la función de perturbación generalizada,  $\xi(t)$ .

La dinámica del error de seguimiento  $e(t)$  está dominada aproximadamente por el siguiente polinomio característico [9].

$$p_e(s) = s^4 + k_3 s^3 + k_2 s^2 + k_1 s + k_0 \quad (7)$$

Teniendo en cuenta lo anterior los coeficientes  $k_3, k_2, k_1$  y  $k_0$  pueden ser seleccionados para garantizar estabilidad y el cumplimiento de especificaciones dinámicas en la dinámica del error de seguimiento.

#### Estrategias para la estimación de perturbaciones

Considerando la ley de control de la ecuación (6), es claro que para garantizar que la dinámica del error de seguimiento este dominada por el polinomio (7), resulta indispensable contar con una estimación suficientemente precisa de la función de perturbación generalizada. Para ello, se proponen en este trabajo dos enfoques: el primero basado en el uso de observadores Proporcional integral Generalizado (GPI) [15] [13] y el segundo basado en métodos de identificación/ estimación algebraica [9].

En la tabla 1 se presentan las principales características de los enfoques usados

	Enfoque Algebraico	Enfoque basado en Observadores GPI
Formulación de la perturbación	$\xi(t) \approx \sum_{i=0}^{m-1} \alpha_i t^m$	$\frac{d^m \xi(t)}{dt^m} \approx 0$
Base del diseño	Resolución algebraica de ecuaciones basada en integrales	Modelo ampliado del sistema en variables de estado
Estrategia	Estimador de parámetros variantes en el tiempo ( $\hat{\alpha}_i$ )	Observador de estados extendidos $\dot{x} = Ax + Bk + E\xi^{(m)}$ $y = Cx$ Con $x_1 = y, x_{n+1} = \xi$
Sintonización del error de observación / estimación	Tiempos de integración de (Ventana)	Ubicación de polos

Tabla 1. Estrategias de estimación de perturbaciones

#### 4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para validar las alternativas de control propuestas se considera el problema de seguimiento en la velocidad angular del motor principal con las siguientes consideraciones.

La señal de referencia es:  $y^*(t) = 0.75 \sin(0.25\pi t) + 1.25$

Los coeficientes del controlador se ajustaron usando un polinomio de la forma  $p_e(s) = (s^2 + 2zw_n s + w_n^2)^2$ , con  $z = 1$  y  $w_n = 10$

Se consideraron tres controladores para la comparación: El controlador con estimación GPI, el controlador con estimación algebraica y un controlador clásico tipo PID con la siguiente ley de control

$$u_{PID} = \frac{k_x s^2 + k_1 s + k_0}{s(s + k_3 s)} e(t) \quad (8)$$

Para el controlador con enfoque algebraico se consternó el siguiente modelo para la perturbación

$$\xi(t) \approx \sum_{i=0}^2 \alpha_i t^m \quad (9)$$

El ancho de la ventana de integración utilizado fue  $T_s = 0,02s$

Para el controlador con enfoque GPI se consternó el siguiente modelo para la perturbación

$$\frac{d^3 \xi(t)}{dt^3} \approx 0 \quad (10)$$

El polinomio del error de estimación fue  $p_{gpi}(x) = (s^2 + 2zw_n s + w_n^2)^2 (s + w_n)$ , con  $z = 1$  y  $w_n = 30$

Para las perturbaciones se produjo un par de carga controlado de magnitud variable en el tiempo durante toda la prueba.

Los controladores fueron implementados usando la plataforma XPTarget de Matlab® con un periodo de muestreo de 0.1ms

La figura 3 muestra los resultados experimentales del seguimiento de referencias del sistema controlado en presencia de perturbaciones en el par de carga.

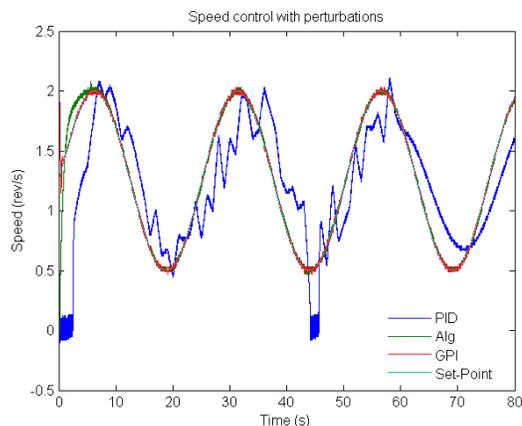


Figura 3: Seguimiento de referencias en presencia de perturbaciones

La figura 4 muestra los resultados comparativos del error de seguimiento de los tres controladores implementados en presencia de perturbaciones en el par de carga.

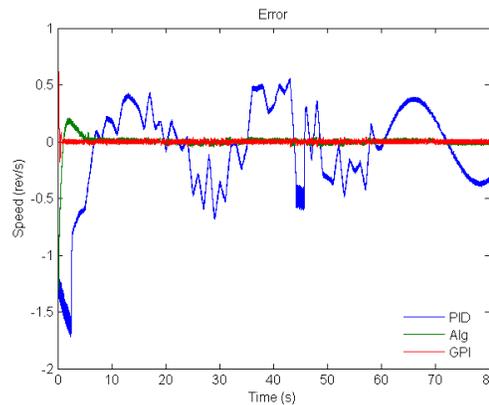


Figura 4. Error de seguimiento de los controladores evaluados

La figura 5 muestra los resultados comparativos de la señal de control PWM de los tres controladores implementados en presencia de perturbaciones en el par de carga.

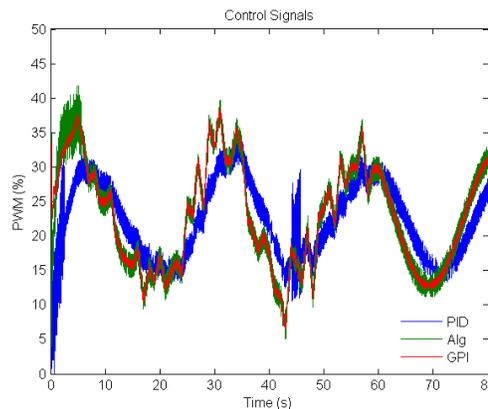


Figura 5. Señal de control de los controladores evaluados

Los resultados experimentales presentados en las figuras (3), (4) y (5) muestran que el controlador PID no es apto para el seguimiento de las referencias caracterizado por errores de seguimiento mayores. Por su parte, los controladores basados en rechazo activo de perturbaciones mantienen un desempeño satisfactorio aun en presencia de perturbaciones en el par de carga, lo que demuestra la cancelación activa de los efectos de las no linealidades, incertidumbre en los parámetros y elementos no modelados. Adicionalmente, se puede observar que los esquemas de control garantizar la estabilidad del sistema en presencia de perturbaciones, aspecto que hace evidente su notable robustez comparada con esquema clásicos como el control PID.

Para comparar el desempeño de los controladores se utiliza una métrica basada en el índice error absoluto promedio (MAE) dado por la siguiente ecuación:

$$MAE = \frac{1}{t} \int_0^t |e(\lambda)| d\lambda \quad (11)$$

La figura (6) muestra los resultados de la comparación del desempeño usando el índice MAE. Los resultados experimentales del sistema de control afectado por perturbaciones externas muestran que el controlador basado en observador GPI minimiza el índice MAE mostrando el mejor desempeño en el seguimiento de la referencia.

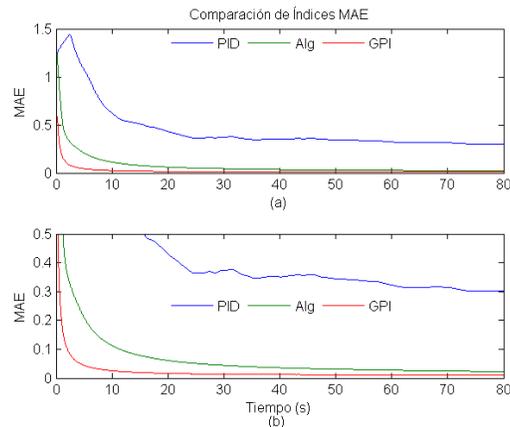


Figura 6. Desempeño de los sistemas usando el índice MAE

## 5. CONCLUSIONES

En este artículo se presentaron dos alternativas de control automático basadas en rechazo activo de perturbaciones. Para el diseño se consideran los enfoques basados en observadores GPI y en métodos algebraicos a fin obtener una estimación de la función de perturbación que integra diferentes efectos intrínsecos y extrínsecos. Finalmente, la estimación y cancelación en línea de la perturbación generalizada, permite garantizar el desempeño del sistema en tareas de seguimiento de referencias con aplicación a sistemas no lineales, con incertidumbre y afectados por la presencia de perturbaciones externas variantes en el tiempo

Se demostró mediante un caso de estudio real como el control de velocidad de un motor DC, que las alternativas propuestas presentan un desempeño satisfactorio en comparación con un controlador clásico del tipo PID. Para comparar el desempeño, se utilizó una métrica basada en el índice del error absoluto promedio (MAE) lo que permitió observar que el controlador basado en observador GPI presenta el mejor desempeño minimizando el índice propuesto.

Los resultados experimentales presentados revelan que el uso de controladores bajo el enfoque de rechazo activo de perturbaciones, permiten mantener el desempeño del sistema controlado aun en presencia de condiciones adversas de operación, tales como efectos no lineales, errores de modelado, incertidumbres en los parámetros y perturbaciones externas desconocidas, aspectos que son comunes en aplicaciones reales.

## 6. REFERENCIAS

- [1] R. Isermann, Fault-diagnosis applications, Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [2] H. Takatsu y T. Itoh, «Future needs for control theory in industry-report of the control technology survey in Japanese industry,» Control Systems Technology, IEEE Transactions on, vol. 7, nº 3, pp. 298-305, May 1999.
- [3] Z. Gao, «Active disturbance rejection control: a paradigm shift in feedback control system design,» de American Control Conference, 2006.
- [4] Y. Huang y W. Xue, «Active disturbance rejection control: Methodology and theoretical analysis,» ISA Transactions, vol. 53, nº 4, pp. 963-976, 2014.
- [5] J. Corés-Romero, G. A. Ramos y H. Coral-Enriquez, «Generalized proportional integral control for periodic signals under active disturbance rejection approach,» ISA Transactions, vol. 53, nº 6, pp. 1901-1909, 2014.
- [6] H. Coral-Enriquez, J. Cortés-Romero y G. Ramos, «Robust Active Disturbance Rejection Control Approach to Maximize Energy Capture in Variable-Speed Wind Turbines,» Mathematical Problems in Engineering, vol. 2013, 2013.
- [7] Q. Zheng, Z. Chen y Z. Gao, «A Dynamic Decoupling Control Approach and Its Applications to Chemical Processes,» de Proceedings of the 2007 American Control Conference, New York City, USA, 2007.

- [8] J. Cortés, Métodos de Identificación y Estimación Algebraicos en el Control de Motores de Inducción- Tesis Doctoral, Mexico D.F: CINVESTAV, 2011.
- [9] H. D. Rojas-Cubides, Control tolerante a fallos de un helicóptero 2-DOF integrando métodos de identificación algebraica y técnicas de control GPI, Bogotá - Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2015.
- [10] H. Sira-Ramírez, J. Cortés-Romero y A. Luviano-Juárez, «A GPI sliding mode control approach for linear controllable switched systems,» de 11th International Workshop on Variable Structure Systems (VSS), Mexico City, 2010.
- [11] Q. Zheng y Z. Gao, «Predictive active disturbance rejection control for processes with time delay,» ISA Transactions, vol. 53, nº 4, pp. 873-881, 2014.
- [12] Z. Gao, «Active disturbance rejection control: a paradigm shift in feedback control system design,» de American Control Conference, Minneapolis, Minnesota, USA, 2006.
- [13] J. Cortés-Romero, H. Rojas-Cubides, H. Coral-Enriquez, H. Sira-Ramírez y A. Luviano-Juárez, «Active Disturbance Rejection Approach for Robust Fault-Tolerant Control via Observer Assisted Sliding Mode Control,» Mathematical Problems in Engineering, vol. 2013, pp. 1-12, 2013.
- [14] H. Sira-Ramírez, A. Luviano-Juárez y J. Cortés-Romero, «Control lineal robusto de sistemas no lineales diferencialmente planos,» Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial (RIAI), vol. 8, nº 1, pp. 14-28, 2011.
- [15] H. D. Rojas, J. Cortés Romero y H. E. Rojas, «Control basado en observadores GPI de un helicóptero 2-dof: Enfoque de rechazo activo de perturbaciones,» de Memorias Segundo Congreso Internacional sobre Tecnologías Avanzadas de Mecatrónica, Diseño y Manufactura – AMDM 2014, Bogotá- Colombia, 2014.



## 2. ASIGNACIÓN TARIFARIA PARA LA DEMANDA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA (GD) A PARTIR DE COEFICIENTES MARGINALES DE PÉRDIDAS Y CONSUMO NETO

**LUBO M. ULISES DANIEL,**  
Instructor – Esp., MSc  
Investigador CEET SENA  
udlubom@misena.edu.co



## RESUMEN

Este artículo hace parte de una investigación para lograr implementar a nivel regulatorio el funcionamiento técnico al interior del sistema eléctrico de las energías renovables de uso masivo a través del concepto de Generación Distribuida(GD).

A partir de las características de esta forma de generación eléctrica, se maximizan las ventajas de su uso masivo y más allá de una política necesaria de incentivos para el impulso de generación energía eléctrica limpia y sostenible, se busca establecer criterios técnicos que aporten desde la investigación aplicada del tema, la propuesta de una metodología tarifaria posterior a partir de una nueva concepción en la asignación de pérdidas en el sistema y el consumo neto. Si bien, esta metodología ha sido estudiada entre formas proporcionales de asignación de pérdidas por varios autores, sobre todo a nivel de transporte, su aplicación a nivel regulatorio merece una etapa de transición y hasta el momento representaría un aspecto totalmente distinto de la forma de asignación actual, que suele ser más económica que técnica, beneficiando en parte las economías de gran escala y que traslada la totalidad de perdidas eficientes al usuario.

Debido a la diversidad de fuentes primarias, cuya producción depende netamente de su grado de desarrollo tecnológico, para el presente artículo, se tendrá en cuenta la generación fotovoltaica de un día típico para una instalación de 3kWp, para observar pérdidas y realizar la aplicación de un método de asignación de perdidas, que muestre cuantitativamente escenarios de demanda, que se podrían brindar en caso de uso masivo, partiendo de consumo neto en casos nodales.

Palabras claves— Generación distribuida, tarifa de energía, asignación de pérdidas, pérdidas eficientes, medición neta

**ABSTRACT:** This document is part of an investigation to successfully implement a regulatory level within the technical functioning of the electrical system of the widespread use of renewable energy through the concept of distributed generation.

From the characteristics of this form of power generation, the benefits of widespread use are maximized and beyond a necessary incentive policy for the promotion of clean and sustainable generation power, are to establish technical criteria that provide for research applied the item, the proposed tariff methodology later from a new concept in the allocation of losses in the system. While this methodology has been studied between proportional allocation of losses ways by various authors, especially power transmission, its application to the regulatory level should to a transitional stage and so far represent a totally different aspect of the current assignment form, which is usually economic than technical, benefiting mostly to the economies of scale and it moves all the efficient losses to the user.

Because of the diversity of primary sources, whose production depends purely on their degree of technological development, for this article, shall take into account the photovoltaic generation of a typical day for a 3kWp installation, observes losses and load flows in conductors and to make the application of a allocation of losses method, that shows quantitatively demand scenarios, it could provide in the event of massive use, starting from net metering in nodal cases.

## KEYWORDS

Distributed Generation, energy tariffs, allocation of losses, regulation, efficient losses, net metering..

### 1. INTRODUCCIÓN: ANTECEDENTES

La evolución de la red ha llevado a la necesidad de resolver cobertura eléctrica hacia espacios más locales y aprovechando el potencial energético de cada zona. Por tal razón, se ha venido tratando el tópico de recursos de energía distribuida agrupado como Generación Distribuida. Esta actividad como tal, no existe en el marco regulatorio colombiano, pero ya se da en la práctica con ciertas barreras de implementación por la poca claridad frente al mercado eléctrico, y es donde luego de revisar definiciones de la misma en varias partes del mundo, se

retoma una propuesta definición universal que acota varios parámetros integrales a la Generación Distribuida como:

“Actividad de la cadena del sistema eléctrico de potencia que permite producir energía eléctrica en lugares próximos a la carga, conectados o no conectados, de redes de distribución eléctrica, según lo estipulado en la normativa de cada país” (Lubo, 2014).

Hace más de 50 años, James Bonbright publicó un tratado sobre la teoría de la regulación económica, Principios de Utilidad Pública Precios (Bonbright 1961). Los principios de Bonbright son el marco más conocido y más ampliamente citado para evaluar tasas. Este trabajo utiliza los principios rectores de Bonbright para enmarcar la discusión de opciones de diseño arancelarias para energía PV distribuida. Entre los principios de Bonbright pueden citarse como relevantes 1:

Las tarifas deben ser prácticos: simple, comprensible, aceptable para el público, factible de aplicar, y libre de controversia en cuanto a su interpretación.

Las tarifas deben mantener una utilidad viable, satisfaciendo las necesidades a partir de los ingresos y con flujos de caja estables con ingresos año tras año.

Las tarifas deben ser relativamente estables de tal manera que los clientes experimenten cambios mínimos ante adversidades serias.

Los aranceles deben prorratear suficientemente el costo de la utilidad de los servicios entre los consumidores y no deben discriminar indebidamente contra cualquier cliente o grupo de clientes.

Las tarifas deben promover la eficiencia económica en el uso de energía, así como productos de la competencia y los servicios garantizando al mismo tiempo el nivel de fiabilidad deseada por los clientes.

Todos estos principios son relevantes para la discusión de la energía fotovoltaica distribuida, pero algunos son dignos de un mayor escrutinio debido a problemas o características que son únicas a PV distribuido.

En el reporte técnico de NREL (2013)<sup>2</sup>, se establece que la medición neta (net metering) es más fácil de administrar que algunas otras opciones de diseño de tarifas, pero algunos sostienen que la compensación ofrecida al cliente participante solamente se aproxima al valor de la energía producida. Por esta razón, cuestiones complejas sobre el costo y el valor del servicio de energía eléctrica, generalmente se incrustan en el diseño tasa subyacente, pero a menudo sin ninguna consideración de las cuestiones relacionadas con la energía fotovoltaica distribuida. El tamaño de estos cargos fijos y si son pagados por todos los contribuyentes o sólo los propietarios DG son importantes problemas de diseño y de equidad.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La cantidad de energía eléctrica que se pierde en un sistema eléctrico de potencia depende de múltiples factores como son su extensión, ubicación de la generación y de la demanda, operación de la red, características técnicas de los equipos, etc.

La generación distribuida tiene entre sus posibles ventajas técnicas la disminución de pérdidas y la posibilidad de conectarse más cerca al usuario, arrojando nuevos cargos por uso de la red. Esto posibilita que su factura sea más reducida partiendo de fuentes de energías renovables.

(Eguia P, 2007) menciona que pese a que cada sistema eléctrico es diferente, en los sistemas eléctricos de los países desarrollados, las pérdidas de energía (técnicas y no técnicas) se deben fundamentalmente a razones técnicas y representan aproximadamente un 9% del total de la energía demandada. En los países en vías en desarrollo, las pérdidas no técnicas alcanzan valores mucho más elevados debido a la energía no contabilizada por hurtos y deficiencias en la gestión administrativa de las empresas, que hace que la diferencia entre la energía

<sup>1</sup> Regulatory Considerations Associated with the Expanded Adoption of Distributed Solar. NREL. L. Bird, J. McLaren, and J. Heeter. Technical Report. November 2013

<sup>2</sup> Disponible en : National Renewable Energy Laboratory (NREL) at [www.nrel.gov/publications](http://www.nrel.gov/publications)

facturada y la realmente demandada alcance valores del 25%, e incluso superiores. Del total de energía eléctrica que se pierde en todo el sistema, aproximadamente un 80% se pierde en la red de distribución.

Es por esta razón, que en la evolución del sistema eléctrico, el concepto de GD como actividad dentro del sector toma especial importancia presentándose como ventaja técnica su inyección frente a una reducción de pérdidas de energía. A esto se suma que los marcos regulatorios deben ir sustentados en criterios técnicos por naturaleza en el consumo energético más que en teorías mercantiles, con el fin de lograr sistemas más eficientes.

### 3. REGULACIÓN DEL TEMA EN EL PAIS

El presente artículo goza de pertinencia a la reglamentación de la ley 1715 de 2014 que establece puntos de vistas político, económico, técnico, regulatorio y normativo, que harán parte de la integración de energías renovables

Composición de la tarifa al usuario

De acuerdo con la resolución CREG 119 de 2007, la tarifa viene dada por el Costo Unitario de Prestación del Servicio de energía eléctrica sumado al descuento subsidiado a nivel público. Según el artículo 4 de la resolución, el Costo Unitario de Prestación del Servicio consta de un componente variable de acuerdo con el nivel de consumo, expresado en \$/kWh, y un componente fijo, expresado en \$/factura, según se indica a continuación:

$$CUV_{n,m,i,j} = G_{m,i,j} + T_m + D_{n,m} + Cv_{m,i,j} + PR_{n,m,i,j} + R_{m,i} \quad (1)$$

$$CUf_{m,j} = Cf_{m,j} \quad (2)$$

Donde:

n : Nivel de tensión de conexión del usuario.

m : Es el mes para el cual se calcula el Costo Unitario de Prestación del Servicio.

i : Comercializador Minorista.

j : Es el Mercado de Comercialización.

$CUV_{n,m,i,j}$  : Componente variable del Costo Unitario de Prestación del Servicio (\$/kWh)

$G_{m,i,j}$  : Costo de compra de energía (\$/kWh)

$T_m$  : Costo por uso del Sistema Nacional de Transmisión (\$/kWh)

$D_{n,m}$  : Costo por uso de Sistemas de Distribución (\$/kWh)

$Cv_{m,i,j}$  : Margen de Comercialización expresado en (\$/kWh)

$R_{m,i}$  : Costo de Restricciones y de Servicios asociados con generación en \$/kWh

$PR_{n,m,i,j}$  : Costo de compra, transporte y reducción de pérdidas de energía (\$/kWh)

$CUf_{m,j}$  : Componente fija del Costo Unitario de Prestación del Servicio (\$/factura)

$Cf_{m,j}$  : Costo Base de Comercialización (\$/factura)

Un costo referente puede ser tomado como punto de comparación para nuestro estudio de caso, según la tabla a continuación:

COSTO UNITARIO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO –CU–(\$/KWh), Resolución CREG -119 de 2007							
	Generación G(m.s.)	Transmisión T(m)	Distribución D(m,m)	Comercialización C(m.s.)	Pérdidas PR(m,m.s.)	Restricciones R(m.s.)	CU(m.s.) Cálculo
NIVEL 1 PROPIEDAD DE CODENSA	151,2183	22,5093	138,3970	36,3991	27,6742	3,3680	379,5659
NIVEL 1 PROPIEDAD COMPARTIDA	151,2183	22,5093	122,9052	36,3991	27,6742	3,3680	364,0741
NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CLIENTE	151,2183	22,5093	107,4134	36,3991	27,6742	3,3680	348,5823
NIVEL 2	151,2183	22,5093	77,1562	36,3991	8,0728	3,3680	298,7237
NIVEL 3	151,2183	22,5093	54,6178	36,3991	8,5114	3,3680	276,6239
NIVEL 4	151,2183	22,5093	17,7066	36,3991	4,2180	3,3680	235,4193

Tabla.Nº1. Costos unitarios de referencia CODENSA. Fuente: Libre acceso en [https://www.codensa.com.co/document/Tarifario\\_enero\\_2015.pdf](https://www.codensa.com.co/document/Tarifario_enero_2015.pdf)

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. ANALISIS METODOLÓGICO PARA EL INFORME DESARROLLADO

La metodología para la implementación se resume en los siguientes puntos:

Método de asignación de pérdidas:

Se seleccionó un método adecuado de asignación de pérdidas, dependiendo del comportamiento mostrado en los escenarios. Este método corresponde al método de coeficientes marginales locales de pérdidas. Comparación entre escenarios, sin y con generación distribuida, variando el grado de penetración y nivel de conexión en la red.

Se desarrolla la aplicación de coeficientes de pérdidas técnicas reconocidas y revisión de consumos netos para valoración del impacto tarifario.

#### 4.1.1. METODO DE ASIGNACIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS

Se ha seleccionado por su versatilidad y componentes que lo conforman desde nuestra interpretación, el método de coeficientes marginales de pérdidas que involucra la potencia inyectada por GD relacionando sus pérdidas (P. M. De Oliveira et al., 2005; Acero, 2010):

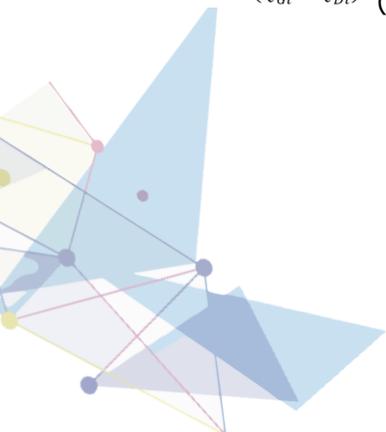
Coeficientes marginales de pérdidas

Haciendo uso de la teoría marginalista, este método en la cual se pueden asignar simultáneamente las pérdidas a los generadores como a las demandas, mediante los coeficientes marginales de pérdidas (MLC del inglés Marginal Loss Coefficients)

Por definición, estos coeficientes miden cuanto varían las pérdidas activas globales respecto a las variaciones en la potencia inyectada en cada nodo de la red:

$$MLC_i^P = \frac{\partial L}{\partial (P_{Gi} - P_{Di})}$$

$$MLC_i^Q = \frac{\partial L}{\partial (Q_{Gi} - Q_{Di})} \quad (2)$$



Teniendo en cuenta que no existe una relación explícita entre las pérdidas y las inyecciones de potencia, la regla de la cadena puede ser utilizada para el cálculo de los coeficientes marginales de pérdidas usando variables intermedias como las tensiones y los ángulos obtenidos directamente a partir de la solución de un flujo de carga en determinado punto de operación

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial \theta_1} & \frac{\partial P_2}{\partial \theta_1} & \dots & \frac{\partial P_n}{\partial \theta_1} & \frac{\partial Q_1}{\partial \theta_1} & \frac{\partial Q_2}{\partial \theta_1} & \dots & \frac{\partial Q_n}{\partial \theta_1} \\ \frac{\partial P_1}{\partial \theta_2} & \frac{\partial P_2}{\partial \theta_2} & \dots & \frac{\partial P_n}{\partial \theta_2} & \frac{\partial Q_1}{\partial \theta_2} & \frac{\partial Q_2}{\partial \theta_2} & \dots & \frac{\partial Q_n}{\partial \theta_2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_1}{\partial \theta_n} & \frac{\partial P_2}{\partial \theta_n} & \dots & \frac{\partial P_n}{\partial \theta_n} & \frac{\partial Q_1}{\partial \theta_n} & \frac{\partial Q_2}{\partial \theta_n} & \dots & \frac{\partial Q_n}{\partial \theta_n} \\ \frac{\partial P_1}{\partial V_1} & \frac{\partial P_2}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial P_n}{\partial V_1} & \frac{\partial Q_1}{\partial V_1} & \frac{\partial Q_2}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial Q_n}{\partial V_1} \\ \frac{\partial P_1}{\partial V_2} & \frac{\partial P_2}{\partial V_2} & \dots & \frac{\partial P_n}{\partial V_2} & \frac{\partial Q_1}{\partial V_2} & \frac{\partial Q_2}{\partial V_2} & \dots & \frac{\partial Q_n}{\partial V_2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_1}{\partial V_n} & \frac{\partial P_2}{\partial V_n} & \dots & \frac{\partial P_n}{\partial V_n} & \frac{\partial Q_1}{\partial V_n} & \frac{\partial Q_2}{\partial V_n} & \dots & \frac{\partial Q_n}{\partial V_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial L}{\partial \theta_1} \\ \frac{\partial L}{\partial \theta_2} \\ \frac{\partial L}{\partial \theta_n} \\ \frac{\partial L}{\partial V_1} \\ \frac{\partial L}{\partial V_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial L}{\partial V_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial L}{\partial P_1} \\ \frac{\partial L}{\partial P_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial L}{\partial P_n} \\ \frac{\partial L}{\partial Q_1} \\ \frac{\partial L}{\partial Q_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial L}{\partial Q_n} \end{bmatrix}$$

(3)

Para resolver el sistema de ecuaciones, se eliminan las columnas y las filas correspondientes a los nodos de referencia y los nodos PV. Las pérdidas asignadas a los generadores y demandas en cada nodo  $i$  pueden ser calculadas directamente:

$$L_{Gi} = P_{Gi} \cdot MLC_i^P \quad (4)$$

$$L_{Di} = P_{Di} \cdot MLC_i^P \quad (5)$$

Considerando que el comportamiento de las pérdidas no es lineal, la suma de las pérdidas asignadas no es igual a la suma de las pérdidas reales:

$$\sum_{i=1}^n L_{Gi} + \sum_{i=1}^n L_{Di} > L_{AC}$$

(6)

Donde las pérdidas reales son:

$$L_{AC} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n G_{ij} [V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos(\theta_i - \theta_j)]$$

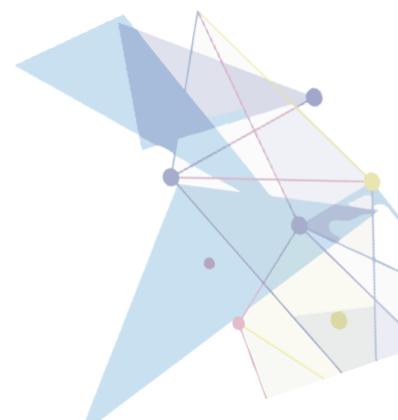
(7)

Es necesario determinar un factor de ajuste  $k_0$  a fin de adelantar un proceso de normalización para reflejar las pérdidas nodales

$$L_{Gi} = P_{Gi} \cdot k_0 \cdot MLC_i^P$$

$$L_{Di} = P_{Di} \cdot k_0 \cdot MLC_i^P$$

(8) y (9)



Donde

$$k_p = \frac{L_{AC}}{\sum_{i=1}^n L_{G_i} + \sum_{i=1}^n L_{D_i}}$$

#### 4.2. TIPOS DE USUARIO CON GD Y SIN GD

Se pueden establecer en el análisis de uso de Generación Distribuida con respecto al sistema de potencia interconectado, los siguientes casos, dependiendo de su interacción con el sistema eléctrico:

Usuario tipo A: No hay GD en el nodo. Toda la energía del nodo es suministrada por red.

Corresponde al caso actual.

Usuario Tipo B: GD inyecta toda su potencia a red. No existe demanda en el nodo.

Usuario Tipo C: GD suplente su carga e inyecta excedentes a red. Es el caso de autoconsumo total más excedentes hacia la red, a suplir nodos vecinos.

Usuario Tipo D: GD inyecta potencia a su carga y demanda complemento de red. Es el caso de autoconsumo parcial, necesitando un respaldo de la red para suplir demanda total en el usuario del nodo i.

Usuario Tipo E: GD Suplente su carga, únicamente

Criterio: Cuando se aplican coeficientes marginales de asignación de pérdidas, solo tomaremos en cuenta la demanda desde y hacia el sistema para asignar pérdidas. Para un sistema SFV (Solar Fotovoltaico) el escenario frente al sistema será el siguiente:

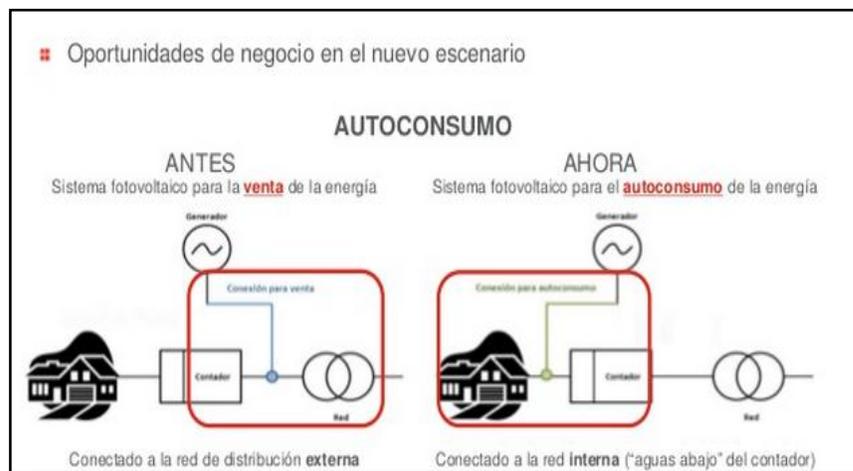


Figura 1. Nuevo escenario: Autoconsumo fotovoltaico  
Fuente: IBS Solar 2013.

## 5. RESULTADOS

Se realizara una aproximación al bloque de horas solares pico (HSP), de acuerdo al siguiente esquema estándar de radiación solar diaria:

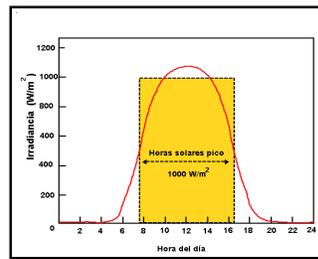


Figura 2. Irradiancia durante un día soleado.

(Tomado de: <http://www.empresaeficiente.com/es/catalogo-de-tecnologias/energia-solar-fotovoltaica#ancla> )

Por tanto, para el ejercicio del presente artículo, se tomará como energía solar recuperable, el bloque de energía entre las 8 y las 16 horas de un día. Esta aproximación, con el fin de verificar excedentes hacia la red, según sea el tipo de usuario con GD y sus condiciones de demanda. Obsérvese que antes de las 8 y después de las 16, la curva de irradiancia tiene área de energía que se asumirá integrada al sistema en los bordes superiores del bloque de HSP

A esto se suma, que los paneles fotovoltaicos de una planta necesitan de una condición determinada para generar en su punto de máxima potencia. Esto puede verse alterado por factores de carácter climatológico, ubicación (Orientación e inclinación) y horas de radiación solar local del sitio.

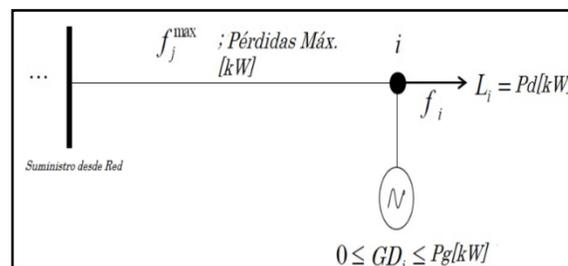


Figura 3. Esquema de conexión Nodo "i" Tipo Usuario con GD conectada al sistema de potencia (Elaboración propia).

En el nodo  $i$ , debe existir un medidor bidireccional que permita medir el balance neto de energía eléctrica en el sistema inyectado a red, para discriminar la energía proveniente de la compañía u operador de red y la energía producida por el Generador distribuido.

### RESULTADOS NODALES SEGÚN TIPO DE USUARIO

Pese a que el coeficiente marginal local esta formulado para observar cuanto varía las pérdidas globales del sistema de distribución o del área de distribución local cuando se inyecta GD, en este apartado se mostraran resultados porcentuales con respecto a la asignación de pérdidas entre GD y Demanda. En su desarrollo, se tomarán los excedentes inyectados a red y en un balance neto final, se sacan algunas conclusiones frente al cobro de costo unitario de energía por kWh.

Para la aplicación, es necesario interpretar el coeficiente marginal como se muestra a continuación:

$$MLC1 = \frac{\partial L_{tc}}{\partial (Pg - Pd)}$$

Si observamos, la variación global de pérdidas técnicas (Ltc) del sistema dependerá de los nuevos flujos carga, desde suministro de red y desde la GD, mientras que la variación de la diferencia entre la potencia inyectada por GD (Pg) y la potencia demandada en el nodo (Pd), es correspondiente a los excedentes de energía circulantes hacia red, o demandados de la misma, según sea el tipo de usuario.

La versatilidad del coeficiente permite distinguir cuando se usa para un tipo de usuario u otro, así por ejemplo:

El usuario A, presenta el siguiente coeficiente (Caso actual):

$$MLC1 = \frac{\partial L_{tc}}{\partial (-Pd)}$$

El usuario B, cuando todo se inyecta a red (sin demanda en nodo):

$$MLC1 = \frac{\partial L_{tc}}{\partial (Pg)}$$

El usuario C, presenta el siguiente coeficiente (Autoconsumo completo e inyección a red):

$$MLC1 = \frac{\partial L_{tc}}{\partial (Pg - Pd)} (+) \text{ Usualmente positivo}$$

El usuario D, presenta el siguiente coeficiente (Autoconsumo parcial y suministro desde red):

$$MLC1 = \frac{\partial L_{tc}}{\partial (Pg - Pd)} (-) \text{ Usualmente negativo}$$

Un usuario E con respecto al sistema su coeficiente sería:  $MLC1 = 0$  donde  $Pg = Pd$ , correspondiente a un usuario aislado.

## ANÁLISIS DE CASO

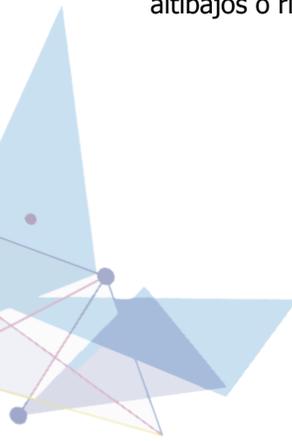
Como nos interesa mostrar resultados frente a la generación distribuida, los usuarios A y E, no relacionan GD y sistema eléctrico respectivamente en el coeficiente resultante, y el usuario B, demandaría en su totalidad las pérdidas hacia el nodo vecino que alimente el GD. Los usuarios C y D, serán estudiados en detalle, por representar las situaciones más típicas ante un posible uso masivo de generación distribuida.

Para una instalación fotovoltaica de 3kWp instalados, supongamos el peor mes de radiación solar, sea de 2568 W/m<sup>2</sup> día. Una irradiación estándar es de 1000 W/m<sup>2</sup> como se muestra en el esquema siguiente:

Se cumple a propósito para el análisis con las siguientes premisas o criterios, con el fin de facilitar la comprensión del presente estudio:

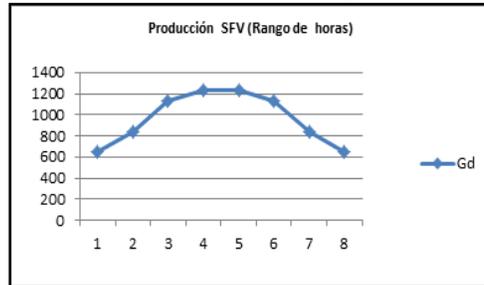
Hay 8 horas de radiación solar dentro de las cuales se da el número de Horas Pico Solar (HPS). Fuera de este intervalo de tiempo, se asumirá que el suministro viene de red y una carga permanente de 200Wh. Es decir, 16 horas restantes, hay 200Wh, para un total de 3.2kWh, que se alimenta netamente del suministro de red.

La curva de generación o producción energética de la planta es ideal y se comporta conforme al nivel de radiación solar durante 8 horas. No presenta altibajos en su recorrido (Lo real es que si hay nubes u otras sombras, haya altibajos o rizados de producción de energía), y la pendiente conserva las cualidades de una curva estándar.



Como se desea observar la variación de los coeficientes marginales y sus términos que los componen, a medida que la planta fotovoltaica inyecta energía al sistema se manipulará la cantidad de carga proporcionalmente tal que cumpla con el tipo de usuario, durante el intervalo de tiempo en que interactúa la planta solar con la red. Igualmente, se realizará la prueba con una carga constante durante este tiempo.

Figura 4. Producción Solar Fotovoltaica. Nota: Siendo la hora 1, de 8AM a 9AM y la hora 8, de 15:00 a 16:00.



Se tiene lo siguiente, frente a la instalación solar FV:

$$HPS = \frac{2568W/m2dia}{1000W/m2} = 2,568h/dia$$

Basado en lo anterior, entonces la energía recuperable del Sol ,

$$E = 3000 W * 2.568 h / dia = 7.704kWh/dia$$

Si la energía se transporta en un alimentador radial cuya resistencia es 0,282 Ohm/km hasta una carga próxima en el nodo i, a una longitud de 200m, con tensión de 220V.

Las pérdidas técnicas en el conductor están dadas por  $I^2R$ , donde la corriente dependerá de la producción energética fotovoltaica en determinado momento del día y su respectiva carga.

Para el usuario B, la potencia ( $P_d$ ) demandada en el nodo es cero (Ver resultados en tabla anexa):

Como se muestra, se tomaron intervalos de cuarto de hora entre una hora y hora. Es de tener en cuenta, que estos valores intermedios se incluyeron con el fin de evidenciar el comportamiento de los coeficientes LMC cada 15 minutos, que corresponde a un tiempo de medición común.

$K_o$  corresponde a un coeficiente que normaliza los dos resultados de pérdidas en las columnas del lado izquierdo. Como se observa, por razones evidentes, la responsabilidad de pérdidas recae en un 100% en el generador

Como oferente de usuario B, las pérdidas técnicas son responsabilidad del GD única y exclusivamente

distribuido para este caso. No obstante, analizando el nodo adyacente, es posible le pueda transferir un porcentaje al usuario vecino.

Para el usuario C, se debe cumplir que la demanda del nodo en el intervalo, siempre está por debajo de la curva de producción fotovoltaica (series1), como se muestra a continuación:

Hora	Pg	Pd	Excedentes	Variación Ex	Net Meterin	Eg (Wh)	Ed(Wh)
8	617,856	247,1424	370,7136				
8,25	701,041	280,4164	420,6246	49,911			
8,5	778,064	311,2256	466,8384	46,2138			
8,75	848,925	339,57	509,355	42,5166			
9	913,624	365,4496	548,1744	38,8194	441,8829	736,4715	294,5886
9,25	972,161	388,8644	583,2966	35,1222			
9,5	1024,536	409,8144	614,7216	31,425			
9,75	1070,749	428,2996	642,4494	27,7278			
10	1110,8	666,48	444,32	-198,1294	398,107	995,2675	398,107
10,25	1144,689	686,8134	457,8756	13,5556			
10,5	1172,416	703,4496	468,9664	11,0908			
10,75	1193,981	716,3886	477,5924	8,626			
11	1209,384	907,038	302,346	-175,2464	462,1886	1155,4715	693,2829
11,25	1218,625	913,96875	304,65625	2,31025			
11,5	1221,704	916,278	305,426	0,76975			
11,75	1218,621	913,96575	304,65525	-0,77075			
12	1209,376	907,032	302,344	-2,31125	304,270875	1217,0835	912,812625
12,25	1193,969	895,47675	298,49225	-3,85175			
12,5	1172,4	879,3	293,1	-5,39225			
12,75	1144,669	858,50175	286,16725	-6,93275			
13	1110,776	666,4656	444,3104	158,14315	295,025875	1180,1035	885,077625
13,25	1070,721	642,4326	428,2884	-16,022			
13,5	1024,504	614,7024	409,8016	-18,4868			
13,75	972,125	583,275	388,85	-20,9516			
14	913,584	365,4336	548,1504	159,3004	417,8126	1044,5315	626,7189
14,25	848,881	339,5524	509,3286	-38,8218			
14,5	778,016	311,2064	466,8096	-42,519			
14,75	700,989	280,3956	420,5934	-46,2162			
15	617,8	247,12	370,68	-49,9134	486,2205	810,3675	324,147
15,25	528,449	211,3796	317,0694	-53,6106			
15,5	432,936	173,1744	259,7616	-57,3078			
15,75	331,261	132,5044	198,7566	-61,005			
16	223,424	178,7392	44,6848	-154,0718	286,5669	477,6115	191,0446

Continuación:

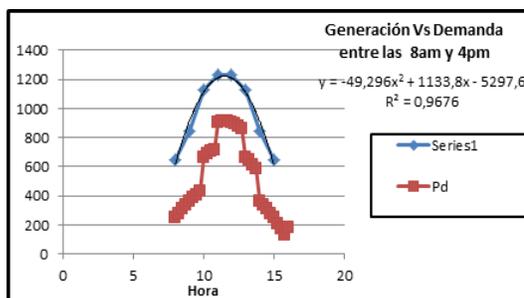


Figura 5. Curva de producción Fotovoltaica vs Demanda, Autoconsumo con inyección a red (Usuario C) Significa lo anterior que  $G_d > P_d$ , por lo tanto hay excedentes hora a hora durante 8 horas que serán inyectados a red.

Dadas unas pérdidas técnicas es posible asignarlas mediante Coeficientes Marginales de Pérdidas (LMC), desde el punto de vista de inyección de GD frente a la variación global de pérdidas. De esta manera, se asignan pérdidas tanto a generadores y a demanda.

Para este caso particular, las pérdidas asignadas a demanda toman un valor como se muestra el siguiente gráfico de áreas:

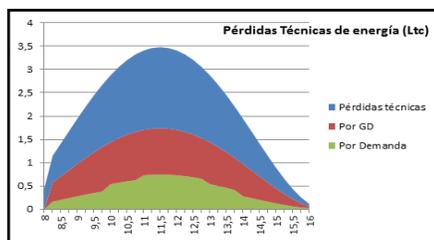


Figura 6. Áreas gráficas de pérdidas asignadas tanto a GD como demanda.

%Perdidas Ltc debidas a GD	%Pérdidas Ltc debidas a demanda
62,8%	37,2%

Tabla 2. Porcentaje de asignación de pérdidas (Pg>Pd)

Como se está observando el sistema desde un solo nodo, realmente es importante el porcentaje asignado a cada responsable más que la cantidad de vatios que se pierden en el conductor. Para este caso, un 62,8% de las pérdidas técnicas son asignadas al Generador Distribuido, mientras que el usuario en el nodo i, asumen el 37,2% de las pérdidas. Si el usuario es dueño de su propio generador, evidentemente asumiría la totalidad de las pérdidas.

