

# Memorias Ciclo de Talleres

# Proyecta

## 2018 **I+D+i**

ISSN: 2590-5945



Centro de Electricidad  
**Electrónica y Telecomunicaciones**  
Regional Distrito Capital

**SENNOVA**  
Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 De izquierda a derecha Robison Castillo Méndez , Claudia Gómez .....	11
Figura 2 Aplicación de encuestas .....	12
Figura 3 Población de estudio .....	13
Figura 4 Participantes de Colegios Públicos y Privados .....	13
Figura 5 Número de Horas Dedicadas a la red INTERNET .....	13
Figura 6 Tipo de material compartido en la red .....	14
Figura 7 Conocimiento en seguridad.....	14
Figura 8 Conocimiento de Herramientas de Mitigación .....	14
Figura 9 Taller de Conocimiento de Herramientas de Mitigación .....	16
Figura 10 Vista desde MobaXterm .....	20
Figura 11 Implementación de la metodología Scrum.....	20
Figura 12 Sitio web principal.....	20
Figura 13 Vista del curso sin ingresar a la plataforma .....	20
Figura 14 Ingreso al curso.....	20
Figura 15 Estructura de las unidades generales del curso .....	21
Figura 16 Diagnóstico de entrada primera unidad del curso .....	21
Figura 17 Mapa Población colombiana en riesgo de inundación y de deslizamientos.....	24
Figura 18 Izquierda. SAT convencional, referencia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Derecha. SAT propuesto.....	25
Figura 19 Diagrama de la red propuesta para el sistema SAT (Capa Física).....	25
Figura 20 Diagrama de bloques funcionales para el sistema SAT .....	26
Figura 21 Concepto de diseño de la estación de sensado propuesta. (1) anemómetro y sensor de dirección del viento. (2) Panel solar. (3) Caja sistema de procesamiento, comunicación y alimentación: batería, controlador para panel solar. (4) Sensor ultrasónico. (5) Estructura de soporte. (6) Pluviómetro. (7) Flotador magnético. ....	28
Figura 22 En el esquema se ilustran dos torres de retención, la canastilla y los cables de soporte y retención.....	31
Figura 23 Variables de entrada – Diseño sistema mecánico de tracción Se incluye diagrama de fuerzas sobre la canastilla.....	33
Figura 24 Diseño sistema mecánico de tracción.....	35
Figura 25 Esquema de diseño y dimensiones de la canastilla. ....	36
Figura 26 Prototipo de baja fidelidad .....	38
Figura 27 Prototipo instalado en Huila.....	38
Figura 28 Prototipo Instalado en Gigante-Huila .....	39
Figura 29 Cómo funciona el sistema nacional eléctrico. Acolgen (2018).....	42
Figura 30 Mix de generación eléctrica de Colombia. XM (2014). Estudio de generación eléctrica bajo escenario de cambio climático .....	42
Figura 31 Relé de sobrecorriente en subestación. SEL (2018) .....	43
Figura 32 Fusible de media tensión. Alex-Soluciones eléctricas (2018).....	44
Figura 33 Seccionalizador. Nulec (2001).....	44

Figura 34 Reconectador automático..... 44

Figura 35 Diagrama de componentes del proyecto ..... 45

Figura 36 Operación de función de protección 50. BSI (2009)..... 46

Figura 37 Operación de función de protección 51. BSI (2009)..... 46

Figura 38. Red de comunicación DNP3. Leymaynd 2005) ..... 47

Figura 39 Capas de arquitectura DNP3. DNP group (2005)..... 48

Figura 40 Entorno de desarrollo-Labview. .... 48

Figura 41 Diagrama de bloques de módulo de comunicación..... 49

Figura 42 Interfaz gráfica de configuración de conexión..... 49

Figura 43 Interfaz de visualización de variables de medición..... 50

Figura 44 Equipo de S.E utilizado para las pruebas (EP)..... 55

Figura 45 Protocolo propuesto de seguridad eléctrica para equipo electrónicos colombianos ..... 55

Figura 46 Aspecto actual de la página de inicio del buscador de multímetros..... 60

Figura 47 Aspecto actual del resultado de búsqueda de una referencia de un multímetro..... 60

Figura 48 Aspecto actual página de ampliación de base de datos. .... 60

Figura 49 Aspecto actual PDF interactivo ..... 61

Figura 50 Aspecto actual del resultado de búsqueda de una referencia de un multímetro..... 61

Figura 51 Límites de calidad de potencia eléctrica en el Punto de Conexión (Pcc) de MT-BT ..... 65

Figura 52 Concepto inicial prototipo Innova Energy Vehicular..... 71

Figura 53 Plano general prototipo Innova Energy Vehicular mecánico..... 72

Figura 54 Fotografía real prototipo Innova Energy Vehicular mecánico ..... 72

Figura 55 Pruebas prototipo Innova Energy Vehicular mecánico ..... 72

Figura 56 Vista simulada prototipo Innova Energy Vehicular..... 73

Figura 57 Fotografía real prototipo Innova Energy Vehicular hidráulico..... 73

Figura 58 Fotografía real prototipo Innova Energy Vehicular hidráulico..... 73

Figura 59 Plano general prototipo Innova Energy Mareomotriz ..... 74

Figura 60 Fotografía real prototipo Innova Energy Mareomotriz opción A ..... 74

Figura 61 Fotografía real prototipo Innova Energy Mareomotriz opción B..... 74

Figura 62 Fotografía real prototipo Innova Energy Mareomotriz opción C..... 75

Figura 63 Pruebas prototipo Innova Energy Mareomotriz ..... 75

Figura 64 Laboratorio SUNSET Solar instalado en el complejo sur del SENA-CEET ..... 79

Figura 65 Registro de variables ..... 80

Figura 66 Modelo OPEN DATA para el sistema SUNSET del SENA-CEET ..... 81

Figura 67 Diagrama de Casos de Uso..... 81

Figura 68 Diseño del sistema de Información ..... 82

Figura 69 Identificación de usuario. .... 82

Figura 70 Grafica de resultados generada por la aplicación. .... 83



## ●○○ LISTA DE TABLAS ○○●

Tabla 1. Ficha Técnica de la Población de estudio .....	12
Tabla 1. Sistema mecánico de atracción - Variables de entrada. ....	33
Tabla 2. Dimensionamiento de los componentes del sistema motriz .....	34
Tabla 3. Dimensionamiento de los omponentes del sistema motriz .....	34
Tabla 4. Dimensionamiento de los componentes del sistema motriz .....	35
Tabla 6. Resultados Diseño .....	37
Tabla 5. Variables de entrada Sistema de Generación de Energía .....	38
Tabla de Equipos .....	61

# AGRADECIMIENTOS

En esta oportunidad quiero agradecer a la Dra. Claudia Janet Gómez Larrota, Subdirectora del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET) del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), por todo el apoyo y la confianza brindada para el desarrollo de las actividades de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico (I+D+i) del año 2018. Al Director Regional Distrito Capital SENA, Dr. Enrique Romero Contreras, por su acompañamiento y motivación para seguir innovando y trabajando en conjunto entre la academia y la industria. Al Dr. Emilio Eliecer Navia Zúñiga, Coordinador del Grupo de Investigación, Innovación y Producción Académica, Dirección de Formación Profesional de la Dirección General – SENA, por recordarnos la importancia de la articulación con los sectores productivos y la función del Sistema Nacional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA). También extendemos nuestra gratitud a los Coordinadores Académicos y de Formación Profesional Integral del CEET. Al líder del Grupo de Investigación GICS, Robinson Castillo, por compartir su experiencia y sus valiosos lineamientos y a todos los investigadores que conforman el Grupo de Investigación GICS.

Por último, queremos resaltar que es nuestro deseo que los esfuerzos de SENNOVA y nuestro Grupo de Investigación GICS rindan sus frutos. Sin embargo, sabemos que esto no lo podemos lograr solos, y así, es necesario el apoyo de la Industria y la Academia. Por lo tanto, animamos a estos actores a seguir participando en estos procesos, logrando estrechar lazos de cooperación y colaboración entre Academia y Empresa. Para que cada uno brinde lo mejor de sí, construyendo una mejor sociedad y un mejor país.

A todos mil gracias.

Con enorme aprecio,

**María Shirley Rodríguez Mejía**  
Líder SENNOVA CEET del SENA

# INTRODUCCIÓN

La generación de nuevo conocimiento requiere esfuerzo, dedicación, paciencia y extrema rigurosidad. Es aquí donde surge la investigación aplicada, como una de las principales herramientas para la generación de este nuevo conocimiento, donde uno de los fines primordiales es encontrar soluciones innovadoras y con valor a diferentes problemáticas y a diferentes sectores del quehacer humano. De manera conjunta permitir la creación de nuevas competencias y habilidades en los individuos, las cuales le serán necesarias para afrontar los retos y los cambios que presenta el mundo de la vida. Consiente de esta realidad, el grupo de investigación GICS, el cual está adscrito al sistema SENNOVA, propone anualmente, el diseño y la implementación de proyectos de investigación aplicada, enmarcados a los retos y problemáticas que afronta el país, que permitan cerrar las brechas tecnológicas latentes.

El presente documento recoge los resultados de diez trabajos de investigación aplicada, los cuales fueron realizados por aprendices e instructores de las diferentes líneas del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET) del Distrito Capital. El primer trabajo presentado es la APLICACIÓN DE UNA CULTURA EN SEGURIDAD INFORMATICA PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGOS TECNICO-SOCIALES EN LOS JOVENES COLOMBIANOS, donde se identifican las vulnerabilidades y riesgos a los cuales se enfrenta la población juvenil colombiana entre 11 y 19 años, frente al uso de las TIC, el segundo trabajo presentado es el DESARROLLO DE UN OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE (OVA) PARA EL ESTUDIO DE REDES HFC-C DIRIGIDO, cuyo objeto es el de fortalecer y reforzar los conceptos de este tipo de redes en los aprendices del área de Telecomunicaciones. DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS (SAT) COMUNITARIO

A LOS APRENDICES DEL SENA – CEET, presenta el diseño e implementación de un prototipo de un Sistema de Alertas Tempranas (SAT) comunitario para reducir la vulnerabilidad ante amenazas hidrometeorológicas. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO DE TARABITA ELÉCTRICA, QUE EMPLEA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, DESTINADA A ZONAS RURALES DE DIFÍCIL ACCESO, presenta el diseño e implementación de un prototipo de tarabita eléctrica, la cual emplea energía solar fotovoltaica como su principal fuente de energía para su funcionamiento, el quinto trabajo expuesto, presenta los resultados logrados con la empresa ATA Electric SAS, en el marco de la alianza SENA-Empresas, con la ponencia EQUIPOS DE INTERRUPCIÓN Y MANIOBRA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN.

EVALUACIÓN DE EQUIPOS ELECTRO-ELECTRÓNICOS DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON RELACIÓN AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD INTERNACIONAL PARA CERTIFICACIÓN DE PRODUCTOS, muestra la evaluación a tres productos electro-electrónicos de manufactura nacional, aplicando las normas internacionales IEC (60601-1, 61010-1, 62477-1), los equipos son orientados al mercado biomédico. HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS VIRTUALES ORIENTADAS A LA FORMACIÓN PROFESIONAL, muestra el desarrollo de herramientas de carácter didáctico, en ambientes virtuales, por medio de aplicaciones informáticas como páginas WEB o aplicaciones móviles (Apps). METODOLOGÍA PARA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CON UN SISTEMA ON GRID, formula una metodología para la medición de la Eficiencia Energética (EE) en instalaciones con generación solar fotovoltaica, utilizando un sistema On Grid.



# 1. APLICACIÓN DE UNA CULTURA EN SEGURIDAD INFORMATICA PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGOS TECNICO-SOCIALES EN LOS JOVENES COLOMBIANOS

SONIA ELIZABETH CÁRDENAS URREA

Ingeniera en Telemática, Especialista en Gestión de Proyectos de Ingeniería, Magister en Dirección de proyectos

Instructora e Investigadora del área de Teleinformática

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA – Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones.  
secardenas9@misena.edu.co

## 1.1. OBJETIVO

Identificar las vulnerabilidades y riesgos a los cuales se enfrenta la población juvenil colombiana entre 11 y 19 años, frente al uso de las Tecnologías de Información y Comunicaciones TIC. Así como presentar una propuesta de las herramientas, estrategias y técnicas pedagógicas que pueden crearse para minimizar dicho riesgo y promover el uso adecuado y responsable de las TIC.

## 1.2. RESUMEN

Se realiza una revisión del estado actual de la cultura en seguridad informática, enfocada en la población juvenil con edades entre 11 y 19 años, la cual se encuentra en su etapa de formación educativa secundaria en colegios y a nivel técnico en el Servicio Nacional de Aprendizaje Sena. Identificando las vulnerabilidades y riesgos a los cuales está expuesta, partiendo de cómo las TIC, han ocasionado una acelerada transformación en todos los campos del quehacer cotidiano de las personas, enfocándose principalmente en las amenazas que estas presentan, y la importancia de la implementación de estrategias que promuevan una cultura en seguridad informática, la cual involucre los procesos formativos aplicados y que las mismas tecnologías sean el eje para mitigar los peligros y vulnerabilidades que implícitamente las TIC conllevan. También se espera como desarrollo futuro impartir programas de formación integral y herramientas pedagógicas prácticas, soportadas

en las TIC, aportando en la implementación de las estrategias de mitigación, que permitan la reducción de las vulnerabilidades, riesgos tecnológicos y sociales, a los cuales está población se encuentra expuesta y sus repercusiones en el núcleo familiar.

## 1.3. INTRODUCCIÓN

Las TIC han repercutido en todas las actividades humanas, abriendo la brecha a nuevos paradigmas tecnológicos y sociales. Sin embargo, se han dejado de lado aspectos fundamentales como la seguridad a nivel tecnológico y social, al ser usadas con tan amplia frecuencia, “las tecnologías de la información y comunicación giran en torno a tres medios básicos: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones; no sólo de forma aislada, sino lo que es más significativo de manera interactiva e interconectadas, lo que permite conseguir nuevas realidades comunicativas” [1], actuando como eje transversal de las actividades personales, académicas y productivas de las personas, incluyendo amplios beneficios sociales y particulares, para el acceso a la información, generando nuevas formas de interacción humana, ocasionando la llegada de una revolución centrada en torno a las tecnologías, que reconfigura la base material de la sociedad a un ritmo acelerado e incide en la vida del ser humano, impactando de



Las TIC han repercutido en todas las actividades humanas, abriendo la brecha a nuevos paradigmas tecnológicos y sociales. Sin embargo, se han dejado de lado aspectos fundamentales como la seguridad a nivel tecnológico y social, al ser usadas con tan amplia frecuencia, “las tecnologías de la información y comunicación giran en torno a tres medios básicos: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones; no sólo de forma aislada, sino lo que es más significativo de manera interactiva e interconectadas, lo que permite conseguir nuevas realidades comunicativas” [1], actuando como eje transversal de las actividades personales, académicas y productivas de las personas, incluyendo amplios beneficios sociales y particulares, para el acceso a la información, generando nuevas formas de interacción humana, ocasionando la llegada de una revolución centrada en torno a las tecnologías, que reconfigura la base material de la sociedad a un ritmo acelerado e incide en la vida del ser humano, impactando de forma significativa sus entornos y en general las organizaciones donde este se desenvuelve [2].

Como se mencionó en el párrafo anterior, las TIC han traído consigo cambios en las relaciones sociales, en especial a una población en particular, como es la de los jóvenes, ya que éstos dependen de las interacciones con otros agentes sociales: familiares, docentes, compañeros etc. Dichas interacciones tienen un nuevo campo para gestarse, crecer y transformarse. No sólo en lo relacionado a “redes sociales” (Facebook, Twitter, Instagram, etc.) sino también en otros muchos espacios de intercambios informativos abiertos [3].

La seguridad en los entornos tecnológicos y en especial en el uso permanente de Internet, requiere un reenfoque cultural, por parte de los profesores, familiares, amigos y de los propios estudiantes [4], con el fin de mitigar los riesgos asociados a la población juvenil, la cual es la más vulnerable a hechos como: acceso a contenidos inapropiados, contacto con desconocidos (afectación de la privacidad), ciberacoso, ciberbullying y generación de dependencia o adicción a la Internet. Es necesario desarrollar e



Figura. 1. De izquierda a derecha Robison Castillo Méndez, Claudia Gómez

implementar herramientas que permitan adoptar prácticas seguras en el uso de las TIC, para nuestro caso, enfocado en la población juvenil, la cual es la más expuesta a las problemáticas citadas anteriormente.

## 1.4. METODOLOGÍA

Se procedió a realizar una encuesta a una población de 2500 jóvenes sobre tópicos relacionados en seguridad informática y uso de herramientas tecnológicas, posteriormente se realizó un estudio estadístico de los resultados obtenidos, Con esto, lograr identificar las falencias respecto al tema de seguridad en plataformas tecnológicas por parte de la población juvenil. La población muestra, usada para el estudio fue de 2500 jóvenes, los cuales, en el momento del estudio, adelantaban su formación y su capacitación en colegios públicos y privados de la ciudad de Bogotá, así como jóvenes que hacen parte de la formación técnica integral, impartida por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, para sus diferentes programas de formación. El tópico principal, en el que se enfocó la encuesta, fue sobre los diferentes riesgos que se presentan con el uso de las TIC (preguntas de respuesta abierta)

La investigación se centró en la identificación y medición, del nivel de conocimiento que tienen los jóvenes con relación a riesgos, vulnerabilidades y amenazas que se presentan en el acceso a la tecnología, como es: el ciberbullying relacionado

con la intimidación, el sexting que se enfoca en compartir mensajes sexualmente explícitos, los cuales posteriormente son usados de forma pública o de chantaje [6], el grooming que se describe como el conjunto de estrategias que una persona adulta desarrolla, para ganar la confianza de un menor de edad, a través de internet, para posteriormente adquirir control y poder sobre esta, con el fin último de abusar del mismo [7]. También se solicitó información sobre otros datos relevantes, que involucra la combinación de datos cuantitativos y cualitativos, con un enfoque descriptivo-interpretativo que permitan reconocer el estado actual de alfabetización informática, en especial determinar el grado de conocimiento o desconocimiento de las amenazas y riesgos del uso de las TIC.



Figura. 2. Aplicación de encuestas

En la Tabla 1 se muestra la ficha técnica del estudio realizado. El proceso de recolección de datos, fue realizado para cuatro colegios, dos de los cuales son de carácter público, y hacen parte de la secretaria de Educación Distrital de Bogotá, los dos restantes, son colegios de carácter privado, la recolección de datos se realizó utilizando formularios digitales, la información fue recolectada de forma anónima para salvaguardar la población de estudios. Entre los datos solicitados tenemos: edad, estrato socioeconómico, tiempo en horas de dedicación al uso de las TIC's, uso de redes sociales, interacción con personas por medio las redes sociales y conocimiento de conceptos y riesgos asociados a vulnerabilidades de seguridad informática en el uso de estas herramientas.

El estudio fue centrado en personas que estuvieran realizando estudios a nivel técnico, por lo tanto, más de la mitad de la muestra del estudio, pertenece al Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET) de la regional Distrito Capital, del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, quienes ya adelantaron su formación en los diferentes programas de formación que ofrece la entidad.

Tabla 1. Ficha Técnica de la Población de estudio

FICHA TECNICA DE LA POBLACION DE ESTUDIO	
<b>Tipo de estudio</b>	Descriptivo interpretativo
<b>Universo</b>	Población Juvenil Colombiana
<b>Muestra</b>	Jóvenes se encuentran en su etapa de formación educativa de bachillerato en colegios y a nivel técnico o tecnológico en instituciones de educación superior.
<b>Muestra efectiva</b>	2500 jóvenes entre 11 y 19 años
<b>Trabajo de campo</b>	Llevado a cabo en 6 instituciones, 2 Colegios privados, 3 Colegios Públicos y 1 institución de formación técnica y tecnológica.
<b>Proceso de Recolección de datos</b>	Aplicación de encuestas y entrevistas para recolección de datos cuantitativos y cualitativos.

### 1.4.1. RESULTADOS

Con la finalidad de identificar si existen factores diferenciadores, frente a la educación impartida a temas de seguridad informática, con relación a establecimientos de carácter público, como de carácter privado, y teniendo en cuenta que la población de la muestra encuestada, es similar, se identificó que el nivel de desconocimiento de los diferentes riesgos y vulnerabilidades, es similar, tanto para los establecimientos públicos como privados. En la Figura 4 se muestra el número de la población de estudio y su distribución por el tipo de establecimiento al que pertenecen (público o privado).

### 1.4.2. NÚMERO DE HORAS DEDICADAS A LA RED INTERNET

Se identificó entre la población de estudio, el número de horas dedicadas a la red Internet (Figura 5). También se determinó en que utilizan más las TIC's, como por ejemplo se observó que la categoría material diverso, es el que más se comparte por parte de esta población, como material diverso se debe entender como: fotografías, videos, material de trabajo (tareas) y chats (Figura 6).



Figura. 3. Población de estudio

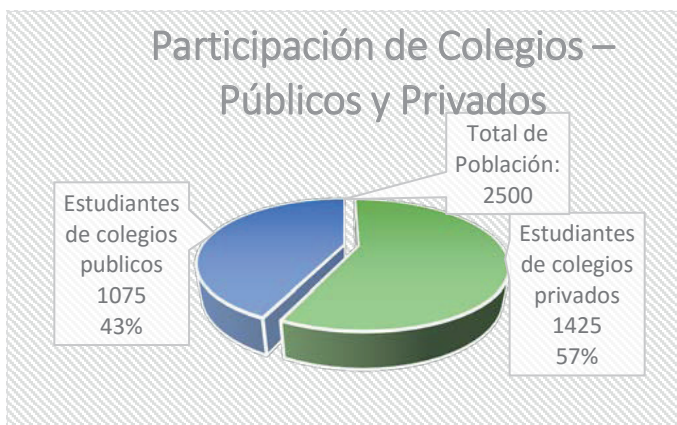


Figura. 4. Participantes de Colegios Públicos y Privados

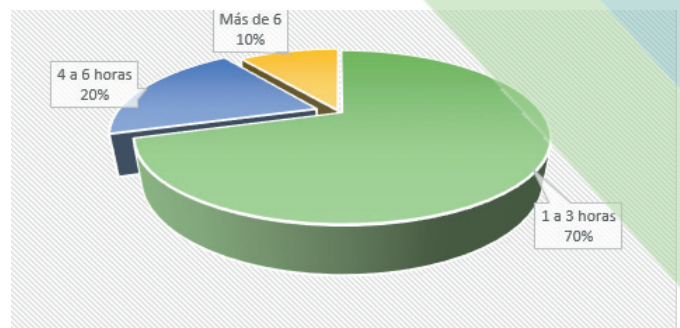


Figura.5 Número de Horas Dedicadas a la red INTERNET



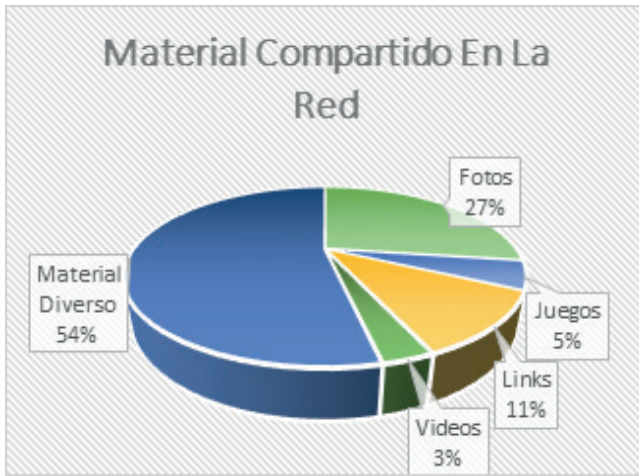


Figura 6. Tipo de material compartido en la red

en seguridad informática. Sin embargo, los adolescentes desconocen de seguridad informática y por lo tanto no hacen uso responsable de las TIC's.

El estudio reveló que quienes cuentan con un nivel básico de conocimiento, en su mayoría pertenecen a los grados 10 y 11 de formación en bachillerato, o se encuentran adelantando su formación técnica - tecnológica en el SENA. Se identifica que la mayoría de la población encuestada, la cual corresponde al 58% no cuenta con conocimiento que permita mitigar los riesgos en seguridad informática, evidenciando la necesidad de diseñar y formular herramientas.

## 1.5. HERRAMIENTAS DE MITIGACION PROPUESTAS

Como una primera herramienta de mitigación, se identifica que la academia a través de la formación, la educación y la adquisición de conciencia tiene un papel fundamental, esto acompañado con el apoyo de padres y demás entorno familiar. Además de esta herramienta, se proponen 2 herramientas claves que permitan que los jóvenes cuenten con educación en seguridad informática, la primera es:



Figura 8. Conocimiento de Herramientas de Mitigación

## 1.4.3. CONOCIMIENTO EN SEGURIDAD

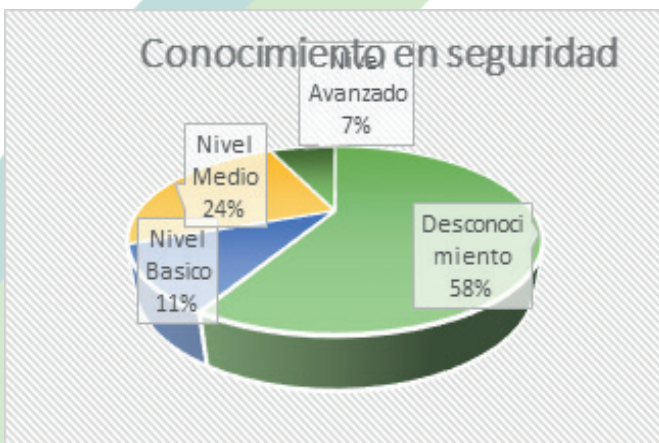


Figura 7. Conocimiento en seguridad

El estudio reveló algunos datos interesantes, como que los menores de 18 años desconocen los riesgos a los que se exponen usando la red y sus diversas herramientas (redes sociales, servicios de chat, etc.), con relación a los que tienen mayoría de edad, esto se debe a que la mayor parte de los encuestados de la muestra son del área de teleinformática, pertenecientes al programa de gestión de redes de datos, por lo cual poseen un conocimiento más amplio con relación al resto de la población, a temas

1. Adelantar formación complementaria a su educación tradicional de bachillerato, técnica o tecnológica que cuente con un enfoque técnico en áreas de configuración de hardware y de software para identificación de vulnerabilidades en los dispositivos tecnológicos como por ejemplo anti virus o anti espías, así mismo de forma integral formar a los jóvenes en áreas sociales de identificación de riesgos, información que se comparte en la red, amenazas, vulnerabilidades, consecuencias.
2. El uso de las TIC como medio para mitigar riesgos a través del desarrollo de un software educativo, que permita una enseñanza metodológica, práctica y didáctica, de acceso permanente a la población y sea actualizable en el tiempo, teniendo en cuenta que la tipología de riesgos es cambiante en el tiempo.

## 1.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se identifican que la población adolescente y juvenil en su mayoría carece de un nivel de conocimiento adecuado en cuanto a riesgos y vulnerabilidades, que le permita contrarrestar las amenazas en el acceso a internet.

Es claro el nivel de acceso y de uso permanente de las Tecnologías de información y comunicaciones por parte de los jóvenes y la exposición a las diferentes amenazas y riesgos.

Se evidencia la importancia y necesidad de la promoción y aplicación de una cultura en seguridad informática que minimice las vulnerabilidades de los jóvenes en entornos tecnológicos.

Es fundamental que se masifique esta cultura a entornos no solo académicos, si no también familiares que rodean a los jóvenes, logrando efectivamente un impacto en la formación técnica y sus entornos productivos, también la aplicación de buenas prácticas de autocuidado en el uso de los dispositivos, el tipo de información que se comparte y que todos los entornos en los que se desenvuelven puedan promover la cultura en seguridad informática.

Es oportuno el desarrollo de modelos y herramientas que permitan orientar y educar a los jóvenes que son nativos digitales y para quienes la tecnología hace parte de sus vidas desde su nacimiento, sin embargo los niveles de seguridad y conocimiento de riesgos son mínimos y vulneran uso e integridad con casos como los identificados a través de noticias oficiales en que estos medios son utilizados para vulnerarlos con situaciones que implican abusos con la información, de índole sexual y en algunos casos hasta el secuestro o la muerte.

