

**REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA CORPORACIÓN
PARA LA INVESTIGACIÓN DE LA CORROSIÓN (CIC) UBICADA EN LA SEDE
GUATIGUARA DE LA UIS**

**LUIS CARLOS MANUEL FLOREZ GAMEZ
JORGE MARIO PATERNINA PATIÑO
ISNARDO JOSE SARMIENTO CARRILLO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2015

**REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA CORPORACIÓN
PARA LA INVESTIGACIÓN DE LA CORROSIÓN (CIC) UBICADA EN LA SEDE
GUATIGUARA DE LA UIS**

**LUIS CARLOS MANUEL FLOREZ GAMEZ
JORGE MARIO PATERNINA PATIÑO
ISNARDO JOSE SARMIENTO CARRILLO**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar por el título de
Ingeniero Electricista**

Director:

**GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA
Ingeniero Electricista. PhD.**

Codirector:

**MANUEL JOSÉ ORTIZ RANGEL
Ingeniero Electricista. MIE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2015

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. GENERALIDADES	20
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	22
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.	23
2. MARCO TEÓRICO	25
2.1 DEFINICIONES	25
2.2 CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN DE LA CORROSIÓN (C.I.C.)	30
2.2 REGULACIÓN DE TENSIÓN DE LA RED	31
2.3 SELECCIÓN DE CONDUCTORES (FASE Y NEUTRO)	32
2.4 SELECCIÓN DE PROTECCIONES	33
2.5 SELECCIÓN DE LOS DUCTOS	34
2.6 BANDEJAS PORTA CABLES Y CANALETAS	34
2.7 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	35
2.7.1 Resistencia de puesta a tierra	35
2.7.2 Metodología utilizada en el diseño del sistema de puesta a tierra	36
2.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO UTILIZADO EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	36
2.8.1 Analizador de redes	37
2.8.2 Luxómetro digital	37
2.8.3 Pinza amperométrica Fluke 376	37
2.9 USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	38

3. ANÁLISIS DEL CONCEPTO DE INSPECTORÍA DEL SISTEMA ELÉCTRICO REALIZADO POR LA EMPRESA INGENIERÍA MEQ LTDA.	39
3.1 REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL INFORME	39
3.2 FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN, TENIENDO EN CUENTA EL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE), LOS NUEVOS REQUISITOS Y EL ESTÁNDAR INSTITUCIONAL	46
4. ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN DEL ESTADO ACTUAL	48
4.1 LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO	48
4.2 PLANOS DEL ESTADO ACTUAL	54
4.3 MEDICIÓN DE NIVELES DE ILUMINACIÓN	55
4.4 PERFIL DE CARGA	58
5. DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE SUMINISTRO	60
5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	61
5.1.1 Frecuencia nominal	61
5.1.2 Indicadores de calidad de la tensión	61
5.1.3 Análisis de corrientes armónicas	64
5.2 RECOMENDACIONES BASADAS EN LOS RESULTADOS.	67
6. RESTRICCIONES, ANOMALÍAS Y REQUISITOS ADICIONALES	69
6.1 METODOLOGÍA USADA PARA EL REGISTRO DE FICHAS TÉCNICAS	69
6.1.1 Fichas técnicas para cajas de distribución	69
6.1.2 Ficha técnica para conductores, tomacorrientes, interruptores y porta bombillas	69
6.2 NO CONFORMIDADES AL REGLAMENTO ENCONTRADAS EN LAS FICHAS TÉCNICAS	70
6.2.1 Cajas de distribución	70
6.2.2 Tomacorrientes, interruptores y conductores	72
6.3 RESTRICCIONES, REQUISITOS ADICIONALES Y RECOMENDACIONES	75

7. PROPUESTA DE RE-DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ENFOCADO EN EL URE, AGUAS ABAJO DEL TRANSFORMADOR CON SU RESPECTIVO SPT; SEGÚN SOLICITUD EXPRESA DE LAS DIRECTIVAS DE LA CORPORACIÓN.	77
7.1 CUADRO DE CARGAS, DEFINICIÓN DE NUEVAS RUTAS Y TOPOLOGÍA	79
7.1.1 Cuadro de cargas y dimensionamiento de la acometida	79
7.1.2 Definición de nuevas rutas y topología	79
7.2 DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN MEDIANTE DIALUX	80
7.3 DISEÑO DE PUESTA A TIERRA, POR LA METODOLOGÍA IEEE 80	83
7.4 REALIZACIÓN DE PLANOS Y MONTAJE ELÉCTRICO	84
7.5 EVALUACIÓN DE RIESGO DEBIDO A DESCARGAS DE RAYOS A TIERRA	85
7.6 DOCUMENTOS A ENTREGAR DE LA PROPUESTA	85
7.6.1 Especificaciones técnicas generales	85
7.6.2 Especificaciones técnicas particulares	86
7.6.3 Presupuesto	86
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
8.1 CONCLUSIONES	87
8.2 RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
BIBLIOGRAFIA	93

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Procedimiento para elegir calibre del conductor conductor	33
Figura 2 Entrada a la subestación	40
Figura 3. Conductores a la vista al interior de la subestación	41
Figura 4. Salida para iluminación de la subestación.	41
Figura 5. Tablero de distribución principal.	42
Figura 6. Tablero distribución secundario HT-HP	43
Figura 7. Tablero de distribución secundario Plasma	44
Figura 8. Laboratorio de electrónica 2.	45
Figura 9. Laboratorio Weather –ometer	45
Figura 10. Luminarias laboratorio Electrónica 2.	46
Figura 11. Ejemplo de rotulado para el Tablero 5.	51
Figura 12 Resumen inventario cargas especiales	54
Figura 13. Puntos de medida de iluminación en Lab Weather-ometer	56
Figura 14. Perfil de demanda diaria de una semana típica; lunes a viernes	58
Figura 15. Curva de demanda sector comercial	58
Figura 16. Resumen de medición del analizador de redes	60
Figura 17 Perfil del valor eficaz de la tensión de la componente fundamental de las tres fases durante un periodo.	62
Figura 18. Desbalance de la secuencia negativa (morada) y la secuencia cero (negro) de la componente fundamental de las tensiones del sistema trifásico, durante un periodo de medición	63
Figura 19. THDv. Distorsión armónica de tensión durante un periodo de medición.	64
Figura 20. Valor eficaz de la del neutro durante un periodo de medición	65

Figura 21. Valor eficaz de la componente fundamental de la corriente en el neutro durante un periodo de medición	66
Figura 22 Diagrama de las componentes armónicas de las corrientes de las fases A, B y C	67
Figura 23. Cantidad de violaciones por tablero	71
Figura 24. Tablero general de distribución de la C.I.C.	72
Figura 25. Resumen del estado actual de interruptores	74
Figura 26. Visualización en 3D de una zona analizada extraída de Dialux	82
Figura 27. Isolineas zona analizada	82

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Porcentajes de regulación de tensión	32
Tabla 2. Porcentaje de sección transversal en tubos conduit y tuberías.	34
Tabla 3. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra.	36
Tabla 4. Especificaciones técnicas: Pinza amperométrica	37
Tabla 5. Resumen del inventario de toma corrientes	51
Tabla 6. Resumen del inventario de interruptores	52
Tabla 7. Resumen de anomalías encontradas	53
Tabla 8. Medición de iluminación para Lab Weather-ometer	56
Tabla 9. Iluminancia promedio medida en todas las zonas	57
Tabla 10. Valor eficaz de la tensión de la componente fundamental de la fase A	62
Tabla 11. Límite de indicadores de calidad de la tensión.	64
Tabla 12. Registros del valor eficaz de la corriente total y de la componente fundamental de la corriente por el neutro	66
Tabla 13. Valor eficaz de las componentes fundamentales de las corriente de línea y del neutro	66
Tabla 14. Estado de toma corrientes	73
Tabla 15. Estado de interruptores	74
Tabla 16. Niveles de iluminancia reglamentada según la zona	81
Tabla 17. Información del sistema a proteger	83
Tabla 18. Diseño de la malla de puesta a tierra	83

SIGLAS Y ABREVIATURAS:

ACIEM:	Asociación Colombiana de Ingenieros Electricistas, Mecánicos y afines.
ANSI:	American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estandarización)
A.T:	Alta tensión.
AWG:	American Wire Gage (Calibre de Alambre Americano).
B.T:	Baja tensión.
C.A:	Corriente alterna.
C.C:	Corriente continua.
C.I.C:	Corporación para la Investigación de la Corrosión.
ESSA:	Electrificadora de Santander S.A
f.p:	Factor de potencia.
GPR:	Elevación del potencial de tierra.
Hz:	Hertz (Unidad de medida de frecuencia).
I:	Intensidad de corriente eléctrica.
ICONTEC:	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos).
IES:	Illuminating Engineering Society.
M.T:	Media tensión.
NPR:	Nivel de protección contra rayos.
NTC 2050:	Norma Técnica Colombiana 2050. Código Eléctrico Colombiano.
Pp:	Pérdida de potencia.
R:	Resistencia en Ohm.
SI:	Sistema Internacional de Unidades.
SPT:	Sistemas de puesta a tierra.

TGBT: Tablero general de baja tensión.
UGR: Unified Glare Rating (Índice de deslumbramiento unificado)
URE: Uso racional de la energía.
V: volts.
VA: volt-ampere.

RESUMEN

TITULO: REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN DE LA CORROSIÓN (C.I.C.) UBICADA EN LA SEDE GUATIGUARA DE LA UIS.*

AUTORES: LUIS CARLOS MANUEL FLÓREZ GÁMEZ
JORGE MARIO PATERNINA PATIÑO
ISNARDO JOSE SARMIENTO CARRILLO**

PALABRAS CLAVE: LEVANTAMIENTO, RETIE, INSTALACIÓN ELÉCTRICA, DISEÑO, GUATIGUARÁ.

El presente trabajo de grado, muestra los resultados obtenidos al evaluar el estado actual de la instalación de uso final, con la cual se provee del servicio de energía eléctrica a la Corporación para la Investigación de la Corrosión como también un estudio de la calidad de suministro.

El análisis del estado actual y las necesidades de la C.I.C., dan los argumentos necesarios para justificar un nuevo diseño de la instalación que se ajuste a la normativa colombiana vigente, por ende se entrega una propuesta de rediseño, mediante la cual se pretende dar solución a las necesidades de demanda actual y futura de la sede, cumpliendo con la reglamentación vigente y enfocada en un diseño URE.

Este trabajo comprende levantamiento eléctrico de la instalación total de la corporación, inventario de elementos que componen la red, rotulado de toma corrientes e interruptores con referencia única para identificar el tablero que alimenta estos elementos, el rotulado de cada protección, la elaboración del diagrama unifilar actual de la red, el inventario de los equipos y las cargas especiales, la medición de los niveles de iluminación, la identificación de anomalías mediante registro de fichas técnicas, el análisis de la calidad de suministro mediante datos obtenidos por analizador de redes y propuesta de diseño enfocada en el uso racional de la energía, cumpliendo los requisitos de ley exigidos para este tipo de instalación y ambiente.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas Escuela de ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones Director: Gabriel Ordóñez Plata Codirector: Manuel José Ortiz Rangel

ABSTRACT

TITLE: REDESIGN OF THE ELECTRICAL INSTALLATION OF THE CORROSION RESEARCH CORPORATION (CIC) LOCATED IN THE UIS GUATIGUARA HEADQUARTERS.*

AUTORES: LUIS CARLOS MANUEL FLOREZ GAMEZ
JORGE MARIO PATERNINA PATIÑO
ISNARDO JOSE SARMIENTO**

PALABRAS CLAVE: LIFTING, RETIE, INSTALLATION, DESIGN, GUATIGUARA.

This degree work, shows the results to assess the current state of the installation of final use, which is supplied with the service of electrical energy to the C.I.C., as also a study of the quality of supply.

The analysis of the current state and the needs of the C.I.C., give the necessary arguments to justify a new installation design that fits with Colombian legislation, thus delivered a proposal of redesign, through which is intended to give solution to the needs of current and future demand for the headquarters, complying with existing and focused a Rational and Efficient Use of Energy design regulations.

This work covers electrical lifting of the total installation of the Corporation, inventory of elements that make up the network, labeled outlets and switches with reference only to identify the board which feeds these elements, labeling each breaker, creation of current unifilar diagram network, inventory equipment and special loads, measuring levels of lighting identification of anomalies through registration of technical specifications, analysis of quality of supply through data network analyzer and proposal for design focused on the rational use of energy, meeting the requirements of law for this type of installation and environment.

* Project of grade

** Physical Engineering Faculty of Mechanical Engineering School of Electrical, Electronic and Telecommunications Director: Gabriel Ordonez Plata Co: Manuel José Ortiz Rangel

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones eléctricas en Colombia están reglamentadas por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) [1], que estipula, en su artículo 2.1 que: “...se consideran instalaciones eléctricas a los circuitos eléctricos con sus componentes, tales como, conductores, equipos, máquinas y aparatos que conforma un sistema eléctrico y que se utilizan para la generación, transmisión, transformación, distribución o uso final de la energía eléctrica...” en ese sentido, toda instalación eléctrica que sea diseñada, construida o modificada en fecha posterior a mayo 1 de 2005, fecha de entrada en vigencia de la resolución 180398 del 7 de abril de 2004 por la cual se expidió el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), debe cumplir con lo que en este reglamento se estipula.

El aplicar cabalmente el reglamento, permite que todas las personas, que tienen relación con las instalaciones eléctricas, es decir, los usuarios de los bienes y servicios relacionados con la electricidad, estén exentos de los riesgos de origen eléctrico [1].

La omisión del reglamento técnico, además de acarrear sanciones, hace que la instalación sea peligrosa para las personas, la misma instalación, la edificación y equipos que están cerca de la misma.

La Corporación para la Investigación de la Corrosión (C.I.C) se encuentra ubicada al interior del Parque Tecnológico Guatiguará (PTG), el que fuera otrora una correccional de menores, razón por la cual la C.I.C, ha presentado problemas con el suministro eléctrico, dado que la naturaleza de las cargas con las que dicha corporación funciona, son distintas a las que se proyectaron en el diseño inicial, es por esto, que la corporación ha tenido que hacer adecuaciones para suplir

necesidades de demanda, pero tales adecuaciones no cumplen el reglamento técnico vigente, e infringen el reglamento que rige a las instalaciones eléctricas de esta naturaleza, además el sistema eléctrico tiene falencias de suministro, pues se ha sobre cargado por la insuficiente capacidad de suministro. Situación que no permite obtener la certificación RETIE, y la acreditación de los laboratorios.

El presente involucra las estrategias metodológicas, con las cuales se puede dar cumplimiento al RETIE y RETILAP, así como la forma de implementar aspectos del Uso Racional de la Energía (URE). A partir de la obtención de la información, y con los soportes suficientes, se justifica y propicia la ejecución del rediseño eléctrico, que se elaboró, basado en las necesidades actuales, futuras y teniendo en cuenta los parámetros anteriormente enunciados.

La estructuración del documento se describe a continuación. El Capítulo 1 contiene las generalidades del proyecto, dentro de las cuales está: El planteamiento del problema, justificación y objetivos. Posteriormente en el Capítulo 2 se establece el marco teórico que se tiene en cuenta para el desarrollo del trabajo de grado.

El Capítulo 3 contiene el análisis realizado del sistema eléctrico de la C.I.C. con base al concepto de inspección realizado por la empresa INGENIERIA MEQ LTDA. Para complementar este capítulo, en el Capítulo 4 se establece la forma como se recolectó la información, la tabulación de la misma, los planos eléctricos del estado actual de la instalación, elaborados por los autores, así como la medición de los niveles de iluminación y el perfil de carga de la C.I.C.

