

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

**MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DE LAS
INSTALACIONES DE UNA INSTITUCIÓN UTILIZANDO APLICACIÓN
INMÓTICA**

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica del Norte previo a la
obtención del título de grado de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico

Autor (a):

Patrickson Israel Viteri Erazo

Director (a):

MSc. Eliana Carolina Ormeño Mejía.

Ibarra – Ecuador

Febrero 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
Cedula de Identidad	100374151-7
Apellidos y Nombres	Viteri Erazo Patrickson Israel
Dirección	Manta 12-15 entre Tungurahua y Machala Sector Alpachaca
Email	patricksonisrael@gmail.com
Teléfono Móvil	939053954
DATOS DE LA OBRA	
Título	MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DE LAS INSTALACIONES DE UNA INSTITUCIÓN UTILIZANDO APLICACIÓN INMÓTICA.
Autor	Viteri Erazo Patrickson Israel
Fecha	Febrero del 2019
Programa	Pregrado
Título por el que aspira	Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
Director	MSc. Eliana Ormeño

2. Autorización de uso a favor de la Universidad

Yo Patrickson Israel Viteri Erazo, con cedula de identidad No, 100374151-7, en calidad de autor y titulares de los derechos Patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de materia y como apoyo a la educación, investigación y extensión en concordancia de la ley de Educación Superior artículo 144.

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad Técnica del Norte, en caso de reclamación por parte de terceros.

EL AUTOR



Viteri Erazo Patrickson Israel
C.I. 100374151 – 7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESION DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACION A FAVOR
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Patrickson Israel Viteri Erazo, con cedula de identidad No. 100374151-7, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6 en calidad de autor del trabajo de grado denominado: **"MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DE LAS INSTALACIONES DE UNA INSTITUCIÓN UTILIZANDO APLICACIÓN INMÓTICA"**. Que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes mencionada, aclarando que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Nombre: Patrickson Israel Viteri Erazo

Cedula: 100374151-7

Ibarra Febrero del 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Viteri Erazo Patrickson Israel, con cédula de identidad N°. 100374151 – 7, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de autoría, y que este no ha sido previamente presentado en ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de la Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normativa vigente de la Universidad Técnica del Norte.

.....
Viteri Erazo Patrickson Israel

C.I.: 100374151 – 7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

MSc. Eliana Ormeño

Certifica

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Viteri Erazo Patrickson Israel certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DE LAS INSTALACIONES DE UNA INSTITUCIÓN UTILIZANDO APLICACIÓN INMÓTICA"**. Para la obtención del título de Ingeniero en mantenimiento Eléctrico: aprobando la defensa, impresión y empastado.

MSc. Eliana Ormeño

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

En la vida familiar, el amor es el aceite que alivia la fricción, el cemento que une, y la música que trae armonía. – Eva Burrows

Siendo mi madre y abuelita Rosy mi más grande y eterna fuente de inspiración en la vida, quiero primeramente dar gracias a Dios por permitirme vivir este logro junto a ellas, por tal motivo dedico el presente trabajo de grado a aquellos ángeles que siempre me impulsaron a seguir adelante buscando ser mejor persona día a día, inculcándome valores de esfuerzo, respeto, honestidad y humildad. A no ser conformista a luchar contra las adversidades y a levantarme de mis caídas.

Patrickson Viteri

AGRADECIMIENTOS

Un eterno agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, por permitir formarme en tan prestigiosa institución, forjando en mí un profesional capaz, visionario y bien informado, a la MSc. Eliana Ormeño por su valiosa, incondicional y constante ayuda en la elaboración y culminación del trabajo de grado, a las autoridades de la Unidad Educativa Ibarra por la calurosa acogida al presente estudio mostrándose siempre solícitos.

Y por último, pero no menos importante, el más sincero agradecimiento a la MSc. Virna Acosta, por el gran empeño otorgado a la corrección de estilo del presente trabajo de investigación.

Patrickson Viteri

TABLA DE CONTENIDO

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	ii
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.....	iii
CONSTANCIA	iii
CESION DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACION A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	iv
DECLARACIÓN.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS.....	viii
TABLA DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE CUADROS	xiv
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPÍTULO 1	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Edificio Automatizado.....	1
1.2. Edificio Domótico.....	2
1.3. Edificio Inmótico	2
1.4. Edificio Inteligente	3
1.6. Auditoria Energética	3
1.7. Calificación energética de un inmueble.	4
1.7.1. Normativa DB HE.....	4
1.7.2. Calificación de la eficiencia energética.....	8
1.8. Tipos de ahorros	10
1.9. Gestión energética	11
1.10. Gestión del confort.....	11
1.10.1. Componentes básicos de un sistema Inmótico.....	11
1.10.1.1. Tipos de Señales.....	11
1.10.1.2. Tipos de Comunicación.....	12

1.10.1.3.	Tipología de un Sistema	12
1.10.1.4.	Topología de los sistemas domóticos.....	16
1.10.2.1.	Tipos de protocolos.....	17
1.10.2.2.	Protocolos existentes.....	17
1.10.2.2.1.	Cebus.....	18
1.10.2.2.2.	X-10.....	18
1.10.2.2.3.	LonWorks.....	20
1.10.2.2.4.	Batibus	21
1.10.2.2.5.	Ehs.....	21
1.10.2.2.6.	Knx / Eib	22
1.10.2.2.7.	Software ETS 5	25
CAPÍTULO 2.....		27
DESARROLLO		27
2.1.	Introducción	27
2.2.	Materiales	28
2.3.	Auditoria Energética Eléctrica	28
2.3.1.	Descripción general	28
2.3.2.	Datos generales de la auditoría.....	28
2.3.3.	Datos generales del edificio.....	29
2.3.4.	Características constructivas	29
2.3.5.	Suministros energéticos	31
2.3.6.	Iluminación	32
2.3.7.	Calificación energética del inmueble.....	39
2.4.	Determinación del estado actual del sistema eléctrico.....	43
2.5.	Simulación de un sistema domotizado.....	46
CAPÍTULO 3.....		50
RESULTADOS		50
3.1.	Análisis y verificación de las mediciones lumínicas mediante DIALux evo.	50

3.2. Simulación de los nuevos sistemas de iluminación de la UEI.	52
3.3. Mejoramiento de la eficiencia energética con tecnología led.....	53
3.4. Mejoramiento de la eficiencia energética mediante domótica y tecnología led.....	57
3.5. Calificación energética una vez aplicada la medida.	58
3.6. Ahorro energético en el consumo de cargas secundarias.....	59
3.7. Informe técnico económico y ambiental.....	60
3.7.1. Listado de materiales para la correcta domotización de un aula con horarios diurno, vespertino y nocturno.....	60
3.7.2. Análisis técnico-económico y ambiental	62
3.7.3. Consideraciones finales.....	64
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Representación de una Señal Continua (El Autor, 2018)	12
Fig. 2 Representación de una señal Discreta binaria (El Auto, 2018r)	12
Fig. 3 Arquitectura Centralizada de un Sistema Domótico (El Autor, 2018).....	13
Fig. 4 Arquitectura Descentralizada de un Sistema Domótico (El Autor, 2019)	14
Fig. 5 Arquitectura Distribuida de un Sistema Domótico (El Autor, 2018).....	15
Fig. 6 Topologías de los sistemas domóticos (El Autor, 2018)	16
Fig. 7 Estructura de un sistema X-10 (Balibrea, 2012)	19
Fig. 8 Codificación del Bit o pulso en una señal sinusoidal simple (Morales S. , 2014)20	
Fig. 9 Señales Sinusoidales de un sistema trifásico (El Autor, 2018)	20
Fig. 10 Modos de configuración del sistema KNX (Balibrea, 2012)	24
Fig. 11 Listado de catálogos de dispositivos KNX (ETS 5, 2018)	25
Fig. 12 Ubicación del pulsador de programación de una salida Binaria SIEMENS (Sáenz, 2016)	26
Fig. 13 Encendido del Led de programación de una salida Binaria SIEMENS (Sáenz, 2016)	26
Fig. 14 Método para el cálculo de la Iluminancia media de una habitación. (El Autor, 2018)	34
Fig. 15 Zonas Climáticas de Málaga, Melilla y Cádiz (Ce3x, 2018)	42
Fig. 16 Calificación Actual de la UEI (El Autor, 2018).....	43
Fig. 17 Ubicación del sensor de luminosidad (El Autor, 2018)	46
Fig. 18 Simulación del aula 112 (El Autor, 2018)	47
Fig. 19 Dispositivos Instalados en el aula 112 (El Autor, 2018).....	47
Fig. 20 Topología básica para el Aula 112 (El Autor, 2018)	48
Fig. 21 Topología del aula 112 dentro de ETS 5 (ETS 5, 2018)	49
Fig. 22 Aula nocturna de la UEI en su estado natural (El Autor, 2018).....	51
Fig. 23 Simulación del Aula nocturna de la UEI (El Autor, 2018).....	51
Fig. 24 Simulación de exteriores de toda la edificación de la UEI (El Autor, 2018).....	52
Fig. 25 Correcta Iluminación de una Aula (El Autor, 2018).....	53
Fig. 26 Simulación de la sección uno de la UEI (El Autor, 2018).....	53
Fig. 27 Simulación de la sección dos de la UEI (El Autor, 2018).....	54
Fig. 28 Simulación de la sección tres de la UEI (El Autor, 2018).....	54
Fig. 29 Simulación de la sección cuatro de la UEI (El Autor, 2018).....	55
Fig. 30 Simulación de la sección cinco de la UEI (El Autor, 2018)	55
Fig. 31 Simulación de la sección del Coliseo de la UEI (El Autor, 2018)	56