El componente educativo y social, es fundamental, contar con instrumentos y herramienta que se enfoquen en alfabetizar a los jóvenes en los riesgos y vulnerabilidades que se presenta en la red.





Figura 9 Taller de Conocimiento de Herramientas de Mitigación

## 1.7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Castells, La era de la información: economía, sociedad y cultura, vol. 3, Siglo XXI, 2004.
- [2] J. Cabero, Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas, Grupo Editorial Universitario, 2008.
- [3] T. Z. Bencomo, Desarrollo de las TICs y la formación profesional, 2007, pp. 163-184.
- [4] J. Salinas, «Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria,» International Journal of Educational Technology in Higher Education, 2004.
- [5] B. C. d. A. L. M. C. L. & J. A. G. García, «Los riesgos de los adolescentes en Internet: los menores como actores y víctimas de los peligros de Internet.,» Revista latina de comunicación social, pp. (69), 23-24, 2014.
- [6] E. Lievens, «Bullying and sexting in social networks: Protecting minors from criminal acts or empowering minors to cope with risky behaviour,» International Journal of Law, Crime and Justice, pp. 251-270, 2004.

## 2. DESARROLLO DE UN OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE (OVA) PARA EL ESTUDIO DE REDES HFC-C DIRIGIDO

Mauricio Alexander Vargas Rodríguez  
Ingeniero electrónico, MBA en gerencia de proyectos  
Instructor  
SENA - CEET  
vrmauricio4@misena.edu.co

Nelson León Ibica  
Tecnólogo en Diseño, Implementación y Mantenimiento de Sistemas de Telecomunicaciones  
Aprendiz  
SENA - CEET  
nleon34@gmail.com

Jessica Andrea Forero  
Tecnóloga en Diseño, Implementación y Mantenimiento de Sistemas de Telecomunicaciones  
Aprendiz  
SENA - CEET  
jaforero27@misena.edu.co

### 2.1. OBJETIVO

Se plantea el desarrollo de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), enfocado en el estudio de las redes Híbrido Fibra Coaxial [1] cuyo objeto es el de fortalecer y reforzar los conceptos de este tipo de redes en los aprendices del área de Telecomunicaciones, este tipo de redes de enlace son ampliamente usadas en el país, razón por la cual se propuso el desarrollo del OVA concerniente a esta tecnología. De acuerdo a la revisión bibliográfica, las herramientas de aprendizaje virtual permiten maximizar los tiempos de aprendizaje cuando la asignatura es de tipo presencial, ya que los aprendices pueden acceder a las temáticas del curso de manera previa, y en la clase presencia aclarar los conceptos del tema de estudio, los cuales les representen dificultad con el instructor y posteriormente avanzar en sus prácticas y desarrollo de proyectos.

### 2.2. RESUMEN

El desarrollo de las nuevas tecnologías de la información ha abierto un sin número de posibilidades en las áreas de la educación, la formación y el entrenamiento para el trabajo, con el objetivo fundamental de propender por la inclusión de la población en el mercado laboral, mediante el uso de las TIC. Este documento presenta una revisión sobre las plataformas educativas de tipo virtual o de e-Learning, y las diferentes organizaciones que utilizan este tipo de plataformas para ofrecer material de formación profesional, enfocadas en el área de las telecomunicaciones. La Internet en los últimos años se ha fortalecido como una herramienta alternativa para ofrecer conocimientos de cualquier tipo, de forma económica (gratuita en la mayoría de los casos) y de fácil acceso a cualquier tipo de público, mediante la creación de entornos virtuales, la generación de nuevos espacios educativos, los cuales fortalecen, o en

algunos casos, pueden reemplazar a la educación de tipo presencial. Por medio del uso de plataformas educativas (LMS) conocidas también como e-learning. Estas plataformas ofrecen a sus usuarios, un ambiente de aprendizaje más acorde a sus necesidades, en el caso de ser del tipo de educación no presencial, para el caso del tipo presencial, representan una excelente herramienta para el apoyo y comprensión de los conocimientos impartidos por parte del instructor. Por lo anterior, se plantea el desarrollo de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) para el estudio de las redes Híbrido Fibra Coaxial (HFC-C según la norma UIT-T Rec. L.47[1]) dentro del SENA-CEET para los aprendices del área de Telecomunicaciones, con el objetivo de fortalecer y reforzar los conceptos, así como facilitar la disponibilidad de la información técnica aplicada en el ámbito laboral.

## 2.3. INTRODUCCIÓN

Colombia según MINTIC llegó a finales de 2017 al 98% de cobertura en los municipios del país con aproximadamente 28 millones de conexiones a la red, ya sean conexiones fijas o móviles [2], esto ha permitido abrir las puertas al fortalecimiento de los procesos educativos [3]. El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) es una institución comprometida con la enseñanza y el aprendizaje de los colombianos, adaptándose y asumiendo las necesidades del mercado y la industria, cubriendo la demanda de personal técnico, tecnológico o capacitado para las diferentes áreas laborales existentes, apoyando los procesos de emprendimiento y crecimiento de las industrias, empresas y personal laboral.

El SENA, dentro de sus programas de formación ofrece el Tecnólogo en Diseño Implementación y Mantenimiento de Sistemas de Telecomunicaciones (TDIMST), dentro de este programa de formación se encuentran las siguientes competencias:

- Plantear la solución técnica para la infraestructura de la red en coaxial y

fibra óptica, de acuerdo con el estudio de factibilidad, las necesidades del cliente y la normatividad vigente.

- Alistar los elementos y el área de trabajo para instalar la red de coaxial y fibra óptica, de acuerdo con normas y procedimientos técnicos establecidos.
- Realizar los procesos de calibración de la red de coaxial y fibra óptica, acorde con el diseño establecido y procedimientos de la empresa.
- Conectorizar la red de coaxial y fibra óptica, de acuerdo con normas y procedimientos técnicos establecidos para cada medio.
- Instalar los dispositivos, la red interna y externa de coaxial y fibra óptica, de acuerdo con el diseño y los procedimientos establecidos por la empresa.
- Integrar la red de cobre-coaxial y fibra óptica de acuerdo con el diseño y procedimientos establecidos por la empresa.

Con base en lo anterior, los aprendices del sexto trimestre del TDIMST, pusieron en marcha el desarrollo de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) cuyo propósito es orientar la construcción de un aprendizaje significativo [4] a través de la temática de estudio sobre las redes HFC-C, la cual abarque los siguientes contenidos temáticos, tales como: la teoría de las redes HFC, las herramientas necesarias en la implementación o mantenimiento de éste tipo de redes, materiales necesarios, pruebas evaluativas para el seguimiento del proceso de formación, el diseño de la red, el presupuesto óptico, el desarrollo de videos demostrativos, el desarrollo de juegos orientados al fortalecimiento del tema, procesos de simulación de las redes, la solución de problemas planteados entorno al diseño de la red, la documentación relacionada a la normativa técnica y de seguridad. Para entender el aporte y la articulación de las TIC en este proyecto, es importante comenzar por comprender los conceptos de aprendizaje y la metodología constructivista, en la cual se basa el SENA, para impartir los procesos de formación, pues las herramientas de educación virtual tienen estos

conceptos como su base, mediante el aprendizaje autónomo.

## 2.4. METODOLOGÍA

Actualmente en el SENA se lleva a cabo la formación de aprendices bajo el programa TDIMST, y en este existen competencias específicamente orientadas a las redes HFC, estas competencias son parte fundamental del programa, sin las cuales no podrían optar al título, Durante el proceso de formación de los aprendices se encontraron las siguientes dificultades, como tiempo de clases insuficientes, jornadas sobrecargadas de trabajo y la inexistencia de simuladores de redes HFC en donde aplicar lo aprendido. Lo anterior generó una pregunta de investigación, donde nació este proyecto, ¿Cómo optimizar los tiempos de estudio, despertar el interés sobre las redes HFC en los aprendices del SENA-CEET y mejorar los resultados en la calidad de la formación?

Para enfrentar esa problemática se planteó desarrollar un OVA, orientado a esta temática. Para lograr la correcta apropiación del tema en los aprendices de Telecomunicaciones de SENA – CEET. Según [3], una muy buena estrategia es utilizar las TIC como medio para el fin de lograr una formación más efectiva en torno a la transferencia de contenidos hacia los aprendices. Se puede citar el caso de WIBOO Media [6], una empresa con más de 15 años de experiencia en diseño de software, aplicaciones móviles y plataformas web, esta empresa describe las ventajas de utilizar aplicaciones web, y dada su trayectoria, determinó que las aplicaciones web eran una gran opción debido a:

- Los navegadores ofrecen una practicidad al ser software liviano y potente.
- La aplicación web funcionará sin importar el sistema operativo del pc o móvil que se use para consultarla.
- Los módulos planteados pueden ser actualizados sin necesidad de redistribuir el software a cada cliente ni envío de avisos de

actualizaciones.

- El acceso libre desde cualquier lugar y/o dispositivo que cuente con acceso a internet, que en Colombia según MINTIC llegó a finales del 2017 al 98% de cobertura de internet con aproximadamente 28 millones de conexiones a la red ya sea fijas o móviles [2].

Como resultado final del proyecto se espera tener en línea una aplicación educativa en torno a la temática de redes HFC que abarque las siguientes temáticas:

- Teoría de las redes HFC.
- Herramientas.
- Materiales.
- Test evaluativos.
- Diseño de red.
- Presupuesto óptico.
- Videos demostrativos.
- Juegos orientados al fortalecimiento del tema.
- Simulación de las redes.
- Solución de problemas planteados entorno al diseño de red.
- Normativa técnica y seguridad.

## 2.5. ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

El proyecto propuesto está dividido en tres fases, tomando la metodología SCRUM (Figura 10), la primera fase consta de tres (2) entregables, el primero es el concepto motivado, ya presentado ante los responsables de evaluar el proceso de gestión del proyecto, y el acta de inicio firmada por los integrantes y el director de proyecto.

La segunda fase, es la planeación conformada por 6 entregables, los cuales son: diccionario EDT, diagrama de EDT (finalizada) diagrama de Gantt, diagrama de Red, RAI de los estudios relacionados (entregados), planeación del proyecto en ProjecLibre.

La tercera fase, es la ejecución, conformada



por 4 productos o entregables, Estado del Arte (presente documento), Poster del proyecto basado en el Estado del Arte, presentación del Proyecto en PowerPoint y el Producto final (50%).

El proyecto actualmente se encuentra en fase de planeación y ejecución, actividades desarrolladas paralelamente y basadas en la técnica ejecución rápida, perteneciente a la comprensión del cronograma dentro del mundo de la gestión de proyectos, el avance del mismo puede seguirse a través del sitio Web [www.ideehfc.epizy.com](http://www.ideehfc.epizy.com) en el

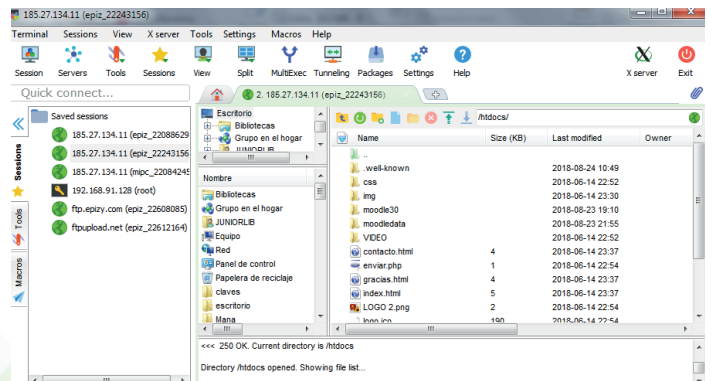


Figura 10 Vista desde MobaXterm

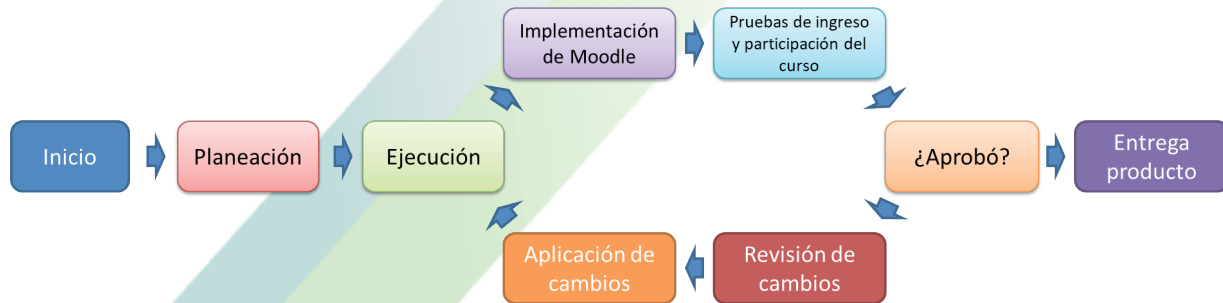


Figura 11 Implementación de la metodología Scrum

apartado de servicios, este documento hace parte de la fase de ejecución ya mencionada bajo el criterio de entregable.

protocolo FTP en su versión de pago. Moodle, aplicativo LMS seleccionado para la gestión del curso, funcionando actualmente en un 80% del diseño final (Figuras 13-14), estructura del curso totalmente definida, los módulos scorm (Figura 16), que serán uno por unidad del curso, se encuentra al 100% de la información seleccionada, y en un 20% de su compilación final. Estos módulos scorm se están realizando

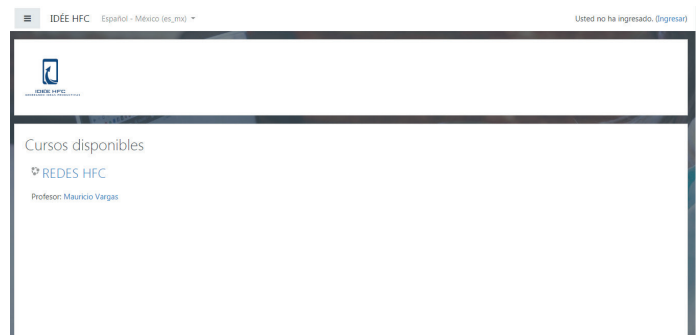


Figura 13 Vista del curso sin ingresar a la plataforma



Figura 12 Sitio web principal



Figura 14 Ingreso al curso



con la herramienta de generación de contenido E-learning, Adobe Captivate 2017, en su versión completa obtenida directamente mediante el registro como entidad educativa con la empresa de los productos Adobe.

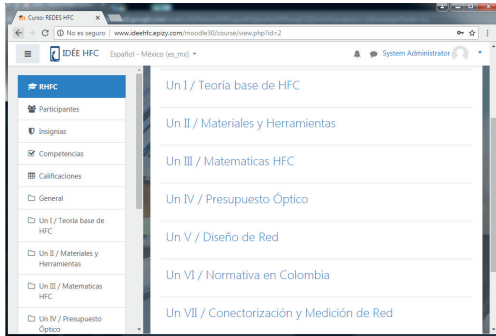


Figura 15 Estructura de las unidades generales del curso

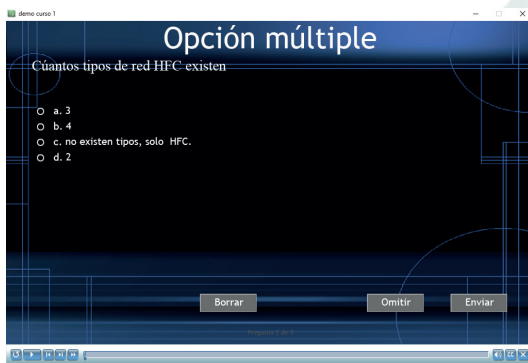


Figura 16 Diagnóstico de entrada primera unidad del curso

alternativa atractiva y eficiente a los métodos tradicionales de enseñanza, ya que sus contenidos están orientados a las necesidades de los usuarios, ofrecen una flexibilidad con relación a horarios, y si estas son utilizadas como herramientas en educación de tipo presencial, permiten un fortalecimiento y disminución en los tiempos de asimilación de contenidos por parte del alumno.

Se optó por el uso de un LMS gratuito muy conocido como es Moodle [5] que brinda muy buenas prestaciones, así como un acceso responsivo desde cualquier dispositivo; la estructuración de un curso generado por el software adobe captivate 2017 en tipo scorm es de desarrollo propio, además de estar basado en varias unidades, la plataforma LMS Moodle será solo para la gestión del curso, y aparte de eso las facilidades de instalación de este aplicativo en los servidores de acceso mediante subdominio es un punto fundamental recordando que el propósito es que la plataforma este online funcionando totalmente. El establecimiento de una plataforma educativa con un curso estructurado se puede considerar como desarrollo de software [39], pues el resultado final de este es una aplicación web.

Se propone el desarrollo de una herramienta E-Learning con el propósito de ayudar a fortalecer la formación en los aprendices de telecomunicaciones del SENA-CEET,

## 2.6. CONCLUSIONES

El uso de las nuevas tecnologías mejora día tras día los diferentes procesos, como las facilidades de acceso a la información, la conexión a servidores educativos, el establecimiento de aplicaciones web para aquellas personas que cuentan con dispositivos de bajos recursos de hardware y todo esto sumado da como resultado, avances significativos en la autoconstrucción del conocimiento, la educación, que abre cada día más oportunidades laborales.

Las plataformas de educación virtual o E-Learning se han posicionado como una

En la búsqueda y realización del estado del arte sobre plataformas de educación virtual, se observó que actualmente no se cuentan con herramientas de aprendizaje didácticas para los temas relacionados con el área de telecomunicaciones y más aún enfocadas en la temática de redes HFC. Lo cual representa además de brindar una herramienta de apoyo a aprendices e instructores, la posibilidad de generación de un desarrollo comercial.

## 2.7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. D. E. Uit-t, “UIT-T Rec. L.47 (10/2000) Dispositivos de acceso que utilizan redes híbridas de fibra óptica/cobre,” vol. 47, 2000.
- [2] EL TIEMPO, “Cobertura de internet en Colombia llegó al 98 por ciento - Novedades Tecnología - Tecnología - ELTIEMPO.COM.”
- [3] W. A. S. Santa, “ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE QUE FOMENTEN EL INTERÉS POR LAS MATEMÁTICAS EN LOS ALUMNOS DEL GRADO NOVENO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA CONCEJO MUNICIPAL DE ITAGÜÍ, A PARTIR DE LOS INTERESES DEL ESTUDIANTE.” 2014.
- [4] N. D. E. Autoridad, P. La, and S. Documentos, Revisión Y Aprobación D E, “Orientaciones\_para\_realizar\_el\_inventario\_de\_Medios\_Educativos,” p. 1, 2011.
- [5] J. F. Mejía and D. López, “Modelo de calidad de e-learning para instituciones de educación superior en Colombia,” *Form. Univ.*, vol. 9, no. 2, pp. 59–72, 2016.
- [6] wiboo, “¿Qué son las Aplicaciones Web? Ventajas y Tipos de Desarrollo Web.” [Online]. Available: <https://wiboomedia.com/que-son-las-aplicaciones-web-ventajas-y-tipos-de-desarrollo-web/>. [Accessed: 20-Aug-2018].

## 3. DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS (SAT) COMUNITARIO A LOS APRENDICES DEL SENA – CEET

NESTOR ALEXANDER BARACALDO URREGO

Ingeniero Electrónico.

Instructor CEET

SENA

TORNES09@MISENA.EDU.CO

JENNIFER CAMILA ESPITIA DUARTE.

Ingeniera Electrónica, Maestría en Instrumentación Industrial.

Instructor CEET-Lider de Semilleros

SENA

CAMILA.ESPITIA@MISENA.EDU.CO

### 3.1. OBJETIVO

Diseño e implementación de un prototipo de un Sistema de Alertas Tempranas (SAT) comunitario para reducir la vulnerabilidad de los centros poblados ante desastres producidos por fenómenos naturales de tipo hidrológico, el cual, emita directamente una alerta a los pobladores en situación de riesgo.

### 3.2. RESUMEN

Este documento presenta el estado actual del proyecto de Investigación SENNOVA: Sistema de Alertas Tempranas Comunitario (SAT), el objetivo principal del proyecto es mitigar el riesgo ante un desastre causado por fenómenos naturales de carácter hidrológico. La población objetivo, es aquella circunvecina a ríos de bajo y medio caudal, y que esté expuesta a riesgos de crecientes y avalanchas.

Se inicia con la descripción del modelo de diseño, construcción e implementación extensible a centros poblados dentro y fuera del territorio colombiano del sistema propuesto. Posteriormente se detalla sobre la metodología adoptada por el proyecto: Marco Lógico. Y finalmente, se presentan los resultados parciales

y el trabajo futuro para dos productos a obtener: (1) Un sistema de emisión de alerta diferente al convencional, en el cual se propone la reducción del tiempo de comunicación a la comunidad en situación de riesgo. (2) Un Prototipo de SAT comunitario, el cual involucra las estaciones hidrometeorológicas, el sistema de comunicación y las aplicaciones para alertar a la población. Este producto está siendo desarrollado bajo el estándar EIA 632. Es importante agregar que uno de los propósitos del proyecto, es que se convierta en una herramienta universal, donde se privilegie la sencillez, el uso y la generación de metodologías. Así como también la adopción de principios de desarrollo en función de las prioridades de Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

### 3.3. INTRODUCCIÓN

En Colombia convergen tres factores importantes para ser considerado un país con un alto riesgo de desastres por eventos hidrometeorológicos. El primer factor es que es un país con gran riqueza hídrica, 10.000 cuerpos de agua recorren el territorio. El segundo factor es que es uno de los países más lluviosos del mundo, las precipitaciones ascienden a 3200 milímetros anuales. Y el tercer y último factor

es que, de los 4000 centros poblados en todo el territorio nacional, más de 800 están ubicados en la zona de influencia de algún río (a menos de 50 metros de la ribera) [1]. Como consecuencia, en los últimos años, 1144 centros poblados han sido afectados por inundaciones, para el año 2011 se contabilizaron 405 poblados inundados totalmente y 739 parcialmente, actualmente el

28% de la población se encuentra en zonas de alto potencial de inundación y el 29% en zonas con alta amenaza de deslizamientos, más de 12 millones de personas en condición de vulnerabilidad (Figura 1). El número de muertes entre el año 2015 y 2017 causadas por eventos hidrometeorológicos fue superior a las 500, la mayoría se registró en las tragedias de Salgar (2015) y Mocoa (2017).



Figura 17 Mapa Población colombiana en riesgo de inundación y de deslizamientos.

Es de vital importancia que en Colombia se reduzca el riesgo ante eventos de origen hidrometeorológicos, por esto, el SENA, a través del Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación – SENNOVA, avalo y financió el proyecto de investigación aplicada Sistema de Alertas Tempranas Comunitario, o SAT comunitario, el cual se desarrolla actualmente.

De manera convencional la emisión de alertas o predicciones del nivel de ríos inicia con el monitoreo de los datos [2] que se registran en estaciones hidrológicas, se procede con la transmisión vía satélite o red celular a un servidor de los datos recolectados, y se finaliza en un centro de control, a cargo de especialistas quienes, con equipos robustos, analizan, procesan y convierten en información útil los datos recibidos. Las alertas y pronósticos se emiten a los organismos de control (grupos de gestión del riesgo, gobernaciones, alcaldías, bomberos, policía, etc.) quienes comunican y organizan las personas en situación de riesgo. Dichos organismos se ubican en las cabeceras municipales que cuentan con infraestructuras adecuadas de servicios públicos, y por lo general apartadas de las zonas vulnerables,

lo cual representa un tiempo considerable de respuesta, desde el momento en el que se conoce la alerta y el momento en el que finalmente llega a las poblaciones afectadas (Figura 2- Izquierda).

El objetivo del proyecto es actuar sobre este tiempo de respuesta [3] y lograr una disminución representativa con relación a un sistema convencional. La alerta se generaría con estaciones de sensado en el río, y sería comunicada directamente a la comunidad. Los datos recolectados y la información producida se captan a través de un equipo administrador y es distribuida a tres tipos de usuarios: (1) Usuario común: Alarma sonora y visualización por código de colores tipo semáforo (verde: sistema funcionando, amarillo: alerta, rojo: evacúe). (2) Usuario líder: visualización usuario 1, además observará una gráfica de tendencia de nivel en función de las precipitaciones de la zona, en un rango de 12 horas. (3) Usuario experto: visualización usuario 1 y 2, además contará con un sistema de predicción a través un sistema experto basado en redes neuronales (Figura 2- Derecha).



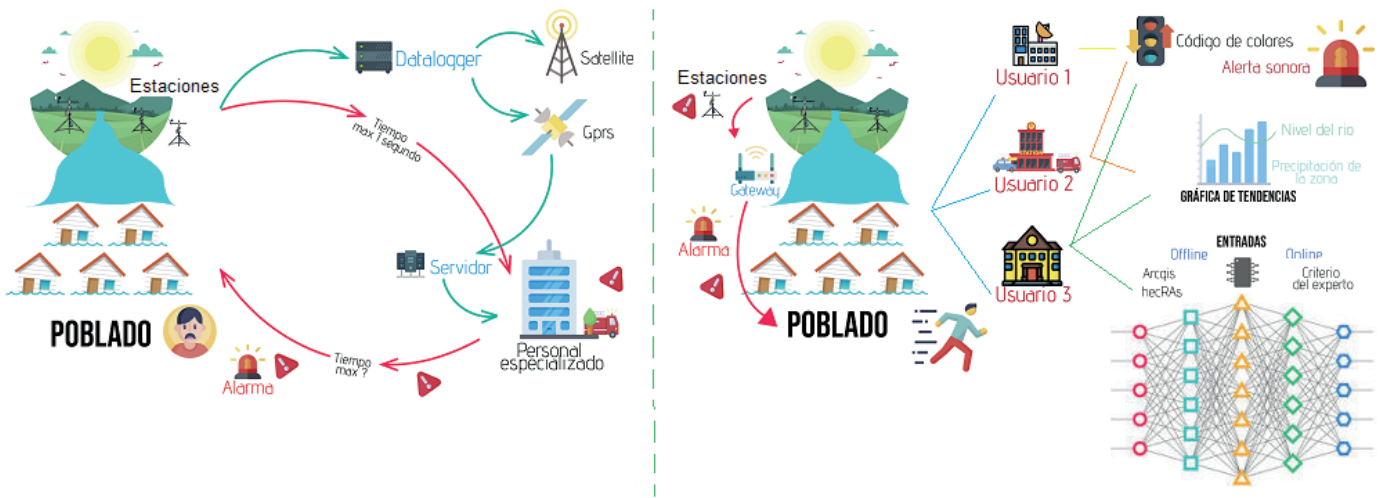


Figura 18 Izquierda. SAT convencional, referencia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Derecha. SAT propuesto.

### 3.4. METODOLOGÍA

Para el diseño del sistema SAT [4], [5] y [6], el cual pueda disminuir los tiempos de respuesta para las poblaciones en riesgo, se parte de los siguientes requerimientos:

- Comunicación: El sistema de comunicación del SAT debe ser de tecnología inalámbrica, con

una estructura redundante y con un radio de alcance superior a 10 Kms en línea de vista, debe operar en un rango de frecuencias de uso libre permitida por normatividad nacional.

- Sensado: El sistema debe contar con un sensor de nivel de líquido con nivel de activación de 20mm.
- Medición: El sistema debe contar con un medidor de cantidad de lluvia o precipitación que registre su medición por lo menos cada 0.3mm de lluvia.