Tabla 3. Componentes de cálculo para coeficientes de asignación de pérdidas

La potencia instantánea generada y su respectiva demanda en un instante de tiempo entre las 8 y las 16 horas (La proporcionalidad horaria se establece como se muestra aclarando que por ejemplo, las 8,25 corresponde a las 8 horas: 15 minutos), se muestra en las dos primeras columnas. Por tanto, en una hora, se puede generar una energía fotovoltaica cada hora como se muestra en la penúltima columna. Por ejemplo, su demanda energética en el nodo i, a las 12 de mediodía es de 912 Wh. La columna de "Net Metering", muestra los excedentes que se inyectaran a red cada hora, luego de abastecer demanda propia del nodo.

Los resultados totales de la tabla se muestran así:

Total de producción energética SFV: 7616,9 Wh / día
Total demanda diaria: 4325,779 Wh / día
Total de excedentes inyectados a red: 3090,07 Wh / día

De igual manera se procede con el usuario D, y la asignación de pérdidas en este caso varía de manera evidente:

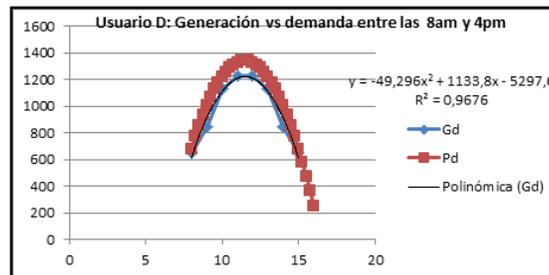


Figura 7. Curva de producción Fotovoltaica vs Demanda, Autoconsumo con suministro de red (Usuario D)

Evidentemente la demanda es mayor que la producción de la planta SFV, y es necesario el suministro de la red hacia el nodo i. En este caso, luego de la aplicación de los coeficientes marginales, el resultado porcentual asignado de pérdidas fue de:

%Perdidas Ltc por GD	%Pérdidas Ltc por Demanda
47,6%	52,4%

Tabla 3. Porcentaje de asignación de pérdidas (Pg<Pd)

Esto ocurre para unas condiciones totales, que se muestran:

Total de producción energética SFV: 7616,9 Wh / día  
 Total demanda diaria: 8378,5987 Wh / día  
 Total Energía suministro desde red: 761,6908 Wh / día

### COSTOS ASOCIADOS AL CU (Costo Unitario de energía)

Para llegar a resultados aproximados a la totalidad de los componentes del costo unitario de energía, y en vista de su alcance comparativo, se tienen varias consideraciones ideales:

Asumiendo que todos los días son típicos e iguales.

La carga permanente diaria fuera del intervalo Solar FV,

$Pd2=200Wh/día*30= 3200Wh$

Caso Pg>Pd (Usuario C)

CU Codensa, para nivel de tensión I (Según tabla) 376,5659 \$/kWh

Si el usuario demanda de red, consumo mensual es de 225,77 kWh

Pérdidas asignadas (Se asume todas las pérdidas técnicas hacia el usuario)=0,26 kWh

Valor factura (sin subsidio ni aranceles): 85.117 pesos

Si el kWh solar es competitivo, puede valer lo mismo que un kWh convencional.

Análisis Tarifario para casos seleccionados				
CASOS RELEVANTES	Autoconsumo	Autoconsumo	Autoconsumo	Autoconsumo
	Total+Inyección a red (Pg>Pd)	total+Inyección a red (Pg>Pd)	parcial + suministro desde red	parcial + suministro desde red
Demanda total mensual(kWh)	225,7733775	239,69976	347,357964	553,01448
Pérdidas técnicas asociadas (kWh)	0,262	Corresponde a las pérdidas técnicas asociadas a la inyección de potencia hora a hora en el nodo i		
Porcentaje de pérdidas asignados a GD	62,8%	63,2%	47,6%	33,33%
Costo unitario (\$/KWh) referente (CODENSA), Nivel de tensión I	376,57	Costo unitario según tabla, en el nivel de tensión I en el cual se encuentra ubicado el estudio		
Factura mensual en pesos(\$ (Sin contar subsidios ni aranceles)	85.117,2	90.361,4	130.901,8	208.345,0
Ahorro mensual en pesos por producción de Energía SFV (kWh competitivo)(\$)	86048,034	Se calcula a partir de la producción energética de un día típico, con un valor de kWh solar similar al de la red		
Net Metering+Carga diaria(solo red)	3.2377425	3.979185	3.9616908	10.816908
Valor a pagar (\$)	1281,182297	1560,8	1543,511863	4139,045861
Porcentaje aparente facturado (*)	1,5%	1,7%	1,18%	2%
En componentes desglosados del CU (\$/KWh)	Precio de referencia de CU(\$/KWh)			
G	151,2183	489,61	601,73	599,08
T	22,5093	2.160,89	2.160,89	2.160,89
D	138,397	26.124,13	26.021,52	16.448,58
C	36,991	8.357,67	8.872,86	12.854,19
PR	27,6742	2,697	2,668	3,798
R	3,368	760,96	807,87	1.170,36
Costo mensual por caso	37.895,95	38.467,53	33.236,91	71.038,43
Valor porcentual a pagar respecto a factura original		44,5%	42,6%	25,4%

Tabla 4. Tabla de costos unitarios. Estudio de caso.  
 (\* Este valor aún no reconoce cargos por respaldo de red)

Tomando en cuenta los aspectos generales estudiados y luego de realizar un barrido bibliográfico para sistemas de referencia que integran GD, se realizará un estudio sobre los sistemas de referencia para integración de recursos distribuidos de energía renovables (CIGRE).

Task Force C6.04.02 2014) disponibles a partir de abril de 2014.

En nuevo apartado del estudio, se realizara el cálculo de nuevos cargos por uso de la red, con el fin de compensar la red no usada, aplazando nuevas inversiones en activos similar a lo realizado en (Tautiva, 2010).

A futuro de esta presentación, se deben aplicar los coeficientes marginales, y discriminar las pérdidas netas que le corresponden al usuario, que sin duda, dados los resultados, son mucho menos, siempre y cuando no se sobrepase la capacidad máxima de alojamiento de GD en el sistema eléctrico. De esta manera se evidencia, la ventaja de usar masivamente GD, en el sistema eléctrico.

## CONCLUSIONES

Resulta indispensable considerar cargos de respaldo por uso de la red al conectar GD al sistema interconectado. Solo de esta manera se puede optimizar el funcionamiento real de la tarifa en términos de su naturaleza técnica.

Los componentes de la tarifa actual sirven como punto de comparación entre un antes y un después de la transición hacia el uso masivo de GD. No obstante, cada componente individualmente no refleja el precio a cobrar por GD, dado que el sistema eléctrico pensado no corresponde al mismo y los contenidos de cada componente para el caso colombiano se adoptan a unas instancias particulares del sector, no necesariamente de naturaleza técnica. Por ejemplo, en la componente de Generación, se cobra el costo por compras de energía al precio de generación y esto obedece a un mercado de energético mayorista. Evidentemente, es un mercado centralizado distinto al de un escenario de uso masivo de GD. En el mismo sentido, la componente que se paga de pérdidas no tendría mucha relevancia, dado que se trata de un cargo directamente al usuario en el cual se incluyen el costo asociado a programas de reducción de pérdidas no técnicas como incentivo al operador de red.

En cuanto a restricciones, cargos de distribución y transmisión, estos pasan factura –se incluyen- de acuerdo al uso de sus activos, y evidentemente con el uso de GD, para tratar el cobro de una tarifa, varios niveles de tensión serían eliminados de los cargos, lo que evidenciaría una rebaja en la tarifa en general con nuevos cargos de red.

Con el avance logrado hasta este punto, se logra apreciar un impacto tarifario además del impacto técnico presentado en anteriores estudios, y se parte del funcionamiento mismo del sistema eléctrico a partir del consumo y sus pérdidas eficientes. Como política estatal es indispensable que se promocióne una política de incentivos hacia el uso masivo de recursos de energía distribuida, no obstante se pueden maximizar las ventajas técnicas de inyección de potencia desde GD al sistema tal como se procede en esta metodología y hace menos dependiente de lo primero la implementación adecuada de la generación distribuida a partir de energías renovables.

Con el uso de nuevos cargos de uso de la red es factible redistribuir los porcentajes en ponderado que existen actualmente sobre el costo unitario, dado que su cambio es evidente ante las nuevas condiciones del sistema eléctrico involucrado. Esto implicará cambios en la planificación del sistema y aplazamiento de decisiones de inversión en nuevos activos, sin abandonar la remuneración por la capacidad no utilizada a través de cargos de respaldo a la red.

A nivel metodológico, se pueden manejar los coeficientes marginales de pérdidas, como referente para su asignación dada la similitud con el posible comportamiento del sistema ante la penetración de GD, incluyendo el uso de sus componentes como excedentes a red y variación de medida neta diaria.

## BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- Acero, 2010) :Acero Libardo, Factores de pérdidas técnicas referidas al STN . Tesis de Magister en ingeniería eléctrica. Director. Jaime Blandón. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (2010)
- [2] Bollen M., Hassan F. Integration of distributed generation in the power system. Hoboken, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011.
- [3] (Buitrago,2007):Buitrago Beltrán Leydi Dayana. Requerimientos técnicos para la conexión de la generación distribuida a los sistemas de distribución local colombianos.. Directora de tesis: Estrella Esperanza Parra López. Asesor: Horacio Torres Sanchez. Programa de Adquisición y Análisis de Señales PAAS Bogotá D.C. 2007
- [4] (Tautiva, 2010) :Cadena A, Tautiva C .Análisis Técnico de la operación de un generador en el sistema de distribución local en nivel de tensión de 34.5kV (Universidad de los Andes, Junio 2010)
- [5] CIGRE. Task Force C6.04.02. Benchmark Systems for Network Integration of renewable and distributed energy resources. Cigre, 2014.

[6] (C.. Zeljkovic, 2009) : C.V. Zeljkovic, Lj Rajakovic, and S.J Zubic. Members IEEE: A Method for cost Minimization applicable to Load Centers Containing Distributed Generation. Paper accepted for presentation at 2009 IEEE Bucharest Power Tech Conference, June 28th-July 2nd, Bucharest- Romania.

[7] (Eguia, 2007)

Eguía Lopez, Pablo. Criterios y propuesta metodológica para la determinación de los coeficientes de pérdidas en la red de distribución de energía eléctrica. Tesis doctoral. Director/es: Dra. Inmaculada Zamora y Dr. José Ramon Saenz. Universidad del País Vasco. Bilbao 2007.

(Lubo, 2014) : Lubo Ulises. Flujos de Cargas en Sistemas de Distribución con Generación Distribuida. Tesis de MSc. Director/es: Jose Felix Miñabres y Miguel Ángel Zorroza. Universidad del País Vasco. Bilbao. 2014.

[8] (Lubo, 2014) : Lubo Ulises. Flujos de Cargas en Sistemas de Distribución con Generación Distribuida. Tesis de MSc. Director/es: Jose Felix Miñabres y Miguel Ángel Zorroza. Universidad del País Vasco. Bilbao. 2014.

[9] Mutale J., Strbac G., Curcic S. y Jenkins N., Allocation of losses in distribution systems with embedded generation, IEE Proceedings on Generation Transmission and Distribution, vol. 147, no 1, pp. 7-14, January 2000.

[10]

[11] (NREL, 2013) NREL. Regulatory Considerations Associated with the Expanded Adoption of Distributed Solar. Technical Report NREL. November 2013. L. Bird, J. McLaren, and J. Heeter. Technical

[12]

[13] P. M. De Oliveira-De Jesus, Member, IEEE, M. T. Ponce de Leao, Member, IEEE, J. M. Yusta, Member, IEEE, and H. M. Khodr, Member, IEEE: A General Framework for the Remuneration of Costs and Benefits of Distributed Generation. 1-4244-0288-3/ 2006 IEEE.

[14]

[15] P. M. De Oliveira-De Jesús, Miembro, IEEE, and M. T. Ponce de Leão, Miembro, IEEE. Análisis Comparativo de los Métodos de Asignación de Pérdidas Eléctricas en Redes de Distribución con Generación Distribuida . publicado en: IEEE Latin america transactions, vol. 3, no. 3, July 2005

[16] Planning for effective Distribution. The Distribution working group of the IEEE power system planning and implementation committee (September/October 2003)

[17] Res. CREG 119-2007. Comisión de Regulación de Energía y Gas. Resoluciones CREG. [www.creg.gov.co](http://www.creg.gov.co) ANEXO: Tabla N°5 .Tabla de componentes calculados de coeficientes marginales y pérdidas asignadas a GD y Demanda

Hora	Pg	Excedentes	Var. Exc	Ltc	Var. Ltc	LMC	Lg	Ld	K0	Lg norm	Ld norm
8	617,856	617,856		0,44484456							
8,25	701,041	701,041	83,185	0,57269129	0,12784674	0,0015369	1,07742746	0	0,53153582	0,57269129	0
8,5	778,064	778,064	77,023	0,70544699	0,1327557	0,00172359	1,34105957	0	0,52603703	0,70544699	0
8,75	848,925	848,925	70,861	0,83979327	0,13434628	0,00189591	1,60948778	0	0,52177673	0,83979327	0
9	913,624	913,624	64,699	0,97267721	0,13288394	0,00205388	1,87647353	0	0,51835382	0,97267721	0
9,25	972,161	972,161	58,537	1,10131139	0,12863418	0,00219749	2,13630922	0	0,51552059	1,10131139	0
9,5	1024,536	1024,536	52,375	1,22317385	0,12186246	0,00232673	2,3838182	0	0,51311541	1,22317385	0
9,75	1070,749	1070,749	46,213	1,33600812	0,11283427	0,00244161	2,61435478	0	0,51102786	1,33600812	0
10	1110,8	1110,8	40,051	1,43782319	0,10181507	0,00254214	2,82380424	0	0,50917949	1,43782319	0
10,25	1144,689	1144,689	33,889	1,52689355	0,08907036	0,0026283	3,00858278	0	0,50751256	1,52689355	0
10,5	1172,416	1172,416	27,727	1,60175916	0,07486561	0,0027001	3,16563758	0	0,50598311	1,60175916	0
10,75	1193,981	1193,981	21,565	1,66122544	0,05946629	0,00275754	3,29244678	0	0,50455651	1,66122544	0
11	1209,384	1209,384	15,403	1,70436332	0,04313788	0,00280062	3,38701947	0	0,50320447	1,70436332	0
11,25	1218,625	1218,625	9,241	1,73050919	0,02614586	0,00282933	3,44789569	0	0,501903	1,73050919	0
11,5	1221,704	1221,704	3,079	1,73926491	0,00875572	0,00284369	3,47414643	0	0,50063086	1,73926491	0
11,75	1218,621	1218,621	-3,083	1,73049783	-0,00876708	0,00284368	3,46537365	0	0,49936832	1,73049783	0
12	1209,376	1209,376	-9,245	1,70434077	-0,02615705	0,00282932	3,42171028	0	0,49809617	1,70434077	0
12,25	1193,969	1193,969	-15,407	1,66119205	-0,04314872	0,00280059	3,34382016	0	0,49679468	1,66119205	0
12,5	1172,4	1172,4	-21,569	1,60171544	-0,05947661	0,0027575	3,23289813	0	0,4954426	1,60171544	0
12,75	1144,669	1144,669	-27,731	1,5268402	-0,07487524	0,00270006	3,09066996	0	0,49401593	1,5268402	0
13	1110,776	1110,776	-33,893	1,43776106	-0,08907914	0,00262825	2,91939239	0	0,49248641	1,43776106	0
13,25	1070,721	1070,721	-40,055	1,33593825	-0,10182281	0,00254208	2,7218531	0	0,49081938	1,33593825	0
13,5	1024,504	1024,504	-46,217	1,22309745	-0,1128408	0,00244154	2,50137076	0	0,48897087	1,22309745	0
13,75	972,125	972,125	-52,379	1,10122983	-0,12186762	0,00232665	2,26179494	0	0,48688314	1,10122983	0
14	913,584	913,584	-58,541	0,97259204	-0,12863778	0,0021974	2,00750623	0	0,48447772	0,97259204	0
14,25	848,881	848,881	-64,703	0,83970622	-0,13288583	0,00205378	1,74341612	0	0,48164417	0,83970622	0
14,5	778,016	778,016	-70,865	0,70535995	-0,13434626	0,00189581	1,47496709	0	0,47822081	0,70535995	0
14,75	700,989	700,989	-77,027	0,57260633	-0,13275362	0,00172347	1,20813256	0	0,47395986	0,57260633	0
15	617,8	617,8	-83,189	0,44476392	-0,12784241	0,00153677	0,94941691	0	0,46846008	0,44476392	0
15,25	528,449	528,449	-89,351	0,32541675	-0,11934717	0,00133571	0,70585548	0	0,46102461	0,32541675	0
15,5	432,936	432,936	-95,513	0,21841434	-0,10700241	0,00112029	0,48501457	0	0,45032531	0,21841434	0
15,75	331,261	331,261	-101,675	0,12787168	-0,09054266	0,00089051	0,29499142	0	0,43347592	0,12787168	0
16	223,424	223,424	-107,837	0,05816924	-0,06970244	0,00064637	0,14441423	0	0,40279438	0,05816924	0

(Caso Usuario B).



### 3. VISIÓN DEL FUTURO A TRAVÉS DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**MARIAM PATRICIA TAPIA DORADO**

Ingeniera de Telecomunicaciones  
STEAM INNOVATION S.A.S  
Mariam@grupoglobal.org.co

## RESUMEN

A través esta ponencia se pretende sensibilizar al público e invitarlos a abordar una visión del futuro desde una perspectiva tecnológica, científica e innovadora que los permita realizar un análisis del tema, reflexionar y visionar su propia versión del mismo en una línea de tiempo. Todo lo anterior proyectado desde lo humano y los desarrollos a través de la historia, involucrando así al público con los avances creados desde años anteriores hasta el presente, y a partir del presente visionar el futuro de manera creativa, teniendo en cuenta el impacto social de los próximos avances en CT+I y su influencia en el comportamiento humano.

**PALABRAS CLAVE:** Ciencia, Futuro, Tecnología, Innovación, Impacto Social.

## ABSTRACT

This presentation aims to raise awareness to the assistants to think about a vision of the future from a technological, scientific and innovative perspective that allows them to analyze, reflect and watch their own version in a timeline. All this projected from human and anthropological facts reflected through history and involving the public with the progress and development through the past years to the present, and from present to watch the future creatively, considering the social impact of the next advances in CT & I and its influence on the human behavior.

**KEYWORDS:** Science, Future, Technology, Innovation, Social Impact.

### 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la Ciencia, la Tecnología y la Innovación conforman un grupo de temáticas emergentes, vanguardistas y a su vez polémicas, las cuales vienen determinando el direccionamiento y futuro de la sociedad a nivel mundial. Si bien, es cierto que este grupo CT+I brinda soluciones, comodidades, nuevas alternativas y formas de realizar las actividades cotidianas en la sociedad, es fundamental tener en cuenta que estos avances y desarrollos generados en cada una de las áreas también podrían ser un arma de doble filo, tema que debe ser manipulado con mucho cuidado.

Esta presentación brinda una panorámica actual general y una visión del futuro en el contexto CT+I, sin embargo se busca principalmente sensibilizar al público asistente sobre este conjunto de temáticas, su trayectoria a través del tiempo y proyección del futuro en este contexto el cual está marcando y direccionando nuestro estilo de vida y así mismo el futuro de nuestro planeta.

### 2. CONTENIDO

#### 2.1. CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACION

Antes de abordar el tema y dar a conocer puntos de vista, opiniones y visiones del mismo, es fundamental introducir conceptos básicos, los cuales se exponen a continuación:

**Ciencia:** Es el conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales [1].

**Tecnología:** Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico [1].

**Innovación:** Creación o modificación de un producto, y su introducción en un mercado [1]. Más informalmente, alterar algo, introduciendo novedades al mismo.

Estos conceptos conforman un triángulo emergente y polémico, el cual ha venido tomando fuerza y solidez a lo largo del tiempo con las diversas investigaciones, estudios y avances desarrollados por los grandes científicos y pensadores, quienes abrieron las puertas y dieron paso a una nueva era que revolucionaría el comportamiento humano.

## 2.2. AVANCES EN CT+I EN EL TIEMPO

Desde mediados del siglo XIX se desplegó un fuerte desarrollo científico en el mundo, el cual dio inicio a una nueva era de descubrimientos, avances y progreso para la sociedad, los cuales direccionaron nuestro estilo de vida y definen el presente que hoy vivimos. A continuación se nombran algunos de estos avances desde el Siglo XIX hasta comienzos del siglo XXI:

La existencia de los cromosomas - Carlos R. Darwin
Teoría Electromagnética - Hertz
Teoría de la Relatividad - Albert Einstein
Inventión de las aeronaves - Hermanos Wright
Inventión de los antibióticos - Alexander Fleming
Energía nuclear o atómica
La inventión de los cohetes y la conquista espacial
Desarrollo de la electrónica e inventión de electrodomésticos y dispositivos tecnológicos
Desarrollo, inventión y masificación de los medios de comunicación
Inteligencia Artificial (IA) - Alan Turing
Domótica
Robótica
Nanotecnología
Drones

Tabla 1. Avances en el tiempo (Siglo XIX al XXI)

Durante esta línea del tiempo se dieron grandes invenciones que han aportado ventajas a la humanidad en los campos de la ciencia y la tecnología, pero algunas han sido polémicas debido a sus grandes ventajas y desventajas como son la energía nuclear y la inteligencia artificial entre otras. Varias de las mentes más brillantes por ejemplo, nos han advertido recientemente acerca de los peligros de usar estas tecnologías sin concientizar a las personas acerca de su uso, un claro ejemplo de ello sería el reconocido astrofísico Stephen Hawking advirtiéndonos de las consecuencias de la inteligencia artificial y lo que podría pasar si esta se sale de control, tal como es mencionado en el artículo 'Don't Fear Artificial Intelligence' [2], "una vez que el ser humano logre desarrollar la Inteligencia Artificial, esta se valdrá y rediseñará por sí misma...Un desarrollo completo de la Inteligencia Artificial podrá significar el fin de la raza humana".

Diversas teorías, predicciones y visiones se pasean por las mentes humanas, donde la Ciencia, la Tecnología y la Innovación son los protagonistas del escenario y recrean nuestra realidad presente y futura.

Siendo así, invitamos al lector a analizar: ¿Cuál es su línea de tiempo y visión del futuro?, ¿Cómo y dónde estaremos en unos 20 años?

### 2.3. ¿FUTUROS AVANCES EN CT+I?

Teniendo como referente una entrevista realizada por el Periódico Estadounidense 'The Huffington Post' a 7 famosos Futuristas [3], se mencionan a continuación algunas de sus predicciones del futuro en un contexto CT+I realizadas netamente desde sus perspectivas:

Internet se irá transformando gradualmente en una red cerebral: Michio Kaku, profesor de física teórica en la Universidad de Nueva York y autor del libro "El futuro de nuestra mente" cree que en los próximos 10 podremos transmitir nuestros pensamientos, emociones, sentimientos y recuerdos de forma instantánea a cualquier parte del planeta, en lugar de correos electrónicos.

La impresión en 3D transformará por completo la fabricación y el comercio tal como los conocemos y dará lugar a avances asombrosos en campos como la medicina o la construcción: Según Ray Kurzweil, inventor, científico informático pionero y actual director de ingeniería de Google, en 2025 las impresoras 3D imprimirán ropa y otros productos a muy bajo costo y habrá muchos diseños gratuitos de código abierto, pero aun así, la gente pagará por descargar los archivos de los últimos diseños de moda, al igual que hoy en día gastamos dinero en libros electrónicos y música y películas en formato digital.

La realidad virtual y la realidad aumentada cambiarán nuestra forma de comunicarnos: Kurzweil cree que pasaremos mucho tiempo en espacios de realidad virtual y aumentada. Podremos visitar a cualquier persona por muy lejos que se encuentre e incluso tocarla. También podremos crear avatares de personas, ya sean personas imaginarias creando toda una identidad nueva. Y, por supuesto, podremos visitarlos e interactuar con ellos en mundos virtuales. En general, resultarán convincentes pero no parecerán completamente reales hasta mediados de la década de 2030.

Los dispositivos móviles y la medicina predictiva y personalizada transformarán la atención sanitaria: Según Anne Lise Kjaer, fundadora de la agencia de predicción de tendencias con sede en Londres Kjaer Global, los avances en dispositivos móviles y aplicaciones (monitorización personal, bioretroalimentación y diagnósticos por móvil) revolucionarán el tratamiento de enfermedades crónicas como la diabetes o la hipertensión, dado que permitirán a los profesionales proporcionar una eficiente retroalimentación en tiempo real y desde cualquier sitio.

Las anteriores son solo predicciones desde perspectivas particulares de grandes científicos, pensadores y empresarios, estas no aseguran en ninguna forma su ocurrencia o no, sin embargo son ideas relevantes que nos permiten analizar las CT+I en un contexto futuro, y es también una oportunidad para finalmente preguntar al lector desde su realidad, su opinión y su visión:

¿Cuáles serán y como influirán los próximos avances en Ciencia, Tecnología e Innovación en el futuro de nuestra sociedad?



Imagen 1. Mi línea de Tiempo CT+I

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los avances en CT+I están marcando la visión y pauta del futuro de nuestra sociedad, lo cual es una oportunidad para cada uno de nosotros de construir futuro.

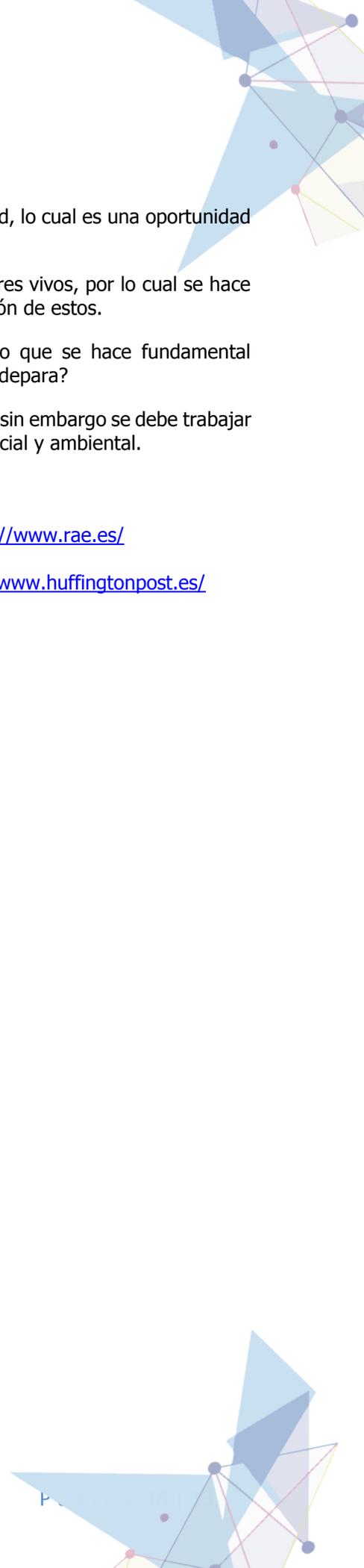
Los desarrollos y avances en CT+I determinan el estilo de vida y día a día de los seres vivos, por lo cual se hace fundamental determinar hasta qué punto es pertinente el desarrollo e implementación de estos.

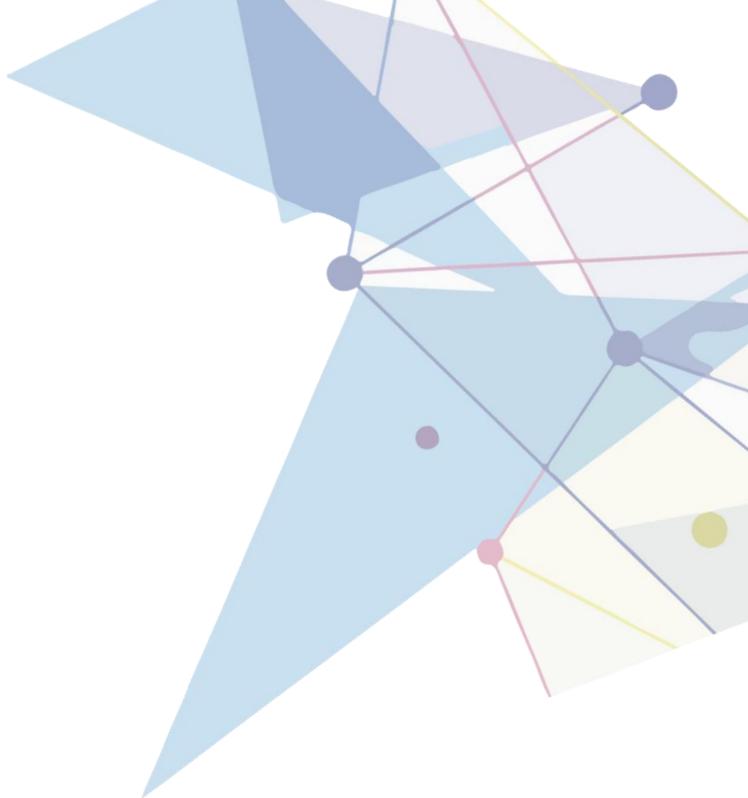
La brecha entre el ser humano y la Tecnología es cada vez más angosta, por lo que se hace fundamental reflexionar: ¿Dónde y cómo terminará la raza humana? , ¿Cuál es el futuro que nos depara?

Los avances en CT+I nos facilitan muchas acciones, trabajo y actividades cotidianas, sin embargo se debe trabajar fuertemente en el correcto uso de estos desde una perspectiva humana, cultural, social y ambiental.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. Consultado en <http://www.rae.es/>
- [2] Kurzweil, R. (2014). Don't Fear Artificial Intelligence. Time, 184(26/27), 28
- [3] Jacqueline Howard (2015). The Huffington Post [Online]. Consultado en: <http://www.huffingtonpost.es/>





## 4. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE INFORMACION Y GESTIÓN DE CONOCIMIENTO PARA EL DESARROLLO CURRICULAR EN EL SENA-CEET.

### **SONIA ELIZABETH CARDENAS**

Ingeniera en Redes de Computadores,  
Instructora, investigadora grupo GICS CEET SENA  
secardenas9@misena.edu.co

### **WILLIAM NAVARRO NUÑEZ**

Ingeniero en Redes de Computadores,  
Instructor, investigador grupo GICS CEET SENA  
williamnm2@misena.edu.co

### **RAUL BAREÑO GUTIERREZ**

MAGISTER EN TELEMATICA  
Instructor, investigador grupo GICS CEET SENA  
raulbare@misena.edu.co

### **FABIAN RODRIGUEZ LOPEZ. ESPECIALISTA EN BASES DE DATOS**

Ingeniero Electrónico  
Instructor, investigador grupo GICS CEET SENA  
fabianalejandro@misena.edu.co



## RESUMEN

El siglo XXI enmarca la gestión del conocimiento como un reto para las empresas y las organizaciones, entre ellas el SENA como entidad de educación que contribuye al desarrollo y la competitividad del país a través de la formación profesional integral, donde se identifica que con el impactante aumento de los datos e información producida también se incrementa la complejidad para la gestión del conocimiento institucional, así como las limitaciones en los actuales mecanismos de administración de este en diferentes escenarios, entre ellos específicamente el orientado al desarrollo curricular que concentra el conocimiento generado por los instructores y equipos misionales y soporta la formación de los programas educativos que se imparten.

A partir del análisis de algunos modelos y sistemas de Gestión de Conocimiento a nivel internacional y nacional en contextos educativos privados y públicos, se retoman elementos para diseñar un Sistema de Información y Gestión de Conocimiento SIGCEET que permite ser una herramienta para incrementar la efectividad de la administración de la información y el conocimiento generado a partir del desarrollo curricular, el sistema prototipo tiene como finalidad su implementación en el área de Teleinformática del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones, permitiendo su validación en cuanto a los beneficios y desventajas para dar alcance a las necesidades de recopilación, actualización y memoria institucional del conocimiento.

**PALABRAS CLAVE:** Modelo de Gestión de Conocimiento; TICs; Desarrollo Curricular; Sistemas de Información; Software.

## ABSTRACT

The XXI century part knowledge management as a challenge for companies and organizations, including the SENA education agency that contributes to the development and competitiveness of the country through comprehensive training, which is identified with the powerful increased data and information produced for managing the complexity of institutional knowledge, as well as limitations in the current mechanisms for managing this in different settings, including specifically oriented curriculum development that concentrates the knowledge generated by the instructors increases and mission equipment and support the formation of educational programs offered.

From the analysis of some models and knowledge management systems at international and national level in public and private educational settings, they are taken up some tools to design a prototype of the Information System and Knowledge Management SIGCEET intended as a tool to increase effective management of information and knowledge generated from the curriculum development, the system in its testing phase is implemented in the area of Teleinformática Center Electricity, Electronics and Telecommunications, allowing validation regarding the benefits and disadvantages to catch up with the needs of collection, updating knowledge and institutional memory of technological change and current institution

**KEYWORDS:** Knowledge Management Model; ICT; Curriculum Development; Information systems; Software.

## 1. INTRODUCCIÓN

La información es más que nunca una fuente de competitividad en la actual sociedad, con el masivo crecimiento del volumen de datos y su procesamiento, la generación de conocimiento a partir de esta información y su gestión es una fortaleza para los países más preparados para ello [1], logrando aprovechar el conocimiento desarrollado al interior de las entidades, así como el avance tecnológico para la generación de sistemas basados en software para la administración de conocimiento, cuya finalidad es soportar las estructuras organizativas y facilitar el flujo y memoria institucional [2].

Varias entidades educativas a nivel internacional, nacional e inclusive institucional han modelado e implementado sistemas de gestión de conocimiento en diferentes escenarios a nivel organizacional como es el caso de: el Centro de Servicios Avanzados de Cuba [3], la Dirección General de Investigación de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid [4], la Universidad de los Andes [5], la Universidad Nacional en Colombia, La universidad de Antioquia [6] , y en el marco institucional en el Centro de Desarrollo Agropecuario y Agroindustrial SENA Regional Boyacá [7] y el Centro Nacional Astin del Sena [8].

En Colombia el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, está encargado de invertir en el desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos [9] y no es ajeno a esta necesidad de gestionar su conocimiento en otros ámbitos, incluido el desarrollo curricular que es la columna que soporta la formación integral realizada en los ambientes de trabajo educativo, utilizando el valor más importante de la organización: las personas y el conocimiento que las mismas poseen y aportan a la entidad especialmente los instructores y equipos misionales quienes generan un conocimiento significativo a partir de su labor como formadores.

La entidad actualmente tiene implementados sistemas de información para diferentes componentes y busca en su modelo estratégico la gestión del conocimiento, que recibe desde el sector productivo y que produce al interior de la entidad para hacerlo visible, apropiarlo y transferirlo [10], alineado a este componente se identifica que en el Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones CEET de la regional Distrito Capital y seguramente en muchos otros centros de formación del país generan amplio conocimiento plasmado en los productos de desarrollo curricular como: guías de aprendizaje, instrumentos de evaluación y recursos didácticos entre otros [11] que no cuentan con una gestión apropiada de este conocimiento que permita su adecuada recopilación y socialización, según Nonaka [12], la información a la que están expuestos los individuos, puede considerarse como conocimiento potencial, este conocimiento potencial se transforma en conocimiento tácito cuando se combina la información dentro del contexto y experiencia de los humanos, que es lo que se vivencia por los instructores y equipos misionales de desarrollo curricular en sus acciones diarias de formación y generación de productos de conocimiento a su cargo en las funciones asociadas al desarrollo curricular.

Se abordó previamente como parte del proceso de construcción del sistema de información y gestión del conocimiento una verificación y ampliación bibliográfica donde se profundizó en diferentes autores reconocidos y expertos en la gestión del conocimiento como: Nonaka y Takeuchi, 1995 [12], Boisot 1998 [13] y Cobos 2003 [14]; a partir de los cuales se retomaron y aplicaron criterios y herramientas para el diseño del Sistema.

A partir de la investigación realizada y la implementación de un prototipo inicial el sistema de Gestión de conocimiento objeto del presente artículo se enfoca en contribuir para preservar y mantener actualizada la memoria institucional SENA y generar a partir de estos un activo de conocimiento en el procedimiento de desarrollo curricular que aporte para optimizar los procesos misionales de la entidad.

## 2. CONTENIDO

Los sistemas de gestión de conocimiento, vienen siendo implementados en escenarios académicos y corporativos y en contextos educativos, como es el caso de Cuba donde se diseñó un Sistema de Gestión de Conocimiento para el Centro de Estudios Avanzados para Analizar el estado de las Nanociencias y Nanotecnologías, [3] a nivel nacional en la Universidad de los Andes se diseñó un Sistema de Gestión de Conocimiento para las Bibliotecas Organizacionales [5], y en el marco institucional se desarrolló un Modelo de Gestión del Conocimiento Tecnológico en el Subsector de Plásticos para los Laboratorios de Polímeros del Centro Nacional Astin del SENA [8].

Identificado los sistemas de gestión de conocimiento como potenciales soluciones a las necesidades de procesamiento del mismo, se evidencia que la comunidad SENA como instructores, equipos misionales pedagógicos y de diseño curricular, generan de forma permanente productos de desarrollo curricular como: proyectos, guías de aprendizaje, material de apoyo a la formación, objetos virtuales de aprendizaje, entre otros que se procesan como se define en el procedimiento, ver Figura 1.

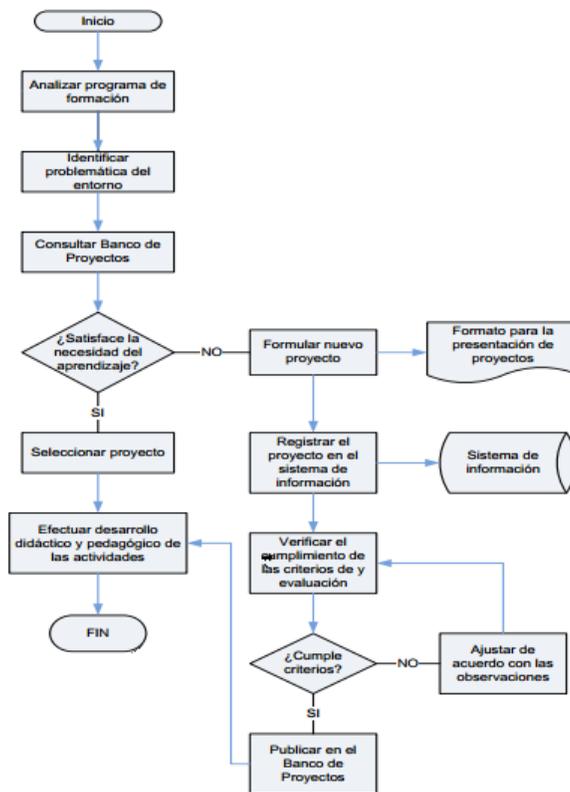


Figura 1. Procedimiento de desarrollo curricular Sena Fuente Sistema de Mejora Continua SENA.

Estos productos contienen un conjunto significativo de conocimiento que soporta la formación de la masa crítica de aprendices que a través de su educación y etapas productivas y laborales aportan significativamente a la producción tecnología de las industrias del país.

La definición del Sistema de Gestión es una solución que a través de una herramienta de software permite la gestión del conocimiento y ayudara a la entidad en la resolución de problemas y facilidad de toma de decisiones [15], soportado en tecnologías de la información para apoyar y mejorar los procesos organizativos de almacenamiento, recuperación, transferencia y aplicación [16] de la producción generada a partir del desarrollo curricular.

El desarrollo del sistema se realiza a partir de dos componentes fundamentales, el primero metodológico enfocado a la definición de la fundamentación del sistema a partir de la aplicación de un framework [17][18] ya existente para aprovechar el nivel de madurez de un marco ya validado en entidades similares a partir del cual se implemente y permita definir los diferentes requisitos del sistema. Como segundo componente se enfoca al desarrollo del sistema en si a partir de la programación de los diferentes requisitos de software, cumpliendo con una metodología de desarrollo tradicional.

La definición del Sistema de Gestión de conocimiento y la implementación del software pretenden facilitar la sistematización del conocimiento entre las entradas y las salidas brindando la posibilidad de compartir el conocimiento entre los diferentes actores y sus roles en la comunidad educativa proporcionando un escenario para identificar, transmitir, incorporar y actualizar el conocimiento generado a partir del desarrollo curricular, ver figura. 2.

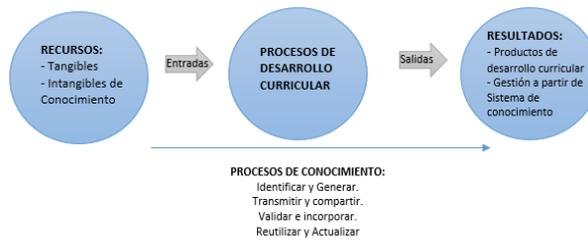


Figura 2. Procesos de Conocimiento.  
Fuente Elaboración Propia.

## 2.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Para la investigación se hace uso de la técnica de encuestas estableciendo como instrumentos las entrevistas semiestructuradas y cuestionarios que permiten la identificación del diferentes aspectos del estado de la gestión del conocimiento de desarrollo curricular de la muestra objetivo que corresponde a un área del Centro del Electricidad Electrónica y Telecomunicaciones, específicamente el área de Teleinformática con un aproximado de 50 instructores y 65 grupos de formación titulada. La definición de variables se clasifica de acuerdo a las 4 dimensiones definidas en los procesos de conocimiento y corresponden a identificarlo, transmitirlo, incorporarlo y actualizarlo.

## METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL SOFTWARE DE GESTIÓN DE CONOCIMIENTO

Se estableció una metodología tradicional Desarrollo de software basada en el análisis y diseño de sistemas [19] en la cual se involucran las fases de análisis, diseño, codificación, implementación y pruebas a partir de la cual se establece como lenguaje de desarrollo PHP [20], para lo cual se realiza el correspondiente levantamiento de información, análisis de requerimientos del cliente, diagramación, definición de módulos y proceso de desarrollo. El sistema es generado inicialmente como prototipo, ver figura 3 y una vez realizadas las correspondientes pruebas, se procederá a la fase de validación con respecto a las especificaciones definidas inicialmente, teniendo en cuenta que la gestión del conocimiento es multifacética e incorpora diferentes procesos relacionados entre sí [18], este debe ser a futuro objeto de actualización permanente.



Figura 2. Sistema SIGCEET.  
Fuente SIGCEET

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis de necesidades de gestión del conocimiento en el CEET y de la identificación de un conjunto de conocimiento que esta disgregado y a partir del cual hay reprocesos en su construcción y actualización por parte de los diferentes actores, se procedió a proporcionar un escenario de solución a partir de la validación de algunos modelos de sistemas de gestión de conocimiento existentes en el mercado para la implementación de un Sistema de Información y Gestión de Conocimiento en el Centro SIGCEET.

Se realiza la definición inicial de un prototipo del software que permite validar el aporte del mismo a la gestión de conocimiento de forma sistematizada, identificando este como un componente potencial para el soporte de la información, que permita dar respuesta a las necesidades inicialmente al área de Teleinformática del CEET.

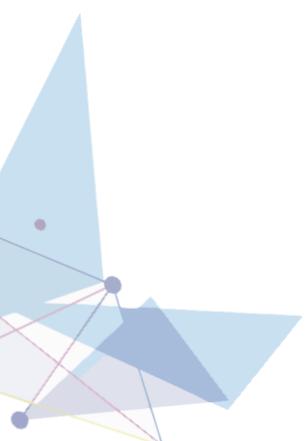
Este desarrollo permitirá a la entidad SENA CEET recolectar, transformar, actualizar y gestionar su conocimiento de forma oportuna, identificar sus ventajas y desventajas, permitiendo la retención del conocimiento, articulándose a otras herramientas que ya han sido implementadas en la entidad. A partir de este proceso inicial se puede involucrar una posible fase posterior que se orienta a la implementación con mayor alcance a nivel regional o nacional.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Oppenheimer, A. *Crear o Morir: La esperanza de América Latina y las cinco claves de la innovación*. Penguin Random House, 2014 Pp. 38-39. 2014.
- [2] Grau, A.. *Herramientas de gestión de conocimiento* 2003.
- [3] Aguilar J., Elias L., Martínez F. *Bases para el diseño de un Sistema de gestión de conocimiento en el Centro de Estudios avanzaos de Cuba*. 2014.
- [4] Campos, E. B., Ortega, P. M., Pomedá, J. R., de la Torre, M. A. L., Oliver, M. C., Mancilla, C. C., ... & Mártil, L. V.. *Gestión del Conocimiento en Universidades y Organismos públicos de Investigación*. 2003.
- [5] Viracacha M, *Diseño de un Sistema de gestión del conocimiento para el Sistema de bibliotecas de la Universidad de los Andes*. 2012.
- [6] Gaviria Velásquez, M. M., Mejía Correa, A. M., & Henao Henao, D. L.. *Gestión del conocimiento en los grupos de investigación de excelencia de la Universidad de Antioquia*. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 30(2), 2007.
- [7] Núñez Izquierdo, P. C., *Identificación y Propuesta de Mejoramiento de la Gestión del Conocimiento en el Centro de Desarrollo Agropecuario y Agroindustrial (Cedeagro) SENA Regional Boyacá*. 2010.
- [8] Solís Molina, M. A., *Modelo de gestión del conocimiento tecnológico en el subsector de plásticos para los laboratorios de polímeros del centro nacional Astin del SENA*. 2009.
- [9] Equipo Directivo Nacional, Parody G. *Informe de Gestión SENA*, Pp. 8 2013.
- [10] Equipo Directivo Nacional, Bernal, C, *Plan Estratégico SENA 2011–2014 con visión 2020, Sena de Clase Mundial*, Pp. 11. 2011.
- [11] *Modelo de Mejora Continua*, Servicio Nacional de Aprendizaje Sena, Procedimiento de desarrollo curricular, Versión 3 P08-6060-002 Pp. 1 2009..
- [12] Nonaka ,I Takeuchi H *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*.p. 58. 1995.
- [13] Boisot, M.. *Knowledge assets*. Oxford: Oxford University Press. 1998.
- [14] Cobos, R.; A. Esquivel, J.; Alamán, X. . *IT Tools for Knowledge Management: A study of the Current Situation*. 2002.
- [15] Schreiber, G., Akkermans, H., Anjewierden, A., de Hoog, R., Shadbolt, N., de Velde, W.V. and Wielinga, B. *"Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology"*, MIT Press, Massachusetts. 1999.
- [16] [26]. Alavi, M., & Leidner, D.. *Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues*. *MIS Quarterly*, 25(1), 2001.
- [17] HOLSAPPLE, C.; JOSHI, K. (1999): "Description and Analysis of Existing Knowledge Management Frameworks". *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences*.
- [18] Marin-García, J. A., & Zarate-Martínez, M.. *Propuesta de un modelo integrador entre la gestión del conocimiento y el trabajo en equipo*. 2008.
- [19] Senn, J. A. *Análisis y Diseño de sistemas*. Mc Graw Hill, México. 1996.