Posteriormente, en el Capítulo 5 se presenta un análisis, con base a los alcances de este proyecto, del diagnóstico de calidad de suministro de energía eléctrica y se proponen algunas recomendaciones de acuerdo a los resultados obtenidos de este diagnóstico.

El Capítulo 6 presenta la forma como se contrastó la reglamentación vigente con el estado actual de la red de uso final y en el Capítulo 7 se realiza una propuesta para dar solución a la problemática diagnosticada en los capítulos anteriores. Finalmente, el Capítulo 8 contiene las conclusiones más relevantes del trabajo de grado y se plantean algunas recomendaciones para la continuidad del mismo.

1. GENERALIDADES

A continuación se plantea la problemática a la cual se da solución en este documento, su justificación y los objetivos a cumplir

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta el artículo 10.1 del RETIE una instalación, según su tipo y complejidad, deberá cumplir con los siguientes aspectos: La elaboración de planos y los esquemas eléctricos constructivos, elaboración de diagramas unifilares, memorias de cálculo, estimación de demanda futura, entre otras. Adicionalmente, para un buen diseño eléctrico, es necesario conocer previamente el tipo de carga que se desea alimentar, así como el entorno en donde deben funcionar, pues esto permite clasificar la instalación, y prever el tipo de diseño que requiere para hacerla más óptima, segura y cumplir los reglamentos vigentes según como se clasifique la red de uso final.

El lugar en el cual funciona la C.I.C. no fue proyectado, en cuanto a diseño eléctrico se refiere, para el tipo de demanda y cargas que este necesita, dado que fue un diseño que se hizo pensando en que allí funcionaria una correccional de menores; esto conllevó a que las adecuaciones eléctricas que tuvieron lugar para alimentar las cargas de la C.I.C., fueran encaminadas a solventar únicamente los problemas de demanda energética, sin tener en cuenta criterios técnicos que respetaran la reglamentación vigente para el tipo de instalación eléctrica y ambiente especial que debe tener la C.I.C., lo que hace que la instalación actual, además de ser insegura para los equipos y las personas, presente problemas de sobre cargas, mala regulación, entre otros, que quedaron consignados en un

informe de riesgo eléctrico presentado por la empresa Ingeniería MEQ LTDA, en el mes de julio de 2013; en donde se hacen múltiples recomendaciones, dentro de las cuales debe destacarse la necesidad de desarrollar un diagrama unifilar de la instalación actual, éste, según el informe, es de vital importancia para garantizar procedimientos seguros a la hora de maniobrar alguno de los artefactos que componen la red de uso final en condiciones de trabajo normal.

En la actualidad no se cuenta con planos de las redes existentes, tampoco existe información técnica que permita conocer el estado de los elementos que conforman el sistema eléctrico, ni las condiciones en que fueron adquiridos; tampoco existe seguimiento documentado de los mantenimientos efectuados a la subestación.

Las instalaciones existentes exponen a los usuarios a diversos riesgos, potenciales y reales, dentro de los cuales se hace hincapié en los siguientes:

- La ausencia del diagrama unifilar de las instalaciones eléctricas no facilita los trabajos de mantenimiento, ni los procedimientos de instalación segura de los equipos.
- Varios tableros de distribución, presentan anomalías como la ausencia de las tapas protectoras en los circuitos de reserva, lo cual representa un alto riesgo de choque eléctrico por contacto directo con los componentes energizados dentro de los tableros expuestos.
- El incumplimiento más recurrente de la instalación con respecto a la norma, está en la falta de identificación de los tableros y las protecciones de los circuitos ramales.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

La C.I.C. tiene como visión ofrecer servicios con los más altos niveles de calidad, seguridad y confiabilidad, contando con una estructura organizativa y procedimientos enmarcados en sistemas de gestión de calidad [2]. Para lograr este objetivo es necesario, entre otras cosas, que la planta física este adecuada para la actividad que allí se realiza, esto incluye que la instalación eléctrica cumpla los requisitos y prescripciones técnicas del marco reglamentario vigente (RETIE y RETILAP).

Según lo expuesto por los funcionarios de la organización y con las anomalías que fueron detectadas en el trabajo de campo, actualmente las instalaciones presentan alto riesgo o peligro inminente que compromete a la salud de las personas, la seguridad de la instalación y las edificaciones contiguas, debido a las numerosas ampliaciones o remodelaciones que no cumplen lo establecido en el RETIE, y en caso de alguna eventualidad, los responsables de dicha remodelación pueden ocasionar accidentes o daños a la infraestructura.

Entre los mayores problemas que actualmente presentan las instalaciones eléctrica de la C.I.C. es no contar con planos de las redes existentes, ni documentos técnicos que permitan conocer el estado de los elementos que conforman las redes de uso final. Como consecuencia de lo anterior, la anomalía más recurrente de la instalación con respecto a la norma, está en la falta de marcación de los tableros y equipos eléctricos. Por esto, fue prioritario el levantamiento de la información de las instalaciones eléctricas de la edificación, en planos y diagramas unifilares, junto a la marcación de los nombres o códigos de los equipos, tableros y circuitos de distribución en campo.

Por otro lado, en la visita de campo, fueron detectados diversos puntos en los cuales el valor eficaz de la tensión medida no correspondía con la regulación de

tensión exigida por la reglamentación colombiana y el RETIE (valores eficaces de tensión entre 70-80V donde el valor nominal es de 120V). Esta inadecuada regulación de tensión, impide el buen funcionamiento y reduce la vida útil de los equipos. Por esto es necesario efectuar el diagnóstico de algunos de los parámetros técnicos de las instalaciones eléctricas existentes para validar la necesidad de actualizar las instalaciones eléctricas.

Por los motivos expuestos es de gran importancia la realización de este estudio, en donde se analiza la condición actual de la instalación para justificar la realización de un rediseño total o parcial, el cual se realizará cumpliendo las exigencias para este tipo de instalación, con el fin de obtener una certificación plena RETIE para cumplir los objetivos propuestos por la C.I.C.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.

El objetivo general de este trabajo de grado es: El Rediseño de las instalaciones eléctricas existentes en la C.I.C. (aguas abajo del transformador) con base en la caracterización de las necesidades actuales y futuras de sus instalaciones.

Para cumplir este objetivo general se establecieron los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar el concepto de inspección del sistema eléctrico realizado por la empresa ingeniería MEQ LTDA, en la corporación para la investigación de la corrosión (C.I.C.) ubicada en el Parque Tecnológico de Guatimar de la sede UIS de Piedecuesta.
2. Realizar el levantamiento en sitio para caracterizar la infraestructura eléctrica existente y desarrollar el diagrama unifilar de la red actual.
3. Adquirir la información de los parámetros técnicos de la instalación eléctrica cuando se encuentra en operación.

4. Diagnosticar la calidad de suministro de energía.
5. Identificar restricciones, anomalías y requisitos adicionales.
6. Realizar las memorias de cálculo y la planificación del nuevo diseño enfocado en el URE.
7. Realización de los planos del nuevo diseño.
8. Realización del estudio de costos.

2. MARCO TEÓRICO

A continuación se presenta los fundamentos teóricos requeridos para el desarrollo del trabajo de grado.

2.1 DEFINICIONES

A continuación se presentan los términos usados, por lo regular, en el diseño de instalaciones eléctricas, basados en las definiciones que aparecen en el RETIE y en la NORMA ESSA.

Accidente: Evento no deseado, incluidos los descuidos y las fallas de equipos, que da por resultado la muerte, una lesión personal, un daño a la propiedad o deterioro ambiental.

Acometida: Derivación de la red local del servicio respectivo, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

Acreditación: Procedimiento mediante el cual se reconoce la competencia técnica y la idoneidad de organismos de certificación e inspección, así como laboratorios de ensayo y de metrología.

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdidas de vidas, lesiones u otros impactos en la

salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

ampere: Unidad de medida de la intensidad de corriente eléctrica, equivalente a 1[C/s].

Análisis de riesgos: Conjunto de técnicas para identificar, clasificar y evaluar los factores de riesgo. Es el estudio de consecuencias nocivas o perjudiciales, vinculadas a exposiciones reales o potenciales.

Aviso de seguridad: Advertencia de prevención o actuación, fácilmente visible, utilizada con el propósito de informar, exigir, restringir o prohibir.

AWG: (American Wire Gauge) Calibre de alambre estadounidense, es una clasificación del diámetro de los conductores.

Cable: Conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas.

Capacidad o potencia instalada: También conocida como carga conectada, es la sumatoria de las cargas en kVA continuas y no continuas, previstas para una instalación de uso final. Igualmente, es la potencia nominal de una central de generación, subestación, línea de transmisión o circuito de la red de distribución.

Cargabilidad: Límite térmico dado en capacidad de corriente, para líneas de transporte de energía, transformadores, etc.

Certificación: Procedimiento mediante el cual un organismo expide por escrito o por un certificado de conformidad, que un producto, un proceso, un servicio o una persona cumple una(s) norma(s) de fabricación o de competencia.

Dictamen de inspección: Documento emitido por el organismo de inspección, mediante el cual se evidencia el cumplimiento o incumplimiento de los requisitos contemplados en el RETIE que le aplican a esa instalación eléctrica. Cuando el dictamen demuestra el cumplimiento del reglamento se considera una certificación de inspección.

Distancia de seguridad: Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

Electrodo de puesta a tierra: Es el conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con el suelo.

Extensión: Conjunto compuesto de tomacorriente, cables y clavija; sin conductores expuestos y sin empalmes, utilizado con carácter provisional.

Factor de riesgo: Condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional.

GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter): Interruptor de circuito rápido que percibe pequeños desbalances en el circuito, que pueden ser ocasionados por corrientes a tierra, y en solo fracciones de segundo, interrumpe la circulación de corriente eléctrica por un circuito.

Iluminancia: Es la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su unidad, el lux, equivale al flujo luminoso de un lumen que incide homogéneamente sobre una superficie de un metro cuadrado.

Inspección: Conjunto de actividades tales como medir, examinar, ensayar o comparar con requisitos establecidos, una o varias características de un producto o instalación eléctrica, para determinar su conformidad.

Instalación eléctrica: Conjunto de aparatos eléctricos, conductores y circuitos asociados, previstos para un fin particular: Generación, transmisión, transformación conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica.

Instalación eléctrica ampliación: Es aquella que implica solicitud de aumento de capacidad instalada o el montaje adicional de dispositivos, equipos, conductores y demás componentes.

Instalación eléctrica nueva: Es toda instalación construida con posterioridad a mayo 1 de 2005, fecha de entrada en vigencia de la Resolución 180398 del 7 de abril de 2004 por la cual se expidió el RETIE.

Instalación eléctrica remodelación: Es la sustitución de dispositivos, equipos, conductores y demás componentes de la instalación eléctrica.

Interruptor: Dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito, tiene funciones de control pero no de protección.

Lumen: Es la unidad del Sistema Internacional de Unidades para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente.

Lux: Unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para el nivel de iluminación. Equivale a un lumen/m².

Malla de puesta a tierra: Un sistema de electrodos de tierra horizontales que con un número de conductores desnudos interconectados, enterrados en la tierra,

proporcionando una base común para los dispositivos eléctricos o estructuras metálicas. Por lo general en una ubicación específica.

Norma Técnica Colombiana: Norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización.

Número de impactos directos de rayos a una estructura (Nd): Número anual de rayos esperados sobre la estructura.

Objetivo a proteger: Estructura o acometida de servicio a ser protegida contra los efectos del rayo.

Plano eléctrico: Representación gráfica de las características de diseño y las especificaciones para construcción o montaje de equipos y obras eléctricas.

Puesta a tierra: Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

Red interna: Es el conjunto de conductores, canalizaciones equipos (accesorios, dispositivos y artefactos) que llevan la energía eléctrica desde la frontera del operador de red hasta los puntos de uso final.

Rendimiento cromático: Es una medida o factor de comparación que permite caracterizar la observabilidad de los colores en el medio, en presencia de fuentes de iluminación artificiales, tomando como referencia la fuente de iluminación exterior natural (el sol), que es el máximo valor de referencia en la escala (0-100).

Resistencia de puesta a tierra: Es la relación entre el potencial del sistema de puesta a tierra a medir, respecto a una tierra remota y la corriente que fluye entre estos puntos.

Riesgo: Probabilidad de que en una actividad, produzca una pérdida determinada, en un tiempo dado.

Riesgo tolerable (Rt): Valor máximo del riesgo el cual puede ser tolerado por el objeto a proteger.

Sistema de puesta a tierra: Conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corrientes.

Sistema ininterrumpido de potencia (UPS): Sistema diseñado para suministrar electricidad en forma automática, cuando la fuente de potencia normal no provea la electricidad.

Sobrecarga: Funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal.

Tablero: Encerramiento metálico o no metálico donde se alojan elementos tales como aparatos de corte, control, medición, dispositivos de protección y barrajes.

2.2 CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN DE LA CORROSIÓN (C.I.C.)

La Corporación para la Investigación de la Corrosión se encuentra alojada al interior de la sede Guatiguará de la UIS y tiene un área estimada de 3250 m², es un centro de desarrollo científico y tecnológico, enmarcado en la ley de ciencia,

tecnología e innovación, dedicado a la prestación de servicios especializados, ejecución de proyectos, programas y desarrollo de productos tecnológicos para la gestión de corrosión e integridad, con el fin de ofrecer al sector productivo soluciones que contribuyan al fortalecimiento tecnológico, económico y sostenible del país [2].

2.2 REGULACIÓN DE TENSIÓN DE LA RED

Corresponde al valor porcentual de la razón entre la diferencia de los valores eficaces de la tensión en vacío y a plena carga, respecto al valor eficaz de la tensión de plena carga. La expresión matemática se enuncia a continuación [3]:

$$\partial\% = \frac{K_g * S * l * F_c}{V^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

$\partial\%$: Regulacion de tension porcentual

K_g : constante de regulaci3n (Tabla 3.25 Norma ESSA).

F_c : Factor de correcci3n (Tabla 3.26 ESSA; para circuitos trif3sicos es igual a 1).

S : Potencia aparente

l : Longitud entre receptor y fuente.

