

**ESTUDIO DE LAS ESTRATEGIAS NECESARIAS PARA EL MEJORAMIENTO  
DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN LA NUEVA SEDE DE LA LITOTECA  
NACIONAL**

**AUTORES:**

**FABIÁN ANDRÉS DÍAZ ARCINIEGAS**

**ELKIN DAVID TAMAYO ROJAS**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELAS DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2015**

**ESTUDIO DE LAS ESTRATEGIAS NECESARIAS PARA EL MEJORAMIENTO  
DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN LA NUEVA SEDE DE LA LITOTECA  
NACIONAL**

**AUTORES:**

**FABIÁN ANDRÉS DÍAZ ARCINIEGAS**

**ELKIN DAVID TAMAYO ROJAS**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRICISTA**

**DIRECTOR**

**Ing. MANUEL JOSÉ ORTIZ RANGEL**

**CODIRECTOR**

**Dr. GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MÉCANICAS  
ESCUELAS DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**BUCARAMANGA**

**2015**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por acompañarme en cada momento y haberme permitido alcanzar una meta más en mi vida.*

*A mis padres Luz Amparo Arciniegas Vargas y Álvaro Díaz Ardila por haberme formado como persona y siempre brindarme su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida.*

*A mis compañeros que de una y otra forma aportaron para alcanzar este logro, muchas gracias.*

**FABIÁN ANRÉS DÍAZ ARCINIEGAS**

## DEDICATORIA

*A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

*A mis padres, Emiro David Tamayo Sánchez y Gladys Rojas Ortega por su apoyo incondicional, y porque siempre estuvieron presentes en todos los momentos en los cuales necesite una voz de aliento para seguir adelante.*

*A mi novia Sandra Liliana y a mi hijo Samuel David, por todo su amor, comprensión y apoyo, y quienes fueron mi motor para superar todas las dificultades que se me presentaron.*

*A mis hermanos: Ginny Lizbeth, Diana Margoth y Favián Alonso. A mis amigos, y compañeros que de una u otra manera aportaron su granito de arena para que este gran sueño se hiciera realidad.*

*A mi madrina Ana López que desde el cielo me acompaña en cada uno de los momentos de mi vida.*

ELKIN DAVID TAMAYO ROJAS

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a Dios y nuestras familias, por apoyarnos, por creer en nosotros y en nuestros sueños, ellos son la base de las personas que somos. Con su dedicación y trabajo hemos crecido como personas.

A nuestros compañeros y amigos que siempre estuvieron apoyándonos y de una u otra manera contribuyeron para la realización de este logro.

A la Universidad Industrial de Santander por brindarnos la oportunidad de formarnos como profesionales y darnos un aprendizaje continuo en el transcurso de nuestra vida universitaria.

A nuestros maestros por hacer parte fundamental en nuestro proceso de formación como ingenieros, y de manera especial los profesores Manuel José Ortiz Rangel y Gabriel Ordóñez Plata por dirigirnos a lo largo de este proceso, por su paciencia y dedicación, además por compartir con nosotros su experiencia y conocimiento.

Igualmente agradecemos a la ANH por la oportunidad de desarrollar este trabajo de grado en las instalaciones de la Litoteca Nacional, además por la colaboración y confianza que nos brindaron cada uno de los funcionarios y permitimos establecer una relación amigable y de cooperación.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	22
1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	26
1.2 OBJETIVOS.....	27
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	27
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
2 MARCO TEÓRICO.....	28
2.1 EFICIENCIA Y GESTIÓN ENERGÉTICA.....	28
2.2 NORMAS Y REGULACIONES COLOMBIANAS.....	29
2.2.1 LEY 697 de 2001 (Ley URE).....	29
2.2.2 RESOLUCIÓN 1511 AGOSTO 2010.....	30
2.2.3 Ley 1715 del 13 de Mayo de 2014.....	30
3 DESCRIPCIÓN.....	31
3.1 GENERAL.....	31
3.2 SISTEMA ELÉCTRICO.....	35
3.3 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.....	41
3.3.1 SUBSISTEMA DE CONTROL DE ACCESOS Y GESTIÓN DE VISITANTES.....	42
3.3.2 SUBSISTEMA DE SEGURIDAD E INTRUSIÓN.....	43
3.3.3 SUBSISTEMA DE DETECCIÓN Y NOTIFICACIÓN DE INCENDIO.....	43
3.3.4 SUBSISTEMA DE CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN CCTV.....	46

3.3.5 SUBSISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO E ILUMINACIÓN .....	48
4 RECONOCIMIENTO DE LAS INSTALACIONES.....	49
4.1 GENERAL.....	49
4.2 CONSUMO MENSUAL NOMINAL.....	53
4.3 SITUACION ENERGÉTICA ACTUAL .....	55
5 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DEL EDIFICIO .....	57
5.1 LÍNEA BASE ENERGÉTICA.....	57
5.2 INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO (IDE). .....	60
6 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES PARA REDUCIR EL CONSUMO ENERGÉTICO. ....	62
6.1 USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGIA (URE).....	62
6.1.1 OBJETIVOS DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA .....	63
6.1.2 COMITÉ URE .....	64
6.1.3 MEDIDAS PARA AHORRO ENERGÉTICO.....	65
6.2 CAMBIO DE TECNOLOGÍA DE ILUMINACIÓN .....	69
6.3 MONITORIZACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO. ....	76
6.4 MANTENIMIENTO ENFOCADO A LA EFICIENCIA .....	79
6.4.1 CHILLER.....	79
6.4.2 BOMBAS DE RECIRCULACIÓN DE AGUA .....	83
6.4.3 VENTILADORES .....	85
6.4.4 MOTORES.....	86
7 INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA .....	88
7.1 POSTES SOLARES .....	88
7.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	90

7.2.1 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.....	91
7.2.2 PRODUCTIVIDAD ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN.....	91
8 MANEJO DE RESUDIOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE).....	93
8.1.1 PROGRAMA LÚMINA.....	97
9 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES .....	99
10 OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS .....	102
BIBLIOGRAFÍA.....	106
ANEXOS.....	110

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura Ley 1715 de 2014 [9].	30
Figura 2: Nueva sede de la Litoteca Nacional Fuente [11 14].	32
Figura 3: Ubicación de la Litoteca Nacional en el PTG [12].	32
Figura 4: Bodega de almacenamiento.	34
Figura 5: Distribución de equipos de la S/E [15].	35
Figura 6: Planta de Emergencia.	36
Figura 7: Red de energía regulada [15].	36
Figura 8: UPS 30 [kVA].	38
Figura 9: Diagrama Unifilar [12].	40
Figura 10: Red de control de acceso [13].	42
Figura 11: Componentes del subsistema de seguridad.	43
Figura 12: Panel detección de incendio simplex 4100ES [14].	44
Figura 13: CPU Panel 4100ES [14].	45
Figura 14: Unidades de monitoreo CCTV [15].	47
Figura 15 : Metodología Levantamiento sistema eléctrico	49
Figura 16: Potencia nominal de las componentes.	50
Figura 17: Historial de consumo de la litoteca [17].	56
Figura 18 : Analizador de energía eléctrica [18].	57
Figura 19: Consumo kWh a la semana.	58
Figura 20: Línea de base energética.	59
Figura 21: Funciones de ahorro de energía en computadores [20].	67
Figura 22: Diseño primer piso Iluminación LED.	71
Figura 23: Diseño segundo piso iluminación LED.	72
Figura 24: Comparación de demanda del edificio	74
Figura 25: Comparación respecto a la línea de base energética.	75
Figura 26: Central de medida PM810 [24].	77
Figura 27: Arquitectura para la medición en tiempo real [25].	77

Figura 28: Pasarela EGX 300 [25]. .....	78
Figura 29: Chiller.....	80
Figura 30: Bombas de recirculación de agua, principal y reserva.....	83
Figura 31: Postes solares [26]. .....	88
Figura 32: Ejemplo de una planta Solar.....	90
Figura 33: Almacenadores para la segregación de RAEE marca SCHROTH [28].	94
Figura 34: Disposición final de bombillas, programa Lúmina. [29]. .....	98
Figura 35: Recipientes almacenadores programa Lúmina Colombia [29]. .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de áreas de la Litoteca. ....	33
Tabla 2: Descripción de áreas del primer piso. ....	33
Tabla 3: Descripción de las áreas de segundo piso.....	34
Tabla 4: Cargas del TR1 .....	37
Tabla 5: Cargas del TR2.....	37
Tabla 6: Descripción general de los tableros. ....	39
Tabla 7: Demanda de energía del edificio. ....	50
Tabla 8: Componentes del sistema de aire acondicionado.....	51
Tabla 9: Motores .....	52
Tabla 10: Historial de facturación de la Litoteca [20]. ....	55
Tabla 11: IDE para equipos [19]. ....	61
Tabla 12: Ahorro con buenas prácticas energéticas.....	67
Tabla 13: Reducción del consumo en el aire acondicionado. ....	68
Tabla 14: Ahorro total con cultura URE. ....	68
Tabla 15: Niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades [22]. .....	69
Tabla 16: Características luminaria SmartLed Office [23]. ....	70
Tabla 17: Resultados Luminotecnicos primer Piso. ....	73
Tabla 18: Resultados Luminotecnicos Segundo Piso.....	73
Tabla 19: Ahorro de energía con iluminación tipo LED.....	74
Tabla 20: Lecturas de la central de medida PM 810 [24]. ....	76
Tabla 21: Actividades típicas ECM para chiller []. ....	82
Tabla 22: Actividades típicas en ECM para las bombas [19]. ....	84
Tabla 23: Actividades típicas para el ECM en ventiladores [19]. ....	86
Tabla 24: Actividades típicas para el ECM para los motores [19]. ....	87
Tabla 25: Gastos energéticos de la iluminación perimetral.....	89
Tabla 26: Características de la propuesta de planta solar. ....	90

Tabla 27: Análisis económico de la Propuesta .....	92
Tabla 28 : Categorías RAEE según la Directiva de la Unión Europea [27]......	93
Tabla 29: Potenciales residuos eléctricos y electrónicos. ....	94
Tabla 30: Precio cajas para recolección de RAEE.....	95
Tabla 31: Empresas gestoras de RAEE. ....	97

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Certificación RETIE .....	110
Anexo B. Ficha técnica del equipo de medición .....	114
Anexo C. Cálculo del consumo nominal mensual .....	116
Anexo D. Manual URE .....	118
Anexo E. Formatos de registros utilizados en el ECM para chiller.....	119
Anexo F. Formatos de registros utilizados en el ECM en bombas.....	128
Anexo G. Formato de registros utilizados en el ECM en ventiladores .....	133
Anexo H. Formatos de registro utilizados en el ECM en motores eléctricos.....	136
Anexo I. Registros de actividad.....	139

## ACRÓNIMOS

**ANH:** Agencia Nacional de Hidrocarburos.

**BMS:** Building Management System (Sistema de Gestión de Edificios).

**COP:** Coeficiente de Eficiencia Energética.

**CCTV:** Circuito Cerrado de Televisión.

**EMC:** Mantenimiento Centrado en la Eficiencia.

**FRNC:** Fuentes de energía renovables no convencionales.

**GPM:** Galones por minuto bombeado de fluido.

**ICE:** Índice de Consumo Energético.

**IDE:** Indicadores de Desempeño Energético.

**IEE:** Índice de Eficiencia Energética.

**IRE:** Índice de Rendimiento Energético.

**LCD:** Pantalla de cristal líquido (Liquid Crystal Display).

**MGIE:** Modelo de la Gestión Integral de la Energía.

**MME:** Ministerio de Minas y Energía.

**NVR:** Grabador Digital de Video (Network Video Recorder).

**PTG:** Parque Tecnológico Guatiguará.

**PROURE:** Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales.

**RAEE:** Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

**RETIE:** Reglamento Técnico de instalaciones Eléctricas.

**RETILAP:** Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

**TR:** Toneladas de Refrigeración

**UPME:** Unidad de Planeación minero Energética.

**UPS:** Uninterruptible Power Supply (Sistema de Alimentación Ininterrumpida).

**URE:** Uso Racional y Eficiente de Energía.

## RESUMEN

**TÍTULO:** “ESTUDIO DE LAS ESTRATEGIAS NECESARIAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN LA NUEVA SEDE DE LA LITOTECA NACIONAL”.\*

**AUTORES:** FABIÁN ANDRÉS DÍAZ ARCINIEGAS, ELKIN DAVID TAMAYO ROJAS.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Eficiencia Energética, Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE), consumo energético.

### DESCRIPCIÓN

Este documento reúne estrategias para mejorar el desempeño energético una vez que la nueva sede de la Litoteca Nacional entre en operación. Realizar un buen uso de los recursos energéticos implementando tecnologías eficientes, aprovechar las fuentes de energía renovables no convencionales (FRNC) y fomentar la cultura energética en URE contribuyen a la disminución de los daños ambientales.

Se recopiló información técnica del sistema eléctrico y sistema de control y automatización identificando los componentes de uso significativo como el sistema de aire acondicionado centralizado y ventilación forzada, motores e iluminación. Con esta información se plantearon estrategias y soluciones para reducir el consumo energético en la Litoteca.

Cabe resaltar que a pesar de que se cuenta con tecnología altamente eficiente no se reflejaron los resultados si no cuenta con parámetros culturales de uso racional y eficiente de la energía (URE) en los usuarios, es por esto que se ha planteado la creación del comité URE, el cual pretende fomentar buenas prácticas energéticas tanto en funcionarios como visitantes. Lo anterior contribuye al ahorro energético en la edificación.

---

\* Proyecto de grado.

\*\* Facultad de Ingeniarías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director. Manuel José Ortiz Rangel. Codirector. Dr. Gabriel Ordóñez Plata.

## ABSTRACT

**TITLE:** “STUDY OF THE STRATEGIES NEEDED TO IMPROVE THE ENERGY PERFORMANCE IN THE NEW HEADQUARTERS OF THE NATIONAL MINERAL COLLECTION”.\*

**AUTHORS:** FABIÁN ANDRÉS DÍAZ ARCINIEGAS, ELKIN DAVID TAMAYO ROJAS.\*\*

**KEY WORDS:** Energetic efficiency, Rational and Efficient Use of Energy (URE), Energetic consumption.

**DESCRIPTION:** This document brings together strategies to improve energy performance once the new headquarters of the National Mineral Collection gets into operation. Make good use of energy resources by implementing efficient technologies, take advantage of the sources of non-conventional renewable energy (FRNC) and promote URE energy culture contribute to the reduction of environmental damage.

Technical information of the electrical system and automation control system was compiled by identifying the components of meaningful use as centrally controlled air conditioning and forced ventilation, motors and lighting. With this information strategies and solutions to reduce energy consumption in the Mineral Collection were raised.

Significantly, although they have highly efficient technology, results are not reflected unless it has cultural parameters of rational and efficient use of energy (RUE) on users, which is why it has proposed the creation of the URE committee, which aims to promote good energy practices both staff and visitors. This contributes to energy savings in the building.

---

\* Degree work.

\*\* Faculty of Physics and Mechanics Engineering. School of Electrical, Electronics and Telecommunications Engineering. Director: José Manuel Ortiz Rangel. Co-Director. Dr. Gabriel Ordóñez Plata.

## INTRODUCCIÓN

La generación, uso y consumo de energía siempre ha representado un impacto negativo sobre el ambiente, obteniendo la atención mundial para agrupar esfuerzos en su mitigación. A nivel global se ha logrado la unión de países para firmar el Protocolo de Kioto el cual busca la reducción de gases de efecto invernadero responsables del cambio climático. Debido a la crisis energética que se vive, se han venido desarrollando tecnologías para contribuir a la reducción del impacto ambiental como son: tecnologías para el ahorro y aprovechamiento de energía; aprovechamiento de energías renovables y la definición de aspectos normativos que propician una gestión de los recursos energéticos.

En Colombia se adelantan trabajos e investigaciones acerca del tema, en los que se encuentran: Sistema de Gestión Integral de la Energía [1]; El Modelo de Gestión Energética Colombiano: Desarrollo experiencias y resultados de aplicación y perspectivas futuras de desarrollo [2]; Guía para la Implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía [3] y el MGIE, Un Modelo de Gestión Energética para el Sector Productivo Nacional [4].

Por lo anterior organizaciones gubernamentales como la UMPE, COLCIENCIAS y varias universidades del país se han tomado el trabajo de fomentar la importancia e informar sobre las ventajas que trae a las organizaciones gestionar sus recursos energéticos.

En este trabajo se definen las estrategias necesarias para lograr el uso racional y eficiente de la energía (URE) sin poner en riesgo la funcionalidad de las instalaciones de la nueva sede de la Litoteca Nacional.

Estas estrategias para el ahorro de energía se definieron identificando las áreas de mayor consumo energético realizando una revisión energética de las instalaciones basada en datos de uso y consumo de la energía. En esta revisión se definió una línea de base para emplear como referencia y de esta forma lograr

el control del consumo de la energía, realizando un análisis cualitativo y cuantitativo de la eficiencia energética, uso y consumo de la energía.

Para la nueva sede de la Litoteca Nacional<sup>1</sup> este análisis energético y el planteamiento de las estrategias para tener un mejor aprovechamiento de la energía, puede representar cambios significativos en la cultura de los funcionarios, por lo cual es fundamental socializar el URE<sup>2</sup>, lograr mayor eficiencia, competitividad en los procesos y reducir la contribución de gases de efecto invernadero.

---

<sup>1</sup> La Litoteca Nacional de Colombia propiedad de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (AHN) es un centro de información e investigación en ciencias de la tierra, encargado de administrar y preservar las colecciones de muestras de roca del país. La Litoteca se encuentra ubicada en el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), pero en la actualidad la AHN de la mano con la Universidad industrial de Santander culminan la construcción de su nueva sede en el Parque Tecnológico Guatiguará.

<sup>2</sup> URE. Uso Racional y Eficiente de la Energía.

## 1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el aumento de la producción, uso y consumo de energía representa un gran impacto ambiental que afecta a la población mundial a través de la emisión de gases de efecto invernadero, aumento en el nivel del mar y calentamiento global. Ante esta problemática se promueve el uso eficiente y racional de la energía en aquellos sectores donde se presenta mayor consumo, incentivándolos a realizar la gestión de los recursos energéticos brindando ventajas como: reducir costos, aumentar su competitividad y reducir los impactos ambientales que generan.

Aunque esta temática se ha venido desarrollando desde hace tiempo, en Colombia el interés se ha mostrado por parte de organizaciones gubernamentales como la UPME, universidades como la Universidad Nacional, Universidad del Atlántico, Universidad Autónoma de Occidente, Universidad Industrial de Santander y la Universidad Pontificia de Medellín y en algunas empresas como la Electrificadora de Santander - ESSA [5], quienes hasta el momento son las que han fomentado la gestión ambiental en las compañías.

A finales de este 2014 en Santander, se realizará la inauguración de la nueva sede de la Litoteca Nacional, ubicada en el Parque Tecnológico Guatiguará, por ello surge una incertidumbre asociada al consumo energético de las instalaciones una vez inicien su operación, puesto que aún no se ha garantizado el aprovechamiento óptimo de los servicios y sistemas energéticos del edificio, ni la implementación de una cultura URE para sus funcionarios y visitantes.

Debido a esto se han identificado tres aspectos que inciden significativamente en el desempeño energético de la edificación: El primero de ellos es el aspecto técnico, el cual comprende el mantenimiento, la operación y la monitorización de los componentes del sistema eléctrico, manejo de los residuos eléctricos,

electrónicos y la infraestructura complementaria necesaria para mejorar la funcionalidad del edificio. El segundo aspecto es la incertidumbre entre la alineación de los parámetros culturales individuales con los esperados en el ámbito institucional, por esta razón se deben revisar los programas y políticas que implementa la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) con el objetivo de complementarlos y enfocarlos al URE. Por último, se debe considerar el aspecto financiero debido a que en cada intervención que se enfoque al mejoramiento del desempeño energético representará implicaciones económicas.

Teniendo en cuenta los aspectos antes citados se propone realizar la identificación y caracterización energética de la demanda del sistema eléctrico, con el objetivo de diagnosticar posibles usos inadecuados e ineficientes que lleven a plantear soluciones optimas reflejadas en un buen manejo de la energía por parte de la Litoteca. Asimismo es necesario fomentar la cultura institucional para el manejo eficiente de los recursos energéticos teniendo en cuenta URE.

## 1.1 JUSTIFICACIÓN

Frente al continuo crecimiento de la demanda de energía en el mundo, el panorama climático mundial, el agotamiento progresivo de los recursos utilizados para su generación; se presenta la necesidad de tomar acciones que permitan la reducción del consumo y por ende la de los costos. Una manera de contribuir a mejorar esta problemática, es el aprovechamiento óptimo de los recursos energéticos y el aumento de la eficiencia energética en la industria, en el comercio y en los hogares.

Colombia no es ajena a la crisis climática global, ya se reportan investigaciones acerca de los sistemas de gestión energética desde la década de los 90 y se han tenido avances importantes en los últimos años liderados por el Ministerio de Minas y Energía en asocio con algunas universidades del país. Actualmente se está trabajando en proyectos que permitan orientar a la implementación y mejora de un sistema de gestión energética, buscando tomar conciencia de la importancia del aprovechamiento eficiente de la energía en cada uno de los sectores productivos colombianos.

La Litoteca Nacional será una de las organizaciones pioneras a nivel nacional en aplicar estos conceptos, haciendo de su nueva sede ubicada en el parque tecnológico de Guatiguará, una edificación que permita tener una utilización óptima de la energía. Este proyecto ofrece a la Litoteca una manera de incluir la eficiencia energética entre las políticas de gestión y operación del edificio, de tal manera que brinde información del comportamiento energético, importante para mantener una mejora continua en las instalaciones. Aparte la reducción de los costos de sostenimiento energético de las instalaciones es un punto importante. Esta reducción estará garantizada en la medida que se cumplan todos los lineamientos propuestos en el desarrollo del proyecto.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Crear una propuesta de implementación de estrategias para reducir el consumo de energía eléctrica de la nueva sede de la Litoteca Nacional.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el reconocimiento técnico y del funcionamiento de las instalaciones eléctricas de la nueva Litoteca Nacional en el Parque Tecnológico Guatiguará.
- Realizar el análisis del comportamiento energético del edificio, creando la línea de base energética.
- Plantear soluciones para reducir el consumo energético tomando como referente la línea de base energética de la edificación, de tal manera que se mejoren las condiciones de operación y uso final de la energía sin sacrificar el confort dentro de las instalaciones.

## 2 MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de este proyecto es necesario tener claro los conceptos, reglamentaciones y normas que se presentan a continuación:

### 2.1 EFICIENCIA Y GESTIÓN ENERGÉTICA

Debido al incremento en el consumo de energía, este término es muy empleado en la actualidad, su concepto fundamental es obtener los mismos bienes y/o servicios pero consumiendo menos energía. Esto llama la atención de las industrias, las cuales tiene como entrada una gran variedad de fuentes de energía representando una oportunidad de ahorro. Pero realizar prácticas para incrementar la eficiencia energética también representa beneficios para la sociedad y el ambiente, estas son algunas acciones que contribuyen al mejoramiento de la eficiencia energética:

- Minimización de pérdidas en equipos eléctricos.
- Ahorro en las máquinas eléctricas y su accionamiento
- Automatización de equipos.
- Cogeneración.
- Implementación de energías renovables.

Estas prácticas enfocadas a un menor consumo de energía mientras se mantiene los niveles de producción y el confort en las instalaciones se pueden definir como gestión energética [6].

En Colombia la UPME en su obligación por planear y promover el desarrollo y el aprovechamiento de los recursos energéticos ha realizado investigaciones para el uso racional y eficiente de energía colocando a disposición de los interesados

todos sus estudios en un portal virtual con el objetivo de motivar a la población que haga buen uso de los recursos energéticos [5].

## **2.2 NORMAS Y REGULACIONES COLOMBIANAS**

A continuación se presentan algunas reglamentaciones y normas esenciales para este trabajo de grado:

### **2.2.1 LEY 697 DE 2001 (LEY URE)**

El gobierno nacional crea esta ley con el fin de asegurar el abastecimiento energético, la competitividad de la economía nacional, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de tal manera que sea sostenible con los recursos naturales y el medio ambiente. Además establece la creación del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales (PROURE) para fomentar y promover el uso eficiente de la energía.

Así mismo esta ley define en su artículo 2° el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades, de la cadena el desarrollo sostenible [7].

## 2.2.2 RESOLUCIÓN 1511 AGOSTO 2010

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establece la obligación de formular, presentar e implementar sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas con tecnología fluorescente compacta, fluorescente tubular, haluros, vapor de sodio y vapor de mercurio [8].

## 2.2.3 LEY 1715 DEL 13 DE MAYO DE 2014.

Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencional al Sistema Interconectado Nacional (SIN). También promueve la inversión, la investigación y desarrollo de las energías limpias.

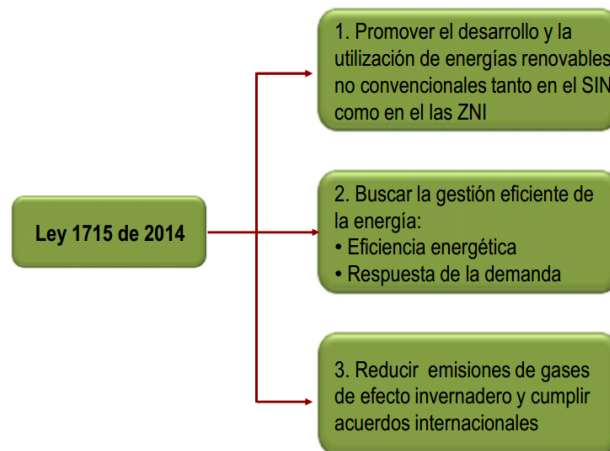


Figura 1: Estructura Ley 1715 de 2014 [9].

Gracias a esta ley se creara el fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, orientado a financiar los programas de eficiencia energética. Con esta Norma, Colombia sigue mejorando en la búsqueda de un sistema energético más limpio, que involucre al sector público, al sector privado y a las autoridades locales, y promueva la conexión de fuentes convencionales de energía con criterios de sostenibilidad medioambiental, social y económica [10].

### 3 DESCRIPCIÓN

A continuación se presenta una descripción de la nueva sede de la Litoteca Nacional, partiendo de su planta física, ubicación y los servicios que presta a sus usuarios, hasta llegar a sus componentes eléctricos y de automatización.

#### 3.1 GENERAL

La Litoteca Nacional (Figura 2) es una edificación propiedad de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, en adelante ANH, su nueva sede se encuentra ubicada en el costado sur-oriental del Parque Tecnológico Guatiguará (Figura 3), en el municipio de Piedecuesta Santander y está destinada a administrar gran variedad de muestras de rocas recolectadas en perforaciones de pozos a lo largo del territorio nacional, además de servir como centro de investigación en ciencias de la tierra y prestar servicios especializados a los posibles interesados como:

- Registro “gamma ray” espectral.
- Corte longitudinal de corazones.
- Área de preservación de núcleos.
- Toma de muestras.
- Fotografía de corazones.
- Descripción sedimentológica e Interpretación estratográfica de corazones.

La nueva sede de la litoteca nacional ya se encuentra construida, sin embargo en la actualidad se están realizando adecuaciones y culminación de trabajos para poder entrar en funcionamiento.



Figura 2: Nueva sede de la Litoteca Nacional Fuente [11 14].