[17] Welling, L., & Thomson, L.. Desarrollo web con php y mysql php 5 y mysql 4.1 y 5:. Madrid, España: Anaya Multimedia. 2005.

[20]. Egbu, C., Botterill, K. and Bates, M. "The influence of Knowledge Management and intellectual capital on organizational innovations". Arcom Seventeenth Annual Conference, University of Salford.





## 5. IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DEL PROTOCOLO IPSEC EN REDES PRIVADAS VIRTUALES

### **SONIA ELIZABETH CARDENAS**

Ingeniera en Redes de Computadores,  
Instructora, investigadora grupo GICS CEET SENA  
secardenas9@misena.edu.co

### **WILLIAM NAVARRO NUÑEZ**

Ingeniero en Redes de Computadores,  
Instructor, investigador grupo GICS CEET SENA  
williamnm2@misena.edu.co

### **RAUL BAREÑO GUTIERREZ**

MAGISTER EN TELEMATICA  
Instructor, investigador grupo GICS CEET SENA  
raulbare@misena.edu.co

### **LUIS ENRIQUE GUERRERO CASTRO**

Aprendiz Gestión De Redes De Datos  
Semillero Grupo De Investigación GICS CEET SENA  
lecastro49@misena.edu.co

### **STEVEN BRUCE TOVAR GARZÓN**

Aprendiz Gestión De Redes De Datos  
Semillero Grupo De Investigación GICS CEET SENA  
sbtovar1@misena.edu.co

### **JOHAN CAMILO BALLESTEROS VARGAS**

Aprendiz Gestión De Redes De Datos  
Semillero Grupo De Investigación GICS CEET SENA  
jcballesteros2@misena.edu.co

## RESUMEN

Actualmente en el mundo de las comunicaciones y las nuevas tecnologías de la información requieren nuevas políticas de seguridad bajo estándares y protocolos que permitan asegurar que la información entre dos puntos se desarrolle de manera confiable y fidedigna, aplicando e implementando políticas y controles en cuanto al acceso físico o remoto a los datos compartidos, por ello es de vital importancia para los diferentes entornos públicos o privados que la información sea protegida y viaje de manera segura entre los diferentes dispositivos de interconexión, es común la alta tasa de ataques a los datos que pueden ser capturados, descifrados o manipulados por delincuentes informáticos, para la presente investigación basada en el protocolo de seguridad IP IPSec que se encuentra de activo de manera nativa para el nuevo protocolo de interconexión IPV6, que será la nueva manera de comunicación entre los equipos, independiente del servicio que se esté utilizando como WEB, FTP, SSH y demás servicios; las diversas pruebas realizadas se efectuaron con ataques de MITM DoS y DDoS, y se revisa el comportamiento del protocolo IPV6 bajo un entorno controlado que minimiza en un alto porcentaje las diferentes vulnerabilidades de su antecesor IPV4.

**PALABRAS CLAVE:** IPSec, IPv6, WEB, FTP, SSH, MITM, DoS, DDoS.

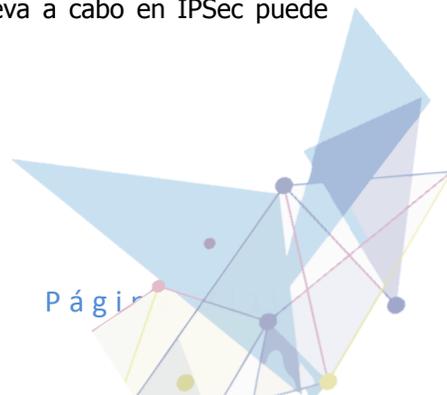
## ABSTRACT

Currently in the world of communications and new information technologies require new security policies on standards and protocols to ensure that information between two points to develop reliable and credible manner, applying and implementing policies and controls regarding access physical or remote shared data, so it is vital for the various public or private environments that information is protected and travel safely between different interconnection devices, it is common the high rate of attacks on data that can capture, decrypted or manipulated by computer criminals, for this investigation based on IP IPSec security protocol that is active natively for the new IPv6 protocol interface, which will be the new way of communication between the teams, independent the service being used as WEB, FTP, SSH and other services; various tests were performed with MITM attacks DoS and DDoS, and IPV6 protocol behavior under a controlled environment that minimizes a high percentage of the different vulnerabilities of its predecessor IPv4 is reviewed.

**KEYWORDS:** IPSec, IPv6, WEB, FTP, SSH, MITM, DoS, DDoS.

## 1. INTRODUCCIÓN

En seguridad de la información se busca siempre la protección de los datos y se mejoran las técnicas y procesos para el acceso a los datos por parte de usuarios internos o externos que utilizan servicios corporativos como WEB, FTP, SSH, [3][4][5] entre otros; así mismo aparecen atacantes que mejoran su técnicas de ataque intentando explotar las diversas vulnerabilidades en los diferentes sistemas operativos y servicios que permiten identificar, observar y vulnerar nuestras redes mediante la captura de tráfico, suplantación de información entre otros métodos, es función del área de tecnología mitigar estos sucesos e impedir que no se lleven a cabo, para proteger la infraestructura de la red requiriendo la implementación de políticas para el fortalecimiento de la seguridad y la integridad de la información mediante nuevas herramientas y protocolos como ipsec bajo IPV6 las cuales contienen algoritmos criptográficos que protegen la información que se envía y recibe en nuestra red, un método que nos permite proteger el tráfico de nuestra red es el diseño e implementación de las VPN [1][2] de pueden ser de manera local o remota que permitirá establecer una conexión mediante un canal inseguro pero de manera lógica creara un túnel virtual entre dos puntos que impide que su pueda ser descifrado a pesar que los paquetes sean capturados por un atacante estos no puedan descifrarse ya que se aplican diversos algoritmos dificultando la labor del delincuente informático, gracias al protocolo ESP [2][6][7] que se utiliza a partir del estándar de IPSec [3][8][9], lo hace muy modular permitiendo agregar distintos algoritmos sin afectar otras partes de la implementación desde el inicio de la conexión estos protocolos de seguridad encriptan la información inicial generada entre un cliente y un servidor o servicio explícito, el proceso que se lleva a cabo en IPSec puede orientarse mediante la Figura 1.



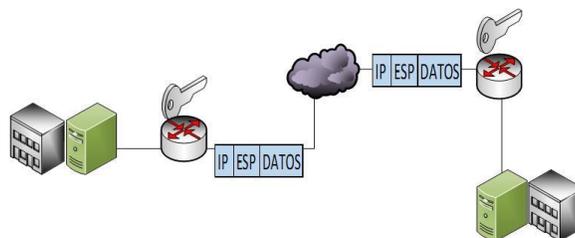


Fig. 1 Aplicación IPsec entre redes LAN Fuente: Autor

En cuanto a IPV6 [10] [11][12]es un nuevo estándar que permitirá la interconexión entre extremos sin importar el tipo de dispositivos finales como teléfonos móviles, tabletas, entre otros. Debido a necesidad de uso y su amplio rango de direcciones disponibles por el orden de los trillones que se pueden entregar se mide su comportamiento de acuerdo a IPSEC como protocolo de seguridad nativo de este nuevo estándar, implementado en modo túnel asegura la conexión externa protegiendo las direcciones IPv6 [13] de cada red que se enlaza remotamente mediante el recurso de la nube; permitiendo autenticación, integridad y confidencialidad base de cualquier política de seguridad.

## 2. CONTENIDO

El protocolo ESP[3][4][5] funciona en capa 3 del modelo OSI, y protege los protocolos de capa 4 previniendo la identificación y posible identificación de estos paquetes, en el estándar IPsec sobre la VPN con el respectivo protocolo funcionando sobre IPv6 [8] sin importar los distintos Sistemas operativos (véase Tabla 1) a partir de 2 redes LAN mediante Routers configurados con máquinas virtuales diseñadas e implementadas en Virtual box ello permite la rápida implementación e identificación de los equipos, y análisis de tráfico con la herramienta Wireshark.

Tabla 1. Equipo y software utilizado

Sistema operativo equipo red 1	Debian 7.7 Wheezy
Sistema operativo equipo red 2	Windows 8.1 Pro
Modelo e IOS Router 1	15
Modelo e IOS Router 2	15
Equipo en el cual se elabora la simulación	Lenovo L412
Sistema operativo equipo que se elabora la simulación	Windows 8.1
Simulador	GNS3

En la figura 2 se observa la topología en la cual se realizó el escenario controlado con las respectivas direcciones IPv6 de las redes LAN, adema se observa las direcciones del túnel, y es de anotar que se entregan a los computadores por DHCP mediante sus respectivos Routers.

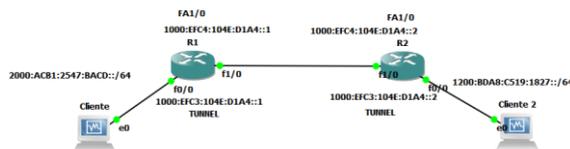
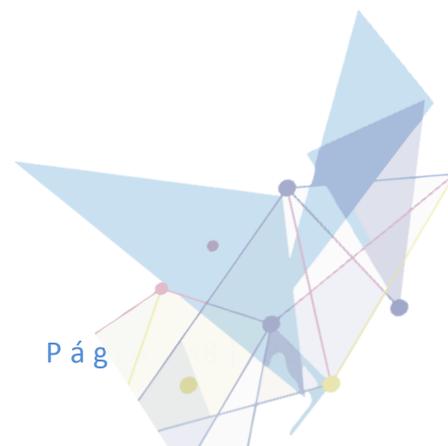


Fig. 2 Diseño Escenario Red Fuente: Autor



## 2.1. METODOLOGIA

Se realizó el procedimiento de instalar virtual box y la posterior creación de las máquinas virtuales en los sistemas operativos Windows 8.1 pro y Debian 7.7 Wheezy, en la maquina Debian se realiza la instalación de los servicios FTP, WEB y SSH. En cada uno de los Routers se configura con enrutamiento estático, pero entra las interfaces de salida sin conocer las direcciones IP de las redes LAN, se creó con el protocolo ISAKMP política 10

```
crypto isakmp policy 10
  encr 3des
  authentication pre-share
  group 2
crypto isakmp key ipsecvpn address ipv6 1000:EFC4:104E:D1A4::2/64
crypto isakmp profile 3des
  keyring default
  match identity address ipv6 1000:EFC4:104E:D1A4::2/64
!
!
crypto ipsec transform-set ipv6_tran esp-3des esp-sha-hmac
!
crypto ipsec profile ipv6_ipsec_pro
set transform-set ipv6_tran
```

véase (figura 3).

Fig. 3 IPsec Túnel Fuente: Autor

Se estableció ISAKMP con IPsec y su política, además se configuró la VPN, agregando el algoritmo de encriptación 3des, el grupo perteneciente en este caso 2, indicando las direcciones IPv6 de destino la llave pre compartida en este caso fue ipsecvpn en cada uno de los Routers, y se indica que el trafico será transportado con el protocolo ESP, se crea un perfil el cual aplicara los parámetros de ISAKMP, se procede a configurar la interfaz túnel la cual es requerida para llevar a cabo la comunicación véase (figura 4).

```
interface Tunnell
no ip address
ipv6 address 1000:EFC3:104E:D1A4::1/64
ipv6 enable
tunnel source 1000:EFC4:104E:D1A4::1
tunnel mode ipsec ipv6
tunnel destination 1000:EFC4:104E:D1A4::2
tunnel protection ipsec profile ipv6_ipsec_pro
```

Fig. 4 Interfaz túnel Router 1 Fuente: Autor

Se procedió a verificar los servicios previamente instalados en la máquina virtual Debian Wheezy 7.7 identificando su correcto funcionamiento y ejecutándose, se llevó a cabo una conexión al servicio web mediante Windows 8.1 con el servicio web instalado en Debian wheezy 7.7, se llevó a cabo la respectiva prueba mediante la cual accedíamos a un navegador web que en el caso fue Internet Explorer. El mismo procedimiento se llevó a cabo con el servicio FTP (Figura 5) se accedió desde el explorador de archivos en el equipo.

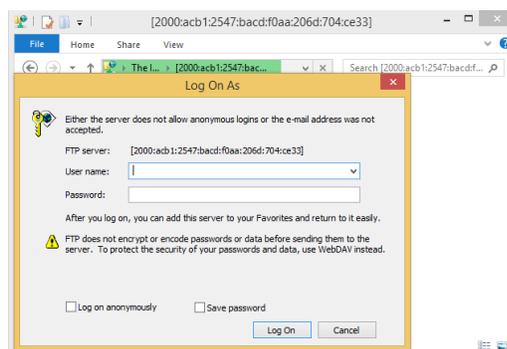


Fig. 5 Acceso FTP Windows 8.1 a Debian 7.7 Fuente: Autor

### 3. RESULTADOS

Durante las respectivas pruebas de conectividad entre los dos extremos interconectados, usando los servicios FTP, WEB y SSH, se pudo tomar revisar los diferentes entornos de seguridad del protocolo IPSEC y los criterios de autenticación, integridad y confidencialidad bajo diversos sistemas operativos ver tabla 2. Y sobre los diferentes router configurados bajo el mismo servicio sobre IPV6 Ver tabla 3

Tabla 2. Revisión de la seguridad en los servicios en IPV6.

Servicios	Server Windows 2008			Server Windows 2012 R2			Server linux Debian			Server Ubuntu		
	WEB	FTP	SSH	WEB	FTP	SSH	WEB	FTP	SSH	WEB	FTP	SSH
Soporta IPV6	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Parametros de configuracion	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Media
Soporta IPSec	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
VPN	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Autenticación clave compartida y certificado digital	RSA/DSA	RSA/DSA	RSA/DSA	RSA/DSA	RSA/DSA	RSA/DSA	RSA/DSA	RSA/DSA	RSA/DSA	RSA/DSA	RSA/DSA	RSA/DSA
Confidencialidad entre 56 y 128 bits	DES	DES	3DES	3DES	3DES	3DES	3DES/AES	3DES/AES	3DES/AES	3DES/AES	3DES/AES	3DES/AES
Integridad	MDS	MDS	MDS	MDS	MDS	MDS	MDS/SHA	MDS/SHA	MDS/SHA	MDS/SHA	MDS/SHA	MDS/SHA

Tabla 3. Revisión de la seguridad en los dispositivos configurados en IPV6.

servicios	Router 7200-1		Router 7200-2	
	ESP	DHCP	ESP	DHCP
IPV6	Si	Si	Si	Si
Dificultad de configuracion	Alta	Alta	Alta	Alta
IPSec	SI	SI	SI	SI
VPN	SI	SI	SI	SI
Algoritmos de encriptacion	3DES	3DES	3DES	3DES
integridad	SHA	SHA	SHA	SHA

En las tablas anteriores se observa la implementación y los servicios asociados en la red y protocolos que se utilizaron en la encriptación del túnel, los algoritmos manejados en los Routers y los servicios para identificar los algoritmos utilizados en el Túnel IPSec. También se observa los parámetros por los cuales se entablará la conexión túnel entre los Routers aplicando los algoritmos para la encriptación del canal de comunicación. A pesar que se consideren FTP y WEB como servicios no encriptados y que permiten la captura de los datos transmitidos, como viajan por la VPN los paquetes no son identificados ver Figura 6),

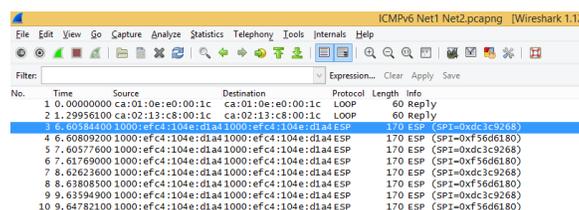


Fig. 6 ESP encripta FTP bajo IPSec. Fuente: Autor

Los aspectos a destacar relacionados a VPN con IPSec en IPV6 son la confiabilidad e integridad de la información, la protección de cada uno de los paquetes que se transmiten mediante la conexión, los servicios estén protegidos mediante IPSec imposibilitando la identificación de cada uno de los paquetes que se llevan a cabo mediante el intercambio de información entre el cliente y servidor, en cuestiones de la velocidad de la transmisión ya que la clave es pre compartida haciendo que instantáneamente se encripte y se descifren los paquetes enviados y recibidos en el túnel (Figura 7) las cuales no aparecen capturados de trafico como los protocolos FTP, WEB, SSH e ICMPv6, encriptado con ESP.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5	14.6909820	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	162	ESP (SPI=0xa76585a5)	
6	14.7104350	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	162	ESP (SPI=0xa76585a5)	
7	14.7232250	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	146	ESP (SPI=0xa76585a5)	
8	14.7233000	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	514	ESP (SPI=0xa76585a5)	
9	14.7427920	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	146	ESP (SPI=0xa76585a5)	
10	14.7430620	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	354	ESP (SPI=0xa76585a5)	
11	14.7554070	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	146	ESP (SPI=0xa76585a5)	
12	15.1504320	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	514	ESP (SPI=0xa76585a5)	
13	15.1709960	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	354	ESP (SPI=0xa76585a5)	
14	15.1864160	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	146	ESP (SPI=0xa76585a5)	
15	15.5254720	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	514	ESP (SPI=0xa76585a5)	
16	15.5399800	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	354	ESP (SPI=0xa76585a5)	
17	15.5570530	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	146	ESP (SPI=0xa76585a5)	
18	15.8778120	1000:efc4:104e:d1a4:1000:efc4:104e:d1a4	ESP	514	ESP (SPI=0xa76585a5)	

Fig. 7 ESP encripta SSH bajo IPsec. Fuente: Autor

-De acuerdo a lo anterior se confirmó que no se observa los protocolos que solicitamos como HTTP, SSH, ICMPv6 y FTP que usualmente deben ser capturados por la herramienta, además basados en las pruebas que se realizaron previamente todas las solicitudes que se requerían se llevaron a cabo mediante ESP al momento de revisar el contenido del datagrama se identificó no haber dejado rastro relacionado al contenido original del datagrama véase (Figura 8).

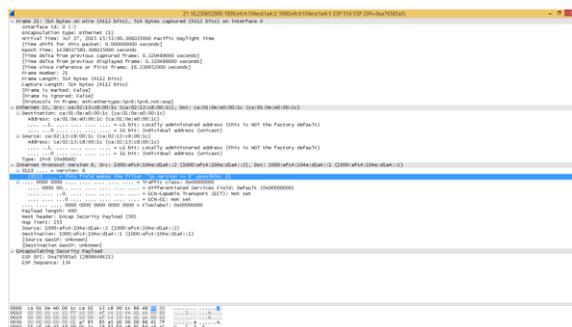


Fig. 8 Paquete ESP. Fuente: Autor

#### 4. CONCLUSION

Hoy IPsec es un estándar de seguridad que protege mediante una VPN la transmisión segura de los datos entre dos hosts, entre los aspectos se destacan la privacidad del canal por el cual se realiza la comunicación de manera confiable y cifrada mediante los protocolos ESP y AH lo que impide para que un atacante no pueda descifrarlos, además asegura las sesiones del servicio SSH durante el acceso local o remoto a los datos o equipos, también los servicios HTTP y FTP se cifran con algoritmos fuertes como 3des-CBC, con resultados efectivos, y a pesar que se efectuaron los diversos ataques de hombre en el medio y denegación de servicio no son efectivos debido a las ventajas del túnel o VPN sobre canales confiables y seguros finalmente los diferentes mecanismos de configuración de los dispositivos activos garantizan más criterios de autenticación, confidencialidad e integridad base de la seguridad en cualquier sistema que desee interconectar dos puntos mediante internet destacando que mientras se utilice IPsec bajo IPV6 la información es segura y se mitigan en un alto porcentaje las vulnerabilidades del protocolo IPV4; por ello esta investigación la cual recomienda implementar IPsec para mejorar la seguridad a la hora de transmitir datos sin importar si los entornos son públicos o privados

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Pscheidt, Herbert Leitold-Reinhard Posch Markus. "Policy-Oriented Layered Security." Kommunikationssicherheit im Zeichen des Internet: Grundlagen, Strategien, Realisierungen, Anwendungen (2013): 89.
- [2] Arkko, Jari, Vijay Devarapalli, and Francis Dupont. "Using IPsec to protect mobile IPv6 signaling between mobile nodes and home agents." (2004).
- [3] Doraswamy, Naganand, and Dan Harkins. IPsec: the new security standard for the Internet, intranets, and virtual private networks. Prentice Hall Professional, 2003.
- [4] Huttunen, Ari, et al. UDP encapsulation of IPsec ESP packets. No. RFC 3948. 2004.
- [5] Davis, Carlton R. IPsec: Securing VPNs. McGraw-Hill Professional, 2001.

- [6] Devarapalli, Vijay, and Francis Dupont. "Mobile IPv6 operation with IKEv2 and the revised IPsec architecture." (2007).
- [7] Johnson, David, Charles Perkins, and Jari Arkko. Mobility support in IPv6. No. RFC 3775. 2004.
- [8] Huitema, Christian. IPv6: the new Internet protocol. Prentice Hall PTR, 1996.
- [9] Perkins, Charles, David Johnson, and Jari Arkko. Mobility support in IPv6. No. RFC 6275. 2011.
- [10] Conta, Alex. "Generic packet tunneling in IPv6 specification." (1998).
- [11] Callegati, Franco, Walter Cerroni, and Marco Ramilli. "Man-in-the-Middle Attack to the HTTPS Protocol." IEEE Security & Privacy 1 (2009): 78-81.
- [12] Sánchez Rojo, Eduardo. "PC Práctico. Servidor FTP. FTP de alto rendimiento. Nos detenemos a probar el servidor de ficheros más seguro." PC Actual. Personal computer 200: 173-174.
- [13] Murillo Trejo, José Emmanuel. "Metología de Contingencia en Servidores DNS, DHCP, WEB, Correo y FTP en Sistemas Operativos UNIX y LINUX." (2012).
- [14] Stallings, William. Fundamentos de seguridad en redes: aplicaciones y estándares. Pearson Educación, 2004.





## 6. SMART CITY EN COLOMBIA

### **CAROLINA MELO OSORIO**

Estudiante Ingeniería de Sistemas  
Universidad Manuela Beltrán  
carito0895@hotmail.com

### **NELSON AUGUSTO FORERO PÁEZ.**

Ingeniero de Sistemas, Magister en Educación  
Docente coordinador Semillero de Ingeniería PHI,  
Universidad Manuela Beltrán  
nelson.forero@docentes.umb.edu.co

### **NIXON DUARTE ACOSTA**

Ingeniero de Sistemas, Magister en Ingeniería  
Docente Investigador, Universidad Manuela Beltrán  
nixon.duarte@docentes.umb.edu.co

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación han venido desempeñando un papel importante a la hora de solucionar problemas en las grandes ciudades, creando nuevos modelos de ciudad y nuevos estilos de vida donde se involucran de diferentes maneras los ciudadanos.

Este nuevo modelo de ciudad se basa en tres conceptos fundamentales: tecnología, sostenibilidad e innovación, la cual es una apuesta para mejorar la habitabilidad y sostenibilidad de grandes ciudades apoyándose en un modelo de gestión eficiente y sostenible mediante el aprovechamiento directo de grandes volúmenes de información que genera al estar interconectada simultáneamente, permitiendo así crear nuevas oportunidades de negocio que sean amigables con el medio ambiente y adaptadas a las necesidades de la sociedad actual del conocimiento y la información.

Para comprender la importancia de las Smart City, se definen diferentes términos que están directamente relacionados con el tema investigación de una manera sencilla y clara para el lector y posteriormente se muestra que proyectos de ciudades inteligentes existen, su impacto en la sociedad y los alcances logrados tanto a nivel Nacional como internacional.

**PALABRAS CLAVE:** Internet de las personas, Internet de las cosas, Internet de Servicios, Smart City, Sostenibilidad social y económica, TIC, Web de datos.

### ABSTRACT

The information and communications technology have been playing an important role in solving problems in large cities creating new models of city and new lifestyles affect society in different ways.

This new city model is based on three fundamental concepts: technology, sustainability and innovation, which is a commitment to improve the livability and sustainability of large cities relying on a model of efficient and sustainable management through the direct use of large volumes of information It generated by continually interconnected, allowing you to create new business opportunities quite friendly to the environment and adapted to the needs.

To understand the importance of Smart City, different terms that are directly related to the research topic in a simple and clear to the reader and then shows that smart cities projects exist, their impact on society and the scope defined made.

**KEYWORDS:** Internet people, Internet of things, Internet Services, Smart City, social and economic sustainability, TIC, Web data.

## 1. INTRODUCCIÓN

Debido al enorme aumento de la población, muchas personas del mundo que viven en pueblos están migrando a las grandes ciudades (Sen, Dutt, Shah, Agarwal y Nath. 2012), a fin de encontrar nuevas oportunidades tanto laborales como personales. Se estima que más de la mitad de la población mundial es ahora urbana y las proyecciones estiman que este porcentaje puede crecer hasta un 70% para el año 2050 (United Nations y World Urbanization Prospects, 2008).

Como consecuencia de este crecimiento de población no planeado y desproporcionado se han generado diversos problemas afectando, el desarrollo sostenible y la calidad de vida de las personas, tanto en residentes locales como de la misma población migrante. Por ejemplo; en la Unión Europea, en el cual las zonas urbanas que concentran el 80% de la producción económica, aumentó entre el 60 y el 80% del consumo de energía, y aproximadamente el 75% de las emisiones de CO<sub>2</sub> (Unión Europea) (He, Stojmenovic, Liu y Gu, 2014).

Para solucionar parte de este problema, se están implementando en las grandes ciudades las TIC como medio que le permita a la sociedad actual mejorar de manera importante su calidad de vida y la de sus habitantes tanto en la zona urbana como en la zona rural. Permitted consolidarla como la mejor opción para solucionar inteligentemente estas problemáticas.

Es por ello que en el presente artículo se desea dar a conocer el estado actual en Colombia frente a la implementación del uso de las TIC y que tecnologías implementan las grandes ciudades para que estas puedan ser consideradas como una ciudad inteligente o Smart city.

## 2. CONTENIDO

### I. SMART CITY

Una ciudad inteligente utiliza la tecnología, los sistemas de red e infraestructura para mejorar la eficiencia económica y política, fomentando la regeneración del medio ambiente (Sen, Dutt, Shah, Agarwal y Nath. 2012). De esta manera se logra que las Smart City basen sus fuentes de conocimiento en la conectividad obtenida a través de una infraestructura de red (Florida, 2002; Hollands, 2008) desempeñando un papel importante en el crecimiento urbano (Glaeser, 2005; Droege, 1997).

Una ciudad inteligente recibe e integra el conocimiento de la Internet de las Cosas (IoT), la Internet de los Servicios (IoS) y el Internet de las Personas (PIO) para tomar decisiones optimas que den solución a los diversos problemas de las Smart City (Hernández, Vercher, Muñoz, Galache, Presser, Gómez y Pettersson, 2011; International Telecommunication Union, The Internet of Things, ITU Internet Report, 2005).

### II. INTERNET DE LAS COSAS (IOT)

La internet ha venido marcando muchos aspectos importantes de la vida como la educación, la investigación, la enseñanza y la comunicación (Malik, Jai Vyas, Singh, y Laller, 2014).

Convirtiéndose en un universo multidimensional que comprende al menos cuatro mundos prominentes en las Smart City: Internet de las Personas, la Web de Datos, Internet de servicios y el Internet de las Cosas.

Una Ciudad Inteligente se centra principalmente en la incorporación de sensores en puntos clave de la ciudad, con el fin de medir distintos parámetros que arrojen información, que servirá para tomar decisiones inteligentes, dando vida así a la Internet de las Cosas a través de Internet (Qiu y Sha, 2009; Asin, 2011).

### III. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

La Movilidad Inteligente se define básicamente como la disponibilidad que tiene la infraestructura de las TIC para hacer sostenible, seguro e innovador los mecanismos de transporte (Batagan, 2011; Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013). Las aplicaciones de las TIC destinadas a la gestión del transporte y el tráfico reciben el nombre de Sistema de Transporte Inteligente (Alkandari, Abdulrahman y Alshaikhli, 2012; Weiland, Richard y Baughman, 2000; Dimitrakopoulos, George y Demestichas, 2010).

Cada ciudad tiene sus propias características, por lo tanto, una estrategia que es adecuada para una ciudad no siempre funciona adecuadamente para el resto las demás ciudades (Taurion, 2012).

### IV. MANEJO INTELIGENTE DE LA ENERGÍA

Dentro de este Sistema Urbano Inteligente (SUS) existe una red que almacena el estado energético actual de la ciudad, con la que los dispositivos pueden regular eficazmente los niveles de consumo de energía en función del análisis realizado por los centros de datos del SUS (Sen, Dutt, Shah, Agarwal y Nath. 2012).

Si las ciudades inteligentes utilizan el poder de las redes eléctricas inteligentes, entonces todo el consumo de energía de la ciudad se puede ajustar a la fuente de alimentación de manera que no se produzcan cortes de energía (Amin y Wollenberg, 2005).

### V. CULTURA Y SOSTENIBILIDAD DEL MEDIO AMBIENTE

Una ciudad como cualquier otro organismo, evoluciona y cambia con el tiempo, bajo la presión de muchas fuerzas; (Girard, 2013) con la posibilidad de causar desordenes que afecten el desarrollo sostenible y ambiental. En vista de esto, se requieren nuevas herramientas, métodos y enfoques para la planificación y gestión de nuevos sistemas

urbanos que logren fomentar la creatividad, la capacidad de recuperación y la sostenibilidad de una ciudad (Girard, 2013); así mismo lo afirma Edward Glaeser, quien sostiene que las ciudades deben ofrecer a sus habitantes una mejor calidad de vida, en la medida de que sus ciudadanos sean respetuosos con el medio ambiente.

El principal objetivo que se pretende a la hora de conformar una ciudad inteligente, es el de poder alcanzar y promover un desarrollo sostenible aprovechando las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) con el propósito de suministrar energía de una forma eficaz, logrando aumentar la eficiencia, reducir los costos, mejorar la calidad de vida y permitir traer grandes beneficios a la población (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

Según estudios (Anthopoulos y Fitsilis, 2010; Begawan y Darussalam, 2010; Bourdeau y Kolarova, 2008; Giffinger, Ferner, Kramar, Kalasek, Pichler-Milanovic, Meijers, no encontré año). Una Smart City invierte gran parte de sus esfuerzos en modelos que sean capaces de mejorar la calidad de vida y el crecimiento interdisciplinar de sus ciudadanos, mientras se optimizan los recursos sosteniblemente (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013), logrando garantizar el uso seguro y renovable del patrimonio natural (Caragliu, Bo y Nijkamp, 2009; The California Institute for Smart Communities, 2001; Steventon y Wright, 2006; Batagan, 2011). Así mismos estos sistemas deben permitir que los servicios públicos sean más eficientes e interactivos con los ciudadanos (Sáinz, 2011).

## VI. BIG DATA

La ciudad se vuelve más inteligente si se aplica modelos y algoritmos de análisis sobre los datos brutos recogidos por los sensores, mejorando significativamente el proceso de toma de decisiones en la gestión pública (Taurion, 2012; Naphade, Banavar, Harrison, Paraszczak y Morris, 2011; Sen, Dutt, Shah, Agarwal y Nath, 2012).

Un elemento esencial para el desarrollo de las Smart City es el desarrollo de las redes digitales, con las cuales se podrá obtener e intercambiar una gran cantidad de datos e información de una manera más óptima. De hecho, la propagación de estas redes digitales, permitirá que las ciudades sean más habitables, ya que nos proporcionarán un conocimiento más amplio en un tiempo más corto de los factores ambientales y sociales con respecto a las ciudades. (Angiello, Carpentieri,

Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

Los dispositivos digitales conectados a través de Internet, están produciendo una gran cantidad de datos, y toda esta información se puede convertir en conocimiento con la que podemos mejorar la eficacia, la productividad y la calidad de diferentes productos y servicios, al tiempo que se reducen costos y servicios (Batagan, 2011).

## VII. EDUCACIÓN INTELIGENTE E INTELIGENCIA COLECTIVA

Un elemento común de las Smart City debe ser el virtuosismo entre el medio ambiente y la participación de la comunidad (Moraci y Fazio, 2013), ya que la participación de sus ciudadanos es primordial para construir nuevas herramientas y sistemas que den solución a los problemas de sostenibilidad económica, social y ambiental encontrados (Branchi, Fernandez y Matias, 2013; Nath, Reynolds y Want, 2006), de una manera más eficiente e inteligente (Schaffers, Komninos, Pallot, Trousse, Nilsson y Oliveira, 2011; European Commission, Advancing and Applying Living Lab Methodologies, 2010; Calabrese, Kloeckl y Ratti, 2007; Schaffers, Komninos y Pallot, 2012). Llegando a la conclusión de que sin ciudadanos consientes de las problemáticas actuales, las ciudades inteligentes no se podrán construir (Sen, Dutt, Shah, Agarwal y Nath, 2012). De hecho, el éxito de todo este paradigma de sistemas inteligentes se basa en saber si las personas están dispuestas a aceptar un mundo urbanizado de ciudades inteligentes como una respuesta de las diferentes problemáticas (Sen, Dutt, Shah, Agarwal y Nath, 2012).

Una ciudad inteligente es un lugar que debe estar preparado para el cambio, pues la evolución constante en las ciudades implica que se debe estar listos para usar nuevas herramientas (Batagan, 2012). Teniendo en cuenta que en una Smart City las TIC juegan un papel importante para satisfacer las necesidades de sus habitantes (Pérez, Morcillo Y Borrero, 2012).



La cultura de la ciudad se refleja en las formas de vivir y en la forma de pensar de todos los agentes de la ciudad (Zeleny, 2005). Y para que esta cultura vaya a favor de una mejor calidad de vida es importante capacitar a las personas sobre el tema de las Smart City (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013). Algo que va a favor de todo este auge de las Smart City, es que cada vez más personas están aprendiendo a utilizar ordenadores, lo que hace que los ciudadanos empiecen a tener un mayor contacto en cuanto a lo que se encuentra relacionado con tecnología y así mismo sean más participes en lo que concierne a las Smart cities. (Sen, Dutt, Shah, Agarwal y Nath. 2012) (Hancke, Carvalho, Silva y Hancke, 2013).

La educación Inteligente es descrita como la acertada inversión en: los sistemas de educación, la educación de los ciudadanos, la afinidad con el aprendizaje permanente, las correctas instalaciones educativas, buenas interacciones sociales con respecto a la vida pública, la investigación y la inversión en innovación y creatividad (Batagan, 2011).

Es así como en la sociedad en red en la que vivimos hoy en día, el concepto de inteligencia colectiva empieza a surgir (Castells 2011). Las aplicaciones de Internet y la web 2.0 nos permiten pensar colectivamente como un cerebro global (Hoegg, Martignoni, Meckel y Stanoevska-Slabeva, 2006).

A través de la interacción social, el conocimiento individual es compartido, corregido, abierto, procesado, enriquecido y evaluado; este proceso ha sido denominado inteligencia colectiva por Pierre Levy, y se refiere a las decisiones inteligentes que se hacen cuando los individuos están en la capacidad de compartir y combinar sus conocimientos (Lévy, 1994; Murugesan, 2007) para producir resultados sinérgicos (Noubel, 2004).

La combinación de "la innovación de concepto abierto de la contratación externa" con el concepto de "sabiduría de las multitudes" conduce al llamado proceso de crowdsourcing, un término utilizado por primera vez por (Howe, 2006), el cual describe el crowdsourcing como el fenómeno en el que la gente común utilizan su tiempo libre para ayudar a resolver problemas.

## VIII. GOBERNABILIDAD Y GOBERNANZA

La Gobernabilidad tecnológica hace un argumento a favor de un proceso más participativo en el que el ciudadano es quien decide sobre las opciones tecnológicas, para que las tecnologías sean más compatibles con los principios democráticos (Zimmerman, 1995).

Una Smart City es una ciudad que le da importancia a la gestión transparente y operativa de los servicios públicos (Coe, Paquet y Roy, 2001). Pues es necesario reconocer la importancia que tiene la transparencia y la participación en la toma de decisiones tecnológicas por parte de entidades públicas (Walravens, 2012; Batagan, 2011). Muchas ciudades en el mundo, ya han asumido el reto de convertirse en ciudades inteligentes y están trabajando conjuntamente, compartiendo información y obteniendo mejores prácticas (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

La gobernanza de tecnología es el uso correcto de datos abiertos, el cual permite que la información del gobierno esté disponible para los ciudadanos a través de las TIC, ya que la buena gobernanza, se refiere también a la utilización de nuevos canales de comunicación para los ciudadanos (Dirks y Keeling 2009). Hay cinco principios importantes relacionados con un gobierno abierto que logre dar acceso a la información a través de tecnologías digitales y las TIC, estos son: el acceso, el proceso, la conciencia, la comunicación y la participación (Okot-Uma, 2001).

## 3. RESULTADOS

A continuación se presentan los esfuerzos realizados por las organizaciones Europeas con el fin de promover el desarrollo y la implementación de las Smart Cities, así mismo se resaltan los avances y logros más importantes y significativos alcanzados en las grandes ciudades del mundo, en las cuales han utilizado la tecnología al servicio de la sociedad y por último los logros alcanzados en las grandes ciudades en nuestro país.

### 3.1. ESFUERZOS REALIZADOS POR LAS ORGANIZACIONES EUROPEAS PARA PROMOVER EL DESARROLLO DE LAS SMART CITIES

El concepto de ciudad inteligente ha ganado mucha atención y el impulso de la Unión Europea, con varios proyectos que se han venido estableciendo en casi todas las ciudades de Europa en los últimos años (Paskaleva, 2011). En particular, el modelo de ciudad inteligente que se propone en Europa, con la aplicación de estos proyectos, es el de una ciudad que estará equipada con las TIC para poder maximizar la eficiencia, garantizando una mayor competitividad y reduciendo el uso de los recursos naturales.(Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

Por ejemplo, el Plan Estratégico de las Tecnologías Energéticas de Europa (Plan SET) asegura que las Smart Citydeben estar en la capacidad de lograr reducir un 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2020, a través del uso y la producción de energía de fuentes renovables (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

La Unión Europea también está interesada en el apoyo del desarrollo de las ciudades medianas, a través de la clasificación de 70 ciudades europeas, con las que aspira a impulsar la competencia y, por tanto, ayudar a optimizar la organización interna y las prácticas de asignación de recursos de las ciudades (Giffinger, Fertner, Kramar, Kalasek, Pichler-Milanovic N y Meijers, 2007).

Asociaciones y comunidades inteligentes de la Comisión Europea 2012 se encargan de asociar diferentes sectores. Un ejemplo de esto, es la SCC (<http://www.scc.com/>) quien ha asociado los sectores de la energía, el transporte, la información y la comunicación con el objetivo de catalizar el progreso en las zonas donde la producción de energía, la distribución del uso, la movilidad, el transporte y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) están íntimamente ligados para ofrecer nuevas oportunidades interdisciplinarias y de esta forma mejorar los servicios al tiempo que reduce la energía, el consumo de recursos y de gas de efecto invernadero (GEI) y otras emisiones contaminantes (He, Stojmenovic, Liu y Gu, 2014).

### 3.2. LOGROS ALCANZADOS EN LAS CIUDADES MÁS GRANDES DEL MUNDO

Amsterdam (Países Bajos): En 2009 se ha fundado The Amsterdam Smart City, una ambiciosa estrategia destinada a impulsar el crecimiento económico sostenible fomentando una mejor calidad de vida, en combinación con un uso eficiente de los recursos naturales. Hoy en día el proyecto involucra a más de 70 socios diferentes, y Amsterdam se ha logrado consolidar como una ciudad inteligente (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013). Así mismo se han venido desarrollando tecnologías que se centran en la reducción de CO2 (He, Stojmenovic, Liu y Gu, 2014).

Barcelona (España): El concepto de Smart City fue utilizado como una herramienta estratégica utilizada para poner en marcha el uso de los datos abiertos, el servicio de innovación y el capital humano (Batagan, 2012).

Caguas ciudad (Puerto Rico): Es una de las ciudades más avanzadas en Puerto Rico, en términos de aplicaciones tecnológicas y su uso para dar a los ciudadanos un mejor servicio y para ayudarles a ser más conscientes de los beneficios de convertirse en una sociedad del conocimiento (Lopez y Márquez, 2010).

Ciudad del Cabo (Sudáfrica): En asociación con todos sus pueblos se comprometen a luchar contra el crimen, combatir el VIH/SIDA, promover la creación de empleo a través de un enfoque especial y estratégico en el turismo y proporcionando servicios básicos gratuitos (Lopez y Márquez, 2010).

Curitiba (Brasil): Entre sus objetivos está el de mejorar aspectos como la movilidad, el medio ambiente, la salud pública y los servicios públicos (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013). Conforme a esto, inicialmente se empezaron a implementar 60 autobuses que generan hasta un 35 % menos de consumo de combustible; se desarrollaron estaciones accesibles para minusválidos en donde las estaciones de metro hay plataformas paralelas al piso del autobús. Desde el 2010 se empezó a implementar el sistema de pago automáticos sin contacto, basados en tecnologías RFID que les permiten comprar boletos por medio de su teléfono móvil (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

Gante (Belgica): En abril de 2011, la administración de Gent, en asociación con las empresas de las Tecnologías de la Información, lanzó la plataforma de crowdsourcing "Mi idea digital para Gante". El proyecto ha sido concebido como una plataforma web 2.0 donde se les preguntaba a los usuarios "¿Cómo pueden las TIC hacer para que en Gante sea aún más agradable vivir?" es así como muchos ciudadanos, empresas y organizaciones han subido sus proyectos, votado y comentado sobre las propuestas presentadas por otros usuarios (He, Stojmenovic, Liu y Gu, 2014). Entre sus objetivos está el fomentar la participación de los ciudadanos en la realización de proyectos innovadores para el desarrollo digital de la ciudad y de las políticas verdes para la reducción de las emisiones urbanas (entorno inteligente), apoyándose en la movilidad inteligente y la seguridad urbana (He, Stojmenovic, Liu y Gu, 2014).

Helsinki (Finlandia): La ciudad de Helsinki se ha centrado mucho en la parte de la tecnología y las aplicaciones móviles e inalámbricas (Batagan, 2012). Entre sus objetivos está el de mejorar en la movilidad, el medio ambiente, la salud pública y otros servicios públicos (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

Lisboa (Portugal): Aspira a convertirse en un centro internacional para las empresas, a escala mundial, tomando como eje central el puente de Lisboa representado entre Europa, África y América (Batagan, 2012).

Manchester (Inglaterra): Su misión está enfocada en utilizar tecnologías modernas para promover la participación de la comunidad y la creación de capacidades del capital social (Batagan, 2012).

Masdar City (Emiratos Árabes Unidos): La creación de una nueva ciudad basada exclusivamente en fuentes de energía renovables y con las tecnologías más recientes se considera un reto importante en el plan estratégico de Abu Dhabi Economic Vision 2030 (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

Se le ha dado un papel de gran importancia a las nuevas tecnologías. Estas tecnologías han sido aplicadas en una variedad de proyectos, divididos en cuatro áreas principales: gestión de la energía, gestión del agua, gestión de la cadena de transporte y de suministro, gestión de residuos (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

La ciudad también tiene como objetivo reducir el consumo de agua en un 40 % (en comparación con el de una ciudad tradicional), y para alcanzar este objetivo se utiliza una amplia gama de tecnologías y sistemas de reducción de uso de agua (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

Monterrey (México): Sus objetivos van enfocados a la remodelación urbana y aumentar la competitividad urbana conforme se mejora la calidad de vida (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

Nueva Delhi (India): Posee el sistema más grande de educación en el mundo, los colegios de ingeniería son controlados principalmente por el AICTE (Paul, 2014).

Nueva Songdo (Corea del Sur): Utilizar la computación ubicua en la ciudad es su primer objetivo (Batagan, 2012)

Nueva York City (Nueva York EEUU): El Proyecto Manhattan es un modelo que se ha venido implementando en la ciudad de Nueva York, y que promueve la innovación urbana, la gestión urbana, el mejoramiento de la calidad de vida y el nuevo desarrollo industrial (Shin, 2009; Kwon y Kim, 2007)

Osaka (Japón): Su prioridad se ha basado en utilizar sistemas de información distribuidos por diferentes partes del área de la ciudad (Batagan, 2012). También se han venido utilizando sistemas de información interconectados y soluciones TIC ubicuas en la ciudad (Bourdeau y Kolarova, 2008).

Oulu (Finlandia): En los últimos años Oulu se ha venido convirtiendo en una ciudad innovadora y apunta a convertirse en la ciudad más desarrollada de Finlandia y el norte de Europa (Batagan, 2012). Conforme a esto ha venido implementado un IBU (Programa de Interacción Urbana) coordinado con la Universidad de Oulu con el que se permite interactuar entre los ciudadanos y el gobierno (Batagan, 2012).

Paredes (Portugal): Cuenta con un creciente número de espacios públicos con conexión inalámbrica y una marcada sensibilidad de sus ciudadanos a la innovación y la sostenibilidad (He, Stojmenovic, Liu y Gu, 2014). En 2015, se convertirá en el primer centro urbano del mundo completamente conectado a una red de cien millones de sensores sujetos a un sistema de control inteligente que le permitirá volver a planificar el desarrollo y la competitividad de



manera absolutamente nueva, estos sensores permitirán llevar la información sobre el funcionamiento de todos los servicios urbanos en línea con el fin de mejorar la gestión de los diferentes sectores de la administración municipal y el desarrollo de nuevos servicios nuevos (He, Stojmenovic, Liu y Gu, 2014).

Portland (Oregón EEUU): Sus objetivos van enfocados, principalmente, en mejorar los sistemas de movilidad, hacer más sostenible el medio ambiente y mejorar la salud pública (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

Rumania: La mayoría de ciudades en Rumania todavía se encuentran en el proceso para convertirse en Smart City (Batagan, 2012). Entre 2006 y 2010 el acceso a Internet en Rumania se triplicó, pero sigue siendo uno de los más bajos de los países de la Unión Europea con el 42% de los hogares que tienen acceso a una conexión a Internet, mientras que sólo el 23% tiene acceso a la banda ancha en 2010, el más bajo de la UE (Internet access, 2010).

