

**IDENTIFICACIÓN DE LAS ANOMALÍAS QUE SE PRESENTAN EN LOS
CIRCUITOS CRÍTICOS DE LA RED ELÉCTRICA DE CHEC SA ESP HACIENDO
USO DE HERRAMIENTAS SIG.**

CÉSAR AUGUSTO VELANDIA RINCÓN



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2018**

**IDENTIFICACIÓN DE LAS ANOMALÍAS QUE SE PRESENTAN EN LOS
CIRCUITOS CRÍTICOS DE LA RED ELÉCTRICA DE CHEC SA ESP HACIENDO
USO DE HERRAMIENTAS SIG.**

CÉSAR AUGUSTO VELANDIA RINCÓN

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar
al título de Especialista en Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2018**

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente quiero dar gracias a Dios por permitirme vivir, tener y disfrutar cada día de mi familia y de todos aquellos seres queridos que han creído en mí y apoyado en cada decisión y proyecto que he tomado durante mi vida.

Agradezco a la Central Hidroeléctrica de Caldas CHEC S.A. E.S.P. por permitirme desarrollar como persona y profesional. Gracias a todos los ingenieros de esta honorable empresa que me ayudaron y suministraron la información necesaria para hacer posible este proyecto.

Y para finalizar agradecimientos de todo corazón a la Universidad de Manizales y a todos los docentes de la especialización por su amabilidad, sabiduría, paciencia, dedicación, criterio y motivación ya que han hecho fácil lo difícil y han aportado un granito de arena al profesional que soy. Ha sido un placer contar con su guía y ayuda.

CONTENIDO

	Pág.
<i>RESUMEN</i>	7
<i>ABSTRACT</i>	8
<i>INTRODUCCIÓN</i>	9
<i>1. ÁREA PROBLEMÁTICA</i>	10
<i>2. OBJETIVOS</i>	11
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
<i>3. JUSTIFICACIÓN</i>	12
<i>4. MARCO TEÓRICO</i>	13
4.1. MARCO CONCEPTUAL	13
4.2. MARCO REFERENCIAL.....	15
<i>5. METODOLOGÍA</i>	19
5.1. TIPO DE TRABAJO	19
5.2. PROCEDIMIENTO.....	19
5.2.1. Fase 1. Análisis de anomalías.....	19
5.2.2. Fase 2. Análisis del modelo de datos de redes eléctricas.	19
5.2.3. Fase 3. Generación de la Geodatabase para integración de la red eléctrica con el listado de anomalías.....	20
5.2.4. Fase 4. Generación del modelo para la integración de la red eléctrica con el listado de anomalías que se presentan en el sistema eléctrico.....	20
5.2.5. Fase 5. Publicar un servicio Web en ArcGIS Online desde ArcGIS Desktop Standar. 23	23
5.2.6. Fase 6. Realizar un web Map con ArcGIS Online.	23
<i>6. RESULTADOS</i>	25
<i>7. CONCLUSIONES</i>	29
<i>8. RECOMENDACIONES</i>	30
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	31

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1. Zonificación.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2. Proceso asociado a la actividad 4.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3. Selección Circuito Crítico</i>	<i>26</i>
<i>Figura 4. Mapa Circuitos Críticos.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 5. Visualización de la red eléctrica.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 6. Visualización del circuito eléctrico en ArcGis Collector.....</i>	<i>28</i>

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1. Feature Class.....</i>	25

RESUMEN

El documento a continuación presenta el desarrollo de una serie de soluciones tecnológicas usando herramientas SIG, para la identificación de las anomalías que se presentan en los circuitos críticos de la red eléctrica de la Central Hidroeléctrica de Caldas, CHEC SA ESP. Para tal fin fue necesario, inicialmente, obtener un listado estándar de las anomalías y sus atributos que se encuentran sobre la red eléctrica del área de cobertura de la empresa, posteriormente, se realizó un modelamiento que permitió extraer todos los elementos de un circuito determinado de la base de datos espacial e integrarla con el listado de anomalías que se presentan en la red eléctrica. Posteriormente, se publicó la red eléctrica y el listado de anomalías en la web a través de ArcGis Online de ESRI, y adicionalmente se implementó una solución a partir de ArcGis Collector de ESRI para la captura de anomalías en terreno.

Este desarrollo permite que la captura de información en campo sea más ágil, minimizando los tiempos de recorrido y entrega para la posterior planeación del mantenimiento, garantizando a su vez que dicha captura sea de alta calidad y oportuna para la posterior planificación del mantenimiento eléctrico, priorizando los mantenimientos eléctricos haciendo eficiente la actuación de los recursos materiales, humanos y tecnológicos.

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento Redes Eléctricas, Herramientas SIG, ArcGIS Online, ArcGIS Collector.

ABSTRACT

The document below presents the development of a series of technological solutions using GIS tools, for the identification of the anomalies that occur in the critical circuits of the electrical network of the Central Hidroeléctrica de Caldas, CHEC SA ESP. For this purpose, it was necessary, initially, to obtain a standard list of the anomalies and their attributes that are found on the electrical network of the company's coverage area, later, a modeling was carried out that allowed to extract all the elements of a specific circuit of the spatial database and integrate it with the list of anomalies that are presented in the electrical network. Subsequently, the electrical network and the list of anomalies were published on the web through ESRI ArcGis Online, and a solution was also implemented from ESRI ArcGis Collector to capture anomalies in field.

This development allows the capture of information in the field to be more agile, minimizing travel times and delivery for the subsequent planning of maintenance, ensuring in turn that such capture is of high quality and timely for the subsequent planning of electrical maintenance, prioritizing the electrical maintenance making efficient the performance of the material, human and technological resources.

KEY WORDS: Maintenance of Electrical Networks, GIS Tools, ArcGIS Online, ArcGIS Collector.

INTRODUCCIÓN

Las empresas prestadoras del servicio de energía del país tienen áreas específicas para realizar el mantenimiento de las redes eléctricas para la prestación del servicio de una manera óptima y de alta calidad. Por lo tanto la Central Hidroeléctrica de Caldas CHEC SA ESP. tiene dentro del área de distribución de energía un equipo de trabajo que se encarga de las inspecciones de las redes eléctricas siendo estas el mecanismo por el cual se detectan las anomalías o falencias de las redes de distribución dentro de su área de cobertura, con el fin de evitar inconvenientes futuros con entes del estado o usuarios por falencias en las redes de distribución eléctricas. Es importante destacar la utilidad de esta información ya que es uno de los insumos principales para la toma de decisiones de tipo eléctrico, humano, social, ambiental, infraestructura y económicos.