Los porcentajes de regulaci3n permitidos, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Porcentajes de regulación de tensión

Descripción	%
Redes de distribución, B.T., zona urbana	5
Redes de distribución, B.T., zona rural	7
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador.	3
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) desde redes de la empresa	2
Circuito ramal	2
Alumbrado público	4

Fuente: Norma ESSA

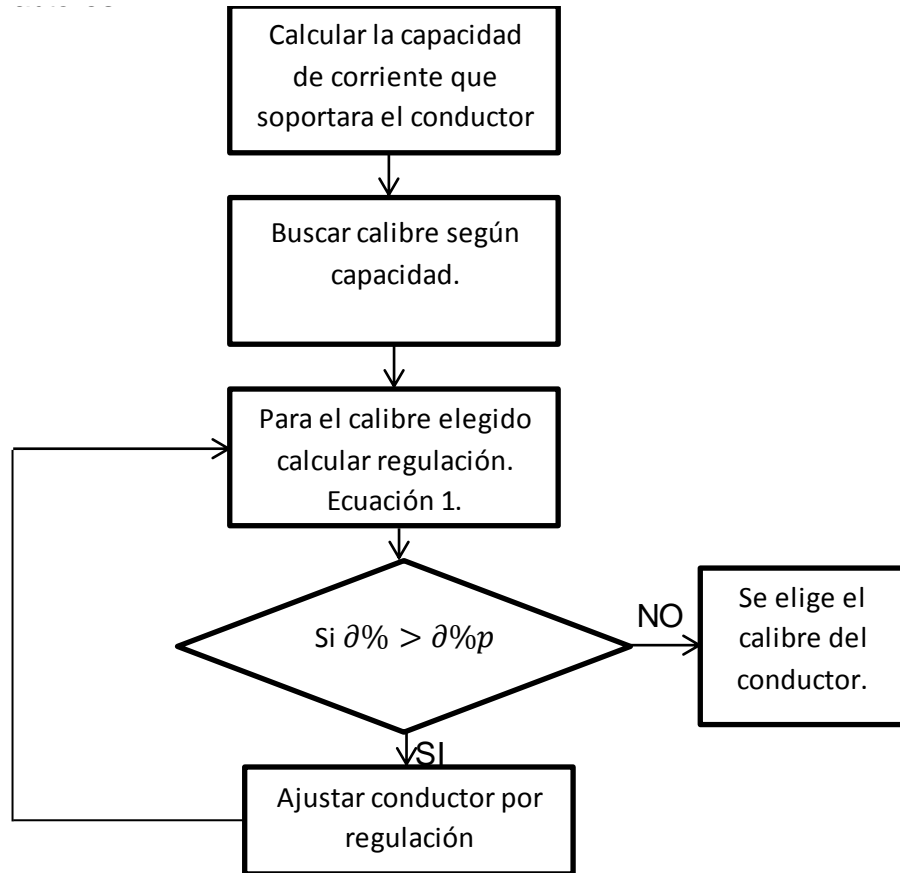
2.3 SELECCIÓN DE CONDUCTORES (FASE Y NEUTRO)

Los conductores se seleccionaran teniendo como criterio de elección tanto la regulación de tensión, como la capacidad de transporte de corriente, basado en estos dos criterios, se tomara el caso más crítico de ambos.

Para la capacidad de transporte, se debe ajustar el valor calculado, según el número de conductores que compartan ducto, aplicando los factores de corrección correspondientes (Tabla 3.17 Norma ESSA), adicionalmente, se deben tener en cuenta los factores de corrección por temperatura según lo indicado en la NTC 2050 Tabla B-310-1 [4].

Una vez seleccionado el calibre según la capacidad, se procede a hacer el cálculo de la caída porcentual de tensión $\partial\%$ con la constante de regulación correspondiente al calibre seleccionado por corriente (Tabla 3.25 Norma ESSA), luego, se verifica que cumple lo establecido en la Tabla 1 (regulación admitida $\partial\%_p$). Si cumple, se elige dicho conductor, de lo contrario se hace el correspondiente ajuste por regulación (ver Figura 1).

Figura 1. Procedimiento para elegir calibre del conductor



2.4 SELECCIÓN DE PROTECCIONES

La selección de un sistema de protección es importante para disminuir el impacto que genera una falla dentro de la red, favoreciendo la preservación de la integridad física de personas, animales y de la misma instalación. Despejar una falla en el menor tiempo posible, puede ser la diferencia entre un pequeño contra tiempo y una tragedia lamentable. Por tal razón, la elección de protecciones se debe hacer bajo criterios de fiabilidad, confiabilidad y seguridad; con base a la sección 240, de la NTC-2050, y para circuitos ramales se toma como referencia la sección 210 [4].

2.5 SELECCIÓN DE LOS DUCTOS

La selección de los ductos se realiza según lo sugerido en las secciones 341 a 351 de la NTC-2050, tales numerales presentan las características de los distintos tipos de ductos, las especificaciones técnicas y la forma más idónea para la correcta instalación de los mismos.

Así mismo, se hace uso de los porcentajes de ocupación que aparecen en la Tabla 2, los cuales indican el porcentaje que debe quedar ocupado cuando se llenen las tuberías.

Tabla 2. Porcentaje de sección transversal en tubos conduit y tuberías.

Número de conductores	1	2	Más de 2
Todos los tipos de conductores	53%	31%	40%

Fuente: Norma ESSA

2.6 BANDEJAS PORTA CABLES Y CANALETAS

Las canaletas no pueden alojar en su interior más de treinta (30) conductores portadores de corriente en ningún punto, adicionalmente, la suma del área de la sección transversal de los conductores contenidos, no debe superar al 20% del área de la sección transversal de la canaleta [3].

Las bandejas porta cables no metálicas pueden usarse en donde se requiera aislamiento de tensión o en zonas corrosivas, se prohíbe el uso de éstas en fosos de ascensores o donde según características constructivas u otras, puedan estar sujetas a daños físicos [3].

Los requisitos de las bandejas porta cables deben cumplir lo establecido en el artículo 20.3 RETIE [1], así como las canalizaciones deben cumplir las especificaciones del artículo 20.6 del mismo reglamento.

2.7 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

El RETIE [1] establece en su Artículo 15 que toda instalación eléctrica debe disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), con el objetivo de salvaguardar la vida de las personas, de las diferentes tensiones que se presentan en la instalación cuando ocurre una falla. Dicho esto, se debe tener presente que el criterio principal para brindar condiciones de seguridad a los seres vivos, es la máxima energía eléctrica que pueden soportar, debido a tensiones de paso, de contacto o transferidas.

Los objetivos de un SPT son:

- Asegurar que las personas, dentro de los límites de protección del SPT, no estén expuestas al peligro de una descarga eléctrica crítica.
- Suministrar los medios para transportar corrientes eléctricas a la tierra en condiciones normales y de falla sin exceder límites de funcionamiento de equipos o atentar contra la continuidad del servicio.
- Compatibilidad electromagnética (EMC).

2.7.1 Resistencia de puesta a tierra La resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente a la elevación máxima del potencial. En la Tabla

3 pueden observarse los valores de referencia para la resistencia de puesta a tierra, adoptado de la Tabla 15.4 del RETIE¹

Tabla 3. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra.

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
SUBESTACIÓN DE MEDIA TENSIÓN	30 Ω
PROTECCIÓN CONTRA RAYOS	30 Ω
PUNTO NEUTRO DE ACOMETIDA EN BAJA TENSIÓN	25 Ω
REDES PARA EQUIPOS ELECTRÓNICOS O SENSIBLES	10 Ω

Fuente: RETIE.

Estos valores de resistencia no exoneran al diseñador y constructor de garantizar que las tensiones de paso, contacto y transferidas no superen los valores máximos permitidos.

2.7.2 Metodología utilizada en el diseño del sistema de puesta a tierra El diseño del sistema de puesta a tierra se hará mediante la metodología de la IEEE 80-2000: Guide for safety in AC Substation Grounding (Guía para la seguridad en el aterrizado de subestaciones en AC).

2.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO UTILIZADO EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

Las características técnicas de los equipos utilizados en el desarrollo del trabajo de grado se relacionan a continuación.

¹ Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Resolución No. 90907. Octubre de 2013, 113p

2.8.1 Analizador de redes El analizador de redes utilizado para la medición y registro de parámetros que permiten estimar las características de la calidad de suministro requeridas de acuerdo con el alcance del proyecto es el analizador de la energía y calidad eléctrica 435 Serie II Fluke².

2.8.2 Luxómetro digital La obtención de los parámetros de iluminación, se hizo por medio del Luxómetro digital modelo YF-172, el cual es compatible con unidades de nivel de iluminación LUX y FC (food candle), cumple JISC 1609:1993 y CNS 5119 clase A genérica. El detalle de sus características se encuentra en la página web del fabricante³.

2.8.3 Pinza amperométrica Fluke 376 Las características de la pinza, se tabulan en la Tabla 4. Especificaciones técnicas de la pinza amperométrica Fluke 376

Tabla 4. Especificaciones técnicas: Pinza amperométrica

Especificaciones eléctricas	
Rango	999,9 A
Resolución	0,1 A
Precisión	2% ± 5 dígitos (10-100 Hz)
Factor de cresta (50/60 Hz)	3 a 500 A (solo 375 y 376) 2,5 a 600 A 1,42 a 1 000 A (solo 376) Sume un 2% para FC > 2
Corriente de CA mediante sonda de corriente flexible	
Rango	2 500 A
Resolución	0,1 A (≤999,9 A) 1 A (≤2 500 A)
Precisión	3% ± 5 dígitos (5 a 500 Hz)
Factor de cresta (50/60Hz)	3,0 a 1 100 A (solo 375 y 376)

² Instrumentos de medida Fluke; Analizador de redes. Disponible: <http://www.fluke.com/fluke/mxes/Medidores-de-Calidad-de-la-Energia-Elctrica/Logging-Power-Meters/Fluke-435-Series-II.htm?PID=73939>

³ Cablematic, Luxometro Digital. Disponible: http://www.cablematic.es/producto/Luxometro-digital-modelo-YF_hyphen_172/

Corriente de CA mediante sonda de corriente flexible	
	2,5 a 1 400 A
	1,42 a 2 500 A
	Sume un 2% para FC > 2

Fuente: Fluke⁴

2.9 USO RACIONAL DE LA ENERGÍA

El Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE), fue declarado un asunto de interés nacional, de tipo social y público en Colombia, mediante Ley 697 de octubre 3 de 2011, en su Artículo 5, plantea la creación del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía “PROURE”, el cual establece algunos criterios a tener en cuenta para el óptimo aprovechamiento de la energía. Dentro de estos criterios se destaca en este documento uno muy importante y que tiene que ver con la optimización de la energía eléctrica, como lo es: La sustitución de bombillas incandescentes y la difusión, promoción y aplicación de buenas prácticas en sistemas de iluminación.

En los nuevos diseños de instalaciones eléctricas, se sugiere a los diseñadores implementar practicas encaminadas a promover un uso eficiente de la energía eléctrica, sin embargo, esto se deja finalmente al criterio del diseñador, quien es el que en últimas decide que prácticas en favor del URE, desea implementar en su diseño.

⁴ Instrumentos de medida FLUKE; Pinza amperimétrica. Disponible: <http://www.fluke.com/fluke/eses/Pinzas-Amperim%C3%A9tricas/Fluke-376.htm?PID=70403>

3. ANÁLISIS DEL CONCEPTO DE INSPECTORÍA DEL SISTEMA ELÉCTRICO REALIZADO POR LA EMPRESA INGENIERÍA MEQ LTDA.

La C.I.C. en julio del 2013 contrato los servicios de la empresa INGENIERÍA MEQ LTDA, para realizar un diagnóstico de las instalaciones eléctricas y los riesgos asociados a ésta. La empresa elaboró un informe por escrito con algunas observaciones, sugerencias y conclusiones de la inspección.

En este capítulo se hace una revisión de la información que contiene el informe, y se plantean alternativas de solución basadas en la reglamentación vigente, también se da una noción preliminar del estado en que se encuentra la instalación eléctrica de la C.I.C. y la manera como se debe abordar las soluciones a las diversas problemáticas que plantea dicho informe

3.1 REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL INFORME

En el informe de inspección se reportan 122 anomalías, 105 de carácter peligroso, 5 importantes y 12 advertencias, además de la descripción en detalle de cada problema y algunas recomendaciones. El problema principal y del que se derivan muchos otros, es la falta de información de las instalaciones eléctricas de la edificación en planos y diagramas unifilares, requisito fundamental en el diseño de instalaciones eléctricas (RETIE [1] Artículo 10.1), ya que sin ésta no se pueden realizar procedimientos seguros en la operación normal de los equipos, ni en los mantenimientos o en los planes de emergencia del edificio. Como resultado de lo anterior, la anomalía más recurrente de la instalación con respecto a la norma, está en la falta de marcación con un nombre o código de los tableros y equipos

eléctricos, que coincida con un plano y/o diagrama unifilar eléctrico (NTC 2050 [4] sección 110-22).

La zona donde está ubicada la subestación no tiene una marcación adecuada de la función que allí se realiza, como se muestra en la Figura 2, tampoco dispone de avisos que permitan el ingreso exclusivo a personal autorizado. Así mismo, no permanece cerrada bajo llave (NTC 2050 [4] sección 110-34). Internamente la iluminación e instalación eléctrica se encuentra en mal estado, existen conductores expuestos y luminarias en malas condiciones por la humedad como se puede observar en las figuras 3 y 4 [6].

Figura 2 Entrada a la subestación



Fuente: Informe de inspección [6]

Figura 3. Conductores a la vista al interior de la subestación



Fuente: Informe de inspección [6]

Figura 4. Salida para iluminación de la subestación.



Fuente: Informe de inspección [6]

Las partes metálicas de la subestación no se encuentran conectadas al sistema de puesta a tierra, las bisagras no cuentan con conexiones equipotenciales, exponiendo al personal encargado a choques eléctricos por contacto indirecto (RETIE [1] Artículo 20.23.1.4). La celda del seccionador tiene sin funcionamiento el enclavamiento mecánico de la puerta, para permitir su apertura únicamente bajo condiciones de desconexión. El tablero de baja tensión exhibe conductores y accesos no permitidos, tampoco tiene una marcación correcta de la operación que ejecutan las protecciones (NTC 2050 [4] sección 100-22).

Por otro lado, el tablero de distribución principal (ver Figura 5) se encuentra en muy mal estado y, al igual que la subestación, no está marcado con un nombre o código que concuerde con los planos o diagramas unifilares de la instalación. La falta de mantenimiento ha provocado el deterioro del tablero, especialmente del acrílico protector. No es posible cerrar el tablero bajo llave, permitiendo intervenciones no autorizadas. No existe un puente de unión equipotencial en las puertas (RETIE [1] Artículo 20.23.1.2), por lo tanto existe el riesgo de electrocución de un transeúnte que tenga un contacto eventual y desprevenido con dicha superficie, por energización accidental del equipo. No todas las protecciones están marcadas con la operación que ejecutan, lo que provoca confusiones y problemas a la hora de intervenir algunos circuitos como manifestaron funcionarios de la sede (NTC 2050 [4] sección 100-22).

Figura 5. Tablero de distribución principal.



Fuente: Informe de inspección [6]

En las instalaciones de la C.I.C. existen actualmente 19 tableros de distribución secundarios y, como se mencionó anteriormente, por la falta de planos y diagramas unifilares, ninguno de ellos tiene un correcto etiquetado. Por otro lado, la mayoría de estos presentaron no conformidad con respecto a la colocación de tapas protectoras en los circuitos de reserva como se ve en la Figura 6, provocando con esto, un alto riesgo de choque eléctrico por contacto directo

(RETIE [1] Artículo 20.23.1.1). Además un número importante de los tableros no se pueden cerrar correctamente, ya sea porque la tapa protectora no es la indicada para el tablero (Ver figura 7) o por que el ingreso de cables de manera errónea imposibilita cerrar sin producir esfuerzos mecánicos que pudieran dañar estos cables.

Otro elemento de riesgo se produce porque no existe o no están bien programados los planes de mantenimiento de los componentes eléctricos de la instalación, la mayoría de los tableros muestra exceso de residuos y obstrucciones que afectan el manejo del tablero. Además existen tableros en mal estado (ver Figura 7), que ponen en peligro toda la instalación y se deben reemplazar lo más pronto posible por tableros nuevos que cumplan con todas las barreras de protección.