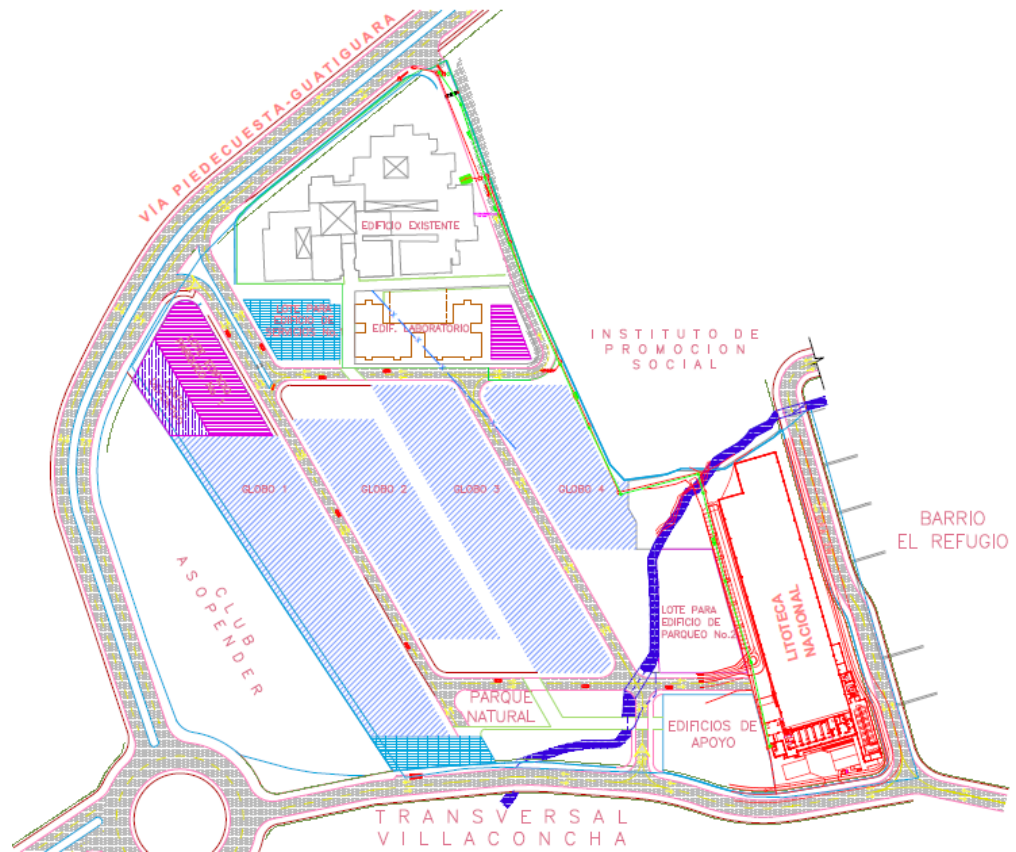


Figura 3: Ubicación de la Litoteca Nacional en el PTG [12].

Sus instalaciones comprenden un área de 10.600 m<sup>2</sup> distribuidos como se muestra en la Tabla 1.

ÁREA	[m <sup>2</sup> ]
Técnica-Administrativa	4.000
Bodega de almacenamiento	6.600
TOTAL	10.600

Tabla 1: Distribución de áreas de la Litoteca.

El área técnica-administrativa está distribuidas en 3 pisos, la Tabla 2 y Tabla 3 describen en detalle su conformación.

		CANTIDAD	ÁREA [m <sup>2</sup> ]	TOTAL [m <sup>2</sup> ]
<b>PISO 1</b>	Salas de muestras pública	5	44	220
	Laboratorio de placas	1	44	44
	Laboratorio de imágenes	1	23.48	23.48
	Laboratorio core gamma espectral	1	16	16
	Área de corte	1	60	60
	Deposito	1	28.5	28.5
	Fluidoteca	1	60	60
	Oficinas geo	2	9	18
	Área de recibo y almacenamiento	1	418	418
	Auditorio	1	56	56
	Seguridad y comunicaciones	1	16.8	16.8
	Redes y servidores	1	12	12
	Rack de datos	1	10.5	10.5
	Recepción	1	48	48
	Cafetería	1	5.6	5.6
	Subestación	1	60.5	60.5
	Áreas comunes (Pasillos, Hall y baños)	-	577.26	577.26
		TOTAL	1674.64	

Tabla 2: Descripción de áreas del primer piso.

		CANTIDAD	ÁREA [m <sup>2</sup> ]	TOTAL [m <sup>2</sup> ]
<b>PISO 2</b>	Sala de muestras privadas	6	60.5	363
	Sala de reuniones	2	23.04	46.08
	Sala de reuniones abierta	1	33.6	33.6
	Depósito de insumos	1	12	12
	Oficina ANH	1	49.5	49.5
	Sala de juntas	1	36.45	36.45
	Oficina abierta	1	58.22	58.22
	Oficina dirección	1	40	40
	Cafetería principal	1	220	220
	Terraza	1	210	210
	Áreas comunes (Pasillos, Hall y baños)	-	234.15	234.15
				<b>TOTAL</b>

Tabla 3: Descripción de las áreas de segundo piso.

El piso 3 cuenta con un área disponible de 1000 m<sup>2</sup>, los cuales la ANH ha destinado para futuras instalaciones.

Por otro lado el área de almacenamiento es una bodega con altura libre de 12 metros y cubierta tipo Diente-Sierra, ilustrada en la Figura 4.



Figura 4: Bodega de almacenamiento.

### 3.2 SISTEMA ELÉCTRICO

La subestación eléctrica (Figura 5) de la Litoteca Nacional, cuenta con una acometida subterránea Cu XLPE 3x1/0 AWG 36 KV proveniente de un barraje de 34.5 KV desde la subestación PTG, la subestación del edificio emplea un transformador con capacidad nominal de 400 [kVA] y una relación de transformación de 34.5 [KV] / 220-127 [V]. Para mejorar el factor de potencia, el sistema eléctrico cuenta con un banco de condensadores de 55 KVar.

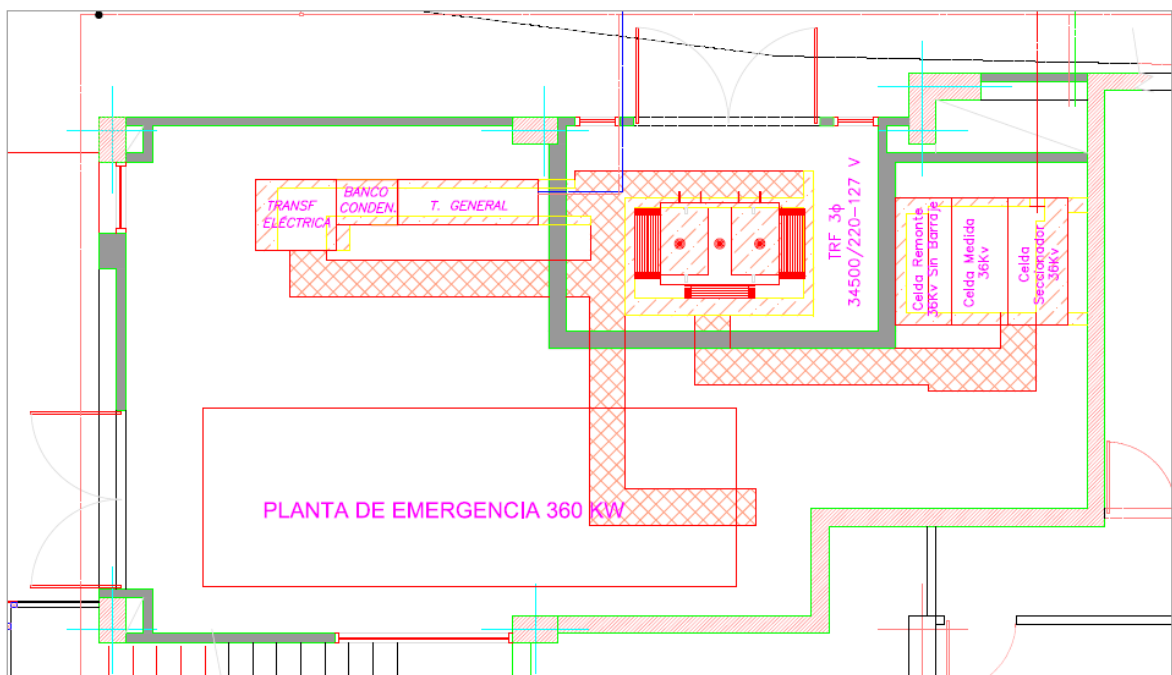


Figura 5: Distribución de equipos de la S/E [15].

Para situaciones de corte de energía de la red local, la litoteca ha sido equipada con un grupo electrógeno accionado por motor diésel con capacidad de 450 [kVA] 360 [kW] (Figura 6), la planta cuenta con una transferencia automática de 220 V/ 1250 A para entrar en operación.



Figura 6: Planta de Emergencia.

Además de la planta de emergencia, la edificación posee como sistema de respaldo una red de energía regulada (Figura 7) conformada por una UPS de 30 [kVA] la cual garantiza un funcionamiento continuo de los equipos que lo requieran siempre y cuando las baterías de respaldo estén debidamente cargadas.

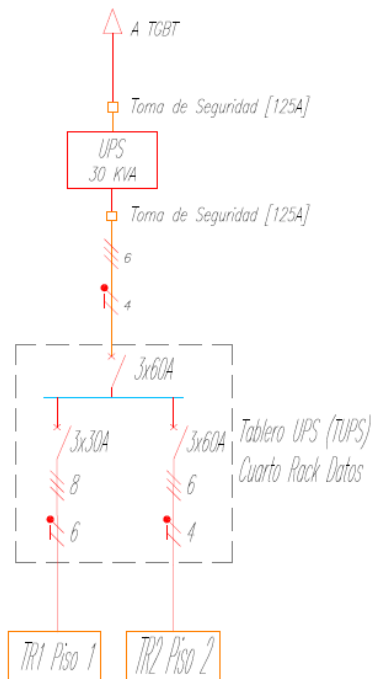


Figura 7: Red de energía regulada [15].

Esta UPS alimenta el tablero TUPS, el cual contiene barraje, totalizador (3x60 A) y protecciones de (3x60 A) para los tableros de energía regulada TR1 y TR2. La Tabla 4 y la Tabla 5 muestran las cargas que son alimentadas por TR1 y TR2 respectivamente.

TR1	Tomas oficinas geo y área de almacenamiento
	Tomas laboratorios Imagen y core gama espectral
	Tomas laboratorio de placas y salas publicas 4-5
	Tomas salas publicas 1-2-3
	Equipos cuarto de seguridad y automatización
	Equipos cuarto de seguridad y automatización
	Equipos cuarto de seguridad y automatización
	Equipos cuarto de RACK
	Tomas sala de conferencias
	Toma sala de espera
	Controladoras
	Cámaras PTZ
	Pantallas
	Sensores
	Tomas Hall
	Gabinete bodega
	panel
	Cámaras móviles y fijas norte
	Controladoras
	Molinete
Aires piso 1	

Tabla 4: Cargas del TR1

TR2	Tomas salas privadas 4,5 y 6
	Tomas salas de reuniones
	Tomas salas privadas 1,2 y 3
	Tomas oficinas piso 2
	Tomas oficina abierta piso 2
	Tomas área piso 2
	Swich
	Gabinete Aire
	Cámaras recepción, terraza y cafetería
	Sensores
	Aires piso 2

Tabla 5: Cargas del TR2

La UPS (Figura 8) debe operar bajo unas condiciones especiales de temperatura para lo cual la Litoteca dispuso un cuarto (Redes y servidores) dedicado a equipos sensibles a esta condición de operación.



Figura 8: UPS 30 [kVA]

Cumpliendo la reglamentación colombiana para instalaciones eléctricas, esta edificación cumple con los requisitos y aspectos técnicos que exige el RETIE (Ver ANEXO A) y RETILAP, por tal razón está certificada en estos dos reglamentos.

En la Figura 9 se presenta el diagrama unifilar de la nueva sede de la litoteca nacional. Para entender mejor las abreviaturas del diagrama unifilar se presenta la siguiente tabla:

<b>TABLERO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PROPOSITO</b>
TN1	Tablero Energía Normal 1	Iluminación, tomas y motores piso 1
TN2	Tablero Energía Normal 2	Iluminación, tomas y motores piso 1
TN3	Tablero Energía Normal 3	Iluminación, tomas piso 1
TN4	Tablero Energía Normal 4	Salida carro satélite
TN5	Tablero Energía Normal 5	Iluminación, tomas y motores piso 2
TN6	Tablero Energía Normal 6	Iluminación y tomas piso 2
TR1	Tablero Energía Regulada 1	Tomas piso 1, Equipos automatización
TR2	Tablero Energía Regulada 2	Tomas piso 2, Equipos de automatización
TAE01	Tableros Equipos A.A.	Chiller y bombas de agua
TAE-ACW-01	Tablero Manejadoras 01	2 Unidades Acondicionadoras
TAE-ACW-02	Tablero Manejadoras 02	2 Unidades Acondicionadoras
TAE-ACW-03	Tablero Manejadoras 03	2 Unidades Acondicionadoras
TAE-SVR-01	Tablero Unidades Condensadoras	2 Unidades Acondicionadoras
TAE-WA-01	Tablero ventiladores 01	3 ventiladores para extracción
TAE-WA-02	Tablero ventiladores 02	4 Ventiladores para extracción
VEC-01	Tablero Ventilación Mecánica 01	1 Ventiladores para extracción 1 Ventilador para inyección
VEC-02	Tablero Ventilación Mecánica 02	1 Ventiladores para extracción 1 Ventilador para inyección
BI	Bomba Contra Incendio	Sistema Contra Incendio
BA	Bomba de Agua	Bombas de agua
ASC	Ascensor	Ascensor

Tabla 6: Descripción general de los tableros.

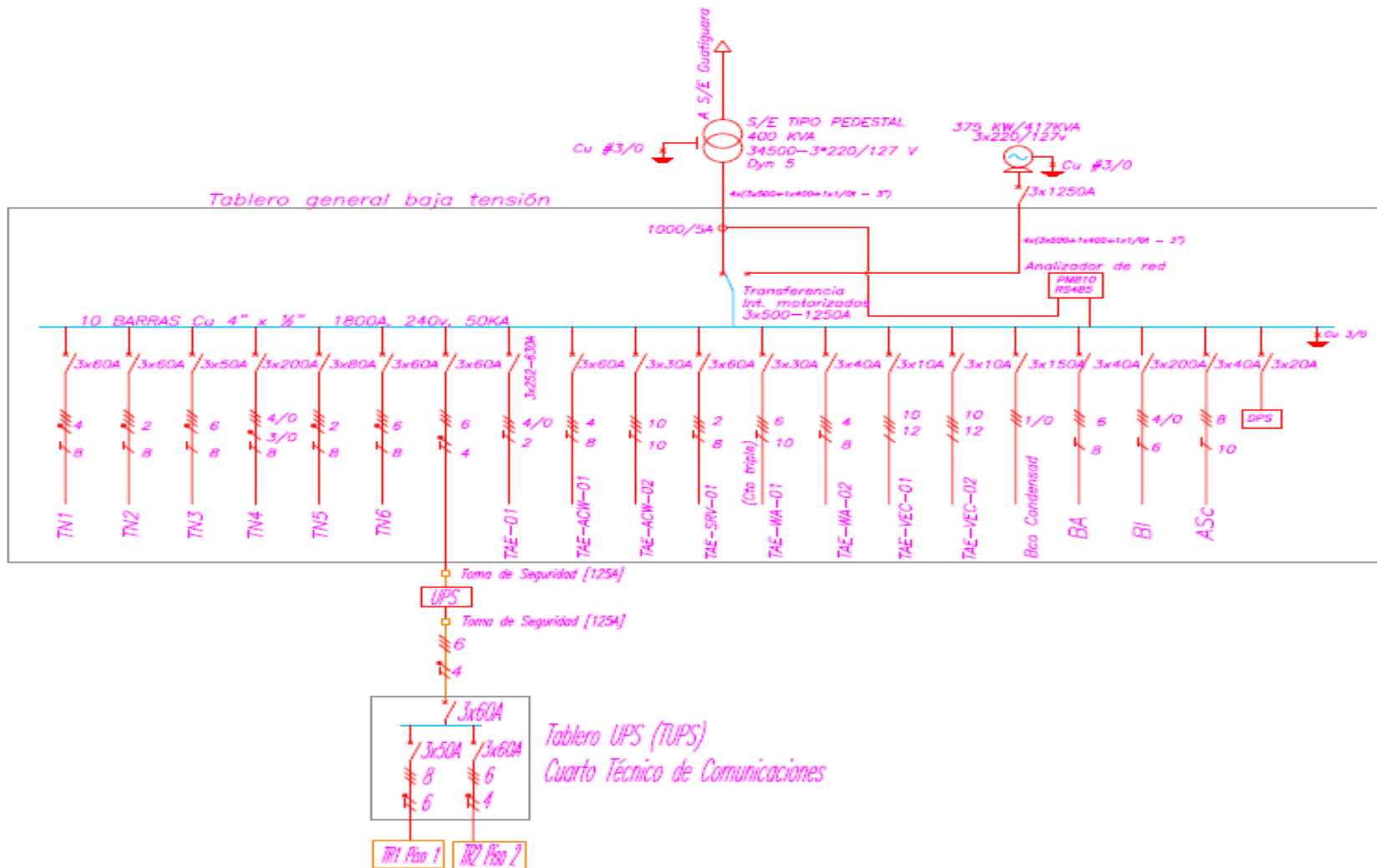


Figura 9: Diagrama Unifilar [12].

### 3.3 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

Las nuevas instalaciones de la Litoteca cuentan con un sistema de Control Integrado BMS con la capacidad de monitorear, localizar, identificar y controlar situaciones que pongan en riesgo la operatividad e integridad de las personas y equipos presentes en la edificación, está compuesto por los siguientes componentes:

**Estación de trabajo:** PC en el cual está instalado el software de integración Andover Continuum, el cual cuenta con una interfaz gráfica que le permite al operador monitorear y controlar la edificación.

**Controladoras:** Son equipos electrónicos que realizan labores de propósito general y/o específico que están comunicándose permanentemente con la estación de trabajo

**Bus de comunicaciones:** Medio mediante el cual se realiza la comunicación entre las controladoras con el PC de la estación de trabajo.

**Periféricos:** Dispositivos electrónicos vinculados a su respectiva controladora, entre ellos se encuentran los detectores de apertura, sensores de movimiento, electroimanes, lectoras de proximidad, lectoras biométricas, botones de pánico, cámaras, DVR, sensores fotoeléctricos, estaciones manuales, entre otros.

Para realizar control y monitoreo de los componentes eléctricos de la litoteca, el BMS se divide en los siguiente subsistemas.

### 3.3.1 SUBSISTEMA DE CONTROL DE ACCESOS Y GESTIÓN DE VISITANTES

Está conformado por los siguientes elementos (Ver Figura 10) los cuales permiten controlar y gestionar el acceso de personal propio y visitantes a las diferentes áreas que comprenden la Litoteca.

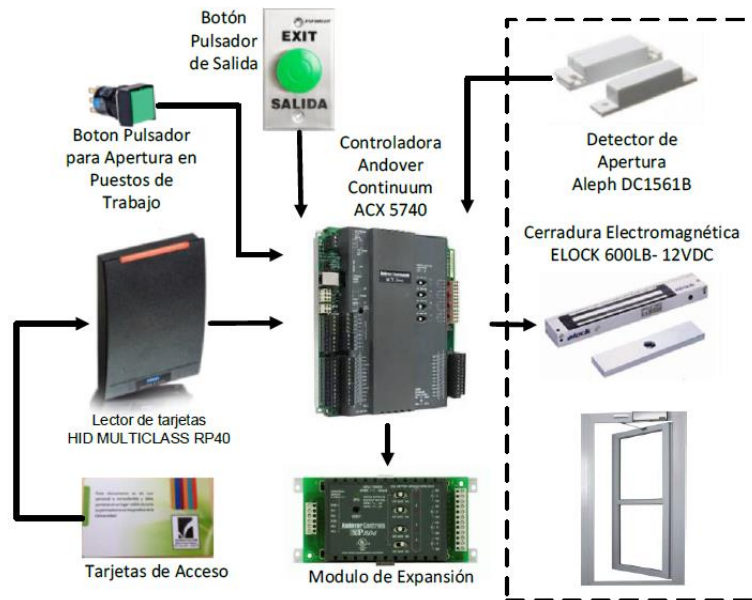


Figura 10: Red de control de acceso [13].

Cada usuario tendrá una tarjeta según su perfil, cuando desee acceder a determinada área, debe aproximar la tarjeta al lector HID de proximidad que envía la información a la controladora para decidir si permite el ingreso según la información cargada en el software de integración Andover Continuum, si el acceso es válido se desactiva el electroimán permitiendo la apertura de la puerta. Una vez se abre la puerta el detector de apertura envía información sobre su estado al software Andover Continuum a través de la controladora. Cuando el usuario desee salir, debe presionar el botón pulsador de salida el cual envía información para la apertura de la puerta

### **3.3.2 SUBSISTEMA DE SEGURIDAD E INTRUSIÓN**

Este sistema está conformado por detectores de movimiento con el fin de controlar el acceso a intrusos y a su vez el control de alumbrado de las áreas comunes. Además consta de un arco detector de metales con la capacidad de bloquear el molinete (ver Figura 11) de acceso permitiendo la reacción del personal de seguridad en caso de detectar armas u objetos no autorizados, todos estos elementos son monitoreados y controlados por el software Andover Continuum.



Figura 11: Componentes del subsistema de seguridad.

### **3.3.3 SUBSISTEMA DE DETECCIÓN Y NOTIFICACIÓN DE INCENDIO**

Su función es generar de manera manual y automática las señales audiovisuales de alarma en caso de detectarse un conato de incendio o incendio. Estas señales detectadas serán transmitidas al panel de control de incendio y a su vez al anunciador remoto LCD ubicado en recepción.

#### **PANEL DE INCENDIO SIMPLEX 4100ES**

Este panel está ubicado en el cuarto de monitoreo, tiene la capacidad de proveer la localización exacta para el monitoreo y control. La alimentación de este panel es ya respaldada UPS y respaldada por un banco de baterías.

El panel cuenta con una pantalla de cristal líquido que despliega permanentemente información acerca del estado del sistema, condiciones anormales y estados de supervisión y falla de todos los dispositivos instalados en el edificio.

Los dispositivos que envían señales a este panel son:

- Sensores de humo
- Sensores térmicos
- Sensores duales
- Sensores de inundación
- Estaciones manuales
- Módulos de monitoreo
- Sirenas Estrobos



Figura 12: Panel detección de incendio simplex 4100ES [14].

## UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO CPU.

En la figura 13 se observa la CPU del panel y sobre la cual el operario va a interactuar con el sistema desde el cuarto de monitoreo. Además de las funciones generales, esta estación está en capacidad de realizar otros trabajos tales como:

- Revisar el estado del cableado de los circuitos eléctricos de entrada y salida.
- Indicar a través de LED's y la pantalla los eventos que provengan de los dispositivos de campo
- Recibir la señal de operación de los elementos de control y supervisión instalados sobre los sitios de interés, y generar las alarmas sonoras y luminosas en caso de que ocurra algún evento anómalo.
- Realizar funciones de autochequeo y auto diagnóstico sobre el sistema y suministrar las alarmas correspondientes.
- Generar una alarma en caso de falla en el cableado.



Figura 13: CPU Panel 4100ES [14].

## ALARMAS DE INCENDIO.

Existen dos clases de alarmas:

**Alarma general:** Esta alarma se activa cuando como mínimo dos sensores de humo, térmicos o duales en el mismo piso envían señales de alarma, o cuando se activa una estación manual.

**Alarma Parcial:** Cuando se activa un solo sensor de humo, térmico o Dual, en este caso la activación de las sirenas no es automática pues se deduce que se cuenta con un tiempo para verificar la causa de la activación del sensor activado.

El panel de control también cuenta con opciones para responder ante cualquier tipo de emergencia o amenaza que se presenta en el edificio, estas componentes del sistema se pueden activar desde botones aledaños a la CPU los cuales se configuran para proporcionar comandos como los mencionados a continuación:

**Evacuación General:** Activa la alarma general del edificio en la que se liberan las puertas de todos los pisos y se encienden las sirenas y estrobos para realizar la evacuación

**Apertura de Puertas:** Permite desactivar el subsistema de acceso liberando los electroimanes.

**Evacuación General Controlada:** Esta opción solo activa las sirenas y estrobos para que el personal al interior del edificio pueda iniciar una evacuación controlada.

### 3.3.4 SUBSISTEMA DE CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN CCTV

Este sistema es un respaldo para todos los demás, pues permite verificar de forma visual cada uno de los eventos que se presenten en el interior y en el exterior del edificio, además de la visualización de eventos que requieran la reacción del personal de seguridad. Está compuesto por los siguientes dispositivos:

**CÁMARAS:** Se han instalado 5 cámaras PTZ controladas por un teclado tipo joystick, 13 cámaras fijas y 28 mini domo IP en sitios estratégicos definidos en el diseño, estos dispositivos cuentan con tecnología PoE (Power over Ethernet), la cual utiliza el mismo cable de red para su alimentación.

**VIDEOGRABADORA NVR:** Toda la información captada por las cámaras llega a dos NVR (Network Video Recorder) conformadas por tres discos duros de 6

TB, procesador Intel Core i7 y memoria RAM de 8GB. Tiene la capacidad de operar 24 horas al día, 7 días a la semana.

**MONITORES:** El seguimiento visual de las cámaras se hace por medio de 4 monitores LCD de 42" ubicados en el cuarto de seguridad y comunicaciones (Ver Figura 15)



Figura 14: Unidades de monitoreo CCTV [15].

**SOFTWARE DE CONTROL:** El subsistema de CCTV está controlado por 4 programas instalados en el sistema operativo de la NVR.

- **DS QUICK SETUP:** Encargado de la configuración de las cámaras.
- **DS CONTROL POINT:** Este software permite la conexión remota de las cámaras a las NVR.
- **DS ADMIN:** Administra el comportamiento de la instalación y personalizar las características de grabación.
- **ENDURA UTILITIES:** Verifica la versión de software necesario para el control y realizar actualizaciones cuando sea necesario.

### 3.3.5 SUBSISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO E ILUMINACIÓN

Este subsistema procura realizar el control de equipos electromecánicos a través de módulos de entradas/salidas contactados a un controlador de red vía RS485 [16]. Estos módulos reciben señales de los siguientes equipos:

- Control de bombas del sistema hidráulico.
- Planta de enfriamiento.
- Unidades acondicionadoras.
- Selectores ON/OFF.
- Controles de parámetros.
- Estado de limpieza de filtros de unidades acondicionadoras.
- Estatus de operación de motores.
- Temperatura y humedad exterior.
- Control de calidad del aire, CO<sub>2</sub>.
- Planta de emergencia, estado de funcionamiento, nivel de combustible.
- Sensores de gases.
- Sistemas de ventilación mecánica.
- Monitoreo por sensores de presencia para control de iluminación y reporte al sistema de seguridad.
- Circuitos de iluminación.

## 4 RECONOCIMIENTO DE LAS INSTALACIONES

Esta es la primera etapa de este proyecto, donde se observa las condiciones iniciales que presenta la edificación antes de llevarse alguna intervención que permita optimizar el consumo de energía. Para ello fue necesario recolectar toda la información posible (Planos, manuales, fichas técnicas) de los componentes del sistema eléctrico y el sistema de control de la edificación, la cual fue suministrada por el interventor de la obra Ing. Manuel José Ortiz y el gestor de la Litoteca el Ing. Jerson Murillo.

Una vez obtenidos los planos “*AS BUILD*” del sistema eléctrico fue necesario realizar un levantamiento área por área con el fin de corroborar la información de estos documentos.

### 4.1 GENERAL

Se hizo una visita técnica a las instalaciones de la Litoteca el día 13 de agosto con el propósito de realizar el levantamiento del sistema eléctrico (VER ANEXO I).

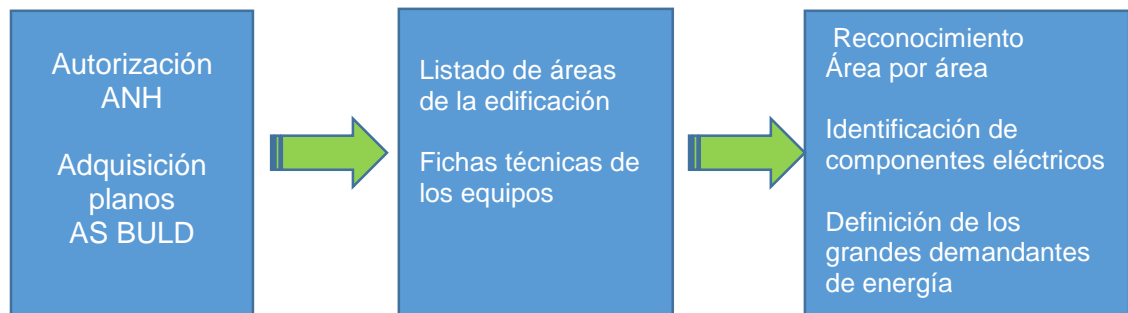


Figura 15 : Metodología Levantamiento sistema eléctrico

Este procedimiento fue enfocado a conocer la demanda energética del edificio contemplada en los cálculos eléctricos, realizando un censo de carga e identificando los mayores consumidores de energía eléctrica.