Fig. 32 Simulación de la sección seis de la UEI (El Autor, 2018)	56
Fig. 33 Consumo energético Aula Domotizada Vs Aula Normal (El Autor, 2018)	57
Fig. 34 Simulación de la futura calificación una vez aplicados los cambios (El Autor, 2018)	58

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1.1 Valor base y factor corrector por superficie del consumo energético (Ministerio_de_Fomento, 2018)	4
Tabla 1.2 Valor base y factor corrector de la demanda energética de calefacción en edificios residenciales. (Ministerio_de_Fomento, 2018)	5
Tabla 1.3 Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos. (Ministerio_de_Fomento, 2018)	6
Tabla 1.4 Valores límite de eficiencia energética en la instalación (Ministerio_de_Fomento, 2018)	6
Tabla 1.5 Valores límite de eficiencia energética en la instalación (Ministerio_de_Fomento, 2018)	7
Tabla 1.6 Contribución solar mínima anual para ACS en porcentaje (Ministerio_de_Fomento, 2018)	8
Tabla 1.7 Coeficientes climáticos (Ministerio_de_Fomento, 2018).....	8
Tabla 2.1 Inventario de luminarias de la UEI (El Autor, 2018).....	32
Tabla 2.2 Iluminación media de un aula de la UEI mediante tecnología LED (El Autor, 2018)	35
Tabla 2.3 Iluminación media de un aula de la UEI mediante tecnología fluorescente (El Autor, 2018).....	35
Tabla 2.4 Iluminación media de una cancha de la UEI mediante reflectores (El Autor, 2018)	36
Tabla 2.5 Iluminación media de la biblioteca de la UEI mediante tecnología fluorescente (El Autor, 2018).....	36
Tabla 2.6 Iluminación media en pasillos y áreas de transito mediante tecnología fluorescente (El Autor, 2018)	37
Tabla 2.7 VEEI actual en zonas de muestreo (Ministerio_de_Fomento, 2018)	38
Tabla 2.8 Determinación de la zona climática en base a la severidad climática de invierno (Ministerio_de_Fomento, 2018).....	40
Tabla 2.9 Determinación de la zona climática en base a la severidad climática de verano (Ministerio_de_Fomento, 2018)	40
Tabla 2.10 Análisis de las zonas climáticas (Ministerio_de_Fomento, 2018) (Climate-Data.org, 2018) (INAMHI, 2014)	41
Tabla 2.11 Resumen de Carga (El Autor, 2018)	44
Tabla 2.12 Datos Técnicos obtenidos del analizador de redes. (El Autor, 2018).....	45
Tabla 2.13 Tabla de funciones del Aula 112 (El Autor, 2018).....	48
Tabla 3.1 Iluminación del plano útil medida a través del luxómetro (El Autor, 2018) ..	50

Tabla 3.2 Tabla lumínica Luxómetro vs Dialux Evo (El Autor, 2018)	52
Tabla 3.3 Análisis del VEEI (El Autor, 2018)	57
Tabla 3.4 Listado de luminarias presentes en la repotenciación de la UEI (El Autor, 2018)	58
Tabla 3.5 Análisis técnico económico (El Autor, 2018).....	62

RESUMEN

El presente estudio tiene la finalidad de mejorar la eficiencia energética eléctrica de la Unidad Educativa Ibarra mediante la aplicación de tecnología inmótica. Los datos que corroboran el manejo de la eficiencia energética en dicha institución son recabados entre el 26 de Junio del 2017 y el 17 de Enero del 2019.

Para el buen desenvolvimiento del proyecto se vio la necesidad de realizar tres estudios. El primero se basó en el estudio del estado actual de las instalaciones, para ello se planteó una auditoria energética que recapitule toda la información presente. El segundo surge de la necesidad de corregir las falencias encontradas dentro del primer análisis, dicho esto la repotenciación de las instalaciones dentro de la Unidad Educativa Ibarra eran inevitables. Por tal motivo se optó por el diseño, estructuración y simulación de nuevos sistemas de iluminación que mejoren la calificación del estado actual de la eficiencia y a su vez generen el debido confort. El tercer y último estudio plantea la necesidad de optar por técnicas que disminuyan el consumo en la instalación, por ello se analizó la implementación de tecnología inmótica básica dentro de cada sistema previamente diseñado.

El uso herramientas informáticas tales como el DIALux Evo y el Ce3x colaboraron a los cálculos de niveles de iluminación, uniformidad, niveles de deslumbramiento, rendimiento cromático y calificación de la eficiencia, que posteriormente entrarían a un análisis que concluyó que un sistema Inmótico simple que puede llegar a generar un ahorro de hasta el 17%.

Palabras Clave: Inmótica, Domótica, Eficiencia Energética, Zona Climática, Iluminación, Auditoria Energética, Fichas Técnicas, KNX, DIALux Evo, Ce3x.

ABSTRACT

The current study has the purpose of improving the electrical energy efficiency from Unidad Educativa Ibarra through the application of inmotoc technology. The data that confirm the management of the energy efficiency in this institution are collected between the June 26, 2017 and January 17, 2019.

For the well development of the project, it was necessary to carry out three studies: The first was based on the study of the current condition of the building, that's why I propose an energy auditory in which I recapitulated all the present information.

The second one arises from the need of correcting the shortcomings found within the first analysis, that is, the repowering of the facilities within the Unidad Educativa Ibarra were unavoidable. For this reason I opted for the design, structuring and simulation of new lighting systems that improve the qualification of the current condition of the energy efficiency and at the same time generate the due comfort.

The third and last study raises the need to opt for techniques that reduce consumption in the installation, for that reason the implementation of basic inmotoc technology was analyzed into each system previously designed.

The use of computer tools such as the DIALux Evo and the Ce3x collaborated in the calculation of lighting levels, uniformity, glare levels, chromatic performance and efficiency rating, would later entered into an analysis that concluded that a simple Inmotoc system could generate savings of up to 17%.

A. INTRODUCCIÓN

Un factor que en muchas ocasiones se subestima es la eficiencia energética y los beneficios que podría representar. Enfocándose en esta problemática, llega la idea del actual anteproyecto.

Actualmente, **la Unidad Educativa Ibarra** no dispone de ningún tipo de información acerca de su estado energético eléctrico. De igual forma, no posee ninguna aplicación Inmótica que asegure el correcto manejo de sus elementos eléctricos instalados. Incluso en ciertas ocasiones se han presentado multas por bajo factor de potencia. Todo esto es resultado de que no existe un estudio o auditoria energética que busque aplicar cierta tecnología que se encargue del manejo y control eficiente de la energía eléctrica. La instalación de estos sistemas de control tiene como asociado la aplicación Domótica o Inmótica, la diferencia de ambos términos radica en su punto de aplicación.