Este trabajo está motivado por una urgente necesidad de identificar y recolectar la información de las anomalías que se encuentran en los circuitos críticos de la red eléctrica de CHEC S.A E.S.P y más aún después de que la empresa incursionara en los sistemas de información geográfica, potencializando así las ventajas y servicios de estos sistemas de información para la captura y actualización de información a través de un dispositivo móvil y posterior toma de decisiones para la organización.

Para el desarrollo del proyecto es de vital importancia contar con una base de datos centralizada, confiable y segura de toda la infraestructura eléctrica del área de cobertura de la empresa con un sistema de coordenadas definidos para todos los elementos que constituyen la red eléctrica ya que así permitirá obtener un diseño y una Implementación de una solución tecnológica a través de los sistemas de información geográfica para la identificación de las anomalías que se presentan en los circuitos críticos de la red eléctrica de CHEC SA ESP.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

La empresa de energía eléctrica CHEC SA ESP posee un área destinada para el mantenimiento de redes eléctricas aéreas de distribución, la cual tiene como función minimizar la posibilidad de fallas, cuidar y mantener las instalaciones en perfectas condiciones, reparar aquellas anomalías que se pueden observar en la infraestructura eléctrica y saber cuáles son los elementos que requieren intervención futura. Para esto realiza diferentes tipos de mantenimiento: predictivo, preventivo y correctivo, todo esto para tener la confiabilidad en la prestación del servicio de energía eléctrica. Para esto se cuenta con una amplia gestión del personal y oportuno análisis de la infraestructura eléctrica.

Para lograr que la prestación del servicio sea la más adecuada, en ocasiones se requieren interrupciones del servicio, siendo estas repetitivas y duraderas en el tiempo. En muchas ocasiones estos mantenimientos no son muy efectivos ya que las labores a ejecutar no se realizan a plenitud, esto debido a que no se tiene la información oportuna y de alta calidad de las anomalías que se encuentran en la red eléctrica y que pueden llegar a provocar la ausencia de la prestación del servicio de energía.

Adicionalmente para realizar los análisis correspondientes no se cuenta con una herramienta en la cual se pueda realizar la integración de la información recolectada con la información de la infraestructura eléctrica que reposa en la base de datos.

Por lo tanto, para llegar a obtener mejores resultados en el planeamiento del mantenimiento se debe de resolver los siguientes interrogantes:

- 1- ¿Cómo se puede obtener información oportuna y de calidad para la toma de decisiones en las actividades del planeamiento de un mantenimiento en los circuitos críticos de la red eléctrica de CHEC SA ESP?
- 2- ¿Qué herramienta se puede utilizar para que los análisis realizados puedan ser más óptimos y que la planeación de las actividades a ejecutar sea más efectiva?

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar las anomalías que se presentan en los circuitos críticos de la red eléctrica de CHEC SA ESP haciendo uso de herramientas SIG.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener un listado estándar de las anomalías y sus atributos que se encuentran sobre la red eléctrica del área de cobertura de CHEC SA ESP.
- Realizar un modelamiento que permita extraer todos los elementos de un circuito determinado de la base de datos espacial e integrarla con el listado de anomalías que se presentan en la red eléctrica.
- Realizar publicación de la red eléctrica y del listado de anomalías en la web a través de ArcGis Online.
- Implementar una solución a partir de ArcGis Collector de ESRI para la captura de anomalías en terreno

3. JUSTIFICACIÓN

La Central Hidroeléctrica de Caldas CHEC SA ESP, para mantener su confiabilidad en la prestación del servicio de energía, realiza inspecciones de redes periódicas siendo éstas el mecanismo por medio del cual se detectan las anomalías o falencias en las redes de distribución de energía. Además de esto sirven como fuente de información primaria para conocer el estado de la red y la formulación de actividades para la planeación de los mantenimientos preventivos y optimización de los recursos.

Para que la planificación del mantenimiento sea efectiva, se necesita que la información de las anomalías o falencias presentadas en la red sean claras, ágiles y oportunas. Por lo tanto al desarrollar una herramienta tecnológica móvil que suministre al personal de campo información de calidad de la red de distribución eléctrica existente, para que esta sea utilizada dé pauta o guía y así obtener la información adecuada, precisa y de calidad de las anomalías o falencias que la red presenta, así minimizando que la información suministrada sea inconsistente e igualmente evitado el excesivo uso de papelería.

Por otro lado este tipo de herramientas permite realizar la entrega de la información y la coordinación de las actividades de inspección sin que los inspectores de redes tengan que realizar amplios desplazamientos.

Adicionalmente el tener los registros de anomalías de manera digital, se puede realizar la integración de esta información con la base de datos del sistema eléctrico de la empresa para así visualizar cuales son los sectores donde se debe priorizar o prestar la mayor atención en la planeación del mantenimiento.

Así teniendo la empresa mayores herramientas o mecanismos para reducir los indicadores de calidad, la captura de información, gestión de la misma de manera integral y planeación del mantenimiento de manera efectiva.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. MARCO CONCEPTUAL

Una de las grandes preocupaciones de las empresas del sector público en este caso las empresas de energía es realizar el mantenimiento a sus redes para así lograr una eficiente y eficaz disponibilidad del sistema de distribución de energía.

CHEC SA ESP [1], cuenta con una planeación anual donde son incluidos aquellos circuitos que son críticos, ya sea por su alta tasa de fallas o por su impacto dentro del sistema, éstos son sometidos a las diferentes metodologías de mantenimiento preventivo siendo la inspección una de las principales.

Para lograr la disponibilidad mencionada se desarrollan acciones o mecanismos de mantenimiento que garanticen la continuidad en la prestación del servicio de energía eléctrica, la conservación de su infraestructura y la utilización adecuada de los recursos. Además de cumplir con los lineamientos que establece la regulación existente, los estándares de calidad y competitividad, todo esto con responsabilidad ambiental y social. Dentro de los mecanismos existentes se encuentran diferentes tipos de mantenimientos, siendo el mantenimiento preventivo en el cual se centra el objeto de estudio de este proyecto.

El mantenimiento preventivo consiste en inspeccionar y/o recorrer los circuitos eléctricos los cuales son seleccionados considerando el comportamiento de los indicadores de calidad en el año, con esto estableciendo un factor de criticidad. Para poder examinar estos valores se utilizan diferentes variables de estudio, las cuales son: personas, ambiental, calidad, imagen/reputación, financieras; así obteniendo la matriz de valoración de circuitos al nivel de tensión de 13.2 kV suministrada por el área de Gestión de Activos. Para aquellos circuitos en los cuales el estudio arroje un nivel de criticidad o prioridad “Muy Alto” o “Alto” se establecerá como indispensable realizar este tipo de mantenimiento.