Como resultado al levantamiento, se han clasificado los componentes del sistema eléctrico con la potencia nominal que demandan para su operación (Ver Tabla 7).

CATEGORIAS	kVA	PORCENTAJE [%]
Aire Acondicionado	218.304	52.87%
Motores	100.399	24.32%
Iluminación	42.556	10.31%
Tomacorrientes	26.648	6.45%
Computadores	17.5	4.24%
Otros	4.973	1.20%
Fluxómetros	2.52	0.61%
Total	412.90	

Tabla 7: Demanda de energía del edificio.

La figura 16 muestra el porcentaje de energía que demandan los componentes del sistema eléctrico.

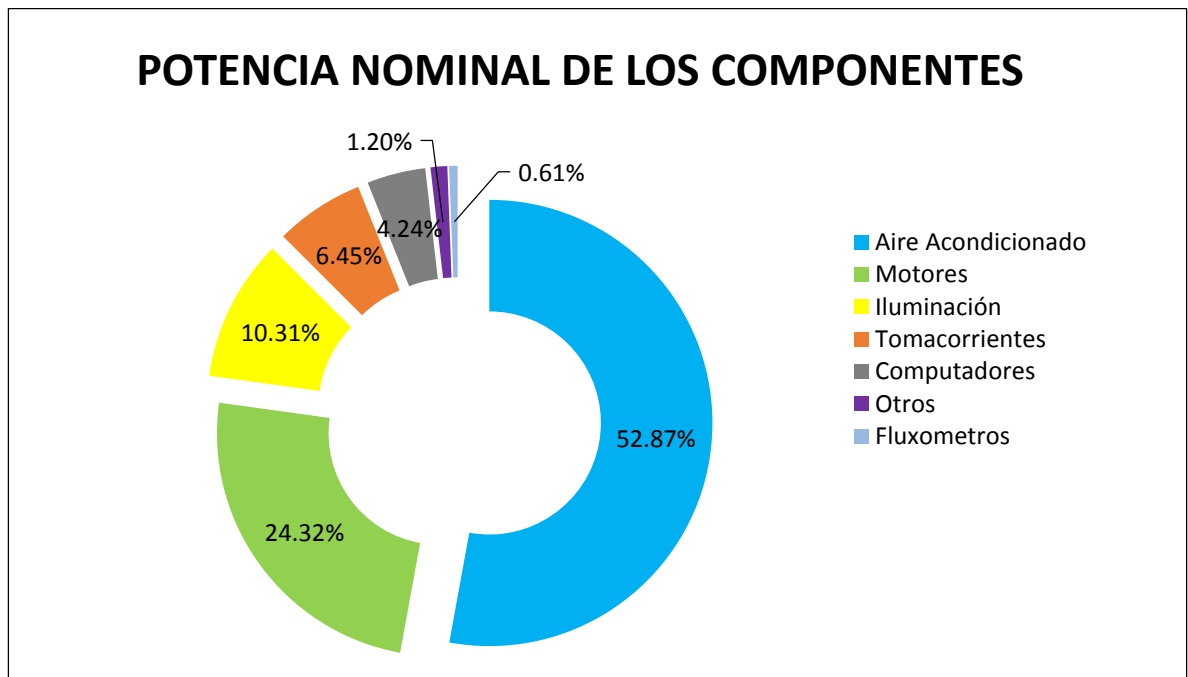


Figura 16: Potencia nominal de las componentes.

La anterior figura permite visualizar el alto porcentaje que tiene el sistema de aire acondicionado y ventilación mecánica en la demanda de energía (52.87 %), llamando la atención para hacer una profundización de los elementos que lo componen.

El sistema de aire acondicionado lo conforma un sistema de agua fría compuesto por un enfriador de agua de condensación de aire, bombas para recirculación de agua de volumen variable y unidades manejadoras para volumen variable, que distribuyen el aire por el piso. El sistema de ventilación mecánico está dedicado a la bodega de almacenamiento de muestras y cuenta con ventiladores centrífugos para la extracción e inyección en línea y ventiladores helico centrífugos para los baños.

La Tabla 8 presenta los equipos que componen el sistema de aire acondicionado y del sistema de ventilación forzada:

EQUIPO	CÓDIGO	CANTIDAD	POTENCIA NOMINAL [KVA]
Enfriadora	ENF	1	146.250
Unidades acondicionadoras	ACW	4	4.662
Unidades acondicionadoras	ACW	2	2.797
Unidades condensadoras	UC	2	7.750
Bombas de recirculación de agua	BAFP	2	2.797
Ventiladores para extracción	AW	7	2.797
Ventiladores de inyección	VI	2	0.466
Ventiladores de extracción	VEC	3	0.233

Tabla 8: Componentes del sistema de aire acondicionado.

Este sistema de aire acondicionado está monitorizado por medio del sistema BMS, a través de controladores de volumen, presión y temperatura del aire.

Debido a la cantidad de motores que posee la litoteca, necesarios para prestar sus servicios técnicos y los motores para el funcionamiento de sus instalaciones, es necesario profundizar las unidades que representa esta categoría (Tabla 9) ya que representa el 24.32 % de la demanda de energía.

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>POTENCIA NOMINAL [KVA]</b>
Bandas Transportadoras	17	932.5
Bandas de Clasificación	4	1865
Motores de Corte	2	1865
Bomba de Agua	1	9.325
Bomba Contra Incendio	1	55.9
Ascensor	1	9.325

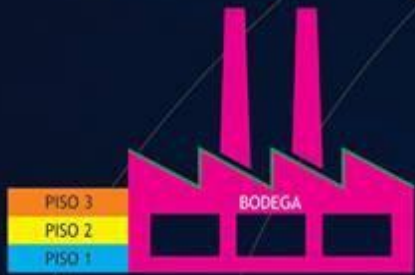
Tabla 9: Motores

## 4.2 CONSUMO MENSUAL NOMINAL

Una vez realizado el reconocimiento de los componentes del sistema eléctrico e identificación de las cargas más críticas (sistema de aire acondicionado y motores), es de gran interés para este proyecto conocer como es el comportamiento del consumo energético en la edificación cuando empiece a prestar sus servicios, debido a que esta información permitirá realizar un diagnóstico enfocado a la búsqueda de estrategias que puedan optimizar la utilización de los recursos energéticos.

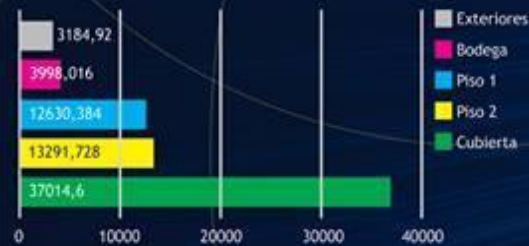
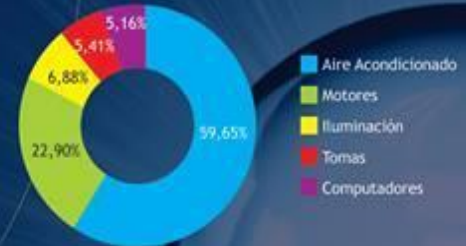
El consumo mensual nominal fue calculado en las áreas que entrarán en operación, es necesario aclarar que el tercer piso es un área que no entrará en uso en el momento en que la litoteca inicie la prestación de sus servicios, esta área fue destinada por la ANH para futuras ampliaciones que han proyectado a largo plazo (ver ANEXO B).

# CONSUMO MENSUAL NOMINAL



70119.648 kWh al MES

## CONSUMO MENSUAL DEL EDIFICIO



## CONSUMO MENSUAL POR ÁREAS



## BODEGA



### 4.3 SITUACION ENERGÉTICA ACTUAL

Para análisis del consumo actual de energía de la litoteca, fue necesario recopilar las facturas de energía correspondientes a la edificación. Teniendo en cuenta que la litoteca es una edificación nueva, tan solo se ha generado facturación desde el mes de mayo del año en curso, por ello el periodo de análisis se realizó desde mayo hasta septiembre del 2014 (Ver tabla 10).

PERIODO		CONSUMO	DIFERENCIA	COSTO	COSTO	TOTAL
FACTURADO	FACTURADO	MENSUAL	CONSUMO	UNITARIO	CONSUMO	FACTURA
DESDE	HASTA	[kWH/mes]	[kWH/mes]	[\$/kWH]	\$	\$
21/05/14	07/06/14	2820	-	266.88	\$752,601.60	\$1,016,021.00
08/06/14	08/07/14	4800	1980	272.22	\$1,306,656.00	\$1,171,300.00
09/07/14	08/08/14	18600	13800	277.66	\$5,164,476.00	\$6,972,156.00
09/08/14	08/09/14	8740	-9860	283.22	\$2,475,342.00	\$3,341,685.00

Tabla 10: Historial de facturación de la Litoteca [20].

### ANÁLISIS

La energización de la litoteca se efectuó a finales del mes de mayo, desde ese momento se han realizado trabajos para la entrega de los componentes del sistema eléctrico, sistema de aire acondicionado y el sistema de control y automatización por parte de los contratistas, por esta razón se observa la diferencias tan altas en kWh/mes entre periodos, la Figura 17 nos muestra este comportamiento.

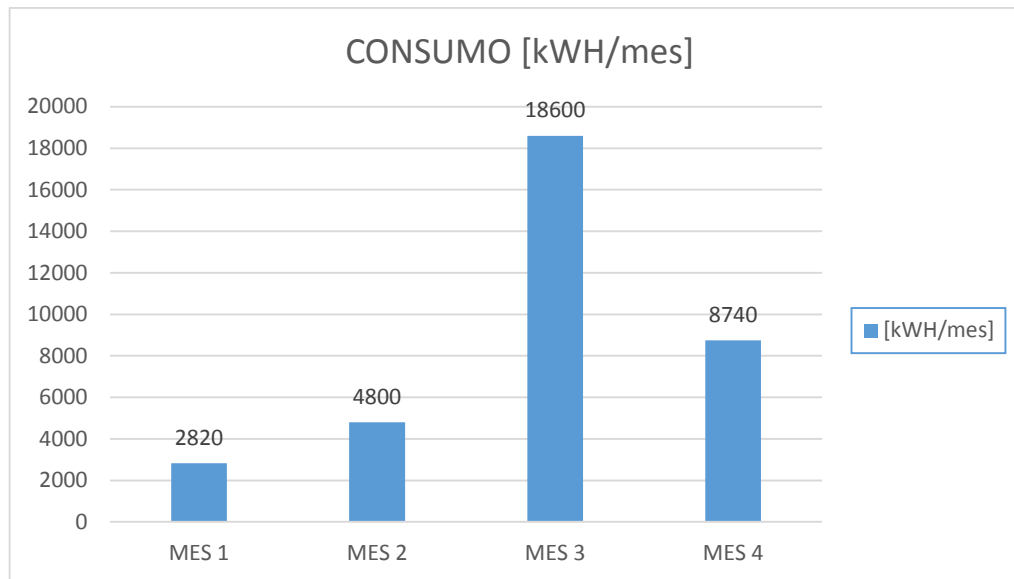


Figura 17: Historial de consumo de la litoteca [17].

En el tercer periodo fue el de mayor consumo debido a los trabajos del sistema de aire acondicionado operando sus equipos durante toda la jornada laboral, esto generó un considerable incremento el consumo de kW/hora en comparación con los ciclos anteriores, esto se debe a que los equipos que componen este sistema son los grandes demandantes de energía como se había especificado anteriormente.

Una vez la Litoteca normalice su funcionamiento, con todo el personal y visitantes haciendo uso de las instalaciones y con la entrada en operación de más componentes del sistema eléctrico, esta factura tendrá un comportamiento más estable y a su vez incrementará el valor considerablemente, aproximando el consumo mensual en kWh al consumo nominal que se ha calculado con anterioridad.

## 5 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DEL EDIFICIO

Antes de realizar intervenciones en el desempeño energético de la edificación es fundamental conocer las condiciones iniciales, así se podrá evaluar los resultados de planes de acción y estrategias que se lleven a cabo.

### 5.1 LÍNEA BASE ENERGÉTICA

La línea de base energética es el diagnóstico inicial, pretende servir como referencia del consumo energético actual, se hace en un periodo de recolección de datos apropiado y todos los cambios en el desempeño energético deben medirse con relación a ella.

Para obtener dicha referencia, se instaló un equipo analizador de energía eléctrica Fluke 435 serie II (Ver especificaciones técnicas en ANEXO B) en el tablero general de baja tensión ubicado en la S/E (Figura 18). Este equipo registro el comportamiento de consumo de electricidad durante un periodo de 7 días iniciando el 19 de septiembre de 2014 y finalizando el 26 de septiembre de 2014.

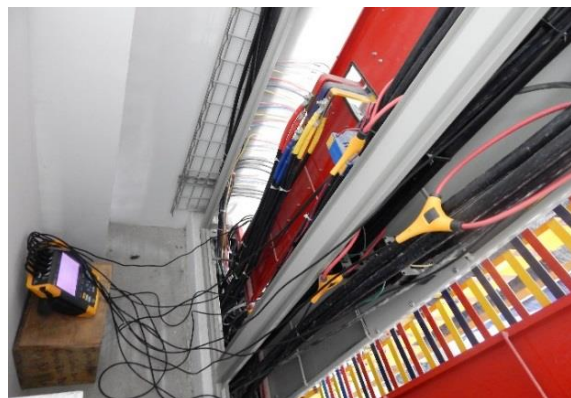


Figura 18 : Analizador de energía eléctrica [18].

La Figura 19 muestra los datos suministrados por el equipo de medición sobre el consumo de energía activa en kWh durante el periodo de 7 días.

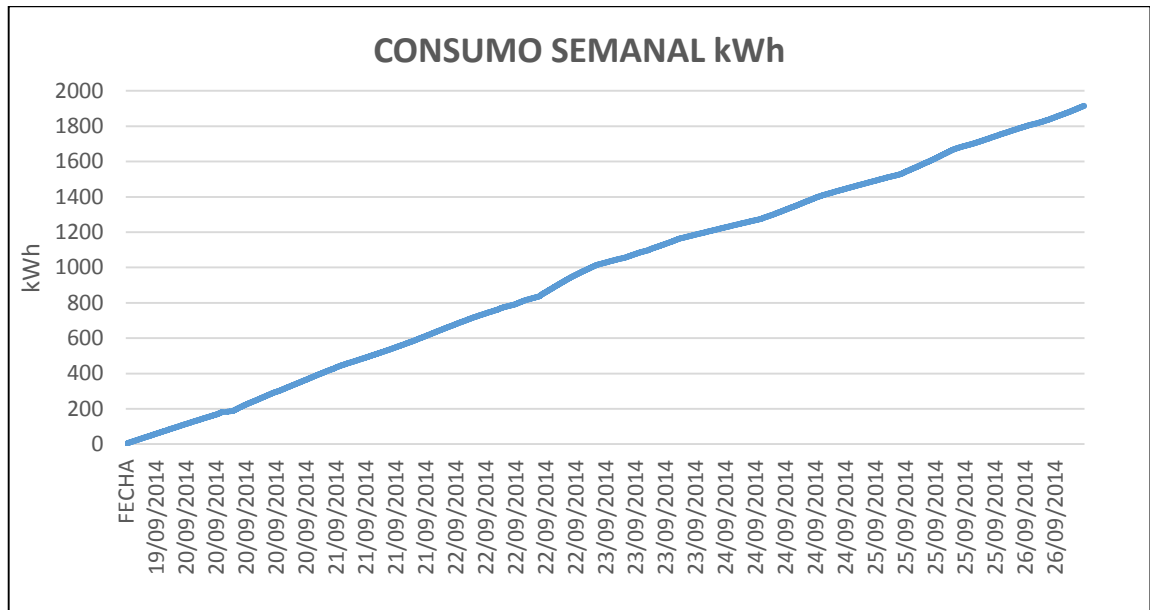


Figura 19: Consumo kWh a la semana.

Como se ha mencionado con anterioridad, la nueva sede de la Litoteca Nacional no se encuentra a su máxima capacidad de ocupación, por lo tanto en este periodo de medición no se encontraba en funcionamiento el sistema de aire acondicionado central, los motores para corte, bandas transportadoras y los equipos de ofimática. Por tal razón fue necesario incluir el consumo de energía activa nominal de estos equipos y así construir la línea de base energética.

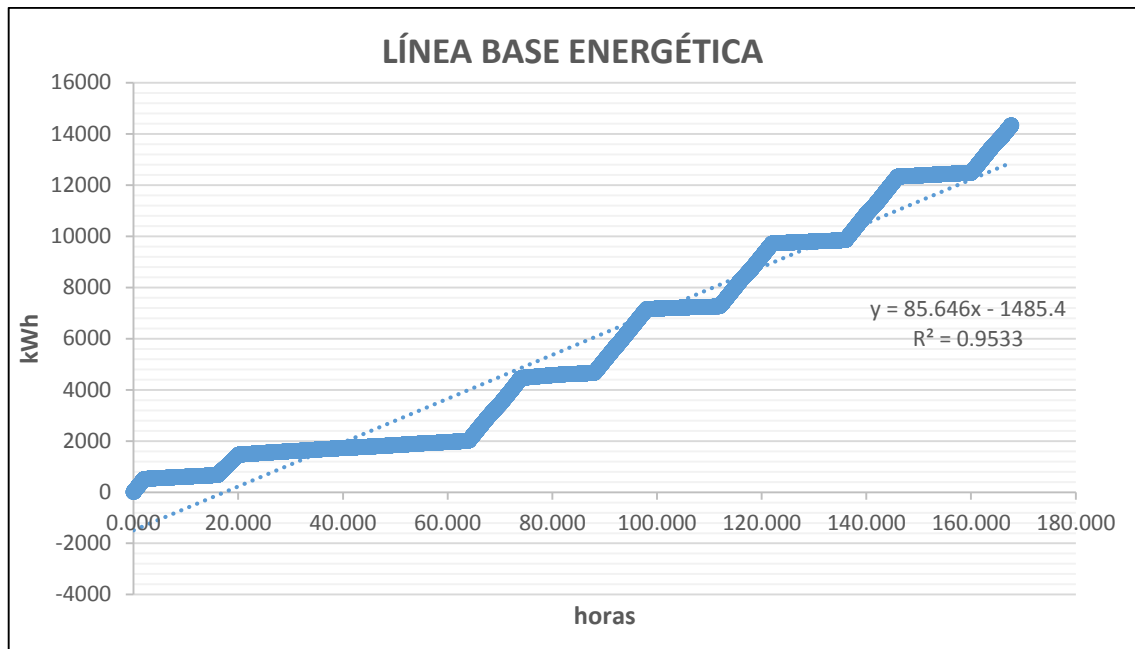


Figura 20: Línea de base energética.

Como resultado de la Figura 20, se tiene una línea de tendencia que relaciona el consumo de energía activa en kWh en función del tiempo.

$$P = 85.646 * t - 1485.4$$

Esta ecuación tiene un índice de correlación de 0.953, lo que garantiza su utilidad para predecir el comportamiento de consumo energético en función del tiempo.

## 5.2 INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO (IDE).

Para mantener un control sobre el desempeño energético se hace necesario definir indicadores que permitan hacer monitoreo del uso y consumo de la energía.

El IDE que permite realizar control sobre la línea de base energética es el consumo de energía eléctrica por hora **kWh**.

Adicionalmente se proponen IDE's para medir el desempeño de los diferentes componentes del sistema (Ver Tabla 11), para un mejor entendimiento, tenga en cuenta la siguiente nomenclatura.

IRE= Índice de Rendimiento Energético.

ICE= Índice de Consumo Energético.

IEE= Índice de Eficiencia Energética.

COP= Coeficiente de Eficiencia Energética.

GPM= Galones por minuto bombeado de fluido.

TR= Toneladas de Refrigeración.

$T_{ent}$ = Temperatura de Entrada.

$Tbh_{Aire}$ = Temperatura de Bulbo Húmedo del Aire.

$Dt_{Agua}$ = Diferencial Temperatura Agua.

EQUIPO	IDE	VARIABLES DE CONTROL
<b>MOTOR-BOMBA</b>	$IRE = \frac{GALONES}{kWh}$ $ICE = \frac{GPM}{kW}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal fluido</li> <li>- Potencia eléctrica motor</li> <li>- Consumo energía motor por hora</li> <li>- Volumen fluido por hora</li> </ul>
<b>CHILLER</b>	$ICE = \frac{kW}{TR}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura entrada agua condensador</li> <li>- Temperatura de salida agua condensador</li> <li>- Temperatura entrada agua evaporador</li> <li>- Temperatura salida agua evaporador</li> <li>- Presión de condensación</li> <li>- Presión de evaporación</li> <li>- Caudal agua fría</li> <li>- Caudal agua de condensación</li> </ul>
<b>MANEJADORAS UNIDADES INDIVIDUALES DE AIRE ACONDICIONADO</b>	$IEE = \frac{Dt_{aire}}{T_{entaire} - T_{entagua}}$ $COP = \frac{Efecto refrigeración}{calor de compresión}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura entrada agua fría</li> <li>- Temperatura salida agua fría</li> <li>- Temperatura entrada aire</li> <li>- Temperatura salida aire</li> <li>- Presión de descarga</li> <li>- Presión de succión</li> <li>- Temperatura de succión</li> <li>- Temperatura ambiente</li> <li>- Temperatura salida condensador</li> <li>- Temperatura salida evaporador</li> </ul>

Tabla 11: IDE para equipos [19].

## **6 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES PARA REDUCIR EL CONSUMO ENERGÉTICO.**

Después de hacer el levantamiento del sistema eléctrico de la Litoteca, se plantean algunas estrategias que van a permitir tener un ahorro significativo en el consumo de la energía. Como primera medida se pretende fomentar la cultura URE entre los empleados y visitantes, la segunda medida estudia el cambio de tecnología de iluminación, posteriormente se plantea la implantación de un sistema de monitorización en tiempo real de los componentes que consideramos como los de mayor consumo energético. Además se presenta el programa de mantenimiento enfocado a la eficiencia energética y finalmente se propone tener en cuenta el aprovechamiento de las fuentes alternativas no convencionales (FNC).

### **6.1 USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGIA (URE)**

El URE es una alternativa que pretende crear una cultura de ahorro energético orientado a la conservación de los recursos naturales. Esta alternativa no pretende disminuir la calidad de vida ni el confort de las instalaciones reduciendo el consumo energético, el propósito es eliminar el desperdicio de energía promoviendo un uso responsable de los recursos energéticos.

Es prudente advertir que el éxito de cualquier esfuerzo por promover la cultura URE requiere un compromiso de todo el personal de la litoteca, se hace necesario proponer a la ANH la creación de una política energética que logre comprometer y aplicarse a las actividades laborales de los empleados de tal forma que cumpla los siguientes objetivos:

### **6.1.1 OBJETIVOS DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA**

La nueva sede de la Litoteca Nacional propiedad de La Agencia Nacional De hidrocarburos (ANH), teniendo en cuenta la importancia de adquirir una posición amigable con el medio ambiente y la reducción de los gases de efecto invernadero, se ha comprometido a adoptar una política energética basada en el máximo aprovechamiento de la energía, es por esto que se han adoptado una serie de medidas energéticas que nos permitirán mantener una mejora continua en nuestro compromiso con el medio ambiente.

- Asumir el la eficiencia energética como un verdadero compromiso con el medio ambiente, de tal forma que cada uno de nuestros empleados se comprometan a utilizar los recursos naturales de una forma responsable.
- Realizar capacitaciones periódicas a nuestros empleados para enseñarles cuales son las medidas más importantes para lograr una reducción importante en el consumo de energía.
- Garantizar la disponibilidad de recursos tecnológicos que peritan mantener una monitorización regular del consumo energético, y de esta manera tomar las medidas necesarias para optimizar el consumo y poder cumplir las metas energéticas
- Asegurar la recolección de los residuos eléctricos y electrónicos de una forma responsable, y así evitar accidentes ambientales.
- Fomentar el uso racional de la energía a nuestros visitantes, con el fin de que cada uno de ellos tomen conciencia de la importancia del ahorro energético y puedan fomentarlo en su diferente entorno.
- Fomentar la utilización de fuentes de energías renovables no convencionales las cuales son más amigables con el medio ambiente.

La Agencia Nacional de Hidrocarburos asume el compromiso de ser pionero en la implementación de una política energética que nos permita aumentar la eficiencia y la gestión de la energía.

Esta política energética debe ser respaldada por un comité URE que además de garantizar su cumplimiento, tenga funciones y responsabilidades acordes con a los objetivos energético de la litoteca, es prudente decir que por más pequeños que parezcan los esfuerzos individuales, es importante que cada persona haga su aporte, porque la suma de todos ellos logra el ahorro energético. A continuación presentamos la propuesta de política energética.

### **6.1.2 COMITÉ URE**

Es conveniente identificar entre los funcionarios al personal clave para conformar un grupo de trabajo encargado a la coordinación y seguimiento de las estrategias URE, este grupo debe contar con el respaldo de la alta dirección de la litoteca. Las principales funciones del comité URE son:

- Informar los funcionarios la implementación de buenas prácticas energéticas.
- Realizar inventario e historial de consumos energéticos
- Identificar acciones que permitan reducir el consumo energético y evaluar la viabilidad.
- Realizar seguimiento a los planes de acción y medidas que se lleven a cabo.
- Verificar el cumplimiento de los programas de mantenimiento.
- Exigir parámetros de eficiencia energética en la compra de equipos.
- Hacer un informe anual sobre el desempeño energético de la edificación.

Además del personal propio de la litoteca, sabemos que esta edificación va ser frecuentada por personas de todo el país interesadas en los servicios que allí se prestan como también estudiantes y grupos de investigación en ciencias de la tierra, por esta razón vemos una oportunidad de fomentar la cultura en buen uso de los recursos naturales a un nivel externo.

### 6.1.3 MEDIDAS PARA AHORRO ENERGÉTICO

Es fundamental conocer los hábitos de consumo energético de los trabajadores, así que se propone elaborar una encuesta que permita identificar aquellas malas prácticas que deben ser modificadas ya que conllevan a un desperdicio de energía, a continuación se presenta una propuesta de preguntas para la encuesta.

1. ¿Cuál es su horario de trabajo?
2. ¿Suele dejar las luces encendidas cuando sale de su área de trabajo y esta queda vacía?
3. ¿Utiliza la configuración de ahorro de energía en sus equipos de oficina?
4. ¿Mantiene el computador encendido durante largos periodos de tiempo sin utilizarlo? ¿Cuanto?
5. ¿A qué temperatura suele programar el termostato del aire acondicionado?
6. ¿Suele dejar abiertas las puertas y ventanas cuando está operando el aire acondicionado?
7. ¿Desenchufa los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los utiliza, y al terminar la jornada laboral?
8. ¿Separa los residuos para poder reciclar?
9. ¿Ves positivo que su empresa decidiera utilizar energías renovables para suministrar energía a su oficina?
10. ¿Le parece bien que su empresa ponga en marcha un plan en la oficina y campañas informativas entre los empleados para reducir el consumo energético?
11. ¿Estaría dispuesto a cambiar sus hábitos de consumo para reducir el gasto de energía en su lugar de trabajo?

## **BUENAS PRÁCTICAS ENERGÉTICAS**

Conjuntamente se deben dar a conocer las siguientes recomendaciones para el ahorro diario al personal de la litoteca.

- Apagar los equipos de ofimática (computadores, impresoras, fotocopiadoras, escáner, etc.) en horarios no laborales.
- Desconectar elementos como cargadores de celulares, cafeteras, radios, aunque no estén en uso, consumen cantidades notables de energía.
- Apagar la iluminación cuando no se haga uso de determinada área.
- Respetar el ciclo de carga y descarga de equipos que utilizan baterías recargables para su operación como lo son computadores portátiles y celulares.
- Aprovechar la iluminación natural siempre que sea posible en las áreas comunes como pasillos, salas de espera y escaleras.
- Apagar el sistema de aire acondicionado 1 hora antes de terminar el horario laboral.
- Cerrar las puertas para no permitir la salida del aire acondicionado.
- A la hora de imprimir es conveniente acumular documentos, debido a que las impresoras realizan mayor consumo durante el encendido y pagado.
- Configurar el modo de ahorro de energía de los computadores, para ello es necesario dar a conocer a los funcionarios las pautas de uso eficiente de sus computadores para optimizar su consumo. Por tal razón se propone la distribución de carteles en sitios de trabajo con información de buenas prácticas de ahorro energético.