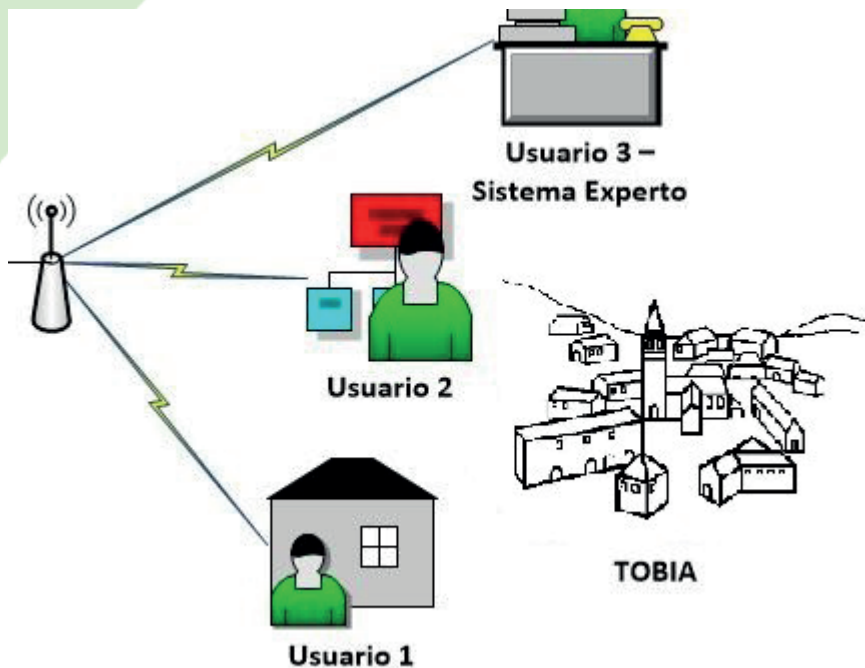


Figura 19 Diagrama de la red propuesta para el sistema SAT (Capa Física).



- Alimentación: El sistema debe funcionar con energía alternativa.
- Modularidad: El sistema debe permitir su reparación y el cambio de los sensores o tarjetas que lo conforman.
- Señalización: El sistema debe tener tres niveles de visualización de alerta hacia el usuario final, asociados a los colores del semáforo.
- Alerta: El sistema debe tener un tiempo de respuesta inmediato y enviar alerta a la comunidad ante cualquier eventualidad inminente y repentina detectada. El sistema debe generar, además de las señales visuales de alerta, una señal que permita activar una alarma sonora para alertar a la comunidad en caso de un evento.

Para cumplir dichos requerimientos, se decidió emplear la tecnología LoRa y LoRaWAN. Entre sus características más importantes tenemos: su bajo consumo energético, el uso de tecnología IoT para el sensado de variables y manejo de los datos en la nube y quizá el aspecto más importante, el cubrimiento de grandes distancias entre nodos de medición y el concentrador de información (Gateway). En la Figura 3 se muestra la red propuesta para el sistema SAT, y en la Figura 4, se muestra el diagrama de bloques funcionales del sistema. Como se puede ver en la Figura 4, esta red estará compuesta por los nodos LoRa, los Gateway LoRa, los servidores de red y de aplicación, y por último las aplicaciones (usuarios y terminales), las que desplegarán el estado del río o quebrada a los usuarios.

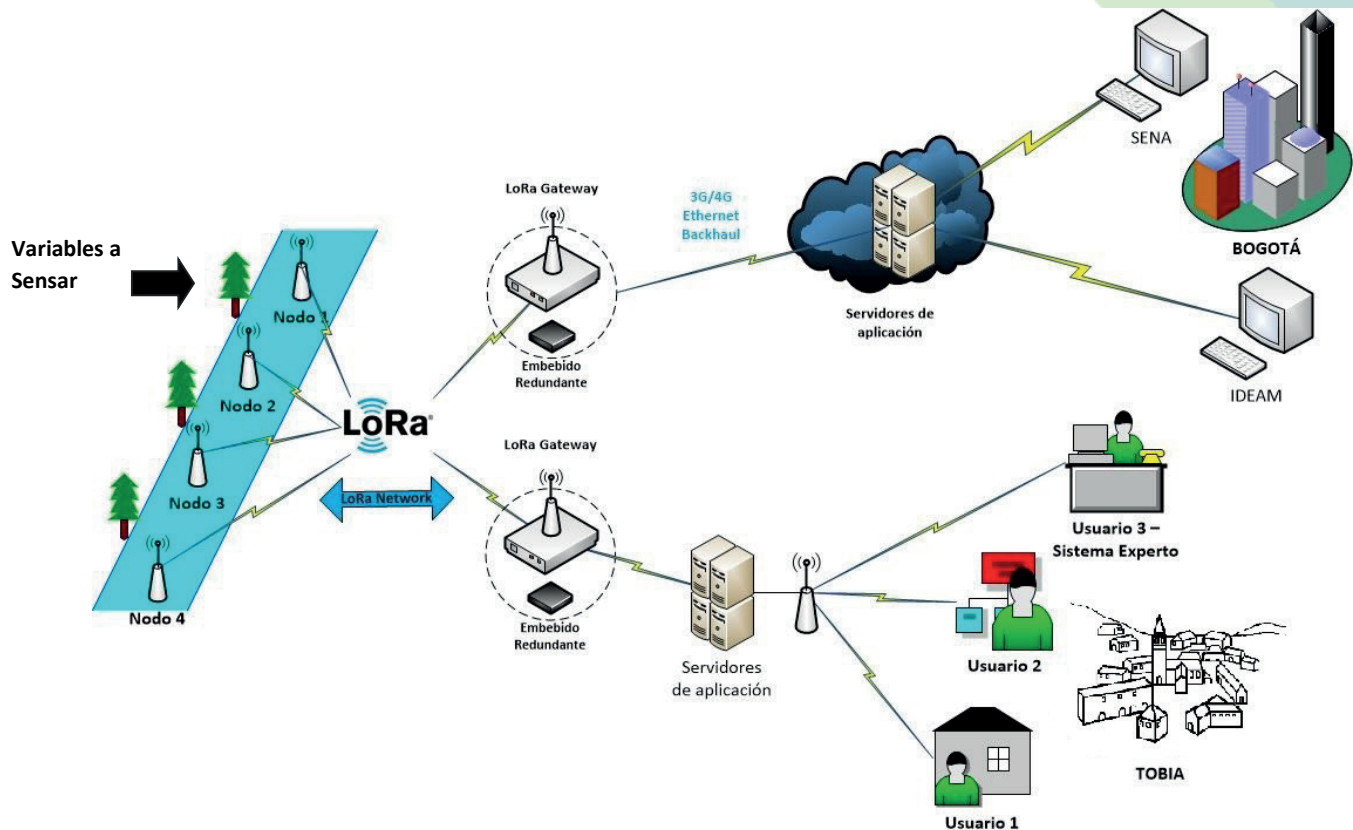


Figura 20 Diagrama de bloques funcionales para el sistema SAT

### 3.4.1. Funcionamiento del Sistema SAT

Los nodos LoRa son los dispositivos que se encargan de la transmisión de la información que es recolectada por los sensores que se encuentran monitoreando las diferentes variables, esta información es recibida de forma inalámbrica por los Gateway LoRa, y posteriormente transmitidos al sistema backhaul, el cual se encarga de comunicarse con los servidores de red y de aplicaciones por medio de conexiones IP. Esta comunicación puede ser Ethernet, celular o a través de cualquier enlace alámbrico o inalámbrico. Los servidores son los encargados de administrar la red y de realizar el procesamiento de la información recibida, además de eliminar la duplicidad de paquetes, adaptar las tasas de datos y de responder a las solicitudes de los nodos (estrategias medición, tiempos de lecturas). Finalmente, se encuentran las aplicaciones las cuales permiten procesar y visualizar los datos adquiridos y desplegar los diferentes tipos de alarmas a los usuarios.

### 3.4.2. Concepto de Diseño del Sistema SAT

Como respuesta a los requerimientos del sistema planteados anteriormente, se definen tres subsistemas que conformaran el SAT, los cuales son:

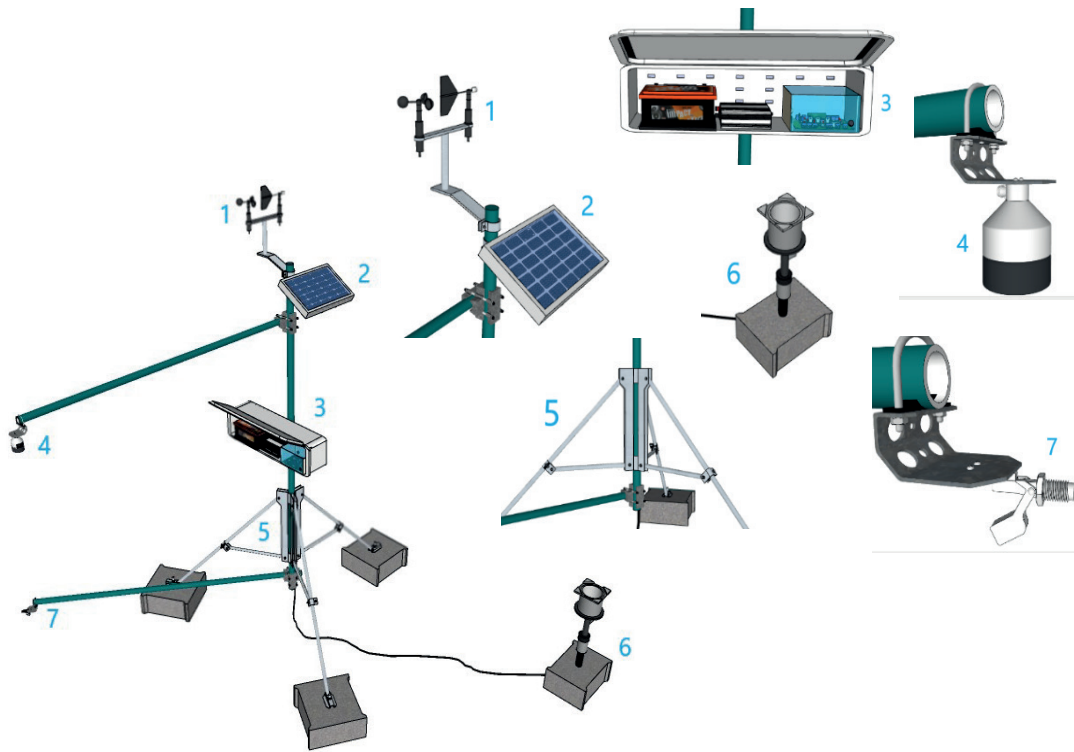
- (1) Alimentación
- (2) Sensado
- (3) Procesamiento y comunicación

El módulo de alimentación es el encargado de brindar el soporte energético a los dispositivos que se encuentran en el módulo de sensado y el módulo de procesamiento y comunicación, este soporte se realiza mediante una batería estacionaria de ciclo profundo conectada a un panel solar el cual realiza la recarga de esta, a través del controlador.

El módulo de sensado cuenta con un sensor

de nivel de líquido tipo flotador magnético que se encarga de alertar al módulo de procesamiento y comunicación cuando este se encuentre en estado de hibernación en caso que exista un aumento significativo y repentino del nivel del río, también cuenta con un sensor de ultrasonido el cual se encarga de sensar en intervalos de tiempo programados el nivel del río, estos datos sirven como insumo al módulo de procesamiento el cual se encarga de determinar el tipo de alerta a emitir según los niveles establecidos. Este módulo cuenta además con un pluviómetro que se encarga de medir la precipitación de la lluvia en la zona en la cual se encuentra instalada la estación, un sensor de dirección del viento y un anemómetro con el cual se verifica la velocidad del viento.

Por último, el módulo de procesamiento y comunicación se encuentra integrado por un circuito que se encarga de adquirir las señales provenientes de los sensores para luego procesarlas y así emitir las alertas correspondientes, la transmisión de la información a la estación base se realiza mediante un módulo de comunicaciones que se compone de un nodo LoRa que se conecta directamente a la red LoRA WAN. En la Figura 5 se muestra la idea conceptual del sistema. La estructura de la estación cuenta con tres puntos de soporte con la superficie, un mástil vertical y dos mástiles horizontales. Los tres puntos de soporte de la estructura permiten que sea más resistente ante posibles desplazamientos del terreno. El mástil vertical soporta dos mástiles horizontales, una caja plástica con los sistemas de procesamiento, alimentación y comunicación, un panel solar, un anemómetro y un sensor de dirección del viento. Los mástiles horizontales soportan los sensores de nivel, el mástil inferior tiene instalado un sensor de nivel de tipo flotador magnético, el mástil superior tiene instalado un sensor ultrasónico. Adicionalmente la estructura cuenta con un pilote que soporta un pluviómetro.



**Figura 21:** Concepto de diseño de la estación de sensor propuesta. (1) anemómetro y sensor de dirección del viento. (2) Panel solar. (3) Caja sistema de procesamiento, comunicación y alimentación: batería, controlador para panel solar. (4) Sensor ultrasónico. (5) Estructura de soporte. (6) Pluviómetro. (7) Flotador magnético.

### 3.5. RESULTADOS

Actualmente se están adelantando conversaciones con la Alcaldía de Útica-Cundinamarca, para la instalación del sistema en este municipio, el cual presenta una amenaza latente por eventos hidrometeorológicos. El objetivo es reemplazar total o parcialmente el sistema SAT que adquirieron en años anteriores, debido a problemas como la funcionalidad parcial del sistema, y el continuo mantenimiento que este requiere.

### 3.6. DISCUSIÓN

- Se propone el diseño de un SAT para la mitigación del riesgo ante la amenaza de eventos hidrometeorológicos, el cual pueda contar con un tiempo de respuesta menor al de los SAT tradicionales.
- El diseño propuesto de SAT busca que pueda servir como una herramienta de transferencia tecnológica a las comunidades, instituciones o personas que lo necesiten, para lograr esto se basó el diseño en una arquitectura Open Source

### 3.7. BIBLIOGRAFÍA

[1] Ortegón, Edgar, Pacheco, Juan Francisco y Prieto, Adriana. Metodología del Marco Lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Serie Manuales 42. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). Área de proyectos y programación de inversiones. Naciones Unidas. CEPAL. Santiago de Chile, 2005. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf).

[2] Banco Interamericano de Desarrollo. Oficina de Apoyo Regional de Operaciones (ROS). Oficina de Gestión de Cartera y Seguimiento de Proyectos (PMP). El Marco Lógico para el Diseño de Proyectos. 2004. Disponible en: <http://www.funlibre.org/documentos/diplorecyam/MARCO%20LOGICO.pdf>.

[3] Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-1030. Suiza, 2015. Disponible en: [https://www.unisdr.org/files/43291\\_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf).

[4] Sheard, Sarah A., and Jerome G. Lake. "Systems engineering standards and models compared." Proceedings of the Eighth International Symposium on Systems Engineering, Vancouver, Canada. 1998.

[5] Solomon, Paul J., and Ralph Rowland Young. Performance-based earned value. J. Wiley & Sons, 2007.

[6] Domínguez-Calle, Efraín, and Sergio Lozano-Báez. "Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia." Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 38.148 (2014): 321-333.



## 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO DE TARABITA ELÉCTRICA, QUE EMPLEA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, DESTINADA A ZONAS RURALES DE DIFÍCIL ACCESO

DAVID LEONARDO CÁCERES BAYONA.

Ingeniero Electricista, Máster en Gobernanza Energética

Instructor CEET

SENA – CEET

dlcaceres04@misena.edu.co

### 4.1. OBJETIVO

Se presenta el diseño e implementación de un prototipo de tarabita eléctrica, la cual emplea energía solar fotovoltaica como su principal fuente de energía para su funcionamiento, este desarrollo está orientado a comunidades establecidas en zonas montañosas, las cuales no cuentan con vías de comunicación adecuadas, o carecen de estas, fortaleciendo su integración en el aparato productivo y social del país.

### 4.2. RESUMEN

La población en Colombia se encuentra ubicada mayoritariamente en la región Andina, esta región se caracteriza por su geografía montañosa, grandes fuentes hídricas y variedad de climas. Los dos últimos factores posibilitan una amplia variedad de producción agrícola. Sin embargo, algunas poblaciones se encuentran en zonas montañosas de difícil acceso, lo cual dificulta su integración al aparato productivo y social del país. El SENA como el principal centro de educación técnica y tecnológica del país y su Centro de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET), conscientes de la problemática que afrontan estas poblaciones, desarrolló la iniciativa de un sistema de transporte por cable aéreo (tarabita), el cual sea alimentado por un sistema híbrido, donde la energía solar fotovoltaica sea la fuente

de energía principal, para el funcionamiento de esta. Para el desarrollo del sistema, primero se realizaron estudios a nivel social de la población a impactar con el desarrollo, como cuales son las condiciones sociales de la población, la situación de orden público y la economía de la comunidad. Enseguida, se realizaron estudios topográficos de la zona a impactar. Posteriormente se realizaron los estudios técnicos y de ingeniería los cuales comprenden, finalmente se presentan los resultados de la implementación del prototipo y los trabajos futuros a realizar.

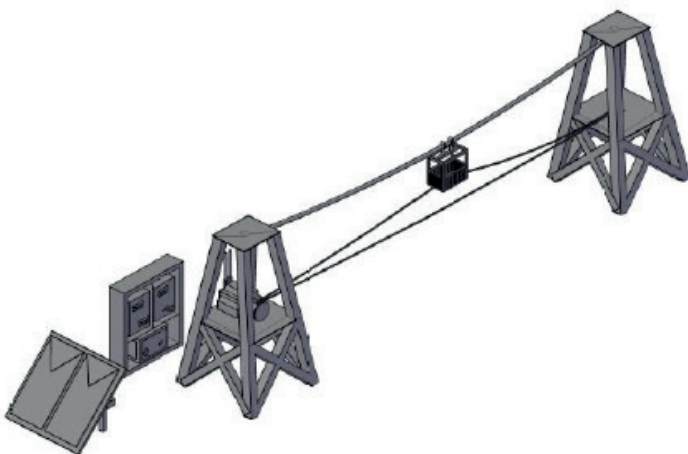
### 4.3. INTRODUCCIÓN

Una de las problemáticas que enfrenta la población del campo colombiano es la ausencia de vías que faciliten su integración con los principales centros urbanos del país, las cuales permitan la comercialización de sus productos e insumos, así como movilizarse para acceder a servicios básicos como educación y atención hospitalaria [1]. En el marco de los acuerdos de paz realizados entre el gobierno colombiano y el grupo insurgente de las FARC, se espera una mayor atención por parte del estado, hacia estas zonas de la geografía colombiana, donde los grupos insurgentes tenían una presencia representativa [2]. Con la intención de aportar soluciones a problemáticas de este tipo, como la de acceso a vías de comunicación, se realizó una propuesta de movilidad rural en el marco de la competencia fórmula SENA Eco+2017 (Fórmula ECO SENA, 2017). Como resultado del

análisis de la situación de este tipo de zonas, y del ejercicio de pertinencia social del proyecto, nace la propuesta inicial del diseño e implementación de un prototipo de una tarabita que beneficie a una comunidad rural específica, la cual presente carencia de medios adecuados y seguros para el transporte de carga y de personas. La comunidad seleccionada fue Zanjón Cárdenas en la vereda San Jacinto del municipio de Gigante - Huila.

En el presente documento se muestran los resultados del proceso de diseño e implementación de una tarabita ajustada a las necesidades de la comunidad rural seleccionada, bajo los lineamientos de eficiencia energética, sostenibilidad ambiental, y e integración económica y social de la población a los aparatos productivos. Se parte del diseño de un prototipo a escala de baja fidelidad, el cual permitió simular una tarabita real, para la identificación de sus componentes, su disposición y su funcionamiento. Para finalmente realizar la implementación del prototipo a escala real en la población de Gigante - Huila

### 4.3.1. TARABITA



**Figura 22.** En el esquema se ilustran dos torres de retención, la canastilla y los cables de soporte y retención.

Los sistemas de transporte por cable aéreo presentan diferentes usos, entre los cuales tenemos los usados para fines recreativos en lugares turísticos o como medio de transporte para el acceso a parajes de montaña, donde las vías de acceso convencionales no pueden ser implementadas. Para todos los casos deben seguirse estrictas normas de seguridad, las cuales son establecidas en la fase de diseño para su operación, funcionamiento y mantenimiento, lo que desemboca en sistemas robustos con amplia fundamentación técnica [3]. Estos sistemas de transporte, también se implementa de manera artesanal en países que presentan una geografía montañosa y los medios de comunicación tradicionales no son una opción. Como por ejemplo países como: India, Nepal, Ecuador, Perú y Colombia, por lo general para resolver problemas de movilidad en lugares apartados de difícil acceso (Tarabita Quito Ecuador), (Gravity Goods Ropeway in Nepal). En general, el principio de su movimiento se basa en el uso de la fuerza de gravedad, sistemas manuales y en ciertas ocasiones de sistemas motorizados. En Colombia, a este tipo de transporte se le conoce como Tarabita o Garrucha. De acuerdo al historiador Caballero, las primeras tarabitas en Colombia datan del siglo XVIII y se movilizaban gracias a la fuerza suministrada por personas o animales. Actualmente, las tarabitas son construidas por las personas pertenecientes a la comunidad o poblado que presenta el problema vías de comunicación, por lo general su fabricación es improvisada, debido a que no se cuenta con los conocimientos necesarios en física e ingeniería, o si se los tiene no siguen una normatividad que establezca un procedimiento de diseño y construcción [4]. En la Figura 1 se muestra la estructura básica de una tarabita, esta consiste en dos torres de retención que dan soporte a los cables, la canastilla y el sistema motorizado que proporciona la fuerza para moverla en los dos sentidos. Las tarabitas en Colombia tienen como principal objetivo la movilización de personas, ya sea hacia los centros de salud, instituciones educativas [5] o lugares de comercio, para la compra de insumos y venta de productos agrícolas (Gobernación del

Huila, 2011). La pertinencia de estas soluciones se evidencia en la posibilidad de facilitar la integración social y económica con los centros urbanos más cercanos, así como la reducción de los tiempos de desplazamiento.

## 4.4. METODOLOGÍA

El trabajo presentado se basó en el análisis de información técnica: artículos, manuales, metodologías de diseño y tesis de grado. Se contó con la asesoría de expertos en ingeniería, y se llevó a cabo un trabajo de campo para entender la estructura y funcionamiento de las tarabitas, así como una socialización del proyecto con la comunidad para conocer sus necesidades y posibles recomendaciones, para tal fin, se usaron instrumentos de recolección de datos y formulación de guías de entrevista. También se realizó la recolección de Información técnica y el uso de guías de levantamiento de información en sitio [6]. De esta manera la investigación aplicada, se usó para ofrecer una solución a un problema de movilidad en las zonas rurales.

La investigación inicia con la búsqueda de comunidades que reunieran las siguientes características:

1. Zona rural con producción agrícola
2. Ausencia de infraestructura vial
3. Topografía agreste y cambiante
4. Zona o región afectada directamente por el conflicto armado
5. Comunidad organizada
6. Apoyo de las autoridades locales al proyecto

Como resultado del estudio previo se definió a la comunidad de Zanjón Cárdenas, en el municipio de Gigante – Huila como el lugar adecuado para la implementación del proyecto, ya que reúne todas las características solicitadas previamente. A continuación, se procedió con el proceso de desarrollo del proyecto, el cual se planteó en las

cinco fases siguientes:

1. Recopilación y análisis de información preliminar y establecimiento de bases y criterios de diseño
2. Elaboración de diseños: Planos, memorias de cálculo, listado de equipos, especificaciones técnicas
3. Construcción del prototipo de baja fidelidad
4. Construcción y puesta en servicio del proyecto
5. Realización de pruebas de funcionamiento en prototipo

Como resultado de la información recolectada y de las observaciones del trabajo de campo realizado, se comprobó que, para estos sistemas artesanales, predominan los sistemas impulsados con motores de combustión interna. Ya que esta tecnología presenta un impacto ambiental considerable. Las motivaciones del proyecto es el reemplazo de esta tecnología, por sistemas eléctricos alimentados por energías renovables y paralelamente la implementación de un sistema de mando automatizado para hacer más segura la operación de la tarabita, la cual ofrezca información de esta para posibles mantenimientos preventivos.

A fin de abordar los diseños y la implementación de la tarabita propuesta, se definieron 4 sub-sistemas constitutivos:

1. Sistema mecánico de tracción
2. Vehículo o Canastilla
3. Sistema de Control o Mando
4. Sistema híbrido de generación de energía

El diseño de cada sub-sistema tuvo como principios transversales: la seguridad de las personas beneficiarias y los operarios, la eficiencia energética, facilidad en el control del sistema. En la sección de resultados exponemos la estructura definida para cada uno de estos sub-sistemas.

## 4.5.RESULTADOS

El dimensionamiento de los subsistemas constitutivos de la tarabita requiere datos específicos del lugar de instalación y requerimientos de uso, información que ha sido obtenida en visitas de campo y solicitada a la alcaldía del municipio.

## 4.6.Sistema mecánico de tracción

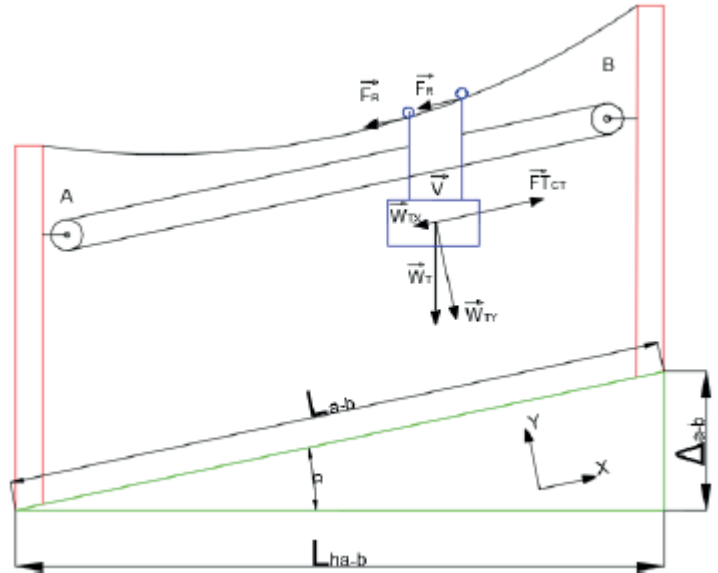
El sistema mecánico de tracción es el encargado de impulsar la canastilla de la tarabita entre los puntos de carga y descarga a una velocidad controlada, garantizando desplazamientos seguros de personas y bienes.

Para diseñar el sistema de tracción se debe partir de la identificación de las variables de entrada, las cuales permitirán el dimensionamiento y selección de los componentes mecánicos. Basados en la metodología de diseño planteada en [7] se establecieron las variables de entrada, las cuales se muestran en la Tabla 1 y se muestran en la Figura 2, y aplicando las consideraciones de diseño y la realización de los respectivos cálculos, se dimensiono el eje motriz, las chumaceras, el cable carril, el cable tractor y el conjunto motor-reductor. Los resultados de los componentes más relevantes del sistema se muestran en las Tablas 2-4.

Se determinaron los factores de seguridad para el cable carril es 4,01 y para el cable tractor es 7.2, estos valores se encuentran dentro de los límites establecidos por Emcocables (Emcocables, s/f) que define un rango para el cable carril entre 3.5 y 5 y para cables tractores entre 5 y 7 [7].

Teniendo en cuenta las recomendaciones de los asesores Ecosol y Galvis & Galvis, compañías consultoras del proyecto, se optó por un sistema de tracción de arrastre con guaya sinfín, halada por un tren doble de poleas multicanal.

Adicionalmente se incluye un freno de disco para incrementar la seguridad del sistema, y un dispositivo de seguimiento mecánico que consta de una cadena y un tornillo sinfín, el cual nos permite determinar en qué punto del recorrido se encuentra la canastilla. El motor-reductor será del tipo sinfín corona.



**Figura 23.** Variables de entrada – Diseño sistema mecánico de tracción.

Se incluye diagrama de fuerzas sobre la canastilla.

### 4.6.1.Tabla 1. Sistema mecánico de atracción - Variables de entrada.

Variable	Valor	Descripción
$V_c$	1.0 m/s	Velocidad de la canastilla
$H_A$	1079 m	Altura del punto A sobre nivel de referencia – Estación inferior
$H_B$	1179 m	Altura del punto B sobre nivel de referencia - Estación superior
$A_{a-b}$	100 m	Diferencia de alturas entre las estaciones

(\*) En el trayecto entre A y B se pueden identificar claramente dos pendientes.

Una de 7° los primeros 218 m y de 20° los 198m restantes.