La Inmótica se ve orientada hacia la instalación de sistemas dentro de edificios; por otra parte el término Domótica en varias ocasiones es el más utilizado para sistemas instalados en hogares. (Ruiz J. A., 2013) (p.12)

La aplicación Inmótica focalizada en una edificación, propicia que ésta pueda llegar a valerse en ciertos aspectos por sí sola mediante ciertos sistemas capaces de interactuar con cualquier elemento. Es decir, llega a encargarse del correcto consumo y ahorro energético, razones por las cuales al momento del pago de la planilla se consigue un mejoramiento de la eficiencia energética. (J. M. Huidrobo, 2010) (p.4.)

Es de vital importancia el levantamiento de carga de la institución, y de igual forma (Báez, 2011)(p.6) afirma que: “El objetivo fundamental del proyecto es identificar las principales causales del consumo eléctrico”. Aquí se conceptualiza que para obtener un correcto ahorro energético es importante identificar la fuente de mayor consumo. Con esto se obtiene datos reales de los equipos que presentan un gran consumo energético.

Por tal motivo, la metodología aplicada dentro del trabajo de Tesis realizado por (Báez, 2011) es importante, ya que indica que es necesario instruirse con:

- El estudio del inventario más reciente que proporcione la entidad. De no existir dicho inventario se deberá proceder a realizar uno.
- La evaluación y análisis de las planillas eléctricas.
- Analizar dentro de que grupo entra su demanda actual y que tipos de tarifas poseen sus consumos eléctricos.
- Clasificar las cargas actuales existentes, ya sea por tipo, característica o función. Ej. (Iluminación, motores, laboratorios, multimedia, cargas especiales, etc.)

- Análisis de los instrumentos de iluminación encendidos vs apagados.

Una vez clara la idea, de cuál es el área o carga que llega a presentar mayor potencialidad a bajas en la eficiencia energética, se puede optar por presentar una aplicación Inmótica para buscar un ahorro energético, estableciendo de esta manera la política del mejoramiento de la eficiencia energética que se plantea llevar a cabo.

Esta pre-evaluación se la llega a realizar previamente, debido a que se busca plantear una idea de eficiencia; es decir concretar una mejor eficiencia energética con la menor cantidad de costos.

A1. Planteamiento del problema

La Unidad educativa Ibarra, no dispone de una aplicación Inmótica, y el motivo principal es que poseen la idea de que es un tipo de tecnología muy costosa que no cumple todas las expectativas. Es aquí en donde yace una responsabilidad de aclarar cualquier tipo de inquietud o mal entendido, ya que (RODRÍGUEZ, 2011)(p.8) afirma que hace ya algunos años el estudio de la tecnología aplicada al confort, la seguridad y al ahorro se ha hecho cada vez más común, sin embargo no como para que los usuarios adquieran este tipo de tecnologías. De igual forma es importante aclarar que en la institución no existe ningún tipo de estudio o investigación, por lo que se llega a desconocer la situación actual de su eficiencia energética.

A2. El problema

¿Cómo mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de una institución utilizando aplicación inmótica?

A3. Justificación del trabajo

La presente investigación busca alcanzar un ahorro energético mediante la aplicación Inmótica; de igual manera se busca descubrir que equipos llegan a ser más influyentes con respecto al consumo energético basando el estudio que se realizara en la Unidad Educativa Ibarra, trayendo consigo el mejoramiento de la eficiencia energética actual dentro del establecimiento (Martinez & Gomez, 2006). Sumado a esto, es importante recalcar que incluso la entidad encargada del pago de estas planillas notará una disminución en los pagos por planilla trayendo consigo ahorros monetarios por parte de la entidad educativa.

Otro punto favorable que trae consigo esta investigación es que se destacara por primera vez dentro de la institución un estudio de ingeniería basado en una correcta auditoria energética, que permitirá al colegio disponer de un documento que asegure su situación actual de eficiencia energética.

Aparte de llegar a proponer un mejoramiento de la eficiencia energética actual al establecimiento, se puede llegar a proporcionar a la institución gracias a la Inmótica un ambiente mucho más seguro y acogedor siendo todo esto accesible gracias a la tecnología aplicada.

(Ruiz J. A., 2013)(p.12) menciona que varios de los sistemas Inmóticos realizan el control integrado de múltiples elementos de una instalación con los fines principales de:

- Aumentar el confort durante la estadía, mediante el control y la automatización de los diferentes elementos dentro de la instalación.
- Garantizar una seguridad de confiabilidad hacia las personas y los bienes de la institución
- Manejar de la mejor manera la gestión técnica de la energía, optimizando de gran forma el ahorro o la eficiencia energética.
- Permitir la comunicación del estado del sistema hacia las tecnologías externas.

A4. Alcance del trabajo

El alcance del proyecto se lograra definiendo en un principio aquellos sistemas o circuitos de mayor relevancia en consumo; lo que conlleva la necesidad de realizar una auditoria energética. Cabe recalcar en un primer plano, que uno de los elementos que va a llegar a incurrir dentro del exceso de consumo energético son las diferentes luminarias instaladas a lo largo del establecimiento, ya que éstas se van a encontrar en un 80% de actividad debido a que la U.E. Ibarra dispone de tres tipos de horarios de asistencia (Diurno, Vespertino y Nocturno).

A5. Viabilidad del trabajo

El presente proyecto debido al análisis de los índices de eficiencia energética llega a fundarse en una investigación cuantitativa, por lo que su investigación presentara resultados y conclusiones cómodas de deducir. De igual manera con la finalidad de completar el proceso de investigación, se predispone de buena aceptación y disponibilidad de cualquier tipo de recurso ya sea material o humano; esto refleja los acuerdos firmados por las autoridades del establecimiento académico, a su vez, existe amenidad por parte del Ingeniero a cargo del departamento de Calidad energética de la empresa Emelnorte que prestará el instrumento de medida necesario. Sin lugar a duda otro factor que presenta una gran ventaja para el presente proyecto es el tipo de estudio y experiencia que posee mi tutora con su Maestría en “Recursos Renovables”, siendo su enfoque en el desempeño y aprovechamiento de la energía a su máxima riqueza.

Al ser la Inmótica el boom de la tecnología, el tema de investigación propuesto conlleva el suficiente acceso a cualquier tipo de información actualizada por medio de: Internet, revistas, publicaciones, libros, etc.

Este trabajo Investigativo se lo llevara a cabo durante el lapso 2018-2019 con una duración aproximada de 1 año. Esto se debe a la ejecución de varios procesos de investigación tales como: el planteamiento del problema, marco teórico, estudios y análisis respectivos, tabulación y conclusiones.

Sin restarle importancia es indispensable recalcar que los recursos monetarios propuestos son accesibles por parte del investigador. Esto se presenta por el estudio y más no la aplicación dentro de la institución. De igual forma los equipos requeridos en el desarrollo de la investigación se los ve provistos por parte de la Empresa Emelnorte, de manera que, el proyecto no requiere de un financiamiento mayor al auspiciado por mi persona.

A6. Objetivo general

Mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de una institución utilizando aplicación inmótica.

A7. Objetivos específicos

1. Desarrollar una auditoria energética de las instalaciones del edificio para determinar el perfil de consumo existente.
2. Determinar los diversos escenarios en el que se aplicaran medidas de ahorro y eficiencia energética eléctrica de acuerdo a la tecnología existente.
3. Establecer los indicadores que permitirán evaluar los resultados.
4. Realizar un informe técnico económico y ambiental de las medidas sugeridas

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

Este capítulo busca conceptualizar los fundamentos teóricos necesarios que permitan comprender y desarrollar de una manera adecuada la presente investigación. Por esta razón, a continuación, se definirá ciertos conceptos relacionados con la inclusión de la inmótica dentro de una institución educativa secundaria.

1. Domótica e Inmótica

Es esencial determinar, clasificar y diferenciar los tipos de edificaciones existentes en la actualidad así, las características van enfocadas al tipo de tecnología a ser instaladas y en la comunicación dentro del edificio, ya que para automatizar todos los equipamientos es necesaria una vía de comunicación que permita gestionar el intercambio de información a través de una o varias redes (Restauro, 2012).