**TABLA RESUMEN FUNCIONES AHORRO DE ENERGÍA EN ORDENADORES**

	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>ESTADO AL VOLVER A UTILIZAR EL ORDENADOR</b>	<b>¿CUÁNDO UTILIZARLO?</b>
<b>SUSPENDER</b>	Interrumpe el suministro de energía en todos los elementos, salvo en la memoria RAM. Permite seguir descargando información y ejecutando los programas activos.	El sistema vuelve al mismo estado antes de suspenderse, en pocos segundos. Si hay un corte de luz se pueden perder los datos y trabajos activos que no se hubieran guardado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En periodos cortos que no se use el equipo (10-30 min).</li> <li>- Ahorrar energía de las baterías en los portátiles.</li> </ul>
<b>HIBERNAR</b>	Guarda una imagen del escritorio con todos los archivos y documentos abiertos y desconecta la alimentación del equipo.	Los archivos y documentos se abren en la misma ubicación y estado en que se encontraban previamente, sin perder los trabajos ante cortes de luz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durante periodos largos de inactividad.</li> <li>- Evita tener que cerrar todos los archivos, apagar, reiniciar y volver a abrir los archivos.</li> </ul>
<b>APAGAR</b>	Apaga por completo el sistema.	El sistema se reinicia por completo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para pausas largas de más de 1 hora.</li> <li>- Al finalizar la jornada.</li> </ul>

Figura 21: Funciones de ahorro de energía en computadores [20].

Para fomentar estas prácticas energéticas se ha diseñado el Manual URE (Ver ANEXO D).

## REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

Fomentar y garantizar que se sigan las anteriores recomendaciones para hacer un buen uso de los equipos de ofimática y sistema de aire acondicionado, generan una reducción en la factura de la energía eléctrica. Para los equipos de cómputo se ve representado en un ahorro del 15-20% como lo muestra la Tabla 12.

<b>kWh/mes</b>	<b>\$/kWh</b>	<b>AHORRO</b>	<b>INVERSIÓN</b>
4266	\$1,241,406	\$248,281	\$0

Tabla 12: Ahorro con buenas prácticas energéticas.

Para observar la reducción de consumo de electricidad al apagar el sistema de aire acondicionado 1 hora antes de finalizar la jornada laboral, se presenta la Tabla 13.

<b>OPERACIÓN DEL SISTEMA DE A.A</b>					
	kW	Hora/día	Día/mes	kWh/mes	\$/kWh mes
Centrado	39.023	10	20	7804.6	\$ 2,208,701.80
Oficinas	86.876	8	20	13900.16	\$ 3,933,745.28
				Total	\$ 6,142,447.08
<b>REDUCIENDO 1 HORA LA OPERACIÓN DEL A.A</b>					
	kW	Hora/día	Día/mes	kWh/mes	\$/kWh mes
Centrado	39.023	9	20	7024.14	\$ 2,058,073.02
Oficinas	86.876	7	20	12162.64	\$ 3,563,653.52
				Total	\$ 5,621,726.54
				<b>AHORRO</b>	\$ 520,720.54

Tabla 13: Reducción del consumo en el aire acondicionado.

De lo anterior podemos concluir que al ejercer buenas practicas energéticas, es posible generar ahorro en la factura de energía eléctrica si realizar inversiones.

	<b>AHORRO</b>		<b>INVERSIÓN</b>
	<b>MENSUAL</b>	<b>ANUAL</b>	
EQUIPOS DE COMPUTO	\$248,281	\$2,979,372	\$ -
SISTEMA DE A.A	\$ 520,720.54	\$6,248,646.48	\$ -
<b>TOTAL</b>	\$769,002	\$9,228,018	\$ -

Tabla 14: Ahorro total con cultura URE.

## 6.2 CAMBIO DE TECNOLOGÍA DE ILUMINACIÓN

Esta propuesta tiene la finalidad de reducir el consumo de energía eléctrica mediante el cambio parcial de las actuales luminarias convencionales (Philips TBS 165) por luminarias de tecnología led de referencia SmartLed Office. Esta luminaria LED es fabricada por Philips y es ideal para reemplazo directo de las actuales luminarias convencionales de 4 tubos fluorescentes.

El análisis se realizó empleando el software Dialux [21] de tal forma que se cumplieran todos los requisitos para el diseño de alumbrado interior exigidos por el RETILAP (ver Tabla 15).

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR <sub>L</sub>	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
<b>Áreas generales en las edificaciones</b>				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	200
Almacenes, bodegas.	25	100	150	200
<b>Procesos</b>				
Procesos automáticos	--	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	200
Áreas generales en el interior de las fábricas	25	200	300	500
Cuartos de control, laboratorios.	19	300	500	750
Industria farmacéutica	22	300	500	750
Inspección	19	500	750	1000
Balanceo de colores	16	750	1000	1500
Fabricación de llantas de caucho	22	300	500	750
<b>Oficinas</b>				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750

Tabla 15: Niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades [22].

A continuación se presentan las características de la luminaria SmartLed Office y resultados de las simulaciones obtenidas a partir de software Dialux.

## CARACTERÍSTICAS DE LA LUMINARIA SMARTLED OFFICE

Se seleccionó una luminaria que permitiera un remplazo directo de las luminarias actuales, reduciendo el consumo energético sin afectar la funcionalidad de cada una de las áreas del edificio. La Tabla 16 presenta las especificaciones de este producto.

SmartLED Office	
<b>Especificaciones</b>	
• Tipo:	Troffer LED.
• Flujo luminoso:	3700 lm.
• Consumo luminaria:	42W.
• Iluminación:	Blanco 4000K con IRC 84.
• Vida útil:	50.000 horas @L70.
• Driver:	120 / 50-60Hz, fijo (PSU). 220-240/ 50-60Hz, fijo (PSU).
• Acabado:	Cuerpo en blanco.
• Instalación:	Empotrada, adosada y suspendida.

Tabla 16: Características luminaria SmartLed Office [23].

Para el primer piso (Ver Figura 22) se realizó la simulación obteniendo como resultado niveles de iluminación acordes a los exigidos en el RETILAP, con la tecnología LED se logra optimizar el consumo de energía.

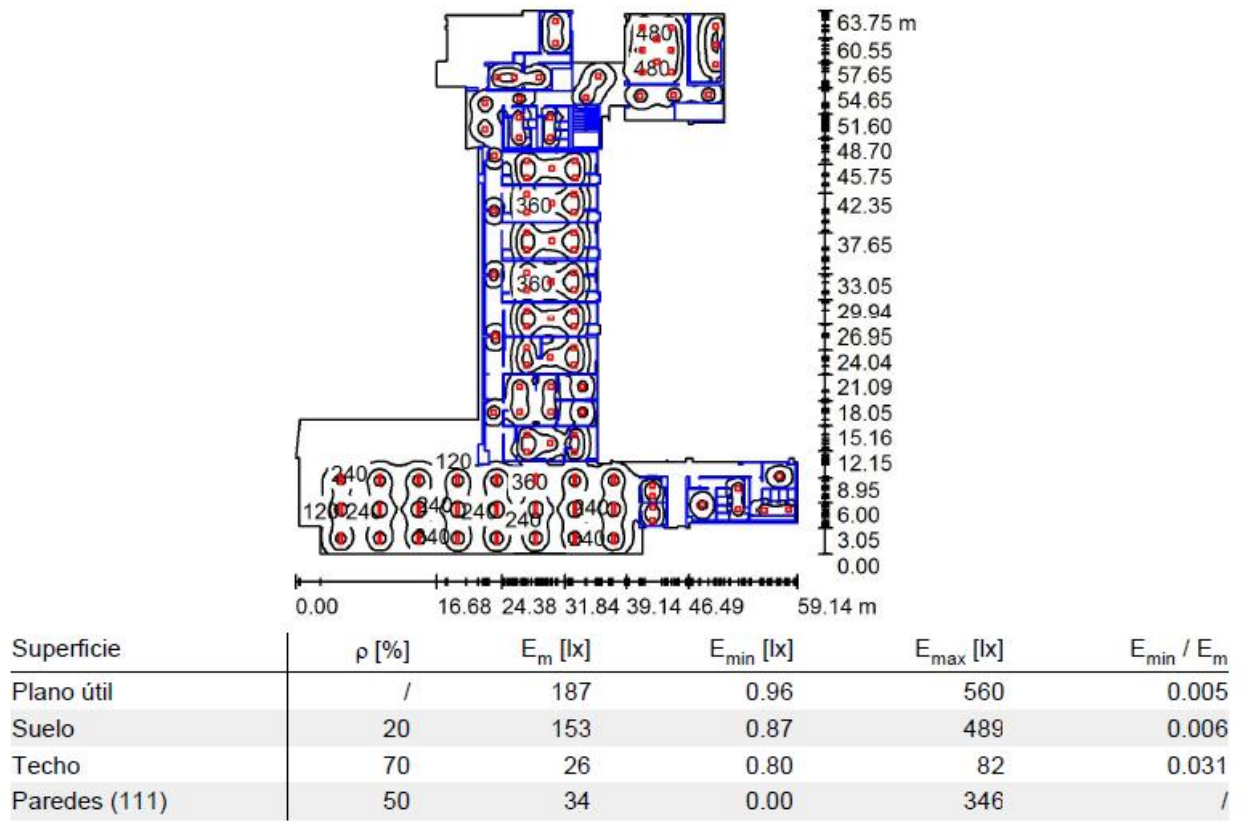
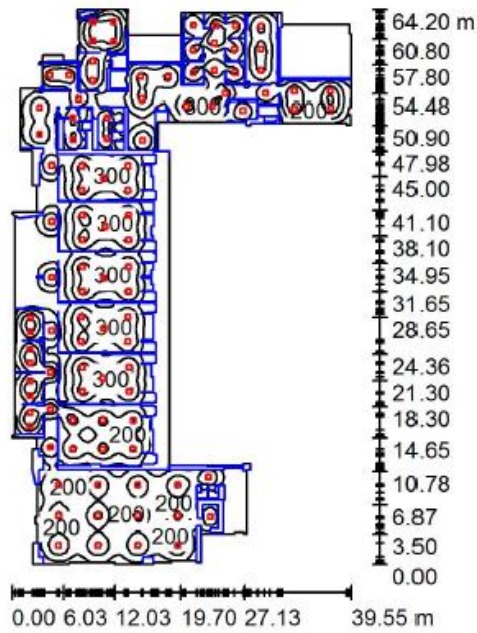


Figura 22: Diseño primer piso Iluminación LED.

Para el segundo piso (Ver Figura 23), la simulación muestra el cumplimiento de los niveles de iluminancia exigidos por el RETILAP.



Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	184	0.93	493	0.005
Suelo	20	139	0.63	401	0.005
Techo	70	21	0.56	88	0.026
Paredes (93)	50	34	0.05	465	/

Figura 23: Diseño segundo piso iluminación LED.

La Tabla 17 y la Tabla 18 muestran los resultados de luminotécnicos para el primer y segundo piso respectivamente, especificando las intensidades luminicas en [lx] para cada una de las áreas, estos valores cumplen con los exigidos por el RETILAP.

Superficie	Intensidades luminicas medias [lx]			Grado de reflexi3n [%]	Densidad luminica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano 3til	168	19	187	/	/
OFICINA GEO 02	317	42	359	/	/
OFICINA GEO 01	341	37	378	/	/
VESTIER 1	161	10	172	/	/
BAÑO 2	166	13	179	/	/
BANO 1	174	9.82	183	/	/
VESTIER 2	168	11	179	/	/
LAB. CORE GAMA	222	18	240	/	/
LAB IMAGEN	185	16	201	/	/
LAB PLACAS	245	18	263	/	/
MUESTRAS 05	256	19	275	/	/
MUESTRAS 04	238	18	256	/	/
MUESTRAS 03	256	20	276	/	/
MUESTRAS 02	253	20	273	/	/
MUESTRAS 01	275	23	298	/	/
HALL	193	14	207	/	/
CORREDOR 1	103	9.65	112	/	/
BAÑO 3	224	14	238	/	/
BAÑO 4	184	10	194	/	/
CORREDOR 2	133	12	145	/	/
REDES SERV.	296	21	317	/	/
RACK DATOS	232	13	246	/	/
SEGURIDAD	227	18	245	/	/
AUDIOVISUALES	352	36	387	/	/

Tabla 17: Resultados Luminotecnicos primer Piso.

Superficie	Intensidades luminicas medias [lx]			Grado de reflexi3n [%]	Densidad luminica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano 3til	169	15	184	/	/
cafeteria	178	19	197	/	/
cocina	204	9.29	213	/	/
MUESTRAS 06	205	16	221	/	/
MUESTRAS 05	209	17	226	/	/
MUESTRAS 04	204	15	219	/	/
MUESTRAS 03	208	17	225	/	/
MUESTRAS 02	212	14	226	/	/
MUESTRAS 01	216	16	232	/	/
SALA REUNION 4	314	40	354	/	/
SALA REUNION 3	306	36	342	/	/
SALA REUNION 2	304	36	340	/	/
SALA REUNION 1	280	34	314	/	/
PASILLO 1	154	16	171	/	/
BAÑO 1	213	13	225	/	/
BANO 2	184	13	197	/	/
HALL	173	18	191	/	/
PASILLO 2	155	12	168	/	/
HALL OFICINAS	230	18	248	/	/
OFICINA ANH	313	34	348	/	/
INSUMOS	273	32	305	/	/
ASISTENTE ANH	255	24	279	/	/
OFICINAS ABIERTAS	258	25	283	/	/
SALA DE JUNTAS	215	21	236	/	/
SALA ESPERA	237	24	261	/	/
PASILLO 3	207	20	227	/	/
ARCHIVO	194	22	216	/	/
OFICINA DIRECION	255	24	280	/	/

Tabla 18: Resultados Luminotecnicos Segundo Piso.

## COMPARACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA ILUMINACIÓN CONVENCIONAL

Para evaluar los resultados que se producirían al llevar a cabo esta propuesta, es necesario realizar una comparación entre la condición inicial de la demanda en el edificio con luminaria convencional de tubos fluorescentes y la luminaria LED, este cambio se puede observar en la Figura 24.

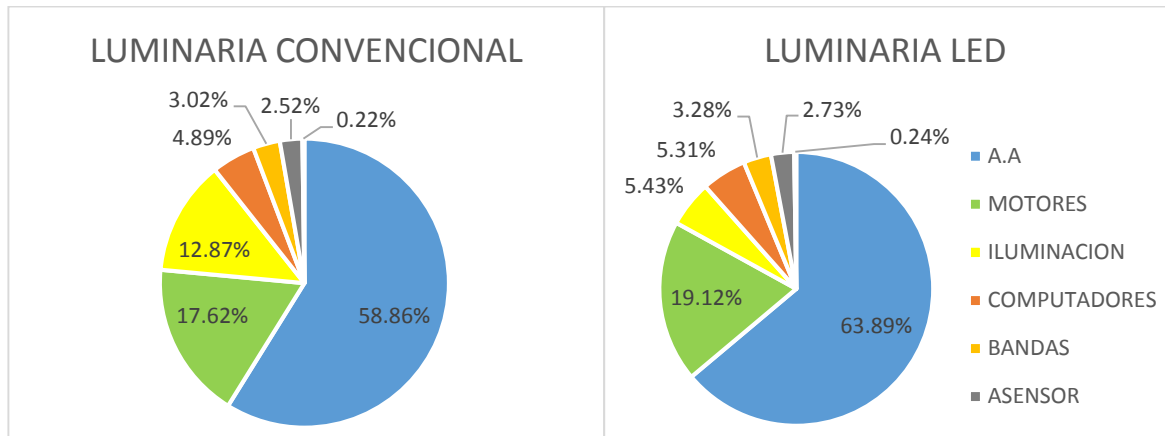


Figura 24: Comparación de demanda del edificio .

Como se puede ver en la figura anterior que al realizar el cambio de tecnología de iluminación por tecnología LED, el consumo total del edificio se reduce en un 7,44%, la Tabla 19 muestra el ahorro en la factura de energía eléctrica al implementar esta propuesta.

VALOR \$/kWh PROMEDIO	390	
Modo de Operación	Luminaria Convencional	Luminaria Led
kWh/mes	61.462,19	57.774,46
Valor Mensual [\$]	23.970.255,43	22.532.040,11
Ahorro Total [\$]	1.438.215,33	

Tabla 19: Ahorro de energía con iluminación tipo LED.

Tomando como referencia la línea de base energética y comparandola con respecto a la línea obtenida apartir del reemplazo de la iluminación se puede observar importante reducción en el consumo de energía.

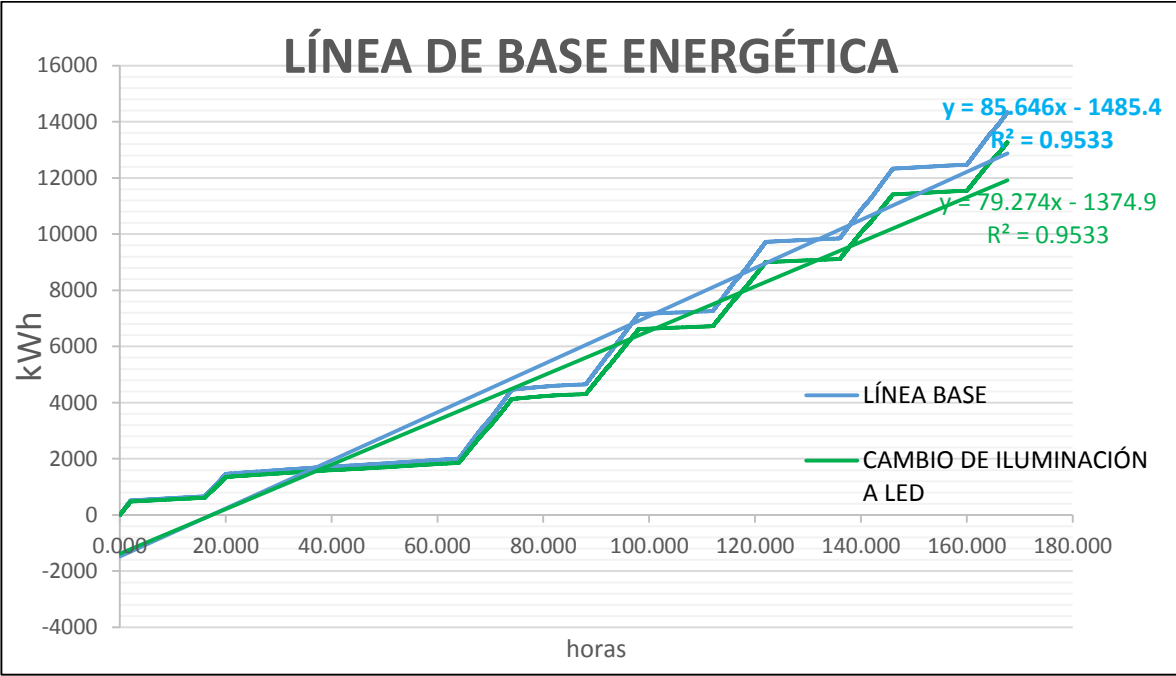


Figura 25: Comparación respecto a la línea de base energética.

### 6.3 MONITORIZACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO.

Para generar ahorro es fundamental conocer cuanta energía se gasta, esto se logra al realizar monitorización del consumo energético y así ejercer un control exhaustivo que permita el análisis y reducción del costo de la factura de energía eléctrica.

La S/E del edificio cuenta con una central de medida en la frontera comercial, se trata de un medidor PowerLogic ® PM810 fabricado por Schneider Electric (ver Figura 26), equipado con protocolo de comunicación RS-485 para lograr su integración a sistemas de supervisión de potencia, la Tabla 20 resume las lecturas disponibles en la central de medida.

Lecturas en tiempo real	Análisis de la potencia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensidad (por fase, residual, trifásico)</li> <li>• Tensión (L-L, L-N, trifásico)</li> <li>• Potencia activa (por fase, trifásica)</li> <li>• Potencia reactiva (por fase, trifásica)</li> <li>• Potencia aparente (por fase, trifásica)</li> <li>• Factor de potencia (por fase, trifásico)</li> <li>• Frecuencia)</li> <li>• THD (intensidad y tensión)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de potencia de desplazamiento (por fase, trifásico)</li> <li>• Tensiones fundamentales (por fase)</li> <li>• Intensidades fundamentales (por fase)</li> <li>• Potencia activa fundamental (por fase)</li> <li>• Potencia reactiva fundamental (por fase)</li> <li>• Desequilibrio (intensidad y tensión)</li> <li>• Rotación de fases</li> <li>• Componentes de secuencia</li> </ul>
Lecturas de energía	Lecturas de la demanda
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía acumulada, activa</li> <li>• Energía acumulada, reactiva</li> <li>• Energía acumulada, aparente</li> <li>• Lecturas bidireccionales</li> <li>• Energía reactiva por cuadrante</li> <li>• Energía incremental</li> <li>• Energía condicionada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demanda de intensidad (por fase presente, media trifásica)</li> <li>• Media de factor de potencia (total trifásico)</li> <li>• Demanda de potencia activa (por fase presente, punta)</li> <li>• Demanda de potencia reactiva (por fase presente, punta)</li> <li>• Demanda de potencia aparente (por fase presente, punta)</li> <li>• Lecturas coincidentes</li> <li>• Demandas de potencia pronosticadas</li> </ul>

Tabla 20: Lecturas de la central de medida PM 810 [24].

Este equipo se utilizará para extraer datos de consumo energético de su memoria interna, a través de su puerto de comunicaciones que permite la transferencia a un computador y así poder organizar toda esta información en el software Power View.



Figura 26: Central de medida PM810 [24].

Pero se puede optimizar el uso de este equipo al emplearse para el monitoreo del consumo energético en tiempo real, la Figura 27 muestra la arquitectura de este sistema.

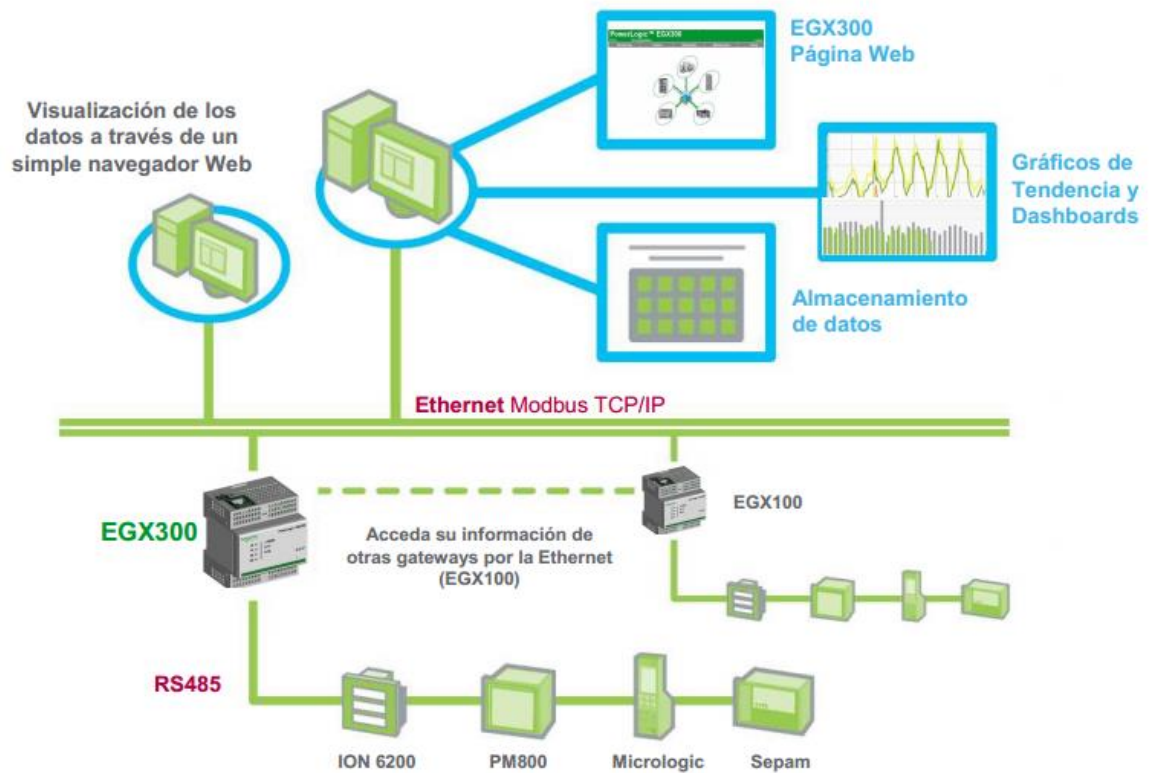


Figura 27: Arquitectura para la medición en tiempo real [25].

Para lograrlo es necesario la instalación de una pasarela EGX 300 (Figura 28) la cual logra comunicación de la central de medida PM810 con un computador de monitoreo convirtiendo el protocolo RS485 Modbus a Ethernet TCP IP. La

visualización de los datos se realiza a través de un navegador web donde se hace el manejo de mediciones y curvas de consumo de energía en tiempo real.

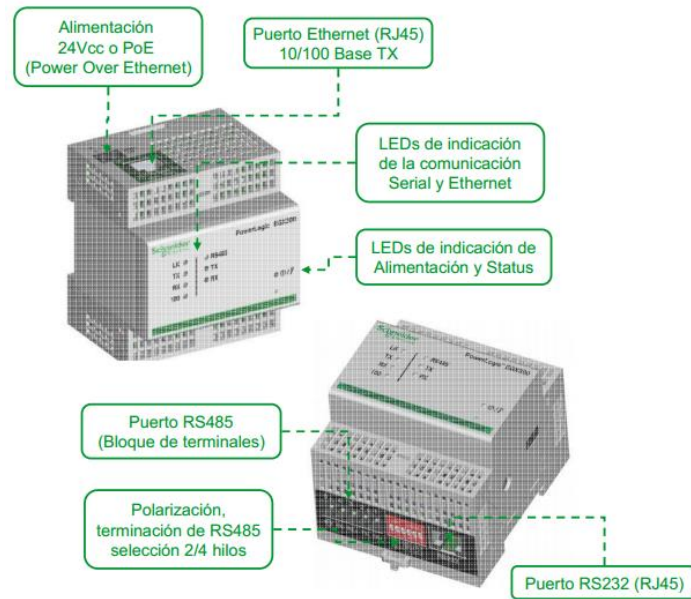


Figura 28: Pasarela EGX 300 [25].

Al monitorear el consumo energético de la Litoteca, se logra visualizar comportamientos atípicos representados en pérdidas de eficiencia de equipos, operación inadecuada de equipos y despilfarros de energía.

## **6.4 MANTENIMIENTO ENFOCADO A LA EFICIENCIA**

Cuando se habla de mantenimiento de equipos industriales, es normal que se implementen mantenimientos de tipo correctivos, preventivos, predictivos todo ello para garantizar su funcionamiento regular salvaguardando su disponibilidad y confiabilidad además de conservar su ciclo de vida útil. Hoy en Colombia, gracias a la iniciativa de algunas organizaciones gubernamentales, empresas y universidades, se ha planteado la posibilidad de disminuir el consumo de energía implementando un programa de mantenimiento centrado en la eficiencia (EMC)<sup>3</sup>.

Como lo hemos especificado con anterioridad las cargas más críticas de la edificación se encuentran en el sistema de aire acondicionado y ventilación forzada y motores, sabemos toda acción que se lleve a cabo en estos equipos, se verá reflejada en la optimización del consumo energético por lo que proponemos la metodología propuesta por el Manual de mantenimiento centrado en la eficiencia energética para sistemas industriales.

### **6.4.1 CHILLER**

Este chiller es el equipo principal del sistema de aire acondicionado, está ubicado en la cubierta (ver Figura 29) y es el encargado de remover el calor del agua por medio de la compresión mecánica de una sustancia refrigerante (HFC-410A) encargada de extraer el calor del agua y así enfriarla a la temperatura deseada. El chiller está conformado por un condensador, evaporador, compresores tipo scroll y una válvula de expansión, este equipo entrega el agua a una temperatura de 44 °F (6.67° C) y la recibe a 54 °F (12.2 °C).