Reikiavik (Islandia): Desarrolla procesos de investigación y de innovación, y entre sus objetivos principales está el de poder generar energía renovable (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

Tallín (Estonia): Su misión está enfocada en remodelar urbanamente la ciudad para aumentar la competitividad urbana y mejorar la calidad de vida (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

Corea del Sur: Está promoviendo el desarrollo de una arquitectura estándar a través de una plataforma de software que gestionará los servicios que integra la computación ubicua y las tecnologías verdes (Lee, Baik y Lee, 2011).

Italia: El Gobierno Italiano está llevando a cabo el objetivo de la modernización de la relación entre el gobierno, los ciudadanos y las empresas, a través de acciones coordinadas destinadas a fomentar el desarrollo de la demanda y la oferta de servicios digitales innovadores, así como a mejorar la conectividad de banda ancha, y alentar a los ciudadanos y las empresas en utilizar los servicios digitales promoviendo el crecimiento de la capacidad industrial (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

Consolidar sistemas en Italia, como por ejemplo los Servicios de Identidad (a través de la unificación de Bases de Datos), Servicios que promueven la educación digital (a partir del 2014), Internet de Banda Ancha y Ultra Banda Ancha (con dos planes diferentes el primero llamado "Plan Nacional de Banda Ancha" para lo cual se ha destinado 150 millones de euros, el segundo es el "Plan Nacional para la ultra-banda ancha" y para lo cual se destinaron 600 millones de euros, concentrados en su mayoría en el sur de Italia) (Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo y Zucaro, 2013).

### 3.3. Logros alcanzados en las ciudades más importantes en Colombia

Colombia es líder en Gobierno y participación electrónica en América Latina y el Caribe, según los informes de Naciones Unidas, se postula como el campo de acción futuro más idóneo para su despliegue en el área latinoamericana, dado el incremento en el uso y entendimiento (apropiación) de la tecnología en sus ciudades y la disposición financiera, la seguridad jurídica y la estructura institucional que la caracterizan (Chillon, Pablo, 2013).

Medellín: La ciudad es considerada como una de las ciudades que más transformaciones ha tenido en el continente. La infraestructura del metro y el metrocable es una de las más grandes apuestas para la integración de las comunidades más pobres con el resto de la ciudad, lo que convierte a Medellín en un ícono mundial para la inclusión y el tránsito inteligente. Otro programa liderado por la Alcaldía de Medellín se denomina "Medellín Digital", se caracteriza por fomentar el buen uso de las tecnologías de Información y Comunicación en las diferentes comunidades, sobre la base de cuatro componentes: Conectividad, Apropiación, Contenidos y Comunicación Pública.

Bogotá: Destaca en que ha sido la primera ciudad en ponerle frente al problema siendo pionera en la implementación de BRT ('Bus Rapid Transit', TransMilenio), uno de los sistemas de transporte masivos más extensos y utilizados en el mundo. También se destaca por ser la primera ciudad latinoamericana en implementar las ciclorutas y taxis eléctricos. Por medio del Decreto 77/2012 – por el cual se crea la Oficina de Alta Consejería Distrital de Tecnologías de Información y Comunicaciones – TIC y se pretende organizar la administración del distrito de Bogotá con objeto de potenciar la aplicación de las TIC para dar una respuesta adecuada a la ciudadanía, lo cual presupone el desarrollo articulado de un programa con carácter estratégico dentro del Plan de

Desarrollo del municipio, con proyectos que apoyen la implementación de tecnologías habilitantes en al menos cinco áreas, a saber: 1) Conectividad, 2) Interoperabilidad, 3) Perfil digital del ciudadano, 4) Canales hipermedia y 5) Aseguramiento de la información. Su objetivo es hacer uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, como factor estratégico para el desarrollo del gobierno en línea, la prestación de mejores servicios a la ciudadanía, la consolidación de una ciudad digital e inteligente y la construcción de una Sociedad del Conocimiento, ampliando y profundizando los procesos de participación ciudadana y de democratización de la información.

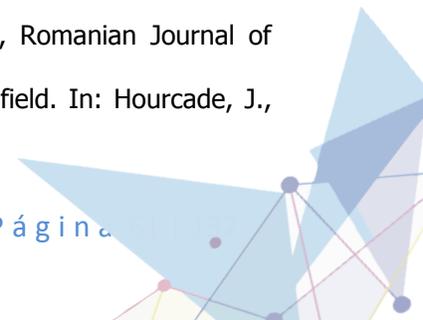
#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por lo anterior a pesar de que el uso de las tecnologías son claves en el desarrollo de este tipo de ciudades, para su éxito se requiere concientizar a la población de la importancia y los alcances del mismo, a los gobiernos del momento y lo más importante realizar una buena planificación a largo plazo que integre todos los ámbitos de la ciudad (gobierno, movilidad, medio ambiente, energía, etc.) y dicha estrategia este enmarcada en el plan Nacional, de igual manera las TIC deben ser tomadas como una herramienta y no como el fin mismo del proyecto.

De igual manera se puede evidenciar, que a nivel de Sur América, son muy pocas las ciudades que están encaminadas a convertirse en una ciudad inteligente, por lo anterior sería importante que países como el nuestro trazará un plan de Gobierno que permita fortalecer las ventajas de convertir a las grandes capitales en Smart City, la anterior conclusión no desconoce los avances que se han dado a nivel Nacional en materia de Tecnología, pero al igual el camino que hace falta por recorrer aún es bastante.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Adil, Baptista. N, Chao. P. (2014). Identifying Operational Requirements to Select Suitable Decision Models for a Public Sector E-Procurement Decision Support System. (cursiva) *Journal of Information Systems and Technology Management*, Vol. 11, No. 2, May/Aug., 2014 pp. 211-228.
- Alkandari, Abdulrahman. A and Alshaikhli. (2012). "Traffic Management System Based OnWSN IN Kuwait: AN INITIAL DESIGN." *The International Conference on Informatics and Applications (ICIA2012)*. The Society of DigitalInformation and Wireless Communication, 2012.
- Amin and Wollenberg. (2005).The term "smart grid" first appeared in 2005 in an article., *Toward a Smart Grid*, IEEE P&E Magazine 3(5) pp34-41.
- Amsterdam Smart City, What is Amsterdam Smart City, in *Proceedings of PICNIC*, Amsterdam, The Netherlands, September 23-25, 2009.
- Angiello, Carpentieri, Mazzeo, Pinto, Russo, Zucaro. (2013). SMART CITIES: RESEARCHES, PROJECTS AND GOOD PRACTICES FOR THE CITY. (cursiva) *Journal of Land Use, Mobility and Environment*.
- Anthopoulos. L., Fitsilis. P. (2010). "From Digital to Ubiquitous Cities: Defining a Common Architecture for Urban development," *In the Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Environments - IE`10*, Malaysia 2010, IEEE.
- Asin A. (2011). "Smart cities from libelium allows systems integrators to monitor noise, pollution, structural health and waste management," *Smart Cities Articles*, 2011.
- Batagan. (2011) .Smart Cities and Sustainability Models. (cursiva) *Informatica Economică* vol. 15, no. 3/2011.
- Batagan. (2011). Indicators for economic and social development of future smart city. *Journal of applied quantitative methods*.
- Batagan. (2012). The use of Intelligent Solutions in Romanian Cities. (cursiva) *Informatica Economică* vol. 16, no. 4/2012.
- Begawan y Darussalam. (2010). Let`s Build a Smart Planet: Smarter Cities, IBM Japan Green ICT Seminar, 2010.
- Begawan. B., Darussalam. B. (2010). Let`s Build a Smart Planet: Smarter Cities, IBM Japan Green ICT Seminar, 2010.
- Borokhov P., Blandin S., Samaranayake S., Goldschmit O. and Bayen A. (2011). An adaptive routing system for location aware mobile devices on the road network, in *Proceeding of the 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2011, pp. 1839-1845.
- Bourdeau. L and Kolarova. D. (2008). "Knowledge Society and Transition Economies", *Romanian Journal of Regional Science*, Vol. 2., Nr.2, 2008, pp. 53-79.
- Bouvin. N.O. (2005). et al.. Tools of contextualization: extending the classroom to the field. In: Hourcade, J., Rogers, Y. (eds.) *IDC 2005*, pp. 24-31. ACM (2005).



- Brabham D. C. (2008). Crowdsourcing as a model for problem solving: an introduction and cases, *Convergence*, vol. 14, no. 1, pp. 75-90, 2008.
- Branchi, Fernandez, Matias. (2013). *Analysis Matrix for Smart Cities*.
- Bruce. B. (2008). Ubiquitous learning, ubiquitous computing, and lived experience. In Cope, W. (Ed.). *Ubiquitous learning*. Champaign, IL: University of Illinois Press. (2008).
- Calabrese F, Kloeckl K, and Ratti C. (2007). *WikiCity: Real-Time Location-Sensitive Tools for the City*, Digital Cities 5: Urban Informatics, Locative Media and Mobile Technology in Inner-City Developments, Workshop, 2007.
- Calderoni, Maio y Palmieri. (2012). Location-aware Mobile Services for a Smart City: Design, Implementation and Deployment. (*cursiva*) *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*.
- Caragliu A., Bo C., and Nijkamp P. (2009). "Smart cities in Europe," VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics, 2009.
- Castells M. (2011). *The Rise of the Network Society: The Information Age: Economy, Society, and Culture*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011.
- Choenni. S., Bakker. R., Baets. W. (2001). "E-learning as a vehicle for knowledge management", 14th International Conference of Applications of Prolog INAP2001, The University of Tokyo, Sanjo Conference Hall, Japan, Oct 20-22, 2001.
- Coe, Paquet, and Roy. (2001). "E-governance and smart communities a social learning challenge," *Social Science Computer Review*, vol. 19, no. 1, pp. 80-93.
- Dimitrakopoulos, George, and Demestichas. (2010). "Intelligent transportation systems." *Vehicular Technology Magazine, IEEE 5.1 (2010): 77-84*.
- Dirks. S. and Keeling.M. (2009). "A vision of smarter cities. How cities can lead the way into a prosperous and sustainable future," IBM Global Business Services Government Executive Report IBM Institute for Business Value, Copyright IBM Corporation 2009.
- Dirks. S., Gurdgiev. C and Keeling. M. (2010). *How cities can optimize their systems for the talent-based economy*, Copyright IBM Corporation 2010.
- Droege P. (1997). *Intelligent environments : Spatial aspects of the information revolution*. Amsterdam; New York: Elsevier, 1997.
- European Commission, *Advancing and Applying Living Lab Methodologies*, Technical Report, 2010.
- Florida R. (2002). *The rise of the creative class : And how it's transforming work, leisure, community and everyday life*. New York: Basic Books, 2002.
- Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Kalasek R., Pichler-Milanović N., and Meijers E. (2007). *Smartcities: Ranking of European medium-sized cities. Smart cities*. [Online]. Available: [http://www.smartcities.eu/download/smart\\_cities\\_final\\_report.pdf](http://www.smartcities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf)
- Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Kalasek R., Pichler-Milanovic N., and Meijers E. (2007). *Smart Cities: Ranking of European Medium-sized Cities*, Centre of Regional Science (SRF), Vienna, Technical Report, 2007.
- Giffinger, Fertner, Kramar, Kalasek, Pichler-Milanović, and Meijers. (2007). "Smart cities: Ranking of European medium-sized cities," Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology, Vienna, Austria, 2007.
- Giffinger. R. (2012). et al, "Smart cities – Ranking of European medium-sized cities", Vienna: Centre of Regional Science, retrieved 11/10/2012
- Giffinger. R., Ferner. C., Kramar. H., Kalasek. R., Pichler-Milanovic. N., Meijers. E. (no encontré año). "Smart cities Ranking of European medium-sized"
- Girard (2013). *Toward a Smart Sustainable Development of Port Cities/Areas: The Role of the "Historic Urban Landscape" Approach*. (*cursiva*) Department of Architecture, University of Naples "Federico II"
- Glaeser E. (2005). "Review of richard florida's the rise of the creative class," *Regional Science and Urban Economics*, vol. 35, no. 5, pp. 593-596, 2005.
- Hancke. G., Carvalho, Silva. B. (2013). The Role of Advanced Sensing in Smart Cities. *Sensors 2013*, 13, 393–425.
- Hasan. (2014). The Usefulness of User Testing Methods in Identifying Problems on University Websites. (*cursiva*) *Journal of Information Systems and Technology Management*, Vol. 11, No. 2, May/Aug., 2014 pp. 229-256.
- Haubensak O. (2011). *Smart Cities and Internet of Things*, Business Aspects of the Internet of Things, Seminar of Advanced Topics, ETH Zurich, 2011, pp. 33-39.
- He, Stojmenovic, Liu, Gu. (2014). *Smart City*. (*cursiva*) *International Journal of Distributed Sensor Networks* Volume 2014 (2014), Article ID 867593, 2 pages.
- Hernández M., Vercher., Muñoz., Galache., Presser., Gómez. and Pettersson. (2011). *Smart Cities at the Forefront of the Future Internet*, in *The Future Internet* (J. Domingue, A. Galis, A. Gavras, T. Zahariadis, D. Lambert, F. Cleary, P. Daras, S. Krco, H. Müller, M.-S. Li, H. Schaffers, V. Lotz, F. Alvarez, B. Stiller, S. Karnouskos, S. Avessta, and M. Nilsson, Eds.). Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag, 2011, pp. 447-462.



Hoegg R., Martignoni R., Meckel M. and Stanoevska-Slabeva K. (2006). Overview of business models for Web 2.0 communities, in Proceedings of GeNeMe, 2006, pp. 23-37.

Hollands R.G. (2008). "Will the real smart city please stand up?," City, vol. 12, no. 3, pp. 303-320, 2008.

Howe J. (2006). The rise of crowdsourcing, Wired magazine, vol. 14, no. 6, pp. 1-4, 2006.

International Standard. First Edition, Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminal (VDTs). Part11: Guidance on Usability.

International Telecommunication Union, The Internet of Things, ITU Internet Report, 2005.

Internet access, December 2010, [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_PUBLIC/4-14122010-BP/EN/4-14122010-BP-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/4-14122010-BP/EN/4-14122010-BP-EN.PDF)

Joseph. (2014). Smart City Analysis Using Spatial Data and Predicting the Sustainability. (cursiva) International Journal of Computer Trends and Technology.

Kwon O and Kim J. (2007)., A methodology of identifying ubiquitous smart services for U-City development, In Ubiquitous Intelligence and Computing Proceedings (J. Indulska, L. T. Yang J. Cao, J. Ma, and T. Ungerer, Eds.). Berlin: Springer, 2007, pp.143-152.

Lévy P. (1994). L'intelligence collective: pour une anthropologie du cyberspace. Paris: La découverte Paris. 1994.

Lee J, Baik S and Lee C. (2011). "Building an integrated service management platform for ubiquitous cities", Computer 44(6), 2011, pp.56-63.

Liviu G. (2012). Smart Cities Design using Event-driven Paradigm and Semantic Web. (cursiva) Informatica Economică vol. 16, no. 4/2012.

Lopez, Márquez. (2010). A Technological infrastructure development assessment to enable a knowledge society into a Smart City.

Malik, M., Jain, R., Vyas, R., Singh, R. & Laller, S. (2014). Accessing internet usage for education and learning by Dental vs Technical students. (cursiva) International Journal of Information Dissemination and Technology, 4(2), 179-182.

Moraci y Fazia. (2013). Le città smart e le sfide della sostenibilità.

Mornar. V., Palabra. D. y Kalpic. D. (2004). " Application of Smart Cards in Distributed Information Systems," in Proc. 2nd Int. Conf. information Technology Interfaces, Croatia, 2004 , pp. 7-10.

Mountain Association for Community Economic Development. (2011). (MACED): Hart Environmental Data [Online]. Available: <http://www.subjectmatters.com/indicators/Sustainability/DefinitionsCommunity.html> [Accessed 26 July 2011].

Murugesan S. (2007). Understanding Web 2.0, IT Professional, vol. 9, no. 4, pp. 34, 2007.

Naphade. M., Banavar. G., Harrison. C., Paraszczak. J. and Morris. R. (2011). "Smarter cities and their innovation challenges". Computer 44(6), 32–39 (2011)

Nath B., Reynolds F. y Want. R. (2006). "RFID Technology and Applications," IEEE Pervasive Computing, vol. 5, no.1, pp. 22 – 24, 2006.

Noubel J. F. (2004). Collective intelligence, the invisible revolution. TheTransitioner. Geraadpleeg. [Online]. Available: [http://www.earthintelligence.net/dynamaster/file\\_archive/070118/14da9d70ab635fb6f161a44fbf08dd75/Noubel%20on%20Collective%20Intelligence.pdf](http://www.earthintelligence.net/dynamaster/file_archive/070118/14da9d70ab635fb6f161a44fbf08dd75/Noubel%20on%20Collective%20Intelligence.pdf).

O'Malley. C., Vavoula. G., Glew. J., Taylor. J., Sharples. M. and Lefrere. P. (2009). MOBIlearn WP4 – Guidelines for Learning/Teaching/Tutoring in a Mobile Environment.

Okot-Uma. (2001). Electronic Governance: Re-inventing Good Governance, Commonwealth Secretariat. [Online]. Available: <http://www.zapataver.gob.mx/work/sites/ELOCAL> ELOCAL/resources/LocalContent/1192/9/Okot-Uma.pdf.

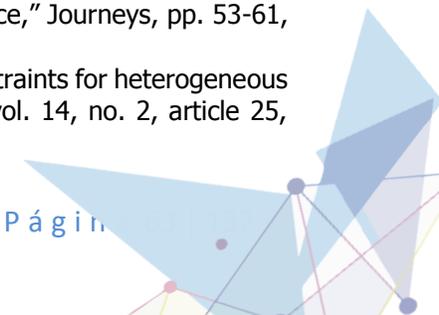
Paskaleva. (2011). The smart city: A nexus for open innovation?, Intelligent Buildings International, vol. 3, no. 3, pp. 153-171, 2011.

Paul, P.K. (2014). Information science in Indian scenario with reference to possibilities of proposed MTech(Information Science): Lets welcome future programme of Indian i-school. (cursiva) International Journal of Information Dissemination and Technology, 4(2), 173-178.

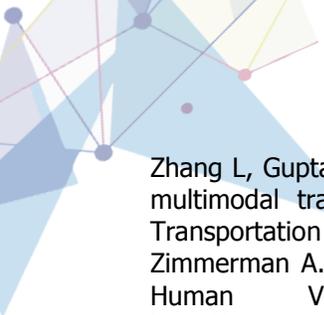
Pérez. S, Morcillo B y Borrero. A. (2012). TIC Forum for Sustainability. In Smart CITIES 2012; AMETIC: Madrid, Spain, 2012; p. 30.

Prakasam S. (2009). "Evolution of E-payments in Public Transport -Singapore's Experience," Journeys, pp. 53-61, 2009.

Qiu M., and Sha E. H. M. (2009). "Cost minimization while satisfying hard/soft timing constraints for heterogeneous embedded systems," ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems, vol. 14, no. 2, article 25, 2009.

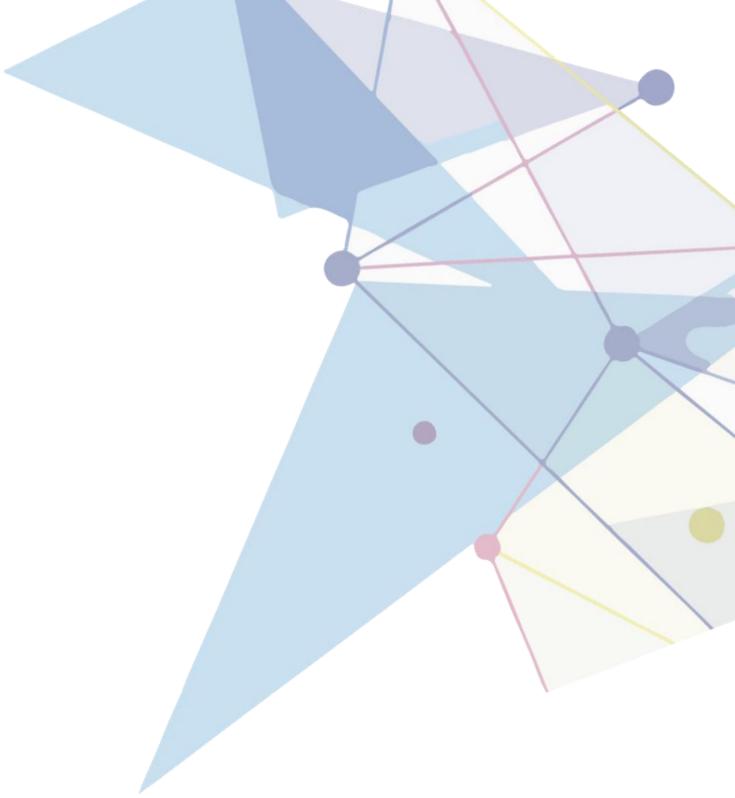


- Rocco Papa. (2013). SMART CITIES: RESEARCHES, PROJECTS AND GOOD PRACTICES FOR THE CITY. (cursiva) Journal of Land Use Mobility and Environment.
- Rogers. Y., Price. S., Fitzpatrick. G., Fleck. R., Harris. E., Smith. H., Randell. C., Muller. H., O'Malley. O., Stanton. D., Thompson. M., Weal. M. (2004). Ambient wood: designing new forms of digital augmentation for learning outdoors. In: Druin, A., Hourcade, P., Kollet, S. (eds.) IDC 2004, pp. 3–10. ACM (2004).
- Rojas., Kloeckl K. and Ratti C. (2008). Dynamic City: Investigations into the sensing, analysis, and applications of real-time, location-based data, Proceedings of Harvard GSD Critical Digital Conference, Cambridge, 2008.
- Sabu, M., Shaijumon, C.S., (2014). Socio-economic impact of information and communication technology: A case study of Kerala marine fisheries sector. (cursiva) International Journal of Information Dissemination and Technology, 4(2), 124-129.
- Sadami. (2013). Applications and Opportunities for Radio Frequency Identification (RFID) Technology in Intelligent Transportation Systems: A Case Study. (cursiva) International Journal of Information and Electronics Engineering. Vol. 3, No. 3, May 2013.
- Sáinz Peña. (2011). R.M. Smart Cities: A First Step Towards the Internet of Things; Fundación Telefónica: Ariel, Barcelona, Spain, 2011; p. 13.
- Samadi. S. (2011). " A Survey of the Potential Impact of RFID Technology on the Mobility of People and Freight, and its Impact on Congestion," in Proc. 19th International Conf. on Software, Telecom. & Computer networks, Croatia, 2011.
- Schaffers H., Komninos N. y Pallot M. (2012). Smart Cities as Innovation Ecosystems Sustained by the Future Internet, FIREBALL, Technical Report, 2012.
- Schaffers H., Komninos N., Pallot M., Trousse B., Nilsson M., and Oliveira A. (2011). Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation, in The Future Internet (J. Domingue, A. Galis, A. Gavras, T. Zahariadis, D. Lambert, F. Cleary, P. Daras, S. Krco, H. Müller, M.-S. Li, H. Schaffers, V. Lotz, F. Alvarez, B. Stiller, S. Karnouskos, S. Avessta, and M. Nilsson, Eds.). Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag, 2011, pp. 431-446.
- Schaffers, Ratti, Komninos. (2012). Special Issue on Smart Applications for Smart Cities - New Approaches to Innovation: Guest Editors`Introduction. (cursiva) Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research.
- Schuurman, Baccarne, De Marez and Mechant. (2012). Smart Ideas for Smart Cities: Investigating Crowdsourcing for Generating and Selecting Ideas for ICT Innovation in a City Context. (cursiva) Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research.
- Sen, Dutt, Shah, Agarwal, Nath. (2012). Smart Software and Smart Cities: A study on Green Software and Green Technology to develop a smart urbanized world. (cursiva) International Journal of Advanced Computer Research.
- Sharples. M., Taylor. J., Vavoula. G. (2007). Theory of Learning for the Mobile Age. In R. Andrews and C. Haythornthwaite (eds.) The Sage Handbook of Elearning Research. London: Sage, pp. 221-47. (2007).
- Shin D. H. (2009). Ubiquitous city: Urban technologies, urban infrastructure and urban informatics, Journal of Information Science, vol. 35, no. 5, pp. 515-526, 2009.
- Siobhán. Th. (2007). Pervasive Scale: A model of pervasive, ubiquitous, and ambient learning. Proc. of the Workshop on Pervasive Learning 2007, Toronto, Ontario, Canada.
- Steventon A. and Wright S. (2006). Intelligent spaces the application of pervasive ICT. London: Springer, 2006.
- Syvänen, A., Beale, R., Sharples, M., Ahonen, M. and Lonsdale, M. (2005). Supporting Pervasive Learning Environments: Adaptability and Context Awareness in Mobile Learning, Proc. of the 2005 IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education. (2005).
- Taurion. (2012). Smart Cities as Support and Legacy of Huge Sport Events. Revista de Sistemas de Informação da FSMA n. 10 (2012) pp. 30-34.
- The California Institute for Smart Communities. (2001). "Ten steps to becoming a smart community".
- United Nations, World Urbanization Prospects. (2008). The 2007 Revision Highlights, United Nations, New York, 2008.
- Walravens. (2012). Mobile Business and the Smart City: Developing a Business Model Framework to Include Public Design Parameters for Mobile City Services. (cursiva) Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research.
- Weiland, Richard. J., and Lara Baughman Purser. (2000). "Intelligent transportation systems." Transportation in the New Millennium (2000).
- Zeleny, M. (2005). (cursiva) Human System Management; SOS: Amsterdam, The Netherlands, 2005.



Zhang L, Gupta S., Li J. Q., Zhou K. and Zhang B. (2011). Path2Go: Context-aware services for mobile realtime multimodal traveler information, of Proceeding of the 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Washington, 2011, pp. 174-179.

Zimmerman A. (1995). Toward a More Democratic Ethic of Technological Governance. Science, Technology & Human Values. [Online]. vol. 20, no. 1, pp. 86-107. Available: <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/689882.pdf?acceptTC=true>.



## 7. LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO EN COLOMBIA

**MS.C. ING. ERNESTO CADENA MUÑOZ**  
Ingeniero de telecomunicaciones MSc  
Instructor Investigador SENA  
ecadenam@misena.edu.co

## RESUMEN

Este artículo presenta una revisión del estado actual de la gestión del espectro radioeléctrico en el contexto colombiano. Se definen conceptos básicos que permiten reconocer su alcance e importancia para el sector y se hace un análisis de los diferentes modelos de gestión del espectro, destacando las características, fortalezas y debilidades de cada uno para su aplicación. Se observa que el modelo de gestión tradicional utilizado no es eficiente y genera pérdidas económicas para el país en uno de los recursos más importantes en materia de Telecomunicaciones, lo que nos lleva a replantear el modelo actual de gestión del espectro radioeléctrico en Colombia.

**PALABRAS CLAVE:** COMUNICACIONES INALÁMBRICAS, GESTIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO, RADIO COGNITIVA.

## ABSTRACT

This paper shows a review of the state of radio spectrum management in Colombia, some basic concepts are defined allowing to recognizing its scope and importance for the sector and an analysis of different spectrum management models is done highlighting features, strengths and weaknesses of each one for its application. It analyzes the context of the country, where the traditional management model used is not efficient, generating economic losses for the country in one of the most important resources on Telecommunications, which leads us to reconsider the current model of radio spectrum management in Colombia.

**KEYWORDS:** COGNITIVE RADIO, RADIO SPECTRUM, MANAGEMENT, WIRELESS COMMUNICATIONS.

### 1. INTRODUCCIÓN

El espectro radioeléctrico es una parte del espectro electromagnético que ocupa las bandas de frecuencia correspondientes a los servicios de telecomunicaciones, que según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) van desde una frecuencia de 3 KHz hasta 3.000 GHz, divididas en nueve bandas de frecuencia, de acuerdo con el tipo de servicio (Mansilla, 1996). El espectro es un recurso escaso, puesto que debe dividirse entre los operadores y brindar acceso no solo a servicios tradicionales como televisión, radio, celular e internet, sino también a servicios como la seguridad y defensa para el país, lo cual muestra la importancia de su asignación y uso.

El espectro radioeléctrico es considerado un bien de dominio público (Feijoo Gonzalez, Gómez Barroso, & Mochón, 2011), razón por la cual cada país debe velar por su uso eficiente y revisar la legislación constantemente, ya que las telecomunicaciones han presentado un avance tecnológico significativo durante los últimos años, lo cual conlleva cambios económicos (De León O. , 2009), políticos y sociales que deben ser evaluados (Wellenius & Neto, 2005).

El desarrollo del sector (De León & González Soto, 2008) y la importancia de las radiocomunicaciones hacen que encontremos hoy en día un entorno competitivo, que elimina monopolios que existían anteriormente y que ofrece mayor flexibilidad en la prestación de los servicios de telecomunicaciones, de forma que hay una gran variedad de servicios con diferente calidad (Olafsson, Glover, & Nekovee, 2007).

La gestión tradicional del espectro radioeléctrico es poco flexible, porque en general asigna bandas de frecuencia para servicios a cada operador, lo que en ocasiones se traduce en un uso ineficiente, es decir, en una subutilización del recurso (Hang, Randall, Honig, & Vohra, 2009). Y el escenario se complica si pensamos en redes de nueva generación (NGN), donde se busca la convergencia de redes y servicios, para lo cual debe ser más eficiente y flexible la asignación del recurso (Aldana J & Vallejo, 2010).

Una alternativa tecnológica aparece con la radio cognitiva (Gajewski & Marek, 2009), que permite una mejor utilización del espectro, usa los espacios subempleados de determinadas frecuencias y va intercambiando la frecuencia utilizada de acuerdo con la disponibilidad de la red a la que se encuentra conectado (Ahmed, Mubashir Hassan, Sohaib, Hussain, & Qasim Khan, 2011), con lo cual permite técnicas como el acceso dinámico al espectro radioeléctrico (DSA) y la gestión dinámica del espectro (DSM). Estas alternativas están actualmente en estudio, pues implican no solo cambios tecnológicos, sino regulatorios.

## 2. CONTENIDO

La gestión del espectro radioeléctrico se define como la combinación de elementos técnicos, científicos y administrativos para planificar y ejecutar la asignación, control y seguimiento del uso del espectro radioeléctrico para los diversos servicios de telecomunicaciones que se ofrecen en el mercado, buscando evitar interferencias (UIT-R Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2010).

Este concepto plantea de entrada dos desafíos si lo traemos al contexto actual: el recurso del espectro es escaso y existe dificultad en el despliegue debido a las demoras en los procesos de asignación para los servicios inalámbricos que están en aumento (Doshi, Duong, Bagrodia, & Thai, 2006).

En el sector se ha reconocido la importancia que tiene el espectro radioeléctrico para un país, de ahí surge la necesidad de que el Gobierno reglamente y haga una intervención para garantizar eficiencia y transparencia en su asignación y administración (Ministerio de Comunicaciones, 2008) (Quintuña Rodríguez, 2010), lo que en definitiva se traduce en leyes y políticas para lograr estos fines.

A nivel internacional podemos encontrar varios grupos de estudio en las telecomunicaciones, cuyos integrantes se muestran en la figura 1 (Cave, Doyle, & Webb, 2007).

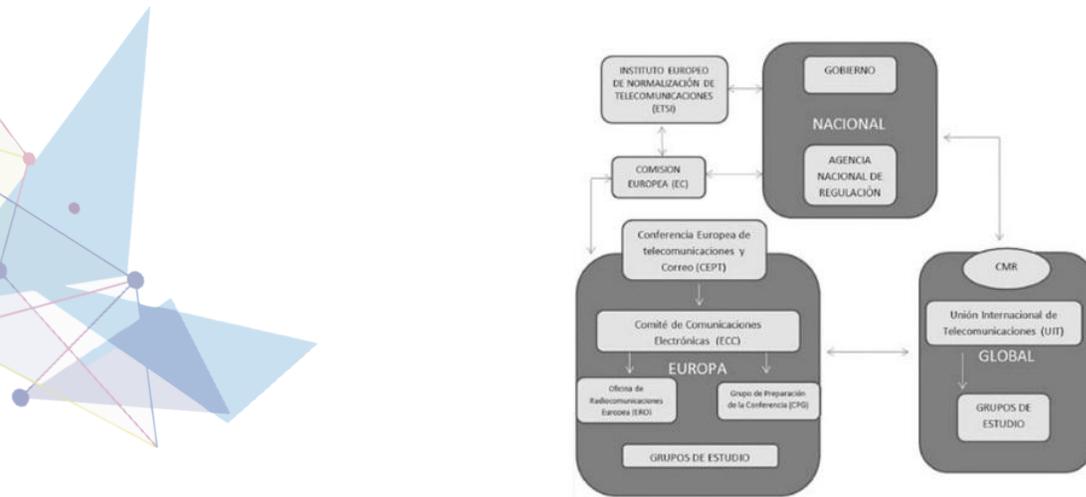
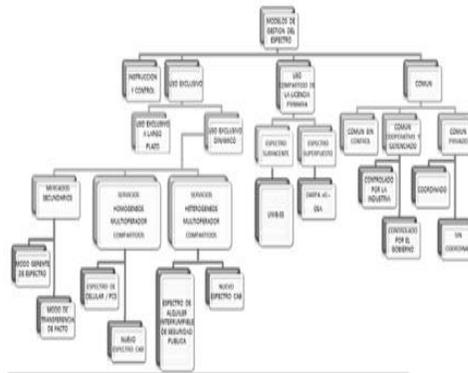


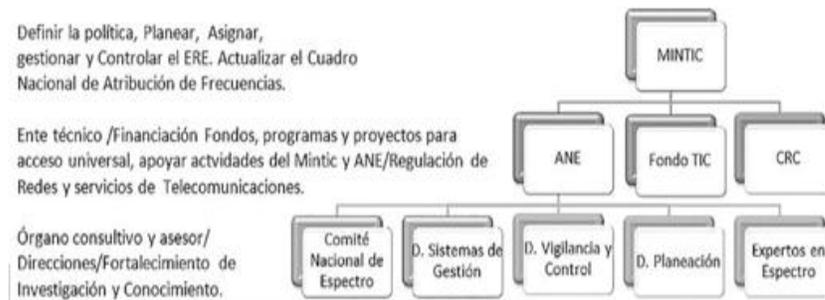
Figura 1. Instituciones encargadas de la normalización internacional en telecomunicaciones  
Fuentes: Cave, Dayle y Webb (2007)

En la figura 3 se observa la taxonomía de los Modelos de Gestión del espectro radioeléctrico realizada a partir de (Buddhikot, 2007) y (Quintero, 2008), donde se resumen los modelos de gestión. Podemos observar que se divide en 4 grandes grupos principales que se agrupan de acuerdo a sus características comunes y a su flexibilidad, se incluyen los modelos tradicionales y los desarrollados actualmente.



Fuentes: autor

La figura 5 presenta las entidades más importantes en la gestión y control del espectro radioeléctrico en Colombia de acuerdo con el Plan Vive Digital (ANE Agencia Nacional del Espectro, 2012). A partir de la Ley 1341 de 2009



Fuentes: autor

(Guerra de la Espriella & Oviedo Arango, 2011) se creó la Agencia Nacional del Espectro con el fin de establecer los parámetros técnicos referentes al espectro, pero se asignó al MinTIC la responsabilidad sobre la Planeación, Asignación, Gestión y Control del Espectro Radioeléctrico en el país.

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El espectro es un bien público que inicialmente se define como un recurso escaso y cuyo aprovechamiento determina una ganancia económica grande para un país y unas condiciones de calidad del servicio para los usuarios de los servicios que se ofrecen a través de él. Los diversos métodos que buscan más flexibilidad en la gestión del espectro y con tecnologías como la radio cognitiva y la gestión dinámica del espectro, sumados a temas como el dividendo digital, la radio y la televisión digital terrestre, hacen que este ya no se vea como un recurso escaso, sino como un recurso limitado, que requiere de una gestión cada vez más eficiente.

De acuerdo con las características globales y nacionales, aunque en sintonía con las recomendaciones de la UIT, nuestra regulación debe trabajar mucho más en su desarrollo y actualización para permitir modelos de gestión del espectro como los planteados en este artículo, que definan escenarios más realistas y donde el control deje de ser un asunto manejado por el Estado y sea enfocado a los servicios que realmente necesitan los usuarios, es decir, enfocado en el mercado de servicios de telecomunicaciones del país.

Los modelos tradicionales para la gestión del espectro, como el de "Instrucción y control", aunque aún son funcionales, están llegando a una etapa crítica donde están apareciendo problemas para asignar nuevas bandas de frecuencia, por lo cual en los nuevos modelos de gestión este modelo ya no aplica, aunque es el mejor para

manejar temas de interferencia, pero es muy poco flexible. Aunque los modelos basados en el mercado existen desde hace muchos años, se deben revisar en la actualidad, pues las características tecnológicas, sociales, políticas y regulatorias han creado un nuevo escenario de mercado en el que hay una amplia demanda de servicios inalámbricos y que cambia constantemente con los avances tecnológicos. Esto permitiría que el análisis y la implementación de este modelo sean viables, con lo cual ganaríamos un enfoque más social y mantendríamos la ganancia que se puede lograr con el comercio del espectro.

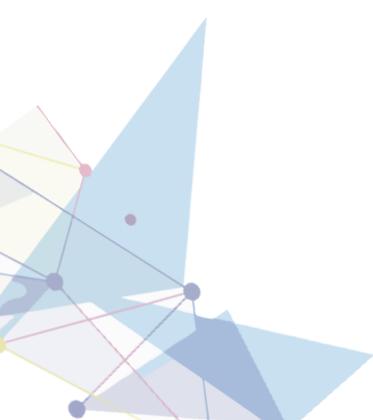
## BIBLIOGRAFÍA

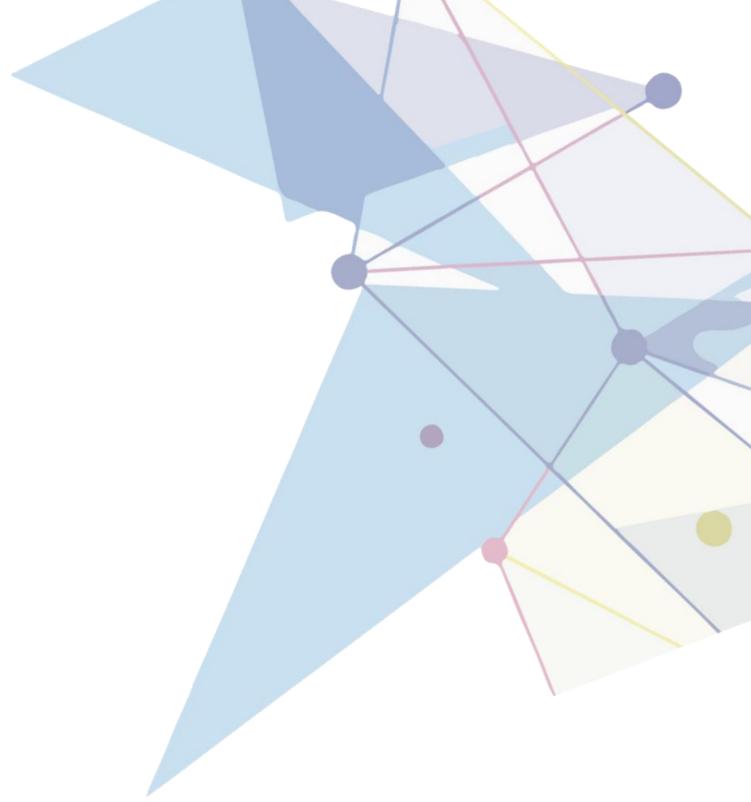
- Ahmed, A., Mubashir Hassan, M., Sohaib, O., Hussain, W., & Qasim Khan, M. (2011). An agent based architecture for cognitive spectrum management. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12).
- [1] Akyildiz, I., Lee, W. Y., & Chowdhury, K. (2009). Spectrum management in cognitive radio ad hoc networks. *Network, IEEE*, 23(4).
- [2] Aldana J, A. T., & Vallejo, A. C. (2010). Telecomunicaciones, convergencia y regulación. *Revista Economía Institucional*, 12(23), 165-197.
- [3] Alexander, E. (2010). Asignación y Administración del Espectro Radioeléctrico en Países de Centroamérica y su Impacto en el Desarrollo del Sector de Servicios de Telecomunicación Móvil. (Vol. 21). DIRSI (Diálogo Regional sobre Sociedad de la Información).
- [4] ANE Agencia Nacional del Espectro. (2010). Uso eficiente del espectro radioeléctrico. Retrieved from <http://www.ane.gov.co/>
- [5] ANE Agencia Nacional del Espectro. (2012). Plan de Acción 2012. Retrieved from <http://www.ane.gov.co/>
- [6] Attar, A., & Aghvami, A. H. (2007). A Framework for Unified Spectrum Management (USM) in Heterogeneous Wireless Networks. *IEEE Communications Magazine*, 45(9), 44-51.
- [7] Ayalde, L. V. (2011). El derecho de la competencia en el sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones-TIC. *Revista de derecho de la competencia (Bogotá)*, 7, 127-190.
- [8] Bae, J., Beigman, E., Berry, R., Honig, M. L., Shen, H., Vohra, R., & Zhou, H. (2008). Spectrum markets for wireless services. 3rd IEEE Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, DySPAN 2008., (pp. 1-10). Chicago, IL.
- [9] Buddhikot, M. (2007). Understanding Dynamic Spectrum Access: Models, Taxonomy and Challenges. 2nd IEEE International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, 2007. DySPAN 2007, (pp. 649-663).
- [10] Butcher, J., Mark, L., & Geoff, L. (2007). The Economics of Spectrum Management: A Review.
- [11] Calvet Madrigal, J. M., & Parra Valbuena, A. J. (2009). Modelo de porter y estrategias de negocio de operadores de telecomunicaciones en España. Departamento de Organización de Empresas. Cataluña: Universidad Politécnica de Catalunya.
- [12] Cave, M., Doyle, C., & Webb, W. (2007). *Essentials of modern spectrum management*. New York: Cambridge ; New York : Cambridge University Press.
- [13] Cave., M. (2008). New spectrum-using technologies and the future of spectrum management: a European policy perspective, 67(3), 1-20.
- [14] Chamorro, L., & Barbosa, A. (2012). Espectro abierto para el desarrollo. (COLNODO, Ed.) Retrieved from <http://www.colnodo.apc.org/index.shtml>
- [15] Chapin, J., & Lehr, W. (2007). Cognitive Radios For Dynamic Spectrum Access-The Path To Market Success For Dynamic Spectrum Access Technology. *IEEE Communications Magazine*, 45(5), 96-103.
- [16] Chin, C. M., BT Group, Asian Res. Centre, Lumpur, K., Olafsson, S., Virginas, B., & Owusu, G. (2008). Radio Resource Management via Spectrum Trading. *IEEE Vehicular Technology Conference, 2008. VTC Spring 2008* (pp. 1781-1785). Singapore: IEEE.
- [17] CINTEL Centro de Investigación de las Telecomunicaciones. (2011). Panorama de las Tecnologías de la información y las Comunicaciones en Colombia. Bogotá: CINTEL. Retrieved from <http://cintel.org.co/>
- Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación; . (2006). La gestión de espectro y el modelo competencial del sector de las comunicaciones electrónicas. Madrid: Asociación Española de Ingenieros de Telecomunicación.
- [18] De León, O. (2009). Perspectivas de las tecnologías de telecomunicaciones y sus implicancias en los mercados y marcos regulatorios en los países de América Latina y el Caribe. Chile: Naciones Unidas. Retrieved from <http://www.cepal.org/SocInfo>
- [19] Freyens, B. P., Loney, M., & Poole, M. (2010). Wireless Regulations and Dynamic Spectrum Access in Australia. *IEEE Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum, 2010*, (pp. 1-12). Singapore.

[20] Gajewski, P., & Marek, S. (2009). Dynamic Spectrum Management for Military Wireless Networks. NATO Research and Technology Organization.

[21] García García, J. M. (2010). Metodología para analizar y simular la eficiencia económica de la flexibilización del uso del espectro radioeléctrico. Retrieved from [http://eprints.ucm.es/11392/1/Metodolog%C3%ADa\\_flexibilizaci%C3%B3n\\_\\_uso\\_espectro.pdf](http://eprints.ucm.es/11392/1/Metodolog%C3%ADa_flexibilizaci%C3%B3n__uso_espectro.pdf)

[22] Guerra de la Espiella, M. D., & Oviedo Arango, J. D. (2011). De las telecomunicaciones las TIC: Ley de TIC de Colombia (L1341/09). CEPAL Serie Estudios y Propectivas, 22.





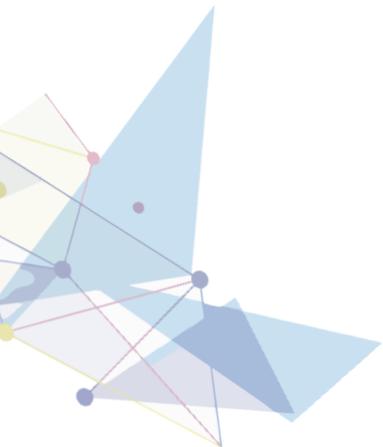
## 8. CONVERGENCIA Y LAS REDES DE NUEVA GENERACIÓN

**ING. WILLIAM FERNANDO SANCHEZ**

PACHECO MS.C

Ingeniero de telecomunicaciones MS.C - CINTEL

[fsanchez@cintel.org.co](mailto:fsanchez@cintel.org.co)



## RESUMEN

En el contexto actual y mundial del sector de las telecomunicaciones, la voz y los datos como redes independientes, han dejado de ser la fuente de ingresos más importante para la gran mayoría de operadores y fabricantes; es por ello que ha surgido la necesidad de aumentar e innovar en el portafolio de servicios de los diferentes operadores. Con la aparición de una nueva generación de arquitecturas de red (todo IP), emerge también un nuevo portafolio de aplicaciones y servicios, en los que se mezclan voz y datos; estar a la vanguardia de esta nueva generación de redes (NGN), se convierte en un factor determinante en la competitividad de los diferentes actores, del sector de las Telecomunicaciones y las Tecnologías de Información. Al ser un mercado creciente encontramos múltiples operadores y fabricantes, que deben experimentar un proceso de interconexión de elementos de red NGN, a través de distintos protocolos y además con otras redes NGN, (alianza estratégica entre operadores y fabricantes) este escenario les origina numerosos problemas de interconexión de equipos de red NGN por el protocolo SIP. La NGN al ser independiente la capa de control de la capa de transporte; aportan muchas ventajas a aplicaciones sensibles a retardos como pueden ser IPTV, VoIP. ETSI-TISPAN ha seleccionado el protocolo SIP (Protocolo de Inicio de Sesión), para la señalización en las redes NGN. El protocolo SIP (Protocolo de Inicio de Sesión), es el que permite establecer, modificar y terminar "sesiones multimedia"; al ser el protocolo determinado para la señalización de las redes NGN, los diferentes fabricantes realizan la implementación de este protocolo con algunas restricciones.