1.1. Edificio Automatizado

Es una estructura diseñada de tal manera que presta comodidad, confort y seguridad a los usuarios y/o propietarios; este tipo de edificios poseen algún tipo de automatismo, es decir según Ruiz y Fernández el edificio responderá de una forma controlada y acotada dentro de una serie de actuaciones previamente programadas (Ruiz & Fernández, 2013) (p.11).

Refiriendo de otra manera tres de los objetivos básicos se cumplen en este tipo de edificios **confort, ahorro y seguridad**, pues, el sistema domótico / inmótico caracteriza un cuarto objetivo que corresponde a la **comunicación**.

En épocas anteriores del siglo XIX con la revolución industrial, antes de que exista el término inmótica, ya se buscaba alcanzar los 4 sistemas básicos del sistema domótico / inmótico; dando paso así a la aparición de cadenas de montaje y por lo tanto trabajos secuenciales.

Estos sistemas permiten la ejecución de acciones sin ningún tipo de retroalimentación (no necesita de algún medio de comunicación). Hoy en día, se pueden observar varios de estos ejemplos construcciones o edificaciones automatizadas dentro de centros comerciales, edificios bancarios, edificios empresariales, entre otros. Siendo los servicios automáticos que éstos poseen los siguientes:

- Sistemas de Iluminación con Temporizadores.
- Escaleras mecánicas.

- Sistemas de alarmas.
- Etc.

1.2. Edificio Domótico

Generalmente se llega a presentar confusiones entre las definiciones del sistema domótico y el sistema automatizado. A continuación, definiciones de diferentes autores

- El edificio domótico es una vivienda que brinda a sus habitantes un nivel elevado de confort, seguridad, ahorro de energía y manejo de redes de comunicación mediante la integración de los automatismos en cada una de estas áreas. (Cuenca Quinde, 2017) (Cristóbal, 2010) (p.7)
- El edificio domótico busca la incorporación al equipamiento de nuestras viviendas y edificios de una sencilla tecnología que permita gestionar de forma energéticamente eficiente, segura y confortable para el usuario los distintos aparatos e instalaciones domesticas tradicionales que conforman una vivienda. (CEDOM, Asociación española de Domotica, 2015)
- La Asociación de Domótica e Inmótica Avanzada (AIDA), define como domótica a la integración en los servicios e instalaciones residenciales de toda tecnología que permita una gestión energéticamente eficiente, remota, contable y segura, posibilitando una comunicación entre ellos.

Existen distintas definiciones que varían con respecto al autor, sin embargo, todos concluyen que son pequeños o medianos sistemas que proporcionan a través de una comunicación un mayor confort, una mayor seguridad y un mayor ahorro energético.

1.3. Edificio Inmótico

Este término no es muy conocido en la actualidad, pero cabe recalcar que busca la aplicación de grandes sistemas domóticos a grandes construcciones, con el mismo uso de las técnicas, pero abarcando otro tipo de control y demanda. A continuación, se define el término mencionado:

El edificio Inmótico trata sobre la gestión técnica de edificios terciarios y cuyo objetivo se encuentra alineado no sólo a la calidad de vida, sino también a la calidad de trabajo empleando las técnicas utilizadas en domótica y particularizando a los sistemas de automatización que se desea incorporar. (Cuenca Quinde, 2017) (p.7).

Es indispensable mencionar que los objetivos con respecto al edificio domótico son ciertamente diferentes, ya que se optará no solo en centralizarse en la calidad de vida, sino que este sistema deberá de aportar en conceptos asociados a la calidad del trabajo

a realizar. Es decir que en este tipo de edificaciones la parte más importante es la forma automática de funcionamiento.

1.4. Edificio Inteligente

Como su nombre lo indica son edificaciones que poseen algún tipo de inteligencia artificial, esto permitiéndoles realizar el procesamiento de datos.

Esta clasificación se otorga a edificaciones que poseen sistemas que son capaces de procesar datos y que buscan otorgar respuestas ante un cierto tipo de estímulo ambiental o humano. En fin, los edificios inteligentes son aquellos edificios domotizados que poseen inteligencia artificial, lo cual le permite desempeñar diferentes tareas (mantenimiento, seguridad, etc.) (Cristóbal, 2010).

1.5. Eficiencia Energética

En la actualidad gran parte de las actividades humanas, dependen de la energía eléctrica; Energía que proviene directamente del proceso y obtención del recurso hídrico, eólico, solar y geotérmico que son parte de nuestro medio ambiente, siendo de vital importancia aprovechar en gran parte esta energía limpia otorgada por la naturaleza, evitando el uso de otros métodos no naturales para la generación de electricidad tales como energía nuclear y térmica.

Es por ello que, al referirnos a la eficiencia energética, hablamos de una reducción tanto en combustibles como en consumo, pero conservando y mejorando la calidad de los servicios. Es decir, aprovechar al máximo la vida útil de los equipos y evitar pérdidas innecesarias de energía. Para el correcto análisis de la eficiencia energética se suele someter a la edificación a una auditoría energética

1.6. Auditoría Energética

A lo largo de los últimos años, se ha visto en gran parte el uso de auditorías energéticas en los sectores industriales, comerciales y de gran demanda, con resultados positivos en lo que se refiere a la disminución de las facturas de la planilla eléctrica; pero ¿Qué es una Auditoría Energética?

Una auditoría energética es un estudio y análisis de los flujos de energía que se lo realiza a través de la inspección minuciosa de un edificio, con la finalidad de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. Este estudio determina el grado de eficiencia del inmueble, mediante el análisis de cada uno de los equipos, el envolvente térmico y los hábitos de consumo. (Escribano, 2010). Sin embargo, cabe recalcar que, la auditoría tomara caminos diferentes en edificaciones por ocupar y ocupadas, que

cuando el objeto de estudio es un edificio ocupado se explora nuevas vías para la reducción del consumo energético, pero más allá de una simple identificación de fuentes de gran consumo energético, la auditoría energética tiene por esencia dar prioridad a los procesos energéticos con el mayor uso de las oportunidades para el ahorro de energía a menor costo, siempre manteniendo el confort del usuario. (Creara, 2016), aumentando así su calificación energética.

1.7. Calificación energética de un inmueble.

1.7.1. Normativa DB HE

Las emisiones de gases tipo invernadero han sido siempre un tema de gran preocupación a nivel mundial, por tal razón algunos países han desarrollado políticas energéticas y ambientales que aporten significativamente con el mejoramiento de las condiciones climáticas. La normativa tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir el requisito básico de ahorro de energía, entre ellos se destaca el documento básico desarrollado en España “Ahorro de energía HE”, el cual ha sido considerado dentro de este estudio con la finalidad de obtener parámetros de evaluación en el tipo de eficiencia energética presente en la edificación.

El blog (ANDIMAT_Synthesia_Tecnology, 2018) establece que la norma “Ahorro de Energía (DB - HE)” plantea que cada edificio exija ciertas condiciones mínimas en cuanto a los límites del consumo energético. Permitiendo así reducir las emisiones de efecto invernadero del inmueble, como lo menciona cuando cita al documento (Ministerio_de_Fomento, 2018) que refiere a los límites que incluyen las siguientes secciones:

HE0: Limitación del consumo energético

Restringe los niveles de consumo energético de energía primaria no renovable, estos límites preestablecidos nacen de:

$$C_{ep, \text{ lim}} = C_{ep, \text{ base}} + \frac{F_{ep, \text{ sup}}}{s} \quad (1)$$

Y se los calcula mediante el tipo de zona climática basándose en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1
Valor base y factor corrector por superficie del consumo energético (Ministerio_de_Fomento, 2018)
Zona Climática de invierno

	α	A*	B*	C*	D*	E*
$C_{ep, \text{ base}}$	40	40	45	50	60	70
$F_{ep, \text{ sup}}$	1000	1000	1000	1500	3000	4000

Donde:

$C_{ep, lim}$ = Valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS.

$C_{ep, base}$ = Valor base del consumo energético de energía primaria no renovable dependiente de la zona climática. Toma valores de la Tabla 1.1.

$F_{ep, sup}$ = Factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable. Toma valores de la Tabla 1.1.

S = Superficie Útil de los espacios habitables del edificio (m2).

HE1: Limitación de la demanda energética.