---

<sup>3</sup> MANUAL DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS INDUSTRIALES.

El ECM para este equipo, tiene como objetivo lograr que opere a su máximo rendimiento, y diseñar procedimientos en mantenimiento y operación para mantenerlo en un estado óptimo de funcionamiento.



Figura 29: Chiller.

## **BUENAS PRÁCTICAS ENERGÉTICAS**

A continuación se presentan algunas medidas que logran generar ahorro en el chiller son:

- Elevar la temperatura del agua refrigerada.
- Reducir la temperatura del agua de condensación.
- Reducir el nivel de incrustaciones en los tubos.
- Purga del condensador de aire.
- Mantener el flujo adecuado del agua de condensación.
- Operar el chiller con alta eficiencia
- Utilizar controles de velocidad.

El manual de mantenimiento centrado en la eficiencia para sistemas industriales propone las actividades típicas de ECM en este equipo (ver Tabla 21). Los formatos para inspección, revisión, y registro de estas actividades se encuentran en el ANEXO E:

DESCRIPCIÓN	COMENTARIO	INDICACIÓN	FRECUENCIA
Uso del chiller secuencialmente	Apagar/secuencia innecesaria chiller	Revise el adecuado funcionamiento del sistema automático de entradas y salida de los chiller ante las variaciones de carga del proceso	Diaria
Inspección visual global	Inspeccione el equipo en general, asegúrese que todo el equipo esté operando y los sistemas de seguridad estén en su lugar	Inspección visual	Diaria
Revisión de los set points	Ajuste todos los set points en el punto apropiado de enfriamiento	Ajustar la temperatura del agua a la salida del evaporador en función de la carga	Diaria
Registro de chillers	Mantener diariamente registro de: presión y temperatura en la succión y descarga del compresor Presión y temperatura del refrigerante a la entrada y salida del evaporador Presión y temperatura del refrigerante a la entrada y salida del condensador Temperatura de agua de proceso en la entrada y salida del chiller		Diaria
Inspección del condensador y del evaporador	Evalúe el grado de ensuciamiento tanto del evaporador como del condensador	Anote la temperatura real de condensación y evaporación, compare con la temperatura de evaporación y condensación según el tipo de intercambiador de calor. En el condensador ( $T_{Real} - T_{Cond}$ ) debe estar en un rango de -6 a -11°C En el evaporador ( $T_{Real} - T_{evap}$ ) debe estar en un rango de 6 a 8 °C.	Semanal
Inspección de la válvula de expansión	Revisar la operación de la válvula de expansión	Revise el grado de sobrecalentamiento y subenfriamiento Alto sobrecalentamiento Alto subenfriamiento: Elemento de expansión muy restrictivo	Semanal

		Bajo sobrecalentamiento y bajo subenfriamiento: Elemento de expansión poco restrictivo	
Temperatura de operación del compresor	Verificar que la temperatura de operación este por las especificaciones del fabricante.	Compare con operaciones similares	Semanal
Realizar prueba a la calidad del agua	Compruebe la calidad del agua, que este en equilibrio químico apropiado	Agua dentro de los parámetros de operación	Semanal
Prueba de escape	Revisar si hay escape en todos los accesorios del compresor	Inspección visual	Semanal
Inspección de todo el aislamiento	Revisar que el aislamiento este en buena condición	Inspección visual	Semanal
Revisar el nivel de refrigerante	Añada la cantidad de refrigerante requerida	Inspección visual	Mensual
Revisar el nivel de aceite del compresor	Compruebe el nivel y estado del aceite en el compresor	Verificar que el nivel y el estado sean adecuados	Semanal
Registro de parámetros eléctricos del chiller	Mantener mensualmente registros en : Voltaje, Corriente, factor de potencia y potencia activa.	Comparar con operaciones similares	Mensual
Limpiar el condensador	Limpiar el condensador como parte de procedimiento de parada.		Trimestral
Limpiar el evaporador	Limpiar el evaporador como parte del procedimiento de parada		Anual
Motor de compresor y ensamble	Compruebe todas las alineaciones y sellos, proporcione la lubricación donde sea necesario		Anual
Sistema de aceite de compresor	Revisar conductos y filtros de aceite, Revisar la bomba de aceite y sellos, comprobar el funcionamiento del termostato, Revisar válvulas		Anual
Conexiones eléctricas	Compruebe todas las conexiones/ terminales eléctricas.		Anual
Flujo de agua	Evaluar el flujo apropiado del agua en el evaporador y condensador		Anual

Tabla 21: Actividades típicas ECM para chiller [].

## 6.4.2 BOMBAS DE RECIRCULACIÓN DE AGUA

Este equipo es el encargado de garantizar el desplazamiento del agua, recorriendo un circuito entre el chiller y las 6 unidades acondicionadoras. El sistema de aire acondicionado está dotado de dos bombas centrifugas para la recirculación del agua, una de ellas fue dispuesta como respaldo en situaciones de fallas o mantenimiento. Al igual que el chiller estos equipos están ubicados en la cubierta del edificio (ver Figura 30).



Figura 30: Bombas de recirculación de agua, principal y reserva.

La Tabla 22 muestra las actividades típicas de EMC para estas bombas:

DESCRIPCIÓN	COMENTARIO	INDICACIÓN	FRECUENCIA
Uso de la bomba/secuencialmente	Apagar/secuencia innecesaria para bombas	Sacar de servicio una o más bombas cuando las demandas sean bajas, revisar el adecuado funcionamiento del sistema automático de control	Diaria
Inspección visual en general	Inspeccione ruido, vibración, calentamiento excesivo, asegure que todo el equipo esté operando y los sistemas de seguridad estén en su lugar	Inspección visual y auditiva	Diaria
Revisar la lubricación	Asegúrese que todas las partes sean lubricadas según las especificaciones del fabricante	Lubrique donde sea necesario	Mensual
Revisar los sellos y empaques	Comprobar el correcto funcionamiento y reemplace	Las fugas permitidas en los sellos y los empaques	mensual

	si es necesario	están entre 2 – 6 gotas/min	
Alineación de motor bomba	Comprobar la alineación correcta entre la bomba y el motor asegurando que la transferencia del momento de rotación sea eficiente	Alineación conforme a las especificaciones del fabricante	Mensual
Inspeccionar los diferentes montajes de las bombas	Compruebe y asegure todos los montajes de bomba	Verifique el ajuste de la tornillería en general, conjunto motor y bomba	Mensual
Registro de los parámetros eléctricos del motor	Mantener mensualmente registros de: voltaje, corriente, factor de potencia, potencia activa		Mensual
Inspección visual de la carcasa de la bomba	Verifique la existencia de poros y grietas en las zonas cercanas a la succión. Observar el estado general de las juntas, en particular entre la bomba y la tubería de succión	Inspección Visual	Anual
Inspeccionar los diferentes rodamientos	Inspecciones rodamientos y correas de transmisión. Adáptese, repare o sustituya tanto como sea necesario	Verifique que los rodamientos no presenten desgaste, partículas sólidas en su interior. Ajuste la tensión y alineación según recomendaciones del fabricante	Anual
Inspeccionar la condición del impeler	Inspeccione el impeler, limpie, repare, o sustituya si es necesario	Inspección visual, reparar si es necesario	Anual
Condición del motor	Compruebe la condición del motor por las temperaturas que registra o por el análisis de vibración. Revise el estado del aislamiento	Inspección con equipo especializado	anual

Tabla 22: Actividades típicas en ECM para las bombas [19].

En el ANEXO F se muestran los formatos de registro utilizados en el ECM para estos equipos.

### 6.4.3 VENTILADORES

La ventilación forzada se destinó para las áreas de almacenamiento de muestras, fluidoteca, corte. Allí podremos encontrar ventiladores de inyección y extracción en línea. La Tabla 23 describe las actividades típicas para realizar un ECM para los ventiladores.

DESCRIPCIÓN	COMENTARIO	INDICACIÓN	FRECUENCIA
Uso de ventilador/ secuencialmente	Apagar/ secuencia innecesaria del ventilador	Inspección Visual	Diaria
Inspección visual global	Completar la inspección visual global, estar seguros que todo el equipo esté operando y los sistemas de seguridad estén en su lugar	Inspección visual	Diaria
Inspección poleas de transmisión	Limpie y engrase donde sea necesario	Verificar la correcta alineación de las poleas	Mensual
Registro de los parámetros eléctricos del motor	Mantener mensualmente el registro de: Voltaje, Corriente, factor de potencia, y potencia activa		Mensual
Observar las correas	Verifique la tensión y alineación correcta de las correas	Verificar que las correas estén debidamente tensionadas y no presentes ruidos anormales en su operación	Mensual
Inspección del dámper	Confirme el apropiado funcionamiento del control del dámper con una prueba de encerrado	Verificar operación de apertura y cierre del dámper	Mensual
Observe el control del actuador/ acoplamiento	Verifica la correcta operación, limpie, engrase, y ajuste tanto como sea necesario	Inspección Visual	Mensual
Revisar las aspas del ventilador	Compruebe la rotación adecuada y limpie cuando sea necesaria	Verificar limpieza y estado de las aspas, verifique el espacio libre entre la punta del ventilador y la caja del ventilador que no sea menor a 18 mm	Mensual
Filtros	Compruebe que no tenga roturas, sustituya cuando este sucio	Verifique el grado de suciedad del filtro	Mensual
Inspección de la calidad del aire	Revisar los efectos producidos por la humedad, sobre paredes, techos, exterior de los ductos de	Inspección Visual	mensual

	ventilación. Verifique que no presenten olores desagradables		
Cableado de potencia y control	Verifique que todas las conexiones eléctricas se encuentren en perfectas condiciones	Voltaje y corriente conforma las especificaciones	Anual
Inspección de los ductos de ventilación	Revisar todos los conectores y reparar todos los escapes	Verificar que no se presenten fugas	Anual
Aislamiento	Inspeccione, repare, sustituya todo el aislamiento afectado en los conductos	Inspección visual	Anual

Tabla 23: Actividades típicas para el ECM en ventiladores [19].

En el ANEXO G se muestran los formatos de registro utilizados en el ECM para estos equipos.

#### 6.4.4 MOTORES

La litoteca nacional emplea motores para bandas transportadoras u motores para corte de muestras, debido a que estos equipos son grandes demandantes de energía, se puede lograr un ahorro operando y manteniéndolos a su máxima eficiencia (Ver Tabla 24).

DESCRIPCIÓN	COMENTARIO	INDICACIÓN	FRECUENCIA
Uso del motor/secuencia	Apagar /secuencia innecesaria en el equipo	Inspección visual	Diaria
Inspección visual en general	Completar la inspección visual global, estar seguros que todo el equipo esté operando y los sistemas de seguridad este en su lugar	Inspección visual	Diaria
Condición del motor	Revisar la condición del motor a través de la temperatura o análisis de la vibración y comparar con los valores de línea base	Verificar que no existan temperaturas excesivas o que se estén presentando vibraciones anormales	Semanal
Verificar la lubricación	Asegurar que todos los rodamientos estén lubricados según las especificaciones del fabricante	Verificar que no existan temperaturas excesivas en los rodamientos	Mensual
Chequeo de empaques	Revisar empaques, ver si hay desgastes y reponer	Inspección Visual	Mensual

	cuando sea necesario. Considerar el reemplazo de empaques como sellos mecánicos		
Alineación del motor	Alimentar el comportamiento del motor, permite una eficiente transferencia de esfuerzo de torsión al equipo conducido	Verificar que no exista excesiva vibración, ruido, incremento de la temperatura en acoples y rodamientos	Mensual
Verificar montajes	Revisar y asegurar todos los montajes del motor	Inspección visual	Mensual
Revisar ajustes en terminales	Apretar las terminales de las terminales cuando sea necesaria	Verificar que no existan temperaturas excesivas en estos puntos	Mensual
Limpieza	Remover polvo y suciedad del motor para facilitar el enfriamiento	Inspección visual	Mensual
Revisar rodamientos	Inspeccionar rodamientos y las correas de impulsión para saber si hay desgaste. Ajustar, reparar o reemplazar cuando sea necesario	Verificar que estén debidamente lubricados, que no presenten desgastes y no presenten en su interior partículas solidas	Anual
Comprobar que la energía trifásica este equilibrada	La energía desbalanceada puede acortar la vida útil del motor con la acumulación excesiva de calor	Verificar que el desbalance de voltaje sea menor del 1%	Anual
Comprobar si hay condiciones de sobre o bajo voltaje	Sobre o el bajo voltaje acorta la vida del motor con acumulación excesiva del calor	Verificar que no exista una desviación con la tensión nominal mayor del 5%	Anual
Análisis del lubricante	El análisis del lubricante puede indicar el desarrollo o la existencia de problemas en los rodamientos, como también para determinar si el lubricante debe ser reemplazado.	Verificar que las condiciones químicas del lubricantes sean las especificadas	Anual

Tabla 24: Actividades típicas para el ECM para los motores [19].

En el ANEXO H se muestran los formatos de registro utilizados en el ECM para estos equipos.

## 7 INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA

En la búsqueda de lograr un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y del crecimiento de la oferta en el mercado de fuentes renovables no convencionales, se plantea la implementación de tecnologías limpias que permitan contribuir a solucionar la problemática ambiental, además se espera que sirvan como referentes a otras entidades.

### 7.1 POSTES SOLARES

La iluminación perimetral solar consiste en la implementación de paneles solares encargados de captar la energía de los rayos del sol durante el día, acumulándola en baterías para ser aprovechada en la noche por medio de una farola led de alto rendimiento.

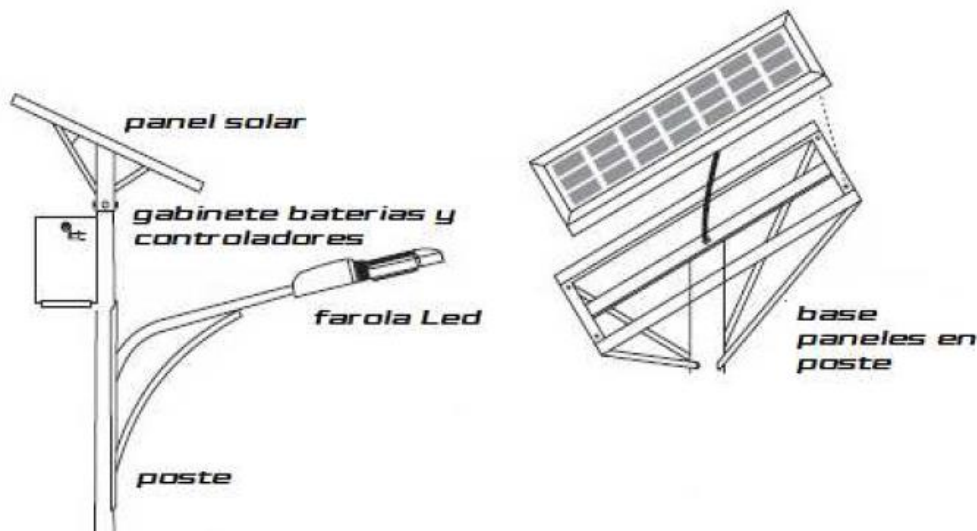


Figura 31: Postes solares [26].

En la actualidad la nueva sede de la Litoteca Nacional cuenta con 13 postes para iluminación perimetral con farolas tipo led, pero pueden ser reemplazados por

estos postes solares. En la actualidad la iluminación perimetral genera estos gastos.

Cantidad	[W]	TOTAL [kW]	kWh	kWh mes	\$/kWh mes	\$/kWh año
13	38	0.494	5.928	177.84	\$ 50,328.72	\$ 603,944.64

Tabla 25: Gastos energéticos de la iluminación perimetral

## VENTAJAS

- No se genera consumo de energía de la red.
- No se afecta por cortes del servicio de energía eléctrica.
- Costos mínimos de mantenimiento.
- Impacto positivo al medio ambiente.

## 7.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO

El techo de la bodega representa un área importante para la captación de energía solar, la implementación de un sistema fotovoltaico puede cubrir parte importante de la demanda del edificio.



Figura 32: Ejemplo de una planta Solar.

Por tal razón, se solicitó a la empresa GREEN ENERGY LATIN AMERICA una propuesta para la implementación de una planta solar en la cubierta de la bodega, se trata de un sistema fotovoltaico con potencia nominal de 44,00 kWp destinado a operar de forma complementaria con la red eléctrica de distribución que provee de energía a la nueva sede de la Litoteca Nacional.

DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD DE MEDIDA
Superficie de instalación	312	$m^2$
Potencia módulo FV	250	$W_p$
N° total módulos instalados	176	Und.
Potencia instalación	44	$kW_p$
Producción anual estimada	64328	$kWh$

Tabla 26: Características de la propuesta de planta solar.

## 7.2.1 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

**MÓDULOS FOTOVOLTAICOS:** Los módulos fotovoltaico propuestos para la planta solar son UPSOLAR POLY-M250P 60 CELLS con una potencia máxima 250 Wp de la propuesta son de tipología en silicio cristalino, la garantía de este producto sobre efectos de producción es de 10 años y la garantía de la eficiencia de los equipos es de 10 años, sin embargo, de acuerdo con estudios y pruebas realizadas por destacados entes e institutos internacionales (ejemplo: TÜV alemán), la actual tecnología aplicada a la construcción de módulos de esta clase, permite estimar una vida útil de 35 años.

**INVERSORES:** La planta solar contara con 2 inversores ABB TRIO-20.0-TL-OUTD-S2X-400. Los inversores son conforme a todas las normativas internacionales, han sido elegidos en función de sus características técnicas, con base a la mejor tecnología y la eficiencia de funcionamiento 98,2% además cuenta con una garantía de 10 años.

## 7.2.2 PRODUCTIVIDAD ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

Para estimar la productividad se utilizaron datos de la radiación solar de Colombia hecho por la UPME y el software canadiense "RETScreen" que utiliza lo datos de los satélites de la NASA, teniendo en cuenta también la presencia de eventuales impedimentos debidos a la orografía local.

- Mapa solar "UPME" / "RETScreen - NASA" promedio multianual de 1643 kWh/kWp/año.
- Estimación de pérdidas causadas por temperatura y baja irradiación: 8 %.
- Estimación de pérdidas causadas por efectos de reflexión: 0.5%.
- Estimación pérdidas totales del sistema FV: 11%.

El promedio anual de energía estimada de la planta fotovoltaica es de 1462 kWh/kWp/año para un periodo de 35 años.

Con la instalación de la planta fotovoltaica de 44 kWp con una producción estimada de 1462 kWh/kWp/año se obtiene una producción anual de energía eléctrica de 64328 kWh que multiplicada por 390 \$/kWh valor promedio del costo de la energía eléctrica, se produce un ahorro anual en el pago de la factura de energía eléctrica de \$25.087.920 COP.

Es importante resaltar que las plantas fotovoltaicas son modulares así que se puede comenzar con este proyecto y posteriormente ampliarlo y ha sido diseñada para cubrir parte de las necesidades energéticas diurnas.

A continuación se presenta el análisis económico de esta propuesta.

DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDADES
Costo de planta solar "Llaves en mano"	\$245.000.000	COP
Ahorro anual de energía	\$ 25.087.920	COP/año
Ahorro de energía durante 35 años de vida útil	\$ 878.077.200	COP
Tiempo de retorno de la inversión	9,8	años

Tabla 27: Análisis económico de la Propuesta

## 8 MANEJO DE RESUDIOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE)

En la actualidad es muy fácil evidenciar el corto ciclo de vida de aparatos eléctricos y electrónicos, y se convierte una problemática ambiental el proceso de disposición final, debido a que están contruidos con materiales que pueden ser recuperados para su aprovechamiento ya sea por su escases y valor comercial como también materiales peligrosos como plomo, mercurio, cadmio, cromo, berilio, sustancias halógenas entre otros, que representan un peligro al ser liberados en el medio ambiente.

Con el fin de evitar que en la edificación a estudio se haga un mal tratamiento a los residuos eléctricos y electrónicos, es necesario proponer métodos para su disposición final y así lograr un aprovechamiento de esos elementos, reducir el peligro para el medio ambiente y mantener la salud de los trabajadores.

La unión europea ha clasificado los residuos eléctricos y electrónicos como lo muestra la Tabla 28.

N°	Categoría	Ejemplos
1	Grandes electrodomésticos	Neveras, congeladores, lavadoras, lavaplatos, etc.
2	Pequeños electrodomésticos	Aspiradoras, planchas, secadores de pelo, etc.
3	Equipos de informática y telecomunicaciones	Procesadores de datos centralizados (minicomputadoras, impresoras), y elementos de computación personal (computadores personales, computadores portátiles, fotocopiadoras, telex, teléfonos, etc.).
4	Aparatos electrónicos de consumo	Aparatos de radio, televisores, cámaras de vídeo, etc.
5	Aparatos de alumbrado	Luminarias, tubos fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, etc.
6	Herramientas eléctricas y electrónicas	Taladros, sierras y máquinas de coser.
7	Juguetes, equipos deportivos y de tiempo libre	Trenes y carros eléctricos, consolas de vídeo y juegos de vídeo.
8	Aparatos médicos	Aparatos de radioterapia, cardiología, diálisis, etc.
9	Instrumentos de medida y control	Termostatos, detectores de humo o reguladores de calor.
10	Máquinas expendedoras	Máquinas expendedoras de bebidas calientes, botellas, latas o productos sólidos.

Tabla 28 : Categorías RAEE según la Directiva de la Unión Europea [27].

En la litoteca nacional no se ha contemplado un plan de acción para cuando los equipos eléctricos y electrónicos cumplan con su ciclo de vida útil, a continuación en la Tabla 29 se presenta un listado de los equipos potenciales para hacer manejo de residuos eléctricos y electrónicos.

	RESIDUOS	
	PELIGROSOS	VALIOSOS
<b>COMPUTADORES</b>	Berilio, galio, arsénico, mercurio retardantes de llama halogenados	Hierro, acero, aluminio, cobre, oro, plata, platino y paladio
<b>PERIFERICOS TIC</b>	-	Plástico
<b>IMPRESORAS</b>	-	Metales ferrosos y no ferrosos, plástico.
<b>CARTUCHOS Y TONER DE TINTA</b>	-	Plástico, tinta, aluminio
<b>PANTALLAS LCD</b>	Mercurio	Indio
<b>TUBOS FLUORESCENTES</b>	Componentes fluorescentes, mercurio, bario	Vidrio, aluminio
<b>CABLES Y ALAMBRES AISLADOS</b>	-	Cobre y plástico.
<b>BATERIAS Y ACUMULADORES</b>	Mercurio, cadmio y plomo	-

Tabla 29: Potenciales residuos eléctricos y electrónicos.

## PLAN DE ACCIÓN

Como medida inicial, la administración de la litoteca nacional debe disponer de un área dedicada a la clasificación y almacenamiento de los RAEE. Para ello es necesario tener recipientes para la segregación de estos residuos, la Figura 33 muestra algunos ejemplos.



Figura 33: Almacenadores para la segregación de RAEE marca SCHROTH [28].

Los almacenadores de la Figura 33 son cajas metálicas de rejillas fabricadas por SCHROTH, la Tabla 30 muestra su valor comercial.

	DIMENSIONES	PRECIO
Opción A	800x1200	\$ 185,592
Opción B	835x1240	\$ 211,253

Tabla 30: Precio cajas para recolección de RAEE.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda Desarrollo Territorial plantea los siguientes requisitos técnicos para el almacenamiento de los RAEE.

- **Protección contra la intemperie:** el almacenamiento debe realizarse a temperatura ambiente y protegido de la intemperie, con el objeto de evitar que agentes contaminantes puedan lixiviar al ambiente debido a los efectos del tiempo y para permitir el posterior reacondicionamiento o reutilización de los equipos.
- **Pisos:** impermeables para evitar infiltraciones y contaminación de los suelos.
- **Capacidad:** adecuada para el manejo de todo el inventario.
- **Protección contra acceso no autorizado:** el desecho electrónico se debe almacenar de manera tal que no se permita el ingreso de personas no autorizadas a las instalaciones para evitar que se agreguen o sean extraídos equipos en desuso o piezas sin supervisión.
- **Registros:** mantener registros de inventarios, tanto de equipos en desuso enteros, como de piezas recuperadas.
- **Procedimientos:** se deben documentar los procedimientos que se llevan a cabo en el sitio de almacenamiento.
- **Personal:** el personal debe estar capacitado para cumplir con los procedimientos del almacenamiento.

- **Almacenamiento y empaque:** en general, los RAEE se deben almacenar sobre estibas, o en cajas de rejillas o de madera, facilitando su almacenamiento, carga y transporte hacia procesos

Luego de lograr el almacenamiento y clasificación, se propone contribuir a la labor social a través del programa “Computadores para Educar”<sup>4</sup>, para ello se debe clasificar los equipos de ofimática que hayan cumplido su “primera vida útil” y si es necesario realizar acondicionamientos para garantizar su funcionalidad. El apoyo a esta iniciativa traerá beneficios a la compañía como:

- Un certificado de donación que les permite realizar un descuento en impuestos. (Artículo 125 del Estatuto Tributario).
- Reconocimiento público a través de los mecanismos de comunicación de Computadores para Educar.
- Uso del nombre y logo de Computadores para Educar en sus campañas publicitarias, para dar a conocer su apoyo al Programa.
- Evitar impactos ambientales negativos por cuenta de la disposición inadecuada de desechos tecnológicos y la contaminación con residuos peligrosos.
- Contribuir a la formación de un recurso humano mejor capacitado y más competitivo, que en un futuro será el motor del desarrollo empresarial del país.

---

<sup>4</sup> Computadores para Educar es un programa del Ministerio de Educación que tiene como objetivo facilitar a las escuelas y colegios públicos equipos de cómputo. Los equipos que se pueden donar son (tarjetas de red, módem, escáner, impresoras, disco duro) periféricos y accesorios.

Por último se realizará la selección de una empresa de reciclaje RAEE.

EMPRESA	VALOR/ KILO	TELÉFONO	DIRECCIÓN	E - MAIL
SANDESOL	\$3.000	643 57 57	CARRERA 29 # 40 - 35 OF101	<a href="mailto:servicioalcliente@sandesol.com">servicioalcliente@sandesol.com</a>
DESCONT S.A. E.S.P.	\$ 2,500 <sup>5</sup>	643 99 99	CARRERA 35 A # 46 - 72	<a href="mailto:descont@intercable.net.co">descont@intercable.net.co</a>

Tabla 31: Empresas gestoras de RAEE.

### 8.1.1 PROGRAMA LÚMINA

Con el fin de fomentar y culturizar a empleados y visitantes de la nueva sede de la litoteca nacional sobre la importancia del buen manejo de los RAEE, se propone realizar una afiliación al programa posconsumo de iluminación LÚMINA<sup>6</sup>, donde se podrá realizar la recolección de bombillas ahorradoras, lámparas fluorescentes o HID ya que por su contenido de mercurio, sodio y alógeno metal halide ponen en riesgo la salud pública y contaminan el medio ambiente. Luego de la recolección en sitio el programa se encarga de dar una disposición final a estos residuos, la Figura 34 nos ilustra sobre este proceso.

Con esta propuesta se pretende que propios y visitantes contribuyan la recolección de estos elementos en contenedores alusivos al programa (Ver Figura 35) y de esta manera lograr que esta iniciativa trascienda y sea aplicado en otros ámbitos como en hogares, colegios, industrias entre otros.

---

<sup>5</sup> Para recolecciones menores a 20 Kg se cobra un valor unitario de \$ 25,000 por concepto de transporte.

<sup>6</sup> LÚMINA es un programa que ejecuta un plan de gestión ambiental a través de la recolección de bombillas compuestas por materias primas peligrosas para la salud y el medio ambiente conforme a la resolución 1511 de agosto de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo.