Adicionalmente, para aquellos circuitos que tienen una energía suministrada alta y debido a su gran importancia (industria y comercio), se establecen rutinas de mantenimiento que minimicen las posibles causas de falla, evitando así tanto inconvenientes futuros en las redes eléctricas, multas por parte del estado como al usuario al momento de la falta de fluido eléctrico por redes eléctricas con falencias.

También son considerados los distintos elementos del contexto operacional como lo son:

- Longitud de cada circuito.
- Número de apoyos que contiene cada circuito.

- Cantidad de secciones del circuito.
- Número de usuarios que atiende el circuito.
- Clasificación del circuito dentro de los grupos de calidad.
- Carga demandada a cada circuito.
- Facturación por consumo de energía proveniente del circuito.
- Demanda no atendida por parte del circuito.
- Compensaciones pagadas a usuarios por indisponibilidades del circuito.
- Comportamiento del circuito frente a posibles fallas.
- Registro de mantenimientos para cada circuito.

Actualmente la inspección es realizada por cuatro recursos movilizados en moto ubicados en zonas geográficas como se observa en la Figura 1, también es realizada con un equipo aéreo no tripulado, ambos tienen el direccionamiento de revisar todos los componentes del circuito y reportar las anomalías encontradas. Para lo anterior deben ejecutarse las siguientes acciones de preparación de la información a ser entregada al grupo de inspección:

- Solicitud de los planos correspondientes a los circuitos a recorrer.
- Confirmación del tipo de recorrido a ejecutar sobre el circuito, puntualmente se determina si el recorrido corresponde a una zona específica o a la totalidad del circuito.
- Generar las órdenes de trabajo (OT).
- Enviar las OT planeadas de los circuitos a recorrer a la terminal portátil correspondiente, de acuerdo con la zonificación, tal como se aprecia en la figura 1.

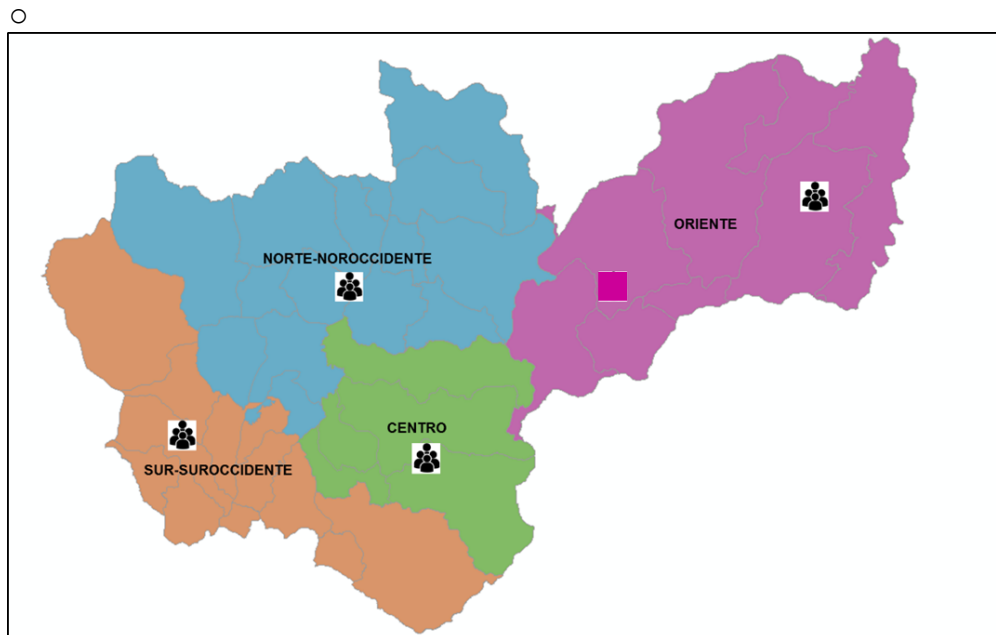


Figura 1. Zonificación

Una vez definido el circuito a inspeccionar, se envía personal a terreno el cual debe ejecutar las siguientes actividades:

- Cada nodo físico del circuito se inspecciona visualmente para determinar la condición de los elementos de la red, tanto físicos como eléctricos.
- Se toman fotografías del nodo completo (en panorámica) y un acercamiento.
- Se revisa el estado del apoyo, aislamiento, DPS, cajas primarias, crucetas, herrajes, estado de la red, cable de guarda (tramos faltantes), transformador, bajantes, templetes y el sistema de puesta a tierra en caso de existir.
- Se revisa el vano hacia el siguiente apoyo en busca de vegetación que se encuentre cercana a la red y que pueda interferir en su normal funcionamiento.
- En caso de existir anomalías sobre la red eléctrica se procede a ingresar registro en la terminal portátil.
- En caso de no poder registrar la información en la terminal portátil, se procederá a registrar la información en el Formato “Registro de Actividades de Mantenimiento”. Si se requiere hacer alguna intervención forestal se diligencia el formato “Actividades Sobre Vegetación Cercana a la Red”.
- Obtenida la información de las labores que se deben ejecutar sobre las redes, se envía a través de las terminales portátiles, para ser procesada y tramitada.

Siendo así esta información el principal insumo para la planeación del mantenimiento preventivo o correctivo para así garantizar la mayor prestación del servicio de energía.

La inspección en el transcurso del tiempo ha venido evolucionando, para lo cual CHEC SA ESP han implementado herramientas como terminales portátiles para registro de información a través de aplicativos propios, como Gesper, el cual lleva a una base de datos la información registrada.

4.2. MARCO REFERENCIAL

En el año 2000 para obtener este tipo de información la mayoría de las empresas de energía enviaban su personal técnico a terreno para realizar la inspección visual a cada nodo físico del circuito para así con su experiencia determinar las condiciones de los elementos de la red. Una vez encontraran las falencias o anomalías, las labores por ejecutar o corregir se procedía a tomar registro fotográfico para cada una de las labores y llevar un registro de las actividades a través de formatos.

Adicionalmente, se tenía que llevar planos impresos para que las personas encargadas de recolectar esta información tuvieran una guía del circuito a recorrer y así no perder el rumbo en la inspección de este. Esto llevando a un uso excesivo

de papelería, ya que no se contaba con herramientas de almacenamiento digital, obligando a usar los métodos tradicionales.