Figura 6. Tablero distribución secundario HT-HP



Fuente: Informe de inspección [6]

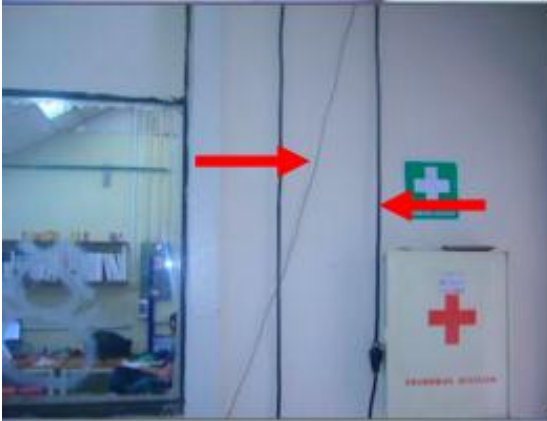
Figura 7. Tablero de distribución secundario Plasma



Fuente: Informe de inspección [6]

Continuando con los circuitos ramales, el estudio indica las siguientes anomalías: La falta de canalizaciones que hace que existan conductores expuestos, debido a la necesidad de nuevos circuitos para suplir ciertas necesidades que van surgiendo (ver Figura 8), lo que indica poca flexibilidad en la instalación eléctrica. Además, según las disposiciones de obligatorio cumplimiento del RETIE [1] Artículo 27.4.1, los sitios húmedos o mojados como lavamanos, lavaplatos, etc. deben disponer de tomacorrientes con protección contra fallas a tierra o GFCI, lo que actualmente no ocurre en todos los casos como se puede observar en la Figura 9. También se distinguen numerosas canaletas y canalizaciones en mal estado, lo que hace que muchos elementos conductores estén por fuera de estas de manera inadecuada.

Figura 8. Laboratorio de electrónica 2.



Fuente: Informe de inspección [6]

Figura 9. Laboratorio Weather –ometer



Fuente: Informe de inspección [6]

Según el informe de inspección, existen por lo menos 13 fallas de alto riesgo en el sistema de iluminación, y en general toda la instalación presenta problemas por no alcanzar los niveles mínimos exigidos por la normativa vigente, esto se debe en muchos casos por la falta de luminarias o mantenimiento de las existentes, también existe un gran número de lámparas fluorescentes no aprobadas por falta de barrera protectora del tubo, dejando acceso a partes eléctricamente activas como se aprecia en la Figura 10 (RETIE [1] Artículo 17). Adicionalmente se reportan luminarias dañadas que aún están instaladas, lo que incrementa el riesgo

eléctrico por posibles cortocircuitos. Hay que recordar que un sistema deficiente de iluminación puede causar efectos adversos sobre la salud visual de los trabajadores; acercarse demasiado a la pantalla del ordenador o libro, puede producir un desgaste mental en las personas, dolores de cabeza y en casos más graves, puede provocar una mala visión lejana temporal (miopía inducida). El informe recomienda rediseñar el sistema de iluminación en oficinas o laboratorios que no estén cumpliendo el nivel mínimo exigido en la norma ISO 8995.

Figura 10. Luminarias laboratorio Electrónica 2.



Fuente: Informe de inspección [6]

3.2 FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN, TENIENDO EN CUENTA EL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE), LOS NUEVOS REQUISITOS Y EL ESTÁNDAR INSTITUCIONAL

El problema principal que presenta la C.I.C. es la falta de información de las instalaciones eléctricas de la edificación en planos y diagramas unifilares, por esto se propone realizar un levantamiento en sitio identificando la infraestructura eléctrica existente para realizar el diagrama unifilar actualizado. Definido esto y teniendo en cuenta que el problema más recurrente es la falta de marcación adecuada de tableros y equipos eléctricos, que coincida con planos y diagramas

unifilares eléctricos, se plantea realizar un etiquetado de todos los tableros y equipos eléctricos con una nomenclatura que concuerde con el diagrama unifilar. Además en el informe de inspección, junto a cada problema reportado se presenta una solución temporal para disminuir el riesgo eléctrico. Las soluciones propuestas anteriormente deberán ser ejecutadas lo más pronto posible con el fin de disminuir el alto riesgo eléctrico que actualmente presenta la C.I.C.

Como alternativa para la adopción de una solución definitiva, la C.I.C. emitió una carta a la coordinación de la sede UIS Guatiguará (ver Anexo 1), solicitando el rediseño de las instalaciones eléctricas. Medida que acompañada de un buen plan de mantenimiento preventivo, solucionaría de manera definitiva los problemas expuestos en el informe.

4. ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN DEL ESTADO ACTUAL

Esta etapa del proyecto se desarrolla en varias fases, dada la disponibilidad de equipos y la complejidad de los trabajos que se realizan en la C.I.C. Los soportes que evidencian el trabajo de campo se encuentran en el Anexo 2 “Registros de Actividad”, donde se indica cómo se realizaba el seguimiento de las actividades realizadas, así como de los compromisos y pendientes que quedaban luego de finalizar la actividad del día.

4.1 LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO

Por el tamaño de la C.I.C., se hace necesario dividir en zonas el área de la sede, las cuales se intervinieron según la complejidad del trabajo que se desarrolla en ellas, iniciando desde la zona con trabajo de menor complejidad denominada “administrativa”, hasta terminar en la zona de mayor complejidad denominada “Taller de Mecánica fina” (ver anexo 3. Plano de zonas intervenidas); cabe resaltar, que el trabajo de campo fue llevado a cabo únicamente los días sábados, por disposición de la sede.

La etapa de levantamiento e intervención por zona se desarrolló como se indica a continuación:

- 1) Identificación de cada zona en compañía de un delegado de la sede, quien guiaba la planeación de la intervención.
- 2) Registro de fichas técnicas (ver Anexo 4. “Fichas técnicas”), las cuales fueron elaboradas por el grupo de trabajo del presente proyecto y confrontan las

anomalías del elemento en revisión con la normatividad vigente, la metodología que se siguió para su registro se encuentra detallada en el capítulo 6.1.

- 3) Rotulado de los tableros en cada zona, según orden de intervención y rotulado de sus circuitos para individualizar a que elemento está alimentando, así, el tablero de la zona “administrativa” (primero en ser intervenido) fue rotulado como Tablero 1, y el tablero de la zona “Taller de Mecánica Fina” (última zona intervenida) fue rotulado como Tablero 15. Lo anterior con el objetivo de hacer más fácil la construcción del diagrama unifilar de la instalación actual (Anexo 5 “diagrama unifilar del estado actual”) y generar un inventario con la cantidad de tableros en uso, también esto permite individualizar las anomalías de cada tablero. Un ejemplo de la forma de rotular un tablero, se presenta en la Figura 11, la cual presenta una fotografía de antes y después del proceso de rotulado del tablero y los circuitos de la quinta zona intervenida.

- 4) Rotulado de toma corrientes e interruptores con referencia única (para esto fue necesario des-energizar el tablero, e ir manipulando cada protección), se realiza esto con el fin de conocer que tablero y que circuito alimenta cada componente, logrando de esta manera que puedan intervenir de forma segura. Esta información permite realizar inventario del total de componentes de los circuitos (tablas 5 y 6) e individualizar el estado de cada uno ellos para sugerir algunos ajustes, facilitar la construcción del diagrama unifilar y dar la ubicación exacta de los mismos. Un ejemplo de la forma de rotulado es el siguiente: El primer interruptor rotulado de la zona “Administrativa” que se alimenta del circuito #1, tendrá como primer término T01, que indica que este interruptor está conectado al Tablero 1, el segundo término, luego del primer guion, indica qué circuito del tablero es el que alimenta al elemento, que para el caso del ejemplo sería el C01, finalmente el último término le asigna una letra y un número al elemento. La referencia entonces para el primer interruptor

rotulado de la zona “administrativa” y que se alimenta del circuito uno sería: **T01-C01-L01** (la letra L, indica que es un interruptor de control de iluminación).

El inventario de los elementos (tomas e interruptores), con su respectiva referencia, así como también una breve descripción del estado en el que se encuentran, se adjunta en el Anexo 6 “inventario de toma corrientes e interruptores”. En las tablas 5 y 6 se presenta un resumen del inventario con el número de toma corrientes no regulados que actualmente funciona en cada zona (no incluye los no cableados, o los fuera de servicio) y el número de interruptores.

- 5) Se registraron tres niveles de riesgo (alto, medio y bajo) según el tipo y la importancia de la anomalía. Se clasifica como alto riesgo o de peligro inminente cuando no existan medidas de protección frente a condiciones donde se comprometa la instalación y la salud o vida de las personas, tales como: Ausencia de la electricidad, contacto directo o indirecto con partes energizadas, cortocircuitos y cualquier condición que represente daños severos o interrupciones del servicio. En la Tabla 7 se presenta la cantidad de anomalías encontradas en cada recinto según el nivel de riesgo (anomalías encontradas por inspección visual), en rojo se muestran las zonas con mayor necesidad de intervención. En el Anexo 7. “Registro fotográfico” se encuentra la descripción en detalle de las anomalías observadas durante el levantamiento eléctrico, diferentes a las reportadas en el informe de inspección descrito en el Capítulo 3.
- 6) Se registraron las cargas especiales que se encuentren en la C.I.C. tomando datos de placa y cualquier información técnica encontrada de las mismas. Se encontraron en total 181 cargas especiales (ver Anexo 8. “Inventario de cargas especiales”) distribuidas en los laboratorios como se ve en la Figura 12. Se observa que las condiciones eléctricas con mayor necesidad de mejora se

encuentran en: LABORATORIO DE WEATHER-OMETER Y CÁMARAS, ELECTRÓNICA 1, LABORATORIO DE ELECTROQUÍMICA, LABORATORIO DE ALTA PRESIÓN-ALTA TEMPERATURA (HT-HP) Y TALLER DE MECÁNICA FINA, ya que en caso de falla en el sistema eléctrico serian estos los que producirían mayores pérdidas. Con esta información y los parámetros técnicos de los equipos se realizan los cuadros de carga del diseño propuesto en este documento.

Figura 11. Ejemplo de rotulado para el Tablero 5.



Tabla 5. Resumen del inventario de toma corrientes

UBICACIÓN	Total toma corrientes
ALMACEN-EQUIPOS	1
BIBLIOTECA	2
BIOCORROSION	28
CAFETERIA	4

UBICACIÓN	Total toma corrientes
DESARROLLO DE SOFTWARE	2
DIRECCION03	3
ELECTRONICA1	6
ELECTRONICA2	6
GESTION-ADMINISTRATIVA-Y-FINANCIERA-1	3
GESTION-ADMINISTRATIVA-Y-FINANCIERA2	1
LAB.ALTA-PRESION	16
LAB.-ELECTROQUIMICA	4
LAB-FQ	23
MECANICA-FINA	20
MICRO-SANBLASTING	1
PLASMA	6
SECRETARIA	1
SOPORTE TI	2
WEATHER-O-METER-Y-CAMARAS	16
ZONA-COMUN-FRENTE-BAÑOS	1
ZONA-INTEGRIDAD	5
Total general toma corrientes	153

Fuente: Los autores

Tabla 6. Resumen del inventario de interruptores

UBICACIÓN	Total interruptores
ALMACEN DE EQUIPOS	1
BAÑO HOMBRES ZONA LAB	7
BAÑO MUJERES ZONA LAB	6
BAÑO-HOMBRES	1
BAÑO-MUJERES	1
BIBLIOTECA	3
BIOCORROSION	8
BODEGA	1
CAFETERIA	1
CONTABILIDAD	1
DESARROLLO SOFTWARE	3
DIRECCION03	4

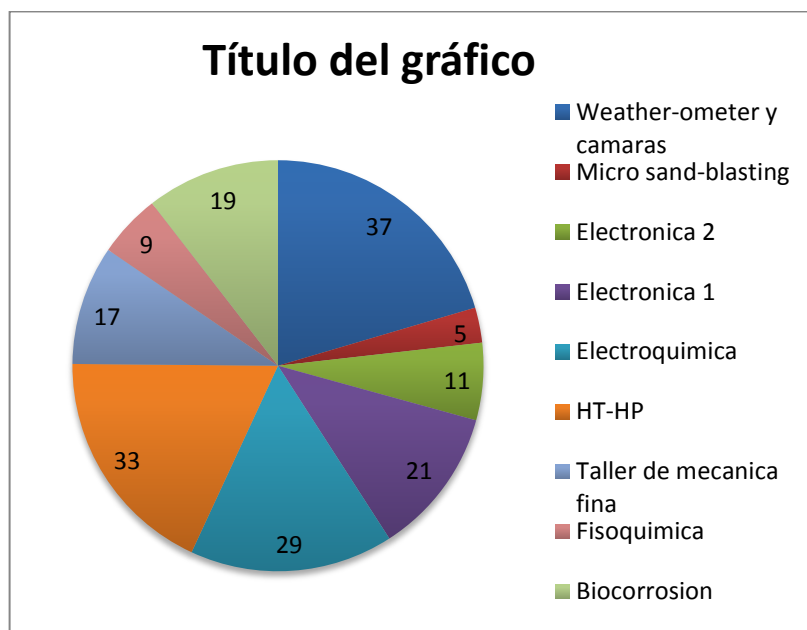
UBICACIÓN	Total interruptores
ELECTRONICA1	1
ELECTRONICA2	1
GESTION ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA 2	2
INTEGRIDAD	1
LAB.ALTA-PRESION	1
LAB.-ELECTROQUIMICA	1
MECANICA FINA	1
MICRO SANBLASTING	1
OFICINA-PLASMA	1
PROTECCION CATODICA	1
SECRETARIA	1
SOPORTE TI	2
WEATHER-OMETER Y CAMARAS	2
ZONA COMUN FRENTE A BAÑOS	1
ZONA COMUN FRENTE A ELECTRONICA 2	2
Total general interruptores	56

Tabla 7. Resumen de anomalías encontradas

ZONAS	NIVEL DE RIESGO DE ANOMALÍAS			TOTAL ANOMALÍAS POR ZONA
	ALTO	MEDIO	BAJO	
ALMACÉN DE EQUIPO	1	-	-	1
CAFETERÍA	1	-	-	1
CÁMARAS	1	2	-	3
DESARROLLO DE SOFTWARE	-	3	-	3
ELECTRÓNICA 1	1	1	2	4
ELECTRÓNICA 2	4	3	1	8
INTEGRIDAD	2	1	-	3
LAB: MICRO-SANDBLASTING	1	1	-	2
LAB. DE BIOCORROSION	3	-	-	3
LAB. ELECTROQUÍMICA	3	1	-	4
LAB. FISICOQUÍMICA	2	-	-	2
PLASMA	4	1	4	9
SOPORTE TI	1	-	-	1
TALLER MECÁNICA FINA	4	1	-	5

ZONAS	NIVEL DE RIESGO DE ANOMALÍAS			TOTAL ANOMALÍAS POR ZONA
	ALTO	MEDIO	BAJO	
WEATHER-OMETER	3	-	-	3
Total por nivel de riesgo	31	14	7	52

Figura 12 Resumen inventario cargas especiales



4.2 PLANOS DEL ESTADO ACTUAL

Para facilitar la intervención segura y dar una información más precisa de la topología de la instalación eléctrica, se realizan los planos del estado actual de la misma.

Estos planos, elaborados por el grupo de trabajo, proporcionan una topología de los circuitos hacia la caja de distribución, de la misma manera presentan una ruta para la acometida hacia el tablero principal; cada uno de los componentes eléctricos ilustrados en los planos (tomas, interruptores, luminarias) se han

etiquetado de forma tal que coincidan con el rotulado definido en la Sección 4.1. Los planos proporcionan a los interesados, información confiable sobre los componentes que se encuentran funcionando y los que están fuera de servicio.