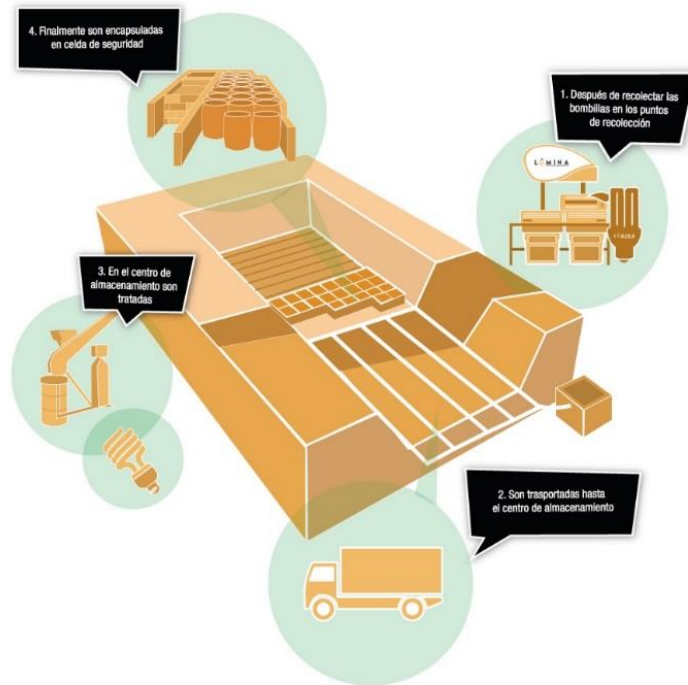


Figura 34: Disposición final de bombillas, programa Lúmina. [29].



Figura 35: Recipientes almacenadores programa Lúmina Colombia [29].

## 9 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- Se logró realizar un estudio para determinar los componentes de mayor consumo energético, realizando recolección de información, medición y análisis de datos con el fin de plantear estrategias para mejorar el desempeño energético.
- Se identificó que la gran demanda energética del edificio está representada por la carga de los motores y los componentes del aire acondicionado (chiller, bombas de recirculación de agua, unidades manejadoras y ventiladores), cualquier acción que pretenda optimizar y elevar la eficiencia de estos equipos se verá reflejada en la reducción del consumo energético de la edificación, además se propone contemplar la posibilidad de aprovechar el área de la cubierta (6.600 m<sup>2</sup>) para la implementación de un sistema fotovoltaico que permita alimentación total o parcial del sistema de aire acondicionado.
- Después de hacer un análisis detallado del comportamiento energético de la Litoteca se plantearon cuatro estrategias que lograran reducir significativa en el consumo, se trata de un plan URE, reemplazo de tecnología de iluminación, monitoreo en tiempo real del consumo energético y un plan de mantenimiento enfocado a la eficiencia.
- La adquisición de parámetros culturales en URE es una labor que implica tiempo y compromiso por parte de todos los funcionarios, por más que se implementen nuevas tecnologías para mejorar el desempeño energético, la falta de conciencia y de una cultura energética lleva al mal uso y despilfarro de la energía.

- La implementación de buenas prácticas de uso y consumo energético por parte de los usuarios de la edificación, representan un ahorro de \$769,002 mensual, sin realizar cambios tecnológicos ni grandes inversiones.
- El cambio tecnológico en la iluminación del edificio reduciría en un 7,44% el consumo energético, a corto plazo se recomienda reemplazar las luminarias que cumplan su ciclo de vida útil por SmartLed y a largo plazo el reemplazo total de estas unidades.
- De acuerdo con las iniciativas de gobierno nacional (ley 1517 de 2014), hizo la propuesta para la instalación de una planta solar en la cubierta de la bodega, esto lograría un ahorro anual de \$ 25.087.920 COP en los servicio de energía eléctrica. La inversión a realizar es de \$250.000.000 COP con un tiempo de recuperación de 9.8 años, lo cual hace que el proyecto sea viable.

## 10 OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

- Se observó gran interés por parte de los representantes de la ANH por llevar a cabo los planteamientos y soluciones contenidos en este proyecto.
- Se recomienda realizar un estudio específico a través de mediciones al sistema de aire acondicionado, analizando la relación temperatura/consumo, de tal forma que se puedan tomar acciones que permitan reducir el consumo del sistema sin sacrificar confort. Este análisis no se pudo llevar a cabo en este trabajo de grado debido que este sistema no estaba operando en su totalidad.
- Se recomienda a la ANH tener en cuenta este estudio de tal forma que puedan implementarlas y así obtener beneficios tanto económicos como ambientales.

## REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Minas y Energía, Sistema de Gestión Integral de la Energía, Guía Para La Implementación. Disponible en: <http://www.grisec.unal.edu.co/cartilla%20SGIE.pdf>.
- [2] QUISPE Enrique, El Modelo de Gestión Energética Colombiano: Desarrollo, Experiencias y Resultados de Aplicación y Perspectivas Futuras de Desarrollo. Disponible en: [http://www.enriquequispe.com/wpcontent/uploads/2012/01/2011\\_Quispe\\_Castrillon\\_MODELO-DE-GESTION-ENERGETICA-COLOMBIANO.pdf](http://www.enriquequispe.com/wpcontent/uploads/2012/01/2011_Quispe_Castrillon_MODELO-DE-GESTION-ENERGETICA-COLOMBIANO.pdf).
- [3] UPME, Guía Para La Implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía. Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>.
- [4] CAMPOS AVELLA Juan Carlos, El MGIE, Un Modelo de la Gestión Energética para Sector Productivo Nacional. Disponible. <http://ingenieria.uao.edu.co/hombreymaquina/revistas/30%202008-1/Articulo%20%20H&M-30.pdf>.
- [5] UPME, Sistema de Información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas, [Consulta 1 de febrero de 2014] Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/>.
- [6] MARTINEZ Amaya, VALERO Alicia, et. Disminución de costes energéticos en la empresa. 1ª. Ed. Madrid: Fundación Confederal, 2006. 243 p. ISBN: 84-96169-79-0.
- [7] Ministerio de Minas y Energía, Ley 697 de 2001. LEY URE. [Consulta: 26 de enero de 2014]. Disponible en: <http://www.upme.gov.co/ure/Downloads/LEY%20697.pdf>.

[8] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 1511 de 2010. [Consulta 1 de agosto de 2014]. Disponible en:<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40105>.

[9] UPME, Socialización Ley 1715 de Mayo 2014. 2014 en línea [Consulta: 5 de Octubre 2014]. Disponible en:  
<http://www.cidet.org.co/sites/default/files/documentos/emftp5wvfhtz4qxuqw5e9orku6kb4mtckdpa3xxpn7blttfnzp8rv6bre3apo6y7.pdf>.

[10] Ministerio de Minas y Energía, Gobierno Nacional Sanciona ley que incentiva el uso de energías renovables. 2014 [en línea]. [Consulta: 1 Agosto 2014]. Disponible en:  
[http://www.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=2&opcionCalendar=10&id\\_comunicado=988](http://www.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=2&opcionCalendar=10&id_comunicado=988).

[11] SANTANDER COMPETITIVO, Litoteca Nacional- Agencia Nacional de Hidrocarburos. 2012 [en línea]. [Consulta: 5 de junio 2014]. Disponible en:  
<http://www.santandercompetitivo.org/proyectos-11-m/49-litoteca-nacional---agencia-nacional-de-hidrocarburos.htm>.

[12] Planos “AS BULD” de la nueva sede de la Litoteca Nacional.

[13] EME Ingeniería S.A., Manual-Continuum. 2014.

[14] EME Ingeniería S.A., Manual Panel de Incendio/Litoteca. 2014.

[15] EME Ingeniería S.A., Manual CCTV. 2014.

[16] UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, Pliego de condiciones definitivas licitación pública: suministro, instalación, implementación e integración de los sistemas de seguridad, control y automatización, BMS., para la nueva sede de la litoteca nacional en el parque tecnológico Guatiguará, 2013 [en línea] [Consulta: 20 de Agosto 2014]. Disponible en:  
[https://www.uis.edu.co/procesos\\_contratacion/contratacion/documentos/Licitacione/s/Licitaciones2013/Licitaciones2/Definitivos/03.%20V2\\_PCD\\_LP002AA\\_2013.pdf](https://www.uis.edu.co/procesos_contratacion/contratacion/documentos/Licitacione/s/Licitaciones2013/Licitaciones2/Definitivos/03.%20V2_PCD_LP002AA_2013.pdf).

- [17] Facturas servicio de energía eléctrica ESSA.
- [18] FLUKE, Analizadores de Energía y de Calidad Eléctrica de 435 Serie 2 Fluke. 2013 [en línea]. [Consulta: 20 de Agosto 2014]. Disponible en: <http://www.fluke.com/fluke/coes/Medidores-de-Calidad-de-la-Energia-Elctrica/Logging-Power-Meters/Fluke-435-Series-II.htm?PID=73939>.
- [19] Grupo de gestión eficiente de energía, Kaí, Manual de mantenimiento centrado en la eficiencia energética para sistemas industriales. Barranquilla. Ed. Universidad del Atlántico. 2009. p 25. ISBN 978-958-8123-66-0.
- [20] WWF España, Guía de ahorro energía y eficiencia energética en oficina. Madrid 2009. [En línea]. [Consulta: 10 de Julio 2014]. Disponible en: [www.oficinaseficientes.es/docs/guia\\_OFF.pdf](http://www.oficinaseficientes.es/docs/guia_OFF.pdf).
- [21] DIAL GmbH 1994, Herramienta Dialux software completo y gratuito de DIAL para crear proyectos de iluminación profesional, disponible en: <http://www.dial.de/DIAL/es/dialux/about.html>.
- [22] Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, Bogotá 2010.
- [23] PHILIPS, Catalogo de Iluminación Led Philips [en Línea]. [Consulta: 5 de Noviembre 2014]. Disponible en: [http://www.lighting.philips.com.co/pwc\\_li/co\\_es/products/Exterior/Assets/pro\\_int/SmartLED%20Office%20-%20Ficha%20t%C3%A9cnica.pdf](http://www.lighting.philips.com.co/pwc_li/co_es/products/Exterior/Assets/pro_int/SmartLED%20Office%20-%20Ficha%20t%C3%A9cnica.pdf).
- [24] SCHNEIDER ELECTRIC, Manual de instalación PowerLogic® central de medida de la serie 800, [en Línea]. [Consulta: 1 de septiembre 2014]. Disponible en: <http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/4100-power-energy-monitoring-system/4112-intermediate-metering/918-powerlogic-pm800-series/?xtmc=pm800&xtcr=2>.
- [25] SCHNEIDER ELECTRIC, Concientización de la energía, solución simple de gestión de energía EGX300.

[26] AMPA SOLAR, Catalogo Corporativo Postes Solares 2014.

[27] COLOMBIA, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Lineamiento técnico para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Bogotá D.C. Colombia, Imprenta nacional de Colombia, 2009, ISBN 978-958-8491-48-6.

[28] SCHROTH PALETTEN, [en Línea]. [Consulta: 1 de septiembre 2014]. Disponible en: <http://www.schroth-paletten.de/>.

[29] PROGRAMA LÚMINA COLOMBIA, [en Línea]. [Consulta: 4 de septiembre 2014]. Disponible en: <http://www.lumina.com.co>.

## BIBLIOGRAFÍA

AMPA SOLAR, Catalogo Corporativo Postes Solares 2014.

CAMPOS AVELLA Juan Carlos, El MGIE, Un Modelo de la Gestión Energética para Sector Productivo Nacional. Disponible.

<http://ingenieria.uao.edu.co/hombreymaquina/revistas/30%202008-1/Articulo%20%20H&M-30.pdf>.

COLOMBIA, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Lineamiento técnico para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Bogotá D.C. Colombia, Imprenta nacional de Colombia, 2009, ISBN 978-958-8491-48-6.

DIAL GmbH 1994, Herramienta Dialux software completo y gratuito de DIAL para crear proyectos de iluminación profesional, disponible en: <http://www.dial.de/DIAL/es/dialux/about.html>.

EME Ingeniería S.A., Manual CCTV. 2014.

EME Ingeniería S.A., Manual-Continuum. 2014.

EME Ingeniería S.A., Manual Panel de Incendio/Litoteca. 2014.

Facturas servicio de energía eléctrica ESSA.

FLUKE, Analizadores de Energía y de Calidad Eléctrica de 435 Serie 2 Fluke. 2013 [en línea]. [Consulta: 20 de Agosto 2014]. Disponible en: <http://www.fluke.com/fluke/coes/Medidores-de-Calidad-de-la-Energia-Elctrica/Logging-Power-Meters/Fluke-435-Series-II.htm?PID=73939>.

Grupo de gestión eficiente de energía, Kaí, Manual de mantenimiento centrado en la eficiencia energética para sistemas industriales. Barranquilla. Ed. Universidad del Atlántico. 2009. p 25. ISBN 978-958-8123-66-0.

MARTINEZ Amaya, VALERO Alicia, et. Disminución de costes energéticos en la empresa. 1ª. Ed. Madrid: Fundación Confederal, 2006. 243 p. ISBN: 84-96169-79-0.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 1511 de 2010. [Consulta 1 de agosto de 2014]. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40105>.

Ministerio de Minas y Energía, Gobierno Nacional Sanciona ley que incentiva el uso de energías renovables. 2014 [en línea]. [Consulta: 1 Agosto 2014]. Disponible en:

[http://www.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=2&opcionCalendar=10&id\\_comunicado=988](http://www.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=2&opcionCalendar=10&id_comunicado=988).

Ministerio de Minas y Energía, Ley 697 de 2001. LEY URE. [Consulta: 26 de enero de 2014]. Disponible en: <http://www.upme.gov.co/ure/Downloads/LEY%20697.pdf>.

Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, Bogotá 2010.

Ministerio de Minas y Energía, Sistema de Gestión Integral de la Energía, Guía Para La Implementación. Disponible en: <http://www.grisec.unal.edu.co/cartilla%20SGIE.pdf>.

PHILIPS, Catálogo de Iluminación Led Philips [en Línea]. [Consulta: 5 de Noviembre 2014]. Disponible en: [http://www.lighting.philips.com.co/pwc\\_li/co\\_es/products/Exterior/Assets/pro\\_int/SmartLED%20Office%20-%20Ficha%20t%C3%A9cnica.pdf](http://www.lighting.philips.com.co/pwc_li/co_es/products/Exterior/Assets/pro_int/SmartLED%20Office%20-%20Ficha%20t%C3%A9cnica.pdf).

Planos “AS BULD” de la nueva sede de la Litoteca Nacional.

PROGRAMA LÚMINA COLOMBIA, [en Línea]. [Consulta: 4 de septiembre 2014]. Disponible en: <http://www.lumina.com.co>.

QUISPE Enrique, El Modelo de Gestión Energética Colombiano: Desarrollo, Experiencias y Resultados de Aplicación y Perspectivas Futuras de Desarrollo. Disponible en: [http://www.enriquequispe.com/wpcontent/uploads/2012/01/2011\\_Quispe\\_Castrillon\\_MODELO-DE-GESTION-ENERGETICA-COLOMBIANO.pdf](http://www.enriquequispe.com/wpcontent/uploads/2012/01/2011_Quispe_Castrillon_MODELO-DE-GESTION-ENERGETICA-COLOMBIANO.pdf)

SANTANDER COMPETITIVO, Litoteca Nacional- Agencia Nacional de Hidrocarburos. 2012 [en línea]. [Consulta: 5 de junio 2014]. Disponible en: <http://www.santandercompetitivo.org/proyectos-11-m/49-litoteca-nacional---agencia-nacional-de-hidrocarburos.htm>

SCHNEIDER ELECTRIC, Concientización de la energía, solución simple de gestión de energía EGX300.

SCHNEIDER ELECTRIC, Manual de instalación PowerLogic® central de medida de la serie 800, [en Línea]. [Consulta: 1 de septiembre 2014]. Disponible en: <http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/4100-power-energy-monitoring-system/4112-intermediate-metering/918-powerlogic-pm800-series/?xtmc=pm800&xtcr=2>.

SCHROTH PALETTEN, [en Línea]. [Consulta: 1 de septiembre 2014]. Disponible en: <http://www.schroth-paletten.de/>.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, Pliego de condiciones definitivas licitación pública: suministro, instalación, implementación e integración de los sistemas de seguridad, control y automatización, BMS., para la nueva sede de la litoteca nacional en el parque tecnológico Guatiguará, 2013 [en línea] [Consulta: 20 de Agosto 2014]. Disponible en: [https://www.uis.edu.co/procesos\\_contratacion/contratacion/documentos/Licitaciones/Licitaciones2013/Licitaciones2/Definitivos/03.%20V2\\_PCD\\_LP002AA\\_2013.pdf](https://www.uis.edu.co/procesos_contratacion/contratacion/documentos/Licitaciones/Licitaciones2013/Licitaciones2/Definitivos/03.%20V2_PCD_LP002AA_2013.pdf).

UPME, Guía Para La Implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía. Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>.

UPME, Sistema de Información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas, [Consulta 1 de febrero de 2014] Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/>.

UPME, Socialización Ley 1715 de Mayo 2014. 2014 en línea [Consulta: 5 de Octubre 2014]. Disponible en: <http://www.cidet.org.co/sites/default/files/documentos/emftp5wvfhtz4qxuqw5e9orku6kb4mtckdpa3xxpn7blttfnzp8rv6bre3apo6y7.pdf>.

WWF ESPAÑA, Guía de ahorro energía y eficiencia energética en oficina. Madrid 2009. [En línea]. [Consulta: 10 de Julio 2014]. Disponible en: [www.oficinaseficientes.es/docs/guia\\_OFF.pdf](http://www.oficinaseficientes.es/docs/guia_OFF.pdf)

# ANEXOS

## Anexo A. Certificación RETIE



MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
DICTAMEN DE INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
DE TRANSFORMACIÓN (SUBESTACIONES) SEGÚN RETIE

Lugar y fecha: San José de Cúcuta, 2014 Abril 25 Organismo de inspección: CERTIRETIE LTDA Dictamen N°: 02985

Nombre o razón social del propietario de la instalación: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Dirección de la subestación: km 2 VÍA EL REFUGIO - CALLE 8N # 3W-60 MUNICIPIO DE PIEDECUESTA SANTANDER

Tipo de proceso asociado: Generación  Transmisión  Distribución  Uso final

Tipo de uso de instalación: Residencial  Comercial  Industrial  Oficial

Capacidad Instalada (kVA): 400 Tensiones (V): 34500 / 220 - 127 Año de terminación construcción: 2014

Tipo de subestación: Capsulada Capacidad (kVA): 400 Número de Transformadores: 1

Personas Calificadas responsables de la instalación:

Diseño: Ing. Hector Alfonso Cruz Mat. Profesional: 25205-14550

Interventoria (si la hay): Ing. Manuel José Ortiz Rangel Mat. Profesional: CN 205-32727

Responsable de la construcción: Ing. Iván Eduardo Torres Chinchilla Mat. Profesional: SN 205-64759

ITEM	ASPECTO A EVALUAR	APLICA	CUMPLE	NO CUMPLE
1	Accesibilidad a todos los dispositivos de control y protección	SI	X	
2	Avisos y señales de seguridad	SI	X	
3	Barreras de acceso	SI	X	
4	Campos electromagnéticos en áreas de trabajo permanente	NO		X
5	Continuidad de los conductores de tierra y conexiones equipotenciales	NO	X	
6	Corriente en el sistema puesta a tierra	SI	X	
7	Dispositivos de seccionamiento y mando	SI	X	
8	Distancias de seguridad	SI	X	
9	Ejecución de las conexiones	SI	X	
10	Encerramientos de equipos (mallas, cuartos, bóvedas)	SI	X	
11	Enclavamientos	NO		X
12	Ensayos dieléctricos	SI	X	
13	Equipotencialidad	SI	X	
14	Estructuras y herrajes	SI	X	
15	Identificación de circuitos, conductores de neutro y de tierras	SI	X	
16	Materiales acordes con las condiciones ambientales	SI	X	
17	Memorias de cálculo	SI	X	
18	Mimicos	NO		X
19	Montaje	SI	X	
20	Planos, esquemas y diagramas	SI	X	
21	Protección contra arcos internos	SI	X	
22	Protección contra electrocución por contacto directo	SI	X	
23	Protección contra electrocución por contacto indirecto	SI	X	
24	Protección contra rayos	SI	X	
25	Resistencia de puesta a tierra	SI	X	
26	Resistencias de aislamiento	SI	X	
27	Revisión de certificaciones de producto	SI	X	
28	Selección de conductores	SI	X	
29	Selección de dispositivos de protección contra sobrecorrientes	SI	X	
30	Selección de dispositivos de protección contra sobretensiones	SI	X	
31	Sistema contra incendio	SI	X	
32	Soportabilidad al fuego de materiales	SI	X	
33	Tensión de contacto y transferencia	SI	X	
34	Tensión de paso	SI	X	
35	Tiempo de respuesta de protecciones para despeje de fallas	SI	X	
36	Ventilación	SI	X	
37	Verificación de tensiones de paso, contacto y transferidas	SI	X	

### OBSERVACIONES, MODIFICACIONES Y ADVERTENCIAS ESPECIALES (si las hay) e Identificación de anexos.

Según inspección realizada el día 2014 Abril 09 éste dictamen tiene el siguiente alcance:  
**Subestación tipo capsulada con transformador trifásico de 400 kVA y Sistema de Puesta a Tierra**  
Si la instalación eléctrica presenta cambios posterior a la fecha de inspección, será responsabilidad del propietario de la obra y perderá validez ésta certificación.

### RESULTADO DE CONFORMIDAD

Aprobada  No aprobada

Responsables del dictamen:

Nombre y Firma organismo de inspección: CERTIRETIE LTDA Resolución de acreditación: 11-OIN-022 ONAC

Dirección domicilio: Calle 1N N° 7E-15 Quinta Bosch, San José de Cúcuta Teléfono: (--7) 5743841

Nombre y Firma inspector: Juan Francisco Jaimes Cruz Matrícula profesional: NS 250-31798

01178



MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
 DICTAMEN DE INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
 DE TRANSFORMACIÓN (SUBESTACIONES) SEGÚN RETIE

Lugar y fecha: San José de Cúcuta, 2014 Abril 25 Organismo de inspección: CERTIRETIE LTDA Registro N°: 00055  
 Nombre o razón social del propietario de la instalación: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
 Dirección de la instalación: km 2 VÍA EL REFUGIO - CALLE BN # 3W-60 MUNICIPIO DE PIEDICUESTA SANTANDER  
 Tipo de proceso asociado: Generación  Transformación  Distribución  Localidad   
 Tipo de uso de instalación: Residencial  Comercial  Industrial  Oficial   
 Capacidad instalada (kVA): 400 Tensión (V): 31500 / 220 - 127 Año de terminación construcción: 2014  
 Tipo de subestación: Capsulada Capacidad (kVA): 400 Número de Transformadores: 1  
 Personero o líderes responsables de la instalación:  
 Bloque: Ing. Hector Alfonso Cruz Cui. Profesional: 25206-14550  
 Interventor (si la hay): Ing. Manuel José Ortiz Rangel Cui. Profesional: 09 205-32727  
 Responsable de la construcción: Ing. Iván Eduardo Torres Chinchilla Cui. Profesional: SN 205-60750

ITEM	ASPECTO A EVALUAR	APLICA	CUMPLE	NO CUMPLE
1	Acceso libre a todos los dispositivos de control y protección	SI	X	
2	Acceso y señales de seguridad	SI	X	
3	Barandillas de acceso	SI	X	
4	Compuertas de acceso con bloqueo en áreas de trabajo permanentes	NO		X
5	Protección de los conductores de línea y conexiones equipotenciales	SI	X	
6	Protección de sistemas pasivos a tierra	NO		X
7	Dispositivos de protección contra incendios	SI	X	
8	Distancias de seguridad	SI	X	
9	Ejecución de las conexiones	SI	X	
10	Conexiones de equipos (mallas, cuadros, bobinas)	SI	X	
11	Envolcramientos	NO		X
12	Ensayos cualitativos	SI	X	
13	Integridad del producto	SI	X	
14	Instalación de frenos	SI	X	
15	Identificación de circuitos, conductores de neutro y de tierra	SI	X	
16	Operación adecuada con las condiciones ambientales	SI	X	
17	Operación de cálculo	SI	X	
18	Operación	NO		X
19	Operación	SI	X	
20	Operación, ensayos y documentos	SI	X	
21	Protección contra arcos internos	SI	X	
22	Protección contra arcos externos por contacto directo	SI	X	
23	Protección contra arcos externos por contacto indirecto	SI	X	
24	Protección contra rayos	SI	X	
25	Resistencia de puesta a tierra	SI	X	
26	Resistencia de aislamiento	SI	X	
27	Resistencia de protección del producto	SI	X	
28	Selección de dispositivos	SI	X	
29	Selección de dispositivos de protección contra sobretensiones	SI	X	
30	Señales de dispositivos de protección contra sobretensiones	SI	X	
31	Señales contra incendio	SI	X	
32	Seguridad al succionamiento	SI	X	
33	Señales de contacto y transferencia	SI	X	
34	Señales de paro	SI	X	
35	Tiempo de respuesta de protecciones para despacho de fallas	SI	X	
36	Verificación	SI	X	
37	Verificación de conexiones de puesta a tierra, contacto y transferencia	SI	X	

OBSERVACIONES, MODIFICACIONES Y ADVERTENCIAS ESPECIALES (si las hay) e identificación de anexos.  
 Según inspección realizada el día 2014 Abril 09 este dictamen tiene el siguiente alcance:  
**Subestación tipo capsulada con transformador trifásico de 400 kVA y Sistema de Puesta a Tierra**  
 Si la instalación eléctrica presenta cambios respecto a la fecha de inspección, será responsabilidad del propietario de la obra y por lo tanto no será esta certificación.

RESULTADO DE CONFORMIDAD: Aprobado  No aprobado   
 Responsables del dictamen:  
 Nombre y Firma del organismo de inspección: CERTIRETIE LTDA Resolución de acreditación: 11-OIN-022 ONAC  
 Dirección domicilio: Calle BN N° 7E-15 Quinta Bosch, San José de Cúcuta Teléfono: (+57) 5743841  
 Nombre y Firma Inspector: Juan Francisco Jaime Cruz Mención profesional: NS 250-31798

01176  
 ANEXO 1

www.certiretie.com  
 direccion\_tecnica@certiretie.com, certiretie@gmail.com.com  
 Calle IN 7E-15 Quinta Bosch, Tel. 5743841 - 3112655589 Cúcuta



**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
DICTAMEN DE INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
DE DISTRIBUCIÓN SEGÚN RETIE**

Lugar y fecha:	<u>San José de Cúcuta,</u>	<u>2014 Abril 25</u>	Organismo de inspección:	<u>CERTIRETIE LTDA</u>	Dictamen N°:	<u>02984</u>
Nombre o razón social del propietario de la instalación:	<u>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</u>					
Dirección de la instalación:	<u>km 2 VÍA EL REFUGIO - CALLE 8N # 3W-60 MUNICIPIO DE PIEDECUESTA SANTANDER</u>					
Uso de la red:	Uso general <input type="checkbox"/>	Uso exclusivo <input type="checkbox"/>	Alumbrado publico <input type="checkbox"/>	Uso final <input checked="" type="checkbox"/>		
Tipo de uso de instalación:	Urbano <input checked="" type="checkbox"/>	Residencial <input type="checkbox"/>	Industrial <input checked="" type="checkbox"/>	Comercial <input type="checkbox"/>		
Capacidad instalada (kVA):	<u>400</u>	Tensiones (V):	<u>34500</u>	Año de terminación construcción:	<u>2014</u>	
Tipo de configuración:	Monofásica <input type="checkbox"/>	Longitud línea (m):	<u>420</u>	Tipo de conductores:	<u>XLPE 3 # 1/0 AWG</u>	
	Trifásica <input checked="" type="checkbox"/>	Material estructuras:		N° de estructuras o apoyos:	<u>0</u>	
Personas Calificadas responsables de la instalación:						
Diseño:	<u>Ing. Hector Alfonso Cruz</u>			Mat. Profesional:	<u>25205-14550</u>	
Interventoria (si la hay):	<u>Ing. Manuel José Ortiz Rangel</u>			Mat. Profesional:	<u>CN 205-32727</u>	
Responsable de la construcción:	<u>Ing. Iván Eduardo Torres Chinchilla</u>			Mat. Profesional:	<u>SN 205-64759</u>	

ITEM	ASPECTO A EVALUAR	APLICA	CUMPLE	NO CUMPLE
1	Accesibilidad a todos los dispositivos de control y protección	SI	X	
2	Apoyos o estructuras	NO		
3	Avisos y señales de seguridad	SI	X	
4	Cámaras y canalizaciones adecuadas	SI	X	
5	Dispositivos de seccionamiento y mando	SI	X	
6	Distancias de seguridad	SI	X	
7	Ejecución de las conexiones	SI	X	
8	Funcionamiento del corte automático de la alimentación	SI	X	
9	Herrajes	SI	X	
10	Identificación de circuitos	SI	X	
11	Materiales acordes con las condiciones ambientales	SI	X	
12	Memorias de cálculo	SI	X	
13	Planos, esquemas y diagramas	SI	X	
14	Protección contra la corrosión	SI	X	
15	Resistencia de puesta a tierra	SI	X	
16	Resistencias de aislamiento	SI	X	
17	Revisión de certificaciones de producto	SI	X	
18	Selección de conductores	SI	X	
19	Selección de dispositivos de protección contra sobrecorrientes	NO		
20	Selección de dispositivos de protección contra sobretensiones	SI	X	
21	Tensiones de paso, contacto y transferidas	NO		
22	Valores de Campo Electromagnéticos	NO		

**OBSERVACIONES, MODIFICACIONES Y ADVERTENCIAS ESPECIALES (si las hay) e Identificación de anexos.**

Según inspección realizada el día 2014 Abril 09 éste dictamen tiene el siguiente alcance:

**Acometida Subterránea trifásica y equipo de medida .**

Si la instalación eléctrica presenta cambios posterior a la fecha de inspección, será responsabilidad del propietario de la obra y perderá validez ésta certificación.