Por otro lado, el levantamiento de la información en terreno, se realiza de manera diferente ya que los registros son obtenidos por diversidad de personas, esto llevando a que en el momento de la unión de la información recolectada se encuentren muchas inconsistencias, así dificultando el procesamiento y posterior planeación del mantenimiento para afianzar la prestación del servicio de energía eléctrica.

En el año de 2009 para subsanar los inconvenientes en el levantamiento de información en terreno en las redes eléctricas, la empresa generadora y distribuidora de energía del Pacífico (EPSA) desarrolló un proyecto con la participación de la universidad del valle el cual consistió en la planificación, diseño y desarrollo de un sistema de información para la gestión funcional de las inspecciones de redes realizadas a las redes de distribución eléctricas de la empresa generadora y distribuidora de energía del Pacífico (EPSA) [2].

Para el desarrollo de este proyecto se realizó un estudio minucioso de la información a recolectar así parametrizando cuáles eran los campos y los registros que se deben diligenciar en el desarrollo a implementar para esto hizo partícipe a todos los sectores que van a interactuar con el desarrollo. Para el desarrollo se utilizó una metodología orientada a objetos utilizando UML [3] (*Unified Modeling Language*) y RUP [4] (*Rational Unified Process*) que es el proceso o metodología para el desarrollo de proyectos.

En sí el proyecto obtuvo un sistema de información compuesto de tres aplicaciones: Móvil, Escritorio, Distribuida (*Mobile, Desktop, Web*). Esto permitiendo interacción de todos los actores en los diferentes aplicativos según su rol desempeñado. La aplicación de escritorio está diseñada para la programación y actualización de inspecciones y la gestión de actividades y anomalías. En la aplicación móvil se encuentran las funcionalidades necesarias para el levantamiento de información en terreno y en la aplicación distribuida se encuentran las funcionalidades para la generación de reportes para el mantenimiento preventivo.

Con la implementación del sistema de información, EPSA obtuvo mejor desempeño en la recolección de datos, reducción de tiempos en el recorrido de un circuito y gestión de la información para realizar mantenimientos. Adicionalmente, el sistema de información puede adaptarse a cualquier tipo de inspección.

Realizando búsquedas en los sistemas de información bibliográfica, no se logra encontrar otra aplicación o desarrollo para la inspección de redes eléctricas a través de dispositivos móviles; lo que se logra encontrar es otro tipo de desarrollos para la captura de información con este tipo de dispositivos en el sector eléctrico.

En otros contextos, en el 2015 se desarrolla proyecto para capturar y actualizar información predial desde un dispositivo Ipad con conexión o sin ella [5] este consiste en mostrar alternativas existentes y útiles para la captura de la información en campo y que esta se vea reflejada al instante en la base de datos permitiendo agilizar los procesos para la identificación de los linderos prediales así teniendo un gran valor en el ahorro de recursos, tiempos y optimización de procesos.

Este proyecto se desarrolla a través de herramientas ESRI [6] como lo son ArcGIS for Desktop [7], ArcGIS Server [8], ArcSDE for SQL server [9], ArcGIS Online [10] y ArcGIS Collector [11] mostrando, así como interactúan todas estas herramientas entre sí optimizando tiempo y recursos para la captura de información geográfica y alfanumérica de una manera alternativa y útil.

En 2017 se realiza proyecto para realizar captura de información en catastro de redes priorizando la utilización de herramientas geográficas móviles que permitan realizar el levantamiento de tal forma que se tenga una mayor consistencia de los datos. Para obtener la consistencia deseada de los datos, se utilizan herramientas web en las cuales se puede trabajar sin tener conectividad de internet lo que garantiza mayor cobertura.

El proyecto es denominado administración de datos generados por un catastro de redes por medio de herramientas SIG [12] en el cual su objetivo es obtener un Sistema de Información Geográfico que integre toda la información levantada en terreno, tanto en el área de topografía como en el catastro de redes (alcantarillado) esto buscando administrar la información de la red de alcantarillado para así poder tomar decisiones en operatividad, mantenimiento y actualización de los sistemas de alcantarillado.

Para realizar este proyecto se utilizaron las herramientas de ESRI como lo fueron ArcGIS Desktop (además incluye otros grupos de aplicaciones como ArcMap ArcCatalog, ArcScene, ArcGlobe y ArcToolbox), ArcGIS Collector y ArcGIS Online. Estas herramientas permiten almacenar la información geográfica y posterior manipulación de la base de datos creada, permitiendo realizar análisis para la toma de decisiones.

Esta implementación ayuda a mejorar el rendimiento en la inspección de puntos en terreno garantizando la integridad de los datos, mejora la comprensión del usuario de lo recolectado y da comodidad para la captura de información, pasando así de recolectar información en formatos de papel a una captura de información a través de dispositivos móviles.

Estas implementaciones que se han realizado a través de los años se pueden unir e implementar para realizar un proceso de levantamiento de información a través de dispositivos móviles con o sin conexión a internet, para así obtener las anomalías que se puedan encontrar en el transcurso de la red eléctrica a la cual se le está

realizando la inspección requerida. De tal forma, obteniendo información fiable y georreferenciada de las anomalías, la cual se pueda integrar con la red eléctrica y realizar un posterior análisis visual para elaborar el respectivo planteamiento efectivo de los mantenimientos preventivos.

5. METODOLOGÍA

5.1. TIPO DE TRABAJO

En la ejecución de este proyecto se realizó desarrollo tecnológico siendo este una mejora en la forma como se realiza la inspección de los circuitos eléctricos catalogados como críticos en el área de cobertura de CHEC SA ESP. El proyecto se realizó en la subgerencia de distribución de energía en el área de mantenimiento eléctrico, teniendo así la colaboración constante del ingeniero encargado del proceso de inspección de redes y de todo su equipo colaboradores que se encuentran en el área de cobertura.

5.2. PROCEDIMIENTO

5.2.1. Fase 1. Análisis de anomalías

- **Actividad 1.**
Verificación de la captura de anomalías en terreno a través de la terminal portátil o del formato “Registro de actividades de mantenimiento”.
- **Actividad 2.**
Analizar las diferentes anomalías que se pueden presentar en el sistema de distribución eléctrica de CHEC S.A. E.S.P.
- **Actividad 3.**
Estandarización de las anomalías que se pueden presentar en los elementos de la infraestructura eléctrica de CHEC S.A. E.S.P.
- **Actividad 4.**
Asignación del nombre, tipo y tamaño de atributo para cada una de las anomalías presentadas en el sistema de distribución eléctrica.
- **Actividad 5.**
Verificación y asignación de los dominios para así restringir los valores al atributo de la anomalía presentada en el sistema de distribución eléctrica.