**PALABRAS CLAVE:** NGN, SIP, SDP, IPTV, ETSI-TISPAN, IETF.

## ABSTRACT

In today's world of the telecommunications industry context, voice and data networks as separate, no longer the most important source for the vast majority of operators and manufacturers revenues; that is why it has become necessary to increase and innovate in the portfolio of services of different operators. With the emergence of a new generation of network architectures (all IP), also emerges a new portfolio of applications and services in which voice and data are mixed; it being at the forefront of this new generation networks (NGN), it becomes a factor in the competitiveness of the different players, the telecommunications sector and Information Technology. Being a growing market are multiple operators and manufacturers, who must undergo a process of interconnecting NGN network elements through different protocols and also with other NGN (strategic alliance between operators and manufacturers) networks this scenario causes them many problems interconnection network equipment NGN SIP. NGN to be independent control layer transport layer; bring many benefits to sensitive applications may be delays as IPTV, VoIP. ETSI-TISPAN selected SIP (Session Initiation Protocol) for signaling in the NGN networks. SIP (Session Initiation Protocol) is what allows to establish, modify and terminate "multimedia sessions"; to be determined signaling protocol for NGN, different manufacturers perform the implementation of this protocol with some restrictions.

**KEYWORDS:** NGN, SIP, SDP, IPTV, ETSI-TISPAN, IETF.

## 1. INTRODUCCIÓN

CUANDO SE ACORDÓ EL REGLAMENTO DE LAS TELECOMUNICACIONES INTERNACIONALES (RTI) en 1988, todavía existía una clara distinción entre los diferentes servicios (teléfono, vídeo, etc.), así como entre los medios para prestarlos. Sólo se recibían llamadas de voz o telefax por la línea telefónica. Las computadoras disponían en su mayoría de sus propias redes, y la radiodifusión era otro mundo separado. Desde entonces, la convergencia de las tecnologías existentes y la aparición de otras nuevas han cambiado radicalmente el panorama – y es posible que haya que modificar el RTI para reflejarlo. No existe una definición única de la convergencia. Sin embargo, una innovación clave es el paso de las redes de telecomunicaciones basadas en circuitos a las redes basadas en paquetes que utilizan el protocolo Internet (IP): las llamadas redes de la próxima generación o NGN. La estructura "vertical" de las redes independientes está evolucionando hacia una estructura "horizontal" basada en el IP, que puede entregar muchos tipos de contenido a través de una misma plataforma. Esto tiene profundas implicaciones para el mercado, para los organismos reguladores y, en último término, para lograr que las comunicaciones estén al alcance de la gente en todo el mundo. El enorme incremento del número de abonos a la telefonía y la banda ancha móviles está impulsando el desarrollo y las reformas. Los consumidores de todo el mundo han dejado de considerar sus aparatos móviles como simples teléfonos que utilizan para hablar con otras personas. Cada vez más, se espera de cualquier proveedor de servicios que sea capaz de ofrecer cualquier servicio de comunicación

a cualquiera, en cualquier lugar, utilizando cualquier tipo de tecnología disponible. Esto ha planteado retos fundamentales para los organismos reguladores – y, en muchas jurisdicciones, ya se considera que la convergencia significa que han dejado de ser útiles las antiguas distinciones entre servicios. Se están presentando propuestas relativas a la convergencia para la revisión del RTI durante la Conferencia Mundial de Telecomunicaciones Internacionales de 2012. Algunas se refieren simplemente a la actualización del lenguaje utilizado en el Reglamento. Otras propuestas tratan de introducir cambios de fondo a fin de dar cabida a la convergencia, y se refieren a la necesidad de incorporar la “neutralidad tecnológica” en el RTI, esto es, de tratar por igual a las diferentes tecnologías que ofrecen servicios similares. Para responder a los desafíos de la convergencia y la economía digital, se requiere una cooperación entre todos los sectores. Los organismos reguladores ya no pueden limitarse a los servicios de telecomunicaciones definidos de manera tradicional, sino que han de entender el amplio ecosistema de las TIC. Se justificaría una perspectiva más amplia, apartándose de un enfoque centrado en las redes y asumiendo un enfoque que abarque los servicios, los contenidos y los derechos y responsabilidades de los consumidores.

## 2. CONTENIDO

- **REDES DE NUEVA GENERACION (NGN).** El Protocolo Internet (IP) es el que se estableció para la integración de todo tipo de redes, a su vez para poder tener una plataforma común de transporte para todos los servicios de TIC. En la figura No 1 muestra la evolución que se ha tenido desde múltiples redes hasta una sola red denominada red de nueva (o próxima) generación (“Next Generation Networks” o NGN por sus siglas en inglés) con núcleo IP (Internet Protocol). La definición de la UIT para NGN es: “Red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de Banda Ancha propiciadas por la QoS, y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios.” [15]. Figura No 1. Evolución de la Red Clásica a la NGN
- **PROTOCOLO SIP (SESSION INITIATION PROTOCOL).** SIP es un protocolo especificado por la IETF en el RFC 3261[10], además es aceptado como un protocolo estándar por la organización 3GPP y forma parte de la arquitectura de NGN “Redes de Nueva Generación”. Además SIP es usado globalmente como protocolo de señalización para VoIP. Este protocolo se ubica en la capa aplicación y permite a las terminales IP establecer, en rutar, modificar y cerrar sesiones de comunicaciones a través de redes IP; SIP por sí mismo no garantiza ni reserva ancho de banda para la sesión ni provee calidad servicio (QoS) y no define un mecanismo de entrega de los paquetes que transportan la información de la sesión. SIP está diseñado para trabajar independientemente de la capa de transporte, puede correr sobre TCP o UDP. Diseño e Implementación de una Solución de Interconexión de Redes NGN Mediante el Protocolo SIP E 2 El protocolo SIP únicamente se utiliza para la señalización. Una vez que la sesión esté establecida, los participantes intercambian directamente su tráfico audio/video a través del protocolo Real-Time Transport Protocol (RTP).

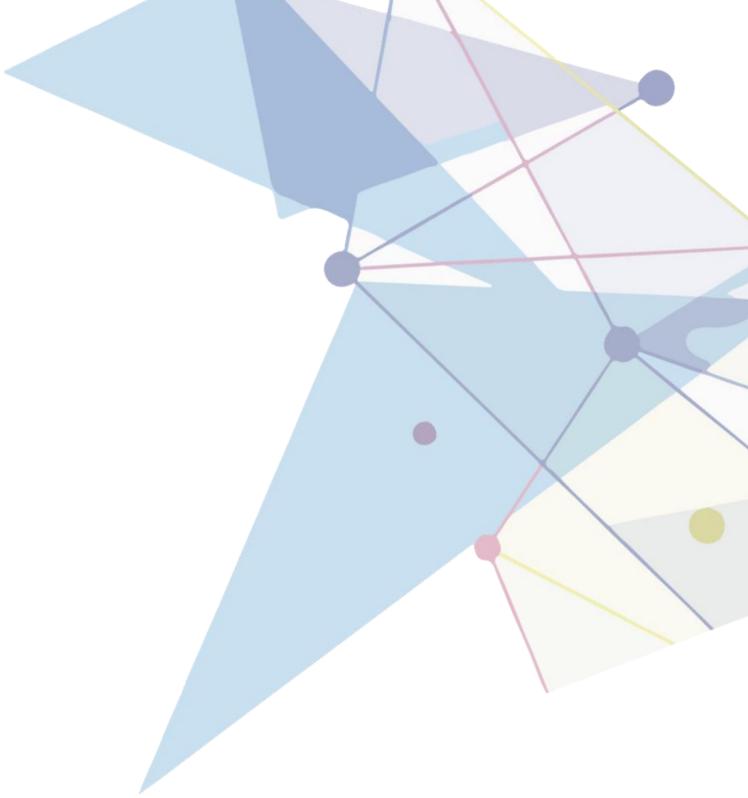
## 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La convergencia en el sector de las telecomunicaciones es un proceso en marcha, acelerado y en muchos sentidos imposible de evitar. Los impactos de este proceso sobre usuarios y firmas dependerán en gran medida de la regulación. Una buena regulación, acorde con los estándares que Colombia, debe buscar una adecuada asignación de los beneficios de la prestación de los servicios en convergencia entre proveedores y usuarios. Los proveedores participan en un sector donde los costos fijos son elevados y, por lo tanto, el mercado de oferta se reduce a pocos jugadores. La tecnología digital ha hecho que el sonido, las imágenes y los datos sean sustitutos perfectos que puedan ser transmitidos a través de una misma infraestructura. En consecuencia, ante la presencia de una red que puede proveer varios servicios simultáneamente, la especialización en la oferta carece de sentido económico y los incentivos a la consolidación empresarial son evidentes. El hecho de que se multipliquen las opciones de entretenimiento en línea requiere redes de mayor capacidad, reforzando la necesidad de cuantiosas inversiones. Sin embargo, la convergencia se da no a nivel de la red, sino en los servicios que a través de ella se prestan. Dadas las barreras de entrada asociadas con las exigencias financieras propias de montar una red de como la que este sector requiere, es fundamental que la regulación garantice el libre acceso de los prestadores de servicios en convergencia, bajo el principio de neutralidad tecnológica (todos pueden acceder a la red). Sin embargo, también es fundamental que el dueño de la red sea adecuadamente remunerado al permitir su uso por

parte de terceros. De lo contrario, el sector se verá afectado por unos bajos niveles de inversión y rezago tecnológico en un campo donde el país no puede quedarse atrás. Las aspiraciones de la neutralidad de red no deberían convertirse en obstáculos para la remuneración de la red y su expansión, razón por la cual se considera prudente no invocar a la neutralidad de red como principio fundamental del diseño regulatorio en convergencia. Los intereses de los consumidores, por su parte, deben ocupar un lugar fundamental en las prioridades de la arquitectura regulatoria. Los beneficios de la convergencia deben y deberán medirse, antes que en el número de proveedores que compitan en el sector ofreciendo servicios, en términos de bienestar de los usuarios atendidos. Las tarifas de los servicios en convergencia deberán, por ejemplo, reflejar tanto las reducciones eficientes de costos como la remuneración de las mejoras de calidad y la introducción de nuevos servicios. Debe buscarse que toda la población se beneficie con los avances tecnológicos, entre los que se destacan servicio universal, acceso un servicio con estándares exigentes de calidad, llamadas de emergencia, pluralidad de medios, diversidad cultural, y protección a los consumidores y su convergencia.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alan B. Johnston, Artech House telecommunications library, "SIP Understanding the session initiation protocol" Second edition, 2004.
- [2] KEAGY, Scott, Integración de redes de voz y datos, tercera edición, Cisco Publication, Madrid, 2001.
- [3] Schulzrinne, H., and E. Wedlund, "Application-Layer Mobility Using SIP," Mobility Mobile Computing and Communications Review (MC2R), Vol. 4, No. 3, July 2000.
- [4] Franklin D. Ohrtman, JR "Softswitch Architecture for VoIP", McGraw-Hill, 2004. 4
- [5] Grupo redes NGN. Medición de calidad del servicio en redes de próxima generación (NGN) en Colombia, Entregables 1 a 4, Centro de Investigación de las Telecomunicaciones CINTEL.
- [6] DÍAZ, Yony Fernando. "Estudio comparativo de las recomendaciones ITU-T G.107, P.862 y P.563 para evaluar la calidad de la voz en redes IP". Universidad del Valle, Colombia. (2007).
- [7] Zohreh Ayatollahi. "Interoperability Problems In Next Generation Network Protocols" IEEE 2008.
- [8] Irvani Tabrizipoor, P. Gooran Oreimi, M. Pirhadi, M. Mirzabaghi, Y.Nasr Harandi, and M. Yaghoubi Waskasi, "Investigation of Basic Services Interoperability Problems in Next Generation Networks", ECUMN'2007, Toulouse, France, Feb 2007.
- [9] KEAGY, Scott, Integración de redes de voz y datos, tercera edición, Cisco Publication, Madrid, 2001.
- [10] RFC 3261 "SIP: Session Initiation Protocol", <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>. [11] RFC 3265 "SIP Specific Events," <http://www.ietf.org/rfc/rfc3265.txt>.
- [12] RFC 2327 "SDP: Session Description Protocol," <http://www.ietf.org/rfc/rfc2327.txt>.
- [13] RFC 3372 "Session Initiation Protocol for Telephones (SIP-T): Context and Architectures," <http://www.ietf.org/rfc/rfc3372.txt>.
- [14] RFC 3455 "Private Header (P-Header) Extensions to the Session Initiation Protocol (SIP) for the 3rd-Generation Partnership Project (3GPP)," <http://www.ietf.org/rfc/rfc3455.txt>.
- [15] UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, Estandarización); "Iniciativa de normalización mundial de las redes de la próxima generación".
- [16] UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, Estandarización Y.1540, "Servicio de comunicación de datos con protocolo Internet - Parámetros de calidad de funcionamiento relativos a la disponibilidad y la transferencia de paquetes de protocolo Internet".
- [17] ETSI TS 185 001 V1.1.1 (2005-11), Next Generation Network (NGN) - Quality of Service (QoS) Framework and Requirements. (2005).
- [18] One-way transmission time (recommendation G.114). International Telecommunication Union (ITU), feb. 1996.
- [19] ETSI TISPAN. ES 282 003 Resource and Admission Control Subsystem (RACS) Functional Architecture. 2006.
- [20] UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones / Sector de normalización de las telecomunicaciones). Recomendación Y.1541 (02/2006), Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet. (2006).



## 9. CALIDAD DE SERVICIO EN REDES NGN

**JULIANA HERNANDEZ MEDRANO.**

TECNOLOGA EN GESTION DE REDES DE DATOS.  
CEET SENA SEMILLERO GICS  
anailujhermed@misena.edu.co

**ALEJANDRO SUAREZ ESCARRAGA**

TECNOLOGO EN GESTION DE REDES DE DATOS.  
CEET SENA SEMILLERO GICS  
lasuarez16@misena.edu.co

**ING. MAURICIO ALEXANDER VARGAS RODRÍGUEZ, MBA**

M.Sc (c) Ingeniería - Telecomunicaciones  
INSTRUCTOR CEET SENA, INVESTIGADOR GICS  
vrmauricio4@misena.edu.co

## RESUMEN

Actualmente se está realizando la transición de redes dedicadas a redes NGN (las cuales transportan varios servicios sobre una misma infraestructura), para estos servicios es fundamental garantizar la calidad de servicio (QoS) de los servicios que se están transmitiendo por los diversos medios que soportan las NGN, especialmente servicios multimedia como VoIP, VIP e IPTV entre otros.

La razón de este trabajo es analizar diferentes métodos para garantizar la QoS en VoIP. La implementación actual de la telefonía IP aun presenta ciertos inconvenientes en cuanto a calidad de servicio. El objetivo es buscar diferentes factores y/o escenarios para encontrar en donde este puede fallar. Así mismo, verificar los métodos que se puedan implementar para mejorar la calidad de acuerdo a los datos recolectados en diversos escenarios de aplicación.

Se presentan algunas opciones para la mejora con respecto a VoIP, tanto en handovers verticales, la utilización de técnicas de multiplexación y un incremento en el número de llamadas en VoIP, lo que nos da a entender es que estos métodos pueden ser implementados con el fin de mejorar el desempeño de esta aplicación en una red determinada, además de dar a conocer los métodos de cuantificación de QoS conocidos como métricas. Este proyecto se realiza bajo el enfoque del estudio de los parámetros relativos y garantizados en las redes all-IP (NGN).

**PALABRAS CLAVE:** Calidad de Servicio, Servicios Diferenciados, Servicios Integrados, Retardo, Jitter, Pérdida de paquetes

## ABSTRACT

Currently the transition towards NGN networks (which transport various services over the same infrastructure), for these services is essential to ensure the quality of service (QoS) services that are transmitted by various means that support NGN, especially multimedia services like VoIP, VIP and IPTV among others.

The reason for this paper is to analyze different methods to guarantee the QoS on VoIP. The current implementation of IP telephony still has some issues when it comes to quality of service. The goal is to look for different scenarios where QoS may fail. That way, we can verify different methods which can be implemented to better the quality according to recollected data in different scenarios of application.

We propose different options to better the QoS on VoIP, using vertical handovers VHO, the utilization of techniques on multiplexing and incrementing the number of calls on VoIP, which allow us to understand that these methods can be implemented with the objective of improve the performance of this application in a network we also give an inside to the measurable methods to verify QoS known as metrics. This project is created under the approach to the study of the relative parameters and guaranteed parameters of the NGN networks.

**KEYWORDS:** QoS, DiffServ, IntServ, Delay, Jitter, Packets Loss

## 1. INTRODUCCIÓN

Las redes de telecomunicaciones son uno de los inventos que va en incremento a medida que los años avanzan, haciéndose una de las herramientas más necesarias y dependientes en el proceso de evolución, en el desarrollo del mercado laboral a nivel global, ya que la convergencia de los servicios en la red, ha hecho que la comunicación entre cualquier punto de nuestra ubicación geográfica sea más rápida y concisa, para lo cual se necesita que los servicios ofrecidos brinden calidad y seguridad para todos sus usuarios.

La calidad es un tema complejo ya que la garantía no es algo completo y es relativo según el concepto que se analice, siempre se presentaran mínimos detalles que harán que los resultados que se esperan varíen, pero con la utilización de estos métodos la calidad no será de forma absoluta, pero si se ayudara a mejorar el rendimiento, y a sentenciar la utilización de las funciones que poseen las métricas de calidad (Retardo, ancho de banda, Jitter, perdida de paquetes), la implementación de la multiplexación y la influencia de los estándares para la transmisión de datos, según los criterios de las recomendaciones internacionales en cuanto al tema de la calidad en las redes IP, que es lo que se busca para que los clientes estén satisfechos con los servicios acordados, mediante la recolección de la información de papers, artículos de revistas nacionales, libros, y bases de datos universitarias,

se permitió el enfoque hacia el análisis de las experiencias empíricas generadas en estos, y los conceptos teóricos se pudieron obtener conclusiones en el presente proyecto.

La calidad de servicio (QoS) es un conjunto de características que se proveen en una red para brindar calidad, por lo que se debe garantizar que la información llegue de un extremo a su destino final, esta depende del tipo SLA (Service Level Agreement) establecido entre el cliente y su proveedor de servicios [1], pero también está sujeto al factor subjetivo regulatorio conocido como la QoE, y juntos ayudan a establecer si la medición de las características establecidas cumplen con los estándares de calidad propuestos[2]. Otro medio utilizado para la QoS es la aplicación de los modelos de calidad, los cuales ayudan a controlar todos los recursos para el flujo de datos en la red, determinando la prioridad de pueden tener algunos paquetes y ayudar a identificar el por qué algunas veces la información puede tardar al llegar a su destino. [3] [4].

Las métricas de calidad nacen con la intención de poder medir y analizar todos los parámetros y las fallas que se presenten en la red, por lo cual se dice que es un grupo de recomendaciones que garantizan los criterios que deben tener las aplicaciones y servicios ofrecidos, y que la red debe ser capaz de soportar, acomodando todas las demandas que el usuario desee transportar, y así que el prestador de servicio responda a tiempo con las necesidades del cliente. Por eso con el siguiente estudio se busca encontrar la importancia que han tenido las métricas para la resolución de problemas para la convergencia de las redes IP [5] haciendo énfasis en como con el apoyo de la multiplexación, y los estándares para la alta velocidad en transferencia de datos, ayudan a establecer el rendimiento del flujo en la red, lo cual es un ítem crucial para la QoS, porque si no hay una velocidad que llene los requerimientos de transmisión la calidad de servicio decae; lo que influye de manera directa a que un servicio falte a la calidad que se espera, por esto se busca comprender el funcionamiento de estos elementos en cuanto a la garantía que ofrecen los servicios.

La investigación planteada está enfocada en conocer aquellas recomendaciones que establecen las organizaciones como la ITU, IETF[6] entre otros, con sus soportes de lineamientos y como estos aplicados a una amplia gama de tipo de servicios, aplicaciones y mecanismos de diferente naturaleza: real time, non real time, streaming, servicios multimedia), junto con el interfuncionamiento mediante la migración de las redes tradicionales y las redes NGN o la unión de ellas a través de la utilización de los diferentes protocolos estándares pueden generar un servicio de forma garantizada de extremo a extremo, por eso de manera técnica se busca interpretar estos conceptos, para conocer la importancia y los aportes de las métricas en el estudio y avance de la resolución de problemas de QoS en cuanto a las redes All-IP.

## 2. METODOLOGÍA

Los métodos utilizados para el desarrollo del siguiente trabajo de investigación, el análisis de la situación actual y de la importancia que tienen las redes All-IP, para la prestación de servicios, por esto se tomó en cuenta la problemática generada en Colombia por la falta de QoS y se llevó al campo de investigación, para entender de forma teórica porque las fallas, y como puede ayudar a mitigar todas estas fallencias mediante la implementación de las normas o estándares internacionales frente a la falta de garantía en la QoS para la convergencia de la comunicación actual.

Las métricas de calidad y las variaciones en el canal de transmisión de datos son los factores en el estudio realizado, ya que mediante esto se emplearon una serie de elementos e instrumentos para la recolección de información, pero para llegar a esto se tuvo que delimitar, el tema para el cual se tendría como objeto de estudio dentro de la calidad de servicio, se procedió de forma técnica a investigar en bases de datos, en las páginas de periódicos nacionales para la consulta de las fuentes bibliográficas en el objeto de estudio, se analizó la información y se procedió a comparar estos datos con las redes de nuestros días. Este trabajo busca conocer de forma teórica las funciones y las distintas aplicaciones de estos elementos regulatorios dentro de los parámetros de la red IP de la telefonía, que presenta ciertos inconvenientes en cuanto a calidad de servicio y por ende en la calidad de la experiencia, el objetivo es buscar diferentes factores y/o escenarios en donde se presenten fallas, y así mismo plasmar los métodos que se puedan implementar para mejorar la calidad de acuerdo a los datos recolectados y de esta manera saber si es factible el uso de estos parámetros para mejorar la QoS en diversos escenarios.

### 3. CONTENIDO

Las personas cada vez están migrando de las redes comunes dedicadas hacia el uso de redes convergentes (multiservicio) ya que estas proporcionan una facilidad de uso y reducción de costos tanto para los usuarios finales como para las empresas proveedoras de servicios [7]. Además de que la familiaridad que este servicio tiene con internet lo cual es por lo que la mayoría de empresas y personas usan para mejorar su desempeño laboral hace que el aumento del uso se más rápido de lo que alguna vez se haya visto con algún otro tipo de servicio en los últimos años [8].

La calidad de servicio (Quality of Service) es un tema muy amplio que puede ser abarcado desde diferentes perspectivas, enfocándose desde el análisis de la estructura en los elementos de autenticación de la red, donde algunos algoritmos pueden arrojar datos específicos sobre el retardo que puede producirse [9], o desde el modelo de servicio que estudia los recursos, permitiendo priorizar el tráfico, buscando así, de esta manera que no se produzca sobrecarga en los nodos, lo que pretende proveer un tratamiento de QoS mediante la clasificación y asignación de prioridades a los paquetes y así aprovechar los recursos disponibles[10].

Sea una red inalámbrica o cableada, actualmente las variaciones del estándar del ancho de banda son un tema de gran relevancia ya que a mayor ancho de banda, se tendrá mayor velocidad de transmisión de datos. La QoS depende de muchos factores, principalmente del SLA estipulado, ya que de acuerdo a lo establecido será equivalente a la QoS ofertada[11], en cuanto al servicio adquirido referente al VOIP, se miden ciertos factores que están relacionados a la red como lo son los Codecs para comprimir y descomprimir la voz, en los cuales se pueden ver reflejados las aplicaciones de los diferentes parámetros de calidad [12].

Con el aumento del tráfico multimedia como VoIP en internet a través de los últimos años muchos de los protocolos utilizados actualmente tienen ahora requerimientos de QoS aplicados a los mismos pero aun así TCP sigue primando en las comunicaciones en internet

lo que significa hay efectos negativos sobre la comunicación ya que todavía se sigue priorizado el tráfico TCP sobre el multimedia [13].

Para poder llenar los requerimientos de VoIP se requiere la priorización del tráfico multimedia con respecto al tráfico TCP además de la asignación de recursos para garantizar niveles de QoS óptimos [14]. Los servicios como la telefonía han sufrido transiciones de importantes encontramos como de la de la telefonía de forma análoga ahora estamos en la forma digital, y para la telefonía móvil se han realizado grandes cambios desde el radio de coberturas, servicios (voz y SMS) y la forma inalámbrica y como se ha logrado llegar a la integración de (voz, datos y multimedia) en los servicios con el avance de las redes de 2G a 4G y aun se tiene expectativa para las redes 5G[15].

El siguiente artículo muestra cómo funciona la calidad que se brinda para los servicios de las redes de telecomunicaciones actuales, en especial para las redes de telefonía (VOIP), debido a que este es un servicio que ha hasta el día de hoy es utilizado, aunque actualmente el servicio de telefonía celular es amplio y su uso es constante en cualquier ámbito, por eso la intención principal del paper es mostrar la influencia que tiene estos servicios en nuestra vida cotidiana, y como es que se mide la calidad de los servicios desde las bases teóricas.

#### 3.1. MULTIPLEXACION PARA MEJORAR LA QOS

La siguiente opción que presenta [16] es el uso de la multiplexación para mejorar la calidad de servicio en los usuarios finales, se da un esquema de multiplexación de RTP, se usa un factor-R de la ITU para calcular la calidad de la voz se muestra que el ahorro del ancho de banda al momento de multiplexor y el tamaño del paquete para algunos buffers como una latencia pueden ser afectados. Esta herramienta de mejora puede ser aplicada en escenarios en los cuales por ejemplo una empresa con diferentes oficinas conectadas vía internet, pero esta no siempre será la mejor opción de uso ya que el incremento del flujo no mejora la eficiencia del ancho de banda indefinidamente ya que llega a un punto de saturación.

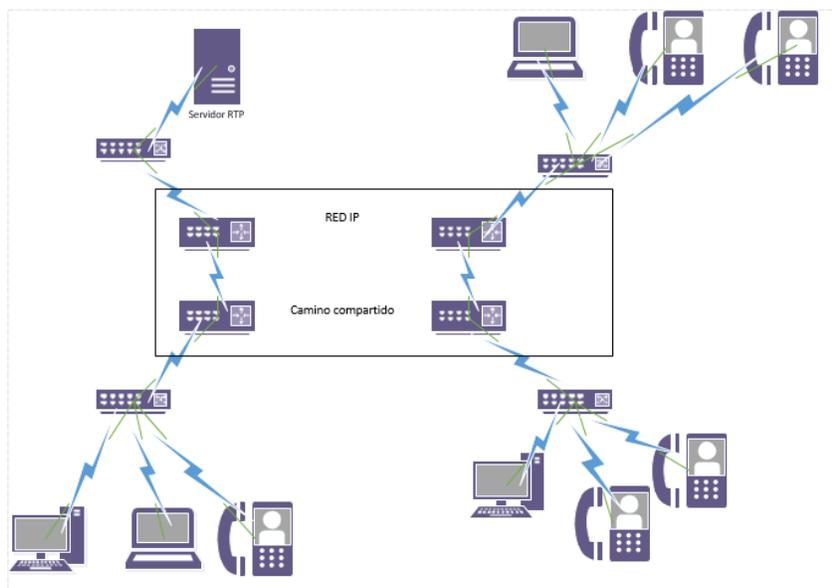


Figura 1 Multiplexación RTP

Como se puede observar en la Figura 1 se usa la Multiplexación RTP para aliviar la carga del tráfico multimedia entre la red haciendo un mejor uso del ancho de banda.

### 3.2. HANDOVERS VERTICALES

En este escenario se propone un esquema para garantizar handovers verticales, lo cual en su sentido más simple es cambiar de una tecnología a otra para seguir teniendo acceso a internet, esto presenta problemas ya que como no todas las redes tienen las mismas especificaciones hay una latencia de cambio la cual afecta la QoS del usuario final en el uso de sus aplicaciones, en [17] se propone un esquema de AVHRC (adaptative vertical handover rate control) para VoIP y se usan diferentes tecnologías para hacer las VHO entre las cuales están General Packet Radio Service (GPRS), WLAN y Worldwide interoperability for microwawe Access (WiMAX), los cuales permitirán los cambios de tecnologías pero sin la perdida de conexión.

Este método para vertical handovers mejora significativamente los requerimientos de QoS en VoIP incluso cuando las condiciones de conexión no son muy buenas este mejora la carga de trabajo y la latencia de las entregas de paquetes para usuarios móviles comparadas a RTP (real time protocol) y a TFRC (TCP friendly rate control).[17]

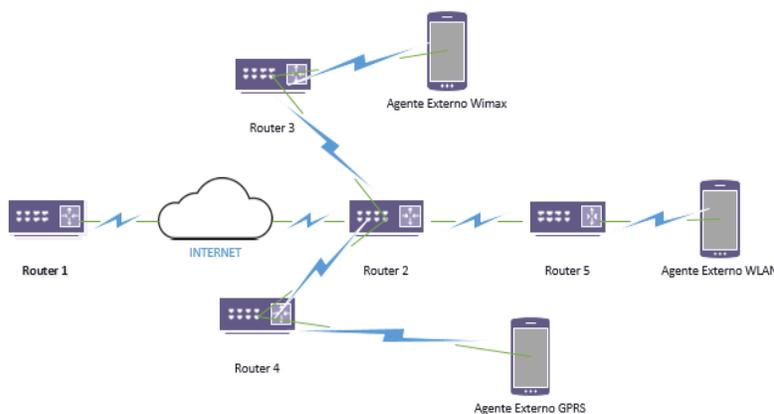


Figura 2 Handovers verticales

Como se observa en Figura 2 se presenta un esquema en el que se realiza cambios de tecnología para permitir la comunicación entre Wimax, WLAN y GPRS.

### 3.3. INCREMENTO DE LA CANTIDAD DE LLAMADAS EN VOIP

En este método para mejorar los requerimientos y alcanzar la mayor cantidad de llamadas se muestra que el desarrollo de la 802.11 de capa 2 no conoce requerimientos actuales para las aplicaciones multimedia como VoIP como se muestra en [18], pero la IEEE ha desarrollado el estándar 802.15.3 es propuesto para incrementar el ritmo de transferencia de datos en redes inalámbricas reduciendo costos y consumo de energía en los dispositivos portables dentro de la red.

El estándar 802.15.3 de la capa de enlace de datos y física, en redes personales inalámbricas que provee un ritmo en el rango de 11 a 55 Mbps. El estudio se realiza implementando un superframe usando tarjetas WLAN 802.11b y mecanismos MAC, todos los marcos de datos y solicitudes CTA fueron formateadas de acuerdo a los estándares 802.15.3, las funciones de sincronización se han logrado con sockets UDP, cronómetros de alta resolución. En resultados teóricos de emulación muestra que la capa 2 en 802.15.3 que puede resistir hasta 12 llamadas full dúplex y satisface requerimientos de QoS con respecto aplicaciones modernas multimedia.

## 4. MÉTRICAS DE QOS

Los parámetros de calidad de servicio son aquellos factores objetivos medibles, que se encargan de estudiar el rendimiento y el flujo de transmisión de la información en la red. Los parámetros de calidad de servicio abarcan los fenómenos de pérdida de paquetes, retardo, jitter y el ancho de banda disponible, estos son los factores medibles de la red, y los estándares internacionales han presentado varias recomendaciones para que se lleve a cabo el cumplimiento de medición de estos conceptos [19][20].

**4.1. PERDIDA DE PAQUETES:** ocurre cuando uno o más paquetes de datos que fluyen a través de una red IP fallan al alcanzar su destino. Esto se debe a varios factores, entre los cuales encontramos saturación de la red, paquetes con error, degradación de la señal o fallas en el hardware.

**4.2. RETARDO:** Es el tiempo que tarda la emisión de un paquete hasta llegar al receptor, es el intervalo que ocurre entre la transmisión de un paquete que puede llegar de manera satisfactoria a su destino, pero con errores a través de una red. El retardo se produce cuando la data procesada viaja a través de muchos componentes y sistemas, que pueden causar disminución de la velocidad y del almacenamiento.

**4.3. JITTER O VARICION DEL RETARDO:** Son variaciones o fluctuaciones del tiempo de retardo en los nodos de espera en la red. Estos pueden llegar a degradar la calidad de la transmisión si se es alta.

**4.4. ANCHO DE BANDA:** El ancho de banda es un factor fundamental ya que es el canal para transmitir la información, es decir, el flujo de datos que pueden ser transportados en la red. Es directamente proporcional a la pérdida de paquetes.

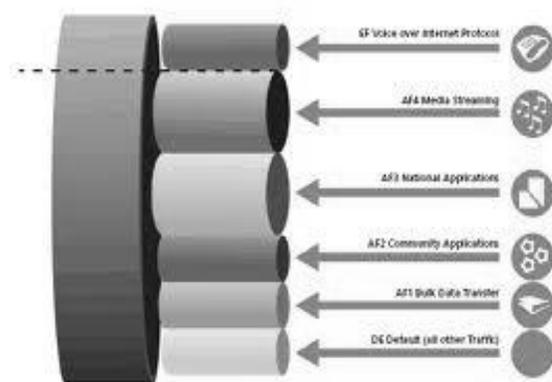


Figura 3 Banda Ancha Tomado de elastixtech.com [25]

## 5. CALIDAD DE LA EXPERIENCIA (QoE) o MEDICIONES SUBJETIVAS

Las mediciones de la métrica de percepción de calidad de servicio subjetiva aplica el Modelo MOS, es una recomendación estandarizada en la ITU-T P.800[21], donde se toma como base estos descriptores numéricos y luego se procede a su respectivo análisis, es una forma que buscan estos operadores para identificar el grado de satisfacción de sus usuarios.

MOS	CALIDAD
5	Excelente
4	Buena
3	Aceptable
2	Pobre
1	Mala

Tabla 1 Mecanismo MOS [21](Mean Opinion Scores) basada en la recomendación ITU-T P.800

La ITU ha propuesto recomendaciones desde la Y.1540 y la recomendación Y.1541 como una serie de parámetros ideales para la calidad de servicio, que dependen del modelo del servicio y la clasificación de estos. Así como lo ilustra la siguiente Tabla 2 Clases de QoS basada en la recomendación Y.1541[22]

FUNCIONAMIENTO DE PARÁMETRO DE LA CALIDAD EN LA RED	CLASES DE CALIDAD DE SERVICIOS (QOS)					
	CLASE 0	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE 5*
<b>IPD</b> (RETARDO DE TRANSFERENCIA DE PAQUETES IP)	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	U
<b>IPDV</b> (VARIACIÓN DEL RETARDO EN LOS PAQUETES IP)	50 ms	50 ms	U	U	U	U
<b>IPLR</b> (TASA DE PÉRDIDAS DE PAQUETES IP)	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	U
<b>IPER</b> (PROPORCIÓN DE ERROR EN LOS PAQUETES IP)	Límite máximo	$1 \times 10^{-4}$				U

Donde \* significa clase no especificada.

“U” significa sin especificado o sin límites.

Tabla 2 Clases de QoS basada en la recomendación Y.1541[22]

## 5.1. MODELO E

El modelo E, es una recomendación creada por la ITU-T G.107, en la cual se utiliza para verificar o estimar la cantidad de factores que pueden deteriorar la QoS de voz percibida, y la versión de los Codecs para realizar una llamada óptima, analizar la cantidad máxima de paquetes perdidos y el ancho de banda recomendado, de acuerdo a como lo muestra la Figura 4 Modelo E basado en la Recomendación ITU-T G.107.

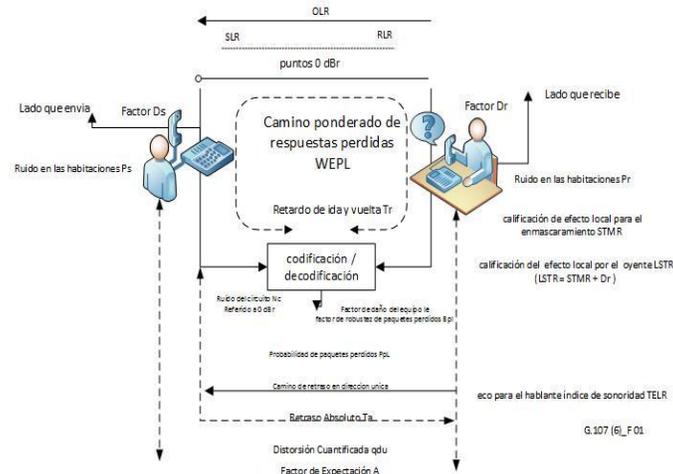


Figura 4 Modelo E basado en la Recomendación ITU-T G.107

Los parámetros o métricas de la calidad de servicio son un tema que se enfoca en el estudio y avance de desarrollo de las redes, que ayudan a mitigar la falta en cuanto a QoS, son un énfasis muy importante ya que mediante la QoE se puede determinar la cierto grado de calidad de extremo a para los servicios en las redes convergentes[15][23].

## 6. MODELOS DE CALIDAD DE SERVICIO

Los modelos de calidad de servicio se clasifican en dos grupos: IntServ e DiffServ[24]. DiffServ es un Modelo que implementa un código al datagrama para definir el tipo de prioridad, así los demás nodos de la red deben conocer e identificar el código para identificar la prioridad que se le dará al paquete. El modelo DiffServ (RFC 2475), este etiqueta a los paquetes para darle un tratamiento diferenciado (IPV4 e IPV6), se encarga de realizar un acuerdo entre SLA del ISP y el cliente, no se reserva recursos para un tráfico en específico.

En cuanto al Modelo IntServ, propuesto por la IETF, con el objetivo de implementar protocolos para la reserva y el control del paso de los paquetes que fluyen a través de los nodos de la red.

### SITUACIÓN DE LA QOS EN LAS REDES MÓVILES EN COLOMBIA

Las métricas de calidad ayudan a determinar las variables actuales para la falta de QoS en los servicios, resaltando las caídas de las llamadas o la degradación de la señal, que se relacionan con el ancho del canal, la pérdida de los paquetes o la congestión en las redes. Los servicios de telefonía recientemente han tratado de suplir sus faltas a la QoS, mediante la implementación de reposición de minutos extras para los usuarios, pero aun así las falencias siguen presentándose una y otra vez. ¿Pero por qué se da esto? Los cambios agigantados de la tecnología implican que todos los operadores deben someterse a estas nuevas normas, pero esto sería generar gastos en sus empresas por lo que se prefiere la adaptación gradual de la infraestructura para afrontar estos cambios.

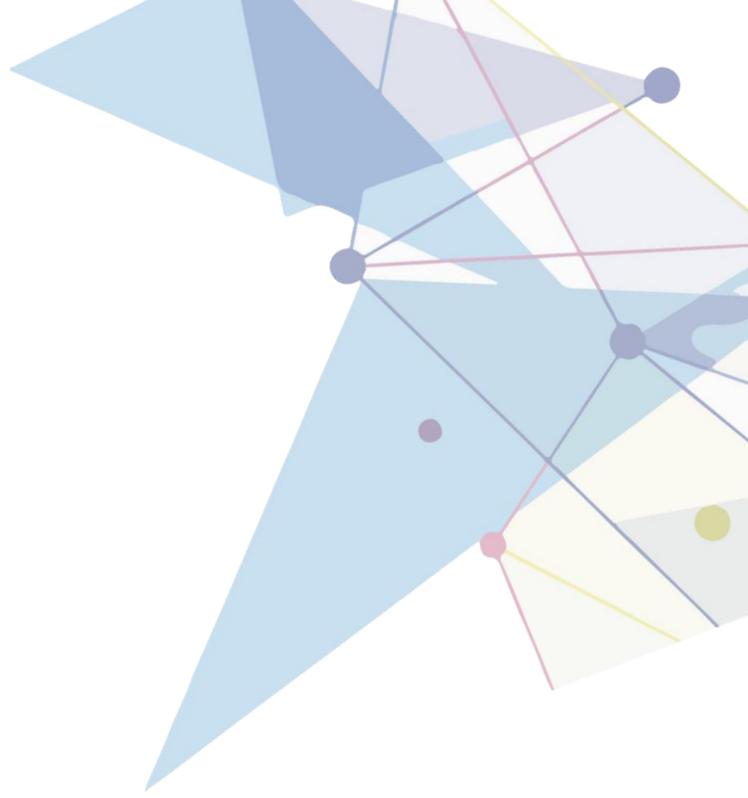
En Colombia según los registros de la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC), publicados en los artículos de noticias en el periódico el TIEMPO se estipula que aproximadamente más de 3 millones de llamadas se caen a diario, pero que este todo tiempo deberá ser compensado, según la norma de la comisión los operadores deben estar disponibles las 24 horas del día para atender todos los escenarios de la caída de llamadas. De acuerdo a Nancy Patricia Gutiérrez, presidenta de Asomóvil "Hay muchas circunstancias que son ajenas a los operadores.

Factores como el crecimiento de las ciudades, los bloqueadores de señal, los problemas de meteorológicos o la concentración de usuarios demandando datos, pueden afectar el servicio”.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Errais, B. Raouyane, and M. Bellafkih, “Towards an Autonomous System for QoS management of IMS networks,” *J. Comput. Sci.*, vol. 8, no. 4, pp. 481–489, 2011.
- [2] K. R. Laghari, O. Issa, F. Speranza, and T. H. Falk, “Quality-of-Experience Perception for Video Streaming Services : Preliminary Subjective and Objective Results,” *Signal Inf. Process. Assoc. Annu. Summit Conf. (APSIPA ASC)*, 2012 Asia-Pacific, pp. 1–9, 2012.
- [3] K. Sambath, M. Abdurahman, and V. Suryani, “High Quality of Service Video Conferencing over IMS,” *Int. J. Inf. Educ. Technol.*, vol. 6, no. 6, pp. 470–476, 2016.
- [4] G. Pibiri, C. Mc Goldrick, and M. Huggard, “Expected Quality of Service (eQoS) A Network Metric for Capturing End-User Experience,” *Wirel. Days (WD)*, 2012 IFIP, pp. 1 – 6, 2012.
- [5] F. J. G. A. Danilo Alfonso López Sarmiento, Diego A. Segura G., “THE BEHAVIOR OF DIFFSERV AND INTSER IN SMALL-SCALE IP NETWORKS,” *Redes Ing.*, vol. Vol. 2, Nú, 2011.
- [6] L. R. Fuentes, F. Iván, and R. Rodríguez, “Redes de próxima generación Next generation networks,” *Ser. Científica la Univ. las Ciencias Informáticas*, vol. 6, no. 1, pp. 65–75, 2013.
- [7] A. Y. Lee, “CONVERGENCE OF APPLICATION SERVICES IN NEXT-GENERATION NETWORKS,” *IEEE Commun. Mag.*, no. March, pp. 16–17, 2012.
- [8] G. Cecere and N. Corrocher, “The usage of VoIP services and other communication services: An empirical analysis of Italian consumers,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 79, no. 3, pp. 570–578, 2012.
- [9] D. Ponomarev, “Tensor model of IMS network,” *IV Int. Congr. Ultra Mod. Telecommunications Control Syst.*, pp. 63–69, 2015.
- [10] A. Saika, R. E. L. Kouch, B. Raouyane, and M. Bellafkih, “QoS in the MPLS-DiffServ Network,” *Sci. Electron. Technol. Inf. Telecommun. (SETIT)*, 2012 6th Int. Conf., pp. 507 – 510, 2012.
- [11] C.-Y. Wu, H.-J. Ho, and S.-L. Lee, “Minimizing energy consumption with QoS constraints over IEEE 802.16e networks,” *Comput. Commun.*, vol. 35, no. 14, pp. 1672–1683, 2012.
- [12] J. Shabbir, W. Mansoor, U. Tariq, K. Gul, and Z. Mahmood, “Voice over IP on Wireless LANs: A QoS Perspective,” *Int. J. Technol. Res.*, vol. Vol 2, No3, pp. 88–92, 2014.
- [13] C. Mbarushimana, a. Shahrabi, and T. Buggy, “A cross-layer TCP enhancement in QoS-aware mobile ad hoc networks,” *Comput. Networks*, vol. 57, no. 1, pp. 286–301, 2013.
- [14] R. C. García, O. J. Salcedo, D. a López, and L. F. Pedraza, “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO PARA VOZ SOBRE PROTOCOLO DE INTERNET (VoIP) EN REDES WIMAX SOBRE AMBIENTES IP/MPLS,” *Inf. tecnológica*, vol. 25, no. 2, pp. 24–38, 2014.
- [15] J. Kim, Q. Niyaz, and A. Y. Javaid, “Performance Evaluation of VoIP Broadcasting over LTE for Varying Speeds and Distances of Mobile Nodes,” *Broadband Multimed. Syst. Broadcast. (BMSB)*, 2014 IEEE Int. Symp., pp. 1 – 5, 2014.
- [16] J. Saldana, J. Fernández-Navajas, J. Ruiz-Mas, J. Murillo, E. V. Navarro, and J. I. Aznar, “Evaluating the influence of multiplexing schemes and buffer implementation on perceived VoIP conversation quality,” *Comput. Networks*, vol. 56, no. 7, pp. 1893–1919, 2012.
- [17] M. T. Baig, Z. Shah, and A. Baig, “AVHRC: A Scheme to Improve QoS for VoIP Traffic,” pp. 100–105, 2013.
- [18] J. S. Li, H. C. Kao, and W. H. Lin, “Achieving maximal VoIP calls in 802.11 wireless networks,” *Comput. Commun.*, vol. 33, no. 11, pp. 1296–1303, 2010.
- [19] W. A. Aziz, S. H. Elramly, and M. M. Ibrahim, “VoIP quality optimization in IP-Multimedia Subsystem (IMS),” in *Proceedings - 2nd International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation, CIMSIm 2010*, 2010, pp. 546–552.
- [20] S. Zhao, H. Jiang, Q. Cai, S. Sherif, and A. Tarraf, “HYBRID FRAMEWORK FOR NO-REFERENCE VIDEO QUALITY INDICATION OVER LTE NETWORKS 600 Mountain Ave , Murray Hill , NJ 07974,” *Wirel. Opt. Commun. Conf. (WOCC)*, 2014 23rd, pp. 1–5, 2014.
- [21] Unión Internacional de Telecomunicaciones -T, “UIT-T SERIE P: CALIDAD DE TRANSMISIÓN TELEFÓNICA Métodos de evaluación objetiva y subjetiva de la calidad,” *Ser. P Calid. Transm. TELEFÓNICA Métodos evaluación Objet. y subjetiva la Calid.*, vol. 800, 1996.