Restringe los niveles de demanda energética generados en procesos de calefacción o refrigeración. Dentro del apartado es indispensable la clasificación por tipo de inmueble, por tal motivo el límite de demanda energética en caso de edificios residenciales se origina de:

$$D_{Cal, lim} = D_{Cal, base} + \frac{F_{Cal, sup}}{s} \quad (2)$$

Y se los calcula mediante el tipo de zona climática basándose en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2
Valor base y factor corrector de la demanda energética de calefacción en edificios residenciales.
(Ministerio_de_Fomento, 2018)

Zona Climática de invierno

	α	A*	B*	C*	D*	E*
$D_{Cal, base}$	15	15	15	20	27	40
$F_{Cal, sup}$	0	0	0	1000	2000	3000

Donde:

$D_{Cal, lim}$ = Valor límite de la demanda energética de calefacción, expresada en kW*h/m2 generada en la superficie útil de los espacios habitables.

$D_{Cal, base}$ = Valor base de la demanda energética de calefacción, definida para cada zona climática. Toma valores de la Tabla 1.2.

$F_{Cal, sup}$ = Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción. Toma valores de la Tabla 1.2.

S = Superficie Útil de los espacios habitables del edificio (m2).

El límite energético en edificios de otros usos es directamente proporcional al porcentaje de ahorro, considerando así la demanda energética en conjunto; Dichos márgenes se los verifica mediante la Tabla 1.3.

Tabla 1.3
Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos. (Ministerio_de_Fomento, 2018)

Zona Climática	Carga de las fuentes internas			
	Baja	Media	Alta	Muy Alta
1, 2	25%	25%	25%	10%
3, 4	25%	20%	15%	00

HE2: Rendimiento de las instalaciones térmicas.

Exige el uso de instalaciones térmicas apropiadas para alcanzar la temperatura adecuada en los ambientes dentro del edificio, exigencia que consta para el cumplimiento del reglamento vigente “Instalaciones térmicas en los edificios, RITE”.

HE3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

Para cuantificar el nivel de eficiencia energética eléctrica en procesos de iluminación, se debe calcular el VEEI (Valor de eficiencia energética de la Instalación):

$$VEEI = \frac{P*100}{A*Em} \quad (3)$$

Donde

P = Es la potencia total requerida para iluminar dicho espacio. Se debe tomar en cuenta la energía requerida por equipos auxiliares. (W)

A = Es el área que se busca iluminar dentro de ese espacio (m2).

Em = Es la Iluminancia media horizontal mantenida en dentro del área.

Los valores límites se establecen dentro de las Tabla 1.4 Tabla 1.5 presentan dichas restricciones.

Tabla 1.4
Valores límite de eficiencia energética en la instalación (Ministerio_de_Fomento, 2018)

Zonas de actividad diferencia	VEEI Límite
Administrativo en general	3.0
Andenes de estaciones de transporte	3.0
Pabellones de exposición o ferias	3.0

Salas de diagnóstico	3.5
Aulas y laboratorios	3.5
Habitaciones de hospital	4.0
Recintos interiores no descritos en este listado	4.0
Zonas comunes	4.0
Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4.0
Aparcamientos	4.0
Espacios deportivos	4.0
Estaciones de transporte	5.0
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5.0
Bibliotecas, museos y galerías de arte	5.0
Zonas comunes en edificios no residenciales	6.0
Centros comerciales (Excluye tiendas)	6.0
Hotelería y restaurantes	8.0
Religioso en general	8.0
Salones de actos, auditorios, salas de uso múltiple, salas de ocio o espectáculo, salas de conferencia	8.0
Tiendas y pequeño comercio	8.0
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10
Locales con nivel de iluminación superior a 600 luxes	2.5

Tabla 1.5
Valores límite de eficiencia energética en la instalación (*Ministerio de Fomento, 2018*)

Uso del Edificio	Potencia Máxima Instalada (W/m²)
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restaurantes	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600 luxes	25

HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (ACS)

Exige establecer ciertos límites de contribución solar en instalaciones de agua caliente sanitaria y/o piscinas. Estos valores se basan en una temperatura de 60°C y se delimitan mediante la Tabla 1.6.

Tabla 1.6
Contribución solar mínima anual para ACS en porcentaje (*Ministerio de Fomento, 2018*)

Demanda total de ACS del Edificio (l/d)	Carga de las fuentes internas				
	I	II	III	IV	V
50 – 5 000	30	30	40	50	60
5 000 – 10 000	30	40	50	60	70
> 10 000	30	50	60	70	70

HE5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

Establece niveles de potencia mínima a instalar por medio de sistemas fotovoltaicos o de captación. Estos valores son estimados en base a:

$$P = C \times (0.002 \times S - 5). \quad (4)$$

Donde:

P = Potencia nominal a instalar

C = Coeficiente definido en la Tabla 1.7 y basado en la zona climática.

S = Superficie construida del edificio

Tabla 1.7
Coeficientes climáticos (*Ministerio de Fomento, 2018*)

Zona Climática	C
I	1
II	1.1
III	1.2
IV	1.3
V	1.4

1.7.2. Calificación de la eficiencia energética

Una de las maneras más efectivas de evaluar, valorar y conocer la eficiencia energética, es, mediante una calificación; de allí nace la necesidad de obtener una puntuación satisfactoria, resultado de una evaluación real que muestre el estado de suficiencia o insuficiencia de la gestión energética.

En latino América se aplica un método que mejora la eficiencia energética, y consiste en cumplir lineamientos establecidos en la norma ISO 50001; No obstante, tal cual lo menciona (Cruz, 2017) dicha norma vigente desde el año 2011, fue elaborada con la finalidad de mejorar continuamente la gestión energética en las industrias, basándose en la producción de un bien o servicio, que se generalizó tanto en procedimientos como procesos que permitirían dar una respuesta pronta a la reducción del consumo energético.

El documento emitido por el Ministerio de Fomento de España (FOMENTO, 2018) explica que la calificación energética es posible expresarla en forma de letras o indicadores aplicando la metodología detallada en dicho escrito.

Para examinar la eficiencia energética es necesario el estudio de las siguientes pautas:

- **Indicadores Energéticos.**

Son valores límites que permiten comparar la energía requerida en los procesos de calefacción, refrigeración, ventilación, producción de agua caliente sanitaria e iluminación a fin de mantener el confort.

- **Condiciones normales de funcionamiento y ocupación del edificio.**

Establecer las necesidades básicas de cada edificio es indispensable, ya que los niveles de iluminación, climatización y ventilación no son iguales en todos los inmuebles. Un ejemplo son las diferentes condiciones provistas en un edificio comercial y uno hospitalario.

Asimismo, la afluencia y ocupación del edificio son temas a considerar, debido a que la edificación no posee la misma cantidad de usuarios a lo largo de todo el año.

- **Cálculo del consumo y demanda energética**

Con la determinación de las potencias y lapsos de consumo durante el año, se procede al cálculo del consumo de energía final hora a hora. Sin embargo, para el cálculo la Normativa (FOMENTO, 2018), establece cumplir con el nivel mínimo de modelización exigido en el archivo DB HE "Ahorro de energía" del código técnico de la edificación.

- **Características del sistema entorno al cálculo.**

Datos como orientación del edificio, condiciones ambientales y climáticas, ventilación natural, sistemas de energías renovables e iluminación natural, son

características a tomar en cuenta al instante de calificar el edificio; dichos factores aumentan o disminuyen el valor de la eficiencia energética.

La metodología aplicada en el documento (FOMENTO, 2018) para el cálculo de la eficiencia se ve influenciada por varios puntos anteriormente señalados; por tal motivo surgió la necesidad de recrear un software que sustente la calificación en base a dichas exigencias.

Hoy en día el continente europeo cuenta con varios de estos programas, así lo corrobora la (CNIC, 2013) dentro de su página web, donde menciona que CALENER, Ce3x, CERMA y CYPETHERM HE Plus, son las herramientas aprobadas por el Ministerio de Fomento.

Por otro lado, el continente latino americano no posee ninguna plataforma que abale o certifique una calificación sobre el estado de la eficiencia energética de un edificio. De hecho, el documento facilitado por (NU_CEPAL, 2016), menciona que, dentro de América Latina, los indicadores y estadísticas de desempeño que permiten cuantificar la eficiencia energética han sido insuficientes.