### 4.6.2. Tabla 2. Dimensionamiento de los componentes del sistema matriz

Cable Carril			
Variable	Valor	Unidades	Descripción
<i>dCG</i>	0,75	in	Diámetro del cable carril
	6X7		Tipo de Construcción Cable Carril
	LANG		Tipo Torcido Cable Carril
	FIBRA		Alma del Cable Carril
	NEGRO		Acabado
<i>La-b Total</i>	434,00	m	Longitud Cable Carril

### 4.6.2. Tabla 3. Dimensionamiento de los componentes del sistema matriz

Cable Tractor			
Variable	Valor	Unidades	Descripción
<i>DCT</i>	0,25	in	Diámetro del cable tractor
	6X19S		Tipo de Construcción cable tractor
	LANG		Tipo Torcido cable tractor
	FIBRA		Alma del Cable tractor
	NEGRO		Acabado

### 4.6.4. Tabla 4. Dimensionamiento de los componentes del sistema motriz

Moto-Reductor			
Variable	Valor	Unidades	Descripción
$nm$	87,2	RPM	Revoluciones por minuto eje motriz
$Tm$	537,3	N.m	Torque requerido motorreductor, N.m
$Pm$	4,9	kW	Potencia requerida motor, kW
$DMR$	40	mm	Diámetro del eje del motorreductor, mm

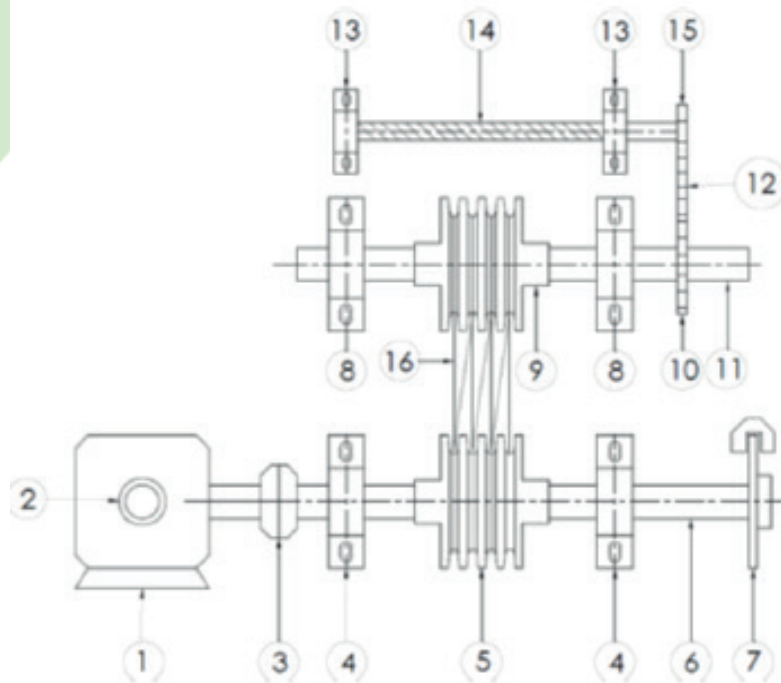
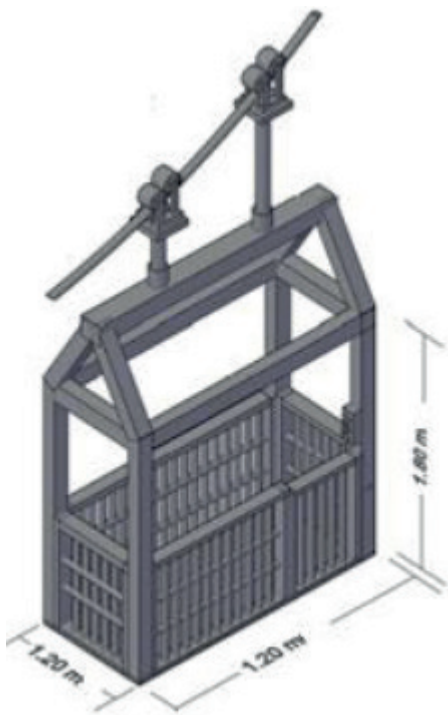


Figura 24. Diseño sistema mecánico de tracción

ITEM	DESCRIPCION
1	MOTORREDUCTOR
2	ELECTROFRENO-SISTEMA DE FRENADO ESPECIAL
3	ACOPLE
4	CHUMACERA-EJE MOTRIZ PRINCIPAL
5	POLEA MULTICANAL-EJE MOTRIZ PRINCIPAL
6	EJE MOTRIZ PRINCIPAL
7	FRENO HIDRAULICO-AUXILIAR
8	CHUMACERA-EJE SECUNDARIO
9	POLEA MULTICANAL-EJE SECUNDARIO
10	PIÑON REDUCTOR
11	EJE SECUNDARIO
12	CADENA
13	RODAMIENTO SISTEMA POSICIONAMIENTO
14	TORNILLO SIN FIN
15	PIÑON CONDUCCION
16	CABLE DE ACERO

### 4.7. Vehículo-Canastilla

Para su diseño fueron evaluados distintos tipos de materiales, buscando la optimización de la relación entre el peso de la canastilla y la seguridad de los pasajeros, por tanto, se optó



**Figura 25.** Esquema de diseño y dimensiones de la canastilla.

por tubería rectangular de aluminio. El vehículo se suspenderá del cable carril mediante dos brazos de diferente longitud, los cuales unidos a dos pares de poleas de EMPACK, permitirán el deslizamiento. Como medida de seguridad se dispone de un seguro de traba, para evitar la apertura accidental de la única puerta lateral de la canastilla, en la Figura 4 se muestra la canastilla y sus dimensiones.

### 4.8. Sistema de Mando

Teniendo en cuenta los principios de autonomía y versatilidad en el uso de la tarabita, se define que el sistema de control debe ser inalámbrico y con carácter multipunto; es decir, que pueda ser operado desde la estación de salida, la canastilla y la estación de llegada.

La tarabita será controlada a través de tres botoneras con tres pulsadores (derecha, izquierda y paro), que se comunicarán inalámbricamente por medio de un sistema de Radio frecuencia (RF) punto-multipunto. El módulo receptor controlará el sistema eléctrico de la tarabita por medio de relés. Los módulos contarán con una fuente auxiliar de energía consistente en mini paneles solares de 5 V y baterías, garantizando la energía de respaldo a la unidad de control. Con las variables mecánicas definidas previamente como las entradas del sistema, se realizó el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico DC, AC monofásico y AC trifásico, lo cual permitió definir el tipo de tecnología solar a implementar en el sistema. Los resultados se resumen en la Tabla 5. La opción seleccionada es el sistema trifásico, puesto que los inversores son de menor potencia y el calibre de los conductores disminuye representando una reducción en los gastos. El sistema secundario de alimentación de energía que complementará el sistema híbrido, será la red eléctrica del sitio de instalación a 120 V.

## 4.9. Sistema de Generación de Energía

Para el diseño del sistema de suministro de energía se optó por el diseño de un sistema híbrido de alimentación de energía, se parte de nuevo de las variables de entrada, las cuales dependan de los resultados obtenidos en el dimensionamiento del sistema motriz, los requerimientos de uso y las consideraciones específicas del lugar de instalación [8]. En la Tabla 6. Se muestran las variables y los resultados de diseño del sistema de generación de energía.

### 4.10. Tabla 6. Resultados Diseño

	<i>DC</i>	<i>AC Monofásico</i>	<i>AC Trifásico</i>
<i>Número de módulos</i>	16	18	12
<i>Número de controladores</i>	2		
<i>Número de baterías</i>	4	4	8
<i>Capacidad mínima c/batería (Ah)</i>	450	530	530
<i>Tensión de cada batería (V)</i>	12	12	12
<i>Número de inversores</i>		1	2
<i>Potencia mín. de cada inversor (W)</i>		5400	1778
<i>Observaciones adicionales</i>	Unidad de transferencia automática junto con un regulador	Inversor híbrido con función de cargador/inversor y transferencia automática	Inversores con conectividad entre ellos para crear el desfase entre las líneas y función inteligente de administración de fuentes: solar, baterías y red



### 4.11. Tabla 5. Variables de entrada Sistema de Generación de Energía

<i>Variable</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
Irradiancia lugar (Gigante, Huila) (NASA, Atmospheric Science Data Center, 2008)	4.08	kW/m <sup>2</sup>
Potencia requerida del motor	5	kW
Tiempo de uso diario	2	Horas
Factor de sobredimensionamiento	30	%
Tensión nominal del sistema	48	V
Potencia de los módulos seleccionados	320	Wp
Tipo de batería	Sellada	
Diferencia de temperatura del lugar	10	°C
Tensión de red monofásica presente	120	V



Figura 26. Prototipo de baja fidelidad

### 4.12. Prototipo instalado en el municipio de Gigante-Huila

#### 4.12. Prototipo de baja fidelidad

Como criterio de partida para la construcción del prototipo se tuvo en cuenta el uso de materiales sustitutos (recuperados o reciclados). En la Figura 5 se muestra el prototipo implementado, donde se dimensiona un sistema fotovoltaico AC monofásico, alimentado por tres paneles fotovoltaicos de 140 Wp, Un controlador de carga con corriente de entrada de 20 A, un inversor de 800 W y una batería de 12 V. El sistema alimentará un motor-reductor de 370 W, el cual transmitirá la fuerza a un sistema mecánico de poleas bicanal, que emulan el funcionamiento del sistema de tracción establecido para el proyecto.



Figura 27 Prototipo instalado en Huila



**Figura 28.** Prototipo Instalado en Gigante-Huila

## 4.13. DISCUSIÓN

El proyecto será pionero en Colombia y funcionará como un piloto para la formalización teórica y subsecuente tecnificación de los sistemas de transporte por cable que se usan actualmente en las zonas rurales, esto tendría una implicación positiva directa en la seguridad de los usuarios y en la eficiencia del funcionamiento de estos sistemas. Además, planteará una propuesta innovadora para ampliar las aplicaciones de las energías renovables en el marco de la ley 1715 para el fomento de las Energías alternativas (Congreso de Colombia, 2014).

Cada uno de los resultados presentados es ajustado al sitio de implementación en el Zanjón Cárdenas, sin embargo, puede ser replicable en

otras locaciones y topografías, realizando las adaptaciones correspondientes.

Los diseños de cada sistema tuvieron un proceso evolutivo de constante revisión y optimización, proceso apoyado en los resultados de las pruebas realizadas con el prototipo de baja fidelidad, las consultas técnicas a los asesores expertos y la investigación documental y en campo. Este proceso permitió plantear mejoras a los diseños inicialmente propuestos tales como: uso de poleas multi-garganta para reducir la fatiga del cable de tracción sinfín, inclusión de un freno de disco que servirá de soporte al freno electromagnético principal, implementación de un dispositivo de seguimiento mecánico, uso de variador de velocidad para garantizar una velocidad constante, uso de baterías de electrolito gelificado que minimizan riesgos asociados a la alta liberación de hidrógeno, y uso de módulos policristalinos de 320 Wp, que optimizan la relación potencia / área.

Como resultado de la gestión realizada por la Subdirección del CEET – SENA Distrito capital y la Gobernación del Huila, se aunaron los esfuerzos de entidades públicas como el SENA y la alcaldía de Gigante y de empresas privadas como Ecosol y Galvis & Galvis. Lo cual derivó en la implementación del proyecto que beneficia a una comunidad vulnerable que requiere soluciones de movilidad.

## 4.14. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Corpoica, Minagricultura, Colciencias y Todos por un nuevo país. (2016). Plan estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano (2017-2027). Bogotá.
- [2] Pantoja, A., & Caceres, D. (2017). Estudio sobre el sitio de instalación del proyecto - Tarabita Eléctrica. Bogotá.
- [3] <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>
- [4] DNP. (2010). Plan Nacional de Desarrollo Hacia la prosperidad democrática. Visión 2010-2014 Sector transporte.
- [5] Calderón, J., Alzamora, L., & Del Águila, E. (2009). Guía de Elaboración de proyectos de tesis doctoral. Lima - Perú
- [6] Congreso de Colombia. (2014). Ley 1715 Por medio del cual se regula la integración de las Energías renovables no convencionales al Sistema energético nacional. Bogotá.
- [7] Vargas, A. (2011). Diseño y construcción de un sistema de transporte de carga por medio de cables para topografía de gran pendiente, Escuela de ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica. Medellín: universidad EAFIT.

## 5. EQUIPOS DE INTERRUPCIÓN Y MANIOBRA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN

CHRISTIAN GONZALEZ.

Ingeniero de desarrollo  
ATA Electric SAS

Christian.gonzalez@ataelectric.com

ALEJANDRO LOMBANA

Director de proyecto  
ATA Electric SAS

Alejandro.lombana@ataelectric.com

### 5.1. OBJETIVO

Desarrollar un dispositivo electrónico inteligente (IED) que funcione como unidad de control de un reconectador automático para su implementación como un elemento de protección en redes de distribución.vvvvvvvv

### 5.2. RESUMEN

Este documento muestra en primera instancia una breve descripción de los cuatro elementos que conforman el sistema nacional eléctrico. Posteriormente se presentan una serie de dispositivos que funcionan como elementos de protección dentro de las redes de distribución las cuales constituyen uno de los elementos mencionados anteriormente.

Dentro de las protecciones descritas se encuentra el reconectador automático el cual resulta ser el tipo de dispositivo sobre el cual se desarrolla este proyecto. Luego de la contextualización realizada en las secciones anteriores se procede a exponer el objetivo y alcance del proyecto desarrollado. Acto seguido, los cuatro bloques principales que componen dicho desarrollo son descritos

de forma individual. Dichos bloques son: adquisición de señales, protecciones, calidad de potencia y comunicaciones.

El contenido de este documento se centra principalmente en el bloque de comunicaciones debido a que la información en detalle de los demás bloques resultan ser datos sensibles para la empresa. De este modo, se muestra una descripción breve de los bloques de adquisición de señales, protecciones y calidad de potencia, y posteriormente se describe la base teórica del protocolo de comunicaciones DNP3 además de presentar parte de la implementación del mismo.

### 5.3. INTRODUCCIÓN

El sistema nacional eléctrico está compuesto por cuatro agentes principales: Sistemas de generación, sistemas de transmisión, sistemas de distribución y comercialización [1]. Ver figura 29.

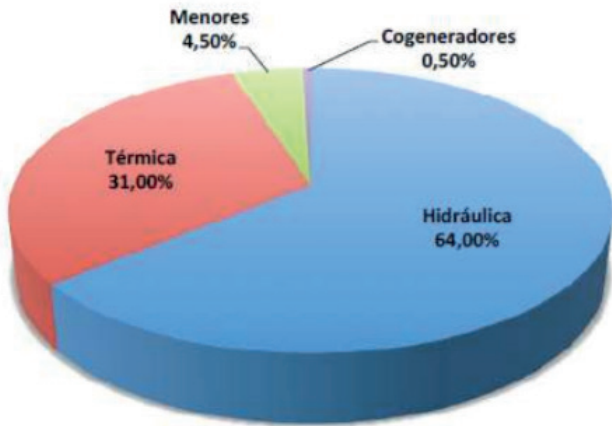




**Figura 29.** ). Cómo funciona el sistema nacional eléctrico. Acolgen (2018).Recuperado de [www.acolgen.org.co/index.php/sectores-de-generacion/como-funciona-el-sistema-electrico-nacional](http://www.acolgen.org.co/index.php/sectores-de-generacion/como-funciona-el-sistema-electrico-nacional).

Los sistemas de generación son los encargados de obtener energía eléctrica a través del aprovechamiento de otras energías. En Colombia la principal fuente de generación de electricidad se concentra en las grandes centrales hidroeléctricas las cuales representan el 64% del total de la potencia generada, luego las siguen las grandes centrales térmicas suponiendo un 31%, seguido se encuentra las pequeñas plantas de generación hidráulica, térmica y eólica con un 4.5% y finalmente las plantas de cogeneración corresponden al 0.5% [1]-[2]. En la siguiente gráfica se aprecia la anterior distribución.

El Sistema de Transmisión Nacional (STN), cuyo propósito es la conducción de la energía eléctrica desde las plantas de generación hasta las diferentes zonas de distribución del país, se compone del conjunto de líneas, compensadores, subestaciones y demás equipos de interconexión que operan a niveles de tensión entre 220kV y 500kV. Estos niveles se encuentran directamente relacionados con la longitud de las propias líneas de transmisión. En la siguiente tabla se muestra dicha relación [1]-[2].



**Tabla 1. Longitud de líneas de transmisión**  
Fuente: UPME, 2013

Líneas Transmisión	Longitud (km)
100 – 115 kV	10.267
138 kV	15,5
220 – 230 kV	11.680
500 kV	2.437
TOTAL	24.399,5

**Figura 30.** Mix de generación eléctrica de Colombia. XM (2014). Estudio de generación eléctrica bajo escenario de cambio climático. Recuperado de [http://www1.upme.gov.co/Documents/generacion\\_elec-trica\\_bajo\\_escenarios\\_cambio\\_climatico.pdf](http://www1.upme.gov.co/Documents/generacion_elec-trica_bajo_escenarios_cambio_climatico.pdf)

El sistema de distribución se encarga de suministrar la energía eléctrica a los usuarios finales, quienes se clasifican según su nivel de consumo de energía [1]. Por consiguiente, este sistema se encuentra conformado por:

- Subestaciones: encargadas de transformar el nivel de tensión del sistema de transmisión a la de los circuitos primarios de distribución.
- Circuitos primarios de distribución: distribuyen la energía desde las subestaciones hasta los transformadores de distribución.
- Transformadores de distribución: Su propósito es transformar el nivel de tensión de los circuitos primarios de distribución a la de los circuitos secundarios (baja tensión < 1kV).
- Circuitos secundarios: distribuyen la energía a los usuarios conectados al sistema.

Finalmente la comercialización está dada por una serie de agentes que, por lo general, suelen ser empresas que integran comercialización y distribución. Estos agentes se encargan de vender la energía a precios que se encuentran regulados por la Comisión de regulación de Energía y Gas (CREG) [1]-[2].

## 5.4. Protecciones Eléctricas

La seguridad juega un papel destacado en todos los elementos que componen una red eléctrica, máxime cuando éstas se encuentran en entornos de alto riesgo o hacen parte de sistemas críticos, tales como los vistos en el capítulo anterior. Los diferentes tipos de protecciones eléctricas, por consiguiente, resultan ser mecanismos que salvaguardan la integridad tanto de los diferentes dispositivos dispuestos a lo largo de la red eléctrica como la de las personas que puedan llegar a intervenir en ella.

Las redes de distribución eléctrica resultan ser uno de los elementos críticos del Sistema Nacional Eléctrico y por consiguiente el

empleo de diferentes tipos de protecciones se hace necesario. A continuación se presentan los mecanismos o dispositivos de protección mayormente usados para este tipo de redes.

## 5.5. Relé de sobrecorriente en subestación (Feeder).



**Figura 31.** Relé de sobrecorriente en subestación. SEL (2018). Recuperado de <https://selinc.com/es/products/351/>

## 5.6. Fusible

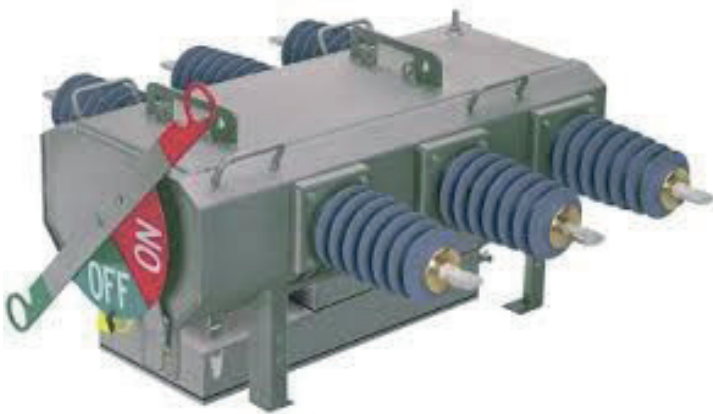
Es un dispositivo de protección de un solo uso, cuyo principio de interrupción se basa inicialmente en el rompimiento de un elemento conductor cuando se supera la corriente para la cual fue diseñado. Una vez iniciado este proceso, se produce el arco eléctrico dentro del fusible, siendo posteriormente apagado por medio del material de relleno. Estos dispositivos son ampliamente usados debido a que pueden interrumpir corrientes de falla muy altas y a su rápida actuación. A continuación se ilustra un fusible normalmente empleado en redes de distribución [4].



**Figura 32.** Fusible de media tensión. Alex-Soluciones eléctricas (2018). Recuperado de <http://eletrotecnicaalex.com.br/produto/chave-fusivel/>

## 5.7. Seccionalizador

Es un dispositivo de apertura que se emplea en conjunto con otros equipos de protección para aislar de manera automática zonas de falla dentro de los sistemas de distribución eléctrica. El seccionalizador sensa la corriente y cuenta la cantidad de aperturas por fallas de corriente generadas por otro dispositivo aguas arriba. Esto se traduce en la reducción del tamaño de la zona afectada por la falla presentada [5]. La figura 33 ilustra la imagen de un seccionalizador.



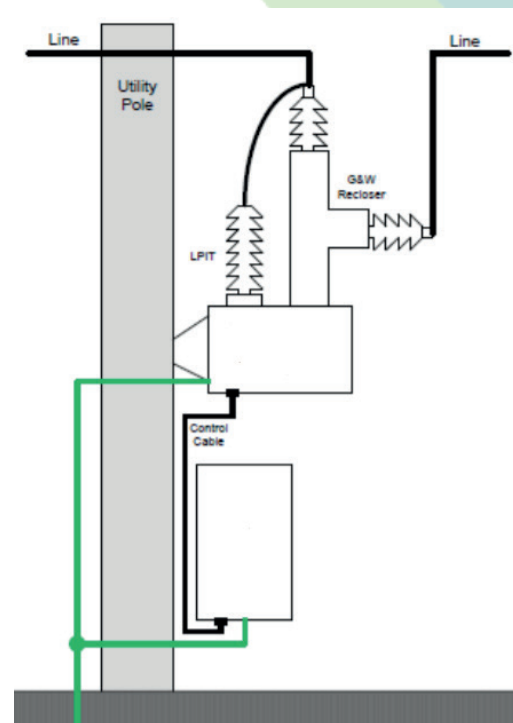
**Figura 33.** Seccionalizador. Nulec (2001). Recuperado de [www.vicatyd.com/Seccionalizador.pdf](http://www.vicatyd.com/Seccionalizador.pdf)

## 5.8. Reconectador

Es un dispositivo autocontrolado para realizar de manera automática la interrupción y el recierre de un circuito de corriente alterna, con una secuencia predeterminada de apertura y recierre seguida por una operación de reinicio o bloqueo. Incluye un conjunto de elementos de control requerido para detectar sobrecorrientes y controlar la operación de reconectador. Cabe aclarar que un circuito reconectador automático siempre consiste de un dispositivo conmutador, una unidad de control y sensores para la medición de corriente y/o voltaje [6]-[7]. En las figuras 34 y 34.1 se puede observar un reconectador automático y las partes que lo componen.



**Figura 34.** Reconectador automático.



**Figura 34.1.** Partes de reconectador automático. Kerr B. (2017). Recuperado de <https://cigre-usnc.org/wp-content/uploads/2017/10/4-Squarzoni-Metrological-Characterization-of-Low-Power-Instrument-Transformer-Integrated-in-MV-Recloser.pdf>

## 5.9. Alcance del proyecto

- Donde,
- 1 es la unidad de control,
  - 2 el cable umbilical de datos y
  - 3 Tanque (dispositivo de conmutación).

Este proyecto tiene como objetivo principal desarrollar un dispositivo electrónico inteligente (IED) que funcione como unidad de control de un reconectador automático para su implementación en redes de distribución. De igual manera, se llevará a cabo el desarrollo de un software de gestión que permita realizar las configuraciones necesarias para la puesta en servicio del IED así como un HMI que permita realizar tareas de control sobre el mismo.

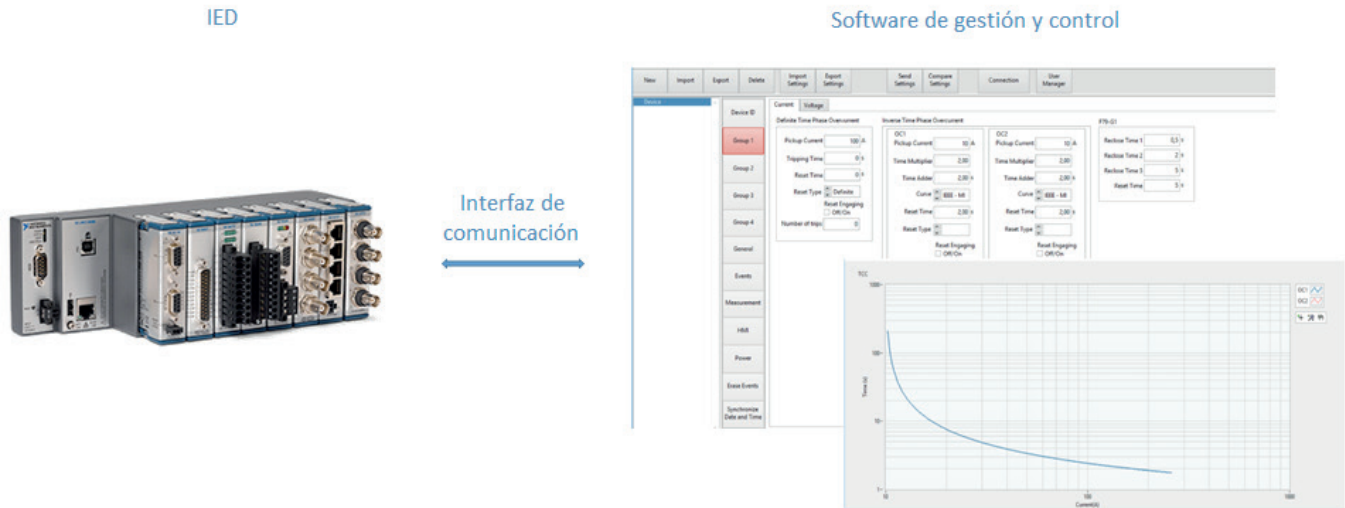


Figura 35. Diagrama de componentes del proyecto.

### 5.9.1. Implementación

Teniendo en cuenta el objetivo del proyecto y a su vez los requerimientos propios del IED para este tipo de aplicaciones, se decidió abordar el desarrollo e implementación del mismo a partir de cuatro bloques principales los cuales se exponen a continuación:

### 5.9.2. Adquisición de señales

Este bloque es el encargado de tomar las señales análogas provenientes de los sensores de corriente y voltaje del tanque (o dispositivo de conmutación) del reconectador para luego, a través de un proceso de muestreo, convertirlas en señales digitales que pueda interpretar el IED. Sobre estas señales se realizan diferentes cálculos tales como valor pico, valor RMS y frecuencia.

### 5.10. Funciones de protección

Basándose en el estándar internacional IEEE C37.60/ IEC 62271-111, se entiende que la unidad de control del reconectador automático es la encargada de detectar sobrecorrientes, realizar las operaciones de apertura del dispositivo conmutador y controlar las operaciones de recierre del mismo y por tal motivo se desarrollaron tres funciones de protección [8].



### 5.10.1. Función 50 – Definite Time Overcurrent

Esta es una protección trifásica contra sobrecargas y cortos circuitos en donde el reconectador opera sin ningún retraso intencional cuando la corriente medida excede un umbral preestablecido [9]. De esta manera, la función de protección 50 está definida por dicho umbral conocido como corriente de disparo (Current Pickup  $G_s$ ) y el tiempo de operación; la relación entre estas dos variables se muestra en la siguiente figura.



**Figura 36.** Operación de función de protección 50. BSI (2009). Tomado de Measuring relays and protection equipment Part 151: Functional requirements for over/under current protection.

### 5.10.2. Función 51- Inverse Time Overcurrent

Es una protección trifásica contra sobrecargas y cortos circuitos en donde, cuando la corriente medida excede un umbral preestablecido, el reconectador opera en un tiempo inversamente proporcional a la corriente de falla de acuerdo a un grupo disponible de curvas características (Time-Current Curve TCC) [9].