Los planos que se incluyen para instalación actual son:

- Plano de la red interna actual no regulada, incluye dos planos que presentan la red no regulada dividida para facilitar la visualización de los componentes de los planos (ver Anexo 9).
- Plano eléctrico actual de la red regulada UPS (Ver Anexo 10)
- Diagrama unifilar del estado actual (Ver Anexo 5)

4.3 MEDICIÓN DE NIVELES DE ILUMINACIÓN

La metodología utilizada para la medición de los niveles de iluminación se encuentra en la sección 490 del RETILAP [7]. El método consiste en dividir el área en cuadrículas de 0,6 metros dependiendo de la distribución de las luminarias y tomar medidas en cada cuadrado con el luxómetro definido en la Sección 2.9, para después aplicar la ecuación de iluminancia promedio (Ecuación 2). La medición se realiza en varios momentos del día: mañana, medio día, tarde y noche.

A continuación se presenta el proceso completo para una zona específica. El laboratorio Weather-ometer, corresponde a un área regular con luminarias de dos filas, por lo tanto los puntos de medición se distribuyen como se muestra en la Figura 13. Los datos medidos se registran en la Tabla 8. La fórmula utilizada para calcular la iluminancia promedio para esta distribución de luminarias es:

$$E_{prom} = \frac{RN(M - 1) + QN + T(M - 1) + P}{M(N + 1)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

Eprom=Iluminancia promedio; N=Número de luminarias por fila; M=Número de filas; R, Q, P y T corresponde a los promedios de los puntos de medida.

Figura 13. Puntos de medida de iluminación en Lab Weather-ometer

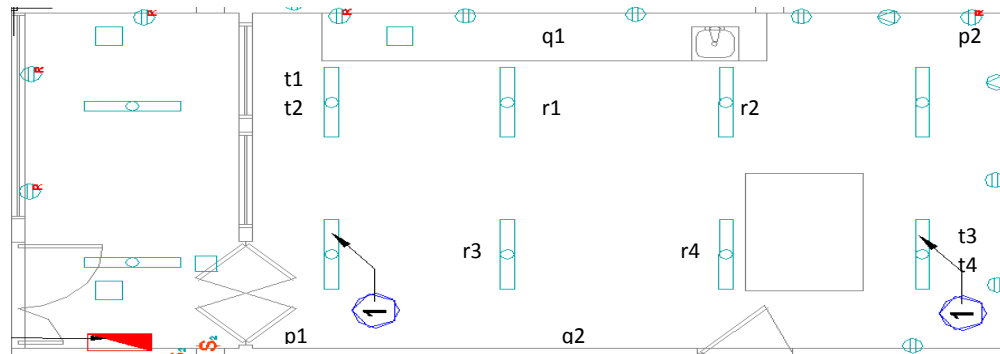


Tabla 8. Medición de iluminación para Lab Weather-ometer

PUNTOS DE MEDICIÓN	DIA			NOCHE
	MAÑANA (AM)	MEDIO DIA (M)	TARDE (PM)	
r-1	250	280	240	190
r-2	200	220	190	140
r-3	280	300	260	180
r-4	270	295	250	170
R1Prom	250	273,75	235	170
q-1	130	142	125	90
q-2	170	185	160	120
Q1Prom	150	163,5	142,5	105
t-1	130	140	120	90
t-2	125	130	115	80
t-3	190	200	180	130
t-4	180	190	160	120
Tprom	156,25	165	143,75	105
p-1	100	110	90	60
p-2	155	170	130	80
PProm	127,5	140	110	70

PUNTOS DE MEDICIÓN	DIA			NOCHE
	MAÑANA (AM)	MEDIO DIA (M)	TARDE (PM)	
Eprom	190,31	207,60	178,44	129,17

En la tabla 9 se muestran los valores de iluminancia promedio para todas las zonas, los datos en rojo indican los valores deficientes de iluminancia, en naranja los valores aceptables y en verde los valores correctos. Se observa que el 70% de la instalación no tiene niveles adecuados de iluminancia.

Tabla 9. Iluminancia promedio medida en todas las zonas

ZONAS	MAÑANA (AM)	MEDIO DIA (M)	TARDE (PM)	RESULTADO
DIRECCIÓN	300	333	280	ACEPTABLE
SECRETARIA	350	377	290	ACEPTABLE
ADMINISTRACIÓN 1	410	456	320	ACEPTABLE
ADMINISTRACIÓN 2	450	500	380	ACEPTABLE
LAB. FÍSICO QUÍMICA	700	725	520	CORRECTO
LAB. BIOCORROSIÓN	210	220	185	DEFICIENTE
OFICINA PLASMA	210	235	190	DEFICIENTE
LAB. CÁMARAS	244	261	220	DEFICIENTE
LAB. WEATHER-OMETER	190	207	178	DEFICIENTE
ELECTRÓNICA 2	280	290	266	DEFICIENTE
PROTECCIÓN CATÓDICA	270	292	230	DEFICIENTE
BIBLIOTECA	140	136	120	DEFICIENTE
DESARROLLO SOFTWARE	163	178	148	DEFICIENTE
SOPORTE TI	65	68	60	DEFICIENTE
TALLER MECÁNICA FINA	270	300	200	DEFICIENTE
LAB. HT-HP	204	223	188	DEFICIENTE
LAB.	201	220	185	DEFICIENTE

ZONAS	MAÑANA (AM)	MEDIO DIA (M)	TARDE (PM)	RESULTADO
ELECTROQUÍMICA				
INTEGRIDAD	286	300	274	DEFICIENTE
ELECTRÓNICA 1	278	292	266	DEFICIENTE

4.4 PERFIL DE CARGA

Con ayuda del analizador de redes y registros periódicos de parámetros eléctricos, se obtiene el perfil de carga de una semana típica (ver Figura 14) de lunes a viernes. Como se puede observar, la caída del consumo al medio día no es tan pronunciada como se puede ver en una curva de demanda diaria (CDD) para el sector comercial, con la cual se esperaría una semejanza (ver Figura 15). Por lo tanto, se revisó la actividad en este periodo de tiempo y se encontró un alto porcentaje de luces y pantallas de computadores encendidos, cuando no había personal en oficinas y laboratorios, lo que muestra un alto desperdicio y un uso no racional de la energía.

Figura 14. Perfil de demanda diaria de una semana típica; lunes a viernes

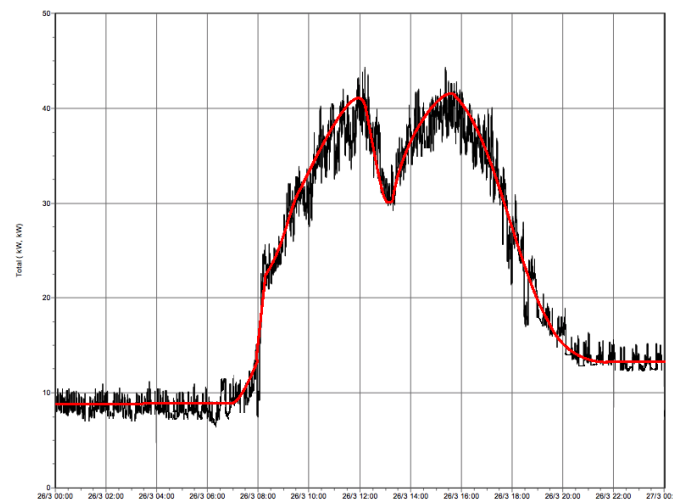
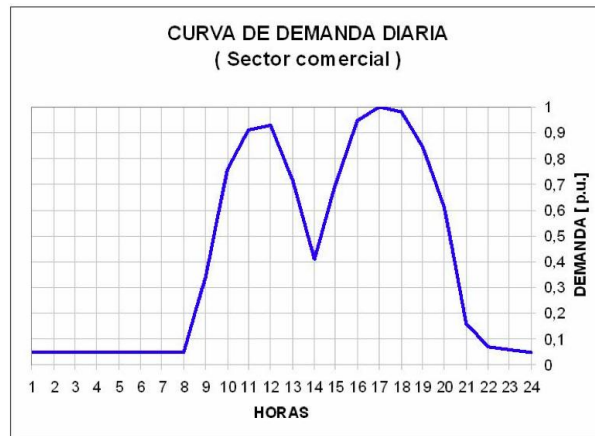


Figura 15. Curva de demanda sector comercial



Fuente: Norma ESSA [3]

5. DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE SUMINISTRO

Se utiliza el analizador de redes mencionado en la Sección 2.9.1. El equipo se conectó en compañía de planta física del PTG. Se utilizaron 4 entradas de tensión y 4 de corriente durante un periodo de una semana, entre el 27/03/2015 y el 03/04/2015. En la Figura 16 se presenta el resumen de la configuración del equipo para realizar el proceso de medición y un resumen de algunos de los eventos medidos.

Figura 16. Resumen de medición del analizador de redes

Topología de medición	3Ø EN ESTRELLA
Modo de aplicación	Registrador
Primera medida	27/03/2015 12:01:41 450mseg
Ultima medida	03/04/2015 12:01:31 450mseg
Intervalo de grabación	0h 0m 10s 0mseg
Tensión nominal	120 V
Corriente nominal	300 A
Frecuencia nominal	60 Hz
Hora de inicio del archivo	27/03/2015 12:01:41 450mseg
Hora de fin del archivo	03/04/2015 12:01:31 450mseg
Duración	6d 23h 59m 50s 0mseg
Número de eventos	149
Eventos descargados	Sí
Número de pantallas	0
Pantallas descargadas	No
Método de medición de potencia	Unificado
Tipo de cable	Copper
Espectro de armónicos	%H1
Modo THD	THD 40
Modo CosPhi / DPF	DPF

5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados se realizó con algunos de los indicadores de calidad de la potencia eléctrica establecidos en la resolución CREG No. 065 de 2012, teniendo en cuenta las normas que establece la resolución CREG No. 024 de 2005 y 016 de 2007 tales como: IEEE Std 519-1992, IEEE Std 1159-2009, Estándar IEC 61000-4-30, norma EN 50160 y la NTC 5001. Los indicadores de calidad de la potencia eléctrica estudiados son: frecuencia nominal, desviación estacionaria de la tensión eficaz, desbalance de tensión de secuencia negativa, distorsión armónica total de tensión (THDV), corrientes por neutro y fases del sistema

5.1.1 Frecuencia nominal El valor máximo, medio y mínimo de frecuencia del sistema registrado por el analizador de redes durante el periodo de medición fueron de: 60.113 Hz, 60.04 Hz, 59.876Hz respectivamente, los cuales se encuentran en el rango de 59,8 y 60,2 Hz permitido por el Código de Operación

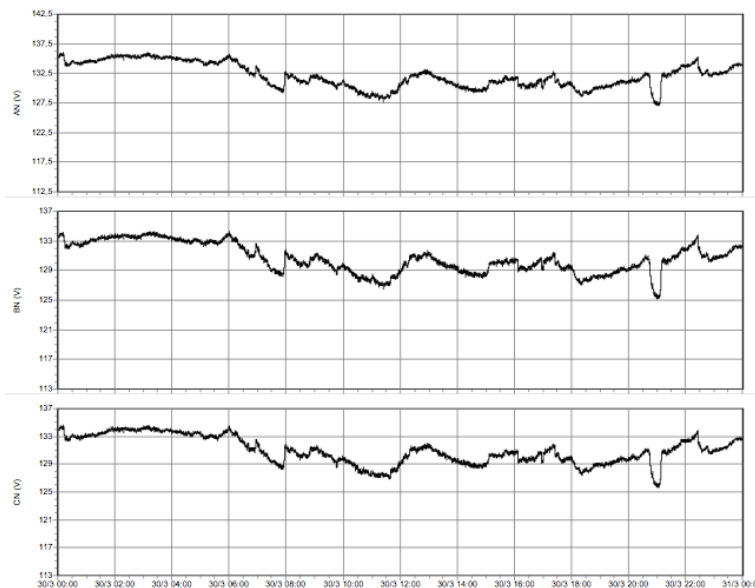
5.1.2 Indicadores de calidad de la tensión En la Tabla 10 se registran los promedios del valor eficaz de la tensión de la componente fundamental para un periodo de medición. Se resalta que el valor eficaz promedio de la tensión está 5V por encima del valor nominal (127 V), correspondiente al valor eficaz de la tensión fase neutro indicado en placas del transformador. La Figura 17 registra el comportamiento del valor eficaz de la componente fundamental de la tensión en un periodo de medición para cada una de las fases. Aunque los resultados indican que el valor eficaz promedio de la tensión fundamental, está por encima del valor nominal, la calidad del suministro es adecuada, dado que no hay variaciones por fuera del rango de $\pm 10\%$ de la tensión declarada (127 V) por tiempos de más de 10 minutos, como establece la norma EN-50160 [8] y la NTC 5001 (ver Tabla 11), tampoco por tiempos superiores a un minuto como lo establece la resolución CREG No. 065 de 2012. La norma EN-50160 sugiere un valor límite del 2% para

el desbalance de secuencia negativa, valor que no se alcanza ni siquiera por los máximos registrados por el equipo (Figura18). Respecto a la distorsión armónica de la onda de tensión (Figura 19), claramente se observa que no se supera el límite máximo de distorsión total de voltaje del 5% como lo establece la IEEE-519 de 1992 y la EN 61000-2-4.

Tabla 10. Valor eficaz de la tensión de la componente fundamental de la fase A

TENSIÓN FASE A-NEUTRO	
Vmax	136,05 V
Vmedio	132,12 V
Vmin	127,00 V

Figura 17 Perfil del valor eficaz de la tensión de la componente fundamental de las tres fases durante un periodo.



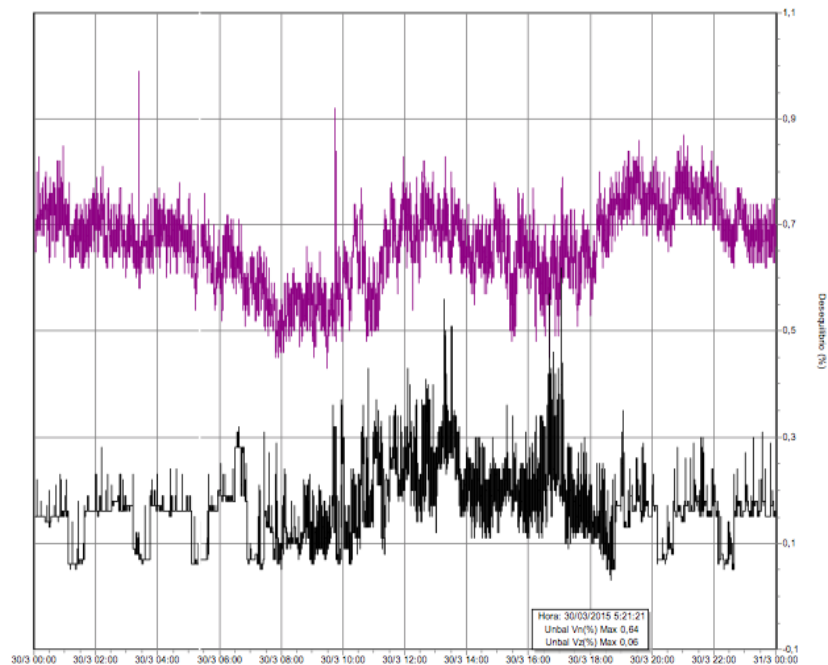
Fuente: Software power log

Aunque los resultados indican que el valor eficaz promedio de la tensión fundamental, está por encima del valor nominal, la calidad del suministro es

adecuada, dado que no hay variaciones por fuera del rango de $\pm 10\%$ de la tensión media por tiempos de más de 10 minutos, como establece la norma EN-50160 [8] y la NTC 5001 (ver Tabla 11)

La norma EN-50160 sugiere un valor límite del 2% para el desbalance de secuencia negativa, valor que no se alcanza ni siquiera por los máximos registrados por el equipo (Figura 18). El indicador de contenido armónico para la tensión (THDv) se puede ver en la Figura 19, claramente se observa que no supera el límite de 5% establecido por la norma EN 61000-2-4.