- [22] Unión Internacional de Telecomunicaciones -T, "Y.1541 Network performance objectives for IP-based services," Ser. y Glob. Inf. INFRASTRUCTURE, INTERNET Protoc. Asp. NEXT-GENERATION NETWORKS Internet Protoc. Asp. – Qual. Serv. Netw. performance., 2011.
- [23] F. Neves, S. Soares, F. Tavares, S. Cardeal, F. Neves, S. Soares, F. Tavares, and P. Assuncao, "ArQoS ® : System to monitor QoS / QoE in VoIP," EUROCON 2011 - Int. Conf. Comput. as a Tool - Jt. with Conftele 2011, pp. 1–2, 2011.
- [24] T. Abdelkarim, O. Mohamed, R. Brahim, and B. Mostafa, "NSIS-based Quality of Service Management in IMS Network," Multimed. Comput. Syst. (ICMCS), 2014 Int. Conf., vol. 83, no. December, pp. 11–15, 2013.
- [25] E. Tech, «QoS-Calidad de Servicio para VoIP,» [En línea]. Available: <http://elastixtech.com/qos-calidad-de-servicio-para-voip/>.



## 10. DRONESMANIA: MÁS ALLÁ DEL ENTRETENIMIENTO

**MÓNICA MARÍA SÁNCHEZ COLORADO.**

Magíster en Ingeniería Electrónica y Computadores

Directora Internacional

Fundación Global Arte Ciencia y Tecnología

[m.sanchezc@fundacionglobal.org](mailto:m.sanchezc@fundacionglobal.org)

## RESUMEN

Esta ponencia informativa busca brindar a los asistentes un panorama general de los diferentes usos y aplicaciones de los sistemas Aéreos No Tripulados (UAS sigla en Inglés) más allá de su aplicación más popular de tomar fotos y videos panorámicos desde las alturas.

**PALABRAS CLAVE:** Dron, Dronecode, Sistemas Aéreos No Tripulados.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los multirotores, Sistemas Aéreos No Tripulados (UAS sigla en Inglés) o popularmente conocidos como drones, es una tecnología emergente que está brindando una nueva forma de solucionar problemas de ingeniería a bajo costo, así mismo, ha abierto una línea de entretenimiento que escala la visión del ser humano a las alturas, un punto de vista diferente que anteriormente solo estaba disponible a través de los satélites.

En esta ponencia se brinda información general de usos y aplicaciones de los multirotores en Ingeniería, se presenta la propuesta para desarrolladores y programadores Dronecode que están patrocinando las diferentes empresas del sector, información general sobre la reglamentación de uso de esta tecnología e información sobre los drones como fuente de energía eólica.

### 2. CONTENIDO

#### 2.1. MERCADO PROFESIONAL DE LOS DRONES

Actualmente como lo presenta Yannick Levy en su ponencia "Using Consumer Drones in Professional Applications" [1] se han definido tres campos profesionales para usos y aplicaciones de los drones:

**Topografía y mapeo:** básicamente se utiliza en las minas, canteras y para observar el estado real de los proyectos en tierra. En el 2011 este mercado se estimó en \$5 billones de dólares.

**Inspección y vigilancia:** Se utiliza para inspeccionar las redes eléctricas, las líneas de gasoducto, represas, sitios, depósitos, entre otros. En el 2014 se estimó este mercado global en \$15 billones de dólares, 2 millones de kilómetros de caminos alrededor del mundo. Un millón de estructura de ingeniería civil en América.

**Agricultura:** básicamente se utilizan los drones en campos, bosques, cultivos, entre otros. Más de 500.000 fincas con más de 10 Km<sup>2</sup> alrededor del mundo. En el 2015 se estimó que se utilizan entre 40.000 y 50.000 drones para Agricultura en Estados Unidos y se tiene una predicción de 80.000 drones que se utilizarán en el 2016.

#### 2.2. MERCADO MIXTO DE LOS DRONES

Levy, utiliza la expresión en inglés "prosumer markets" para definir el mercado de drones de consumo por los aficionados pero que se utilizan en labores profesionales.

En esta categoría se definen los siguientes tres campos:

**Medios de comunicación/cine:** los drones son utilizados por estaciones de TV y productores. Hay 15.000 estaciones de TV en el Mundo. Los ingresos de la Industria de Medios en Estados Unidos representan 125 billones de dólares.

**Bienes raíces/Arquitectura:** los drones son utilizados por agentes inmobiliarios y arquitectos En Estados Unidos hay 2 millones de licencias de bienes raíces, 100.000 firmas de bienes raíces y 5 millones de casas vendidas por año. Algunas labores de rutina son la inspección del techo, de la pintura y/o el estado de la construcción

**Seguridad civil:** los drones son utilizados por el cuerpo de bomberos y la policía. Más de un millón de policías en Estados Unidos. Más de un millón de bomberos en Estados Unidos. [2]

### 2.3. MERCADO DE ENTRETENIMIENTO

Este mercado de consumo fue el que popularizó a los drones en los últimos años. Actualmente se identifican tres campos en este tipo de mercado, excluyendo su uso en el cine, ya que el cine se considera una aplicación profesional.

**Captura de video:** Es el uso más popularizado entre los consumidores. Hacer algunas tomas fotográficas aéreas ó de videos solo por diversión.

**Show aéreos:** Son espectáculos relativamente nuevos, donde se optimizan las ventajas de los drones y de la programación que se les puede dar para que trabajen colaborativamente.

**Competencias:** Se están popularizando tanto las competencias de drones a nivel educativo como para los aficionados.

### 2.4. DRONECODE

El Proyecto Dronecode como menciona en su website [www.dronecode.org](http://www.dronecode.org), es un proyecto colaborativo de código abierto que reúne a los existentes y futuros proyectos de código abierto bajo una estructura sin ánimo de lucro regida por la Fundación Linux. El resultado será una plataforma de código abierto común para los Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs). Este proyecto inició en el año 2014 como una evolución de la plataforma arduino en el Ardupilot creada por Jordi Munoz y actualmente en Ardupilot Mega (APM).

Como lo menciona Craig Elder [3], el Administrador para la Comunidad de Dronecode, Dronecode proporciona recursos y herramientas a la comunidad de desarrolladores de código para innovar en sus proyectos de control de vuelo. Actualmente es la opción más económica para vuelos autónomos y se estima que la están utilizando entre 700 y 1200 compañías.

### 2.5. REGLAMENTACIÓN DE USO DE LOS DRONES

Ross A Buntrock [4] de Asuntos Legales de Arnall Golden Gregory, menciona en su conferencia que en Estados Unidos, la regulación del uso de los drones tiene como antecedente el uso de aviones de aeromodelismo que reglamentó la FAA (Federal Aviation Administration) en junio de 1981.

Antes del 2008, la FAA permitió a los UAS operar comercialmente en forma ad-hoc utilizando diversos mecanismos tales como certificados de aeronavegabilidad especiales y certificados de exención y autorización. A partir del 2008 se estableció el Comité de Reglamentación de Aviación (ARC sigla en Inglés) para pequeños UAS.

En el año 2012 se estableció la Sección 333 de la FAA que es la que regula el uso de los pequeños UAS, donde la reglamentación tiene en cuenta el tamaño, peso, velocidad, capacidad operativa, la proximidad a los aeropuertos y a zonas pobladas, además que su operación no esté dentro de la línea visual de avistamiento y no generen un peligro para los usuarios del sistema aeroespacial nacional o el público o no supongan una amenaza para la seguridad nacional. Brendan Schulman [5], Vicepresidente de Políticas y Asuntos Legales de dji, en su conferencia afirma que hasta el momento los países que actualmente han propuesto dentro de su reglamentación para UAS los de bajo peso son: Canadá, Australia, Holanda, Reino Unido, Francia, España, México, Nueva Zelanda y la Unión Europea tiene una clasificación de categorías especiales que son abierta, específica y certificada.

Don Roby, del Comité de Aviación de los Estados Unidos y miembro de la Asociación Internacional de Jefes de Policía [6], presentó en su ponencia cómo los departamentos de policía en Estados Unidos han hecho solicitudes de exención a la sección 333 para la aplicación de los drones en su trabajo específicamente para respuestas de rutinas a llamadas para servicios y para operaciones especiales. En el 2015, 45 Estados de los Estados Unidos han considerado 156 proyectos de ley relacionados con drones, 19 Estados han pasado legislaciones sobre los drones y 4 Estados han adoptado resoluciones relacionadas con drones.

## 2.6. ENERGIA EÓLICA

Udo Zillmann [7] Socio Administrador de la compañía daidalocapital wind drones, afirma en su conferencia que el mercado global de los aerogeneradores ó turbinas de viento es un gran mercado. En el 2013 fue de 80 billones de dólares, creciendo un promedio de 25% en la última década y que seguirá creciendo con fuerza. Por el momento los drones de viento no representan un gran mercado frente a las turbinas de viento, pero allí hay un mercado potencial, ya que la Energía es un gran negocio a nivel mundial y la energía eólica representa menos del 1% de consumo de la energía total mundial. Actualmente, las turbinas de viento en tierra están a punto de llegar a ser competitivas con el carbón y el gas natural y en algunas regiones la energía eólica es más barata que la electricidad. Ahora entre drones de viento con el potencial de reducir los costos a un cuarto, con una producción más estable y con la capacidad de desplegarse en casi cualquier lugar, se predice que este nicho de mercado va a ser más barato que el carbón, el gas, la energía nuclear y la hidroeléctrica. La revolución digital ahora está llegando al mercado más grande del mundo a través de los drones: el mercado de la energía.

## 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

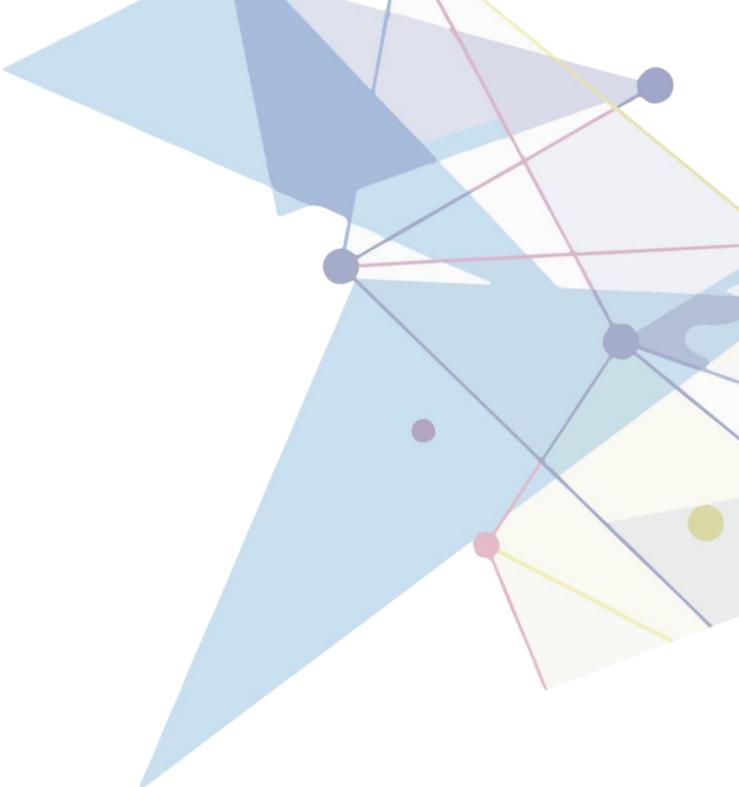
El mercado emergente de los drones abre un sin número de mercados alternos no solo de sus aplicaciones industriales y de servicios sino el mercado potencial de la energía eólica, que representa en conjunto un mercado de más de un trillón de dólares, por tanto, los drones ahora son más que un simple hobby, un simple juguete de entretenimiento, ya hacen parte de la economía mundial.

Como mercado emergente, aún la reglamentación aeroespacial está en construcción, pero lo que se ha construido ya se está aplicando. Países como Estados Unidos y la Unión Europea, han hecho un gran esfuerzo en este tema que no solo se limita al espacio público, sino a las violaciones de espacios privados. Todo país donde se utilice un drone debe tener reglamentación y Colombia no es la excepción, ya la aeronáutica civil expidió una circular que regula el uso de los drones.

Esta ponencia presenta información general que los asistentes pueden ampliar revisando las fuentes bibliográficas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Yannick Levy. "Using Consumer Drones in Professional Applications," en Conferencia Interdrone 2015.
- Yannick Levy. "Using Consumer Drones in Professional Applications," en Conferencia Interdrone 2015.
- Craig Elder, "Dronecode", en conferencia Interdrone 2015.
- Ross A. Buntrock, "Obtaining Section 333 Exemptions and Overview of State Law Developments", en conferencia Interdrone 2015.
- Brendan Schulman, "Drones and the Law. What´s on the Horizon?", en Conferencia Interdrone 2015.
- Don Roby, "sUAS: Where are We Now?". En Conferencia Interdrone 2015.
- Udo Zillmann, "Wind Energy Producing Drones – A Trillion Dollar Market", en Conferencia Interdrone 2015.



## 11. DISEÑO DE UNA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO TIPO FÓRMULA

### **ANDERSON FRANCOIS ARDILA ORDOÑEZ**

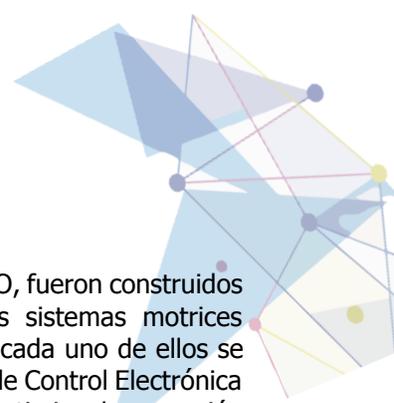
Ingeniero Electrónico U.N.  
Instructor e investigador GICS  
SENA Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones  
afardilao@misena.edu.co

### **LEONARDO HERNÁNDEZ CALDERÓN**

Aprendiz MELI  
Semillero GICS  
SENA Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones  
lhernandez139@misena.edu.co

### **JUAN DAVID MARÍN QUINTERO**

Aprendiz MELI  
Semillero GICS  
SENA Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones  
jdmarin396@misena.edu.co



## RESUMEN

Los vehículos eléctricos tipo fórmula, que hacen parte de la competencia de Fórmula SENA ECO, fueron construidos en 2013 a partir de dos motos eléctricas. De esta manera, cada vehículo posee dos sistemas motrices independientes que operan sin un vínculo directo entre ellos, y el desempeño dinámico de cada uno de ellos se ve afectado por el otro. En este punto, dadas las características de la competencia, la Unidad de Control Electrónica (ECU) representa un sistema abierto que centraliza el funcionamiento del vehículo en pro de optimizar la operación de cada sistema descrito. La construcción de un prototipo surgió a partir de un diseño de hardware y software aplicando modelos analíticos y la adquisición de datos en campo tomada en prácticas libres y competencias. La función de control de aceleración electrónico definida en esta unidad, contribuyó a una reducción del 26% en el tiempo de reacción al arrancar el vehículo. La implementación de esta unidad en el vehículo eléctrico de la Escudería DCM mejorará los tiempos obtenidos en las competencias anteriores y representa una potencial aplicación para los vehículos eléctricos no sólo de los demás equipos de la competencia sino de los fabricantes nacionales también.

**PALABRAS CLAVE:** control de aceleración electrónico, Fórmula SENA ECO, sistema motriz, Unidad de Control Electrónica (ECU), vehículo eléctrico.

## ABSTRACT

The formula type electric vehicles, that are part of Formula SENA ECO competition, were built with 2 scooters in 2013. In this way, each vehicle has two stand-alone power systems that they work without a direct link between them, and the dynamic performance of each one is affected by another. At this point taking into account the competition's features, the Electronic Control Unit (ECU) represents an open system used for centralizing the vehicle's operation in order to optimize the performance of each mentioned system. The construction of a prototype drew from hardware and software design, applies analytic models and the field data acquisition made in free practices and competitions. The function of the electronic throttle control defined in this unit, contributed to a 26 percent reduction in the reaction time in acceleration tests. The implementation of this unit in the DCM team electric vehicle will improve the times obtained in previous competitions and it represents a potential application for the electric vehicles not only for the rest of Formula SENA ECO teams but for national manufactures as well.

**KEYWORDS:** Electronic Control Unit (ECU), electric vehicle, electronic throttle control, Formula SENA ECO, power system.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los automóviles cada día incluyen más componentes electrónicos que proporcionan una amplia cantidad de información. La evolución en los componentes electrónicos y la preocupación por asegurar la menor cantidad de emisiones de gases contaminantes y mejorar el kilometraje en los vehículos de combustión, hizo que a principios de la década de los 80s, se generara una articulación entre el área automotriz y electrónica para la construcción de una unidad de control electrónica ECU. De este modo, los procesadores Intel 8061 fueron utilizados en casi todos los automóviles Ford construidos desde 1983 hasta finales del siglo 20 [1]. En este sentido, aunque los vehículos eléctricos EV tuvieron un periodo opacado por los de combustión, fue precisamente los resultados de la aplicación de la infraestructura electrónica en estos últimos, lo que permitió una rápida evolución de los primeros, que probablemente represente la principal razón que genere expectativas en los usuarios de EV[2]. La estructura de una planta motriz eléctrica se compone básicamente de 4 componentes principales [3]:

Un motor eléctrico

Un sistema de transmisión de potencia

Una unidad de control electrónica o sistema de control

Un paquete de baterías

Dicho arreglo se evidencia en la mayoría de vehículos eléctricos con la particularidad que dependiendo la potencia del sistema, algunos circuitos de electrónica de potencia salen de la ECU, tal como el inversor o controlador del motor. Este es el caso de los EV de Fórmula SENA ECO, donde cada sistema motriz está compuesto por un ICM, que ejecuta las tareas de una ECU, un motor eléctrico BLDC de flujo axial de 28HP, un controlador del motor y un set de baterías de LiFePO4, 5.1kWh y 130V. Este sistema motriz correspondiente a la moto Vectrix VX1 Li1+ tiene implementado una comunicación CAN entre sus componentes electrónicos que aplica el estándar SAE J1939, cuyo diagnóstico puede ser ejecutado a través del software del fabricante y/o el sistema de adquisición de datos implementado en el proyecto de diseño de un Módulo CAN hecho previamente [4].

De acuerdo a lo anterior, y teniendo en cuenta que este sistema motriz es cerrado, mejorar el desempeño dinámico de este vehículo tipo fórmula se limitaría sólo a las maniobras de las áreas operativas mecánicas. Por tal razón, a partir de mediciones realizadas en los diferentes módulos electrónicos mencionados, se identificó la posibilidad de cambiar el dispositivo que controla la aceleración del vehículo. Este elemento que va ajustado al pedal del acelerador cuenta con un sensor magnético con unidad programable preestablecida que genera una señal PWM con frecuencia fija de 1kHz.

Bajo esta perspectiva, este artículo presenta el diseño de una ECU que toma el control del nivel del acelerador y lo integra con la adquisición de datos hecha a través de la comunicación CAN, para implementar un control de tracción electrónico para el vehículo. Asimismo, centraliza dicha información adquirida en un solo sistema, de tal manera que la transmisión de datos al módulo de telemetría resulta más fácil de implementar utilizando sólo un canal y no dos como antes. La validación parcial del diseño propuesto es presentada a través de los resultados obtenidos en el desempeño del vehículo eléctrico en las pruebas de aceleración y frenado realizadas en prácticas libres y competencia, donde se busca reducir el tiempo del recorrido definido, generalmente 100 metros y la distancia respectivamente.

## 2. DISEÑO DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA

La estructura del sistema eléctrico de los vehículos eléctricos de Fórmula SENA ECO hace que los controles individuales de encendido, arranque y aceleración de cada sistema motriz se centralicen en un punto común. Esta interconexión no contemplada por el diseño preestablecido de fábrica, genera unas fallas identificadas en algunos puntos de alimentación y señales de control. De este modo, el diseño de la ECU administra las señales de control e información por medio de una interconexión óptica aislando los circuitos relacionados. La variedad de pruebas de la competencia exige poner a punto al EV en diversas habilidades, donde la estrategia del equipo técnico es clave al definir una optimización en aquellas donde se logren más puntos. No obstante, con el ánimo de fijar un setting acorde a cada prueba, la ECU dispone de un módulo electrónico llamado volante, donde el piloto a través de un panel de botones puede configurar y seleccionar el setting deseado y accionar los mandos necesarios para lograr un mejor desempeño.

La funcionalidad de la ECU se direcciona a la implementación un control electrónico de aceleración, un diferencial electrónico y la gestión de datos con el equipo de telemetría. El control electrónico de aceleración incrementa la eficiencia de consumo de energía del vehículo, asimismo, se integra fácilmente con el control diferencial para establecer el control de tracción del vehículo en las curvas, lo cual puede mejorar su conducción e incrementar su seguridad. Por otro lado, la gestión de datos de telemetría permite la medición remota de los datos adquiridos en los buses CAN del vehículo y otros módulos.



### 3. DISEÑO DE HARDWARE DE LA ECU

El circuito de la ECU para el EV del equipo DCM esta compuesto por una unidad microcontrolada (MCU) que tiene al menos dos módulos CAN, para adquirir los datos de cada sistema motriz del vehículo. En este sentido, se escogió un microcontrolador del área automotriz de Freescale de la familia S12X. Asimismo, fue importante identificar tanto la cantidad de periféricos necesarios para conectar sensores y actuadores como los puertos E/S. Por otro lado, la PCB incluye una conexión a una fuente independiente de 12V DC, que proporcione la alimentación al microcontrolador relacionado, a los optoacopladores y transceivers respectivos, y al volante. La selección de los optoacopladores, utilizados para garantizar el aislamiento de tierras deseado, se basó en la tasa de transferencia de datos del bus CAN de cada sistema, 250kb/s. De este modo, fue seleccionada la compuerta lógica optoacoplada HCP 2211, que cuenta con un alto rechazo de modo común, y tiempos de retardo de propagación del orden de 120ns. En relación a los transceivers se utilizaron el MCP 2551 para la interface con el bus CAN de cada arnés y el MAX 232 para la interface con el equipo de telemetría General Electric MDS NETio, ver figura 1.

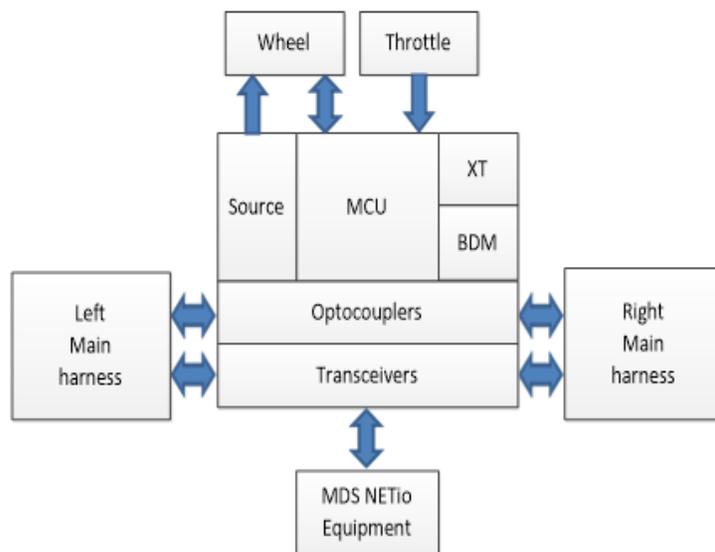


Figura 1. Estructura de la PCB de la ECU

La conexión entre el pedal del acelerador y la ECU se hace a través de un potenciómetro lineal de una vuelta, que es conectado a un canal del periférico ADC del MCU. Cabe destacar que en la pedalera, dicho potenciómetro está acoplado mecánicamente a un piñón, cuyo movimiento angular depende de otro piñón ensamblado al pedal. Entre tanto, la ECU se conecta con cada arnés, para tener acceso al bus CAN y para suministrar la señal PWM a cada ICM que determina el nivel de aceleración.

La optimización del desempeño dinámico del EV para algunas pruebas está basada en la reducción de los tiempos de reacción del piloto, por tal motivo, se definió un módulo donde la acción ejecutada por este, no sea por medio de sus pies, sino por sus manos utilizando un panel de botones en el volante. En este dispositivo se ha identificado 4 botones, de los cuales 3 tienen una función establecida, ver figura 2.

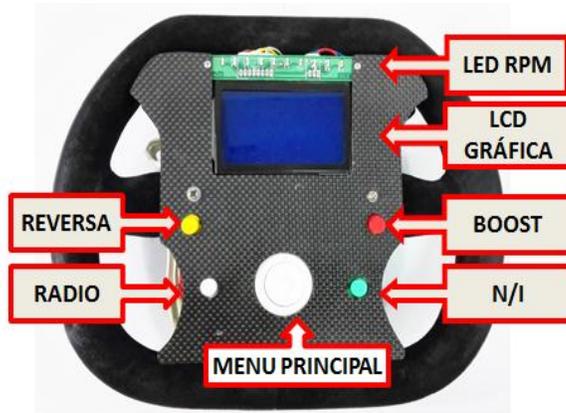


Figura 2. Panel de botones del volante

#### 4. DISEÑO DE SOFTWARE DE LA ECU

El desarrollo de software implementado en la ECU se divide de acuerdo a las funciones que ejecuta. Desde este punto de vista, en este artículo se identifica solamente el diseño de software relacionado con el control electrónico de aceleración. A partir de las mediciones hechas en el dispositivo electrónico ensamblado en el manillar de cada moto eléctrica y adaptado para actuar como un pedal en esta aplicación, se identificó varios parámetros y valores de referencia fundamentales para lograr su reemplazo por medio la ECU.

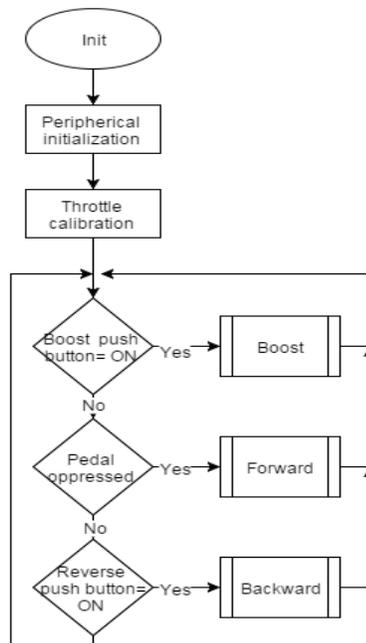


Figura 3. Algoritmo de funcionamiento del ECT.

En primera medida, la señal PWM cuenta con una frecuencia de 1kHz cuyo ciclo útil determina el valor del parámetro Throttle, correspondiente al nivel del acelerador. De este modo, si la señal tiene un ciclo útil de 50%, el vehículo se mantiene en estado neutro. Si este valor es mayor a 50% y menor a 70%, el vehículo avanza hacia adelante, mientras que si es menor a 50% avanza hacia atrás o aplica el freno regenerativo, dependiendo de la velocidad del vehículo. De acuerdo a lo anterior, el valor de voltaje tomado por el ADC conectado al potenciómetro de la pedalera, tiene un rango que depende del ángulo de acción del pedal. Esta situación implica que se debe capturar inicialmente la posición neutral y final del pedal para utilizar el ADC en su rango completo y obtener una mejor resolución. Esta rutina de calibración del pedal no solo permite tomar dichos valores de referencia, sino es un método adecuado para mitigar los desajustes mecánicos existentes en la pedalera por uso.

Basado en lo anterior, el código incluye una rutina de inicialización de los periféricos mencionados, una rutina de calibración y un procedimiento donde se genera la señal PWM de acuerdo a la función seleccionada (Boost o Reverse/Regen) o el valor de voltaje presente en el ADC. Cabe destacar que la activación de la función Reverse/Regen es permitida, siempre y cuando el pedal este liberado, ver figura 3. El procedimiento de calibración determina el valor neutral y final del pedal basado en la posición de este. Entre tanto, dependiendo el estado de los pulsadores del volante o el valor presente en determinado instante del ADC, la ECU genera dos señales PWM, una para cada sistema motriz, cuyo ciclo útil estará en dos rangos: entre 50% y 70%, , ver figura 4, o entre 50% y 40% para que el EV avance o retroceda respectivamente.

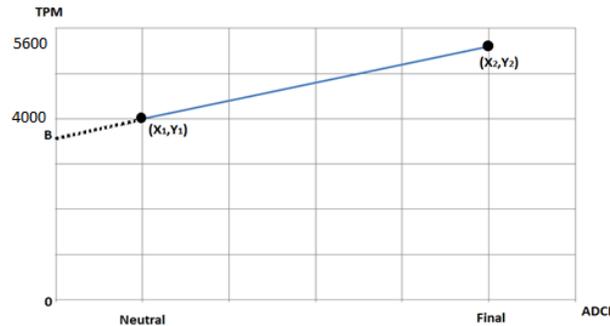


Figura 4. Curva característica de configuración del control electrónico de aceleración

Dado que se utiliza un ADC de 10 bits, su rango estará entre 0 y 1023, sin embargo, el ensamble del potenciómetro conlleva a un rango efectivo menor. Entre tanto, la configuración de la señal PWM esta asociada a un registro de 16 bits cuyo valor debe estar entre 4000 y 5600 para aplicar el ciclo útil deseado. De este modo, la relación matemática que se implemento es:

$$TPM = \frac{1600 * ADCR}{final - neutral} + 4000 - \frac{1600 * neutral}{final - neutral} \quad (1)$$

## 5. VERIFICACIÓN DEL DISEÑO

La validación del control de aceleración electrónico de la ECU se efectuó aplicando la prueba de aceleración en una distancia de 402 metros, correspondiente a un cuarto de milla. Para garantizar una mayor certeza en los tiempos con respecto al desempeño dinámico del EV afectado por la configuración de la ECU, los parámetros mecánicos del EV correspondientes a los sistemas de dirección, suspensión y aerodinámica se mantuvieron constantes. Asimismo, se contó con el mismo piloto para realizar las pruebas con y sin la activación de dicha función. El equipo de medición utilizado para tomar los tiempos de reacción, hizo parte de organizador del evento y es de marca Portatree Timing Systems. En la figura 5 se muestra los tiempos de reacción con la función ECT (Electronic Control Throttle) deshabilitada y habilitada.

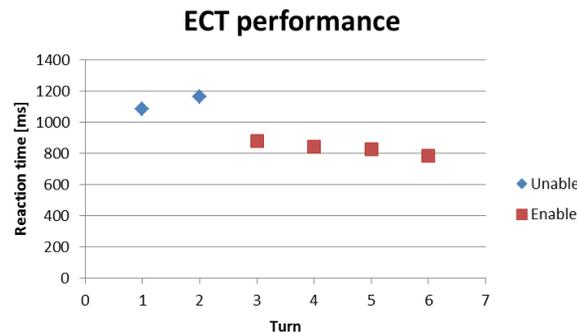


Figura 5. Desempeño del control electrónico de aceleración relacionado con el tiempo de reacción de arranque del EV

A partir de este comportamiento, se observó que al activar la función del ECT, y sabiendo que en cierta medida, estos valores dependen de los reflejos del piloto, el tiempo de reacción se reduce en un 26% en relación al método convencional de arranque. Cabe destacar que los tiempos de respuesta del ICM y controlador del motor influyen de la misma manera en cada tipo de prueba. Es importante destacar que se deben efectuar más muestras para estimar correctamente el tiempo de reacción aplicando esta función.

## 6. CONCLUSIONES

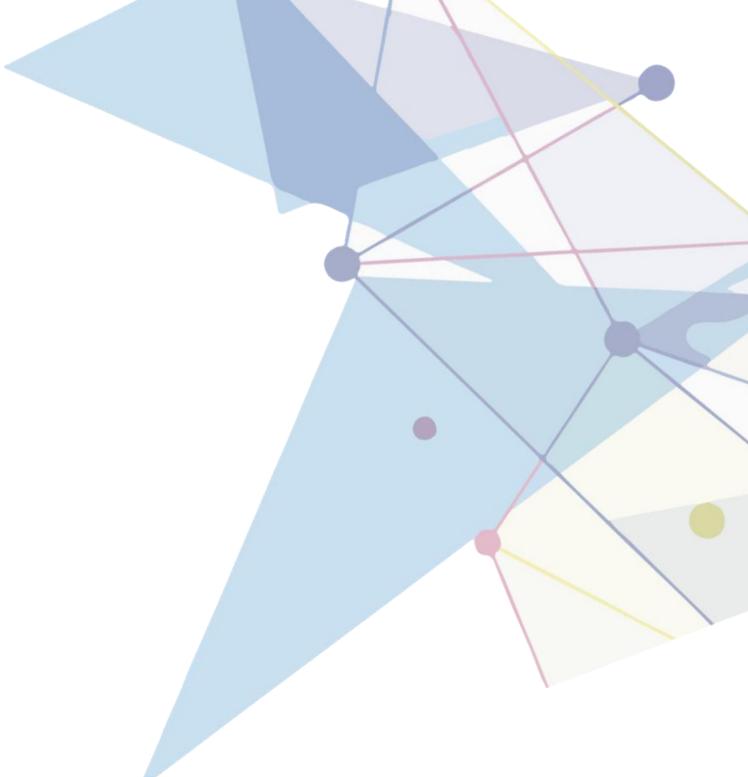
En cada una de las pruebas de desempeño de Fórmula SENA ECO 2015, el vehículo eléctrico debe arrancar desde una posición en reposo, por tal razón, es fundamental reducir el tiempo de reacción en el EV del equipo DCM, ya que según los resultados obtenidos en la competencia realizada en agosto de 2015, las diferencias de tiempos en la prueba de aceleración son del orden de décimas de segundo.

La integración de los módulos electrónicos existentes de la planta motriz del vehículo eléctrico del equipo DCM Fórmula SENA ECO, con el control electrónico de aceleración, el control diferencial y la telemetría, a través de la unidad de control electrónica, le permitirá tanto a aprendices como instructores de la escudería, optimizar el procedimiento de puesta a punto del vehículo, ya que con este sistema centralizado podrán establecer una correlación entre las variables de la planta motriz transmitidas en los buses CAN y otras externas a este.

Asimismo, las maniobras de calibración de algunos módulos electrónicos y su respectiva trazabilidad, reducirá el tiempo de maniobras de mantenimiento preventivo y correctivo del área operativa mecánica del vehículo.

## BIBLIOGRAFÍA

- W. F. Clark, R. J. Fortier, J. M. Coats. (1991, Feb.). Ford Races Its EEC-IV Electronic Engine Control Unit to Improve Production Vehicle Performance and Durability. [Online]. Disponible: <http://papers.sae.org/910253>
- Nissan Technology Magazine. (2013, Jul.). The Evolution of the Electric Car. [Online]. Disponible: <http://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/MAGAZINE/EVolution.html>
- S. Devaneyan. (2010, Dic.). Electronic Control Unit for BLDC Motors in Electric Bicycles with 8-bit Microcontroller. [Online]. Disponible: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5738732&newsearch=true&queryText=Electronic%20control%20unit%20for%20BLDC%20motors%20in%20electric%20bicycles%20with%208-bit%20microcontroller>
- A. F. Ardila, M. A. Camelo, F. A. Nieto, L. F. Ramirez, O. I. Suarez. "Diseño de un módulo CAN para el vehículo eléctrico de la Escudería DCM Fórmula SENA ECO" en PROYECTA Foro IDT SENA 2014, pp. 59-63.



## 12. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PAR DE ALTA EFICIENCIA DE MOTORES SÍNCRONOS DE IMANES PERMANENTES (PMSM) PARA APLICACIONES EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

**JEISSON OTERO, MSC.**

Ingeniero electrónico, MSc  
Universidad Nacional de Colombia  
Jeoterol@unal.edu.co

**JAVIER ROSERO, PHD.**

Director del grupo de investigación EM&D,  
Universidad Nacional de Colombia  
Jaroserog@unal.edu.co



## RESUMEN

En este documento se presenta una estrategia de control del motor síncrono de imanes permanentes (PMSM) orientada a maximizar la eficiencia de la máquina. Dicha técnica permite reducir la potencia de pérdidas del motor sin alterar el desempeño dinámico del mismo. La estrategia se basa en el uso de un modelo matemático que estima las pérdidas y le permite a un algoritmo de optimización calcular la intensidad de corriente necesaria para inducir el par electromagnético deseado reduciendo la energía empleada en el proceso. Se llevaron a cabo tanto simulaciones como experimentos para validar las hipótesis que se plantearon al principio y se presentan los resultados de dichos procedimientos. Se encontró que es posible incrementar la eficiencia alrededor de un 1.37% cuando la velocidad del motor es cercana a la nominal.

**PALABRAS CLAVE:** Estrategia de control, algoritmo de optimización, pérdidas, PMSM.

## ABSTRACT

This document presents a control strategy for permanent magnet synchronous motor (PMSM) intended to maximize the machine efficiency. This strategy reduces the motor losses without disturbing its dynamic performance. The technique is based on a mathematical model which is used by an optimization algorithm to derive the optimum current intensity capable of inducing the desired electromagnetic torque. Several simulations and experiments were performed in order to test the validity of the proposed strategy and the results are presented. The tests confirm that it is possible to reach an enhancement of efficiency up to 1.37% in comparison with traditional control strategies in nominal operating conditions. Such enhancement can be greater in high velocity and torque conditions.

**KEYWORDS:** Control strategy, losses, optimization algorithm, PMSM

## 1. INTRODUCCIÓN

El motor síncrono de imanes permanentes (PMSM) se caracteriza por tener un amplio desempeño estático y dinámico para un amplio rango de valores de velocidad y par de operación, eficiencia superior al 80%, inercia baja y factor de potencia superior a 0.75 cuando el par de carga está entre el 80% y el 100% de su valor nominal. Por lo tanto, EL PMSM es utilizado en sistemas de tracción de vehículos híbridos y eléctricos [1-5]. Sin embargo, la eficiencia alcanzada por el PMSM no es óptima cuando se utiliza el sistema de control vectorial estándar [5-11]. Ya que en los vehículos híbridos y eléctricos se requiere ahorrar la mayor cantidad de energía, ha surgido la necesidad de modificar la estructura de los sistemas de control del PMSM con el fin optimizar su eficiencia en este tipo de aplicaciones [7-10]. Dicha necesidad dio lugar a un problema de optimización en el que se propone determinar cuál es la intensidad de corriente del motor que permite inducir el par electromagnético deseado y al mismo tiempo minimizar las pérdidas del PMSM. Las nuevas estrategias que buscan dar solución a dicho problema se pueden dividir en dos grupos: sistemas de control basados en el modelo de pérdidas eléctricas en el motor y sistemas de control basados en algoritmos de búsqueda de la mínima potencia de entrada [5].

Los sistemas de control basados en el modelo de pérdidas de la máquina maximizan la eficiencia del motor minimizando las pérdidas en los devanados y en el núcleo magnético de la misma por medio de un modelo matemático que las estima. Dentro de este tipo de controladores se encuentran los sistemas basados en lógica difusa y los sistemas de control basados en redes neuronales [9,10]. A pesar de que estas técnicas de control cumplen con el objetivo de minimizar las pérdidas en el motor, su implementación es compleja, tiene alta dependencia de los parámetros del PMSM y en consecuencia requieren un alto grado de complejidad computacional y su desempeño es muy sensible a la variación de los parámetros del modelo empleado [5].

Por otra parte, las estrategias de control basadas en algoritmos de búsqueda, proponen minimizar la potencia eléctrica que se debe suministrar al PMSM para inducir un par electromagnético determinado. Por lo tanto, requieren de la medición de la potencia suministrada para buscar mediante una rutina adaptativa la intensidad de corriente que logra la mínima potencia. Estas estrategias son más simples desde un punto de vista computacional y no son sensibles a los parámetros del motor. Sin embargo, los algoritmos de búsqueda no cuentan con un análisis de estabilidad riguroso y en algunos casos presentan problemas de convergencia y de estabilidad [15].

Por esta razón, en este artículo se propone una estrategia de optimización que consiste en una búsqueda asistida por el modelo de pérdidas de la máquina. Dicha estrategia es de fácil implementación y garantiza la convergencia asintótica de la intensidad de corriente de la máquina a la solución del problema de optimización.

## 2. CONTENIDO

### 2.1. MODELO MATEMÁTICO DEL PMSM CONSIDERANDO LAS PÉRDIDAS EN EL HIERRO

La estrategia de optimización, está diseñada para minimizar las pérdidas del PMSM por medio de la selección apropiada de las corrientes de referencia. Dicha selección se lleva a cabo por medio del modelo del PMSM. Por esta razón, se selecciona el modelo matemático del PMSM construido por circuitos eléctricos equivalentes en el sistema de referencia de eje directo, cuadratura y cero como se muestran en la Figura 2. [6-7,15]. Se puede ver que los circuitos de eje directo y cuadratura se encuentran acoplados debido a una fuerza contra electromotriz que es proporcional al producto de la velocidad del rotor y la corriente que circula por el circuito opuesto. Este modelo ampliamente usado, reporta resultados experimentales con incrementos de eficiencia del PMSM de hasta un 3.5%.

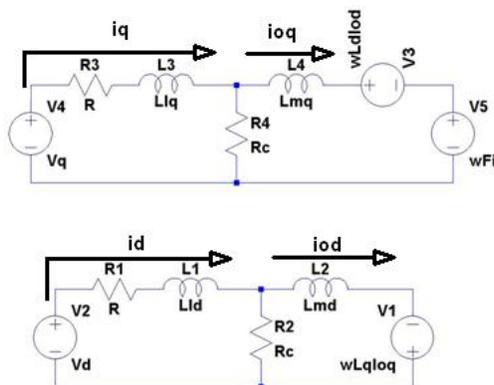


Figura 1. Circuito equivalente del modelo matemático del PMSM en el sistema de referencia dq0

Las ecuaciones diferenciales que describe el comportamiento del sistema eléctrico del PMSM se obtienen aplicando las leyes de Kirchhoff a los dos circuitos acoplados de la Figura y se expresan en las ecuaciones (1) a (5). La ecuación **iError! No se encuentra el origen de la referencia.** describe el comportamiento dinámico de la parte mecánica del PMSM.

$$\frac{di_d}{dt} = \frac{v_d}{L_{ld}} - \frac{R+R_c}{L_{ld}} i_d + \frac{R_c}{L_{ld}} i_{od} \quad (1)$$

$$\frac{di_q}{dt} = \frac{v_q}{L_{lq}} - \frac{R+R_c}{L_{lq}} i_q + \frac{R_c}{L_{lq}} i_{oq} \quad (2)$$

$$\frac{di_{od}}{dt} = \frac{R_c}{L_{md}} i_d - \frac{R_c}{L_{md}} i_{od} + \frac{P(L_{mq}+L_{lq})}{L_{md}} \omega i_{oq} \quad (3)$$

$$\frac{di_{oq}}{dt} = \frac{R_c}{L_{mq}} i_q - \frac{R_c}{L_{mq}} i_{oq} - \frac{P(L_{md}+L_{ld})}{L_{mq}} \omega i_{od} - \frac{P\lambda}{L_{mq}} \omega \quad (4)$$

$$Te = \frac{3}{2} P (\lambda i_{oq} + (L_{md} - L_{mq}) i_{oq} i_{od}) \quad (5)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{Te}{J} - \frac{b}{J} \omega - \frac{Tl}{J}$$

Dónde:  $Te$  es el par electromagnético,  $R_c$  es la resistencia de pérdidas en el hierro que da origen a las corrientes  $i_{oq}$  e  $i_{od}$  que circulan a través de las inductancias  $L_{mq}$  y  $L_{md}$  respectivamente,  $b$  es el coeficiente de fricción viscosa y  $Tl$  es el par de carga del PMSM.

El problema de control se centra en determinar las tensiones de eje de cuadratura ( $V_q$ ) y eje directo ( $V_d$ ) que garanticen la intensidad de corriente deseada. Las tensiones trifásicas de alimentación al PMSM se obtienen a partir del uso de la transformada inversa de Park.

## 2.2. SISTEMA DE CONTROL DE CORRIENTES

El objetivo del sistema de control de corrientes es garantizar que las corrientes  $i_{od}$  e  $i_{oq}$  de la máquina tiendan a las corrientes de referencia  $i_{od}^*$  e  $i_{oq}^*$  que son las entradas del sistema. Para cumplir con dicho objetivo se diseñaron 4 controladores de corriente que fueron dispuestos como se muestra en la figura 2.

Los dos primeros compensadores que se encuentran en los lazos externos de control se encargan de generar las referencias para los compensadores de corriente de los lazos internos. Sin embargo, dicho proceso requiere el conocimiento de  $i_{od}$  e  $i_{oq}$ , pero dichas corrientes no se pueden medir directamente. Por esta razón, es necesario implementar un estimador que consiste en la realización de las ecuaciones diferenciales (3) y (4).

Por otra parte, los Lazos internos utilizan la información suministrada por los lazos externos para determinar las tensiones que deben aplicarse al motor para cumplir los requerimientos de la aplicación.

Una vez que se tienen las tensiones que deben aplicarse al motor, es posible generar los pulsos de conmutación PWM para los transistores de potencia del inversor. Dichos pulsos de conmutación son las salidas del sistema de control.