**Figura 37.** Operación de función de protección 51. BSI (2009). Tomado de Measuring relays and protection equipment Part 151: Functional requirements for over/under current protection

### 5.10.3. Función 79- Reclosing

los reconectadores tienen como objetivo abrir y aislar los circuitos de distribución de energía ante la presencia de una falla y hacer un recierre con el fin de reestablecer el suministro de energía, si la falla persiste se genera nuevamente una apertura seguida de un recierre; este proceso se repite generalmente de 3 a 4 veces, si es una falla permanente, el reconectador quedará abierto aislando la falla, a esta secuencia de eventos de apertura y recierre se le conoce como secuencia de operación [8].

El dispositivo de control encargado de controlar la secuencia de operación debe estar en la capacidad de poder reproducir la secuencia de operación sugerida en el estándar IEEE C37.60/ IEC 62271-111. Ésta se muestra a continuación:

$$O - t - CO - t' - CO - t'' - CO$$

En donde:

O : representa una operación de apertura

CO: representa una operación de cierre seguida por una operación de apertura con un tiempo retraso aplicado por el dispositivo de control y

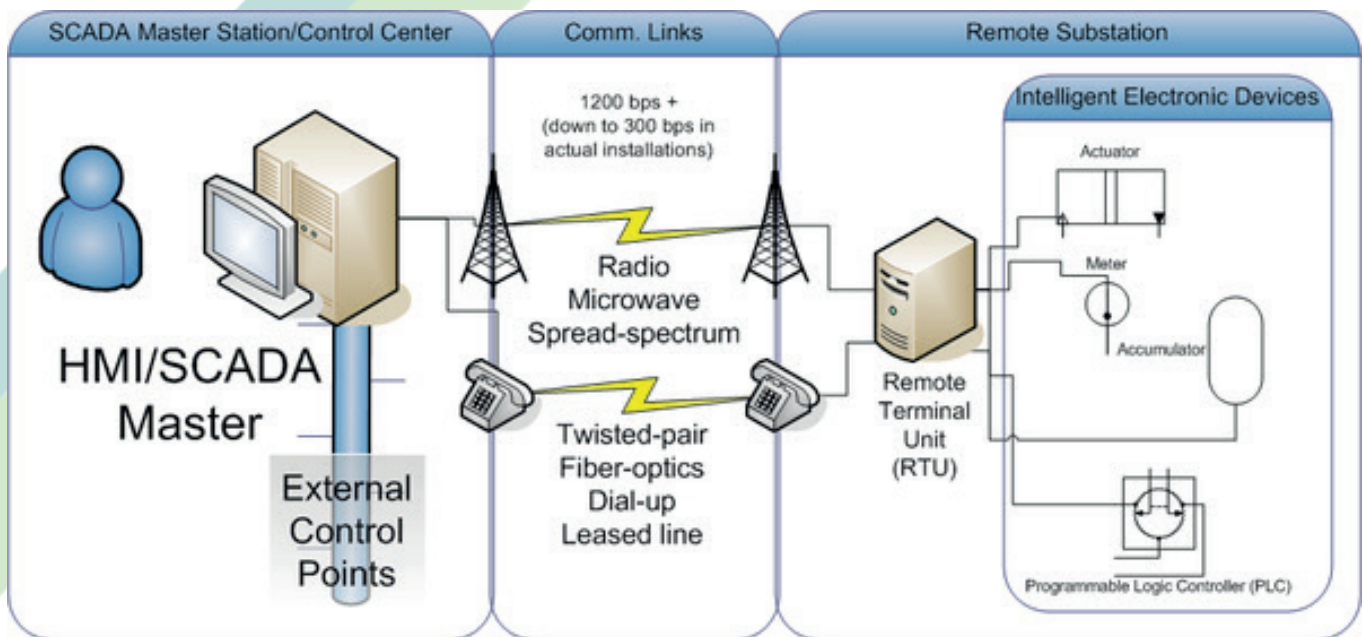
t, t' y t'' representan los intervalos de recierre.

## 5.11. Protocolo de comunicación

Debido a que los reconectores automáticos deben ser monitoreados constantemente para conocer el estado propio de la red, estos deben contar con un protocolo de comunicación que permita realizar lectura de variables y el envío de comandos desde y hacia el IED. Por tal razón se escogió la implementación del protocolo DNP3 ya que éste cumple con tales requerimientos.

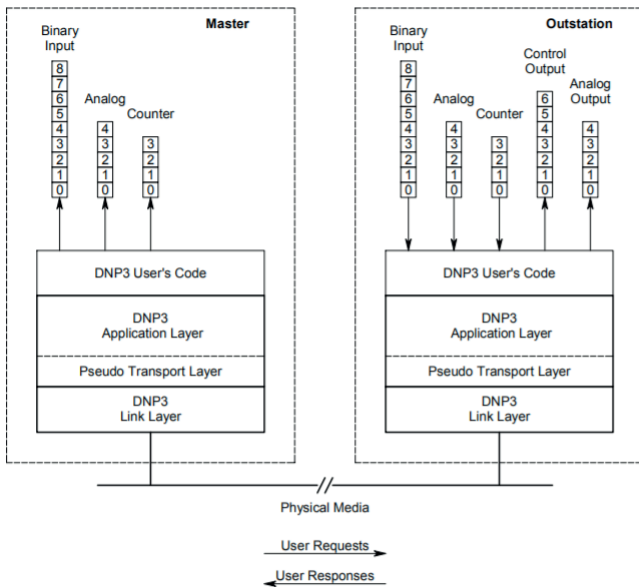
El protocolo DNP3 es un protocolo estándar abierto y público desarrollado para alcanzar interoperabilidad entre elementos de subestaciones, como RTUs, IEDs y las estaciones principales de monitoreo y control de la industria eléctrica. Este protocolo estipula las normas o pautas necesarias para que los sistemas de monitoreo y control (SCADA) reciban lecturas desde los IED's y envíen comandos de control hacia los mismos de manera remota [10]. Este protocolo maneja una relación de comunicación del tipo maestro/esclavo o cliente/servidor, en donde los SCADA representa el elemento maestro (o cliente) y las RTU's o IED's representan el esclavo (o servidor).

La siguiente imagen ilustra un ejemplo típico de una aplicación cuya arquitectura presenta la implementación del protocolo DNP3.



**Figura 38.** Red de comunicación DNP3. Leymaynd 2005). Recuperado de <https://automationforum.in/t/different-types-of-scada-protocols/4194>

La definición de la arquitectura para la interconexión de estos sistemas de comunicaciones también está dado por el estándar DNP3. Este protocolo maneja 3 de las 7 capas del modelo OSI y se pueden apreciar a continuación.



**Figura 39.** Capas de arquitectura DNP3. DNP group (2005). Tomado de A DNP3 Protocol Primer.

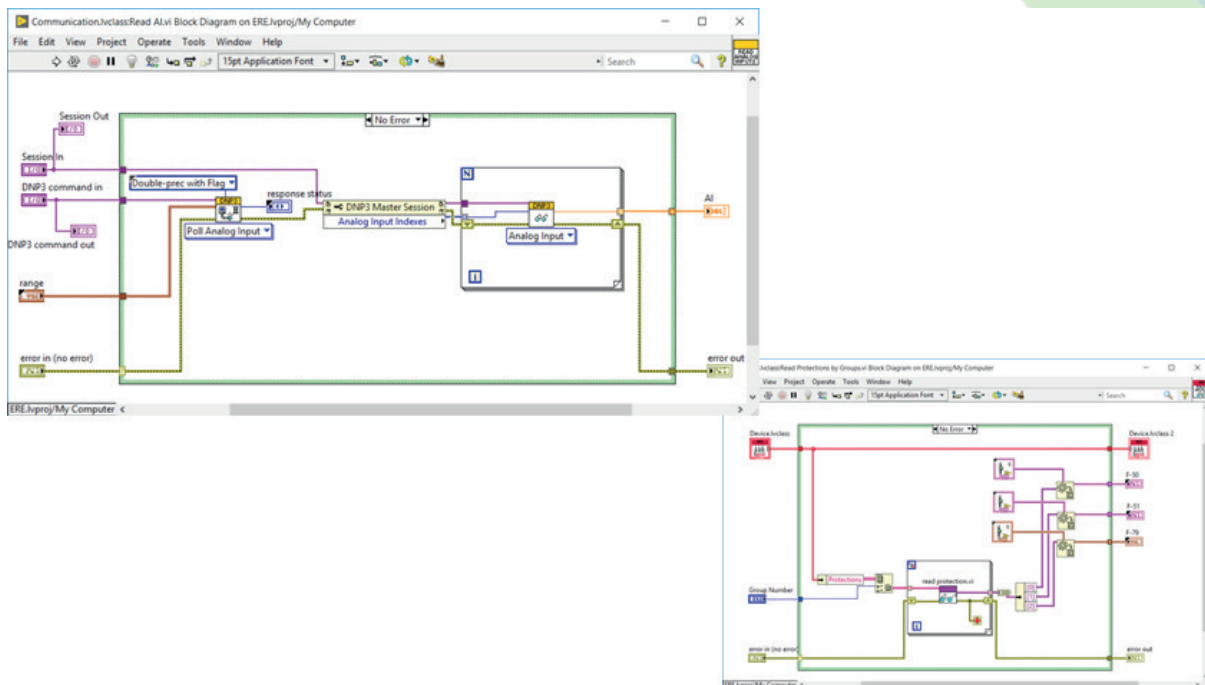
-Capa de enlace: Esta capa se encarga del envío y recepción de paquetes, los cuales están definidos por el protocolo DNP3 como Frames. De igual manera emplea métodos de detección de errores y detección de duplicidad de paquetes con el propósito de aumentar la confiabilidad de la capa física (serial o TCP/IP).

-Capa de transporte: Se encarga de tomar los mensajes largos de la capa de aplicación y fragmentarlos en paquetes más pequeños hacia la capa de aplicación para su respectivo envío. De igual manera, cuando recibe los paquetes desde la capa de enlace los re ensambla a los paquetes grandes de la capa de aplicación.

-Capa de aplicación: Los mensajes que superan el tamaño del buffer de entrada (normalmente 2048 a 4096 bytes) deben ser enviados en múltiples fragmentos. Esta capa es la responsable de realizar la fragmentación de dichos mensajes.

El protocolo DNP3 presenta dos ventajas significativas sobre los demás protocolos de comunicación normalmente empleados:

-Mensajes no solicitados: Generalmente, en las relaciones maestro/esclavo el esclavo responde únicamente en la presencia de solicitudes generadas por el maestro, sin embargo, una característica del protocolo DNP3 permite al dispositivo esclavo transmitir de manera espontánea una respuesta sin la necesidad de recibir el mensaje de petición de estos datos; esta



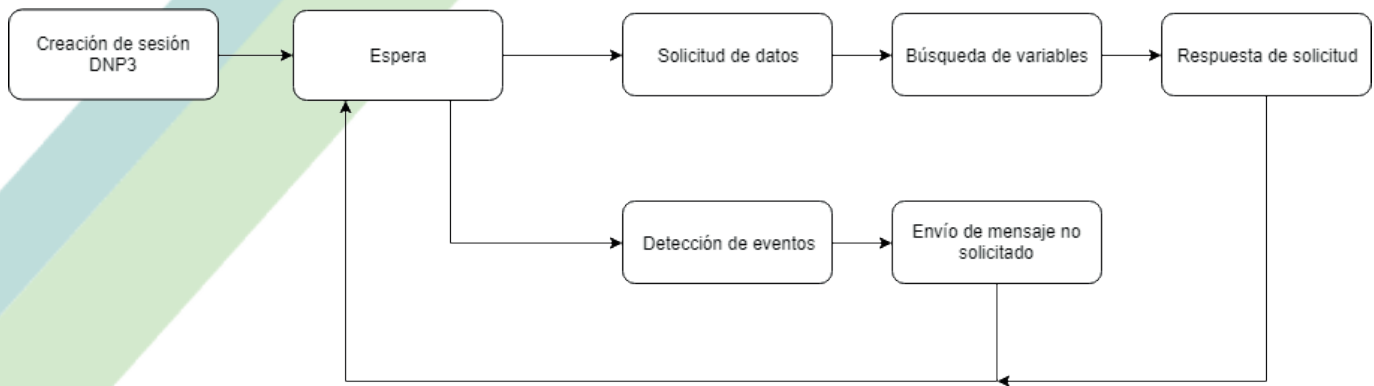
**Figura 40.** Entorno de desarrollo-Labview.

característica es conocida como Unsolicited Responses (Mensajes no solicitados). El uso de estos mensajes resulta ser útil cuando un sistema posee demasiados dispositivos esclavos y el dispositivo maestro requiere que se le notifique lo más pronto posible cuando un cambio ocurre.

-Estampa de tiempo: Otra característica importante, la cual comúnmente se complementa con la anterior función, es la incorporación de fecha y hora a los datos transmitidos a través de la red esto permite la sincronización entre los sistemas de monitoreo y los IED's; igualmente hace posible la reconstrucción de una secuencia de eventos que ocurrieron durante la lectura de datos con otros dispositivos.

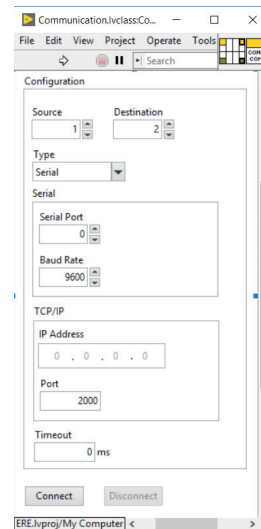
La implementación de este protocolo de comunicación se desarrolló sobre el lenguaje de programación Labview de la casa matriz National Instruments. Éste es un entorno de trabajo gráfico para aplicaciones de ingeniería que van desde medición hasta control y automatización. La Figura 41 muestra dicho entorno gráfico.

La lógica con la que funciona el módulo de comunicaciones que se desarrolló para el proyecto se puede explicar a través del siguiente diagrama de bloques. Ver Figura 41.



**Figura 41.** Diagrama de bloques de módulo de comunicación.

Creación de sesión DNP3: En esta instancia se configuran todos los parámetros necesarios para establecer el enlace de comunicación entre un sistema de monitoreo y el IED a través del protocolo estándar DNP3. Parámetros tales como selección de tipo de comunicación (serial o TCP/IP), dirección de destino, dirección de fuente, entre otros son los que se establecen en este bloque. La asignación de estos datos se realiza por medio del software de gestión del IED. En la siguiente figura se puede apreciar la interfaz gráfica que dispone el software de configuración para el inicio del enlace de comunicación.



**Figura 42.** Interfaz gráfica de configuración de conexión.



**Espera:** Posterior a la configuración de la sesión DNP3, el bloque encargado de las comunicaciones del IED entra en un estado de espera. En este estado el IED aguarda hasta que el sistema de monitoreo realice una petición de datos o hasta que se genera un cambio en alguna variable de evento. La selección de las variables que generan eventos se lleva a cabo a través del mapeo DNP3 realizado en el software de gestión.

**Solicitud de datos:** En este bloque se realiza la lectura de los datos que llegan al buffer de comunicaciones. La información obtenida es analizada y decodificada con el objetivo de conocer cuáles datos están siendo consultados por el sistema de monitoreo.

**Búsqueda de variables:** Luego de identificar los datos que se desean consultar a través del canal DNP3, se realiza la búsqueda de las variables con su respectivo valor alojados en el bloque de memoria del IED.

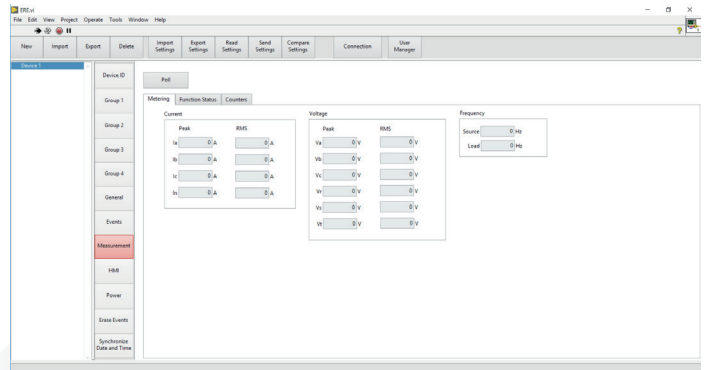
**Respuesta de solicitud:** Este bloque se encarga de tomar los valores de las variables consultadas y disponerlas en el formato específico del protocolo DNP3. Posteriormente estos datos son enviados hacia el sistema de monitoreo maestro a través del canal de comunicación DNP3.

**Detección de eventos:** En este bloque el sistema evalúa el estado de cada una de las variables designadas para generar eventos. Cuando alguna de estas variables presenta algún cambio en su valor un evento es generado y registrado en el bloque de memoria del IED.

**Envío de mensaje no solicitado:** Generalmente, en las relaciones maestro-esclavo este último responde únicamente frente a solicitudes generadas por el maestro, sin embargo, una característica del protocolo DNP3 permite al IED esclavo transmitir de manera espontánea una respuesta sin la necesidad de recibir el mensaje de petición de estos datos; esta característica es conocida como Unsolicited Responses (Mensajes no solicitados). Estos mensajes no solicitados envían el valor de la variable que generó algún

evento y se adiciona la estampa de tiempo del momento en que dicho evento fue causado.

El software de configuración del equipo desarrollado cuenta con una interfaz gráfica que permite al usuario visualizar los datos consultados al dispositivo a través del canal de comunicación DNP3 los cuales corresponden principalmente a las lecturas de voltajes, corrientes y frecuencia. La siguiente figura muestra dicha interfaz.



**Figura 43.** Interfaz de visualización de variables de medición.

## 5.12. Calidad de potencia

Teniendo en cuenta la resolución 070 del 20 de mayo de 1998 (CREG 070 de 1998) “Por la cual se establece el Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional”, se encuentra el apartado “6. CALIDAD DEL SERVICIO DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN REGIONAL Y/O DE DISTRIBUCIÓN LOCAL”, y se identifican una serie de factores de calidad los cuales ayudan a determinar la calidad de potencia de la red de distribución. Por lo anterior, es necesario que el IED sea capaz de realizar la medición y/o cálculo de estas variables con el objetivo de que puedan ser consultadas por un sistema de monitoreo y control. Dichas variables o factores se listan a continuación:

- Frecuencia
- Tensión.

- Contenido armónico de tensión.
- Contenido armónico de corriente.
- Factor de potencia.

### 5.13. CONCLUSIONES

Gracias a la implementación del protocolo DNP3 es posible llevar a cabo la lectura de variables tanto análogas como digitales, las cuales representan diferentes tipos de información tales como voltaje, corriente, frecuencia y estado apertura del reconectador, lo que permite establecer, a través de un centro de control, cuál es el estado actual y real de la red y del equipo que se encuentra dispuesto en una locación remota.

De igual manera, lograr obtener datos propios del estado de la red y del equipo desarrollado de manera remota mediante la implementación del protocolo DNP3 supone una ventaja significativa ya que esto, además de permitir la recopilación de datos a través de un sistema SCADA, concede la posibilidad de realizar acciones de control sobre el equipo mismo dependiendo de las condiciones o necesidades del operador presente en un centro de control remoto, lo que al final se traduce en una reducción de costos debido a que evita el despliegue de una cuadrilla a campo para realizar alguna maniobra o diagnóstico.

Se pudo evidenciar también que el equipo desarrollado, al comunicarse mediante un protocolo abierto altamente empleado en aplicaciones de la industria eléctrica, presenta una importante característica de estandarización lo que le permite ser implementado sobre una red previamente establecida; en contraste con un protocolo privativo (no abierto), la implementación de este último requeriría de una nueva infraestructura. Finalmente, el equipo desarrollado puede llegar a ser empleado como un elemento para la implementación de automatización de redes de distribución ya que puede hacer parte de aplicaciones y/o funcionalidades que permitan monitorear, controlar dichas redes en tiempo real con el fin de mejorar la continuidad y calidad del suministro..

### 5.14. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Smart Grids Colombia Visión 2030, Parte I: Antecedentes y marco conceptual del análisis, evaluación y recomendaciones para la implementación de redes inteligentes en Colombia, UPME, Abril 2016.
- [2] Estudio de generación eléctrica bajo escenario de cambio climático, Ana Maria Macías Parra, Jaime Andrade, UPME-USAID, 2012.
- [3] A new type of differential feeder protection relay using the global positioning system for data synchronization,, Manchester Centre for Electr. Energy, Univ. of Manchester Inst. of Sci. & Technol., UK, July 1997.
- [4] Electrical power system protection, A. Wright and C. Christopoulos, 1993.

[5] Optimized sectionalizing switch placement strategy in distribution system, Amir Abiri-Jahromi, Mahmud Fotuhi-Firuzabad, Masood Parvania and Mohsen Mosleh, January 2012.

[6] IEEE Std C37.60-2012, International Standard High-voltage switchgear and controlgear: Automatic circuit reclosers and fault interrupters for alternating current systems up to 38 kV.

[7] IEEE Std C37.100.1-2007, IEEE Standard of Common Requirements for High Voltage Power Switchgear Rated above 1000 V.

[8] IEEE Std C37.60-2012, International Standard High-voltage switchgear and controlgear: Automatic circuit reclosers and fault interrupters for alternating current systems up to 38 kV.

[9] IEC 60255-151:2009, Measuring relays and protection equipment; Functional requirements for over/under current protection.

[10] A DNP3 protocol primer, DNP group, 2005.

## 6. EVALUACIÓN DE EQUIPOS ELECTRO-ELECTRÓNICOS DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON RELACIÓN AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD INTERNACIONAL PARA CERTIFICACIÓN DE PRODUCTOS

ANDRÉ LAVERDE

Ingeniero Electrónico, Nivel académico.

Instructor-CEET

SENA

ag6@misena.edu.co

ARLEY DELGADO

Ingeniero Electrónico, Nivel académico.

Instructor-CEET

SENA

jadelgado993@misena.edu.co

### 6.1. OBJETIVO

Evaluar el grado de cumplimiento de las normas Internacionales IEC (60601-1, 61010-1, 62477-1). En equipos biomédicos de construcción nacional y promover el uso de estas normas para el diseño y producción de equipo electro-electrónico en el país.

### 6.2. RESUMEN

En el presente documento se muestra la evaluación a tres productos electro-electrónicos de manufactura nacional, aplicando las normas internacionales IEC (60601-1, 61010-1, 62477-1). Los equipos son orientados al mercado biomédico. El objetivo del estudio es observar el grado de cumplimiento de las normas por estos equipos de construcción nacional y promover el uso de estas normas. Para tal fin, el Centro de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET), por medio de su portafolio de servicios tecnológicos a empresas, ha venido prestando servicios de pre-certificación en Seguridad Eléctrica (S.E), a los productores de equipos electro-electrónico del país. Con esto se fomenta las buenas prácticas en

diseño e implementación de equipos, los cuales puedan superar las pruebas de certificación, cuando se enfrenten a mercados internacionales.

### 6.3. INTRODUCCIÓN

En Colombia, el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) es la entidad gubernamental encargada para la vigilancia, control, venta, distribución y uso de los equipos médicos (biomédicos), tanto para entidades de carácter público como privado. El INVIMA también establece los lineamientos con relación a los procesos de importación, producción y comercialización de equipos electrónicos orientados al campo de la salud, por medio de los decretos 4725 del 2005[1] y 582 de 2017 [2].

Para los equipos elaborados con manufactura nacional, en especial a los equipos de tipo biomédico, el INVIMA solicita al productor solo se le puede exigir la presentación de un documento que evidencie las pruebas realizadas en el país, para tal fin se le solicita que cumpla con la Norma Técnica Colombiana NTC 60601, esta norma emitida por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), es



homologa a la original emitida por la IEC 60601. La razón para no exigir de manera directa la norma IEC 60601 en el territorio colombiano, es debido al alto costo que implicaría él tener un laboratorio acreditado con esta norma, y el alto costo que deberían pagar los productores de equipo para la realización de las pruebas de certificación.

De los estudios realizados entre productores de equipos electro-electrónico, se identificaron dos falencias en el proceso de vigilancia por parte del INVIMA. El primero, es que esta entidad no tiene la capacidad de verificar la idoneidad del certificado internacional de los equipos ingresados al país, así como de realizar un seguimiento de las pruebas locales realizadas acordes con la norma NTC, cuando es para equipos nacionales. El segundo problema es que el INVIMA tampoco puede acreditar laboratorios nacionales para que puedan hacer este tipo de pruebas de certificación. Con tal panorama, existe una doble problemática para este tipo de dispositivos desarrollados con manufactura nacional, el primero es que los usuarios finales (pacientes), podrían estar usando dispositivos que no cumplen con la normatividad, y su vida podría estar en riesgo al usar estos dispositivos. El segundo problema, se relaciona a que los productores nacionales no se encuentran en las mismas condiciones de competitividad que los productores internacionales, ya que los procesos de certificación, ya sean nacionales o internacionales, representan un costo adicional elevado, con relación a la producción del mismo equipo, lo que a veces desencadena en algunos casos, en la falsedad en los certificados presentados por los productores de este tipo de equipos. El cumplimiento de la normatividad, es fundamental, ya que además de aportar a la competitividad del sector industrial a nivel nacional, lo impulsa a nivel internacional, y por otra parte permite asegurar la robustez, calidad y seguridad de los equipos electro-electrónicos para los usuarios finales [5]. Estas normas se concentran específicamente, en la S.E, la cual enmarca un conjunto de parámetros que deben ser evaluados, para asegurar el buen funcionamiento y la protección a los usuarios finales, entre los parámetros que especifica la norma se tiene: el

riesgo ante descargas o choques eléctricos, los cuales pueden resultar en quemaduras, lesiones, calambres musculares, paro respiratorio, paro cardiaco o una mezcla de los dos últimos como es un paro cardiorrespiratorio [6]. Por lo anterior el SENA-CEET, ha venido promoviendo, a través de su portafolio de servicios tecnológicos, la realización de pruebas de pre-certificación en las normas IEC (60601-1, 61010-1, 62477-1) entre

## 6.4. METODOLOGÍA

A partir de la revisión de los conceptos de S.E, las normas internacionales [17] y la clasificación de los equipos a probar, se elaboró un protocolo para la realización de las pruebas sobre los equipos de manufactura nacional. El objetivo principal es verificar el grado de cumplimiento de las normas internacionales por parte de estos equipos. Es importante aclarar que el protocolo implementado, se concentra en la realización de las siguientes pruebas: Corrientes de Fuga (LC), Resistencia del Aislamiento (IR) y Conexión a Tierra (GB). Las cuales consideramos como las importantes, aunque la norma sugiere más pruebas para la evaluación de equipos biomédicos.

## 6.5. EQUIPO UTILIZADO

Se utilizó un Analizador de Seguridad Eléctrica Chroma® 19032 para el desarrollo de las pruebas (EP), el cual se muestra en la Figura 44. Este es un equipo especializado para la verificación del cumplimiento de la norma para equipos en aplicaciones médicas (biomédicos), aplicaciones industriales, aplicaciones domésticas, aplicaciones de tecnologías de información y aplicaciones relacionadas a vehículos eléctricos. El equipo cuenta con accesorios para salvaguardar la vida e integridad del operario. También permite la ejecución de pruebas acordes con las normas: International Electrotechnical Commission (IEC), normas armonizadas europeas (EN), normas americanas Underwriter Laboratories (UL) y canadienses (CSA). El equipo cuenta con certificado de calibración vigente.

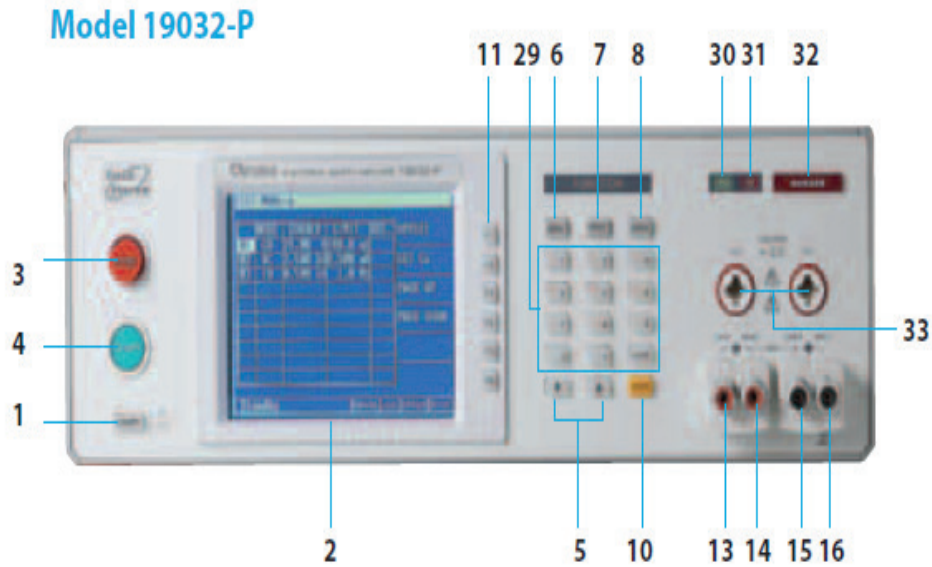


Figura 44. Equipo de S.E utilizado para las pruebas (EP).