Figura 18. Desbalance de la secuencia negativa (morada) y la secuencia cero (negro) de la componente fundamental de las tensiones del sistema trifásico, durante un periodo de medición

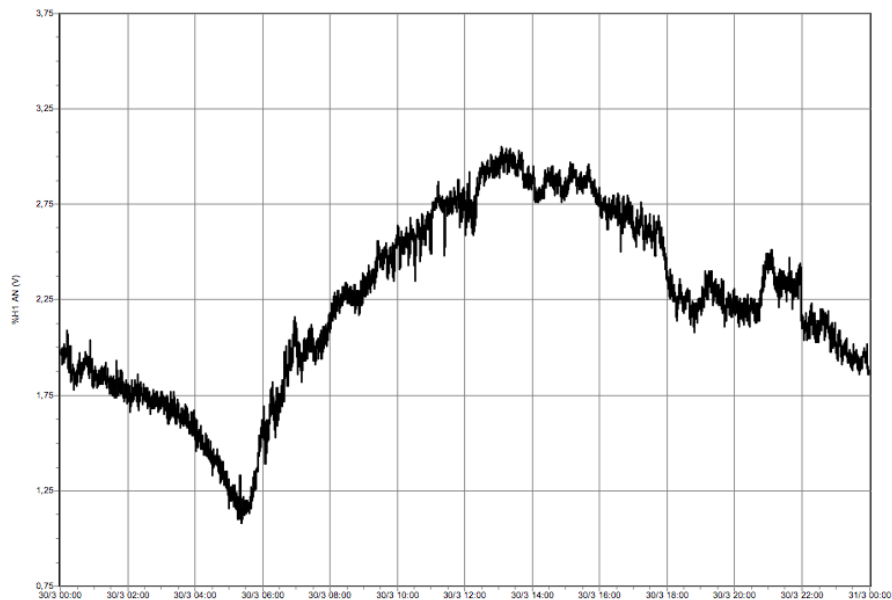


Fuente: Software power log

Tabla 11. Límite de indicadores de calidad de la tensión.

Características	Límites EN50160-NTC 5001
Variaciones de tensión	Un ±10%
Desequilibrio	$\frac{U^-}{U^+} * 100\% < 2\%$
Tensiones armónicas	6%-3th, 6%-5th, 5%-7th, 1.5%-9th, 3.5%-11th, 3%-13th

Figura 19. THDv. Distorsión armónica de tensión durante un periodo de medición.

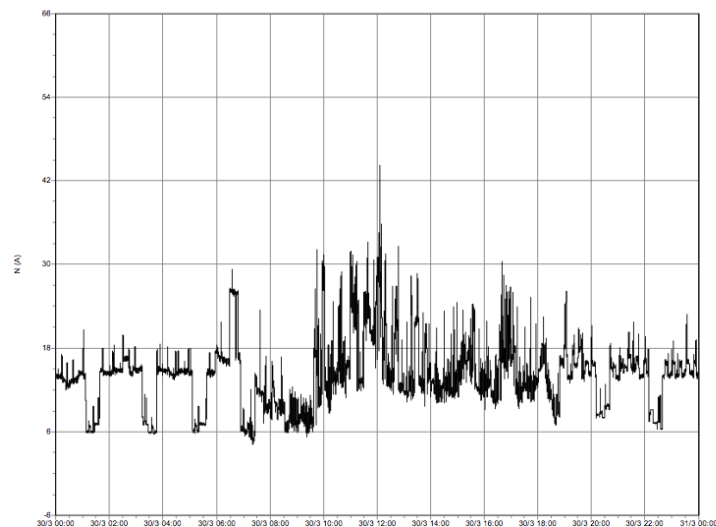


Fuente: Software power log

5.1.3 Análisis de corrientes armónicas. El valor eficaz de la corriente por el neutro se puede interpretar como indicador de calidad de la carga, ya que la corriente de éste corresponde a la suma de las corrientes de fase en un sistema trifásico. Se observa en las figuras 20 y 21, correspondientes al valor eficaz total y de la componente fundamental de la corriente, respectivamente, que el aporte de corriente de las componentes armónicas (de orden múltiplo de 3) no es significativo (ver Tabla 12).

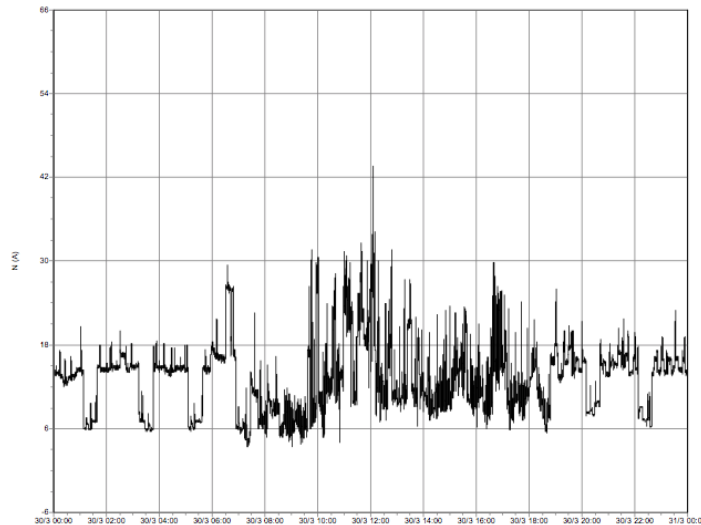
La carga instalada en la C.I.C. presenta un alto grado de desbalance originando en algunos casos una corriente por el neutro de valor eficaz de 40 A en la componente fundamental por el neutro (ver Tabla 13), producto de la mala distribución de los circuitos en algunas zonas. Aun así, la corriente máxima por el neutro no supera la capacidad de corriente del conductor neutro, pero si genera caídas de tensión adicionales en el conductor del neutro que pueden generar mal funcionamiento en algunas de las cargas conectadas al sistema, además del deterioro del factor de potencia que indica dimensionamientos adicionales del sistema eléctrico y por lo tanto afecta el uso eficiente de la energía.

Figura 20. Valor eficaz de la del neutro durante un periodo de medición



Fuente: Software power log

Figura 21. Valor eficaz de la componente fundamental de la corriente en el neutro durante un periodo de medición



Fuente: Software power log

Tabla 12. Registros del valor eficaz de la corriente total y de la componente fundamental de la corriente por el neutro

Corriente Neutro	Arms	Fundamental
Max	44,2	43,6
Media	14	13,22
Min	4,1	3,4

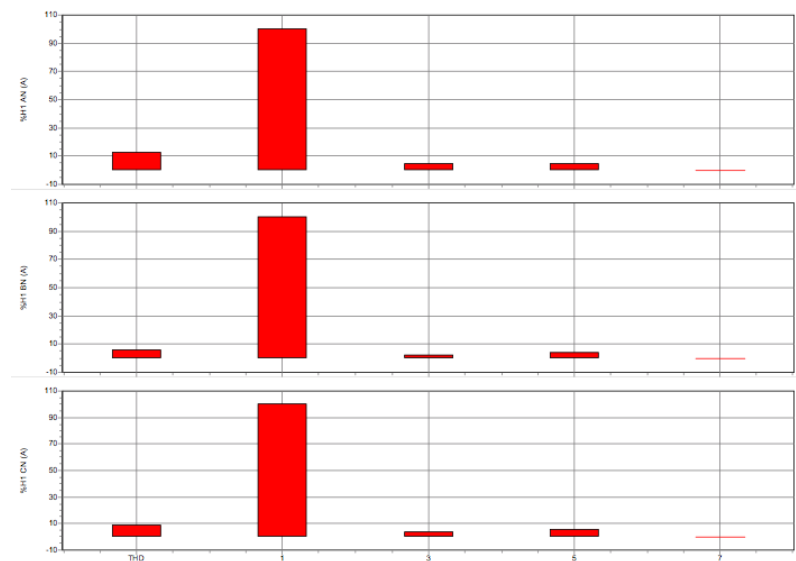
Tabla 13. Valor eficaz de las componentes fundamentales de las corriente de línea y del neutro

Corriente	Fase A	Fase B	Fase C	NEUTRO
Intervalo 1	115,6	110,3	69,5	43,6
Intervalo 2	100,4	123,4	126,8	25,27
Intervalo 3	86,4	92,8	79,4	3,4

Según la norma IEEE 1159-2009 [10], el valor eficaz de las componentes armónicas de corriente no deben superar el 20% del valor fundamental. En este

caso, la distorsión armónica total para las fases A, B y C son de 10,71%, 5,19% y 8,22% respectivamente (Ver Figura 22), lo que indica un bajo nivel de armónicos en las tres corrientes de línea del sistema. También se observa un bajo porcentaje del armónico de orden 3, indicando que el aporte de corriente por componentes armónicas en el neutro es mínimo, como se mencionó antes.

Figura 22 Diagrama de las componentes armónicas de las corrientes de las fases A, B y C



Fuente: Software power log

5.2 RECOMENDACIONES BASADAS EN LOS RESULTADOS.

No se encontraron problemas en la calidad del suministro (en parte justificado por la existencia de una planta de emergencia con aforo total) teniendo en cuenta los indicadores de calidad de la potencia eléctrica establecidos en la resolución CREG No. 065 de 2012, aunque se sugiere en futuros mantenimientos, verificar el nivel actual de tensión en bornes primarios del transformador y la posición actual del tap, ya que el nivel medio del valor eficaz de la tensión registrado por el analizador

de redes es igual a 132 V, cuando el nivel de tensión indicado en placas del transformador corresponde a 127 V entre fase y neutro en sistemas trifásico con neutro o 220 V fase-fase.

Por los registros de corriente en el neutro del analizador de redes, y sabiendo que el nivel de armónicos está en el rango permitido, no es necesario sobredimensionar el conductor como lo recomienda el RETIE [1] para cargas no lineales. El calibre de los conductores actuales es suficiente para transportar la cantidad exigida por las instalaciones sin sufrir sobrecalentamientos y en caso de rediseño, no se requiere aumentar el calibre del neutro, por encima del de las fases. Sin embargo es conveniente de ser posible, realizar una redistribución de las cargas para evitar el desbalance que se presenta en algunos períodos de funcionamiento que afectan la eficiencia del transporte de energía y generan caídas de tensión en el conductor del neutro, que pueden afectar el adecuado funcionamiento de los dispositivos conectados al sistema trifásico.

6. RESTRICCIONES, ANOMALÍAS Y REQUISITOS ADICIONALES

Esta etapa del proyecto, se desarrolla en paralelo con la etapa del levantamiento, y permite recolectar la información suficiente, que demuestre la necesidad de implementar un nuevo diseño de la instalación de uso final, en el cual, además de criterios técnicos normativos, tenga enfoque de URE.

6.1 METODOLOGÍA USADA PARA EL REGISTRO DE FICHAS TÉCNICAS

A continuación se describe la forma como se hizo el registro de las fichas técnicas enunciado en el punto dos del capítulo 4.1, sobre las que se soportan las anomalías de la instalación (Anexo 4. Fichas técnicas) en cada una de las zonas.

6.1.1 Fichas técnicas para cajas de distribución Se inicia con un chequeo visual, con el que se identifica el tipo de acometida (monofásica, bifásica o trifásica), luego se procede a contar el número de circuitos usados y el total de circuitos del tablero (para determinar si tiene la reserva que sugiere el Artículo 3.1.4 Norma ESSA [3]). Finalizado esto se desenergizó el tablero y se realizó una inspección técnica para verificar si cumple o no los artículos RETIE [1] enunciados en la ficha técnica, o si por el contrario, el artículo no aplica. El documento permite registrar algunas observaciones particulares para cada artículo y también observaciones generales del tablero.

6.1.2 Ficha técnica para conductores, tomacorrientes, interruptores y porta bombillas Esta ficha permite contrastar los aspectos de ley, que tienen que ver con tomacorrientes, interruptores, porta bombillas y conductores. Para esto se

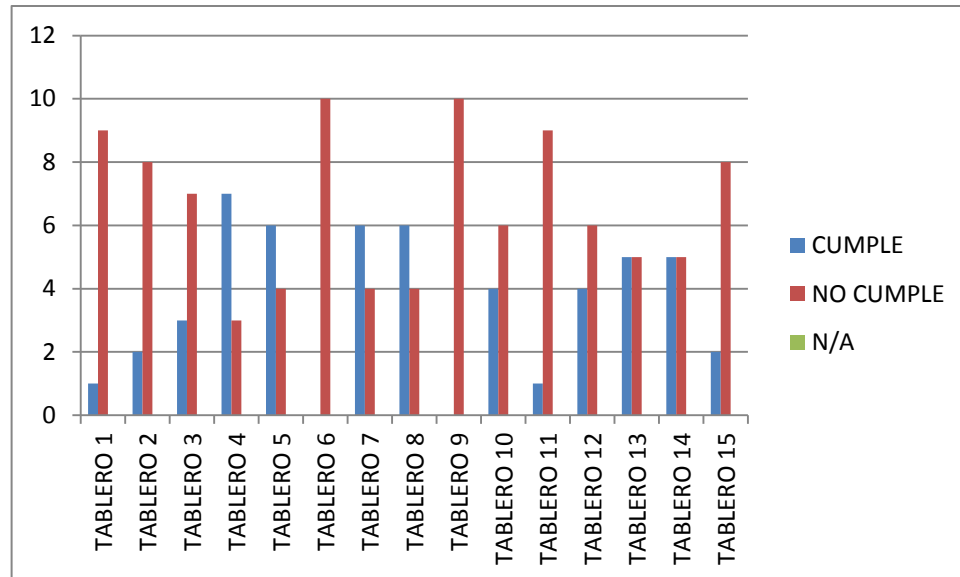
realizó chequeo visual, y en algunos casos fue necesario hacer intervención del circuito para revisar si el conductor estaba rotulado o no, según la normativa.

6.2 NO CONFORMIDADES AL REGLAMENTO ENCONTRADAS EN LAS FICHAS TÉCNICAS

A continuación se presentan los resultados de evaluar el estado de los elementos que componen el circuito, mediante las fichas técnicas elaboradas por los autores.

6.2.1 Cajas de distribución Se rotularon un total de 15 cajas de distribución (sin incluir el tablero general de distribución de la sede), que corresponden a los que en la actualidad se encuentran en funcionamiento. Una revisión de las fichas de inspección anexas permite apreciar que la mayor desviación respecto a la norma, es la falta de diagrama unifilar (artículo 20.23.1.4 RETIE [1]) y el no tener toda la estructura del tablero debidamente conectada a la puesta a tierra (Artículo 20.23.1.2 RETIE [1]), pues todos los tableros evaluados tienen mínimo esas dos inconsistencias. La Figura 23, presenta los resultados de cuantificar los 10 criterios evaluados en las fichas de inspección, indicando cuántos de estos cumplen, no cumplen o no son aplicables en los tableros de la C.I.C.