En nuestro país solo existen planes y programas que permiten medir el estado de la eficiencia energética, justificándose en la cantidad de energía obtenida por medio de fuentes renovables (MEER, 2017).

1.8. Tipos de ahorros

El control y automatización de un edificio Inmótico, favorece al cuidado del medio ambiente, reduciendo el malgasto de energía y gestionando de manera más inteligente los recursos naturales; con ello reduciendo el pago de facturas, ganando seguridad y confort. (CEDOM, 2008). A continuación, se detalla las maneras de ahorrar energía:

Como ahorrar electricidad

Iluminación

Climatización

Maquinas Eléctricas

Electrodomésticos

Como ahorrar combustibles

Climatización

Fugas de Gas

Como ahorrar agua

Fugas de agua

Control de riego

Reciclaje de aguas grises

Griferías inteligentes

1.9. Gestión energética

El concepto de gestión como refiere Marco y Eros, es un conjunto de operaciones, acciones o trámites que se llevan a cabo para conseguir o resolver una cosa (Marco & Eros, 2017). Dicho esto, una buena gestión energética trata sobre un conjunto de sistemas que se encargan de regular adecuadamente los elementos y electrodomésticos instalados en una vivienda o edificio permitiendo que el ahorro energético sea un concepto alcanzable mediante la aplicación de diferentes métodos.

La sustitución de equipos actuales por otros de menor consumo según Morales, no siempre es una buena opción, alternativamente se puede optar por la correcta administración del consumo energético mediante un correcto diseño de ingeniería utilizando temporizadores, termostatos, etc. (Morales G. , 2011) (p.40).

1.10. Gestión del confort.

Dicha gestión se basa en la correcta operación y administración de elementos que otorgan al usuario una estadía confortable dentro del edificio a través del control en los procesos de calefacción, iluminación, refrigeración. (Cuenca Quinde, 2017; Cristóbal, 2010) (p.8)

1.10.1. Componentes básicos de un sistema Inmótico

1.10.1.1. Tipos de Señales

En los sistemas Inmóticos / domóticos Flores menciona que existen dos grandes grupos de señales que pueden llegar a aparecer (Flores, 2000), las cuales son:

Continuas: Son aquellas que se ven variadas de forma continua con el tiempo, es decir que no poseen un valor predefinido siendo que estas pueden alcanzar un número infinito de niveles

Discretas: Son aquellas en donde se observa que su variación con respecto al tiempo hace que se puedan llegar a tomar un número finito de valores.

A continuación, las Fig. 1 y 2 representan el estado de una señal continua y discreta respectivamente



Fig. 1 Representación de una Señal Continua (El Autor, 2018)

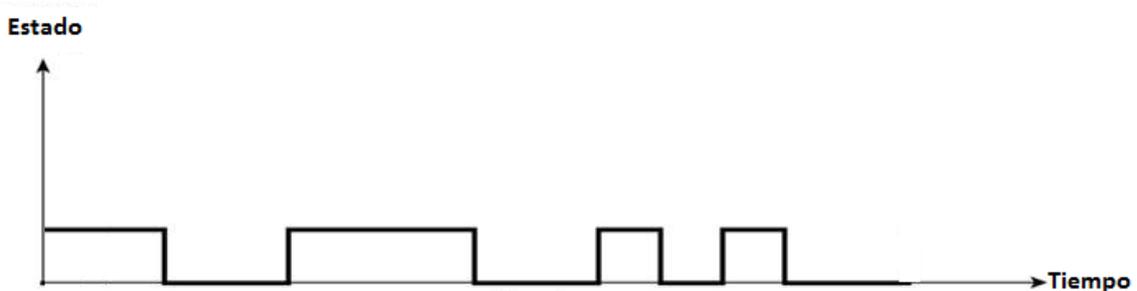


Fig. 2 Representación de una señal Discreta binaria (El Autor, 2018)

Las señales discretas son muy comúnmente utilizadas en el mercado, siendo más específicos en los diferentes tipos de sensores (movimiento, humo, gas, apertura o cierre de puertas).

1.10.1.2. Tipos de Comunicación

En los sistemas domóticos e inmóticos se observa la clasificación de estos mediante la tipología, topología y medios de transmisión, por lo que seguidamente se optará por la descripción de cada una de estas clasificaciones. (Muñoz, Fons, Pelechano, & Pastor, 2003)

1.10.1.3. Tipología de un Sistema

Su clasificación radica en el tipo de unión o conexión de los diferentes puntos. Dicha unión se la conoce como arquitectura de control de red.

Cada arquitectura otorga ciertas ventajas y desventajas, ya que dependiendo de su conexión una falla terminara afectando a todo el sistema o a cierto bloque (Fabara, 2017).

- **Sistemas Centralizados**

Este tipo de sistemas según Carretero, se caracterizan por poseer un único nodo, el cual se va a encargar de recibir cualquier tipo de información otorgada por las entradas del sistema, a su vez procesa la información con la finalidad de enviar una acción a tomar en las salidas (Carretero, 2012). Este tipo de arquitectura se la aprecia en la Fig. 3 Arquitectura Centralizada de un Sistema Domótico .

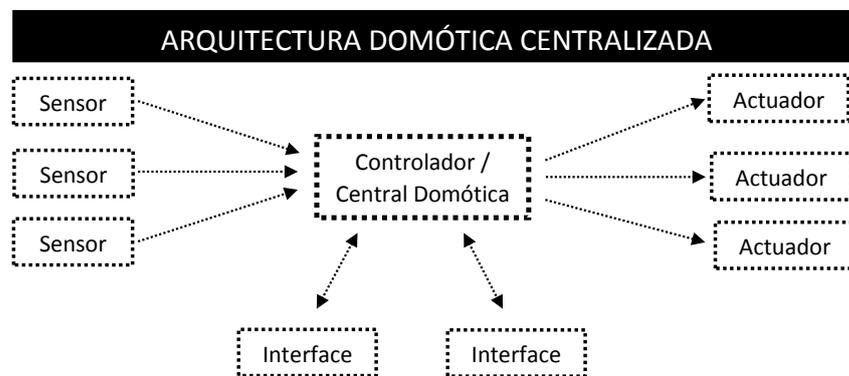


Fig. 3 Arquitectura Centralizada de un Sistema Domótico (Fabara, 2017)

Los autores Ruiz y Fernández mencionan que al optar por una arquitectura centralizada se obtendrá las siguientes ventajas e inconvenientes. (Ruiz & Fernández, 2013)(p, 20)

Ventajas:

- Los elementos sensores y actuadores son de tipo universal
- Costo moderado e incluso reducido
- Fácil Uso y formación
- Instalación rápida y sencilla

Inconvenientes:

- Cableado significativo.
- Creación de un sistema dependiente del funcionamiento óptimo de la central.
- Modularidad Difícil.
- Reducida flexibilidad.
- Capacidad del sistema (Canales o puntos)

- **Sistemas Descentralizados**

En este sistema todos los elementos de red se van enfocados a una actuación independiente uno de otro, compartiendo una misma línea de comunicación, permitiendo así, que cada uno de ellos disponga de diferentes funciones de control y mando (Ruiz & Fernández, 2013). A continuación, se observa en la fig. 4 la representación de este tipo de arquitectura

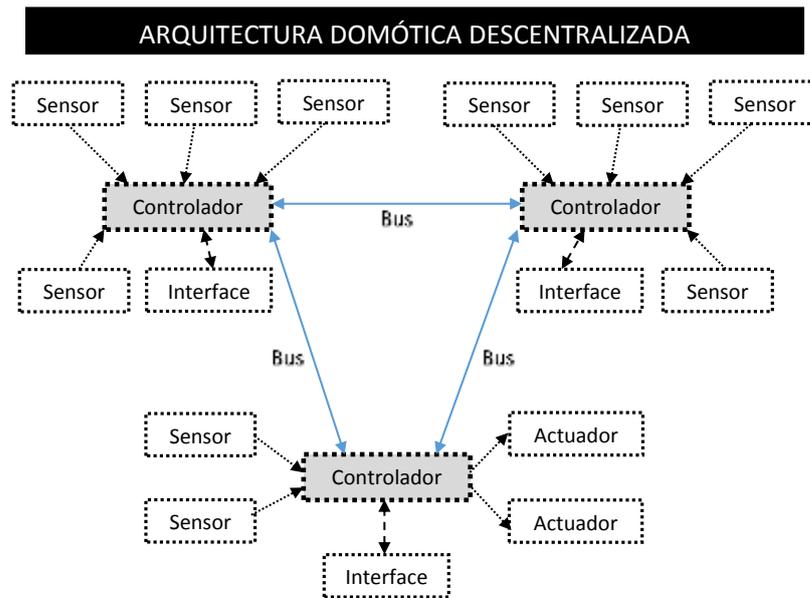


Fig. 4 Arquitectura Descentralizada de un Sistema Domótico (Fabara, 2017)

El uso de este sistema no es muy adecuado para la implementación en grandes edificaciones, Fabara dice que este sistema es vulnerable a tener fallas en su funcionamiento, condicionado de cierta manera a un control por área, pues la falla de uno de estos afectará a todos los de su área. (Fabara, 2017)

Ventajas:

- Seguridad de funcionamiento
- Posibilidad de rediseño de la red
- Reducido Cableado
- Fiabilidad de productos
- Flexible a ampliaciones.