RESULTADO DE CONFORMIDAD	Aprobada <input checked="" type="checkbox"/>	No aprobada <input type="checkbox"/>
Responsables del dictamen:		
Nombre y Firma organismo de inspección:	<u>CERTIRETIE LTDA</u>	Resolución de acreditación: <u>11-OIN-022 ONAC</u>
Dirección domicilio:	<u>Calle 1N N° 7E-15 Quinta Bosch, San José de Cúcuta</u>	Teléfono: <u>(--7) 5743841</u>
Nombre y Firma inspector:	<u>Juan Francisco Jaimes Cruz</u>	Matrícula profesional: <u>NS 250-31798</u>



**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
DICTAMEN DE INSPECCION Y VERIFICACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
PARA USO FINAL SEGÚN RETIE**



Lugar y fecha: San José de Cúcuta, 2014 Abril 25 Organismo de inspección: CERTIRETIE LTDA Dictamen N°: 02986

Nombre o razón social del propietario de la instalación: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Dirección de la instalación: km 2 VÍA EL REFUGIO - CALLE 8N # 3W-60 MUNICIPIO DE PIEDECUESTA SANTANDER

Tipo de instalación: Residencial  Comercial  Industria  Especial tipo: \_\_\_\_\_

Capacidad Instalada (kVA): 400 Tensión (V): 220-127 Año de terminación construcción: 2014

Personas Calificadas responsables de la instalación:

Diseño (si lo hay): Ing. Hector Alfonso Cruz Mat. Profesional: 25205-14550

Interventoría (si la hay): Ing. Manuel José Ortiz Rangel Mat. Profesional: CN 205-32727

Responsable de la construcción: Ing. Iván Eduardo Torres Chinchilla Mat. Profesional: SN 205-64759

ITEM	ASPECTO A EVALUAR	APLICA	CUMPLE	NO CUMPLE
1	Accesibilidad a todos los dispositivos de protección	SI	X	
2	Bomba contra incendio	SI	X	
3	Continuidad de los conductores de tierra y conexiones equipotenciales	SI	X	
4	Corrientes en el sistema de puesta a tierra	NO		
5	Distancias de seguridad	SI	X	
6	Ejecución de las conexiones	SI	X	
7	Ensayos funcionales	SI	X	
8	Existencia de planos, esquemas, avisos y señales	SI	X	
9	Funcionamiento del corte automático de la alimentación	SI	X	
10	Identificación de canalizaciones	SI	X	
11	Identificación de circuitos	SI	X	
12	Identificación de conductores de fase, neutro y tierras	SI	X	
13	Materiales acordes con las condiciones ambientales	SI	X	
14	Memorias de cálculo	SI	X	
15	Niveles de iluminación	NO		
16	Protección contra arcos internos	SI	X	
17	Protección contra electrocución por contacto directo	SI	X	
18	Protección contra electrocución por contacto indirecto	SI	X	
19	Resistencia de aislamiento	SI	X	
20	Resistencia de puesta a tierra	SI	X	
21	Revisiones de certificaciones de producto	SI	X	
22	Selección de conductores	SI	X	
23	Selección de dispositivos de protección contra sobrecorrientes	SI	X	
24	Selección de dispositivos de protección contra sobretensiones	SI	X	
25	Sistema de emergencia	SI	X	
26	Sistema de protección contra rayos	SI	X	
27	Valores de campos Electromagnéticos	NO		

Nota: En instalaciones de vivienda y pequeños comercios, los ítems a verificar son: 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26

**OBSERVACIONES, MODIFICACIONES Y ADVERTENCIAS ESPECIALES (si las hay) e Identificación de anexos.**

Según inspección realizada el día 2014 Abril 09 éste dictamen tiene el siguiente alcance:  
**Acometida en baja tensión 4x(3x500+1x400+1x1/0 T) AWG, tablero de distribución general, alimentadores, tableros de distribución local, instalaciones internas, sistema de protección contra rayos, sistema de emergencia, bomba contra incendio.**  
 Si la instalación eléctrica presenta cambios posterior a la fecha de inspección, será responsabilidad del propietario de la obra y perderá validez ésta certificación.

RESULTADO DE CONFORMIDAD Aprobada  No aprobada

Responsables del dictamen:

Firma organismo de inspección:   
 Nombre organismo de inspección: CERTIRETIE LTDA

Dirección domicilio: Calle 1N N° 7E-15 Quinta Bosch, San José de Cúcuta Teléfono: (--7) 5743841

Firma inspector:   
 Nombre inspector: Juan Francisco Jaimes Cruz Matrícula profesional: NS 250-31798

\*\*EL CERTIFICADO ORIGINAL LLEVA SELLO EN SECCION ESTE LUGAR\*\*

Resolución de acreditación: 11-OIN-022 ONAC

## Anexo B. Ficha técnica del equipo de medición

### ANALIZADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA FLUKE 435-II

	Modelo	Rango de medición	Resolución	Exactitud
<b>Voltios</b>				
Vrms (ca+cc)	435-II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,01 V	± 0,1% del voltaje nominal****
Vpico		1 Vpico a 1400 Vpico	1 V	5% del voltaje nominal
Factor de cresta (CF) de voltaje		1,0 > 2,8	0.01	± 5%
Vrms½	435-II		0,1 V	± 0,2% del voltaje nominal
Vfund	435-II		0,1 V	± 0,1% del voltaje nominal
<b>Amperios (precisión sin incluir precisión de pinza)</b>				
Amperios (CA+CC)	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (CA sólo)	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
Apico	i430-Flex	8400 Apico	1 Arms	± 5%
	1mV/A	5500 Apico	1 Arms	± 5%
Factor de cresta (CF) de amperios		1 a 10	0.01	± 5%
Amps½	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 1% ± 10 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 1% ± 10 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	1A	± 1% ± 10 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (CA sólo)	0,1 A	± 1% ± 10 cuentas
Afund	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	1A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (CA sólo)	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
<b>Hz</b>				
Hz	Fluke 435 a 50 Hz nominal	42,500 Hz a 57,500 Hz	0,001 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 435 a 60 Hz nominal	51,000 Hz a 69,000 Hz	0,001 Hz	± 0,01 Hz
<b>Alimentación</b>				
Wattios (VA, var)	i430-Flex	máx. 6000 MW	0,1 W a 1 MW	± 1% ± 10 cuentas
	1 mV/A	máx. 2000 MW	0,1 W a 1 MW	± 1% ± 10 cuentas
Factor de potencia (Cos $\phi$ /DPF)		0 a 1	0.001	± 0,1% con condiciones de carga nominal
<b>Energía</b>				

kWh (kVAh, kvarh)	i430-Flex 10x	Según escala de la pinza de corriente y V nominal		± 1% ± 10 cuentas
Pérdidas de energía	i430-Flex 10x	Según escala de la pinza de corriente y V nominal		Exactitud de ± 1% ± 10 cuentas sin resistencia de línea
<b>Armónicos</b>				
Orden de armónicos (n)		CC, agrupamiento de 1 a 50: Grupos de armónicos de acuerdo con la norma IEC 61000-4-7		
Orden de interarmónicos (n)		Desactivado, agrupamiento de 1 a 50: Subgrupos de armónicos e interarmónicos de acuerdo con la norma IEC 61000-4-7		
Voltios	%f	0,0% a 100%	0.10%	± 0,1% ± n x 0,1%
	%r	0,0% a 100%	0.10%	± 0,1% ± n x 0,4%
	Absoluto	0,0 a 1000 V	0,1 V	± 5% *
	THD (Dispersión armónica total)	0,0% a 100%	0.10%	± 2,5%
Amperios	%f	0,0% a 100%	0.10%	± 0,1% ± n x 0,1%
	%r	0,0% a 100%	0.10%	± 0,1% ± n x 0,4%
	Absoluto	0,0 a 600 A	0,1 A	± 5% ± 5 cuentas
	THD (Dispersión armónica total)	0,0% a 100%	0.10%	± 2,5%
Vatios	%f o %r	0,0% a 100%	0.10%	± n x 2%
	Absoluto	Según escala de la pinza de corriente y V nominal	—	± 5% ± n x 2% ± 10 cuentas
	THD (Dispersión armónica total)	0,0% a 100%	0.10%	± 5%
Ángulo de fase		-360° a +0°	1°	± n x 1°
<b>Flicker</b>				
Plt, Pst, Pst(1min) Pinst		0,00 a 20,00	0.01	± 5%
<b>Desequilibrios</b>				
Voltios	%	0,0% a 20,0%	0.10%	± 0,1%
Amperios	%	0,0% a 20,0%	0.10%	± 1%

### Ficha técnica analizador de energía eléctrica.

\* ± 5% si = 1% de tensión nominal ± 0,5% de la tensión nominal si < 1% de la tensión nominal

\*\* frecuencia nominal de 50 Hz/60 Hz según la norma IEC 61000-4-30

\*\*\* Las mediciones a 400 Hz no son compatibles con los modos Flicker, Señalización de la red y Monitor.

\*\*\*\*para voltaje nominal de 50 V a 500 V.

# Anexo C. Cálculo del consumo nominal mensual

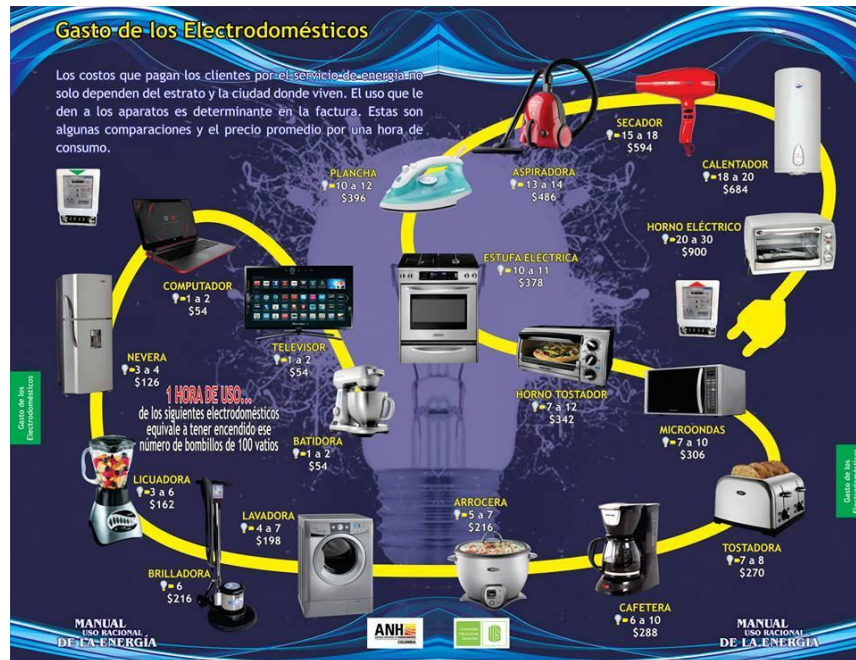
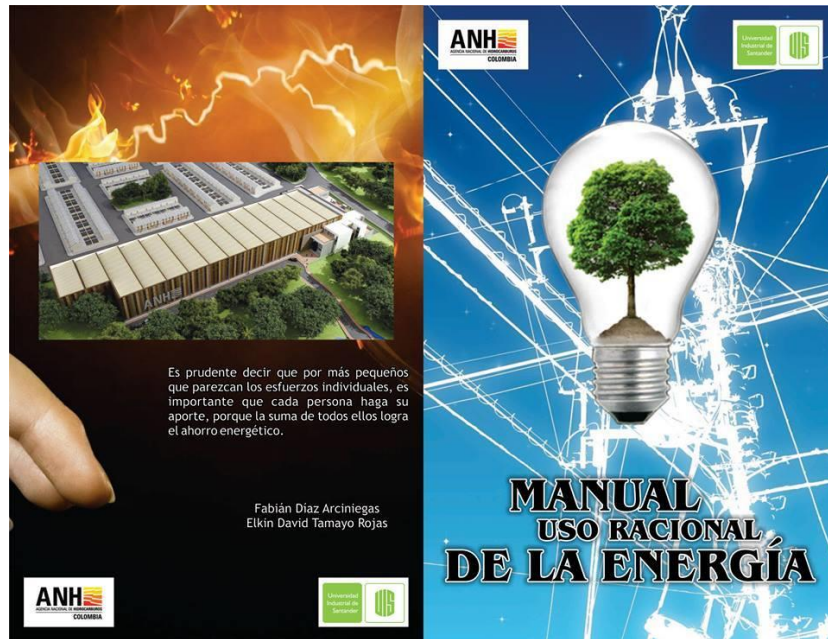
AREA	LUMINACION				MOTORES			TOMAS			AIRE ACONDICIONADO					ENERGIA MENSUAL												
	110 (4x24)	125 (2x24)	42 (2x54)	55 (2x54)	70 Bata	75 Aplic	746 Banda	1492 Banda	1492 Corte	200 2F	1492 3F	162 GFCI	162 NORMALES	250 PC	1505 UEC-8-3	350 VEX	120 VEC-03-04	2238 VEC-01	373 VEC-01	167 VEC-02	3730 VEC-03	482 VI-01	373 VI-02	[W]	Horaldia	Dom/les	KWh/Hora	
SALA PUBLICA MUESTRAS 1	6						1				1	1	1										1960	8	24		390,16	
SALA PUBLICA MUESTRAS 2	6						1				1	1	1										1960	8	24		390,16	
SALA PUBLICA MUESTRAS 3	6						1				1	1	1										1960	8	24		390,16	
SALA PUBLICA MUESTRAS 4	6						1				1	1	1										1960	8	24		390,16	
SALA PUBLICA MUESTRAS 5	6						1				1	1	1										1960	8	24		390,16	
LABORATORIO DE PLACAS	6						1				2	2	2										1492	8	24		284,820	
LABORATORIO DE IMAGEN	6						1				7	4	4										2794	8	24		538,448	
LABORATORIO CORE	6						1				6	3	3										2382	8	24		457,344	
BANOS 1	4						1				2												1059	2	24		50,832	
HALL	2																						220	4	24		21,12	
REDES SERVIDORES	2																						1470	24	30		1056,4	
RACK DE DATOS	2																						1332	24	30		815,04	
SUBESTACION	2										1	5	5										1171	1	24		28,884	
SALA DE COMUNICACIONES	2						5				3	3	3										149	24	24		16,56	
HALL SALA DE CONFERENCIAS	1										2	2	2										434	8	24		83,938	
SALA DE CONFERENCIAS	9						5				3	1	1										2001	8	24		384,192	
ARCHIVO	3										1	1	1										492	8	24		94,464	
CAFETERIA PISO 1	2						1				1	2	2										628	10	24		126,72	
SALA DE ESPERA	2						8				4	4	4										1308	8	24		251,136	
RECEPCION	4						12				4	2	2										2248	8	24		431,616	
PASILLOS	13						3				3	1	1										2591	5	24		399,72	
AREA DE BASURAS	3										1	4	2										672	2	24		29,776	
AREA DE MANTENIMIENTO	3										1	1	1										730	8	24		139,20	
AREA DE RECEPCION	15										3	2	2										2137	8	24		410,304	
OFICINA GEOZ	2										1	1	1										2137	8	24		410,304	
BANOS 2	2										1	1	1										1864	2	24		80,832	
DEPOSITO DE INSUMOS	6						1				2	2	2										660	4	24		63,36	
FLUIDOTECA	3										2	2	2										1472	6	24		211,868	
AREA DE CORTE	3										2	2	2										3546	6	24		510,624	
BODEGA	2										1	1	1										2784	6	24		398,016	
ESTACION	2																						1360	6	30		24,8	
ESTACIONES	2																						1360	6	30		24,8	
TOTAL	102	40	1	29	8	1	5	4	2	2	1	9	61	35	2	2	1	1	1	1	7	1	1	88678	264	818		16628,2

AREA	ILUMINACION					MOTORES	TOMACORRIENTES			A.A		ENERGIA MENSUAL			
	110 (4x24)	125 (2x54H)	42 Bala	55 Bala Led	75 Aplique	746 Bandas	162 GFCL	162 NORMALES	250 PC	2300.5 UEC 4-7	21521.5 UEC 1-3	[W]	HORA/DIA	DIA/MES	KW/Hora
SALA PRIVADA MUESTRAS 1	6					2	1	1	1			2726	8	24	523.392
SALA PRIVADA MUESTRAS 2	6					2	1	1	1			2726	8	24	523.392
SALA PRIVADA MUESTRAS 3	6					2	2	1	1			2888	8	24	554.466
SALA PRIVADA MUESTRAS 4	6					2	1	1	1			2726	8	24	523.392
SALA PRIVADA MUESTRAS 5	6					2	1	1	1			2726	8	24	523.392
SALA PRIVADA MUESTRAS 6	6					2	1	1	1			2726	8	24	523.392
SALA DE REUNIONES 1	2					0		1	1	1		2932.5	4	24	281.52
SALA DE REUNIONES 2	2					0		1	1	1		2932.5	4	24	281.52
SALA DE REUNIONES 3	2					0		1	1	1		2932.5	4	24	281.52
SALA DE REUNIONES 4	2					0		1	1	1		2932.5	4	24	281.52
SALA ABIERTA						0			0	1		0	1	24	0
BAÑO PISO 2	4					0	2		0			764	2	24	36.672
HALL PISO 2	2					0			0			220	2	24	10.56
DEPOSITO DE INSUMOS	2					0		1	0			382	4	24	36.672
OFICINA ANH	4		1			0		3	2			1468	8	24	281.856
OFICINA ASISTENTE ANH	2					0		1	1			632	8	24	121.344
HALL DE OFICINAS	5					0			0			550	8	24	105.6
OFICINA ABIERTA	9					0		7	7			3874	8	24	743.808
SALA DE ESPERA	1					0		1	0			272	8	24	52.224
ARCHIVO DIRECCION	2					0		1	1	1		632	8	24	121.344
SALA DE JUNTAS	3			12		0		2	3			2064	8	24	396.288
OFICINA DE DIRECCION	4		1	3		0		1	3	2		1795	8	24	344.64
PASILLO	13					0			0			1525	4	24	144.48
CAFETERIA	13				1	0		5	0		3	6880.5	4	24	6413.232
COCINA	2					0	2	1	0			706	10	24	169.44
BAÑO CAFETERIA			2			0			0			84	2	24	4.032
ESCALERAS		2				0			0			250	2	24	12
	110	2	4	15	1	12	12	35	26	4	3	110250.5	159	648	13291.728

CUBIERTA	AIRE ACONDICIONADO										ENERGIA MENSUAL			
	135000 ENF-01	2238 ACW-01	5595 ACW-02	7460 ACW-03	7460 ACW-04	3730 ACW-05	7460 ACW-06	3730 BAFP-01	3730 BAFP-02	6200 UC	[W]	HORA/DIA	DIA/MES	KW/Hora
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	185073	10	20	37014.6

EXT	AREA	ILUMINACION		MOTORES		TOMAS	ENERGIA MENSUAL				
		125 (2x54H)	42 Bala	44760 B.I	7460 B.A	7460 ASC	162 COM	[W]	HORA/DIA	DIA/MES	KW/Hora
	PORTERIA	1	1				3	653	24	30	470.16
	QUARTO DE BOMBAS			1		1	1	15082	6	30	2714.76
		1	1	1	1	1	4	15735	30	60	3184.92

## Anexo D. Manual URE



## Anexo E. Formatos de registros utilizados en el ECM para chiller

### Formato inspección general del Chiller mecánico

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA										Fecha	
FORMATO DE INSPECCIÓN GENERAL DEL CHILLER MECÁNICO					FORMATO ECM-CH-I					Hora	
Funcionario que realiza la inspección							Cargo				
I. Información General											
Chiller					Condensador						
Identificación en la instalación:					Presión de condensación (bar)		Nominal :		Actual:		
Fabricante:		Modelo:			Tipo de condensador	Multitubular	Tubo en tubo	Placa	Otro		
Número de serie:		Refrigerante:									
Capacidad [Btu/h-TR]:		Potencia [kW]:			Condensado por	Aire	T Entrada [°C]		Nominal:	Actual:	
							T Salida [°C]		Nominal:	Actual:	
					Caudal de aire (m³/hr)		Nominal:	Actual:			
Compresor					Aire	Agua	T Entrada [°C]		Nominal:	Actual:	
Compresor (es)	Alternativo	Scroll	Tornillo	Centrífugo			T Salida [°C]		Nominal:	Actual:	
						Caudal de agua (m³/hr)		Nominal:	Actual:		
Tipo de compresor	Hermético	Semi-hermético	Abierto		Refrigerante		T saturación [°C]		Nominal:	Actual:	
							T Salida [°C]		Nominal:	Actual:	
Tipo de accionamiento	Motor eléctrico		Motor térmico		Subenfriamiento		Nominal		Actual		
Evaporador					Presión de evaporación (bar)		Nominal:		Actual:		
Presión de succión(bar)					Tipo de Evaporador	Multitubular	Tubo en tubo	Placa	Otro		
Temperatura de succión[°C]											
Presión de descarga(bar)					Refrigerante		T Entrada [°C]		Nominal:	Actual:	
Temperatura de descarga[°C]							T Salida [°C]		Nominal:	Actual:	
Sobrecalentamiento					Agua		Nominal:		Actual:		
Condiciones Eléctricas							T Saturación [°C]		Nominal:	Actual:	
Voltaje (V)		Actual			Caudal de agua (m³/hr)		Nominal:		Actual:		
Corriente (A)							T Salida [°C]		Nominal:	Actual:	
FP					Caudal de agua (m³/hr)		Nominal:	Actual:			
Nivel de aceite en el carter					Caída de presión [bar]		Nominal:	Actual:			

### Formato inspección general del chiller mecánico.

**Formato inspección general del Chiller mecánico (continuación)**

<b>III. Inspección de la instalación compresión mecánica</b>					
Item	Actividad	Marque con una X el estado que corresponde a dicha actividad			Observación
		Bien Aceptable	Regular Necesita intervención	Mal Inaceptable	
1	Estado de la estructura donde se soporta el chiller				
2	Estado exterior del chiller				
3	Ruido o vibración en el chiller y sus accesorios				
4	Estado del aislamiento				
5	Set points en el punto apropiado de funcionamiento				
6	Carga de refrigerante				
7	Nivel de aceite en el carter de los compresores				
8	Fugas de refrigerante				
9	Fugas de agua				
10	Fugas de aceite				
11	Escarcha en la salida del evaporador				
12	Estado del sistema de tubería de alta presión				
13	Estado del sistema de tubería de baja presión				
14	Estado del sistema de tubería de distribución de agua				
15	Estado del evaporador				
16	Estado y funcionamiento de la válvula de expansión				
17	Estado del condensador				
18	Estado de las aletas en ambas caras de los condensadores tipo batería (aletas sueltas y defecto de contacto entre aletas y tubos)				
19	Estado técnico del compresor				
20	Fugas en las válvulas de succión y descarga del compresor				
21	Temperatura de operación del compresor				

**Formato de inspección del chiller mecánico (Continuación).**

**Formato inspección general del Chiller mecánico (continuación)**

22	Estado de la mirilla de aceite del carter del compresor				
23	Estado y limpieza de los conductos y filtro de aceite				
24	Alineación motor-compresor				
25	Estado de los sellos en el compresor				
26	Estado de la válvula de cierre en el compresor				
27	Estado del separador de aceite				
28	Estado del sistema de regulación del compresor				
29	Estado de las bombas				
30	Estado de las estructuras donde se soportan las bombas				
31	Desgaste eje de la bomba				
32	Estado de los filtros en el sistema de bombeo				
33	Temperatura de operación de la bomba				
34	Estado del ventilador				
35	Estado de las aspas de los ventiladores verificación de libre giro y limpieza				
36	Temperatura de operación del ventilador				
37	Alineación de las poleas				
38	Tensión de correas				
39	Estado y actuación de las válvulas de servicio y seguridad				
40	Estado del sistema de regulación y control de la temperatura del agua				
41	Estado de los elementos de control de presiones de condensación o evaporación sobre la línea exterior				
42	Ciclos de descarche				
43	Calidad de agua				
44	Estado de las conexiones eléctricas				

**Formato de inspección del chiller mecánico (Continuación).**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA		Fecha	D	M	A
FORMATO DE REGISTRO DIARIO CHILLER		FORMATO ECM-CH-DE		Hora	
Funcionario que realiza diagnóstico			Cargo		
Chiller	Identificación:	Marca		Serie	
I. Registro diario del chiller					
Punto de medición	Temperatura (°C)	Presión(bar)			
1					
2					
3					
4					
5					
8					
9					
10					
Observaciones					

Formato de registro diario del Chiller.

**Formato de evaluación del condensador y el evaporador**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA				
Gracetales Ltda.				
FORMATO DE EVALUACION DEL CONDENSADOR Y EVAPORADOR			FORMATO MCE-CH-DEC	
CHILLER	Funcionario que realiza diagnostico	Carga	Fecha	
Marca			Hora	
Modelo				
I. Evaluación del condensador y el evaporador por el tipo de intercambiador				
Tipo de refrigerante				
Tipo de intercambiador de calor (Evaporador- Agua de enfriamiento)	Tubo y coraza		Temperatura del agua enfriada (°C)	
	Placa-orificio			
	Otro			
Tipo de condensador	Aire	Aire interior	Temperatura ambiente	
		Aire remotos		
	Agua	Tubo y coraza	Temperatura del agua de	
		Placa-orificio		
		Condensadores evaporativos	Temperatura ambiente (°C)	
Temperatura de evaporación °C = temperatura de agua °C - 5°C		Valor real de evaporación (medir la temperatura del refrigerante a la salida del evaporador del evaporador)		Desviación (Treal - Tevap) Ver anexo 8 para conocer referencia causa y posibles soluciones al desviación
Temperatura de evaporación °C = temperatura de agua °C - 3°C				
Temperatura de evaporación °C = temperatura de agua °C - 10 °C				
Temperatura de condensación °C = Temperatura ambiente °C + 15 °C		Valor real de condensación (medir la temperatura del refrigerante a la salida del condensador)		Desviación (Treal-Tcond) Ver anexo 8 para conocer referencia causa y posibles soluciones a la desviación
Temperatura de condensación °C = Temperatura ambiente °C + 10 °C				
Temperatura de condensación °C = Temperatura agua °C + 7 °C				
Temperatura de condensación °C = Temperatura agua °C + 3°C				
Temperatura de condensación °C = Temperatura ambiente °C + 5°C				

**Formato de evaluación del condensador y el evaporador**

Formato de calidad del agua del Chiller

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA		Fecha	
FORMATO DE INSPECCIÓN CALIDAD DEL AGUA	FORMATO ECM-CH-A	Hora	
Funcionario que realiza la revisión		Cargo	
Chiller Identificación:	Marca:	Serie:	
I. Medición de la composición del agua del chiller			
Variable	Parámetro real	Referencia	Desviación
Dureza cálcica (ppm)		100-400	
Alcalinidad (ppm)		100-400	
Cloruros (ppm)		< 600	
Total de sólidos disueltos (ppm)		< 1000	
Conductividad ( $\mu$ S)		< 1000	
pH		8-9.5	
Residual $\text{MoO}_4$ (ppm)		30-40	

Formato de calidad del agua del Chiller.