Figura 23. Cantidad de violaciones por tablero



Los resultados indican en primer lugar, que los 10 aspectos evaluados son aplicables a los 15 tableros, también es visible que los tableros 6 y 9 son altamente peligrosos, y no cumplen ninguno de los criterios exigidos por el RETIE[1]; en general se puede decir que las cajas de distribución actualmente en funcionamiento en la C.I.C. tienen en total 98 violaciones, que corresponden 65,33% del total de criterios evaluados, por lo tanto, deben ser reemplazadas, salvo los tableros 4, 5, 7 y 8, que podrían adecuarse para que cumplan los requisitos que violan actualmente.

En cuanto a la celda de distribución principal, se advierte el incumplimiento del Artículo 20.23.1.2 del RETIE en cuanto a que la estructura debe estar debidamente conectada a la puesta a tierra, además, varios circuitos del tablero no están conectados directamente a la barra de conexión principal, sino que se conectan con puentes a los circuitos contiguos, como es el caso del circuito que alimenta a la caja de distribución del Tablero 1, el cual se alimenta con puente desde el circuito del Tablero 11, así mismo, el circuito del Tablero 6 se alimenta de una de las fases de un circuito adyacente a él en el tablero general.

Otra anomalía presentada consiste en la instalación de una sola protección para dos tableros (13 y 14), también se puede apreciar que la barra de conexión de la puesta a tierra, no cuenta con disponibilidad para futuras conexiones al igual que la barra de conexión del neutro (el que no tiene fácil acceso). En la Figura 24 se aprecia el estado actual del tablero general.

Figura 24. Tablero general de distribución de la C.I.C.



Fuente: Los autores

6.2.2 Tomacorrientes, interruptores y conductores Los rótulos de los conductores evaluados se encuentran en su mayoría borrados, (a excepción de algunos del tablero general) violando lo establecido en el Artículo 20.2.1 del RETIE [1]. Los conductores desnudos no disponen de etiqueta donde se especifiquen las características básicas del conductor, tampoco hay código de colores, por consiguiente, en cuanto a conductores se refiere, la corporación no cumple con los mínimos normativos requeridos por el RETIE.

Los tomacorrientes (monofásicos y especiales) e interruptores se encuentran tabulados por sus referencias en el Anexo 6 “inventario de toma corrientes e interruptores”, allí se muestra el detalle del estado actual de estos. La Tabla 14

presenta un resumen con los estados en los cuales se han clasificado según características de los toma corrientes, y el número de tomas que están dentro de esta característica; el estado “aceptable” en los toma corrientes, indica un punto medio entre un toma normal y uno deteriorado, aplica para aquellos que evidencian una falta de mantenimiento.

Tabla 14. Estado de toma corrientes

ESTADO	Total
ACEPTABLE	2
BORNE DE TIERRA OBSTRUIDO	5
BORNES NO POLARIZADOS	2
CERCA A SALIDA DE AGUA	5
CONEXIÓN DE MULTIPLES CARGAS MEDIANTE REGLETAS	1
DETERIORADO	7
EN-BUEN-ESTADO	2
ETIQUETADA COMO REGULADA Y ES NO REGULADA	1
FASE-INVERTIDA	18
INDICIOS DE CORTO	1
LUGAR DE DIFICIL ACCESO	1
NORMAL	83
OXIDADO	2
PARTIDO	2
SALIDA MONOFÁSICA ALIMENTADA DE PROTECCIÓN TRIFÁSICA	1
SIN TAPA DE PROTECCIÓN	4
SUELTO-DETERIORADO	1
TOMA BIFASICA UTILIZADA COMO TRIFÁSICA	1
TOMA HORIZONTAL CON FASE EN BORNE SUPERIOR	7
Total general	146

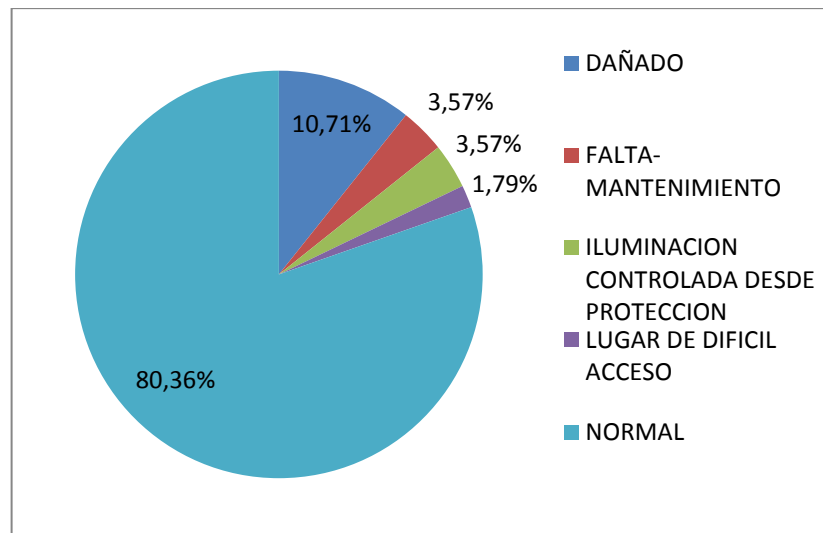
Se resalta que solo el 1,45% de los tomacorrientes está en buen estado (es decir que cumple lo establecido en el RETIE [1], artículos 20.10.1 y 20.10.2). Los demás tienen anomalías respecto a la norma o algunas restricciones adicionales.

Los interruptores en general, se encuentran en estado aceptable, como lo muestra la Figura 25, donde se aprecia que el 80,35% de los interruptores está en estado normal, se puede señalar también, que existen dos laboratorios (Electrónica 1 e Integridad) que tienen toda la iluminación conectada directamente a una protección, sin conexión por medio de un interruptor, propiciando un uso no racional de la energía. El resumen del estado actual de los interruptores se presenta en la Tabla 15.

Tabla 15. Estado de interruptores

ESTADO	Total
DAÑADO	6
FALTA-MANTENIMIENTO	2
ILUMINACION CONTROLADA DESDE PROTECCION	2
LUGAR DE DIFICIL ACCESO	1
NORMAL	45
Total general	56

Figura 25. Resumen del estado actual de interruptores



6.3 RESTRICCIONES, REQUISITOS ADICIONALES Y RECOMENDACIONES

El levantamiento en sitio descrito en el Capítulo 4, indica que la actual instalación eléctrica de la CIC se encuentra bastante deteriorada, aunque es posible realizar algunas modificaciones para disminuir el riesgo eléctrico, hace falta una remodelación general⁵ de la instalación eléctrica del edificio, teniendo en cuenta que:

- La capacidad actual de las UPS no es suficiente para suplir las necesidades de toda la instalación. Se encontró del registro de los equipos, alarmas periódicas indicando que el consumo de la CIC próximamente alcanzara los valores límites de las UPS.
- Actualmente se evidencia el uso de regletas, esto, por la falta de tomacorrientes y la poca flexibilidad de las instalaciones actuales, lo que resulta en conductores a la vista, que en ocasiones impiden el movimiento normal de las personas.
- La iluminación actual de la C.I.C. no es la adecuada para la actividad que allí se realiza, ocasionando efectos adversos sobre la salud visual de los trabajadores.
- El sistema de puesta a tierra no es el indicado; actualmente existen tres sistemas de puesta a tierra, todos de difícil acceso por la falta de cajas de inspección. Ninguno se encuentra interconectado eléctricamente como lo exige el RETIE [1] en su Artículo 15.1. Además el tiempo y la falta de mantenimiento ha deteriorado las puestas a tierra. No existen planos ni memorias de cálculo de las puestas a tierra actuales y en muchos sitios de la C.I.C. no existe sistema de puesta a tierra.

⁵ Para el alcance de este documento, la remodelación implica diseño de la red aguas abajo del transformador, y el diseño del sistema de puesta a tierra.

- En el Anexo 7 “Registro fotográfico” se presentan las anomalías encontradas por inspección visual, en el levantamiento en sitio realizado por los autores del trabajo de grado. En él, se encuentran diversas anomalías de alto riesgo, falencias de la instalación que requieren cambios inmediatos, debido a que representan un peligro constante por el estado en que se encuentran.
- Se encontraron hábitos que fomentan pérdidas energéticas, por ejemplo en tiempos de descanso o recesos, los usuarios de las distintas dependencias dejan encendidos ordenadores, luces, entre otros dispositivos por largos periodos de tiempo.

Por los problemas mencionados anteriormente se propone un rediseño⁶ que cumpla a cabalidad con las medidas de seguridad y calidad que exigen las normativas vigentes, RETIE [1], NTC 2050 [4] y la norma ESSA [3], teniendo en cuenta componentes relacionadas con el uso racional y eficiente de la energía.

⁶ Según lo expresado en la carta de solicitud del rediseño. Anexo 1

7. PROPUESTA DE RE-DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ENFOCADO EN EL URE, AGUAS ABAJO DEL TRANSFORMADOR CON SU RESPECTIVO SPT; SEGÚN SOLICITUD EXPRESA DE LAS DIRECTIVAS DE LA CORPORACIÓN.

La instalación de uso final, con la cual se provee del servicio de energía eléctrica a la C.I.C., tiene en la actualidad, varias inconformidades con lo establecido en la normatividad vigente. En capítulos anteriores se especifican varias características del estado actual, que sirven como soporte para justificar la implementación de una propuesta de diseño, que solucione de manera definitiva todas las anomalías relacionadas en este documento en la red eléctrica, aguas abajo del transformador, cumpliendo con los parámetros técnicos necesarios, posibilitando un uso más eficiente del servicio eléctrico y dejando la posibilidad de hacer una expansión en la demanda eléctrica, la cual, está íntimamente relacionada con la mejora de los servicios que presta la corporación.

Este capítulo describe las características de la propuesta de diseño que se realizó para cumplir lo anterior, la cual tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se plantea según petición explícita de la C.I.C. (ver Anexo 1), que se quiere independizar cada zona, por lo cual, cada una de ellas contará con tablero propio.
- Se trabaja con factores de seguridad en el diseño, que se adecúan para que la corporación pueda aumentar la demanda sin perjudicar la calidad de energía que consumen, esto, según características de las zonas.
- Se amplía la capacidad instalada de unidades reguladas, para evitar el uso indiscriminado de regletas en conexión de equipos de cómputo.

- Se amplía la capacidad instalada de tomas no reguladas, evitando el uso indiscriminado de regletas para conexiones varias.
- El diseño de iluminación se modela en el simulador Dialux, con el fin de escoger el menor número de luminarias, sin sacrificar los mínimos exigidos por RETILAP [7]. Esto es garante de un diseño con bajo consumo energético, siguiendo parámetros URE
- Se implementa el URE con el control seccionado de iluminación en laboratorios.
- También se implementa el URE al utilizar elementos automáticos para control⁷ de encendido de iluminación en zonas comunes y baños.
- Se implementa el URE al brindar versatilidad para la realización del mantenimiento de las luminarias seleccionadas⁸ (se conectan con tomacorrientes, haciendo más fácil su desconexión).
- Se deja disponibilidad para la conexión de un sistema de aire acondicionado con especificación técnica de alta eficiencia (los detalles de los aires acondicionados sugeridos, se incluye dentro del cuadro de cargas de los mismos).
- Se pueden modificar las rutas de las salidas a toma corrientes, permitiendo ajustes sin causar afectaciones de los parámetros técnicos.

⁷ La elección del tipo de elemento de control se encuentra en el Anexo 11 “criterios para selección del dispositivo para control automático de iluminación”

⁸ El proceso de elección del tipo de luminaria se encuentra en el Anexo 12. “selección de luminarias”

La propuesta contempla la implementación de todo el diseño nuevo, pero deja la posibilidad de reutilizar algunos elementos consignados en el inventario actual (ver notas en los planos).

7.1 CUADRO DE CARGAS, DEFINICIÓN DE NUEVAS RUTAS Y TOPOLOGÍA

A continuación se indica la metodología que se utilizó para definir las rutas y la elaboración de cuadros de cargas, cumpliendo la reglamentación vigente

7.1.1 Cuadro de cargas y dimensionamiento de la acometida El cuadro de cargas tanto para tableros regulados y no regulados (ver Anexo 13 “memorias de cálculos para la selección de conductores”), se realiza según lo recomendado en la Norma ESSA, Artículo 3.1.4 [3]. Para elegir el calibre del conductor de los circuitos ramales en el cuadro de cargas, se usa como criterio lo planteado en la Figura 1 (el calibre mínimo a implementarse es el número 12, aun cuando los cuadros de carga indiquen que por capacidad se puede usar una galga menor). Por tratarse de un ambiente especial, cada cuadro de cargas hace salvedades respecto a los factores de diversidad utilizados para dimensionar su acometida, tales factores tienen en cuenta el tipo de actividad que se realiza en cada zona, y las características de demanda que señalan quienes ocupan tales recintos.

De igual manera, para dimensionar la acometida desde el transformador principal hasta el tablero general de distribución, se revisa la información generada por el analizador de redes, tabulada en el Capítulo 5, así como también el criterio señalado en la Figura 1.

7.1.2 Definición de nuevas rutas y topología Parte fundamental en la definición de nuevas rutas y topología, es conocer las falencias y necesidades actuales que tienen los laboratorios y áreas administrativas de la corporación (lo cual fue

complementándose paso a paso durante la actividad de levantamiento documentada en el Capítulo 4). Estas actividades de campo dieron como resultado un completo listado de requisitos, los cuales se condensaron en dos amplios componentes del sistema eléctrico; los cuales son:

- Incremento de la capacidad del sistema de respaldo energético (UPS), la cual actualmente está al límite de la capacidad que puede brindar, restringiendo de esta forma muchos procesos que son totalmente dependientes de este medio de respaldo; por tal razón el diseño está encaminado al incremento de la capacidad de este sistema y la centralización del mismo, conllevando a replantear las rutas existentes.
- Redistribución e independización de cada una de las áreas pertenecientes a la C.I.C., de la alimentación eléctrica principal del sistema, con el fin de proporcionar mayor seguridad, control de procesos y una óptima intervención de mantenimiento, pensado en afectar el menor número de procesos y actividades que realiza la corporación.

Al contemplar los dos anteriores componentes se diseñan rutas y topologías que alberguen la necesidad de la Corporación, y cumplan lo establecido en la reglamentación colombiana RETIE [1].

7.2 DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN MEDIANTE DIALUX

Al realizar medidas de niveles de iluminancia en todas las zonas de la corporación, se evidencia que actualmente se incumple con los valores normativos mínimos y máximos estipulados por la Norma ISO 8995 para cada recinto de trabajo.

El nuevo diseño de la iluminación soluciona los problemas, mediante la clasificación de cada una de las zonas de la corporación, por el tipo de actividad que se realiza en ellas e identificando el nivel de iluminancia adecuado para cada recinto (ver Tabla 16); estos niveles de iluminancia son la base para realizar simulaciones en Dialux, así como información de la configuración de la zona (dimensiones del recinto).

Tabla 16. Niveles de iluminancia reglamentada según la zona

RECINTO	TIPO DE ACTIVIDAD	NIVEL DE ILUMINANCIA[LUX]		
		MÍNIMO	MEDIO	MÁXIMO
Dirección	Papeleo de oficina	300	500	750
Secretaría	Oficina cómputo	300	500	750
Laboratorio Biorrosión	Laboratorio y oficina de cómputo	300	500	750
Laboratorio Cámaras	Laboratorio y oficina de cómputo	300	500	750
Integridad	Oficina de computo	300	500	750
Electrónica I	Cómputo y ensamble de maquinaria electrónica	500	750	1000
Nota: La tabla completa que incluye todos los recintos, se encuentra en el Anexo 14 “Niveles de luminosidad reglamentados, según la zona”				

Fuente: RETIE [1]

El *software* Dialux se utilizó para simular diferentes tipos de luminarias que existen en el mercado, así como realizar montajes con diferentes configuraciones que satisfagan la necesidad al usuario, contemplando lo reglamentario, para garantizar niveles adecuados de iluminancia en cada una de las zonas donde era necesario realizar este tipo de estudio, este software permite también:

- Especificaciones luminotécnicas de las luminarias a utilizar, así como coordenadas de montaje de las mismas.
- Visualización en 3D de la zona (ver Figura 26).
- Isolneas que evidencia la intensidad de luxes en cada punto dentro de la zona (ver figura 27).