Inconvenientes:

- Elementos de sensores no universales y limitados a la oferta.
- Una solución con un costo elevado
- Más próximos a “Edificios Inteligentes” que a “Viviendas Inteligentes”

- Complejidad de programación.

- **Sistemas Distribuidos**

El siguiente sistema muestra un tipo de fusión o combinación entre los sistemas centralizado y descentralizado. El punto fuerte de este sistema radica en los distintos nodos de control, los cuales poseen una conexión o acceso físico directo a una serie limitada de elementos de red.

Los sistemas distribuidos y descentralizados para Ruiz y Fernández, deben poseer un protocolo de comunicación, ya que cada uno de los módulos presentes debe comunicarse y reaccionar coordinadamente (Ruiz & Fernández, 2013) En la siguiente figura fig. 5 se indica la representación de un sistema distribuido

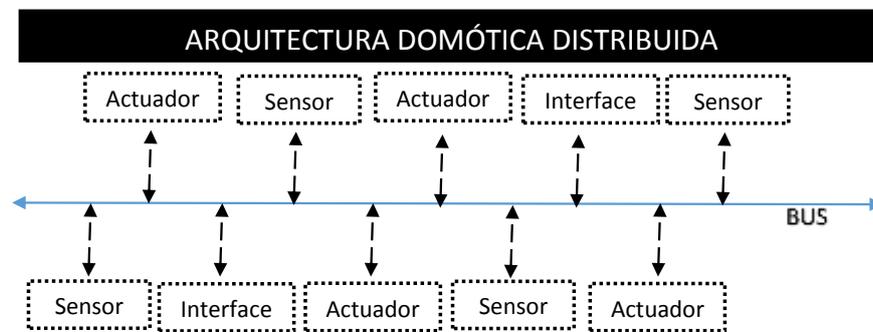


Fig. 5 Arquitectura Distribuida de un Sistema Domótico (Fabara, 2017)

En las II Jornadas Académicas de Electricidad llevadas a cabo el 17 de diciembre del 2017 en la Universidad Técnica del Norte el MSc. Fabara, supo manifestar correlación a lo que los autores Ruiz y Fernández mencionaron en su texto (Fabara, 2017), por lo que, si hablamos de ventajas y desventajas en la arquitectura distribuida, tenemos las siguientes:

Ventajas:

- Seguridad de funcionamiento
- Posibilidad de rediseño de la red
- Fácil ampliamiento
- Sensores y actuadores económicos y de gran oferta
- Costo moderado.

Inconvenientes:

- Requiere de una configuración o programación previa

1.10.1.4. Topología de los sistemas domóticos

Es la forma en la cual la red se encuentra diseñada u organizada física y lógicamente. Tanto Juárez como Balibrea indican que dichos diseños pueden expresarse en las siguientes formas (Balibrea, 2012) y (Juárez, 2012). A continuación se observa una interpretación en la Fig. 6:

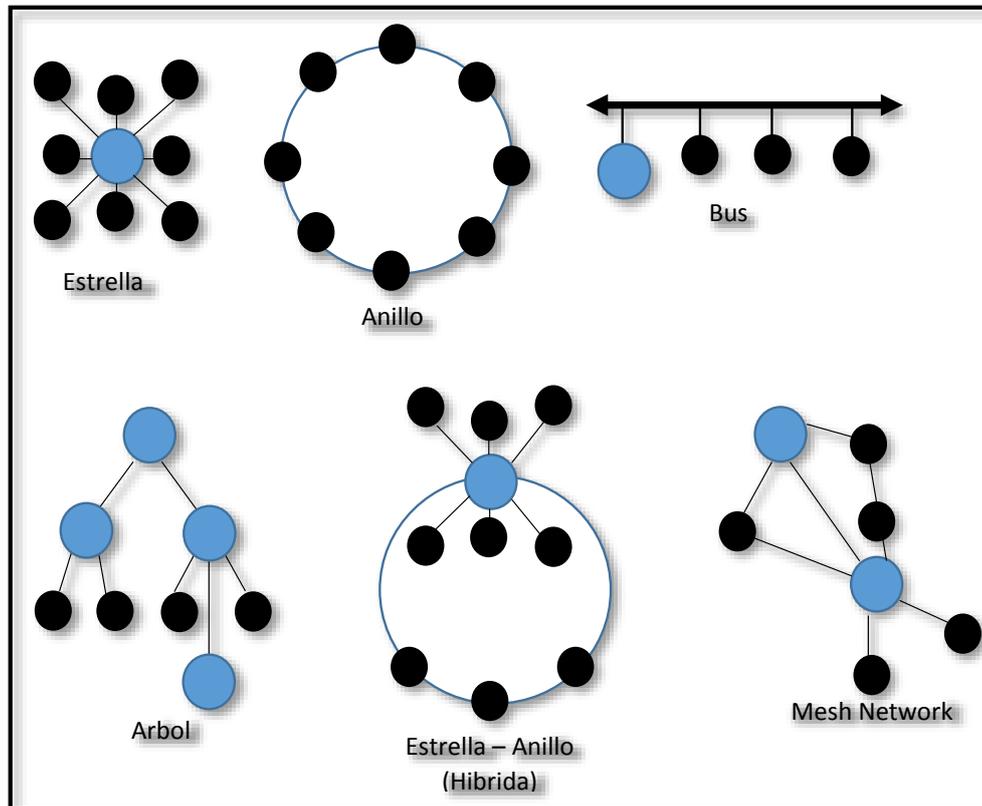


Fig. 6 Topologías de los sistemas domóticos (El Autor, 2018)

Estrella: Todos los dispositivos de entrada y de salida tales como sensores y actuadores respectivamente se ven cableados hacia un punto central; Dicha central de gestión es la que efectúa el tratamiento de datos.

Su principal ventaja es la comunicación constante, inclusive superando problemas de conexión en el caso de presentarse alguna.

Anillo: Su conexión físicamente representa un anillo de tal forma que todos sus nodos se conectan entre sí, en un bucle cerrado transmitiendo siempre los datos en una misma dirección.

Bus: Todos los actuadores, sensores y nodos se ven conectados a un único canal de comunicación, describiendo así el conjunto o parte de una red en una sola línea.

Árbol: La jerarquización de procesos y equipos es indispensable en este tipo de estructuras, ya que existirá una computadora principal o servidor del cual se derivaran los segmentos. Por consiguiente, si el servidor se viene abajo todo el segmento caerá.

Híbrida: Comprende la unión de dos tipos de topologías (Estrella-Bus, Estrella-Anillo, etc.), recreando así una red más completa.

Es la más comúnmente encontrada en las instalaciones, debido a que raras veces se utiliza un solo tipo de diseño de red.

Mesh Network: Las redes malladas presentan diferentes nodos que permiten el envío de datos a distintos caminos, por lo que cada nodo puede llegar a enviar - recibir mensajes, y simultáneamente de reenviar mensajes a sus vecinos.