5.2.2. Fase 2. Análisis del modelo de datos de redes eléctricas.

- **Actividad 1.**
Análisis de la base de datos relacional de redes eléctricas la cual se encuentra en el gestor de base de datos Oracle de la organización.

- **Actividad 2.**
Verificación y análisis de la estructura de la Geodatabase correspondiente a la red eléctrica de toda el área de cobertura de CHEC S.A. E.S.P., la cual es generada mensualmente a través de un proceso secuencial y autónomo que absorbe la información de la base de datos de redes eléctricas.
- **Actividad 3.**
Análisis de las geometrías, feature data set, feature class y dominios de la Geodatabase de la red eléctrica.

5.2.3. Fase 3. Generación de la Geodatabase para integración de la red eléctrica con el listado de anomalías.

- **Actividad 1.**
Se realiza creación de la base de datos geográfica desde ArcGis Desktop de tipo File Geodatabase la cual tendrá como nombre inspección_redes. Dentro de esta se adicionan dos feature dataset en el sistema de coordenadas Colombia_West_Zone los cuales tendrán como nombre inspección y otra el nombre de redes. Estos feature dataset se comportaran como contenedores de las tablas de redes eléctricas y anomalías.
- **Actividad 2.**
Se crean todos los dominios en las propiedades de la GDB con el tipo de dato adecuado después del posterior análisis de anomalías.
- **Actividad 3.**
Creación de todos los feature class con la geometría tipo punto. Asignación de los respectivos atributos y dominios correspondientes al listado de anomalías en el feature dataset de inspección.

5.2.4. Fase 4. Generación del modelo para la integración de la red eléctrica con el listado de anomalías que se presentan en el sistema eléctrico

- **Actividad 1.**
Crear caja de herramientas dentro de la Geodatabase la cual tendrá como nombre MODELOS. Dentro de esta caja de herramientas se adiciona la interfaz del ModelBuilder nombrada CIRCUITOS INSPECCION esta será la encargada de ejecutar todo proceso de análisis lógico de los datos.
- **Actividad 2.**
Realizar adición a la interfaz del modelamiento los feature class de MVLINSEC, TRANSFOR, SWITCHES y MVPHNODE los cuales son obtenidos de la GDB general de las redes eléctricas del área de cobertura CHEC S.A. E.S.P. También se adicionan los feature class correspondientes

a las anomalías que se pueden presentar en el sistema eléctrico de distribución los cuales se encuentran en el interior del feature dataset inspección de la GDB inspección_redes.

- **Actividad 3.**

Utilizar las herramientas Select y Feature class to Feature class que se encuentran en ArcToolbox para los feature class SWITCHES, TRANSFOR y MVLINSEC con una variable SQL llamada circuito como parámetro de selección esto con el propósito de escoger los elementos de red de un circuito determinado a través del atributo relacional FPARENT que resultado del análisis realizado a la GDB de redes eléctricas.

Con el objetivo de crear nuevos feature class con los nombres RED, TRAFOS, SECCIONES y unos atributos mínimos requeridos por el personal de campo para tomarlos como referencia, estos siendo alojados dentro del feature dataset redes.

- **Actividad 3.**

Utilizar las herramientas Make Feature Layer y Select Layer By Location para el feature class MVPHNODE esto con el objeto de realizar intersección con el feature class resultante de las redes seleccionadas a través de la sentencia SQL dando como resultado un feature class denominado NODOS el cual es alojado al interior del feature dataset redes como se visualiza en la Figura 2, este conteniendo los nodos físicos que se encuentran sosteniendo las redes eléctricas seleccionadas con unos atributos de referencia para el personal de campo, el cual es alojado al interior del feature dataset redes.

- **Actividad 4.**

Utilizar la herramienta Feature class to Feature class con una variable SQL denominada código_circuito como parámetro de selección a través del campo CODE para el feature class SUBSTATI se esto con el propósito de seleccionar la subestación a la cual pertenece el circuito a inspeccionar, tal como se observa en la figura 2.

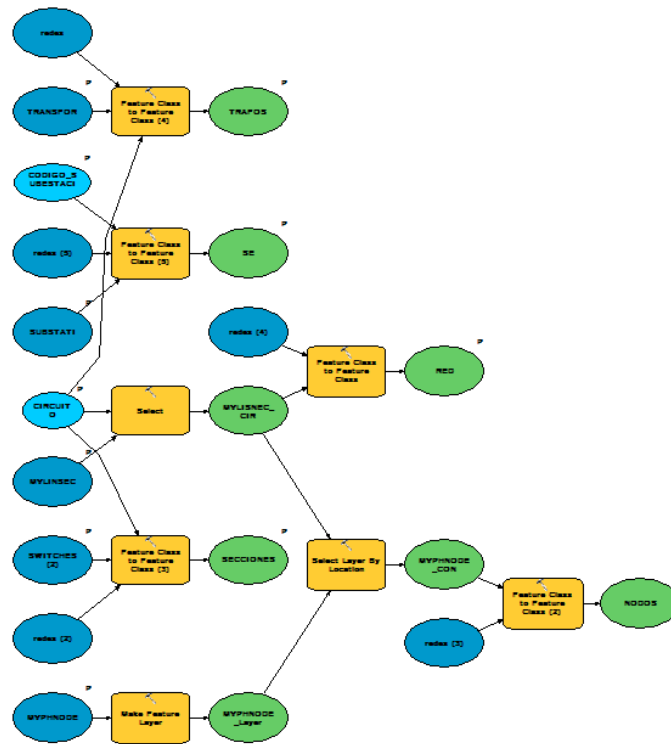


Figura 2. Proceso asociado a la actividad 4.

- Actividad 5.**
 Implementación de la herramienta Feature class to Feature class a todos los feature class que se encuentran al interior del feature dataset inspección esto con el propósito de cambiarle los nombres a los feature class por nombres más comunes para el personal en campo. Los feature class resultantes son alojados en el feature dataset redes.
- Actividad 6.**
 Automatizar modelamiento para lo cual se requiere que todos los los feature class MVLINSEC, SWITCHES, MVPNODE, SUBSTATI y TRANSFOR de entrada y las variables SQL código_circuito y circuito se encuentre con los parámetro de Model Parameter habilitado.
 Por otro lado todos los feature class de salida del modelamiento tendrán que tener habilitado los parámetros de Model Parameter y Add To Display.
- Actividad 7.**
 Crear una carpeta que contenga en su interior los archivo .lyr los cuales son los que almacenan los símbolos y elementos de estilo del mapa final ya preestablecidos por la organización.