## 6.6. Protocolo de pruebas

En la Figura 45. Se muestra el protocolo desarrollado, con su respectiva secuencia de pasos a seguir para la evaluación de los equipos

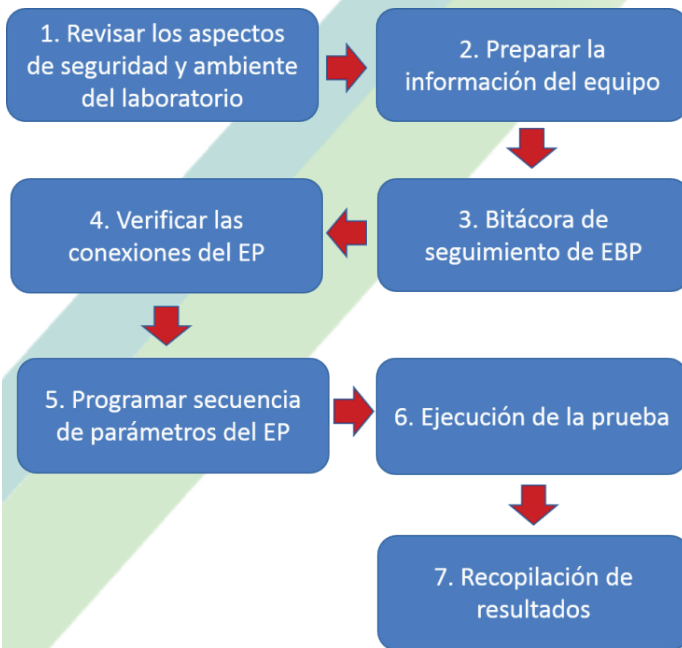


Figura 45. Protocolo propuesto de seguridad eléctrica para equipo electrónicos colombianos.

A continuación, se detalla el protocolo desarrollado para la aplicación de las pruebas de seguridad eléctrica en los tres equipos bajo estudio. Para facilidad de interpretación y descripción del protocolo, los equipos a usar se mencionarán con siglas, así el analizador o equipo de pruebas será referenciado como EP y el equipo bajo pruebas

## 6.7. Protocolo para la realización de Pruebas:

1.Revisar los aspectos de seguridad y ambiente del laboratorio:

1.1Evaluar los conocimientos básicos de seguridad del operador del equipo. Debe estar entrenado en técnicas de seguridad para el manejo de equipos de alta tensión, tipos de aislamientos y procedimientos de emergencia.

1.2Revisar las condiciones del laboratorio de pruebas y el área de trabajo. Para el correcto funcionamiento de los equipos la humedad relativa debe estar en el rango 40% - 60% y la temperatura a  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . El área de trabajo debe estar limpia, organizada, y sin objetos metálicos.

1.3Validar las conexiones del EP y EBP.

2.Preparar la información del equipo: Reconocimiento de los manuales del EBP, revisión

de las características eléctricas y mecánicas como: corrientes, voltajes, frecuencia de operación, tipo de conexiones, tipo de carcasa y el tipo de usuario. Con el fin de identificarla norma aplicable y la clasificación según lo dispuesto por ésta.

3.Bitácora de seguimiento de EBP: Se registra en un documento el nombre del equipo, el fabricante, la fecha, la hora y las condiciones ambientales. Adicionalmente se configuran los parámetros de la prueba, como son el voltaje y la corriente. El primero por lo general es 10% más del valor nominal (normal). El segundo se configura alrededor de los 10µA a 15mA.

4.Verificar las conexiones del EP: Se utilizan los conectores en la secuencia indicada por el fabricante del EP. Se debe detectar que las conexiones no presenten signos de desgaste o fractura del material aislante, verificar las uniones

se acciona el botón de parada de emergencia.

7.Recopilación de resultados: Cuando se termina las pruebas, se debe quitar la alimentación del EP y desconectar todos los elementos. Posteriormente se recopilan los resultados medidos y los parámetros previamente programados.

## 6.8.RESULTADOS

Los nombres de las empresas que desarrollaron los equipos se han ocultado por cuestiones de confidencialidad. Se evaluaron tres equipos biomédicos: Equipo Biomédico de electroestimulación, Horno eléctrico con control de temperatura y un Equipo estabilizador de tensión eléctrica. En la Tabla 1 se muestra una recopilación de la información obtenida de las

**Tabla 1. Información preparada del EBP para la prueba de SE**

Equipo	Norma Aplicada	Prueba GB		Prueba de IR		Prueba de LC	
		Valor norma	Valor medido	Valor norma	Valor medido	Valor norma	Valor medido
Electro estimulador	IEC 60601-1	< 0.2Ω	NA*	>10M Ω	NA	0.035mA	NA
Horno de laboratorio	IEC 61010-1	<0.2Ω	0.029Ω	>100M Ω	3.2GΩ	3.5 mA	0.035mA
Estabilizador de energía	IEC 62477-1	< 0.2Ω	0.034m Ω	1 minuto	>10M Ω	3.1G	3.5mA

NA\*: No Aplica

y evitar solapamiento de cables, así como de los elementos metálicos externos.

5.Programar secuencia de parámetros del EBP: Cada tipo de prueba se programa acorde con los parámetros definidos previamente por la norma. Las pruebas se programan en la siguiente secuencia: GB, IR y LC. La primera prueba por realizar es la de GB, ya que, si ésta falla, las demás no se podrán realizar.

6.Ejecución de la prueba: Se validan nuevamente las conexiones del EP y el EBP. Luego se da inicio a la prueba. Mientras ésta se ejecuta, el operador debe situarse a un (1) metro de distancia del EP y EBP. En caso de emergencia

pruebas aplicadas a los tres tipos de equipos. Como se mencionó en los párrafos anteriores, cada equipo fue sometido a las pruebas de GB, IR y LC. En cada una de las columnas se comparan los valores de la norma con respecto a los valores registrados por el analizador de seguridad eléctrica Chroma® 19032:

El valor de la prueba de GB, corresponde a la resistencia de la conexión de tierra. De acuerdo con las normas, el valor no debe exceder los 0.2 ohmios. La prueba de IR corresponde a la resistencia del material de aislamiento (encerramiento). La norma estipula que deben ser mayores a 10MΩ, aunque lo deseable es que se ubique en el rango de los Giga-ohmios (GΩ). La corriente de fuga no debe superar el umbral de los

3.5mA, que es la corriente de descarga tolerable que puede circular por el encerramiento a tierra.

La prueba de resistencia a tierra GB se encuentra por debajo del 25% de la norma para los equipos evaluados. En consecuencia, esta baja resistencia a tierra, facilitará el flujo de corriente en caso de falla. La resistencia de aislamiento IR, presenta valores mayores que los reportados en la norma (30 veces). Esta alta resistencia significa un nivel seguro de protección para el usuario. Lo que representa que el material del aislamiento presenta una gran resistencia dieléctrica (capacidad de resistir grandes descargas sin perder su integridad). Las corrientes de fuga LC, están en el rango del 10% del umbral máximo estipulado por la norma, lo que representa una muy baja corriente en caso de descargas.

## 6.9. DISCUSIÓN

Los resultados muestran que el horno de laboratorio y el estabilizador de energía, cumplen los requisitos estipulados por las normas IEC evaluadas, caso contrario al equipo electroestimulador, el cual no cumple con los valores especificados por las normas IEC evaluadas. A partir de las pruebas realizadas se elaboró un informe técnico, el cual se envió a cada una de las empresas fabricantes de los equipos evaluados, con el fin de que ellas realicen las mejoras y correctivos respectivos a sus equipos, y en un futuro realizar las pruebas necesarias, si el fabricante las solicita.

## 6.10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Min Salud y Protección Social. (2005). Decreto 4725 de 2005. Ministerio de Salud y Protección Social, pp.. 34.
- [2] Min Salud y Protección Social. (2017). Decreto 582 de 2017. Ministerio de Salud y Protección Social, pp. 1-4.
- [3] Pauling, F. (2015). Why Perform Electrical Safety Testing. Chroma Systems Solutions, pp. 7, 2.
- [4] Lohbecsek, D. (2004). Safety isolation protects users and electronic instruments . ProQuest Cent., vol. 49, no. 20, p.
- [5] Roman, D. (2015). Introduction to IEC 60335 – Household and similar electrical appliances - Safety. Colgate-Palmolive Company, pp. 1-27.



## 7. HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS VIRTUALES ORIENTADAS A LA FORMACIÓN PROFESIONAL

JENIFFER CAMILA ESPITIA DUARTE

Ing. Electrónica, MSc. Ingeniera de Control Industrial  
Instructora SENNOVA

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) – Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET)

camila.espitia@misena.edu.co

### 7.1. OBJETIVO

Desarrollo de herramientas de carácter didáctico, en ambientes virtuales, por medio de aplicaciones informáticas como páginas WEB o aplicaciones móviles (Apps), que permitan emular el funcionamiento de equipos de instrumentación eléctrica y electrónica, tales como: multímetros, osciloscopios y analizadores de espectros. Los cuales permitan afianzar las competencias de los aprendices SENA del CEET y a su vez fomenten el autoaprendizaje en estos.

### 7.2. RESUMEN

Entre los proyectos que adelanta el grupo de investigación GICS del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones - (CEET), se encuentra el desarrollo de herramientas didácticas virtuales, a través de aplicaciones informáticas como páginas WEB y aplicaciones Móviles, las cuales emulen el funcionamiento de instrumentos y equipos eléctricos y electrónicos reales, tales como: multímetros, osciloscopios y analizadores de espectros. El objetivo del proyecto es afianzar las competencias de los aprendices, al ofrecerle herramientas adicionales para su formación, las cuales promuevan el autoaprendizaje, y que lo familiarice con equipos e instrumentos que encontrará en un entorno industrial. El proyecto tuvo un componente multidisciplinar y en su ejecución participaron aprendices de las especialidades de multimedia, desarrollo de software e instrumentación electrónica. Para la

implementación de las aplicaciones se contempló la selección de referencias de instrumentación de mayor uso en el sector industrial, también se propuso el desarrollo de una guía interactiva y una herramienta que unifique criterios de selección. Una vez finalizados los productos del proyecto, estos serán publicados y tendrán libre distribución.

### 7.3. INTRODUCCIÓN

Anualmente el número de aprendices matriculados al SENA en formación profesional técnica y tecnológica es de aproximadamente 415.860 colombianos [1]. En promedio el Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones CEET, de la regional Distrito Capital oferta 1700 cupos trimestrales [2], de las especialidades que se ofrecen tenemos:

1. Mantenimiento e instalación de sistemas fotovoltaicos.
2. Construcción y montaje de instalaciones eléctricas.
3. Electricidad industrial.
4. Mantenimiento de equipos de cómputo.
5. Instalación de redes y cableado estructurado.
6. Mantenimiento de equipo de audio y video.
7. Mantenimiento de equipos electrónicos industriales.
8. Mantenimiento de sistemas de refrigeración.
9. Instalación de redes de fibra óptica.
10. Instalación de infraestructura de redes móviles.

11. Instalación de redes internas de telecomunicaciones.

12. Mantenimiento de equipos biomédicos.

Debido a la gran demanda que presentan los programas del CEET, los recursos a nivel de equipos de laboratorio utilizados para pruebas y prácticas son limitados. Los grupos de formación son de entre 20 y 35 aprendices, y en los ambientes de formación se cuenta con entre 10 y 15 de los equipos necesarios para las prácticas, cantidad que resulta insuficiente si se quiere garantizar que todos los aprendices tengan contacto directo con ellos, y se logre una adecuada manipulación de estos. Los instrumentos más utilizados son multímetros (60%), osciloscopios (20%), analizadores de espectro (7%), otros (13%). Por lo general, esta falta de recursos, obliga a los aprendices a realizar trabajo grupal, si bien esta experiencia es valiosa para el intercambio de ideas y la construcción de conocimientos a partir del trabajo colaborativo, nos encontramos que cuando los grupos son muy grandes, no todos intervienen de manera activa. De acuerdo con la situación expuesta, se hace necesario recurrir a alguna estrategia que permita resolver esta deficiencia en equipos, ya que su adquisición representa un elevado costo, se propuso la virtualización de los recursos, como el desarrollo de herramientas didácticas, las cuales permitan a los aprendices el acceso y la disponibilidad de los instrumentos con las cuales pueda familiarizarse.

## 7.4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de las herramientas virtuales, se propuso un proyecto de investigación aplicada, el cual se dividió en cinco fases, las cuales se mencionan a continuación:

### 1) Fase Exploratoria

Alistamiento, identificación y recopilación de información de fabricantes y especificaciones técnicas, acerca de la instrumentación de mayor demanda en los programas de formación del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones.

### 2) Fase Descriptiva

Definición de objetivos didácticos y estructuración de contenidos para la aplicación web, aplicación móvil y el manual interactivo de la instrumentación seleccionada. Definición de funcionalidad, alcance, complejidad y diseño visual.

### 3) Fase de Diseño

Plano organizado de contenidos para la aplicación web, aplicación móvil y el manual interactivo de la instrumentación seleccionada. Diseño visual final, pantallas modelo para la programación.

### 4) Fase de Implementación

Programar y desarrollar la aplicación web, aplicación móvil y el manual interactivo de la instrumentación seleccionada, según la funcionalidad definida y diseñada.

### 5) Fase de Validación y Divulgación

Verificar la consistencia del código, comprobar el diseño gráfico y la experiencia de usuario. Detectar posibles errores y corregirlos. Socialización de resultados para realimentación.

## 7.5. RESULTADOS

Actualmente se cuenta con los siguientes resultados del proyecto:

1. Aplicación web configurada como buscador de multímetros (Autor aprendiz de desarrollo de software): Herramienta orientada a la búsqueda eficiente de multímetros para facilitar su selección. Busca responder a la pregunta: ¿Qué multímetro comprar?, permitiendo comparar diferentes referencias filtradas según variables medidas, precisión, fabricantes y costo (Figura 45.).



**Fig. 46.** Aspecto actual de la página de inicio del buscador de multímetros.



**Fig. 47.** Aspecto actual del resultado de búsqueda de una referencia de un multímetro.

Para cada referencia el resultado de la búsqueda permite visualizar una breve descripción técnica (variables que mide y costo), el link hacia la descarga del datasheet y fotografía (Figura 47.). De otro lado, la forma en la que se está desarrollando el buscador permite la inserción de otras referencias usando el acceso de un usuario autorizado (Figura 48).



**Fig. 48.** Aspecto actual página de ampliación de base de datos.

A continuación, se presentan las marcas de multímetros que incluye el buscador:

- 1 Fluke 4 Tacklife 7 Fixkit 10 Proster 1 3 Triplet
- 2 Extech 5 Mastech 8 Etekcity 11 Proskit 14 Redfish Instruments
- 3 UNI-T Innova 9 Amprobe 12 Dr. meter 15 Techman

Etapas de desarrollo del buscador: (1) Familiarización con conceptos, características y criterios de selección de multímetros. (2) Desarrollo de la base de datos del aplicativo web, que garantice el correcto funcionamiento. Herramientas usadas: MySQL, MySQL WorkBench. (3) Desarrollo del código del aplicativo web, adaptable a dispositivos móviles. Herramientas usadas: Visual Studio Code, FrameWorks de desarrollo que permitieron realizar el diseño responsive o adaptabilidad en dispositivos móviles. (4) Validación de funcionamiento del aplicativo web. Herramientas usadas: JetBrains Toolbox, permite la corrección de errores, pruebas de Caja Negra y Caja Blanca, pruebas de Seguridad, etc.

1. Manual interactivo multímetro digital (Autor aprendiz de Desarrollo multimedia):

Herramienta orientada presentar las características principales del multímetro digital (Tabla 1.), definición, historia, partes, funcionamiento, metodología de medición según cada variable, criterios de selección y errores comunes.

INTRODUCCIÓN	PARTES	MEDICIONES	CRITERIOS DE SELECCIÓN	ERRORES COMUNES	DESCARGABLES	AYUDA
Definición		1.Tensión DC 2.Corriente DC 3.Tensión AC 4.Corriente AC 5.Resistencia 6.Capacitancia 7.Continuidad 8. Temperatura 9. Frecuencia 10.Comprobación de diodos 11.Comprobación de transistores			-App multímetro virtual: Funciones EXPLORAR /PROBAR. Pasos: 1) ¿Qué quiere medir?, 2) Ubicar la perilla, 3) Ubicar las puntas, 4) Ubicar las puntas en el circuito.  -Material de estudio PDF  -Buscador de multímetros	
Evolución						

Tabla 1. Estructuración contenidos del PDF interactivo

La etapa de desarrollo consta primordialmente de una maquetación total del documento, donde queda estipulado la ubicación de todos los componentes del pdf: Textos, Imágenes, animación, logos, botones y formularios. Una vez la maquetación esta lista, se procede al desarrollo estructural del pdf interactivo (Figura 49.). Herramientas usadas: (1) Adobe Indesign, programa para el desarrollo de revistas, pdf interactivos, maquetación de todo tipo de información. (2) Flaticon, banco de imágenes gratuitas online. (3) Adode illustrator, editor de gráficos vectoriales en forma de taller de arte que trabaja sobre un tablero de dibujo.



Fig. 49. Aspecto actual PDF interactivo



Fig. 50. Aspecto actual del resultado de búsqueda de una referencia de un multímetro.

El multímetro de referencia 179 de Fluke se está tomando como modelo para el desarrollo de las aplicaciones (figura 50.), esto debido a que es una de las referencias de mayor uso a nivel industrial.

Como resultado adicional tenemos que el proyecto fue recientemente presentado en el tercer encuentro latinoamericano de Semilleros y le fue otorgado el aval internacional para ser expuesto en Puebla México, el próximo año.



## 7.6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Instituto Federal de Formación Profesional (BIBB), "Reporte de Datos de Formación Profesional en Colombia 2016".
- [2] Blog Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET), <http://electricidadelectronicaytelecomu.blogspot.com/>.
- [3] Aguerro, Inés. "El nuevo paradigma de la educación para el siglo XXI." 2017.
- [4] Julio H. Pimienta Prieto, "Estrategias de Enseñanza-Aprendizaje," Ed. Pearson Educación, México, 2012.
- [5] Flores, Miguel Antonio Vélez. Impacto de las tecnologías de información en la docencia en la Educación Superior. Diss. Universidad de León, 2015.
- [6] Rugeles, Rafael Chacón. "La instrumentación virtual en la enseñanza de la Ingeniería Electrónica." *Acción pedagógica* 11.1 (2002): 80-89.
- [7] Gros, Begoña. "Retos y tendencias sobre el futuro de la investigación acerca del aprendizaje con tecnologías digitales." *RED. Revista de Educación a Distancia* 50 (2016).
- [8] Falco, Mariana. "Reconsiderando las prácticas educativas: TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje." *Tendencias pedagógicas* (2017).
- [9] Serra, Ana Fe Gil, and Javier Roca-Piera. "Movilidad virtual, reto del aprendizaje de la educación superior en la Europa 2020." *Revista de Educación a Distancia* 26 (2015).
- [10] Medina, A. P., et al. "Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería." *Revista internacional de educación en Ingeniería* (2011).
- [11] Portafolio, "El número de celulares inteligentes aumento un 50% en el último año", mayo 17 de 2017. Disponible en: <http://www.portafolio.co/tendencias/tenencia-de-smartphones-aumento-50-en-colombia-en-el-2016-505967>.

## 8. METODOLOGÍA PARA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CON UN SISTEMA ON GRID

OSCAR JAHIR ARIAS ORTIZ.  
 Ingeniero Electricista.  
 Instructor Contratista  
 SENA CEET  
 ojarias1@misena.edu.co

### 8.1. OBJETIVO

Formular una metodología para la medición de la Eficiencia Energética (EE) en instalaciones con generación solar fotovoltaica, utilizando un sistema On Grid.

### 8.2. RESUMEN

Después de cuatro años de funcionamiento de la planta solar del Centro de Electricidad y Telecomunicaciones (CEET) y de la realización de una medición inicial en EE de los diferentes tipos de tecnología de paneles fotovoltaicos. Se retoma esta temática, con la formulación de una metodología para la medición de la EE de estos tipos de sistemas de generación renovable. Tomando como punto de partida, la reciente adquisición de equipos para la medición en EE, los cuales para su uso en campo y exteriores son de tipo portable. Estos equipos fueron adquiridos por el grupo de investigación GICS, en el marco de su proyecto de modernización, enfocado en prestar servicios a la industria y la academia. Permitiendo al SENA-CEET, poder realizar procesos de caracterización de plantas solares. Con esto es posible evaluar si una planta puede vender sus excedentes energéticos, aprovechando la regulación actual para Autogeneración a Pequeña Escala (AGPE).

### 8.3. INTRODUCCIÓN

Entre los proyectos aprobados por SENNOVA para la vigencia 2018, se propuso el de modernización del Ambiente de EE fase I, cuyo fin primordial es la capacitación de los aprendices del programa de especialización Tecnológica en Gestión Energética, cursos complementarios de EE, venta de servicios tecnológicos y proyectos de investigación aplicada. Como objetivo principal del proyecto fue la adquisición de diferentes equipos en EE para afianzar dicha línea y sus servicios prestados.

#### - Tabla de Equipos:

Equipos Adquiridos
Analizadores de redes clase A
Cámara Termográfica de alta resolución
Analizadores de vibraciones
Analizador de redes especializado en eficiencia energética
Equipos de eficiencia energética para instalaciones con generación solar fotovoltaica
Equipos para medición de condiciones ambientales
Medidor de aislamiento, resistividad del terreno y sistemas de puesta a tierra
Medidores de condiciones ambientales

Los equipos adquiridos fueron usados en actividades relacionadas a: consultorías energéticas (Hoteles Selina y Centro de Desarrollo Agroindustrial, Turístico y Tecnológico del Guaviare), mediciones energéticas para el complejo sur del SENA, desarrollo de cursos complementarios de EE, cuyo enfoque fue

el conocimiento y manejo de estas nuevas herramientas, y finalmente a proyectos de investigación aplicada.

## 8.4. PERSPECTIVA ACTUAL

Los equipos adquiridos fueron usados en actividades relacionadas a: consultorías energéticas (Hoteles Selina y Centro de Desarrollo Agroindustrial, Turístico y Tecnológico del Guaviare), mediciones energéticas para el complejo sur del SENA, desarrollo de cursos complementarios de EE, cuyo enfoque fue el conocimiento y manejo de estas nuevas herramientas, y finalmente a proyectos de investigación aplicada.

## 8.5. ESTUDIOS REALIZADOS

La instalación donde se realizó el estudio, utilizando los nuevos equipos en EE, fue la planta FV con la que cuenta el CEET, en el complejo sur, la cual tiene una capacidad de generación de 20kWp (kilo Watts Pico), y la que actualmente cuenta con diferentes tipos de tecnología, con relación a los paneles o módulos solares [2]. Esta planta FV, es del tipo On Grid, cuenta actualmente con 145 módulos, dividido en cuatro grupos según su tipo de tecnología:

- a. Módulos de silicio Policristalino
- b. Módulos Monocristalinos de alta eficiencia
- c. Módulos de silicio amorfo de capa fina
- d. Módulos de silicio Monocristalino

Los estudios realizados en la planta FV del CEET, permitieron desarrollar una metodología para la medición de la EE para cualquier tipo de instalación que utilice tecnología FV y determinar si sus excedentes energéticos pueden ser comercializados.

## 8.6. METODOLOGÍA

La metodología planteada consiste en la obtención de la EE de una instalación con generación FV, para posteriormente realizado

el estudio, determinar si tiene la capacidad para ventas de excedentes energéticos, al sistema eléctrico colombiano, conforme a la reglamentación vigente. Los pasos metodológicos son los siguientes:

A. Identificación del tipo de planta Instalada: se identifica diferentes tipos de equipos y configuraciones utilizados en la instalación para la verificación de sus características entre ellas están

- Tecnología de paneles FV
- Tipo de Inversor
- Sistema de conexión



B. Característica de las cargas en la instalación: Se realiza una inspección y medición del consumo de las diferentes cargas, y se evalúa con la generación de la planta. Entre las cargas principales de una instalación para la evaluación del consumo, tenemos las siguientes:

- Sistema de iluminación
- Motores
- Aires acondicionados
- Sistemas de cómputo

C. Verificación de la instalación Eléctrica: Entre los requisitos normativos y Técnicos se encuentra se realizar una inspección a la instalación con forme al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE y al Reglamento técnico de iluminación y Alumbrado Público RETILAP para evaluar la seguridad de la instalación y las perdidas energéticas que pueda llegar a tener

- Inspección RETIE.
- Estado del sistema de puesta a tierra y tipo de conexión.
- Tipo de medidor de energía instalado

D. Instalación de equipos para monitoreo y análisis de resultados: Los equipos a instalar no solo deben medir la energía y potencia entregada sino deben evaluar la instalación completa desde la generación y carga que consume esta. Midiendo

  <b>Límites Calidad de la Potencia Eléctrica en Punto de Conexión (Pcc)</b>						
Parámetro Referencia			Nivel de tensión Pcc: 120V a 69,000V			
<b>Límites Distorsión de Corriente</b>						
Máxima Distorsión de Corriente Armónica en porcentaje [%] de IL						
Armónicos Impares de orden h						
Isc/IL	<11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 ≤ h	TDD
<20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20<50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50<100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100<1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0
<b>Armónicos pares de orden h</b>						
Isc/IL	< 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 ≤ h	
<20	1,0	0,50	0,38	0,15	0,08	
20<50	1,8	0,88	0,63	0,25	0,13	
50<100	2,5	1,13	1,00	0,38	0,18	
100<1000	3,0	1,38	1,25	0,50	0,25	
>1000	3,8	1,75	1,50	0,63	0,35	
IL: Máxima corriente de carga a 60Hz en punto de conexión (Pcc)						
Isc: Máxima corriente de corto circuito en Pcc h: Orden del armónico TDD: Índice de distorsión total de la demanda						
<b>Límites Distorsión de Tensión</b>						
Distorsión Individual de Voltaje (%)			Distorsión Total de Voltaje THDv (%)			
3,0			5,0			
<b>Desbalance de Tensión</b>						
V2/V1 (%)			2,00			
<b>Factor de Potencia</b>						
FP			≥ 0,9 Inductivo			
<b>Fluctuación de tensión - Flicker</b>						
Max. PST (percentil 95)			1,0			
Max. PLT (Percentil 95)			0,8			
<b>Eventos de tensión (sags, swell e interrupciones menores a 1 minuto)</b>						
Instalaciones eléctricas internas cumplen RETIE						
Fuente: IEEE Std 519-1992 Recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems & sistema de autocontrol de CODENSA						
Versión 2.0						

**Figura 51.** Límites de calidad de potencia eléctrica en el Punto de Conexión (Pcc) de MT-BT [3].

parámetros como la eficiencia de los paneles e inversores y la calidad de potencia de la energía que se suministraría

- Instalación de equipos para medición de eficiencia en instalaciones de generación solar FV monofásicas o trifásicas.
- Análisis de resultados.

E. Verificación de la calidad de potencia eléctrica de la energía generada: Uno de los requisitos principales exigidos por los operadores de red para la conexión con el sistema de distribución local se encuentra en la calidad de potencia con la cual se va a vender los excedentes de energía. A continuación, se muestra los límites de los diferentes parámetros que deben ser medidos para la verificación de la calidad de potencia (Figura 51).