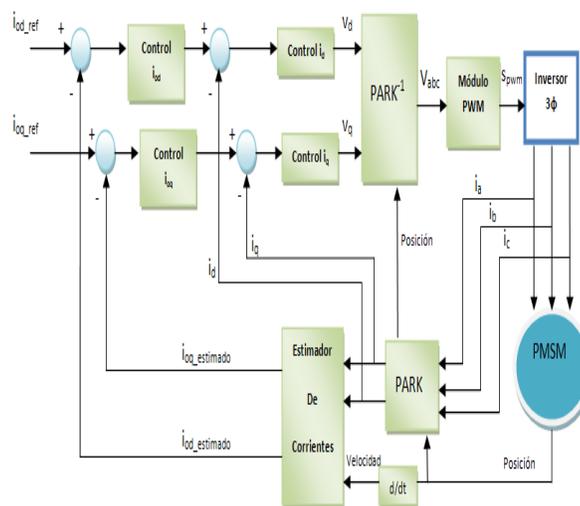


Figura 2. Estructura del sistema de control

## 2.3. ESTRATEGIA DE OPTIMIZACIÓN

### 2.3.1 ESTRUCTURA DEL ALGORITMO

La estructura del algoritmo de optimización es la que se muestra en la Figura 3. De acuerdo con dicha figura, las tareas involucradas en el algoritmo son:

Seleccionar las condiciones iniciales para las corrientes  $i_{od}^*$  e  $i_{oq}^*$ . Dichas condiciones iniciales pueden ser iguales a cero.

Seleccionar el incremento de la corriente  $i_{od}^*$ : Para resolver el problema de optimización planteado el incremento de  $i_{od}^*$  debe ser igual a:

$$\Delta i_{od}^* = -k(\nabla W_{LOSS})^T \frac{d\hat{G}(i_{od}^*)}{di_{od}^*}, \quad k > 0 \quad (11)$$

Actualizar el valor de la corriente  $i_{od}^*$ : Para actualizar el valor  $i_{od}^*$  basta con sumar el incremento calculado anteriormente con valor acumulado de  $i_{od}^*$ , es decir ejecutar la siguiente instrucción:

$$i_{od}^* = i_{od}^* + \Delta i_{od}^* \quad (12)$$

Actualizar el valor de la corriente  $i_{oq}^*$ : Para actualizar el valor de la corriente basta con emplear la ecuación correspondiente a la restricción y el nuevo valor de  $i_{od}^*$ , es decir:

$$i_{oq}^* = \frac{T e^*}{\frac{3}{2} P (\lambda + (L m d - L m q) i_{od}^*)} \quad (13)$$

Verificar la condición de parada del algoritmo: Con la selección del incremento en  $i_{od}^*$  se garantiza que las pérdidas se reducen en cada iteración. Esta situación se mantiene hasta que se alcanza el mínimo que se desea, momento en el que:

$$(\nabla W_{LOSS})^T \frac{d\tilde{G}(i_{od}^*)}{di_{od}^*} = 0 \quad (14)$$

Es decir que el incremento en  $i_{od}^*$  será exactamente igual a cero en el mínimo de la función. Debido a que en el algoritmo de optimización se tienen errores de redondeo en los cálculos nunca se llega al mínimo exacto. Por lo tanto la condición de parada del algoritmo debe modificarse a la siguiente:

$$\left| (\nabla W_{LOSS})^T \frac{d\tilde{G}(i_{od}^*)}{di_{od}^*} \right| < \varepsilon \quad (15)$$

Donde el valor de  $\varepsilon$  se selecciona dependiendo de la cantidad de decimales requeridos en el cálculo de la corriente  $i_{od}^*$ .

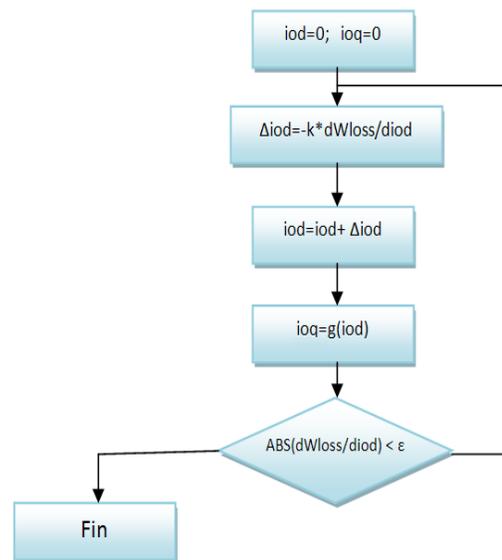


Figura 3. Estructura del algoritmo de optimización

### 3.4. PLATAFORMA DE CONTROL

La plataforma de control empleada para llevar a cabo los experimentos es un prototipo de laboratorio de un drive para motores trifásicos. La plataforma está constituida por una etapa de potencia (rectificador-inversor), una etapa de medición y acondicionamiento de señal y una etapa de control que ejecuta el algoritmo de control (xPC-target). La estructura de la plataforma de control se muestra en la figura 4.

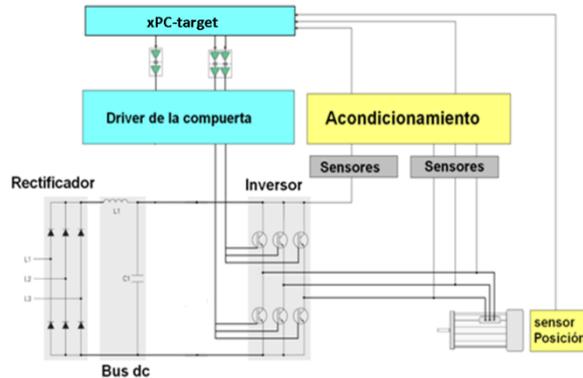


Figura 4. Plataforma de control

El inversor trifásico se diseñó a partir del módulo inteligente FSAM30SM60A que incluye el puente de IGBTs y el rectificador trifásico para generar el Bus DC. El algoritmo de control se implementó mediante el xPC target de matlab y las tarjetas de NATIONAL INSTRUMENTS PCI6602 y PCI6070E. La tarjeta PCI6602 fue utilizada para leer el encoder y generar las señales de PWM y la tarjeta PCI6070E se empleó para adquirir las señales correspondientes a las corrientes de la máquina.

### 2.4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

A lo largo de esta sección se dan a conocer los resultados experimentales. Dichos resultados se discuten y se comparan con lo que se esperaba en la teoría. Los valores nominales del motor bajo prueba son los que se muestran en la tabla 1.

Tabla 5-1. Valores nominales del SPMSM

Magnitud física	Valor característico
Tensión nominal	220 VAC
Corriente nominal	2,1 A
Potencia nominal	0,4 kW
Velocidad nominal	3000 RPM
Par nominal	1.27 Nm

Tabla 1. Valores nominales del motor bajo prueba

#### 2.4.1. COMPORTAMIENTO DE LA EFICIENCIA.

En esta sección se presenta la eficiencia del PMSM en función del rango de velocidad y un par de carga constante. De la 5 hasta la 7 se muestra la eficiencia del PMSM para el par de carga de 0.4, 0.8 y 1.2 Nm vs el rango de operación de velocidad para la técnica de control de PMSM con y sin el algoritmo de optimización. Se puede apreciar que la diferencia de la eficiencia de PMSM para las dos técnicas de control es pequeña para velocidades bajas de giro del PMSM y cuando la velocidad aumenta, la diferencia de la eficiencia del PMSM se incrementa. El

incremento máximo de la diferencia de la eficiencia de PMSM para las dos técnicas de control es de 1.37 % a la velocidad máxima de 300 Rad/s.

Estos resultados son debidos a que las pérdidas en el hierro dependen de la fuerza contra electromotriz que aumenta cuando crece la velocidad. Sin embargo, el aumento de par de carga a velocidad constante hace que las pérdidas en el cobre crezcan pero las pérdidas en el hierro se mantengan constantes. También, se debe tener en cuenta que no es posible reducir las pérdidas por conducción en PMSM y el ahorro de potencia corresponde únicamente a la reducción de las pérdidas en el hierro.

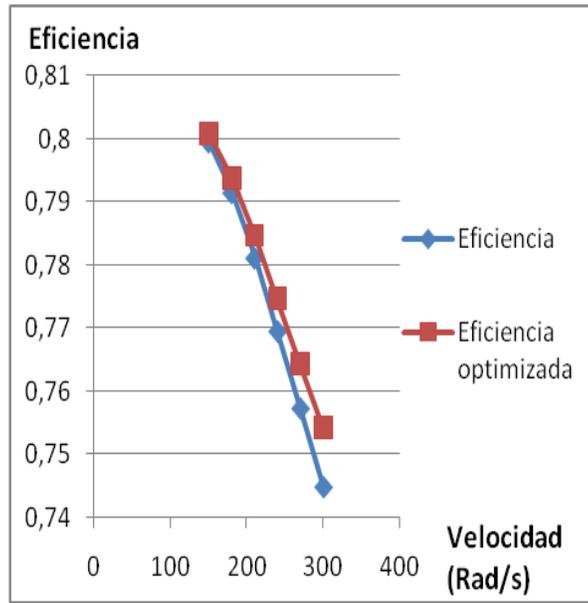


Figura 5. Eficiencia del SPMSM en función de la velocidad cuando el par de carga es 0.4 Nm

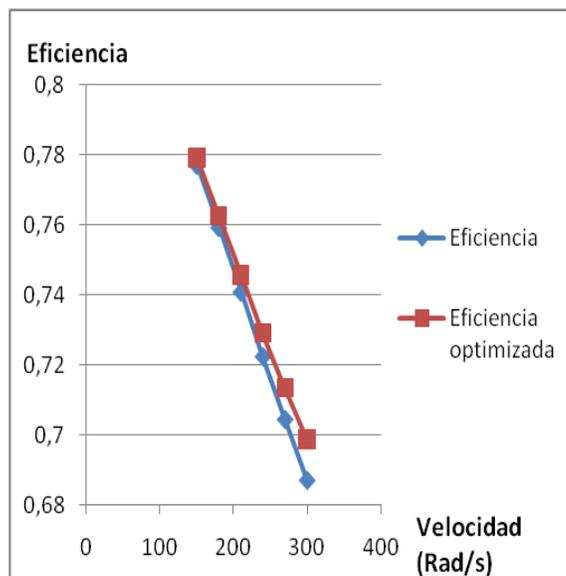


Figura 6. Eficiencia del SPMSM en función de la velocidad cuando el par de carga es 0.8 Nm

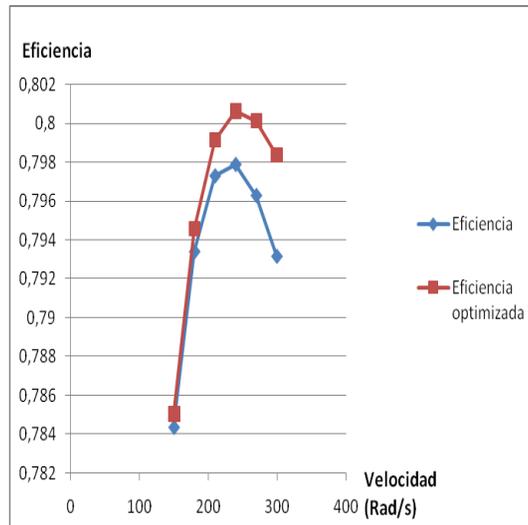
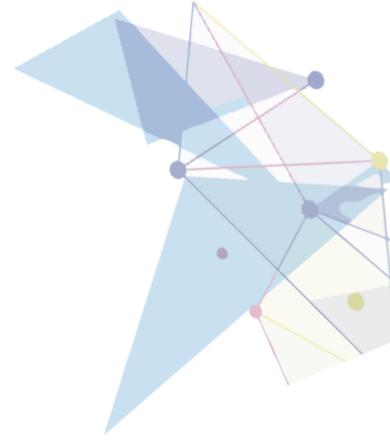


Figura 7. Eficiencia del SPMSM en función de la velocidad cuando el par de carga es 1.2 Nm

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La estrategia de optimización empleada garantiza que la corriente  $i_{od}^*$  tiende asintóticamente a la corriente que resuelve el problema de optimización. La implementación de la estrategia de optimización requiere del cálculo analítico de la derivada de las pérdidas con respecto a  $i_{od}^*$  y de un método de integración, pero no requiere de un procesador que tome decisiones y esto implica que la convergencia tiene lugar de forma automática.

La técnica de control del SPMSM con algoritmo de optimización permite obtener mayor eficiencia a mayor velocidad de giro del motor. El incremento máximo de la diferencia de la eficiencia de SPMSM para las dos técnicas de control es de 1.37 % a la velocidad máxima de 300 Rad/s.

El incremento en la eficiencia que se logra en caso del SPMSM se reduce cuando aumenta el par de carga. Esto se debe a que las pérdidas en el hierro se vuelven pequeñas comparadas con las pérdidas en el cobre, pero las pérdidas en el cobre no se pueden reducir en este tipo de motor.

Al implementar esta estrategia de optimización en una aplicación real de vehículos eléctricos es posible incrementar la eficiencia del motor en puntos de operación en los que la velocidad es alta y el par de carga es pequeño (es decir cuando se necesita poca aceleración). Dicho incremento de eficiencia varía en función de la velocidad y alcanza su máximo valor a las velocidades más altas. Sin embargo, el efecto del algoritmo será apreciable desde el momento en el que la velocidad del motor alcance valores cercanos al nominal.

### BIBLIOGRAFÍA

Jun Zhao, Weiguo Liu, Bo Tan, "Research of Maximum Ratio of Torque to Current Control Method For PMSM Based on Least Square Support Vector Machines".

S. Morimoto, Y. Tong, Y. Takeda and T. Hirasu, "Loss minimization control of permanent magnet synchronous motor drives," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 41, pp. 511-517, Oct. 1994.

Jianbo Cao, Binggang Cao, Peng Xu, and Zhifeng Bai, "Neural Network Self-adaptive PID Control for Driving and Regenerative Braking of Electric Vehicle" International Conference on Automation and Logistics 2007.

LIU Shengxue, SHENG Yifa, "Efficiency Optimization of IPMSM for Urban Rail Traction Based on Switching Frequency Optimization Control" Nuclear Energy Economics and Management Research Center, University of South China, Hengyang 421001, P. R.China

Xianqing Cao, Liping Fan, "A Quick Efficiency-Optimized Scheme for Vector Controlled Permanent magnet Synchronous Motor Drive".

Naomitsu Urasaki, Tomonobu Senjyu and Katsumi Uezato, "A novel calculation method for iron loss resistance suitable in modeling permanent-magnet synchronous motors," IEEE Trans. On Energy Conversion, vol. 18, pp. 41-47, Mar.2003.

S. Morimoto, Y. Tong, Y. Takeda and T. Hirasu, "Loss minimization control of permanent magnet synchronous motor drives," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 41, pp. 511-517, Oct. 1994.

Xu Jiaqun, Zhu Jianguang, Xing Wei, and Tang Renyuan, "Study of efficiency optimization control of permanent magnet synchronous motor drives for electric vehicle," Transactions of China Electrotechnical Society, vol. 19, pp. 81-89, Jul. 2006.

Naomitsu Urasaki, Tomonobu Senjyu and Katsumi Uezato, "Neural network based high efficiency drive for interior permanent magnet synchronous motors compensating emf constant variation," in Conf. Rec. IEEE-PCC, vol. 3, 2002, pp. 1273-1278.

Dong-Joon Sim, Hyun-Kyo Jung, Song-Yop et al., "Application of vector optimization employing modified genetic algorithm to permanent magnet motor design," IEEE Trans. on Magnetics, vol. 33, pp. 1888-891, Mar. 1997.

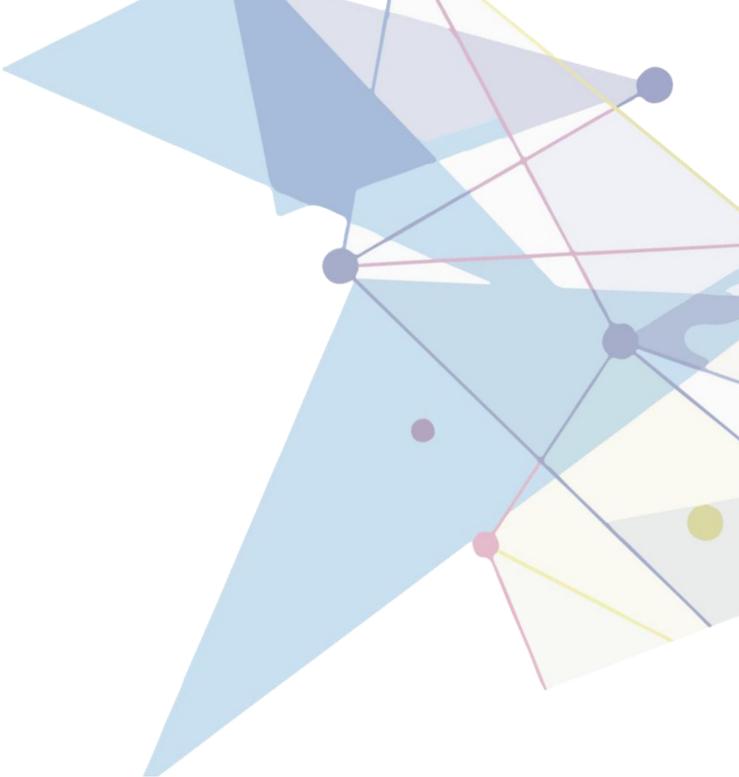
S.Vaez-Zadeh\*, M.Khayamy, "Efficiency-Optimizing Direct Torque Control of Interior Permanent Magnet Synchronous Machines With Fastest Start up" University of Tehran, School of Electrical and Computer Engineering, Iran

Chiasson, Jhon. "Modeling and High-Performance Control of Electric Machines" IEEE Press Series on Power Engineering Mohamed E. El-Hawary, Series Editor.

Krause, Paul, Wasynczuck, Oleg and Sudhoff, Scott D. "Analysis of electric machinery And Drive Systems" IEEE Press Series on Power Engineering Mohamed E. El-Hawary, Series Editor.

Leonhard, Werner "Control of Electrical Drives" third edition, Springer .

[15] Calogero Cavallaro, Antonino Oscar Di Tommaso, Rosario Miceli, Angelo Raciti, Giuseppe Ricco Galluzzo, and Marco Trapanese, "Enhancement of Permanent-Magnet Synchronous Motor Drives by Online Loss Minimization Approaches" IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 52, NO. 4, AUGUST 2005



## 13. ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE GESTIONADOS A PARTIR DE LAS TIC EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL INTEGRAL

### **SONIA ELIZABETH CARDENAS**

Ingeniera en Redes de Computadores,  
Instructora, investigadora grupo GICS CEET SENA  
secardenas9@misena.edu.co

### **WILLIAM NAVARRO NUÑEZ**

Ingeniero en Redes de Computadores,  
Instructor, investigador grupo GICS CEET SENA  
williamnm2@misena.edu.co

### **RAUL BAREÑO GUTIERREZ**

MAGISTER EN TELEMÁTICA  
Instructor, investigador grupo GICS CEET SENA  
raulbare@misena.edu.co

### **HUGO SARMIENTO OSORIO**

MAGISTER EN EDUCACIÓN  
Instructor, investigador grupo GICS CEET SENA  
hsarmiento0@misena.edu.co

## RESUMEN

Las tecnologías de información y comunicaciones TIC evolucionan de forma acelerada y vertiginosa promoviendo la convergencia de servicios que requieren una demanda de personal calificado y capacitado para conocer, administrar y mejorar el uso de estos recursos tecnológicos; con el fin de democratizar y ampliar el acceso de estas tecnologías se apalancan actualmente en las TIC herramientas como los Laboratorios Virtuales de Aprendizaje, en el presente artículo se pretende hacer una revisión del el impacto de los mismos efectuando pruebas Sobre algunas plataformas de virtualización en un escenario controlado para la implementación de las mismas en el área de Redes de Datos en el Centro de Electrónica y Telecomunicaciones SENA, identificando el impacto en los aprendices ante la inclusión de las tecnologías de virtualización y el uso de estos laboratorios como estrategia en la obtención de conocimientos prácticos, imposibles de realizar en los procesos de aprendizaje tradicionales por los altos costos tecnológicos.

**PALABRAS CLAVE:** Virtualización, Laboratorios Virtuales, TIC, Aprendizaje.

## ABSTRACT

Information technology and communications TIC evolve rapidly and dizzying promoting convergence of services requiring a demand for qualified and trained to meet, manage and improve the use of these technological resources staff; in order to democratize and expand access to these technologies is currently leveraging on TIC tools such as Virtual Learning Labs in the present article aims to explain the impact of these and from testing a set of virtualization platforms in a controlled environment for the implementation of the measures in the area of Data Networks at the Center for Electronics and Telecommunications SENA identifying the impact on learners with the inclusion of virtualization technologies and the use of virtual labs as a strategy for obtaining laboratory practical knowledge, impossible to achieve in traditional learning processes by high technology costs.

## 1. INTRODUCCIÓN

El mundo de las tecnologías de la información avanza a pasos agigantados generando constantemente nuevos productos y servicios, permitiendo de esta manera generar nuevos horizontes de competitividad en una economía globalizada, dentro de esta aparecen las herramientas de virtualización [1] que en la actualidad es aplicada a muchos de los sectores de la economía, entre ellos en el entorno educativo. La virtualización como instrumento de acceso a tecnologías de última generación aparece como una herramienta de democratización de acceso a estas, permitiendo a personas de todos los niveles sociales, su uso a través de plataformas que virtualicen servicios y/o procesos en escenarios variados, flexibles y amplios [2].

El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y específicamente el Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones está encargado de promover desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos; ofreciendo formación profesional integral, contribuyendo al desarrollo social, económico y tecnológico del país, [3] razón por la que no es ajeno a la necesidad de contar con laboratorios robustos para sus diferentes áreas de formación, donde el área de teleinformática una de las más demandadas en los niveles de formación técnica y tecnológica. En el CEET se han identificado estas limitaciones de infraestructura, para dar respuesta a las necesidades del mercado en programas educativos que involucren las TIC como soporte, debido a que la demanda de estos han crecido de manera vertiginosa [4] obligando a la entidad a responder con laboratorios que cubran estas necesidades generadas por el mercado laboral en el manejo de nuevas tecnologías. Pero si bien es cierto que la tecnología avanza de manera rápida y convergente también lo es que los precios de esta y su necesidad de renovación tecnología limitan su acceso [5] para los centros de formación Sena y en general para las entidades educativas [6].

Es allí donde genera la necesidad de explorar nuevas tecnologías que permitan el acceso, uso y manipulación de estas y poder garantizar la accesibilidad para los aprendices, permitiendo mejorar la productividad y capacidades en su quehacer académico-laboral al implementar técnicas de virtualización, que suponen una alternativa importante a la implementación en equipos físicos [7].

Para responder a esta necesidad se generó un proyecto de laboratorios virtuales que tiene como objetivo el análisis, identificación e implementación de una herramienta de virtualización [8], que permita a los aprendices

acceder a tecnologías de última generación de software, que por su nivel socioeconómico no podría ser posible por el costo de la misma, así como por los requerimientos técnicos necesarios para la instalación y funcionamiento.

Las creación de laboratorios virtuales como herramienta de democratización, colaboración y acceso a nueva tecnología, en pro del mejoramiento de la calidad educativa, es una tendencia creciente tanto a nivel nacional como internacional en proyectos como La Red de Laboratorios Virtuales y Tele operados de Colombia en la Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada (RENATA) en la que participaron universidades del ámbito nacional e internacional, que buscan poder mejorar el acceso a la tecnología y el uso de la misma[16].

El proyecto de laboratorios virtuales tendrá un impacto muy alto en la calidad de los programas de formación que se ofertan en el Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones debido a que al realizar la implementación se lograra garantizar a los usuarios la generación de prácticas formativas enfocadas en afianzar sus conocimientos, permitiendo de esta manera adquirir destrezas que los conviertan en individuos más competitivos en la demanda requerida por el mercado en entornos virtualizados que requieran un alto nivel de especialización, este acceso se tendrá sin tener que realizar altas inversiones, debido a que el acceso los usuarios finales no es necesario contar con máquinas robustas debido a que estas solo tendrán la función de realizar el enlace con la infraestructura de Cloud Computig [9] implementada para tal fin.

## 2. CONTENIDO

La plataforma de virtualización Lab-V es una solución desarrollada a partir de la implementación de un prototipo en ambiente de pruebas controlado soportado en computadores con arquitectura de servidor y soportado en una infraestructura de conectividad de dispositivos activos, ver Figura 1. En el cual se realizó la validación de diferentes plataformas de ambientes virtualizados como: Openstack [10] que es una de las soluciones Open Source [11] con más apoyo de las comunidad y de patrocinadores de renombre, VMWare [12] que es de las plataformas con licenciamiento tradicional más solicitada y promovida en el mercado e Hyper V [13] que es propiedad de una de las casas de software más reconocidas a Nivel Mundial Microsoft [14].

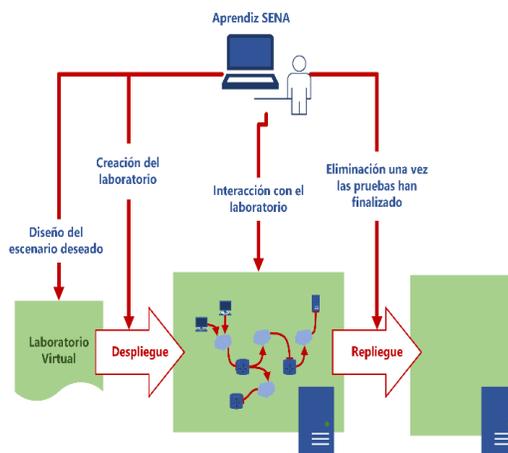


Figura 1. Modelo general de prototipo virtualizado.  
Fuente Elaboración Propia.

Se realizó el análisis y evaluación de variables esenciales en el proceso de implementación de la solución en las tres herramientas de virtualización, asignado un puntaje de 5 para alto, 3 para medio y 1 para bajo para este tipo de sistemas como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. Comparación de variables:  
Fuente elaboración propia

Variables	Openstack	VMWare	Hyper v
Adaptabilidad (Integración con otras plataformas)	5	5	5
Estabilidad (Numero de caídas)	4	4	4
Velocidad de respuesta. (Tiempo de respuesta para usuarios simultáneos)	3	3	3
Interfaz (Intuitiva al usuario)	4	4	5
Infraestructura (Equipos, dispositivos y comunicaciones)	5	5	5
Costo (Alto o medio)	5	1	3
Licenciamiento (Costo y capacidad)	5	1	3
Usuarios (Número soportado)	5	5	5
Resultado	34	27	33

Como se puede denotar en la tabla 1 se puede identificar que de acuerdo a las variables evaluadas Openstack es la tecnología que más se adapta a este tipo de soluciones en el contexto académico, evidenciando que esta tecnología en las variables denominadas como costo y licenciamiento esta cuenta con una valoración muy alta frente a las demás tecnologías evaluadas en los laboratorios propuestos, debido a que esta tecnología cuenta con código abierto razón por la que el licenciamiento no tiene costo eliminando así una gran limitante que se tiene en los que se debe incurrir en el momento de realizar este tipo de investigaciones.

Las variables analizadas se evaluación bajo los siguientes indicadores de medida en los que 5 – 4 tiene un valor excelente, 3 - 2 cuenta con una calificación aceptable y 1 valor deficiente, después de realizar la evaluación de las herramientas seleccionadas para la implementación de los laboratorios virtuales y la tabulación de los resultados, encontramos tecnologías maduras y estables que cuentan con un poder de adaptabilidad a otras plataformas o sistemas de información, lo que las convierte en herramientas muy flexibles, la velocidad obtenida en las diferentes pruebas realizadas no se consideró en esta evaluación debido a que el proceso de aprovisionamiento de recursos

es complejo y tendrá variantes de acuerdo a las características de los host. Las herramientas cumplen con las características requeridas para la implementación de los laboratorios de prueba encontrando en Hyper V una diferencia en el ámbito de la infraestructura y software requerido debido a que este requiere de software especial para la interconexión que limita la independencia con la que deben operar estas soluciones.

Se evidencia en la evaluación que el factor de licenciamiento juega un papel fundamental cuando se toma la decisión de realizar la implementación de este tipo de soluciones, debido a la forma como se debe licenciar esta tecnología, encontrando un gran obstáculo por los altos costos de estos licenciamientos, evidenciando que para nuestro ambiente educativo la plataforma Openstack genera un valor diferenciador debido a que este obedece a software libre que no requiere licenciamiento de su base.

La implementación del prototipo se realiza mediante la creación de laboratorios controlados asignados a grupos de formación en el área de gestión de redes de datos, debido a que para llevar a cabo la formación en áreas específicas como servidores, monitoreo, seguridad de redes se requiere de equipos con características técnicas muy robustas para llevar a cabo las acciones de aprendizaje, aunque este es replicable a cualquiera de las áreas que requiera el uso de equipos de cómputo para sus prácticas formativas, de las cuales si es posible asegurar es el 100%.

El resultado de la aplicación de las encuestas de satisfacción a los aprendices participantes en los laboratorios controlados ver tabla 2 se identifica el impacto que tiene la inclusión de la tecnología de virtualización a los procesos de formación a través de solución virtualizada para la realización de prácticas de laboratorios.

Tabla 2. Impacto solución virtualizada.  
Fuente elaboración propia

Pregunta	Respuesta
¿Cuánto cree que aportó la plataforma de investigación en el desarrollo de la prueba propuesta por el grupo de investigación?	50% Mucho 50% Lo suficiente
¿Considera usted que la plataforma de virtualización ayudará a mejorar los procesos de aprendizaje en su programa de formación?	95% Si 5% No
¿Cuál fue su nivel de satisfacción con las herramientas proporcionadas para conectarse al servidor de virtualización VSphere?	70% Satisfecho 30% Normal
¿Cree usted que mejoró el desempeño de la clase al usar la plataforma de virtualización para la simulación de las máquinas virtuales?	100%

## 2.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

A través de la aplicación de una metodología descriptiva se recogieron los datos para la definición de la problemática o necesidad, así mismo a partir de la definición de los requisitos para la implementación de los

laboratorios se procede a su implementación en una muestra de 3 grupos de formación en el área de gestión de redes de datos quienes comparten el uso de equipos tradicionales o realizan su práctica a través de simuladores.

## 2.2. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN

### 2.2.1. DISEÑO DEL PROTOTIPO.

Se realizó el análisis de la técnica de virtualización más adecuada a las necesidades se define la arquitectura tecnológica [14] requerida ver figura 1 generando como propuestas la creación de los laboratorios para generar prácticas de instalación, configuración de equipos servidores y de máquinas que actuarían como clientes, bajo tres plataformas de virtualización Openstack, Hyper V y VMWare.

### 2.2.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

Se realizó la implementación de los laboratorios inicialmente en el ambiente de pruebas controlado para posteriormente aplicado a la muestra seleccionada.

Se generaron practicas controladas en temáticas de instalación y configuración de servidores sobre Windows en las que se desplegaron en simultanea 10 servidores y 10 clientes que fueron entregados en duplas a los grupos, para realizar las practicas correspondientes en la generación de servicios de dominio y creación y pruebas de políticas de grupo, logrando de esta manera evaluar la experiencia de los aprendices en la solución de virtualización contra las mismas pruebas realizadas en los equipos físicos con los que cuenta el CEET además de se evaluó el rendimiento del servidor en el que se encontraban implementadas las soluciones de virtualización a través de las herramientas de monitoreo propias de cada una de las plataformas.

Se identifica que el impacto en la muestra de un 30% que inicialmente realizan sus prácticas compartidas a un 80% impactado que con el uso de los ambientes virtuales realizan sus prácticas de forma individual con equipos robustos y adaptados a sus necesidades.

## 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se identifica en el Sena CEET una necesidad de implementación de laboratorios virtuales que permita la democratización del conocimiento soportado en el uso de equipos robustos para la realización de actividades formativas.

La virtualización fomenta la optimización de actividades formativas y el uso de plataformas acordes según las necesidades permite su desarrollo de una forma más elemental, logrando un impacto en la formación significativo pues permite llegar con tecnología robusta aun número significativo de aprendices que con los equipos tradicionales no podía contar con el mismo acceso y rendimiento.

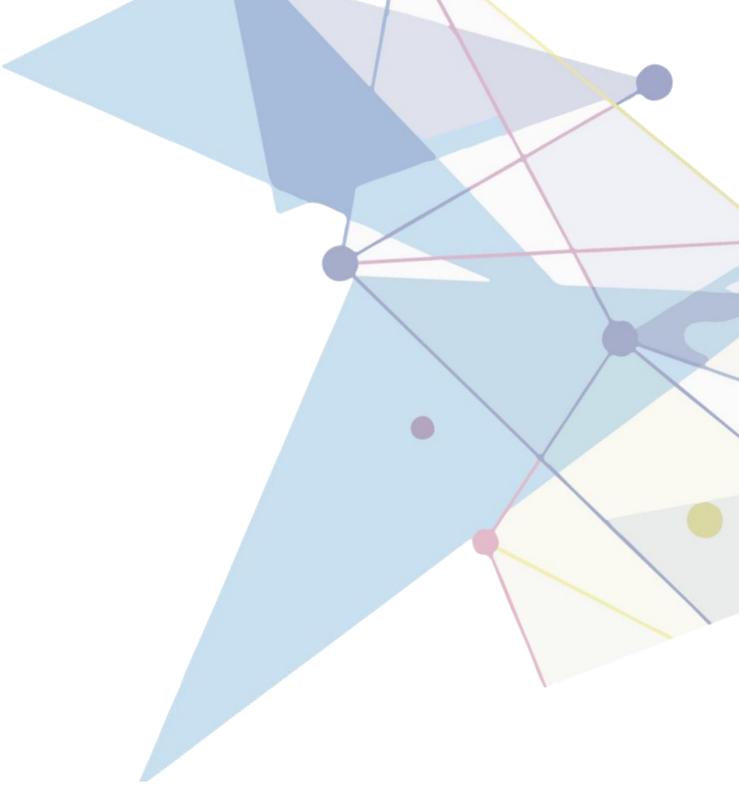
El prototipo en su fase inicial permitió validar una muestra especifica de aprendices, con la que se demostró que se impactó el proceso de aprendizaje de manera favorable logrando que este mejorara su desempeño del 100% con respecto a la implementación con laboratorios físicos, debido al eficiente manejo que se le da a la infraestructura potenciando el rendimiento de esta.

Se evidencia que los procesos de formación realizados fueron satisfactorios para los clientes finales (aprendices), con porcentajes de satisfacción en la experiencia realizada del 70% que refleja el mejoramiento del acceso a la tecnología y se reflejó en la mejorara de las destrezas requeridas para el manejo de estas en entornos productivos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ruiz, J., Fernández, D., Galán, F., & Bellido, L. Modelo de Laboratorio Docente de Telemática basado en Virtualización Distribuida. VII Jornadas de Ingeniería Telemática. 2008.
- [2] Fernández, D., Galán, F., Ruiz, F. J., Bellido, L., & Walid, O. Uso de técnicas de virtualización en laboratorios docentes de redes. Boletn de RedIRIS, 82, 70-75. 2008.
- [3] Equipo Directivo Nacional, Parody G. Informe de Gestión SENA, Pp. 8 2013.
- [4] Ibáñez, J. S. Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. RUSC. Universities and Knowledge Society Journal, 1(1) 2004.

- [5] Espinal, A. A. C., Montoya, R. A. G., & Arenas, J. A. C. Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Estudios Gerenciales*, 26(117), 145-171. 2010.
- [6] Sigalés, C. Formación universitaria y TIC: nuevos usos y nuevos roles 2004.
- [7] Galán, F., & Fernández, VNUML: Una Herramienta de Virtualización de Redes Basada en Software Libre. In Proc. Open Source International Conference pp. 35-41 2004.
- [8] García, D. R., & García, D. R. Proyecto de evaluación de plataformas de teleformación para su implantación en el ámbito universitario 2004.
- [9] Aguilar, L. J. La Computación en Nube (Cloud Computing): El nuevo paradigma tecnológico para empresas y organizaciones en la Sociedad del Conocimiento. *Revista Icade. Revista de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales*, (76), 95-111.2012.
- [10] Pérez Díaz, J. L. Estado del arte en soluciones de virtualización/sistemas gestores cloud: OpenStack. 2013.
- [11] Figueroa Chinguercela, C. E., & Simbaña Coyago, H. D. Análisis, comparación e implementación de una infraestructura virtual open source con alta disponibilidad basada en clusters, para servidores y escritorios dentro de las instalaciones de la empresa Sinergyhard Cía. Ltda (Doctoral dissertation, QUITO/EPN) 2013.
- [12] Waldspurger, C. A. Memory resource management in VMware ESX server. *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 36(SI), 181-194.2002
- [13] Ortiz, M. R. M. Ventajas y Consideraciones sobre la virtualización de infraestructura de Hardware.2007.
- [14] Martín, J. B. Virtualización: vmware vs microsoft. *PC World profesional*, (240), 66-71.2007.
- [15] Paniagua, C. La virtualización de los recursos tecnológicos, impulsor del cambio en la empresa. *Universia Business Review* (trimestre 40), 92-103.2006.
- [16] Jiménez, I., Martínez, O., Aroca R. e-LAB Colombia: Red de Laboratorios Virtuales y Teleoperados de Colombia en la Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada (RENATA). 2014.



## 14. SISTEMA DE VOTACION ELECTRÓNICA CON CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS Y DE SEGURIDAD PARA CEET SENA

### **SONIA ELIZABETH CARDENAS**

Ingeniera en Redes de Computadores,  
Instructora, investigadora grupo GICS CEET SENA  
secardenas9@misena.edu.co

### **WILLIAM NAVARRO NUÑEZ**

Ingeniero en Redes de Computadores,  
Instructor, investigador grupo GICS CEET SENA  
williamnm2@misena.edu.co

### **RAUL BAREÑO GUTIERREZ**

MAGISTER EN TELEMATICA  
Instructor, investigador grupo GICS CEET SENA  
raulbare@misena.edu.co

### **DANIEL FERNANDO MORA DIAZ**

ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS.  
Instructor CEET SENA  
Daniel.mora@misena.edu.co

## RESUMEN

Las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones TIC, han penetrado todo tipo de organizaciones y el SENA CEET no es ajeno a este tipo de cambios. Las nuevas herramientas tecnológicas que facilitan procesos o actividades que antes eran tediosas de realizar, como los procesos electorales llevados manualmente para incentivar la democracia en instructores de planta, contratistas, aprendices y administrativos, permiten el ágil y seguro proceso de votación.

La herramienta prototipo del software que describe este artículo, permite garantizar de manera fácil, oportuna y verificable, todo el proceso de votación y transmisión, mediante una interfaz gráfica sencilla. El E-vote CEET protege el envío mediante protocolos seguros y usa biometría para autenticar y validar al elector en dos fases; una mediante la verificación del documento (carnet o cedula) y otra contrastando su huella dactilar. Para complementar lo anterior, la herramienta genera reportes al culminar el proceso y permite la autenticación, integridad, confidencialidad, y anonimato de electores incluyendo algunas características de personas diversamente hábiles.

**PALABRAS CLAVE:** Autenticación, Biometría, Codificación, Metodología, seguridad electrónica,

## ABSTRACT

The new technologies of information and communication ICTs have penetrated all organizations and SENA CEET is no stranger to this type of tools that facilitate processes or activities that were once tedious to perform as electoral processes manually taken to encourage democracy in ground instructors, contractors, trainees and administrative.

This tool ensures easy, timely, and verifiable entire voting process, transmit, and securely through a graphical interface. The E-vote CEET protects the consignment and uses biometrics to authenticate and validate the voter in two phases; one by checking the document (passport or identity card) and other contrasting his fingerprint. The tool generates reports to complete the process and provides authentication, integrity, confidentiality, and anonymity of voters including business differently.

**KEYWORDS:** Biometrics Development Methodology, Electronic Security, Software.

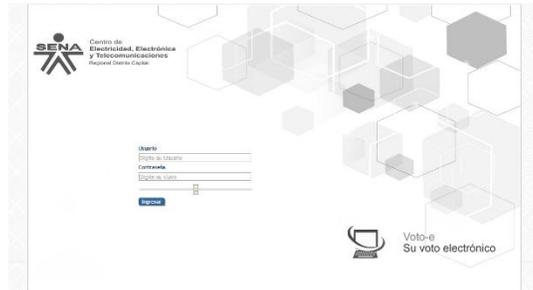
## 1. INTRODUCCIÓN

La evolución de la tecnología ha permitido que se desarrollen proyectos de software que incluyen cada vez más herramientas funcionales dirigidas a todo tipo de personas. Este proceso toma importancia si se aplica al derecho constitucional que tienen todas las personas de ejercer su derecho al voto de manera segura y eficaz ya sea en una elección pública o privada apoyada de una solución informática de votación electrónica de manera presencial [3].

En el CEET de manera frecuente se desarrollan procesos electorales, llevados de manera manual, con retardos, en las fases de conteo, e identificación de cada uno de los electores de la regional; por ello este proyecto provee una herramienta que usa las tecnologías de la información y comunicación TIC en futuros procesos electorales usando tecnología.

Todos los seres humanos tenemos características morfológicas únicas que nos diferencian. La forma de la cara, la geometría de partes de nuestro cuerpo, nuestros ojos y la huella digital, son algunos rasgos que nos diferencian del resto de seres humanos por ello esta solución contempla 3 sistemas de autenticación e identificación biométrica del elector con mecanismos como: lector de código de Barras [15], identificación personal con el uso de la huella dactilar mediante la implementación del SDK (Software Development Kit) gratuito del lector digital Personal y de reconocimiento facial con el uso de una versión trial del SDK de la empresa Neurotechnology. [5][6]. Todo apoyado por un sistema de reconocimiento de voz que selecciona las opciones del sistema, permitiendo al software realizar votaciones electrónicas sin necesidad de su manipulación directa, mediante el uso de código libre para VB.Net.

Esta herramienta biométrica [11] se basa en elementos de todo ser viviente que son únicos e irrepetibles de las personas, ello constituye en la única alternativa, técnicamente viable, para identificar positivamente a una persona sin necesidad de usar firmas, passwords, pin numbers, códigos u otros susceptibles de ser transferidos, sustraídos, descifrados o falsificados con fines ilegales [9]. La identificación biométrica se usa para verificar la identidad del elector midiendo digitalmente determinados rasgos de alguna característica física y comparando esas medidas con aquéllas de la misma persona guardadas en archivo en una base de datos [10].



Fuentes: autor

## 2. CONTENIDO

E-Vote CEET es una solución de software que permite realizar y controlar un sistema de votación de manera electrónica basado en autenticación biométrica [14] e incluyendo personas con discapacidad física es decir la imposibilidad que limita o impide el desempeño motor de la persona afectada [18] [19], En este caso brazos o manos, discapacidad auditiva o visual, también pueden ejercer su derecho al voto [17] [18].

El proceso se realiza por medio de una interfaz muy intuitiva y fácil de usar donde el sistema de reconocimiento de voz o guiado manualmente, permite seleccionar las diferentes opciones partiendo por la autenticación de usuario, selección de la votación inscrita, voto electrónico y cierre de sesión.

La autenticación se basa en la selección de uno de tres dispositivos biométricos [12]. 1) El Lector de código de barras [5] permite identificar los símbolos en la tarjeta de identificación y captura los números decodificados; bajo formatos EAN, code 128, code 39, code 93 y codebar [13]. 2) el lector de huellas dactilares utiliza un prisma iluminado por un diodo de led en el cual se coloca el dedo índice derecho este reproduce las zonas oscuras en el sensor permitiendo un patrón para la autenticación [6]. 3) el reconocimiento facial permite mediante algoritmos previamente diseñados como los es el SDK trial de la empresa Neurotechnology, enfocar el rostro e identificar puntos específicos que servirán para compararlos con los registros de la base de datos [16] ver figura 1.



Figura 1. Dispositivos biométricos utilizados

Todos los métodos de autenticación consultan la base de datos del sistema para la validación y contrastación del elector y permitir el ingreso al sistema ver figura 2, permitiendo proceso de votación de manera electrónica.

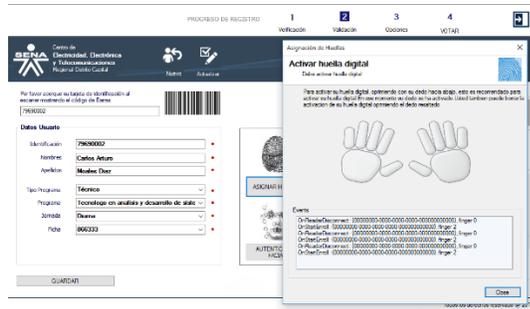
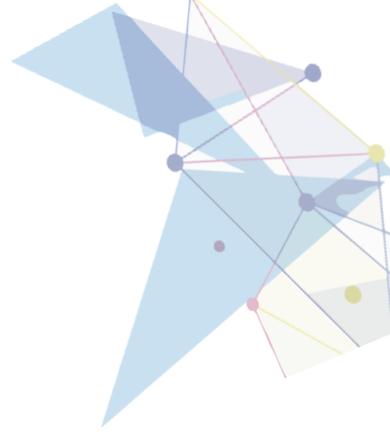


Figura 2. Acceso al sistema de admón.

Figura3. Sistema de Enrolamiento

## 2.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Mediante una metodología descriptiva [23] se pudo recopilar datos precisos que permitieron entender el problema, sus características, puntos positivos y negativos del caso de estudio. Además basándose en los requerimientos del software se establece una hoja de ruta clara que determina la arquitectura del sistema permitiendo su codificación de manera organizada.

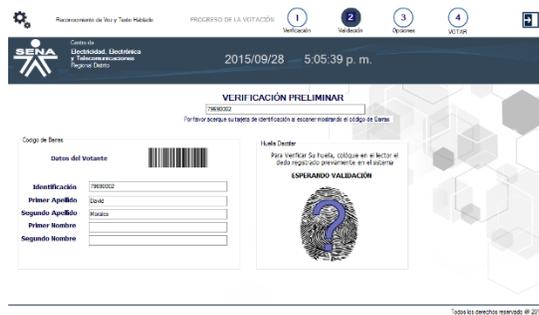
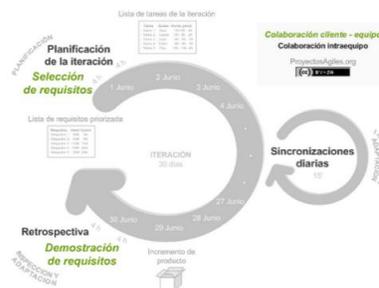


Figura 4. Sistema de Votación E-vote CEET

## 2.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

El desarrollo del software E-Vote CEET parte de la selección del lenguaje de programación que permite la integración de los diferentes puertos de la máquina con la interfaz desarrollada para la utilización de los dispositivos biométricos en este caso VB.NET [20]. Además la aplicación de administración, se desarrolló bajo un ambiente web en HTML y PHP [21] que garantiza la parametrización y configuración de elementos propios de la solución así como de los datos de todo el proceso electoral de manera electrónica y segura. Todo esto integrado en una metodología de desarrollo ágil como Scrum [1] [22] que permite a cada iteración proporcionar un resultado completo, de manera que cada una de ellas proporcione un resultado completo, con un incremento de producto final que sea susceptible de ser entregado con el mínimo esfuerzo al cliente cuando lo solicite. [2].