- **Actividad 8.**
Asignación de los archivos **.lyr** a cada una de las feature class resultantes que serán alojadas en el feature dataset redes.

5.2.5. Fase 5. Publicar un servicio Web en ArcGIS Online desde ArcGIS Desktop Standar.

- **Actividad 1.**
Logearse desde Arcgis Desktop a ArcGIS Online con el usuario nivel 2 y contraseña de la organización que tenga suscripción en ArcGIS Online for organizations, para lo cual se requiere que desde la pantalla principal con el mapa desplegado después del procesamiento ingresar a FILE > SIGN IN.
- **Actividad 2.**
Publicar servicio para lo cual se accede a FILE > SHARE AS > SERVICE en el cual se elige una conexión y se le asigna el nombre del servicio.
- **Actividad 3.**
Realizar configuración en la ventana de Editor de servicios así verificando que el servicio a publicar funcione para lo cual se realiza la siguiente configuración:
 - En el ítem parámetros (Parameters) se acepta la configuración que el sistema nos brinda.
 - En Capacidades (Capabilities) seleccionamos Feature Acces con opciones de Create, Delete, Query, Update, Sync.
 - En descripción del ítem (Item Description) se complementa los datos requeridos con nombres claros que identifiquen el servicio
 - En Compartir (Sharing) se selecciona a que grupo quiere compartir el servicio.
 - Analizar que el servicio tenga todos los requerimientos necesarios y que funcione de una manera óptima para lo cual se utiliza Analyze el cual es una herramienta que realiza las respectivas pruebas diagnósticas.
- **Actividad 4.**
Realizar publicación en Arcgis Online para lo cual se selecciona publish (publicar).

5.2.6. Fase 6. Realizar un web Map con ArcGIS Online.

- **Actividad 1.**
Ingresar al sitio web <https://www.arcgis.com/home/signin.html> para el cual se requiere realizar el respectivo login con las credenciales de la organización que tenga suscripción en ArcGIS Online for organizations.

- **Actividad 2.**
Ingresar al contenido del sitio web y seleccionar el archivo donde se encuentran los Feature Layer (alojado) ya que estos hacen referencia a los Feature class que se publicaron desde ArcGIS Desktop.
- **Actividad 3.**
Habilitar los adjuntos para los feature NODOS y PODA_ERED_TRAMO ya que estos son los únicos que tendrán un registro fotográfico. Esta acción se puede realizar ingresando en el ítem avanzada del feature class alojado. Adicionalmente se realiza configuración de cuales van a ser los permisos que va tener los usuarios sobre el mapa como lo son los de edición, la optimización del dibujo y si estos usuarios tiene el privilegio de exportar los datos en distintos formatos.
- **Actividad 4.**
Realizar apertura del archivo del feature Layer (alojado) en el visor de mapas y realizar configuración en el ítem deshabilitar edición a los layers TRANSFORMADOR, SECCIONES y SUBESTATI.
Para el Layer NODOS se configura la pantalla emergente para que solamente pueda capturar imágenes y pueda solo visualizar el resto de información.
- **Actividad 5.**
Guardar el mapa web en la ubicación que se desee dentro del espacio del servidor web permitido para almacenar los archivos generados desde ArcGIS Online.
- **Actividad 6.**
Compartir el mapa Web desde ArcGis Online al grupo o los grupos de la organización, el cual contienen las personas que pueden visualizar y editar el mapa desde ArcGis Online o ArcGis Collector.

6. RESULTADOS

Al realizar análisis de la estructura de los datos capturados en terreno a través de la terminal portátil (**PDA**) se obtiene un listado estándar de las anomalías que se presentan en el sistema de distribución eléctrica de CHEC S.A. E.S.P. Disminuyendo así el listado de anomalías de 25 a 13, siendo estas las siguientes:

- Aislador
- Apoyo Media
- Bayoneta
- Cable Guarda
- Conexión media
- Cortacircuito
- Cruceta
- DPS
- Poda ered tramo
- Spard
- Sistema puesta tierra
- Templete
- Tramo media

Este listado de anomalías es convertido en tablas o feature class, las cuales cada una posee una serie de atributos representando así la anomalía encontrada en terreno (Tabla 1).

FEATURE DATASET INSPECCION	FEATURE DATASET REDES
AISLADOR	ESTRU AISLADOR
APOYO MEDIA	ESTRU APOYO MEDIA
BAYONETA	ESTRU BAYONETA
CABLE GUARDA	TRABAJO CABLE GUARDA
CONEXIÓN MEDIA	ERED CONEXIÓN MEDIA
CORTACIRCUITO	EPROT CORTACIRCUITO
CRUCETA	ESTRU CRUCETA
DPS	EPROT DPS
PODA ERED	PODA ERED TRAMO
SPARD	MODIFICAR SPARD
SISTEMA PUESTA TIERRA	SPT BAJANTE
TEMPLETE	ESTRU TEMPLETE MEDIA
TRAMO MEDIA	ERED TRAMO MEDIA

Tabla 1. Feature Class.

Posteriormente se desarrolla un modelamiento automático a través de la herramienta ModelBuilder que permita realizar la integración del listado de anomalías con la red eléctrica de CHEC S.A. E.S.P. de una manera ágil, oportuna, autónoma y secuencial. A través de esta herramienta se puede seleccionar el circuito crítico que se desea revisar a través del atributo relacional FPARENT el cual resultado del análisis realizado a la GDB de redes eléctricas como se puede observar en la Figura 3.

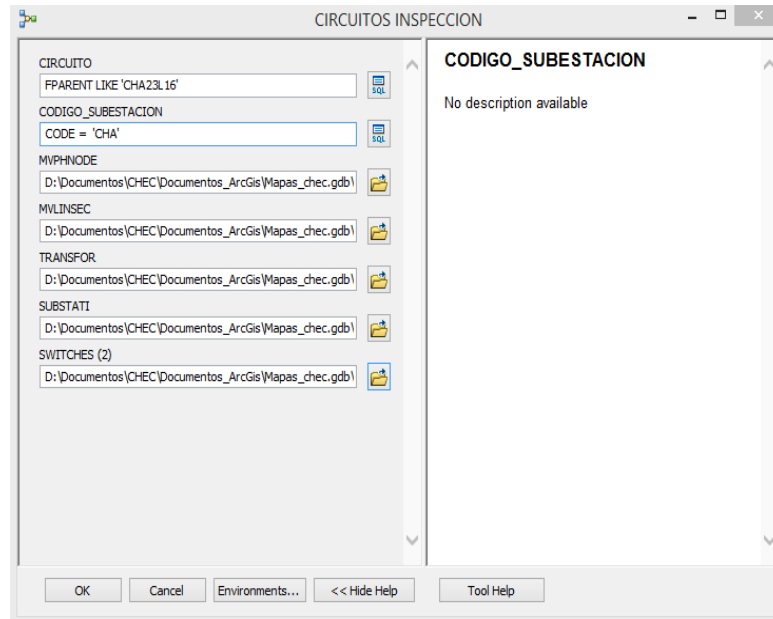


Figura 3. Selección Circuito Crítico

Con la ejecución del modelamiento desarrollado se obtiene un mapa de las redes eléctricas del circuito crítico a revisar con el listado de anomalías y simbología estandarizadas como se puede observar en la Figura 4.