F. Estudio económico para la validación de la venta de excedentes de energía: Para los proyectos de venta de excedentes energéticos se deben tener en cuenta el retorno de la inversión inicial debido a los costos y tramites que puede conllevar el proyecto para su conexión entre los costos tenemos:

- Tramites
- Certificaciones
- Equipos (medición, protecciones)
- Precio de venta (valor \$kW-H)

## 8.7. CONCLUSIONES

En la realización de esta metodología, se encontró que, aunque existen incentivos y la normatividad es clara, con relación a la venta de



excedentes energéticos generados por parte de los usuarios, se debe primero evaluar la eficiencia de la instalación y los requerimientos técnicos y normativos para su implementación, debido a los costos implícitos (eventualidades) que por lo general se presentan en la ejecución de este tipo de proyectos.

Anexo 1. Requisitos técnicos para la venta de sus excedentes según normatividad vigente.[4]

La energía que se produce, pero no se consume, es decir los excedentes, pueden entregarse al sistema para recibir ingresos por este concepto. Los APGE se dividen en dos grupos

- a. Usuarios con capacidad inferior a 100kW
- b. Usuarios entre 100kW y 1000kW

Verificar disponibilidad en la red con el operador como ejemplo para Bogotá y Santander en la siguiente página:

<https://www.codensa.com.co/resolucion-creg-030>

<http://www.essa.com.co/site/clientes/es-es/nuestrosproductosyservicios/autogeneradores.aspx>

La respuesta de la solicitud de viabilidad se entregará a los cinco (5) días hábiles, contados a partir del día siguiente del recibo de la solicitud. Su aprobación tiene una vigencia de seis (6) meses y si transcurrido este tiempo no has realizado la conexión, se liberará la disponibilidad y deberás iniciar nuevamente el trámite a partir del séptimo mes (posterior a la vigencia anterior).

Diligenciar el formulario de solicitud de conexión simplificada

- Después de diligenciado la información se adjunta los siguientes documentos:
  - Memorias de cálculo y selección del sistema de medida.
  - Esquema de protecciones de voltaje y frecuencia del punto de conexión.
  - El tipo de conexión a tierra tanto para

la tecnología de generación como para punto de conexión.

- El punto de conexión debe incluir un tipo de protección anti-isla, que garantice que no se inyectará energía a la red mientras ésta permanezca desenergizada.
  - Para la conexión, deberá ser aportada la certificación de conformidad con el RETIE.
  - El sistema de medición deberá tener un Certificado de Conformidad de Producto RETIE y certificados de calibración vigentes.
  - Certificado de Conformidad de Producto RETIE en AC en el punto de conexión.
  - El usuario que no exporte energía a la red deberá incluir un limitador de inyección.
  - Protocolo de pruebas del transformador (cuando aplique).

Para los clientes que tengan entrega de excedentes, es obligatorio el cambio de medidor actual a uno bidireccional con registro horario.

### 8.7.1. VISITA DE PRUEBAS

La visita de pruebas se realiza dos (2) días antes de la fecha estimada de conexión del proyecto de autogeneración.

Como cliente, en esta visita debes aportar la siguiente documentación:

- Certificación de conformidad con el RETIE.
- Certificado de conformidad de producto del sistema de medición.
- Certificados de calibración del sistema de medición.

La instalación debe incluir un tipo de protección anti-isla, que garantice que no se inyectará energía a la red mientras permanezca desenergizada. Si decides no entregar excedentes de energía a la red, la instalación debe incluir un limitador de potencia.

## 8.7.2. CONEXIÓN

A los dos (2) días siguientes de aprobada la visita de pruebas, se realizará la puesta en servicio y el cambio del medidor, en el caso que decidas entregar excedentes.

Registro de proveedor para pago de excedentes.

Durante la inscripción será requerida la siguiente información:

- Formato creación.
- RUT o cédula.
- Certificación bancaria (con vigencia inferior a 30 días en el cual conste el titular de la cuenta, número
- De cuenta, tipo de cuenta y documento de identificación).

## 8.8. BIBLIOGRAFÍA

[1] Resolución CREG 030 de 2018

[2] D. A. Pérez. (2015, Jul.). Análisis comparativo de cuatro Tecnologías de Módulos solares fotovoltaicos instalados en Bogotá Colombia. Mundo Eléctrico No. 99, pp78-85.

[3] <https://www.codensa.com.co/resolucion-creg-030>

[4] <https://www.essa.com.co/site/Portals/14/Docs/CARTILLA%20ESSA%20EPM%20CREG%20030.pdf>

## 9. PROYECTO INNOVA ENERGY, CONTRIBUYENDO CON INNOVACIÓN A SOLUCIONES DE ENERGÍAS RENOVABLES Y ALTERNATIVAS

WISTHER CANO TRONCOSO

Ingeniero Industrial, Especialista en Gestión de Proyectos de Ingeniería, PMP Director de Proyecto Gecoprocs SAS gerencia@gecoprocs.com

NESTOR JAVIER GUAVITA MORENO

Ingeniero Industrial, Especialista en Gerencia de TI Líder de Desarrollo Gecoprocs SAS gecoprocs@gmail.com

### 9.1. OBJETIVO

Generar divulgación de los avances del proyecto Innova Energy en el cual se pretende contribuir a la ampliación de alternativas de generación energética renovable y no convencional mediante el desarrollo de productos innovadores para la generación de energía eléctrica a partir de la energía cinética inmersa en el movimiento vehículos y otras fuentes de movimiento, como parte del plan de transferencia tecnológica al Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones del SENA, a manera de referencia para emprendedores, investigadores y demás comunidad académica, de tal forma que se permita desarrollar un proceso multiplicador que potencie la apropiación tecnológica, social y colectiva.

y dificultades para un crecimiento sostenible; lo anterior además ha generado incrementos significativos en los costos de la energía para las empresas, negocios y sector productivo en general, impactando finalmente los niveles de productividad y competitividad de la economía nacional.

Es por ello que mediante la ejecución del proyecto se ha pretendido lograr el desarrollo de prototipos para la generación energética con fuentes renovables, principalmente basados en la energía cinética inmersa en el tránsito de vehículos por las vías públicas, así como los movimientos producidos por las olas de agua.

El desarrollo del proyecto ha incluido una combinación de metodologías en gerencia de proyectos y procesos de innovación, mediante análisis del estado del arte,

búsqueda de patentes relacionadas, diseño, análisis de alternativas y procesos de prototipado iterativo. Los prototipos han venido siendo desarrollados con pruebas funcionales en condiciones de operación, que han permitido obtener retroalimentación para el diseño de mejoras y la realización de los ajustes necesarios para la consolidación y estructuración de productos innovadores y diferenciados.

Se tienen avances en las versiones Innova Energy Vehicular Mecánico, Innova Energy Vehicular Hidráulico e Innova Energy Mareomotriz, los

### 9.2. RESUMEN

El proyecto Innova Energy se planteó como respuesta a la problemática de la generación energética convencional, puesto que en los últimos años se ha hecho evidente una menor confiabilidad en la generación de energía eléctrica mediante generación hidráulica por cuenta de cambios significativos del clima y disponibilidad de agua, lo cual sumado a los problemas ambientales y de contaminación de la generación térmica con la quema de carbón, petróleo u otros derivados, la suficiencia de la oferta y la seguridad energética presentan grandes retos

cuales capturan el movimiento de accionamiento externo, bien sea por la inercia de las llantas del tránsito de vehículos o por la inercia del empuje de las olas de agua, movimiento de accionamiento que se transfiere mediante sistemas mecánicos y diferentes relaciones de aceleración rotacional para ser conectados a generadores de alta eficiencia.

De esta forma se incorpora procesos de innovación en la generación energética renovable como una alternativa para la microgeneración, cogeneración y/o autogeneración localizada de los usuarios de los productos; además de propender por afianzar una cultura ambientalmente responsable y de acciones concretas de contribución hacia el desarrollo sostenible.

### 9.3. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la problemática general de la generación energética convencional, expuesta en el resumen del presente documento, el problema específico que se planteó en el Proyecto Innova Energy fue la limitada disponibilidad y escaso uso de productos y tecnologías innovadoras, como alternativas para la generación energética renovable por parte de las empresas y sector productivo en general, con la consecuente dependencia de la generación térmica con altos costos e impactos ambientales desfavorables.

En tal sentido se identificó la necesidad y oportunidad de innovación y desarrollo tecnológico para la creación de productos y servicios orientados al uso y aprovechamiento de energías alternativas y renovables, que permitan autogeneración y cogeneración del sector productivo, para contribuir a reducir el impacto ambiental y aportar a la competitividad y productividad empresarial.

El problema planteado se alineó con la orientación estratégica de Gecoproes SAS, respecto al enfoque medioambiental, la gestión tecnológica, los procesos de innovación, así como la competitividad y productividad como

eje central de su propósito empresarial, por lo que al identificar la oportunidad mencionada se propuso la ejecución del proyecto Innova Energy, el cual recibió el apoyo del SENA mediante la Convocatoria de Fomento

de la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en las Empresas con Enfoque Regional 2015-2017 [1].

Por tal razón, el proyecto ha buscado desarrollar y estructurar productos innovadores para la generación de energía y así contribuir a la ampliación de alternativas de generación energética renovable y no convencional que permita a las empresas la autogeneración y cogeneración con rentabilidad y sostenibilidad ambiental.

El presente documento especializado hace parte del plan de transferencia tecnológica del proyecto al Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones – CEET del SENA y permite evidenciar los avances del proyecto Innova Energy, con el ánimo que puedan ser documento de referencia y consulta para emprendedores, investigadores o académicos y público en general.

En el apartado de metodología se presenta la combinación de técnicas utilizadas en gerencia de proyectos, procesos de innovación y desarrollo de prototipos en el marco de la ejecución del proyecto.

Igualmente en el apartado de resultados se presenta los avances del proyecto en relación con el desarrollo de los prototipos en las versiones Innova Energy Vehicular Mecánico, Innova Energy Vehicular Hidráulico e Innova Energy Mareomotriz.

### 9.4. METODOLOGÍA

Para la ejecución del proyecto Innova Energy fue necesaria la combinación de metodologías en gerencia de proyectos y procesos de innovación, mediante análisis del estado del arte, búsqueda de patentes relacionadas, diseño, análisis de



alternativas y procesos de prototipado iterativo. A continuación se presentan las metodologías y técnicas utilizadas en el avance del proyecto.

La metodología general para el desarrollo y gerencia del proyecto se basa en estándares internacionales para la dirección de proyectos del Project Management Institute (PMI) [2], en tal sentido se plantearon los siguientes grupos de procesos generales del proyecto: iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control y cierre.

En la fase de iniciación, para analizar el enfoque de mercado y el caso de negocio, se llevó a cabo una conceptualización del modelo de negocio bajo la metodología Canvas [3], mediante la cual se identificaron

y definieron aspectos como el segmento de clientes, la propuesta de valor, los canales de comercialización, el relacionamiento con clientes, actividades y recursos claves, aliados, fuentes de ingreso y costos relacionados; lo cual permite contar con un marco de referencia estratégico para la ejecución del proyecto.

Respecto a la planificación operativa del proyecto y de acuerdo con lo establecido en los términos y condiciones para su ejecución, se consolida un plan para la dirección del proyecto que tiene contemplados procesos que van encaminados a la gestión de las siguientes áreas de conocimiento: integración, alcance, tiempo, costos, recursos humanos, calidad, comunicaciones, adquisiciones, riesgos y gestión de interesados.

Para la ejecución propiamente dicha del proyecto se utiliza técnicas de Design Thinking [4], bajo las cuales se llevaron a cabo actividades conducentes al logro de los

Objetivos específicos del proyecto, especialmente en procesos de diseño, construcción e innovación de dispositivos para la generación energética, mediante el desarrollo de prototipado iterativo basados en el análisis del estado del arte,

búsqueda de patentes relacionadas y análisis de alternativas.

El análisis del estado del arte y búsqueda de patentes se realizó mediante bases de datos de patentes e identificación de la clasificación internacional de patentes (CIP), de acuerdo con la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) [5], a continuación se detalla la sección, clase, subclase, y grupo de cada CIP buscada:

- Sección: H Electricidad
- Clase: H02 Generación, conversión o distribución de energía eléctrica
- Subclase: H02K Máquinas dinamo-eléctricas.
- Grupo: H02K 7/18 Configuraciones de dispositivos de producción de energía mecánica asociados con máquinas dinamo-eléctricas.
- Sección:F Ingeniería mecánica; iluminación; calentamiento; armas; detonación,
- Clase: F02 Motores de combustión; plantas de producción de gases o combustión.
- Subclase: F02B Motores de combustión interna; motores de combustión en general
- Grupo: F02B 63/04 Adaptaciones de motores para bombas; herramientas de mano o generadores eléctricos; combinaciones portables de motores con dispositivos como pistones o motores rotatorios para generadores eléctricos.

También se realizó búsqueda de productos comerciales similares a la conceptualización inicial mediante buscador de internet.

En cuanto al prototipado, este se llevó a cabo en un proceso de iteraciones y avance progresivo, de acuerdo al diseño y la ingeniería de detalle lograda, con análisis de alternativas, así como la disponibilidad y adaptación de piezas y componentes de tipo comercial en la medida de lo posible, a fin de orientar el diseño bajo la premisa de más simple - mejor y más componentes

comerciales - menor costo.

Los análisis y verificaciones de las partes constitutivas y su interacción de conjunto se efectuaron con un enfoque de obtener retroalimentación para el diseño de mejoras y la realización de los ajustes necesarios para la consolidación de productos funcionales.

## 9.5.RESULTADOS

Basado en la búsqueda de patentes realizada y en los procesos de análisis e innovación de dispositivos, se conceptualizaron los productos a ser desarrollados con la ejecución del proyecto.

En enfoque técnico para los productos se orientó a dispositivos para la generación de energía eléctrica de forma no convencional y renovable, a partir de la energía cinética con base en la acción o presión de elementos en movimiento o intermitentes.

En general se ha pretendido el desarrollo de productos de tipo mecánico con diseño significativamente diferenciado en sus funcionalidades y concepto, que constituya una alternativa innovadora de cogeneración energética de manera no convencional y con sostenibilidad ambiental, buscando que sean esencialmente diferentes a los productos y formas de generación que se tienen en la actualidad, por el diseño y disposición de los elementos, que permitan alta eficiencia de generación con mínima intervención de espacios de instalación y mayor

simplicidad en la conversión energética de la cinética asociada.

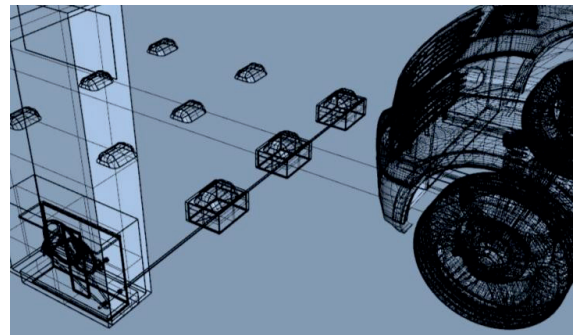
En tal sentido el proyecto Innova Energy presenta avances en el desarrollo de los prototipos para la generación de energía eléctrica en las versiones Innova Energy Vehicular Mecánico, Innova Energy Vehicular Hidráulico e Innova Energy Mareomotriz, los cuales capturan el

movimiento de accionamiento externo, bien sea por la inercia de las llantas del tránsito de vehículos o por la inercia del empuje de las olas de agua, movimiento de accionamiento que se transfiere mediante sistemas mecánicos y diferentes relaciones de aceleración rotacional para ser conectados a generadores de alta eficiencia.

A continuación se presentan los avances de cada uno de los prototipos referenciados.

### 9.5.1.PROTOTIPO INNOVA ENERGY VEHICULAR MECÁNICO

Este prototipo se enfoca en el aprovechamiento de la energía cinética inmersa en el movimiento de vehículos en una vía de tránsito, concretamente por el empuje y la presión que ejercen las llantas contra un elemento móvil o accionador.



**Figura 52:** Concepto inicial prototipo Innova Energy Vehicular

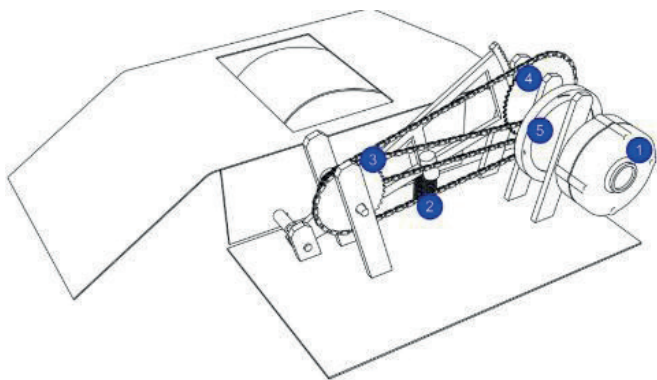
El prototipo desarrollado está compuesto por los siguientes elementos:

- Componente accionador con grados de libertad rotacional y mecanismo de regreso a su posición inicial.
- Eje de rotación conectado al componente accionador que permite replicar el movimiento y potencia rotacional del accionador en la misma proporción de grados y torque.
- Mecanismo amplificador del eje rotacional en movimiento con capacidad de arrastre.
- Piñón de conexión al mecanismo amplificador y a un segundo eje de rotación con amplios grados de libertad y mecanismo de trinquete.
- Un juego de transmisión de cadenas con

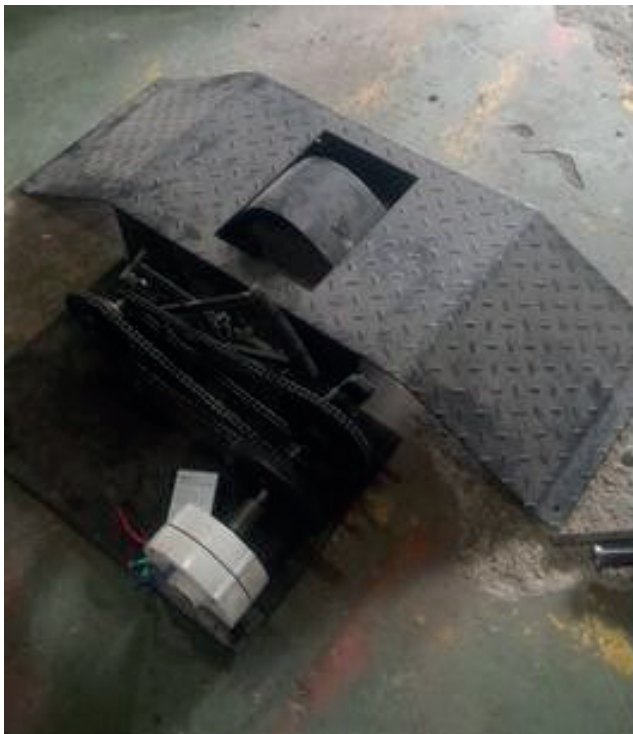
relaciones variables que genera una mayor eficiencia de rotación conectados mediante ejes internos y mecanismos dentados conectados a las cadenas.

- Eje de mayor capacidad de giro en conexión con un volante de inercia.
- Generador de alta eficiencia con capacidad nominal de 200W a 600 RPM, conectado al eje de salida y volante de inercia.

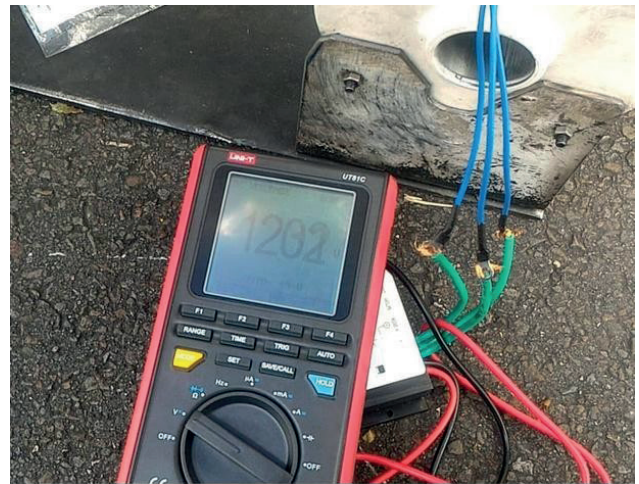
A continuación se presenta la vista de plano general del prototipo:



**Figura 53:** Plano general prototipo Innova Energy Vehicular mecánico



**Figura 54:** Fotografía real prototipo Innova Energy Vehicular mecánico



**Figura 55:** Pruebas prototipo Innova Energy Vehicular mecánico

La potencia máxima generada por el prototipo calculada con las mediciones de voltaje y corriente máxima generada fue de alrededor de 46 watt.

Con las pruebas se identificaron mejoras al prototipo para alcanzar mejores mediciones de potencia, en el sentido de

realizar ajustes mecánicos para que el sistema genere más fuerza y a su vez pueda realizar mayor generación de energía.

## 9.5.2. PROTOTIPO INNOVA ENERGY VEHICULAR HIDRÁULICO

Este prototipo, al igual que la versión vehicular mecánica, se orienta al aprovechamiento de la energía cinética inmersa en el movimiento de vehículos en una vía de tránsito, con la diferencia que el empuje y la presión que ejercen las llantas contra un elemento móvil o accionador, se transmite al sistema rotacional mediante conducto de presión hidráulica.



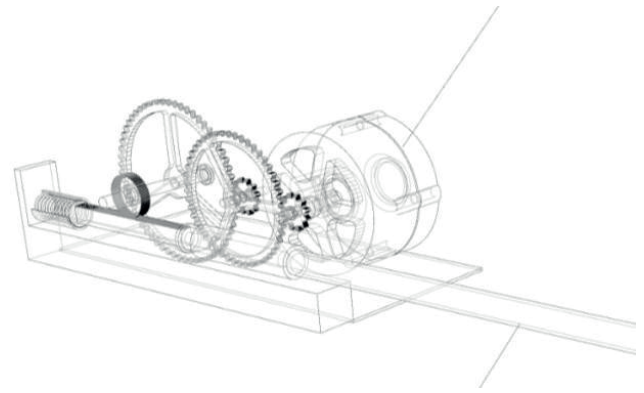


**Figura 56:** Vista simulada prototipo Innova Energy Vehicular

El prototipo está compuesto por los siguientes elementos:

- Elemento accionador con capacidad de movimiento vertical y mecanismo de regreso a su posición inicial.
- Cámara hidráulica conectada al componente accionador que permite generar compresión de fluido hidráulico de acuerdo al movimiento de presión vertical.
- Manguera de alta presión que permite el desplazamiento del fluido hidráulico.
- Pistón de accionamiento hidráulico con cremallera de arrastre.
- Piñón de conexión al pistón de accionamiento y a un segundo eje de rotación con amplios grados de libertad y mecanismo de trinquete.
- Un juego de transmisión de piñones o cadenas con relaciones variables que genera una mayor eficiencia de rotación conectados mediante ejes internos y mecanismos dentados externos.
- Eje de mayor capacidad de giro en conexión con un volante de inercia.
- Generador de alta eficiencia conectado al eje de salida y volante de inercia.

A continuación se presenta la vista de plano general del prototipo:



**Figura 57:** Fotografía real prototipo Innova Energy Vehicular hidráulico

A continuación se presenta fotografía real del prototipo:



**Figura 58:** Fotografía real prototipo Innova Energy Vehicular hidráulico

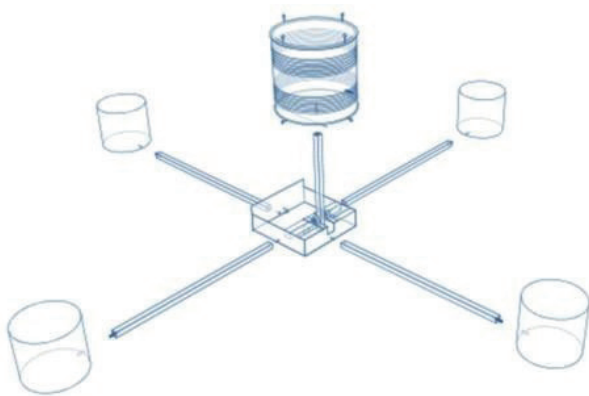
Se realizaron pruebas de validación al prototipo y como resultado las mismas se identificaron y efectuaron mejoras relacionadas con los diámetros del pistón de accionamiento, mayor resistencia de los materiales por presencia de alta presión, cambio en el capacidad de la manguera de flujo hidráulico para mayor resistencia.

Igualmente se realizaron pruebas con presión de aire en los capara de compresión para la comprobación de capacidad de accionamiento y desplazamiento de elementos mecánicos. En tal sentido se está realizando iteraciones y mejoras progresivas del prototipo para lograr máxima potencia de empuje al sistema rotacional.



### 9.5.3. Prototipo Innova ENERGY MAREOMOTRIZ

Este prototipo se enfoca en el aprovechamiento de la energía cinética inmersa en el movimiento de olas de agua de tipo marítimo, en donde el empuje de las olas, tanto de forma vertical como horizontal, se ejercen contra elementos móviles los cuales pueden transmitir la energía cinética a sistemas rotacionales de generación energía eléctrica.



**Figura 59:** Plano general prototipo Innova Energy Mareomotriz

El prototipo está compuesto por los siguientes elementos:

- Tambor flotante con borde sellado y elementos de sujeción, con opciones de disposición vertical, horizontal y de amarre de empuje vertical.

- Perfil metálico de conexión entre tambor y caja central de, con grados de libertad pivotante.

- Caja central con elementos de sujeción y anclaje a bases de estabilización.

- Medidor de fuerza, sujeto a perfil metálico pivotante y caja central.

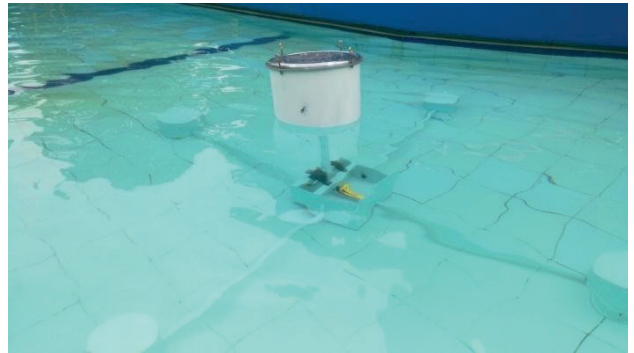
- Perfiles de estabilización conectados mediante tornillos con caja central y bases de estabilización.

- Bases de estabilización correspondientes a pesos de concreto en cuatro extremos, conectados con la caja central por medio de perfiles metálicos.

- Cables metálicos en disposición simétrica de amarre de empuje vertical entre el tambor flotante y el medidor de fuerza.

- Flotadores de neumáticos con amarres de sujeción a tambor flotante, para variante de empuje horizontal.

A continuación se presenta fotografía real del prototipo opción A, con disposición del tambor oscilante flotante en forma vertical:



**Figura 60:** Fotografía real prototipo Innova Energy Mareomotriz opción A

A continuación se presenta fotografía real del prototipo opción B, con disposición del tambor oscilante flotante en forma horizontal:



**Figura 61:** Fotografía real prototipo Innova Energy Mareomotriz opción B

A continuación se presenta fotografía real del prototipo opción C, con disposición del tambor flotante con amarre de empuje vertical:



**Figura 62:** Fotografía real prototipo Innova Energy Mareomotriz opción C

Se realizaron pruebas de validación al prototipo, mediante acondicionamiento en piscina con sistema de generación artificial de olas de entre 75 y 90 centímetros de altura entre la cresta y el valle. Se realizaron mediciones de fuerza con tipo balanza pocket con capacidad para 100 kilogramos de fuerza, con sus respectivos elementos de sujeción, que permite convertir la capacidad de torque para generador eléctrico, de acuerdo a características de operación; por ser pruebas de prototipo a nivel subacuático, se prescindió de la medición de corriente eléctrica, la cual se realizará en pruebas finales, ya que se requiere sellamiento de cavidad de activación y generación.