- Valores de la simulación mínimo, promedio y máximo de luxes en la zona sobre una superficie de cálculo.

Figura 26. Visualización en 3D de una zona analizada extraída de Dialux

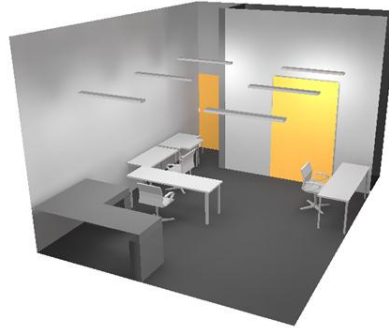
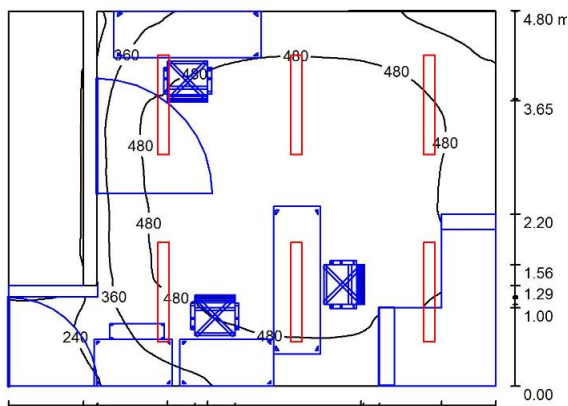


Figura 27. Isolneas zona analizada



Todas las zonas de la C.I.C. tienen los resultados de la simulación realizada con el *software* Dialux. Los resultados obtenidos incluyen: cantidades, especificaciones técnicas de luminarias, altura del montaje, coordenada de montaje e isolneas. En el Anexo 15, “Resultados simulación en Dialux” se documentan estos resultados.

7.3 DISEÑO DE PUESTA A TIERRA, POR LA METODOLOGÍA IEEE 80

El diseño de malla de puesta a tierra es para la subestación de 13,2kV a 220 V que está actualmente en la CIC, con una potencia de 300kVA. Se utilizó la metodología de la norma IEEE 80-2000 teniendo en cuenta toda la normatividad establecida por el RETIE. La Tabla 17 presenta la información del sistema a proteger.

Tabla 17. Información del sistema a proteger

Información del sistema a proteger	
Duración de la falla	0,5 s
Resistividad del terreno	100 Ω -m
Profundidad de la malla	0,4 m
Área disponible para el sistema de puesta a tierra	12m*9m
Material del conductor de malla	Cobre 97%
Límite de temperatura del conductor	1084 °C

El sistema de puesta a tierra diseñado corresponde a una malla rectangular con electrodos, en un área de 108 m². Las especificaciones de la malla propuesta se presentan en la Tabla 18. Las características de diseño de la malla de protección, se plantean pensando en reducir los costos de construcción en la mayor proporción sin dejar de cumplir con lo establecido por la regulación.

Tabla 18. Diseño de la malla de puesta a tierra

Largo de la malla (m)	12
Ancho de la malla (m)	9
No. Hilos longitudinales	5
No. Hilos transversales	5
Área de la malla m ² .	108
Espaciamiento (m)	3
Longitud del cable (m)	93
Cable de puesta a tierra	Cu 2/0

La memoria de cálculos del sistema de puesta a tierra y las especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo 16. “memoria de cálculo de la malla de puesta a tierra”. El diseño asegura que las personas, dentro de los límites de protección del SPT, no estén expuestas al peligro de una descarga eléctrica crítica, además cumple todos los requisitos exigidos por el RETIE [1] en su Artículo 15.

7.4 REALIZACIÓN DE PLANOS Y MONTAJE ELÉCTRICO

Los planos se presentan en formato DWG y PDF, creados sobre el software AutoCAD Electrical 2013, dichos planos son:

- Plano eléctrico general de la red interna, aguas abajo del transformador (ver Anexo 17). Incluye un plano general de la propuesta de diseño, dos planos que discriminan iluminación y tomacorrientes, dos planos que corresponden a dividir el plano general para facilitar la visualización del mismo y un plano con las rutas de las acometidas desde el transformador de la subestación hasta el tablero general de baja tensión y desde el tablero general de baja tensión hasta las cajas de distribución ubicadas en cada zona.
- Diagrama unifilar de la propuesta de diseño (ver Anexo 18. Propuesta de diseño. Plano eléctrico general de la red interna).
- Plano con las rutas y detalles de las bandejas porta cables (ver Anexo 19. Propuesta de diseño. Ruta y detalle de bandeja porta cable).
- Diagrama de montaje eléctrico (ver Anexo 20. Propuesta de diseño. Diagrama de montaje luminarias).

7.5 EVALUACIÓN DE RIESGO DEBIDO A DESCARGAS DE RAYOS A TIERRA

El análisis de riesgo se lleva a cabo según lo estipulado por la NTC 4552[5], y utilizando como herramienta para su aplicación la interfaz gráfica desarrollada en Matlab por el proyecto de grado “ESTUDIO DE LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4552 (VERSIÓN 2008) DEL SISTEMA INTEGRAL DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS (SIPRA)” Dirigida por el MPE Julio Cesar Chacón Velasco.

Los resultados de la evaluación indican, con base a los valores tolerables y a los riesgos evaluados para la presente estructura, que esta no requiere implementar medidas de protección adicionales para reducir las componentes de riesgo, puesto que el estudio indica que tales valores están dentro de los rangos permitidos por la norma.

El procedimiento para la decisión de necesidad de protección, así como los parámetros técnicos (eléctricos y estructurales) que se tuvieron en cuenta para la evaluación de riesgo, se detallan en el Anexo 21: “Evaluación de riesgo debido a descargas atmosféricas”, en este anexo aparece también el documento generado por la interfaz tipo txt.

7.6 DOCUMENTOS A ENTREGAR DE LA PROPUESTA

A continuación se indican los documentos entregables de la propuesta de diseño.

7.6.1 Especificaciones técnicas generales En las especificaciones técnicas generales se incluye la descripción y el resumen del proyecto, además de la descripción de los componentes usados en el diseño. Ver anexo 22: “Especificaciones técnicas generales”.

7.6.2 Especificaciones técnicas particulares En las especificaciones técnicas particulares se encuentran las diferentes actividades e ítems que la componen, Ver anexo 23. “Especificaciones técnicas particulares”.

Se describen cinco capítulos en las especificaciones:

- Tablero general de baja tensión y totalizadores
- Acometida, bandeja porta cable y tableros de distribución.
- Circuitos ramales
- UPS y red regulada
- Desmonte de las instalaciones eléctricas actuales

7.6.3 Presupuesto El estudio del presupuesto cumple con las exigencias establecidas por la Universidad Industrial de Santander, respecto a presentación de presupuestos. Se realiza mediante el análisis de precios unitarios, a través de unidades constructivas y se presenta en el Anexo 24: “Análisis de precios unitarios”, así como también los formularios de cantidad de recursos y precios unitarios.

El presupuesto está diseñado con el fin de poder realizar la obra completa o por secciones, ven anexo 25 “Presupuesto”.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este trabajo de grado plantea una solución al problema eléctrico de la C.I.C. La metodología de trabajo utilizada es aplicable a proyectos afines, en los cuales sea necesario recopilar información del estado actual de una instalación, para posteriormente justificar la necesidad y viabilidad de un nuevo diseño. Las recomendaciones y las conclusiones más relevantes son citadas a continuación.

8.1 CONCLUSIONES

- Como resultado inmediato del proceso de levantamiento y etiquetado, se deja información que permite intervenir la instalación para que cumpla con la reglamentación establecida por el RETIE y de esta forma garantizar la seguridad de las personas y seres vivos, ya que la instalación actual presenta varios riesgos eléctricos tal como se estableció en el análisis realizado por la empresa MEQ LTDA y los resultados del reporte de anomalías elaborado por el grupo de trabajo de este trabajo de grado, documentados en el Anexo 7.
- Las cajas de distribución que actualmente funcionan en la C.I.C. tienen en total 98 violaciones, que corresponden 65,33% del total de criterios evaluados en las fichas de inspección, por lo tanto, deben ser reemplazadas o adecuadas según lo indica el capítulo 6.2.1.
- Los resultados del estudio de calidad de suministro, que se llevaron a cabo según el alcance del trabajo de grado, ponen en evidencia que aunque la carga instalada, tiene buena parte de elementos pasivos no lineales, estos aún no afectan de manera significativa las señales de tensión y corriente. Lo cual

implica, entre otras cosas, que al implementar un nuevo diseño, no es necesario sobredimensionar el neutro por posibles efectos de la distorsión de las señales de corriente de las tres fases.

- Los parámetros técnicos obtenidos de iluminación se efectuaron con un equipo que no se encuentra calibrado para medida de luxes, lo que implica que debe realizarse una medición con un equipo calibrado para esta medida, para refutar o confirmar la necesidad de implementar un nuevo diseño de iluminación.
- La información recopilada de la instalación eléctrica de la C.I.C. pone en evidencia un deterioro avanzado de la red interna, provocado entre otras cosas por las siguientes dos razones; la falta de mantenimiento de la misma y la continua manipulación por parte de personal no calificado para tal fin, tal manipulación es propiciada por la necesidad de adaptar el suministro a las condiciones de demanda sin cuidar el cumplimiento de la reglamentación.
- Los resultados del estudio de las condiciones eléctricas de la C.I.C. así como la alternativa de solución con el costo que esta representa, se entregan a la entidad responsable de implementarla, con toda la documentación pertinente para su montaje, lo que implica que este trabajo de grado es una aplicación real de uno de los campos en los cuales se puede desenvolver un profesional de ingeniería eléctrica, esto pone en evidencia el manejo de las herramientas y conocimientos brindados por la universidad en el proceso de formación y la aplicabilidad de las mismas en labores propias de la profesión.

8.2 RECOMENDACIONES

- El informe de inspección realizado por la empresa MEQ LTDA y los resultados del reporte de anomalías elaborado por el grupo de trabajo de este trabajo de

grado, documentados en el Anexo 7 dan los soportes suficientes para determinar que la instalación actual presenta riegos eléctricos tanto para el personal, como para la infraestructura, no solo de la C.I.C., sino de la sede de investigaciones misma. Por lo anterior se recomienda que de manera urgente se implemente el rediseño sugerido en el Capítulo 7 o alguno similar, encaminado a dar solución a todas las problemáticas expuestas.

- Se sugiere implementar campañas que fomenten buenas prácticas de uso racional de la energía, para evitar consumos innecesarios de energía eléctrica en el C.I.C.
- Se sugiere implementar actividades rutinarias de medición, mantenimiento y remplazo de elementos y equipos, por dispositivos ahorradores en las áreas donde así lo requieran.
- Se sugiere instalar un equipo analizador de redes, de manera permanente, de esta forma se puede llevar un control más adecuado de la dinámica de consumo de la corporación.
- No se encontraron problemas significativos en la calidad del suministro teniendo en cuenta los parámetros descritos por la EN 50160. Sin embargo se sugiere verificar la posición del TAP del transformador que alimenta al tablero general, pues se encontró que la tensión en bornes del secundario, está por encima del valor nominal establecido para la instalación de la C.I.C
- Se sugiere, previo a la implementación de un nuevo diseño, realizar el estudio de campo electromagnético para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites establecidos por RETIE.

En caso de que el nuevo diseño no se implemente en el corto plazo como se sugiere, se recomienda:

- Revisar los anexos cuatro, seis y siete, que permiten conocer el estado de los elementos que componen la instalación, para de esta manera hacer el mantenimiento o reemplazo de aquellos que lo requieren con mayor urgencia, y disminuir con esto la probabilidad de accidentes.
- Conectar todas las protecciones del tablero principal, directamente al barraje, dado que varias están conectadas con puentes a protecciones adyacentes, como es el caso del Tablero 1, el cual se alimenta con puente desde el circuito del Tablero 11, así mismo, el circuito del Tablero 6 se alimenta de una de las fases de un circuito adyacente a él en el tablero general.
- Se sugiere que las cajas de distribución, no compartan protección en el tablero principal, como ocurre actualmente con los tableros 13 y 14.
- Revisar la distribución de las cargas eléctricas en el sistema para evitar los desbalances que se presentan en varios períodos de utilización, en los cuales la corriente del neutro es elevada, lo cual genera caídas de tensión que pueden afectar el funcionamiento de algunas cargas sensibles y adicionalmente desmejoran la eficiencia energética del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA DE COLOMBIA, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Resolución No. 9 0907 del 25 de octubre de 20013.

[2] CORPORACION PARA LA INVESTIGACION DE LA CORROSION, [en línea], Misión/Visión. [Consulta: 13 abril 2015] Disponible: <http://corrosion.uis.edu.co/webcic/index.php/es/sobre-la-cic-top/mision-vision>.

[3] ESSA. Normas para Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución. 2005, Bucaramanga. Colombia.

[4] CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO. Norma NTC 2050. 2002, Bogotá. Colombia.

[5] Norma Técnica Colombiana NTC 4552-3. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos), parte 3: Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida. Diciembre 2008.

[6] INGENIERIA MEQ Ltda. Consultores en Riesgo Eléctrico y sitios clasificados como peligrosos. Inspección de riego eléctrico. Fecha: 9 julio de 2013. Piedecuesta. Colombia.

[7] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA COLOMBIA, Reglamento Técnico de Iluminacion y Alumbrado Público (RETILAP). Resolución No 180540 del 30 de marzo de 2010.

[8] UNE 50160, Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución, Norma Europe - NE STD.

[9] IEC 61000 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-4 Environment - Compatibility levels in Industrial plan for low-frequency conducted disturbances, International Electrotechnical Commission - IEC Std.

[10] IEEE 1159. Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE Power & Energy Society Std.

BIBLIOGRAFIA

CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO. Norma NTC 2050. 2002, Bogotá. Colombia.

CORPORACION PARA LA INVESTIGACION DE LA CORROSION, [en línea], Misión/Visión. [Consulta: 13 abril 2015] Disponible: <http://corrosion.uis.edu.co/webcic/index.php/es/sobre-la-cic-top/mision-vision>.

ESSA. Normas para Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución. 2005, Bucaramanga. Colombia.

IEC 61000 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-4 Environment - Compatibility levels in Industrial plan for low-frequency conducted disturbances, International Electrotechnical Commission - IEC Std.

IEEE 1159. Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE Power & Energy Society Std.

INGENIERIA MEQ Ltda. Consultores en Riesgo Eléctrico y sitios clasificados como peligrosos. Inspección de riesgo eléctrico. Fecha: 9 julio de 2013. Piedecuesta. Colombia.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA COLOMBIA, Reglamento Técnico de Iluminacion y Alumbrado Público (RETILAP). Resolución No 180540 del 30 de marzo de 2010.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA DE COLOMBIA, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Resolución No. 9 0907 del 25 de octubre de 20013.

Norma Técnica Colombiana NTC 4552-3. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos), parte 3: Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida. Diciembre 2008.

UNE 50160, Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución, Norma Europe - NE STD.