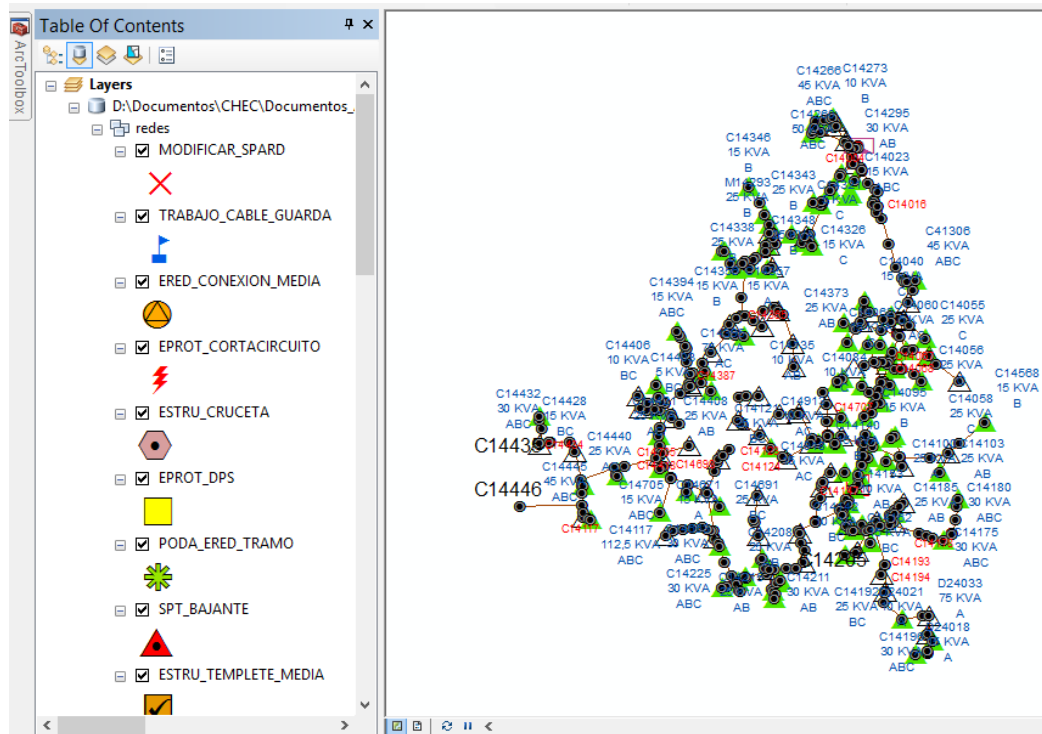


Figura 4. Mapa Circuitos Críticos

A continuación, se realiza implementación y visualización de la red eléctrica y las anomalías presentadas en la red eléctrica por diferentes usuarios de la organización a la nube través del portal web ArcGIS Online permitiéndonos así almacenar la información recolectada en campo para así obtener mejoras en el planeamiento del mteamiento eléctrico usando la ubicación de las anomalías presentadas en le red eléctrica como un factor de análisis como se puede visualizar en la Figura 5.

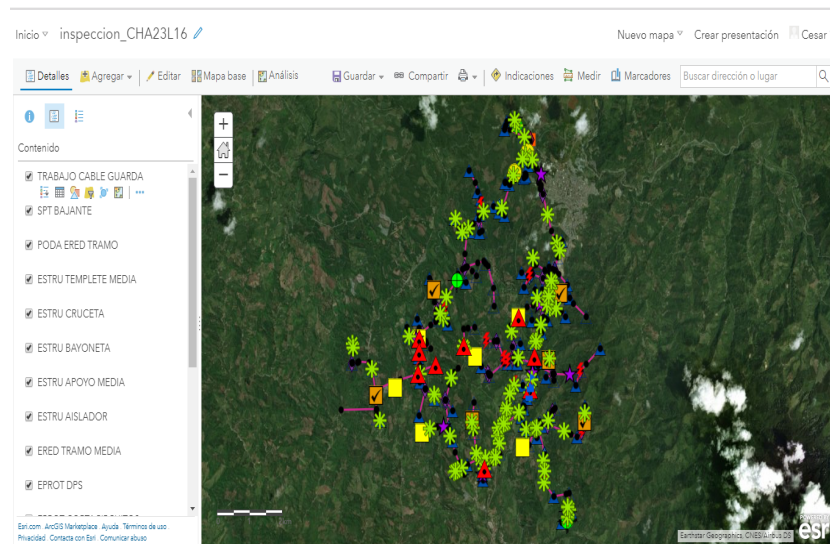


Figura 5. Visualización de la red eléctrica.

Finalmente, al realizar implementación de ArcGis Collector del mapa publicado en ArcGis Online el personal de campo no requiere planos físicos ya que a través de la aplicación podrá visualizar la totalidad del circuito eléctrico al cual se requiere realizar la inspección visual con el listado de anomalías que se pueden presentar en el sistema de distribución eléctrico el cual se visualizara a través de formularios con listas desplegables, para así obtener las anomalías o los insumos para la planeación del Mantenimiento como se puede observar en la Figura 6, obteniendo las siguientes características y ventajas:

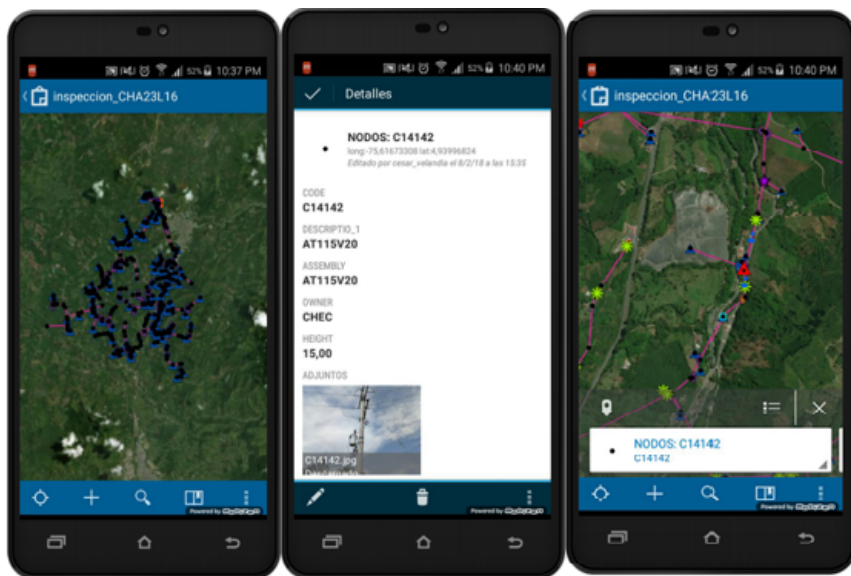


Figura 6. Visualización del circuito eléctrico en ArcGis Collector

- 1- El personal de campo obtendrá la información que fue establecida para cada uno de los elementos del sistema de distribución eléctrica como sistema de referencia para la ubicación de la anomalía.
- 2- ArcGis Collector permite la captura de información de manera Online y Offline así garantizando la captura de información en terreno para su posterior análisis
- 3- Al tener integrado el circuito en las plataformas de ArcGis Collector y Arcgis Online se puede realizar control y seguimientos a los grupos de inspección en campo.
- 4- Al realizar las diferentes configuraciones desde ArcGis Online se puede tener registros fotográficos asociados a cada punto como medida de control a la inspección realizada desde ArcGis Collector.

7. CONCLUSIONES

- Con la estandarización del listado de anomalías que se pueden encontrar en el sistema de distribución eléctrico y la posterior implementación con el mapa de redes eléctricas del circuito crítico, la captura de información en campo es más ágil minimizando los tiempos de recorrido y entrega para la posterior planeación del mantenimiento.
- Al obtener una herramienta móvil que permita la captura de anomalías que se presentan en el sistema de distribución eléctrica de manera Online y Offline se garantiza que esta sea de alta calidad y oportuna para la posterior planificación del mantenimiento eléctrico.
- Se localizan las zonas donde se debe de priorizar los mantenimientos eléctricos haciendo eficiente la actuación de los recursos materiales, humanos y tecnológicos.
- Al realizar un control y seguimiento al personal de campo se puede verificar que el tiempo empleado para la ejecución de la actividad sea el adecuado y adicionalmente que la información sea la correcta.
- Por otro lado se puede corroborar anomalías catalogadas prioritarias para que así se dé pronta atención a estas.
- Se evidencia la disminución del uso excesivo de papel así ayudando a la gestión ambiental de la organización.

8. RECOMENDACIONES

- Tener acceso a las estructuras de las bases de datos implicadas.
- Realizar reuniones constantes con todos los implicados en la búsqueda de soluciones a la problemática presentada.
- Verificación y validación constante del desarrollo realizado ante de salir a producción.
- Tener a una persona constantemente realizando verificación de la información recolectada en campo para así tener una información de alta calidad para la posterior planeación del mantenimiento eléctrico.
- Se debe tener clara la simbología a utilizar para la implementación del listado de anomalías para que estas sean de fácil identificación en el mapa generado desde el modelamiento.
- Se recomienda tener acceso al software ArcGis Enterprise ya que este permite estandarizar la información de las anomalías recolectadas en campo en una base de datos centralizada. Adicionalmente este software permite tener un portal web propio para uso de los datos geográficos de manera mas ágil y oportuna.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CHEC, "Quienes somos", *Chec.com.co*, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.chec.com.co/Institucional/quienes-somos>. [Consultado en: 09- Nov- 2018].
- [2] O. VALENCIA, A. BERNAL and S. OSPINA, "Sistema De Información Para La Gestión Y Manejo De Los Procesos De Inspección De Redes De Distribución Eléctrica De Baja, Media Y Alta Tensión De La Empresa Del Pacífico EPSA", *DYNA*, vol. 179, no. 76, pp. 217-226, 2009.
- [3] UML, "What is UML | Unified Modeling Language", *Uml.org*, 2018. [Disponible en:]. Disponible en: <http://www.uml.org/what-is-uml.htm>. [Consultado en: 10- Nov- 2018].
- [4] *Rational Unified Process: Best Practices for Software Development Teams*, 1st ed. Cupertino, CA: IBM, 2018.
- [5] "Captura y actualización de información predial desde un dispositivo Ipad con conexión o sin ella", Especialización en Geomática, Universidad Militar Nueva Granada, 2015.
- [6] ESRI, "Who We Are | About Esri", *Esri.com*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.esri.com/en-us/about/about-esri/who-we-are>. [Consultado en: 10- Nov- 2018].
- [7] ESRI, "ArcGIS Desktop", *Desktop.arcgis.com*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/>. [Consultado en: 07- Nov- 2018].
- [8] ESRI, "¿Qué es ArcGIS Server?—Documentación | ArcGIS Enterprise", *Enterprise.arcgis.com*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <http://enterprise.arcgis.com/es/server/latest/get-started/windows/what-is-arcgis-for-server-.htm>. [Consultado en: 09- Nov- 2018].
- [9] ESRI, "Configurar una geodatabase corporativa en SQL Server—Ayuda | ArcGIS Desktop", *Desktop.arcgis.com*, 2018. [Disponible en:]. Disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/gdbs-in-sql-server/setup-geodatabase-sqlserver.htm>. [Consultado en: 06- Nov- 2018].
- [10] ESRI, "Introducción a ArcGIS Online | Learn ArcGIS", *Learn.arcgis.com*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://learn.arcgis.com/es/projects/get-started-with-arcgis-online/>. [Consultado en: 04- Nov- 2018].
- [11] ESRI, "Collector for ArcGIS | ArcGIS", *Doc.arcgis.com*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://doc.arcgis.com/es/collector/>. [Consultado en: 07- Nov- 2018].

[12] Z. SABOGAL and A. RINCON, "Administración De Datos Generados Por Un Catastro De Redes Por Medio De Herramientas SIG", Especialización en SIG, Universidad de Manizales, 2017.

[13] W. Benalcázar, R. Robalino and S. Espinosa, "Estudio del sistema para la gestión de interrupciones OMS, en redes de distribución eléctrica y de los requerimientos para su implementación", *Ingenius*, no. 9, 2013.