**Figura 63:** Pruebas prototipo Innova Energy Mareomotriz

Como resultado la validación del prototipo se llegó a conclusiones como:

- La fuerza máxima generada por el prototipo calculada con las mediciones de kilogramos de fuerza de empuje fue de alrededor de 70 kilogramos, se sugiere mejoras al prototipo para alcanzar mayores mediciones de fuerza de empuje, que permita mayor captura energética.
- La opción con mayor potencialidad fue la opción B, en la cual el tambor tiene una disposición horizontal, lo anterior dado que la cara plana contra la ola genera mayor empuje, que la sección curva del flotador, incluso mayor que la sección curva con flotadores.
- Los flotadores podrán ponerse de forma tal que se asegure mayor encerramiento de agua y por tanto provocar mayor empuje horizontal.
- Se deben realizar ajustes mecánicos para que el prototipo tenga mayor fijación al suelo, evitando el desplazamiento vertical y con ello se busque generar más fuerza aprovechable y a su vez más energía, esto para aprovechar el empuje vertical hidrostático.

En tal sentido se está realizando las mejoras e iteraciones del prototipo para lograr mayor potencia de empuje al sistema de activación y generación.

## 9.6. DISCUSIÓN

En la actualidad, dados los esfuerzos globales para combatir el cambio climático y la tendencia hacia el uso de energías limpias, se presenta la necesidad de desarrollar, implementar y masificar alternativas de generación energética basadas en fuentes no convencionales de energía renovable, que permitan reducir el impacto ambiental, con un enfoque de responsabilidad socio ambiental y que permita a las empresas y al sector productivo en general contribuir mediante la adopción de alternativas de cogeneración, microgeneración y autogeneración que impacten positivamente su productividad y competitividad.

En tal sentido, el proyecto Innova Energy se ha alineado con esa visión global, al igual que con el Plan Nacional de Desarrollo, por cuanto se enmarca en la línea estratégica de crecimiento verde, con un claro enfoque de desarrollo tecnológico e innovación para el fortalecimiento de la competitividad nacional y regional a partir de productos y actividades que contribuyen con el desarrollo sostenible. Igualmente se ha alineado con la estrategia regional para Centro Oriente y Distrito Capital,

en lo concerniente al desarrollo productivo sostenible de la región.

En este orden de ideas, el Impacto social, económico y ambiental del proyecto es de amplia magnitud, por cuanto se orienta a aportar alternativas a la generación energética renovable, además de propender por afianzar una cultura ambientalmente responsable y de acciones concretas de contribución hacia el desarrollo sostenible.

Adicionalmente se pretende contribuir a dinamizar la economía con capacidades y productividad en el sector productivo y un enfoque social amplio, dado que las soluciones pueden ser implementadas por una amplia variedad de empresas y productores, y cuyos beneficios pueden ser orientados a un amplio segmento de la población y comunidades con diferentes características socioeconómicas.

Concretamente, dentro de los impactos ex-post más relevantes del proyecto pueden destacarse: incremento de productividad y competitividad de las empresas que implementen la tecnología, entendida como eficiencia

Energética, reducción de costo de pago de energía, alternativas de generación con retorno de rentabilidad interna, incorporación de mayor cultura ambiental y mejor imagen ante clientes; también se proyecta un efecto impulsor de alianzas de investigación y desarrollo en tecnologías relacionadas, así como impactos de generación de empleo e incremento en ventas e

ingresos para la cadena productiva alrededor del desarrollo propuesto.

Por lo anterior la Gecoproes SAS continúa implementando grandes esfuerzos humanos, técnicos y financieros en el abordaje de los retos inmersos en el desarrollo de productos altamente competitivos, que puedan consolidar la perspectiva de crecimiento de acuerdo con el enfoque global hacia una producción energética más limpia y renovable.

Se continúa con iteraciones de pruebas, rediseños, mejoras y ajustes, en un proceso de mejoramiento

progresivo y resolución de desafíos técnicos con retos de economía y viabilidad comercial pretendida.

En general es pertinente expresar un sentido agradecimiento al SENA y su Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones - CEET por toda su colaboración y apoyo en el desarrollo del proyecto, al igual que a toda la institucionalidad y ecosistema de innovación y emprendimiento por su importante y valiosa labor en impulsar la creación y consolidación de compañías de base tecnológica con alto potencial e impacto.

La compañía espera continuar aunando esfuerzos de cooperación con diferentes entidades públicas y privadas, orientando acciones a procesos de innovación y desarrollo de soluciones que generen valor compartido para la sociedad, el estado, comunidades, investigadores y demás partes interesadas.

## 9.7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] SENA Pliego Definitivo Convocatoria de Fomento de la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en las Empresas, con enfoque Regional 2015-2017, Proceso II, SENA, Nov. 2016.
- [2] PMI Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos Guía PMBOK, 5ta Ed., Newton Square, Pensilvania: Project Management Institute Inc, 2013.
- [3] J. Sánchez. Business Model Canvas: Aprende a crear modelos de negocio. [en línea] Octubre, 2011. Disponible en: <http://www.emprenderalia.com/aprende-a-crear-modelos-de-negociocon-business-model-canvas/>
- [4] SENA Book Metodología de Desarrollo de Proyectos de Base Tecnológica, SENA, Dic. 2014.
- [5] OMPI Clasificación Internacional de Patentes. [en línea] 2018. Disponible en: <http://www.wipo.int/classifications/ipc/es/>



## 10. SISTEMA DE INFORMACIÓN FOTOVOLTAICO SUNSET DEL CEET PARA EL ANÁLISIS, VISUALIZACIÓN DE DATOS Y GRÁFICAS OPEN DATA

GERARDO PARDO BELLO

Ingeniero de Sistemas, Magister Instructor  
CEET SENA gpardobello@yahoo.com

ROBINSON CORTES

Analista de Diseño de Sistemas de Información,  
Tecnólogo Instructor

CEET SENA racortes92@misena.edu.co

BRAIAM ESNEIDER PATIÑO

Programador de Software,

Técnico Aprendiz

CEET SENA

bpatino@ideasoluciones.com

### 10.1. OBJETIVO

Desarrollar un sistema de registro de datos fotovoltaico, de tipo OPEN DATA, como opción alterna al sistema de tipo propietario, el cual presenta limitaciones de uso, por pagos en licencia de uso.

desarrollar una herramienta de software del tipo OPEN SOURCE, la cual permita el monitoreo y procesamiento de los datos provenientes de los cuatro tipos de tecnologías, la cual sea del tipo OPEN DATA, y permita el desarrollo de análisis de datos de manera abierta.

### 10.2. RESUMEN

Actualmente el SENA y su Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET), cuenta con un ambiente para el estudio de tecnologías en paneles solares, se cuenta con cuatro tipos de tecnologías: Silicio mono-cristalino, Silicio poli-cristalino, amorfo de capa fina y mono-cristalino de alta eficiencia. Estas tecnologías, con sus respectivos aditamentos fueron conseguidos mediante la alianza entre el SENA-CEET y la empresa alemana SUNSET. Para el monitoreo de estas cuatro tecnologías, se cuenta con herramientas de software y hardware (Datalogger). Sin embargo, se cuenta con la limitante que el software de monitoreo es del tipo licenciado, y dicha licencia debe ser renovada anualmente. Por lo anterior, se procedió a

### 10.3. INTRODUCCIÓN

El grupo de investigación GICS perteneciente al SENA-CEET, realiza el estudio de energías renovables, utilizando infraestructura, instructores y aprendices en actividades que contribuyan con la promoción, desarrollo y utilización de las fuentes no convencionales de energía. Como capital estructural [1] del proyecto, se tiene el ambiente SunSET, donde se integran, manejan y se estudian las tecnologías adquiridas, también se cuenta con un Data Center, para el desarrollo de aplicaciones, donde además del desarrollo de estas aplicaciones se promueve la formación de capital humano [2], mediante los programas de: técnico en programación de software y el programa técnico en energía solar fotovoltaica. Con la articulación tanto de infraestructura como de capital humano se tuvo como resultado, desarrollo de un sistema

de información basado en la norma ISO 9001 [3] teniendo en cuenta:

- Elementos de entrada: Estudio de la Ley 1715 de 2014 [4], aprendizaje de la infraestructura instalada en el CEET, tratamiento de datos. ¿Qué es OPEN DATA?

- Actividades inter-relacionadas para el desarrollo del software.

Análisis del sistema de información

Diseño del sistema de información

A continuación, se describe la metodología desarrollada durante el proyecto:

## 10.4.ELEMENTOS DE ENTRADA

La Ley 1715 de 2014. Contempla el crecimiento de la energía solar fotovoltaica (FV) en los sectores: educativo, residencial, comercial e industrial y regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. En el artículo 4° establece: “La promoción, estímulo e incentivo al desarrollo de las actividades de producción y utilización de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, se declara como un asunto de utilidad pública e interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar la diversificación del abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección del ambiente, el uso eficiente de la energía y la preservación y conservación de los recursos naturales renovables”. En el artículo 42° fomenta el desarrollo tecnológico e innovación y la gestión eficiente de energía en los sucesivos planes de desarrollo explorando el potencial en el mediano y largo plazo de tecnologías limpias que se encuentran en fases de investigación y desarrollo.

## 10.5.INFRAESTRUCTURA INSTALADA

En el año 2012; se establece un convenio entre el SENA-CEET y la empresa alemana Sunset EnergieTechnik GmbH [5], donde se instalo

el Laboratorio SUNSET Solar, en el Complejo del Sur de la Regional Distrito Capital Bogotá – Colombia. Desde su funcionamiento ha permitido la generación de proyectos en energías renovables y el fomento de capital humano en estas tecnologías. En la Figura 62 se muestra la infraestructura instalada, en la parte superior del edificio del complejo sur del SENA se instalaron 145 paneles, los cuales están divididos en 4 tecnologías: 16 módulos de silicio monocristalino as320/72, 18 módulos de silicio policristalino px285/72, 60 módulos amorfos de capa fina de 85 y 51 módulos de mono-cristalino de alta eficiencia.



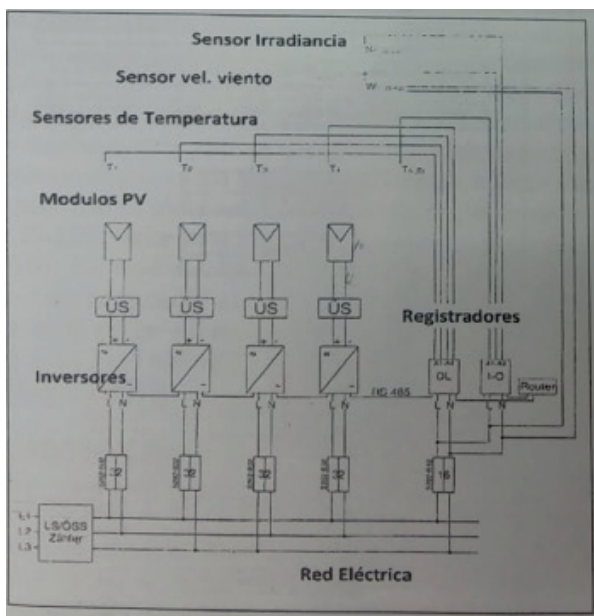
**Figura 64.** Laboratorio SUNSET Solar instalado en el complejo sur del SENA-CEET

Cada conjunto de paneles tiene asociado un inversor (Powador), que convierte la electricidad de la corriente continua (CC) en electricidad de corriente alterna (CA). La electricidad fluye hacia

el medidor, para medir la electricidad que se obtiene de los módulos. Las variables del sistema, como corrientes, voltajes y radiación solar (irradiancia) son registradas por el Datalogger con el que cuenta el sistema. En promedio se produce 31.600 MW/año de energía; la vida útil del sistema se estima en alrededor de 40 años [6].

## 10.6. TRATAMIENTO DE DATOS

El Laboratorio SUSET Solar, cuenta con un Datalogger, el cual se encarga de registrar los datos relacionados a variables, tales como: voltajes, corrientes y niveles de radiación solar generados por el sistema, en la Figura 65 se muestra la configuración del Datalogger para el registro de estas variables.



**Figura 65.** Registro de variables (Fuente SUNSET)

Todos los datos son tratados mediante la herramienta de software provista por la empresa SUNSET. Sin embargo, esta herramienta debe renovarse anualmente para su uso, y presenta limitaciones respecto a los análisis que deben ser realizados con los datos obtenidos. Por lo tanto, se propuso el desarrollo de una herramienta OPEN SOURCE, que permita el manejo de los datos registrados por el Datalogger, y que estos datos sean del tipo OPEN SOURCE.

Se procedió a utilizar técnicas de Sniffer (analyzer de protocolos) para obtener la trama de datos que entrega el Datalogger al software propietario. Posteriormente se realizó la implementación del protocolo usado para la extracción y procesamiento de datos, en una microcomputadora Raspberry PI. El objetivo es que los datos sean del tipo OPEN DATA, para esto se necesita que estos sean subidos a la nube iCloud. A continuación, se muestran las ventajas de tener datos disponibles en la nube:

El almacenamiento y presentación de los datos, en la web permite el tratamiento de la información con las siguientes características [7].

- Velocidad: Al entregar datos del sistema fotovoltaico en la Web en tiempo real e histórica.
- Veracidad: Los datos son adquiridos por tecnología de punta (SUNSET) lo que hace que la información sea real y veraz.
- Valor: El valor de los datos del Laboratorio SUNSET es muy grande; porque se almacenan a través del tiempo y sirven para investigaciones y proyecciones.
- Variabilidad: Tener datos de diferentes tecnologías de paneles solares en la línea del tiempo facilita la toma de decisiones
- Variedad: Convertir datos no estructurados como radiación solar; en datos estructurados para ser tratados por el computador y presentados de forma gráfica; permite interpretaciones significativas en energías limpias basadas en sistemas fotovoltaicos que generan áreas de investigación que hasta ahora eran impensables
- Visualización: Es la disponibilidad de la información como fuente renovable de energía mostrando la gestión de datos y su gráfica correspondientes.

## 10.7. ¿QUÉ ES OPEN DATA?

Es una filosofía que persigue que determinados tipos de datos estén disponibles de forma libre sin restricciones de derechos de autor, de patentes o de otros mecanismos de control son accesibles y reutilizables, sin exigencia de permisos específicos.

En la Figura 66 se plantea el modelo fotovoltaico



del CEET propuesto con la implementación de la herramienta OPEN DATA.

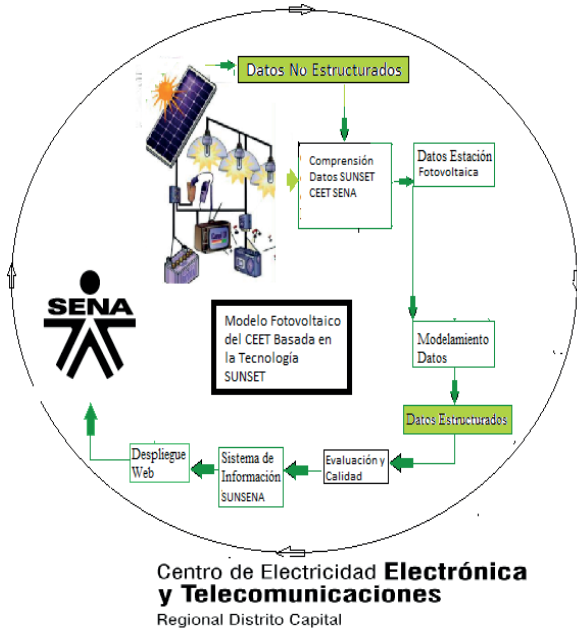


Figura 66. Modelo OPEN DATA para el sistema SUNSET del SENA-CEET

## 10.8. ACTIVIDADES PARA DESARROLLO DEL SOFTWARE

El proyecto se desarrolló aplicando la metodología orientada a objetos que es un proceso para definir software de manera ordenada, a través del análisis, el diseño y la implementación; para ello se emplean convenciones y técnicas de notación predefinidas que permitan integrar: la interfaz de usuario, la base de dato y el modelo vista controlador.

La aplicación funciona bajo el sistema operativo Ubuntu-Linux y funciona bajo el servidor de aplicaciones Glassfish.

## 10.9. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Para el análisis se definieron los casos de usos con sus respectivos requerimientos:

- Requerimientos Funcionales:

Almacenar datos en la base de datos y mantener información actualizada; guardar y generar gráficas automáticamente. Consultar datos del Datalogger y validar el acceso de cualquier usuario.

- Requerimientos No funcionales: (Rendimiento) Las consultas deben ser rápidas y no exceder tiempos prolongados (Portabilidad). El sistema debe ejecutarse sobre varios sistemas operativos. (Disponibilidad) Debe estar disponible todos los días del año. (Seguridad). El acceso al sistema debe estar restringido a los usuarios previamente registrados. (Fiabilidad). El sistema debe asistir a los usuarios en los distintos módulos con una interfaz gráfica interactiva que sea fácil de comprender y de manejar.

Diagramas de Casos de Uso: En la Figura 67 se representa la interacción del usuario con la aplicación, cuando este almacena datos, donde se realiza la construcción de graficas y reportes de interés para el usuario.

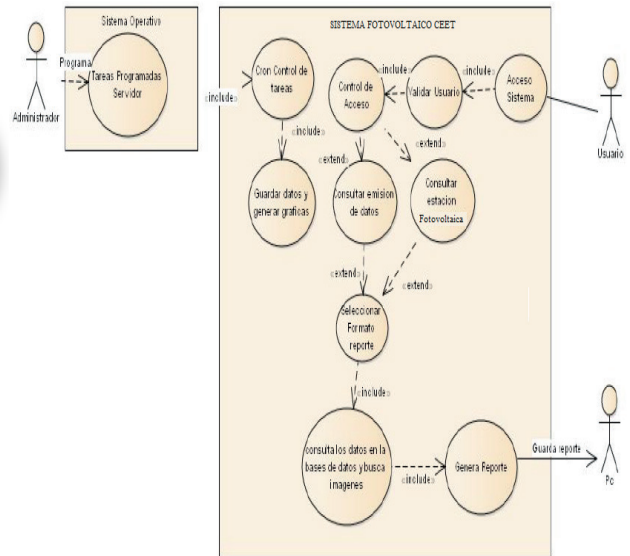


Figura 67. Diagrama de Casos de Uso

## 10.10. DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Para realizar las consultas en la base de datos postgresql se uso el modelo entidad relación que soporta el sistema.

- Diseño de la Base de Datos. En la Figura



68 se muestra los campos de las tablas, con su correspondiente relación [7] de llaves primarias enlazadas con los campos foráneos para mantener los diferentes tipos de relación.

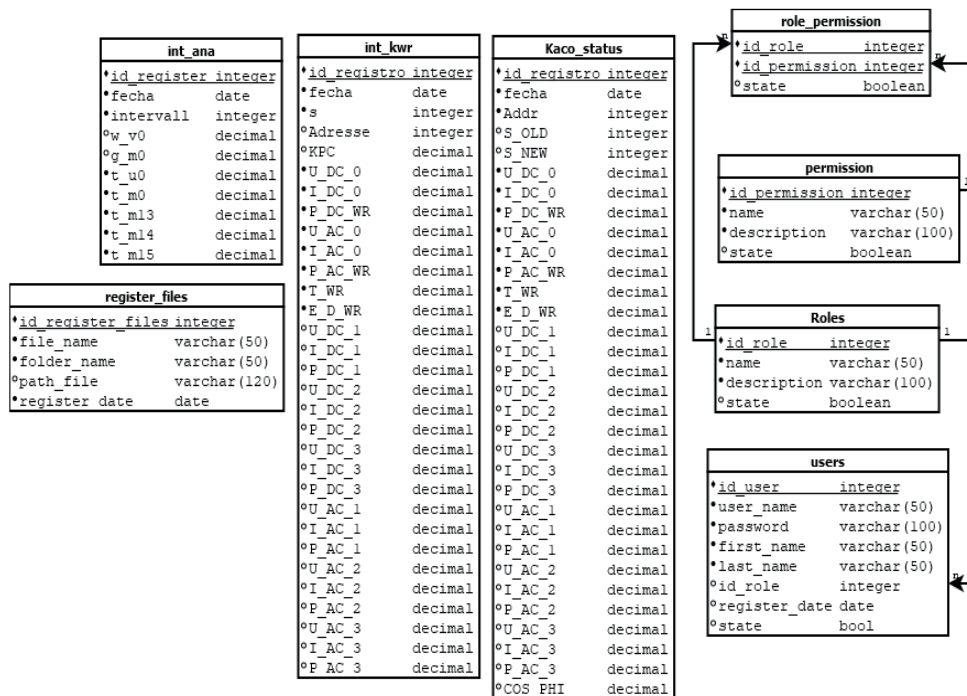


Fig. 68 Diseño del sistema de Información

## 10.11.RESULTADOS

La implementación se realiza con el Framework Java Server Faces (JSF); el cual emplea el patrón de arquitectura de modelo de vista controlador (MVC); separando la aplicación en tres partes o capas:

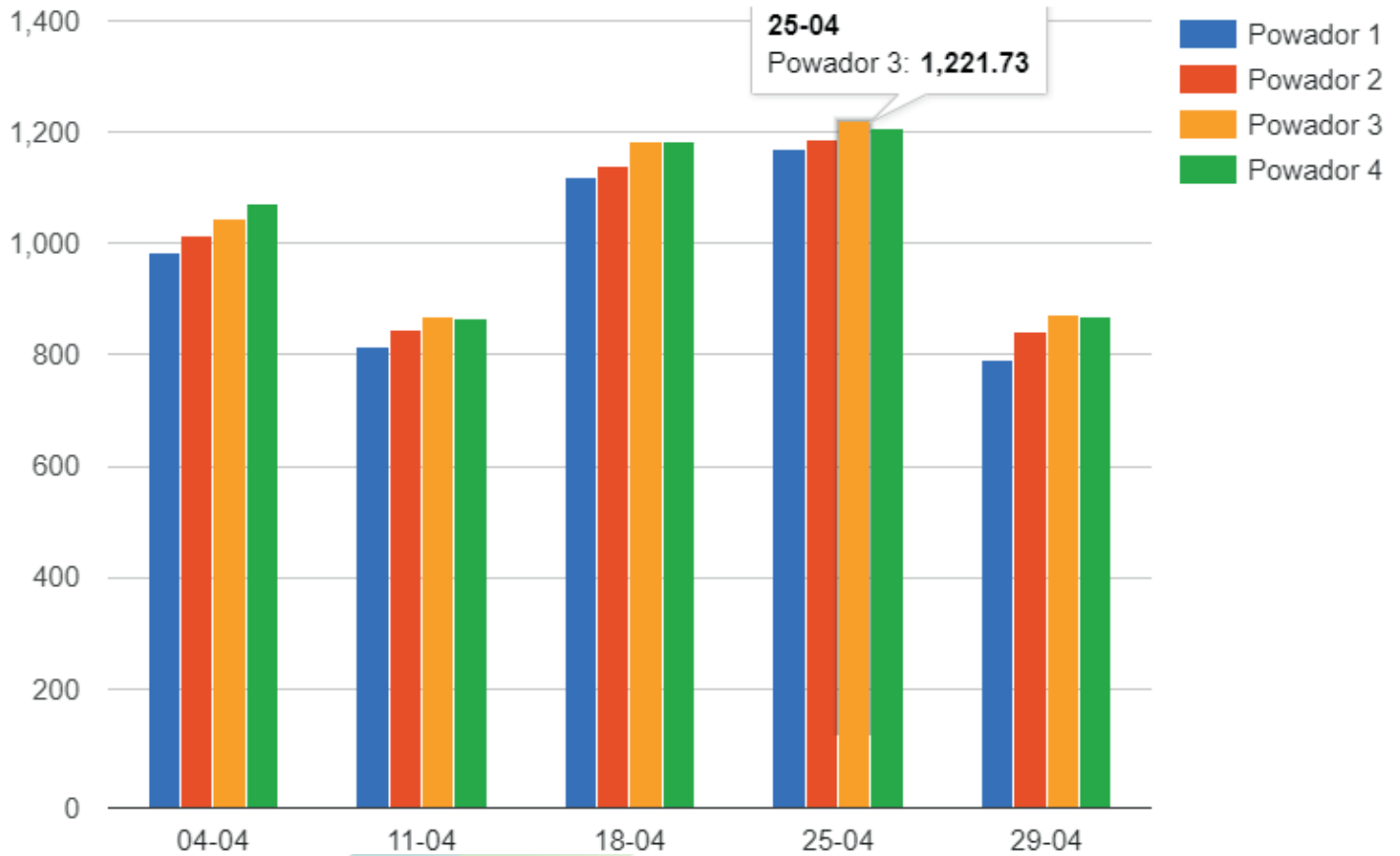
- La capa del modelo recupera datos para su procesamiento y validación, a partir de la manipulación de dichos datos. Realizando la conversión de estos
- La capa de vista, presenta al usuario la página web con datos y gráficas
- La capa del controlador, responde a la información solicitada por el usuario, apoyándose en las dos primeras capas.

## 10.12. ACTIVIDADES PARA DESARROLLO DEL SOFTWARE

Para ingresar a la aplicación se debe identificar

Bienvenid@ al sistema de control de los paneles solares del SENA de Bogo realización de estudios e investigación para las mejoras sobre la aplicación.

Figura 69. Identificación de usuario.



**Figura 70.** Grafica de resultados generada por la aplicación.

En la Figura 70 se muestra el software desarrollado, y el manejo de la petición realizada por un usuario para acceder a la aplicación, El ciclo empieza cuando el usuario escoge una de las opciones del menú, esta solicitud es procesada por un despachador que selecciona el controlador correcto para manejarlo. Después, a través de filtros, pueden seleccionarse diferentes formas de visualización de los datos obtenidos durante la medición, tales como: “ver datos del Día”, “ver datos del Mes” o “ver datos del año”, en caso de seleccionar alguna opción, debe buscar la fecha por día, mes, o el año. Por ejemplo, un usuario solicita un rango de fechas como el siguiente: ‘2018-04-01’ al ‘2018-04-30’, enseguida selecciona “Graficar”, una vez que la solicitud es procesada por el controlador, éste se comunica con la capa del modelo, para el respectivo proceso de consulta de datos [8] de los días solicitados. Una

vez finalizada esta comunicación, el controlador procede a generar la grafica de resultados.

## 10.13. CONCLUSIONES

- Se identifico el protocolo de un sistema del tipo propietario, para la creación de una herramienta OPEN SOURCE y OPEN DATA para el análisis de datos de un sistema de cuatro tecnologías fotovoltaicas.
- La herramienta desarrollada permite el análisis de datos de manera abierta y sin restricciones.

## 10.14. BIBLIOGRAFÍA

[1] Francisca Castilla, Dolores Gallardo. Intellectual Capital Models and their Role within Information Systems. 2009. DOI: 10.4018/978-1-59904-883-3.ch080

[2] Eric Kong, The Effect of Structural Capital for Human Capital Development and Management in Social Enterprises. Copyright: © 2014. Pages: 18 DOI: 10.4018/978-1-4666-4530-1.ch005

[3] ISO 9001:2015. Sistema de Gestión de Calidad. ISOTOOLS. <https://www.isotools.org/pdfs/sistemas-gestion-normalizados/ISO-9001.pdf>

[4] Ley 1715. Integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Diario Oficial No. 49.150 de 13 de mayo de 2014. [http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/ley\\_1715\\_2014.htm](http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/ley_1715_2014.htm)

[5] ContextoGanadero. Sena capacitará técnicos en generación de energía solar <https://www.contextoganadero.com/regiones/sena-capacitara-tecnicos-en-generacion-de-energia-solar>

[6] PEREZ, D. (2015) Análisis comparativo de cuatro tecnologías de módulos solares fotovoltaicos instalados en Bogotá, Colombia. Mundo Eléctrico. Revista Especializada en Electrónica. [www.mundoelectrico.com](http://www.mundoelectrico.com). ISSN 1692-7052 Nro. 99

[7] Marek Krótkiewicz. Association-Oriented Database Model n-ary Associations. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering Vol. 27, No. 2 (2017) 281–320 DOI: 10.1142/S0218194017500103

[8] The New Data Integration Landscape Moving Beyond Ad Hoc ETL to an Enterprise Data Integration Strateg. SASS THE POWER TO KNOW. [https://www.sas.com/content/dam/SAS/en\\_us/doc/whitepaper1/new-data-integration-landscape-106221.pdf](https://www.sas.com/content/dam/SAS/en_us/doc/whitepaper1/new-data-integration-landscape-106221.pdf)