**Formato de registro de los parámetros eléctricos del Chiller**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA												Fecha	
FORMATO DE REGISTRO DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL CHILLER						Formato ECM-B-M						Hora	
Funcionario que realiza el registro										Cargo			
Chiller	Tipo		Identificación			Marca			Modelo				
Capacidad [Btu/h-TR]				Potencia (HP)			Corriente nominal (A)			Voltaje nominal (V)			
I. Evaluación de los parámetros eléctricos del chiller													
Medición número	Voltaje entre Fases (V)				Corriente por Fase (A)				Factor de Potencia por Fase (%)				Potencia Activa Total (kW)
	V <sub>1-2</sub>	V <sub>1-3</sub>	V <sub>2-3</sub>	V Prom	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I Prom	FP <sub>1</sub>	FP <sub>2</sub>	FP <sub>3</sub>	FP Trifásico	

**Formato de registro de los parámetros eléctricos del Chiller.**

Formato de diagnóstico energético del Chiller

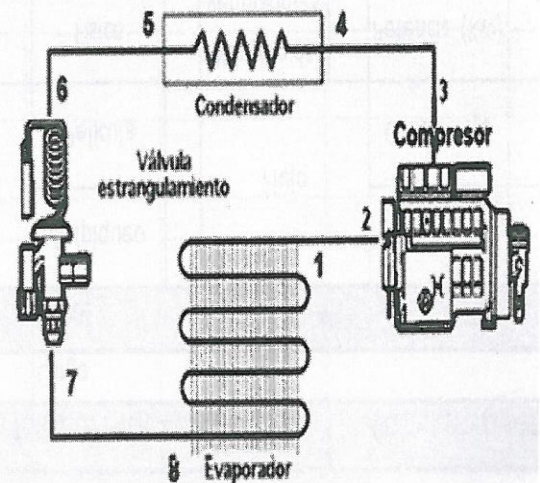
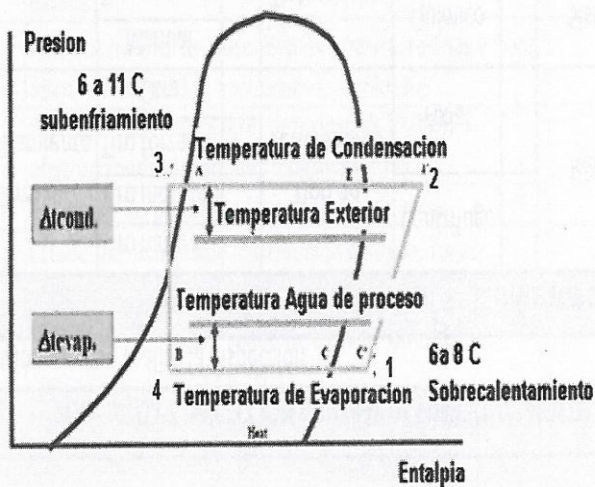
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA				Fecha
FORMATO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL CHILLER		FORMATO ECM-CH-DE		Hora
Funcionario que realiza diagnóstico		Cargo		
I. Evaluación del coeficiente de actuación esperado (COP)				
Tipo de refrigerante:		Temperatura de agua proceso (°C):		Temperatura ambiente (°C):
Tipo de intercambiador de calor (Evaporador- Agua de enfriamiento)	Tubo y coraza	Temperatura de evaporación °C = temperatura de agua °C -5°C		
	Placa-orificio	Temperatura de evaporación °C = temperatura de agua °C -3°C		
	Otro	Temperatura de evaporación °C = temperatura de agua °C -10°C		
Tipo de condensación	Aire	Aire interior	Temperatura de condensación °C = Temperatura ambiente °C +15 °C	
		Aire remotos	Temperatura de condensación °C = Temperatura ambiente °C +10°C	
	Agua	Tubo y coraza	Temperatura de condensación °C = Temperatura agua °C +7°C	
		Placa-orificio	Temperatura de condensación °C = Temperatura agua °C +3°C	
SUPOSICIONES:	1 Se asume proceso isentrópico en el compresor para hallar h2.			
	2 Se asume proceso isentálpico en la válvula de expansión			
	Temperatura de Evap/Cond (°C)	Presión (bar)	Entalpía (Kj/Kg)	Entropía (Kj/Kg °k)
Salida del Evaporador (h1)				
Salida del Condensador (h3)				
Descarga del compresor (h2)				
COP esperado =	h1 - h3			
	h2 - h1			

Formato de diagnóstico energético del chiller.

Formato de diagnóstico energético del Chiller (continuación)

II. Evaluación del coeficiente de actuación (COP) real			
$COP\ real = Q_{evaporación} / W_{compresor} = (h_8 - h_1) / (h_2 - h_3)$			
Punto de medición	Temperatura (C)	Presión (bar)	Entalpía (Kj/Kg)
1			
2			
3			
8			
COP real =	h1 - h8		
	h3 - h1		

III. Potencial de ahorro			
COP esperado		COP real / COP esperado	Potencial de ahorro
COP real			



Formato de diagnóstico energético del chiller. (continuación)

## Anexo F. Formatos de registros utilizados en el ECM en bombas

### Formato de inspección general de funcionamiento de la bomba

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA		Fecha
FORMATO DE INSPECCIÓN GENERAL DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA		FORMA TO ECM-B-I
Funcionario que realiza la inspección:		Hora
Funcionario que realiza la inspección:		Cargo :
I. Información general bomba		
Bomba	Centrífuga	Identificación dentro la instalación: _____ Lugar de instalación: _____
		Fabricante: _____ Modelo: _____ Serie: _____
	Desplazam positivo	Tipo de impulsor: _____ Diámetro impulsor: _____ Tipo de acoplamiento motor bomba: _____
		Diámetro de succión (mm): _____ Diámetro de descarga (mm): _____ Velocidad de giro (RPM): _____
	Otra	Presión de succión (Kpa) Nominal: _____ Actual: _____ Presión de descarga (Kpa) Nominal: _____ Actual: _____
		Caudal (m <sup>3</sup> /hr) Nominal: _____ Actual: _____ Carga nominal (m) _____
Ia. Información general motor acoplado		
Motor	Corriente directa	Fabricante: _____ Modelo: _____ Serie: _____
		Tensión eléctrica entre fases(V) Nominal: _____ Actual: _____
	Corriente alterna	Consumo eléctrico entre fases (A) Nominal: _____ Actual: _____
		Desequilibrio entre fases (%) Nominal: _____ Actual: _____
Velocidad del motor (RPM): _____	Potencia (Kw) Nominal: _____ Actual: _____	
Ib. Información del fluido de trabajo		
Nombre del fluido: _____	Viscosidad (cp): _____	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> ): _____

### Formato de inspección general de funcionamiento de la bomba.

**Formato de inspección general de funcionamiento de la bomba (continuación)**

II. Inspección de la Instalación					
Item	Actividad	Marque con una X el estado que corresponde a dicha actividad			Observación
		Bien Aceptable	Regular Necesita intervención	Mal Inaceptable	
1	Estado de la estructura donde se soporta la bomba				
2	Estado de la carcaza de la bomba				
3	Condición del eje de transmisión				
4	Estado del acople entre el eje de la bomba y el motor				
5	Estado de los rodamientos de la bomba				
6	Vibración				
7	Ruido intenso y continuo al trabajar la bomba				
8	Fugas en la bomba				
9	Goteo excesivo en los empaques o sellos mecánicos				
10	Alineación del conjunto motor-bomba				
11	Alineación poleas				
12	Tensión bandas				
13	Estado de la empaquetadura en la brida de succión				
14	Estado de la empaquetadura en la brida de descarga				
15	Estado de la brida entre la carcaza y el bastidor				
16	Estado de la válvula reguladora de flujo				
17	Fugas en los puntos de unión de la tubería				
18	Estado del tanque de succión				
19	Estado de la tubería de servicio				
20	Estado de la tubería de descarga				
21	Estado de la tubería de la succión				
22	Nivel de aceite				
23	Estado del aceite				
24	Estado de los filtros				
25	Estado del controlador del motor				
26	Estado de la tubería de servicio				
27	Estado de los manómetros				
28	Estado de la estructura donde se soporta el motor				
29	Estado de la carcaza del motor				
30	Temperatura de operación del motor conforme recomendaciones del fabricante				
31	Estado de las conexiones eléctricas				
32	Estado de los rodamientos del motor				
33	Estado del aislamiento en el motor				

C: conforme NC: no conforme

**Formato de inspección general de funcionamiento de la bomba.  
(Continuación)**

**Formato para el registro diario de la bomba**

<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA</b>						Fecha	
<b>FORMATO DE REGISTRO DIARIO DE LA BOMBA</b>					Hora		
Funcionario que realiza el registro			Cargo:				
Identificación dentro la instalación:		Lugar de instalación:		Fabricante:	Modelo:	Serie:	
<b>I. Registro de la caldera</b>							
Variable	Valor real					Lugar donde se va efectuar	Instrumento
	1	2	3	4	5		
Caudal de operación (m <sup>3</sup> /hr)						El gasto se mide en la tubería de descarga a la salida de la bomba o en el ramal de la red de distribución en los puntos o secciones convenientes	Su medición se realiza por medio de medidores de flujo (detoberas, orificio)
Presión de succión (Psig)						En la instrumentación localizada en la succión de la bomba	Para medir la presión se usan manómetros, por lo regular de tubo de Bourdon
Presión de descarga (Psig)						En la instrumentación localizada a la descarga de la bomba	
Temperatura de trabajo de fluido (°C)						En la instrumentación localizada en la succión de la bomba	Para medir temperaturas pueden usarse tres tipos de instrumentos: <b>1.</b> Termómetros de Bulbo, <b>2.</b> Termómetros de Resistencia <b>3.</b> Termómetros Digitales

**Formato para el registro diario de la bomba.**

**Formato de registro de los parámetros eléctricos del motor**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA												Fecha	
FORMATO DE REGISTRO DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL MOTOR						Formato ECM-B-M						Hora	
Funcionario que realiza el registro										Cargo			
I. Información general motor													
Motor	Corriente directa		Identificación				Marca del motor				Modelo		
	Corriente alterna		Potencia Nominal (HP)		Velocidad (RPM)		Corriente Nominal (A)			Voltaje Nom (V)			
II. Evaluación de los parámetros eléctricos del motor (se recomienda que el instrumento de medición sea analizador de redes eléctricas)													
Medición número	Voltaje entre Fases (V)				Corriente por Fase (A)				Factor de Potencia por Fase (%)				Potencia Activa Total (kW)
	V <sub>1-2</sub>	V <sub>1-3</sub>	V <sub>2-3</sub>	V Prom	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I Prom	FP <sub>1</sub>	FP <sub>2</sub>	FP <sub>3</sub>	FP Trifásico	

**Formato de Registro de los parámetros eléctricos del motor.**

**Formato para evaluar cavitación**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA							Fecha	
FORMATO PARA EVALUAR CAVITACIÓN					Formato ECM-B-RD		Hora	
Funcionario que realiza el registro								
Identificación de la bomba:		Modelo de la bomba:		Serie bomba:		Modelo del motor:		Serie motor:
<b>I. Información del fluido de trabajo</b>								
Nombre del fluido:			Densidad (Kg/m <sup>3</sup> ):			Temperatura (°C):		
<b>II. Identificación de las manifestaciones de cavitación</b>								
<b>Síntomas de cavitación</b>							Sí	No
Se presenta ruido intenso y continuo al trabajar la bomba								
La temperatura está por encima de la temperatura de operación								
Entrega un caudal menor que el esperado								
<b>III. Cálculo de la carga neta de succión positiva disponible NSPH disp por la fórmula <math>[(P_s - P_{vap} / \rho g) - h_f \pm h_{es}]</math></b>								
Fuido de proceso	Temperatura del fluido del proceso (°C)	P <sub>s</sub> Presión del depósito de succión (Pascal)	P <sub>vap</sub> presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo (Pascal)	ρ Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	g Gravedad m/s <sup>2</sup>	h <sub>es</sub> altura geométrica de la succión (m)	h <sub>f</sub> Pérdidas por fricción en la línea de succión (m)	NPSH disponible (m)
Carga neta de succión positiva requerida NPSH <sub>r</sub> (m)		Diferencia NPSH <sub>d</sub> -NPSH <sub>r</sub> - 0,5 Positiva no hay problema de cavitación Negativa hay problema de cavitación			<b>Recomendaciones</b>			
					<p><b>Para incrementar el NPSH disponible se recomienda:</b></p> <p>1. Subir el nivel del líquido 2. Bajar la bomba. 3. Reducir las pérdidas por fricción en la tubería de succión.</p> <p><b>Para reducir el NPSH requerido se recomienda:</b></p> <p>1. Operar a velocidades más bajas. 2. Impulsor de doble succión. 3. Ojo del impulsor más grande. 4. Colocar una bomba de tamaño más grande.</p> <p>5. Colocar un inductor (impulsor axial) antes del impulsor convencional.</p> <p>6. Colocar varias bombas pequeñas en paralelo</p>			

**Formato para evaluar cavitación**

## Anexo G. Formato de registros utilizados en el ECM en ventiladores

### Formato de inspección general de un sistema de ventilación

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA			Fecha
FORMATO DE INSPECCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN		Formato ECM-V-I	Hora
<b>I. Información general bomba</b>			
Ventilador	Centrífugo	Identificación dentro la instalación: _____ Lugar de instalación: _____	
		Fabricante: _____ Modelo: _____ Serie: _____	
	Axial	Tipo de control: Álabes en aspiración _____ Compuerta _____ Variador de velocidad _____	
		Diámetro Rodete: _____ Tipo de acoplamiento Motor-Bomba: _____	
	Otro	Presión de estática salida (Kpa) Nominal: _____ Actual: _____ Presión de velocidad Nominal: _____ Actual: _____	
		Caudal de aire generado(m <sup>3</sup> /hr) Nominal: _____ Actual: _____	
<b>Ia. Información general motor acoplado</b>			
Motor	Corriente directa	Fabricante: _____ Modelo: _____ Serie: _____	
		Tensión eléctrica entre fases (V) Nominal: _____ Actual: _____	
	Corriente alterna	Consumo eléctrico entre fases (A) Nominal: _____ Actual: _____	
		Desequilibrio entre fases (%) Nominal: _____ Actual: _____	
Velocidad del motor (RPM): _____	Potencia (Kw) Nominal: _____ Actual: _____		
<b>Ib. Información general convertidor de frecuencia variador de velocidad</b>			
Fabricante: _____	Modelo: _____	Serie: _____	Año de fabricación _____
Margen de regulación: _____	Frecuencia mínima de funcionamiento _____	Velocidad mínima aceptable _____	

### Formato de inspección general de un sistema de ventilación.

**Formato de inspección general de un sistema de ventilación (continuación)**

<b>II. Inspección de instalaciones</b>					
Item	ACTIVIDAD	Marque con una X el estado que corresponde a dicha actividad			Observación
		Bien Aceptable	Regular Necesita intervención	Mal Inaceptable	
1	Estado de la estructura donde se soporta el ventilador				
2	Estado exterior de las superficies exteriores del ventilador				
3	Estado de la fijación de las aspas al cubo central del ventilador				
4	Estado de los álabes del ventilador				
5	Espacio libre entre las puntas de los álabes del ventilador y la caja del ventilador				
6	Presencia de ruido o vibración inusual en el ventilador				
7	Presencia de ruido o vibración inusual del motor que acciona el ventilador				
8	Presenta ruido causado por deslizamiento de las correas de transmisión				
9	Fugas de aire por juntas de paneles, puertas y ducto				
10	Estado de la correa alineación y ajuste				
11	Estados de las poleas de transmisión alineación y ajuste				
12	Estado de los ductos				
13	La temperatura del motor es la especificada por el fabricante				
14	Estado de los dámpers (comprobación del recorrido y cierre )				
15	Estados de los filtros en el sistema de ventilación				
16	Estado de los rodamientos del ventilador				
17	Estado del eje de transmisión del ventilador				
18	Estado de la alineación del eje (comprobación con giro suave a mano seguido con el motor en marcha sin que se produzcan roces ni cabeceos del eje)				
19	Estado de fijación del motor a la bancada				
20	Estado exterior del motor				
21	Estado de los rodamientos del motor				
22	Estado de lubricación del motor				
23	Estado de las conexiones eléctricas (cableado de potencia y control)				

**Formato de inspección general de un sistema de ventilación (Continuación).**

**Formato de diagnóstico energético del sistema de ventilación**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA				Fecha	
				DD/MM/AA	
FORMATO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN		Formato ECM-V-D		Hora	
Responsable de operación		Mantenimiento	Periodicidad de inspección		Trimestral
Funcionario			Cargo		
1. Determinar la eficiencia del sistema      2. Identificar ventiladores degradados      3. Cuantificar los potenciales de ahorro en costos y energía					
4. Recopilar datos para observar las tendencias del sistema      5. Observar el impacto en la energía (y economía) en diversas situaciones de funcionamiento					
I. DATOS DE ENTRADA DEL VENTILADOR Y EL MOTOR					
Tipo de ventilador					
Diámetro o velocidad del ventilador (pulg) o (rpm)					
Potencia nominal del motor (hp)					
Velocidad nominal del motor (rpm)					
Clase de eficiencia del motor	Promedio		Eficiente		Eficiencia standard
Voltaje nominal del motor					
Fracción de operación					
Potencia medida de entrada (kW)					
Voltaje medido de entrada (kW)					
Tipo de manejo	Correa			Directo	
Rata de flujo medida (cfm)					
Presión estática medida (H <sub>2</sub> O)					
Densidad del gas (lbm/cu.ft)					
Comprensibilidad del gas					

**Formato de diagnóstico energético del sistema de ventilación.**

## Anexo H. Formatos de registro utilizados en el ECM en motores eléctricos

### Formato de inspección general de un motor eléctrico

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA						
FORMATO DE INSPECCIÓN GENERAL DE UN MOTOR ELÉCTRICO					ECM-M-I-01	
Nombre del funcionario			Departamento			
Fecha		Proceso	Aplicación			
Tipo de acople		Tipo de motor (diseño)		Rebobinado (Sí/No)		
ACTIVIDAD				C	NC	OBSERVACIONES
Están asegurados todos los montajes del motor						
Presenta el motor ruidos anormales o vibraciones excesivas						
Las partes externas no presentan corrosión						
Se evidencia que no se presentan marcas de quemado, ni defectos que provoquen algún cortocircuito en los cables de alimentación						
Están todos los rodamientos lubricados según lo especificado por el fabricante						
Se encuentra el acoplamiento del motor alineado						
Se encuentran las terminales de conexión apretadas						
Se encuentra el motor limpio, sin polvo o sucios que impida el enfriamiento						
Las correas de impulsión no presentan desgaste						
Presenta el motor altas temperaturas cuando está operando						
Presenta el acoplamiento del eje altas temperaturas cuando está operando el motor						
Presentan los rodamientos altas temperaturas cuando está operando el motor						
El valor del voltaje se encuentra cerca del valor nominal						
Estado en que se encuentran el interruptor y los fusibles						

C: conforme NC: no conforme

### Formato de inspección general de un motor eléctrico.

Formato de medición de variables del motor eléctrico

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA			
DATOS DE PLACA DEL MOTOR Y MEDICIÓN CAMPO			ECM-M-MC
Nombre del funcionario:		Departamento:	
Fecha:	Proceso:	Aplicación:	
Rata de energía (\$/Kwh):		Consumo mensual (\$/Kw/mes):	
Aplicación		Tipo de motor:	
Datos de compra (año)	Rebobinado	Sí No	Tipo de acople:
DATOS DE PLACA DEL MOTOR		PERFIL DE OPERACIÓN DEL MOTOR	
1. Manufactura:	Horas por día	Semana	Días/Año
2. Número ID:		Turno 1	Turno 1
3. Modelo		Turno 2	Turno 2
4. Número de serie		Turno 3	Turno 3
5. Tipo de diseño (NEMA)	Tiempo de operación anual (horas/año)		
6. Potencia (hp)	DATOS DE MEDIDA LÍNEA A LÍNEA		
7. Tipo de carcasa	Fuente de voltaje		Voltaje promedio
8. Velocidad (RPM)	Vab		0
9. Vel. carga completa (RPM)	Vbc		
10. Corriente carga completa	Vca		
11. Factor de poder carga completa	Entrada de amperios		Amperaje promedio
12. Eficiencia carga completa	Aa		0
13. Aumento de temperatura	Ab		
14. Clase de aislamiento	Ac		
15. Temperatura de operación	Factor de potencia (PF)		
CALCULOS			
Velocidad de operación del motor (con tacómetro)		Entrada de poder (KW)	0
Velocidad del equipo conducido		Desbalance de voltaje	

NOTA:

Desbalance de voltaje=(Vprom-menor valor de voltaje en la línea)/Vprom

Vprom=(Vab+Vbc+Vca)/3

Formato de medición de variables del motor eléctrico.

Formato determinación de la eficiencia del motor en campo

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA EFICIENCIA			
DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN CAMPO DEL MOTOR ELÉCTRICO			ECM-M-DE
Nombre del funcionario		Departamento	
Fecha DD/MM/AA	Proceso	Aplicación	
DATOS DE PLACA E INFORMACIÓN OPERACIONAL		CARGA DEL MOTOR Y DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA	
1. Manufactura		Carga	
2. Número ID		<i>Poder de entrada (Kw)/[Talla (hp)*0.746/Eficiencia con carga full]</i>	
3. Talla (hp)		Eficiencia motor a carga de operación	
4. Tipo de carcasa		<i>(Interpolar con tabla del anexo 1)</i>	
5. Velocidad (RPM)		VALORES DE LOS AHORROS DE ENERGÍA	
6. Vel. carga completa (RPM)		Kw Ahorrados	
7. Corriente carga completa		<i>Entrada de poder - [Carga * hp * 0.746 / Eficiencia de la sustitución del motor en el punto de carga]</i>	
8. Factor de poder carga completa (%)			
9. Eficiencia carga completa (%)			
TARIFA DE USO		Kw ahorrado	
Tarifa de energía (\$/kWh)		<i>KW ahorrado * horas de operación anual</i>	
Demanda de carga mensual (\$/kW/mes)			
Horas de operación anual (horas/año)			
COSTOS Y USO ANUAL DE LA ENERGÍA		AHORRO TOTAL EN EL AÑO	
Entrada de poder (kW)		Ahorro total anual \$	
Uso de la energía anual <i>Entrada de poder * horas de operación</i>		<i>(Kw Ahorrado * 12 * Demanda de carga mensual) + (KWh ahorrado * Rata de energía)</i>	
Costo de energía anual <i>Uso de energía anual * Tarifa de energía</i>		JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	
Demanda costos anual <i>Entrada de poder * Demanda carga mensual *12</i>		Costo de reemplazo de motor <i>(O incremento de costos por un nuevo motor)</i>	
Costos anuales totales <i>Costos de energía anual + Costos demanda anual</i>		Retorno de la inversión (años) <i>(Costos por el reemplazo del motor + carga de instalación - Utilidad de descuentos) / Ahorro total anual</i>	

Formato determinación de la eficiencia del motor de campo.

## Anexo I. Registros de actividad

### REGISTRO DE ACTIVIDAD

#### 1. INFORMACIÓN GENERAL

PROYECTO EFICIENCIA ENERGÉTICA LITOTECA NACIONAL				
FECHA	DIA	MES	AÑO	LUGAR
	10	07	2014	Oficina Geo- Litoteca Nacional
HORA	10:00 A.M.	ACTIVIDAD	Socialización del proyecto	

#### 2. PARTICIPANTES

NOMBRE	CARGO	FIRMA
Fabián Díaz Arciniegas	Estudiante-Investigador	Fabián Díaz A
Elkin David Tamayo Rojas	Estudiante-Investigador	Elkin David Tamayo R
Jerson Murillo	Gestor Litoteca	Jerson Murillo

#### 3. DESARROLLO DE LA AGENDA

- Se realizó la presentación del plan de proyecto al Ingeniero Jerson Murillo, con el fin de ilustrar y definir acuerdos para realizar el desarrollo de esté.
- El Ingeniero Jerson murillo manifestó que la instalación de la totalidad del personal se realizará en aproximadamente 3 meses, lo cual es un obstáculo para la medición y análisis del comportamiento energético del edificio.
- Se acordó una visita con el fin de realizar un levantamiento de las instalaciones eléctricas del edificio.
- El Ingeniero Jerson Murillo exige personal calificado de la UIS para realizar la conexión del analizador de red en la Subestación.

## REGISTRO DE ACTIVIDAD

### 1. INFORMACIÓN GENERAL

PROYECTO EFICIENCIA ENERGÉTICA LITOTECA NACIONAL				
FECHA	DIA	MES	AÑO	LUGAR
	13	08	2014	Litoteca Nacional
HORA	2:00 P.M.	ACTIVIDAD	Levantamiento sistema eléctrico.	

### 2. PARTICIPANTES

NOMBRE	CARGO	FIRMA
Fabián Díaz Arciniegas	Estudiante-Investigador	<i>Fabián Díaz A</i>
Elkin David Tamayo Rojas	Estudiante-Investigador	<i>Elkin David</i>
Jerson Murillo	Gestor Litoteca	<i>Jerson Murillo</i>

### 3. DESARROLLO DE LA AGENDA

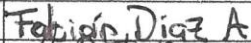
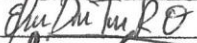

- Debido a la necesidad de realizar un censo de carga en la litoteca, solicitamos los planos del sistema eléctrico actualizados, los cuales fueron suministrados por el ing. Jerson Murillo.
- Además se hizo la solicitud para reconocer las instalaciones y realizar el levantamiento área por área.
- Se comparó el levantamiento en sitio con la información contenida en los planos "AS BULD".

## REGISTRO DE ACTIVIDAD

### 1. INFORMACIÓN GENERAL

PROYECTO EFICIENCIA ENERGÉTICA LITOTECA NACIONAL				
FECHA	DÍA	MES	AÑO	LUGAR
	19	09	2014	Subestación de Litoteca Nacional
HORA	3:00 P.M.	ACTIVIDAD	Medición	

### 2. PARTICIPANTES

NOMBRE	CARGO	FIRMA
Fabián Díaz Arciniegas	Estudiante-Investigador	
Elkin David Tamayo Rojas	Estudiante-Investigador	
Carlos Andrés Sierra	Profesional de Ingeniería UIS	

### 3. DESARROLLO DE LA AGENDA


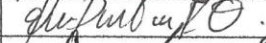
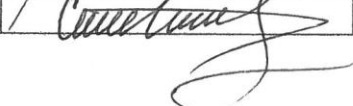
- Se hace el ingreso a la S/E de la Litoteca Nacional bajo la supervisión del Ingeniero Carlos Andrés Sierra, encargado del préstamo del analizador de energía eléctrica.
- Se realizó la instalación de un equipo analizador de energía eléctrica FLUKE en el tablero general de baja tensión ubicado en la S/E de Litoteca Nacional.
- Este equipo tomara datos del consumo energético durante un periodo de 7 días.

## REGISTRO DE ACTIVIDAD

### 1. INFORMACIÓN GENERAL

PROYECTO EFICIENCIA ENERGÉTICA LITOTECA NACIONAL				
FECHA	DIA	MES	AÑO	LUGAR
	26	09	2014	Subestación de Litoteca Nacional
HORA	3:30 P.M.	ACTIVIDAD	Medición	

### 2. PARTICIPANTES

NOMBRE	CARGO	FIRMA
Fabián Díaz Arciniegas	Estudiante-Investigador	
Elkin David Tamayo Rojas	Estudiante-Investigador	
Carlos Andrés Sierra	Profesional de Ingeniería UIS	

### 3. DESARROLLO DE LA AGENDA

- Se hace el ingreso a la S/E de la Litoteca Nacional con el objetivo de realizar la desconexión del analizador de energía eléctrica, todo lo anterior bajo la supervisión del Ingeniero Carlos Andrés Sierra.
- Se procederá a extraer los datos recopilados por este equipo para realizar su respectivo análisis.