Fuente: <http://proyectosagiles.org/que-es-scrum/>

### 2.3. SEGURIDAD

En cuanto al acceso a la información de manera segura tanto del elector como del proceso de votación mismo se usó el protocolo SSL/TLS [7], bajo un escenario controlado ver figura 4.

SSL (Secure sockets layer, capa de sockets seguro) [8] desarrollado Netscape, provee privacidad y confiabilidad a la comunicación entre aplicaciones cliente servidor; vía web. Para autenticar los equipos.

TLS estandariza el protocolo provee seguridad entre el cliente y el servidor a través de internet; es una evolución del protocolo SSL, el cual establece una conexión segura por medio de un canal cifrado entre el cliente y el servidor [7]. SSL/TLS es un protocolo de seguridad en navegadores web y servidores web para ayudar a los usuarios a proteger sus datos mientras se transfieren [8].

Las características de SSL/TLS son: Seguridad criptográfica, Interoperabilidad, Extensibilidad, Eficiencia. Trabaja arriba de la capa de transporte y entre las aplicaciones a nivel WEB [8].

### 2.4. MÉTRICAS Y PRUEBAS DE CALIDAD

Las pruebas de calidad de los dispositivos biométricos se basaron en las siguientes características.

	Huella dactilar	Reconocimiento Facial
Fiabilidad	Alta	Alta
Facilidad Uso	Alta	Media
Estabilidad	Alta	Alta
Interferencias	Suciedad / Herida	Gafas

Tabla 1. Métricas de calidad

	Huella dactilar	Reconocimiento Facial	Escala
Pruebas	100	100	Alta >90%
Fiabilidad	96%	92%	Media entre 50% y 90%
Escala	Alta	Alta	Baja <49

Tabla 2. Pruebas de fiabilidad

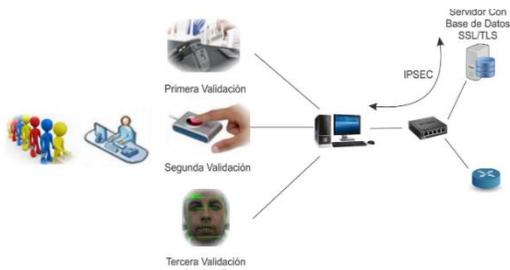


Figura4. Escenario controlado E-vote CEET

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS

La herramienta de desarrollo VB.Net fue muy practica en el momento de adaptar los SDK de los dispositivos biométricos debido a su qué código tiene bastante documentación en línea que permitió su adaptación al sistema desarrollado.

La selección de los dispositivos biométricos utilizados (Huella dactilar y reconocimiento facial) se ajustaron a las librerías existentes en el mercado de fácil acceso, debido a que la mayoría son de pago de licencia como lo son la autenticación de voz y reconocimiento de iris.

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

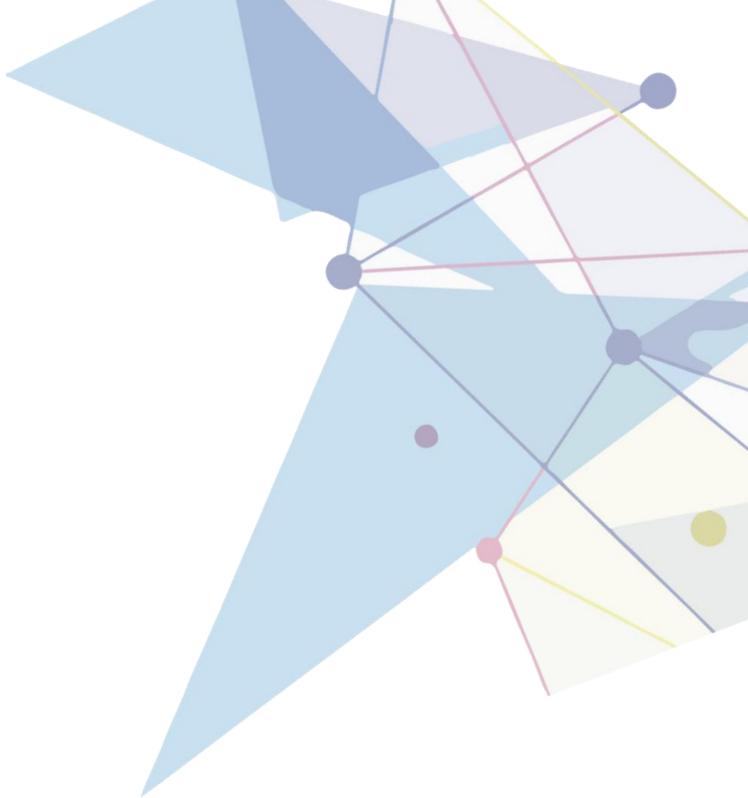
Una vez se finalizan las actividades de análisis y diseño del software y se incorporan los diferentes lectores biométricos, el sistema adiciona características que proporcionan una alternativa ágil, practica y segura para validar el proceso autenticación o acceso a cualquier sistema de votación electrónica.

Esta herramienta de software y hardware integrados permitirán los diferentes procesos electorales que realice el complejo SENA CEET usar las nuevas tecnologías de la información y la comunicación TIC de manera oportuna para garantizar el máximo de transparencia en seguridad, en autenticación, confidencialidad, integridad y anonimato del elector como de los datos. Aunque se logró los objetivos propuestos, se debe continuar en una fase II en la búsqueda de complementos y funciones de acceso y manejo del software a personas diversamente hábiles.

### BIBLIOGRAFÍA

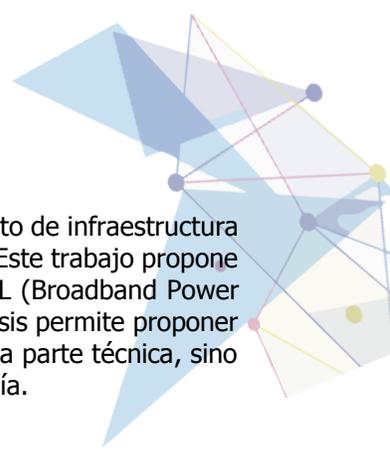
- [1] Hossain, E., Babar, M. A., & Paik, H. Y. (2009, July). Using scrum in global software development: a systematic literature review. In Global Software Engineering, 2009. ICGSE 2009. Fourth IEEE International Conference on (pp. 175-184). Ieee.
- [2] Islas, O. (2011). La sociedad de la ubicuidad, los prosumidores y un modelo de comunicación para comprender la complejidad de las comunicaciones digitales. Revista ALAIC, (7).
- [3] Gálvez Muñoz, L. A. Aproximación al voto electrónico presencial: estado de la cuestión y recomendaciones para su implantación. Teoría y realidad constitucional, (23), 2009. Pp. 257-270.
- [4] Espinosa Vélez María Paula, Hidalgo Betancourt Ruth Yolanda. SSL, Secure Sockets Layer y Otros Protocolos Seguros para el Comercio Electrónico. Universidad Politécnica de Madrid 2007.
- [5] Aguilar, G., Sánchez, G., Toscano, K., Nakano, M., & Pérez, H. Reconocimiento de Huellas Dactilares Usando Características Locales. Revista Facultad de Ingeniería, (46), 2013. Pp. 101-109.
- [6] Moya, J. M. H. RFID. Etiquetas Inteligentes. Bit, (146), 2004. Pp. 54-56.
- [7] S. Kent and R. Atkinson: Security Architecture for the Internet Protocol. RFC 2401.
- [8] T. Dierks and C. Allen. The TLS Protocol Version 1.0.
- [9] Riffo Gutiérrez Marcelo A. Vulnerabilidades de las redes TCP/IP y principales mecanismos de seguridad. Chile. 2009.
- [10] Mamani Quispe, C. Protocolos de Comunicación Utilizados en Cloud Computing. Revista de Información, Tecnología y Sociedad, 91. 2012.

- [11] Bertolín, Javier Areitio, and María Teresa Areitio Bertolín. "Análisis en torno a la tecnología biométrica para los sistemas electrónicos de identificación y autenticación." *Revista española de electrónica* 630 (2007): 52-67.
- [12] Cabrera, J. M., López, F. J., & López, F. A. *Óptica electromagnética vol. II: Materiales y aplicaciones*. Addison-Wesley Iberoamericana España. 2000.
- [13] Laurent, G. *Lectores ópticos: del estándar al tratamiento digital*. Thomson-Paraninfo. 1998
- [14] Aguilar, G., Sánchez, G., Toscano, K., Nakano, M., & Pérez, H. Fingerprint Recognition Using Local Features. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (46), 2008. Pp. 101-109.
- [15] Hernández Polanco, E. *Diseño e implementación de un sistema de asistencia basado en RFID*. 2012.
- [16] Medina Casas, E. A. *RFID vs. Código de barras, procesos, funcionamiento y descripción*. 2009
- [17] Pérez, m., Martínez, a. m. g., López, k. a., peralta, e. j., & Zúñiga, s. f. (2009). *El software educativo*.
- [18] Koon, R., & De la Vega, M. E. (2000, June). El impacto tecnológico en las personas con discapacidad. In Conferencia presentada en el II Congreso Iberoamericano de Informática Educativa Especial, Córdoba.
- [19] Sacco, A., & Pérez, F. J. S. (2009). Software libre para las necesidades educativas especiales. *Revista Comunicación y Pedagogía* Nº235-236, especial año.
- [20] Cornell, G., Morrison, J., Cornell, G., & Morrison, J. (2002). *Programming VB. NET: a guide for experienced programmers*. Apress.
- [21] Ramirez, F. (2007). *Introducción a la programación: algoritmos y su implementación en VB. NET, C#, Java y C+*. Alfaomega.
- [22] Sutherland, J., Viktorov, A., Blount, J., & Puntikov, N. (2007, January). Distributed scrum: Agile project management with outsourced development teams. In *System Sciences, 2007. HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference on* (pp. 274a-274a). IEEE.
- [23] Baray, Héctor Luis Ávila. *Introducción a la metodología de la investigación*. Juan Carlos Martínez Coll, 2006. Fuente <http://noemagico.blogia.com/2006/091301-la-investigacion-descriptiva.php>



## 15. TECNOLOGÍA BROADBAND POWER LINE, OPORTUNIDADES Y RETOS EN COLOMBIA

**GUSTAVO ALONSO CHICA PEDRAZA, PhD (C)**  
Ingeniero Electrónico, MSc.  
Asistente Docente  
[gachicap@unal.edu.co](mailto:gachicap@unal.edu.co)



## RESUMEN

En Colombia uno de los principales inconvenientes que se tiene es la deficiencia de cubrimiento de infraestructura de telecomunicaciones, especialmente para quienes no se encuentran en las grandes urbes. Este trabajo propone analizar las oportunidades y retos que tiene una tecnología de banda ancha como lo es BPL (Broadband Power Line). Para analizar este tema se ha aplicado el proceso analítico jerárquico (AHP). Este análisis permite proponer la tecnología BPL como tecnología de última milla en Colombia, teniendo en cuenta no solo la parte técnica, sino también, otros contextos que se deben considerar al momento de implementar una tecnología.

**PALABRAS CLAVE:** AHP, BPL, Última milla

## ABSTRACT

In Colombia one of the main problems we have is the deficiency of telecommunications infrastructure coverage, especially for those who are not in the big cities. This work aims to analyze the opportunities and challenges that broadband Power Line technology has. To analyze this issue here has been applied the analytic hierarchy process (AHP), This analysis allows to propose the BPL technology as last mile technology in Colombia, taking into account not only the technical side, but also other necessary contexts to consider when implementing a technology.

**KEYWORDS:** AHP, BPL, Last Mile Connectivity.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los países en vía de desarrollo deben masificar el acceso a los servicios de telecomunicaciones con el objetivo de permitir mejores posibilidades a su población, impulsar la competitividad disminuyendo la llamada "brecha digital" e incorporarse en la sociedad de la información y del conocimiento. Este trabajo propone analizar la viabilidad de implementar una tecnología de banda ancha como lo es BPL), dado que la ubicuidad de la red de baja tensión ofrece un gran potencial que permitirá lograr servicios de telecomunicaciones en sitios urbanos y rurales.

Para analizar este tema se ha aplicado el proceso analítico jerárquico (AHP). Este método, basado en el análisis de decisiones multicriterio (MCDA), permite establecer los criterios de decisión, ponderarlos y valorar las alternativas en función de las prioridades. Como apoyo en todo el proceso de decisión se ha considerado la opinión de diferentes expertos. En el presente texto se expone el proceso seguido con el objetivo de mostrar que tan viable es implementar la tecnología BPL como tecnología de última milla en Colombia.

### 2. CONTENIDO

En Colombia las tecnologías de banda ancha identificadas como tecnologías que ofrecen conectividad de última milla son [2]: Cable Coaxial, Fibra Óptica. ADSL. BPL, Redes Inalámbricas Fijas (Wifi - Radio Microondas). Cada una de estas tecnologías presenta ventajas y desventajas frente a las demás, por tal motivo el poder hacer una caracterización entre ellas por expertos y poder ponderarlas mediante una técnica de toma de decisiones multicriterio (AHP) [4], para después realizar un análisis de sensibilidad, permitirá llegar a establecer que posibilidad real tiene la tecnología BPL y bajo qué condicionantes podría ser tenida en cuenta para ser implementada en Colombia como tecnología de última milla [1].

### 3. EL MÉTODO AHP

Para la selección de los criterios se ha optado por realizar una descomposición jerárquica, siguiendo el método AHP [2]. Se aplicó como técnica la consulta al panel de expertos, se realizó una primera propuesta soportada en una búsqueda bibliográfica y se consultó al resto de los expertos por medio de entrevista directa [3]. Cada uno de ellos expresó su opinión, la cual fue tenida en cuenta y fue discutida por los demás expertos hasta que se logró un acuerdo. Los criterios seleccionados fueron discriminados en 7 niveles, económico, tecnológico, infraestructura, social, político, regulatorio y ambiental.

En el método AHP, los criterios se representan mediante un árbol jerárquico (ver Figura 1) y se deben de realizar comparaciones binarias entre los vértices de cada nivel, con base a la importancia o contribución de cada uno de ellos al vértice del nivel superior al que están ligados [5].

Este proceso de comparación conduce a una escala de medida relativa de prioridades o pesos de los elementos cuya suma total es la unidad. Para calcular los pesos de los criterios en cada nivel jerárquico estos han de ir comparándose dos a dos, preguntándose si el criterio  $C_i$  es mejor que el  $C_j$  (o viceversa) y cuánto mejor, utilizando la escala Saaty [5].

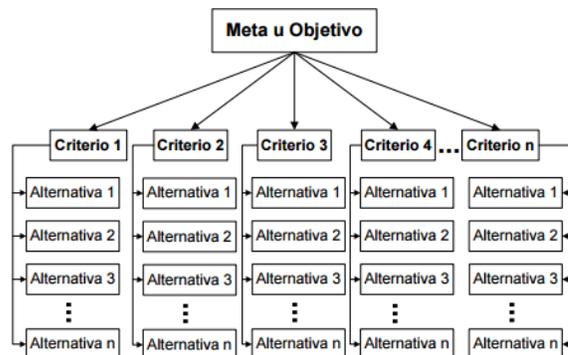


Figura 1. Jerarquía Saaty

#### 4. RESULTADOS

Por medio de los análisis matemáticos realizados a la opinión de los expertos, se encontró que después de ponderar los diferentes niveles y las alternativas, la tecnología que obtuvo el mayor porcentaje fue BPL con un 26,2%, en segundo lugar estuvo la tecnología XDSL con 25,7% lo que indica que según los expertos consultados si hubiese que escoger una tecnología en el corto plazo como solución a los problemas de última milla, la respuesta estaría entre estas dos tecnologías.

A continuación, se propuso el hacer un análisis de sensibilidad con el software Expert Choice, que permitiera conocer la forma en que al variar los porcentajes de los niveles, se vieran reflejados comportamientos en los resultados finales de la ponderación. La Figura 2 muestra la forma de variar algunos porcentajes.

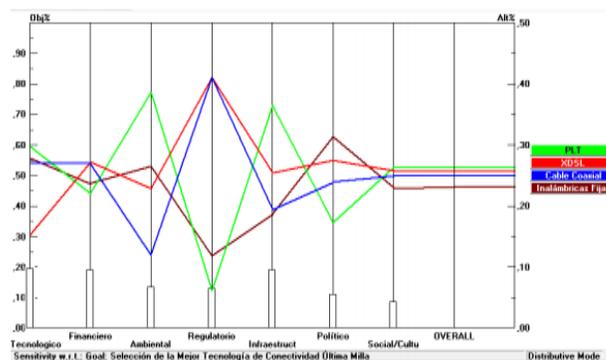


Figura 2. Análisis de Sensibilidad

#### 5. CONCLUSIONES

Se demostró que la tecnología BPL debe ser considerada como una de las tecnologías emergentes que puede brindar solución a los problemas de conectividad en el país, se ha evidenciado que como mínimo está al mismo nivel de aquellas tecnologías que como XDSL, cable coaxial y las tecnologías inalámbricas fijas están brindando conectividad de banda ancha hoy en día.

- Es claro determinar las ventajas que trae la tecnología PLT, principalmente al nivel de infraestructura y al nivel ambiental, en términos tecnológicos no tiene nada que envidiar a las demás tecnologías. En términos ambientales

su implementación representa un impacto positivo y esto se traduce a su vez en la mitigación del cambio climático, el cual es un tema de frontera muy relevante en la actualidad.

- Por otra parte las debilidades se hacen evidentes en el campo regulatorio y político, aunque estos son aspectos que en su momento antes de ser un impedimento para que la tecnología se consolide, serán de los más importantes para impulsar su masificación y lograr que los costos actuales bajen por economía de escala.

## BIBLIOGRAFÍA

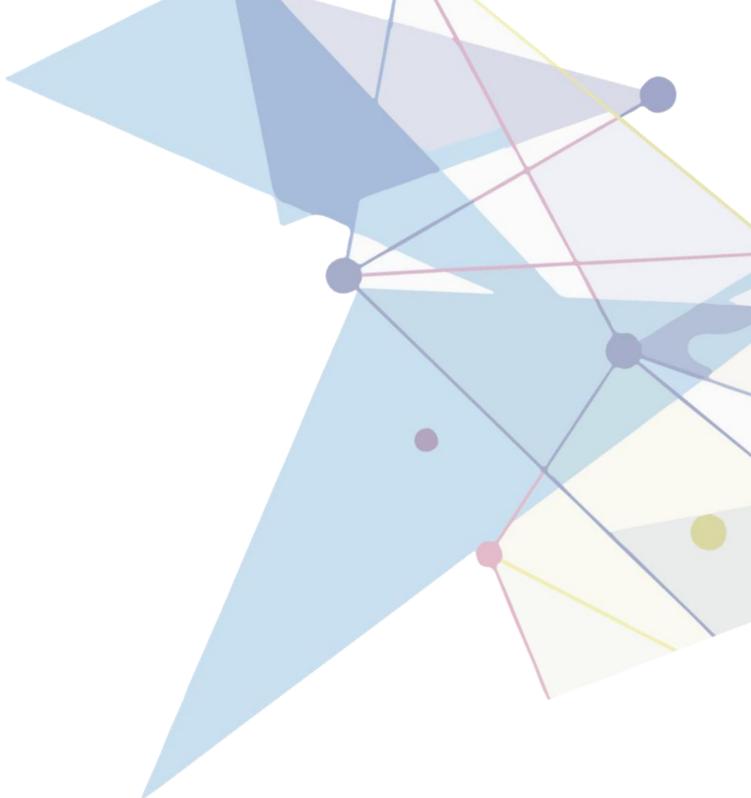
Buyer M, broadband over power lines has a future? Business Communications Review, v 35, n 10, 2005, pp 59-61.

Saaty, Th.,. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process., Pittsburgh: RWS Publications, 1994.

Belton, V. and Stewart, Th., Multiple criteria decision analysis. An integrated approach., Kluwer Academic Publishers, 2002.

Chica G, Ramos Z, Estudio y análisis de la viabilidad de la implementación de la Tecnología PLT (Power Line Telecommunications) en Colombia en el ámbito de la transmisión de datos sobre redes de baja tensión. Universidad Nacional de Colombia, Tesis de Maestría en Ingeniería de Telecomunicaciones, 2012

Saaty, T. L. (2001). Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process (Second ed.). Pittsburgh, USA: RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh, PA 15213 USA, p.185



## 16. TRANSMISION DE CONTENIDOS DIGITALES PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA

**ANDREA ALEXANDRA GALINDO DIAZ.**

Tecnóloga en diseño  
Investigadora SENA  
aagalindo-diaz@misena.edu.co

**ERNESTO CADENA**

MSC, Ingeniero en telecomunicaciones  
Instructor Sena GICS investigador.  
ecadenam@misena.edu.co

## RESUMEN

Revisando el panorama educativo de nuestro país y la influencia de las Telecomunicaciones en el mercado Colombiano, identificamos una oportunidad para involucrar a las personas con discapacidad auditiva en procesos de capacitación en Telecomunicaciones. Con este proyecto, nuestra institución será capaz de implementar un nuevo método de estudio y de oportunidad de empleo para este tipo de personas ya que por mucho tiempo su calidad de educación ha sido escasa.

Debido a su limitación, las personas con esta discapacidad no han podido ingresar a una institución por discriminar su condición. Con nuestro proyecto, vamos a impactar a esta población para mejorar su estilo de vida y demostrar que pueden ser capacitados a través del uso de las TICS, implementando un avatar para que haya una comunicación directa con estas personas y así puedan capacitarse en sus carreras correspondientes.

Para este tipo de población, existen diferentes desarrollos tecnológicos mediante los cuales podrían tener de una forma más interactiva contenidos que aporten a su formación y desarrollo social. Estos contenidos pueden ser transmitidos en los sistemas de televisión digital, donde se ha buscado la interactividad del usuario frente a diferentes plataformas tales como televisión IP, satelital, terrestre y móvil. Sin embargo, para la población objetivo de estudio es primordial no solo tener lenguaje de señas y descripción textual, si no generar contenidos de animaciones en tres dimensiones (3D) que permitan mejor la apropiación de los mismos y su interactividad.

**PALABRAS CLAVE:** software, discapacidad auditiva, contenidos digitales creación de avatar 3D

## ABSTRACT

Reviewing the educational landscape of our country and the influence of Telecommunications in the Colombian market, we identified an opportunity to involve people with hearing disabilities in training processes in Telecommunications. With this project, our institution will be able to implement a new method of study and employment opportunities for these people as long quality education has been poor.

For its limitations, people with this disability have not been able to study in an institution because of their condition. With our project, we will impact this population to improve their lifestyle and show that they can be trained through the use of TICS, developing an avatar to get a direct communication with these people so they can be trained in their respective careers.

For this population, different technological developments could have a more interactive content that contribute to their education and social development. These contents can be transmitted in digital television systems, which has sought user interactivity against different mobile platforms such as IP television, satellite, and terrestrial. However, for the target population of this study is essential not only have sign language and textual description, but generate content animation in three dimensions (3D) that allow the best appropriation of these and interactivity.

**KEYWORDS:** software, hearing impairment, digital content creation avatar 3D

## 1. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de televisión se ha buscado generar un impacto a diferentes poblaciones. El objetivo de esta investigación son las personas con limitaciones auditivas, por lo cual se ha desarrollado una caracterización de personas con la limitación de oír aun con aparatos especiales para el diseño tecnológico propuesto. Se inicia con una revisión de la descripción de las personas con limitaciones en Colombia, se definen los actores tales como intérprete de sordo, guía de intérprete y lenguaje de señas, que son de vital importancia en las estrategias existentes tales como texto escondido o closed caption y lenguaje de señas. Se establece que los sistemas o mecanismos que se desarrollen para este propósito serán implementados en televisión digital y se revisa su normatividad en el país. Se analizan las tramas de transporte en televisión y los mecanismos para generar contenidos en 3D que permitan mejorar la interactividad para esta población objetivo.

Se pueden clasificar en varias maneras de datos ya que sabemos que son archivos fotos paginas través de un programa informático los podemos clasificar de varias maneras estas clases nos permite localizar lo que

necesitamos y así encontrar lo que estamos buscando, la ventaja que tenemos es que podemos ingresar fácilmente al acceso que buscamos sin barrera alguna.

Los factores que justifican el proyecto son:

- Falta de oportunidades laborales y académicas.
- Número de personas discapacitadas por limitación auditiva.
- Implementación de un software para personas con discapacidad auditiva para que ingresen sin contratiempo a alguna carrera de formación, tengan la oportunidad de capacitarse y se abran campos en el ámbito laboral.

## 2. CONTENIDO

Los contenidos son considerados la información transmitida por los sistemas de televisión que permiten a la población establecer un canal de contenidos a nivel social, económico, político y cultural. En el caso Colombiano un porcentaje de la población según el censo del departamento de estadística, tienen diferentes tipos de limitaciones y se define como un reto tecnológico ya que se deben establecer plataformas que les permitan un canal de comunicación que se acondicione a su limitación.

De acuerdo con los datos del Censo General del 2014, la tasa de Prevalencia para el total de la población (6.3%) es mayor en hombres (6,6%) que en mujeres (6,1%). Teniendo en cuenta el número de limitaciones por persona, el 71,2% presentan una limitación, el 14,5% dos limitaciones, el 5,7% tres limitaciones y el 8,7% tres o más limitaciones permanentes

Del total de personas que reportaron alguna limitación, el 29,3% poseen limitaciones para moverse o caminar, el 14,6% para usar brazos y manos, el 43,4% para ver a pesar de usar lentes o gafas, el 17,3% para oír aun con aparatos

La Autoridad Nacional de Televisión colombiana (ANTV) publicó para comentarios un proyecto de resolución que reglamenta el acceso a las personas con discapacidad auditiva al servicio de televisión.

Nos habla la normatividad que el Canal del Congreso, Canal Universitario Nacional deben incorporar un sistema que garantice que las personas sordas puedan tener un medio de comunicación para que puedan captar lo que se transmiten en estos canales.

Es necesario implementar un intérprete en lengua de señas también subtítulos (Closed Caption) tanto como para canales principales y canales subdigitales para que utilicen este tipo de programación cual se convierte el audio de un programa de televisión, transmisión de internet, película, video y demás producciones, en línea de texto, este aparecerá en la pantalla o monitor. Es importante diferenciar entre subtítulos y closed caption, son la traducción de las palabras de los contenidos pero sin identificar el hablante, por el contrario el Closed Caption diferencia entre las personas que interactúan en la conversación y además se describe los efectos de sonido y música.

## LENGUAJE DE SEÑAS

Es un proceso mediante el cual se integra a un contenido audiovisual una imagen en el cual un personaje traduce en vivo al lenguaje de señas usado por las personas con discapacidad auditiva.

En la actualidad existen acuerdos y leyes que normalizan el uso de este lenguaje para cada uno de los contenidos. En Colombia el acuerdo del año 2012, se especifica los deberes que tiene los canales públicos en el acceso a sus contenidos para las personas con esta limitación, observando la necesidad de este contenido en nuestro país.

## DVB-T2

Colombia es un grupo fuerte escogido tras muchos estudios que sirve de ejemplos para otras ciudades ya que se acogio al sistema de DVBT-2 que esta brindando definicion en audio y video y la posibilidad de una television tridimensional.

## MINTIC

Se ha creado un programa con cinecolombia para que las personas con esta discapacidad se acerquen a uno de los teatros y puedan ingresar sin ningun costo para que puedan disfrutar de su pelicula favorita ya que gracias a este tipo de programas de MINTIC y sus alianzas esta poblacion dejará de ser discriminada por su discapacidad.

MINTIC creo una estrategia apps.com en la creacion de contenidos digitales que le permite a las personas con discapacidad en colombia.

El objetivo del proyecto es que las personas con esta discapacidad puedan ser parte del proceso educativo y aun mucho mejor acceder a nuestros programas de formacion, implementando un avatar con lenguaje de señas y asi obtener una comunicaci3n clara capacitando al personal docente en este tipo de clases y lograr un ambiente de trabajo con calidad para esta poblaci3n.

### Procesamiento de imágenes en tercera dimensi3n (3D)

Actualmente, los sistemas de captura de movimiento tienen aplicaciones en campos como salud, f3sica, ingenier3a y arquitectura. Se ha logrado la captura de objetos como una araña El análisis de sus movimientos recrea un modelo mecánico que simula su movimiento

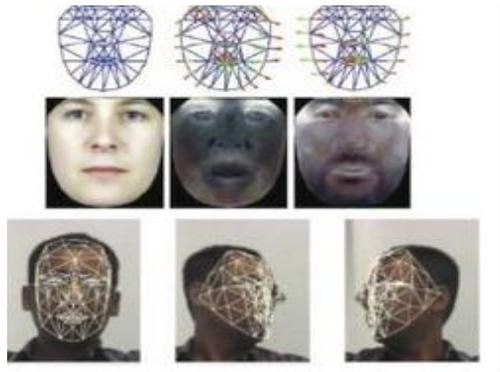
En la rob3tica, se puede copiar o simular estos movimientos para conseguir robots m3s flexibles y robustos. En la salud, permite obtener informaci3n sobre la postura y movimientos de un paciente, descubriendo problemas y permitiendo un diagn3stico y tratamiento a pacientes m3s sencillos, como se observa en la Figura.



Fuentes: autor

El reconocimiento de los movimientos del cuerpo ha sido explorado en varias 3reas, espec3ficamente el movimiento de los brazos ha sido capturado para seńales de vuelo Se usaron seńales que utilizan los 3rbitros en baloncesto.

A una escala más pequeña, se encuentran aplicaciones de captura facial que han evolucionado a sistemas que permiten la captura con cámaras de alta resolución y modelos como Active Appearance Models (AAM), el resultado es mejor, más natural y humano. En la Figura se observa un test de captura facial. En la Figura se observa la generación del modelo y captura facial para juegos en 3D.



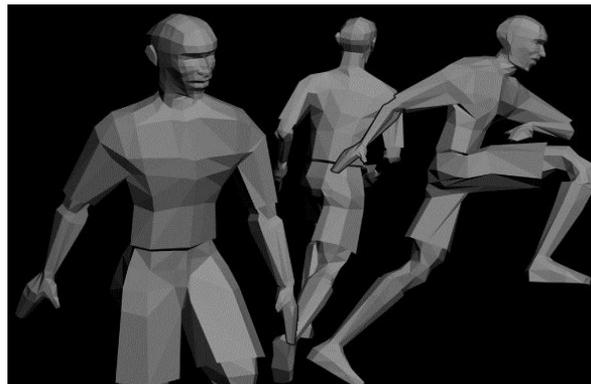
Fuentes: autor

**PREGUNTA DE INVESTIGACION.**

¿Cuántas personas están buscando una oportunidad de estudio y no pueden por su discapacidad auditiva?

**RESULTADOS**

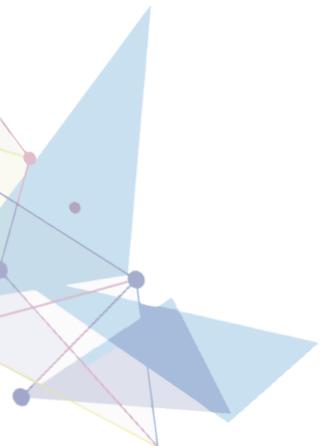
Se realizaron pruebas de captura en la plataforma de captura de movimiento de Tecnoparque, pero la resolución de las cámaras para capturar la información de las manos es muy limitada.



Fuentes: autor

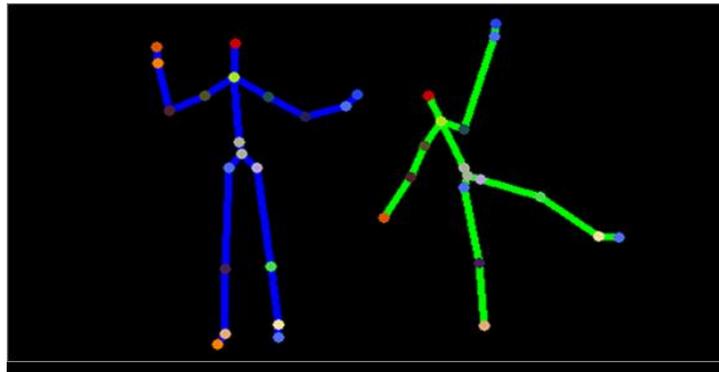


Fuentes: autor



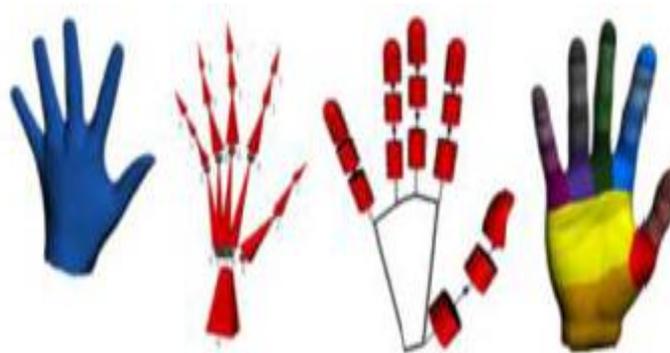
## ALFABETO

Se realizaron pruebas con el Kinect, desarrollado por Microsoft, los resultados muestran que captura solo las articulaciones, pero a nivel de la captura de la posición o movimiento de los dedos tiene pérdida de información, solo captura las articulaciones principales, no hay resolución para la captura.



Fuentes: autor

Fuentes: autor



El método más viable fue realizar video de alta resolución para la generación de contenido e implementarlo en el Sistema de Transmisión de Televisión del Centro. Se realiza inicialmente en SD, posteriormente se trabajara en HD.

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se desarrolló un estudio de clasificación de limitaciones en Colombia que nos permitió elegir la población objeto de estudio que son las personas con limitación de oír aun con aparatos especiales, encontrando variables importantes en el marco legal Colombia que nos permiten definir y delimitar los actores y los alcances de un diseño tecnológico para televisión.

Existe un alto potencial en diferentes entornos y carreras formales para brindarles una mejor calidad de vida y autoestima a la población con discapacidad auditiva, permitiendo su capacitación mediante contenidos digitales transmitidos en Televisión Digital Interactiva.

Se debe realizar programación de un avatar digital que permita la generación y posterior transmisión de contenidos digitales para personas con discapacidad auditiva en sistemas de TDT y medir la calidad de servicio y de experiencia.

Se revisó el funcionamiento de televisión por medio de tramas de transporte para incluir un lenguaje de señas capturado en un sistema de 3D y esta manera incluir contenidos interactivos que permitan a esta población un mejor nivel cultural y educativo.

La captura de movimientos de la mano requiere dispositivos de captura de alta resolución, por lo cual se debe desarrollar un avatar programado que permita el movimiento del lenguaje de señas, queda planteado como trabajo futuro.



Fuentes: autor

## BIBLIOGRAFIA

- Chaisanit, S., S. Suksakulchai, and R. Nimnual. 2010. "Interactive Multimedia Courseware of Vowel Training for the Hearing Impaired." *Control Automation and Systems (ICCAS), 2010 International Conference on*: 1196–99.
- Chen, Yuh-tyng, and Shyhnan Liou. 2014. "Enhancing the Acceptance of Interactive Online Learning of Hearing-Impaired Students." : 141–44.
- Ospina Ramírez, Mario Andrés. 2010. "Discapacidad Y Sociedad Democrática." *Revista Derecho del Estado (24)*: 143–64. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3335685&info=resumen&idioma=ENG>.
- Saliza, Noor. 2012. "GMT Feature Extraction for Representation of BIM Sign Language." (*Icsgrc*): 43–48.
- Santos Hernández, Vanesa, Franz Zenker Castro, Rafael Fernández Belda, and José Juan Barajas De Prat. 2006. "Deficiencia , Discapacidad Y Minusvalía Auditiva." *Auditio Revista Electrónica de Audiología 3(Ciddm)*: 19–31.
- Sarkar, Ruman, Smita Das, and Dwijen Rudrapal. 2013. "A Low Cost Microelectromechanical Braille for Blind People to Communicate with Blind or Deaf Blind People through SMS Subsystem." *Proceedings of the 2013 3rd IEEE International Advance Computing Conference, IACC 2013*: 1529–32.
- Santos Hernández, Vanesa, Franz Zenker Castro, Rafael Fernández Belda, and José Juan Barajas De Prat. 2006. "Deficiencia , Discapacidad Y Minusvalía Auditiva." *Auditio Revista Electrónica de Audiología 3(Ciddm)*: 19–31.
- Chaisanit, S., S. Suksakulchai, and R. Nimnual. 2010. "Interactive Multimedia Courseware of Vowel Training for the Hearing Impaired." *Control Automation and Systems (ICCAS), 2010 International Conference on*: 1196–99.
- Santos Hernández, Vanesa, Franz Zenker Castro, Rafael Fernández Belda, and José Juan Barajas De Prat. 2006. "Deficiencia, Discapacidad Y Minusvalía Auditiva." *Auditio Revista Electrónica de Audiología 3(Ciddm)*: 19–31.
- Chaisanit, S., S. Suksakulchai, and R. Nimnual. 2010. "Interactive Multimedia Courseware of Vowel Training for the Hearing Impaired." *Control Automation and Systems (ICCAS), 2010 International Conference on*: 1196–99.
- Chen, Yuh-tyng, and Shyhnan Liou. 2014. "Enhancing the Acceptance of Interactive Online Learning of Hearing-Impaired Students." : 141–44.
- Santos Hernández, Vanesa, Franz Zenker Castro, Rafael Fernández Belda, and José Juan Barajas De Prat. 2006. "Deficiencia , Discapacidad Y Minusvalía Auditiva." *Auditio Revista Electrónica de Audiología 3(Ciddm)*: 19–31.
- Chaisanit, S., S. Suksakulchai, and R. Nimnual. 2010. "Interactive Multimedia Courseware of Vowel Training for the Hearing Impaired." *Control Automation and Systems (ICCAS), 2010 International Conference on*: 1196–99.

Chen, Yuh-tyng, and Shyhnan Liou. 2014. "Enhancing the Acceptance of Interactive Online Learning of Hearing-Impaired Students." 141–44.

Santos Hernández, Vanesa, Franz Zenker Castro, Rafael Fernández Belda, and José Juan Barajas De Prat. 2006. "Deficiencia , Discapacidad Y Minusvalía Auditiva." *Auditio Revisita Electrónica de Audiología* 3(Ciddm): 19–31.

Sarkar, Ruman, Smita Das, and Dwijen Rudrapal. 2013. "A Low Cost Microelectromechanical Braille for Blind People to Communicate with Blind or Deaf Blind People through SMS Subsystem." *Proceedings of the 2013 3rd IEEE International Advance Computing Conference, IACC 2013*: 1529–32.

Chaisanit, S., S. Suksakulchai, and R. Nimnual. 2010. "Interactive Multimedia Courseware of Vowel Training for the Hearing Impaired." *Control Automation and Systems (ICCAS), 2010 International Conference on*: 1196–99.

Chen, Yuh-tyng, and Shyhnan Liou. 2014. "Enhancing the Acceptance of Interactive Online Learning of Hearing-Impaired Students." 141–44.

Saliza, Noor. 2012. "GMT Feature Extraction for Representation ofBIM Sign Language." (*Icsgrc*): 43–48.

Santos Hernández, Vanesa, Franz Zenker Castro, Rafael Fernández Belda, and José Juan Barajas De Prat. 2006. "Deficiencia , Discapacidad Y Minusvalía Auditiva." *Auditio Revisita Electrónica de Audiología* 3(Ciddm): 19–31.

Sarkar, Ruman, Smita Das, and Dwijen Rudrapal. 2013. "A Low Cost Microelectromechanical Braille for Blind People to Communicate with Blind or Deaf Blind People through SMS Subsystem." *Proceedings of the 2013 3rd IEEE International Advance Computing Conference, IACC 2013*: 1529–32.

Chaisanit, S., S. Suksakulchai, and R. Nimnual. 2010. "Interactive Multimedia Courseware of Vowel Training for the Hearing Impaired." *Control Automation and Systems (ICCAS), 2010 International Conference on*: 1196–99.

Chen, Yuh-tyng, and Shyhnan Liou. 2014. "Enhancing the Acceptance of Interactive Online Learning of Hearing-Impaired Students." 141–44.

Ospina Ramírez, Mario Andrés. 2010. "Discapacidad Y Sociedad Democrática." *Revista Derecho del Estado* (24): 143–64. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3335685&info=resumen&idioma=ENG>.

Saliza, Noor. 2012. "GMT Feature Extraction for Representation ofBIM Sign Language." (*Icsgrc*): 43–48.

Santos Hernández, Vanesa, Franz Zenker Castro, Rafael Fernández Belda, and José Juan Barajas De Prat. 2006. "Deficiencia , Discapacidad Y Minusvalía Auditiva." *Auditio Revisita Electrónica de Audiología* 3(Ciddm): 19–31.

Sarkar, Ruman, Smita Das, and Dwijen Rudrapal. 2013. "A Low Cost Microelectromechanical Braille for Blind People to Communicate with Blind or Deaf Blind People through SMS Subsystem." *Proceedings of the 2013 3rd IEEE International Advance Computing Conference, IACC 2013*: 1529–32.

Chaisanit, S., S. Suksakulchai, and R. Nimnual. 2010. "Interactive Multimedia Courseware of Vowel Training for the Hearing Impaired." *Control Automation and Systems (ICCAS), 2010 International Conference on*: 1196–99.

Chen, Yuh-tyng, and Shyhnan Liou. 2014. "Enhancing the Acceptance of Interactive Online Learning of Hearing-Impaired Students." 141–44.

Ospina Ramírez, Mario Andrés. 2010. "Discapacidad Y Sociedad Democrática." *Revista Derecho del Estado* (24): 143–64. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3335685&info=resumen&idioma=ENG>.

Saliza, Noor. 2012. "GMT Feature Extraction for Representation ofBIM Sign Language." (*Icsgrc*): 43–48.

Santos Hernández, Vanesa, Franz Zenker Castro, Rafael Fernández Belda, and José Juan Barajas De Prat. 2006. "Deficiencia, Discapacidad Y Minusvalía Auditiva." *Auditio Revisita Electrónica de Audiología* 3(Ciddm): 19–31.

Sarkar, Ruman, Smita Das, and Dwijen Rudrapal. 2013. "A Low Cost Microelectromechanical Braille for Blind People to Communicate with Blind or Deaf Blind People through SMS Subsystem." *Proceedings of the 2013 3rd IEEE International Advance Computing Conference, IACC 2013*: 1529–32.

Chaisanit, S., S. Suksakulchai, and R. Nimnual. 2010. "Interactive Multimedia Courseware of Vowel Training for the Hearing Impaired." *Control Automation and Systems (ICCAS), 2010 International Conference on*: 1196–99.

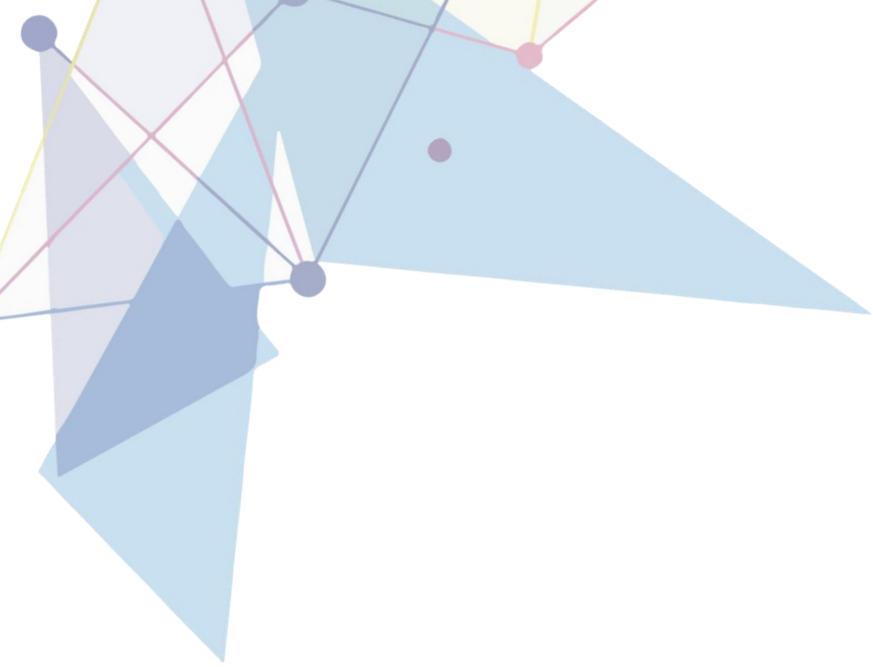
Chen, Yuh-tyng, and Shyhnan Liou. 2014. "Enhancing the Acceptance of Interactive Online Learning of Hearing-Impaired Students." 141–44.

Ospina Ramírez, Mario Andrés. 2010. "Discapacidad Y Sociedad Democrática." *Revista Derecho del Estado* (24): 143–64. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3335685&info=resumen&idioma=ENG>.

Saliza, Noor. 2012. "GMT Feature Extraction for Representation ofBIM Sign Language." (*Icsgrc*): 43–48.

Santos Hernández, Vanesa, Franz Zenker Castro, Rafael Fernández Belda, and José Juan Barajas De Prat. 2006. "Deficiencia, Discapacidad Y Minusvalía Auditiva." *Auditio Revisita Electrónica de Audiología* 3(Ciddm): 19–31.

Sarkar, Ruman, Smita Das, and Dwijen Rudrapal. 2013. "A Low Cost Microelectromechanical Braille for Blind People to Communicate with Blind or Deaf Blind People through SMS Subsystem." *Proceedings of the 2013 3rd IEEE International Advance Computing Conference, IACC 2013*: 1529–32.



Agradecimientos