1.10.2. Protocolos de Comunicación

Es el lenguaje de los sistemas domóticos / inmóticos que permite la comunicación o el intercambio de información. No se puede llegar a entender la domótica o inmótica, sin saber ¿Quién empieza la comunicación? ¿Existe algún tipo de prioridad? o ¿Con quién debo comunicarme? (DIRECTIVE, 2010)

1.10.2.1. Tipos de protocolos.

Según Fabara dichos lenguajes pueden llegar a clasificarse de distintas maneras (Fabara, 2017) así:

Privados o Patentados: Fue desarrollado por una persona o compañía para uso exclusivo. Por tal motivo tanto sus características como prestaciones son privadas.

Abiertos: Se dispone fácilmente de información y documentación necesaria (Ethernet, TCP/IP, entre otros.), permitiendo que dichos protocolos sean muy conocidos en las empresas y usuarios.

Normalizado o Estándar: Son protocolos abiertos que fueron ofrecidos a un incuestionable organismo normalizador que decidirá su próxima publicación; dicho protocolo busca otorgar una garantía al consumidor.

1.10.2.2. Protocolos existentes

A continuación, Balibrea, Cuenca, Marcos y Morales presentan los principales protocolos, sistemas y tecnologías existentes (Balibrea, 2012)(p.14), (Cuenca Quinde, 2017) y (Marcos. Morales, 2007).

1.10.2.2.1. Cebus.

Es un protocolo estándar desarrollado por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) y se encuentra vigente en EEUU desde 1984.

El estándar surgió a base de que la EIA propuso unificar los protocolos de señalización infrarroja con la finalidad de obtener un control remoto, cumpliendo los siguientes objetivos (Balibrea, 2012):

- Facilitar el desarrollo de módulos de interfaz
- Permitir la correcta distribución de servicios de audio y video en formato analógico y digital.
- Evitar la obligatoriedad de un controlador central distribuyendo la inteligencia de la red a través de todos los dispositivos.

Los medios físicos por los cuales se transmitirán los datos son: la Red eléctrica, el cable trenzado, el cable coaxial, infrarrojos, radio frecuencia, fibra óptica o bus audio video, dando consigo una velocidad de transmisión de datos en promedio de 8000 b/s.

1.10.2.2.2. X-10

El medio físico para la intercomunicación de los distintos componentes del sistema domótico es la red eléctrica existente en cualquier tipo de edificación.

En la Fig. 7 se representa el esquema de estructura del Protocolo X10.

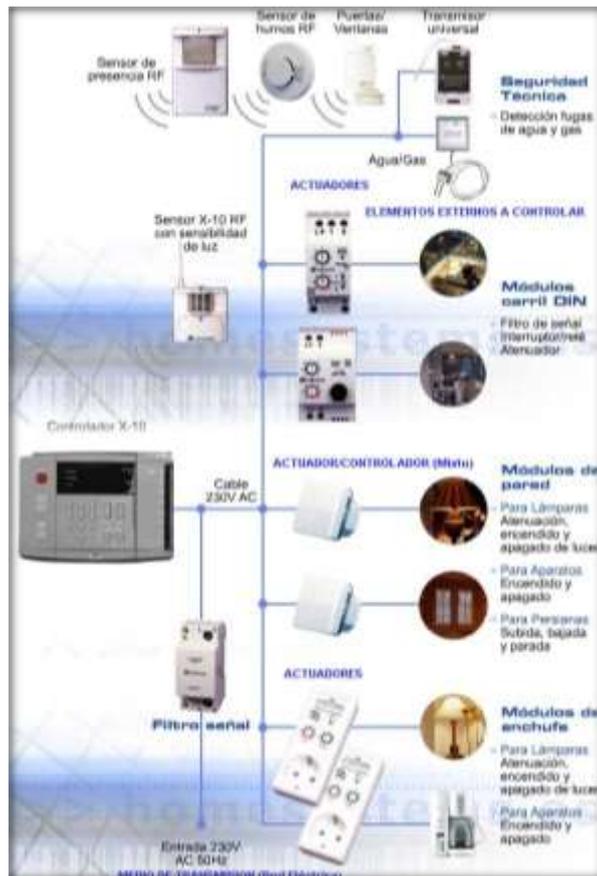


Fig. 7 Estructura de un sistema X-10 (Balibrea, 2012)

El estándar X-10 define una estructura de mensajes sencillos con una arquitectura abierta y una transmisión sencilla sin necesidad de cableado especial. (Martín & Argüelles, 2010).

La técnica utilizada para el transporte de las señales X-10 es a través de las "Corrientes portadoras". Además el uso de protecciones como filtros individuales es necesario, ya que éstas aíslan el ruido proveniente de equipos electrónicos tales como Televisores, LCD, PC, etc.

Corrientes Portadoras

La señal X-10 puede insertarse tanto en el semiciclo positivo como negativo, por tal motivo la transmisión de información se lo realiza mediante un pulso a 120Khz con una duración cerca de 1mIs superponiéndose sobre la onda sinusoidal de 60Hz o 50Hz

Los pulsos son transmitidos 3 veces con la finalidad de que exista una coincidencia con el paso por cero en los sistemas trifásicos. (Juan Carlos, 2011). En las gráficas Fig. 8 y Fig. 9 se puede

observar el comportamiento de este tipo de pulsos en una señal sinusoidal simple y trifásica respectivamente.

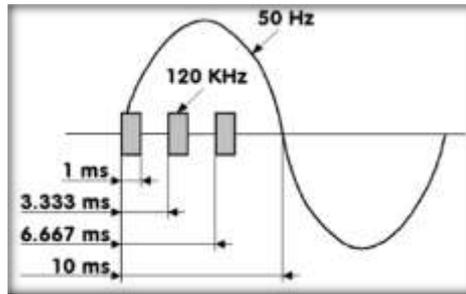


Fig. 8 Codificación del Bit o pulso en una señal sinusoidal simple (Morales S. , 2014)



Fig. 9 Señales Sinusoidales de un sistema trifásico (El Autor, 2018)

En ambas figuras se observa que el tiempo del pulso o bit coincide con los milisegundos que dura un ciclo de la señal, de forma que la velocidad binaria viene impuesta por la frecuencia de la red eléctrica.

1.10.2.2.3. LonWorks

Balibrea establece que esta es una de las tecnologías con mayor demandada en la actualidad, debido a la necesidad de implementar redes de control distribuidas y de automatización (Balibrea, 2012).

LonWorks al contar con cerca de 90 millones de dispositivos instalados, vió la necesidad de ser homologada por normas europeas, estadounidenses y chinas (EN-14908, EIA-709-1, GB/Z20177-2006).

Ruiz & Fernández, mencionan en uno de sus trabajos, que el comienzo de estas redes se basó en los sencillos conceptos que se indican a continuación

- Los sistemas de control en vivienda y edificios son fundamentalmente idénticos, independientemente de la aplicación final.
- Un sistema de control distribuido es significativamente más flexible, y ampliamente que un sistema de control centralizado.
- Reconfiguración de funciones sin tocar la instalación
- Conectividad fácil y robusta a Internet.

1.10.2.2.4. Batibus

Castillo, menciona que Batibus nace de la necesidad de cubrir los sistemas que no pueden ser construidos mediante la técnica de corrientes portadoras del protocolo X-10 (Castillo, 2015)

Balibrea, añade que dicho estándar europeo abalado por el CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica), adquiere las siguientes características (Balibrea, 2012):

- Instalación de cable en diversas topologías (Bus, estrella, anillo, árbol, mixta)
- Velocidad binaria única de 4800 bps, más que suficiente para varias aplicaciones de control distribuido.
- Al igual que los Dispositivos X-10, este posee una identificación unívoca para cada dispositivos conectado al bus.
- Su sistema es centralizado, por lo que puede llegar a controlar hasta 500 puntos de control.
- Es un protocolo de domótica totalmente abierto.

1.10.2.2.5. Ehs

Hidrobo Moya y Millán Tejedor, dicen que los productos EHS (European Home System) salieron al mercado con el objetivo de cubrir las necesidades de varios propietarios que no pueden comprar sistemas de gama alta o de mano de obra especializada, tales como LONWORKS o BATIBUS (Hidrobo Moya & Millán Tejedor, 2004)

También al respecto, Balibrea añade que el único estándar europeo conocido como KNX converge de EHS, EIB y BATIBUS (Balibrea, 2012).

1.10.2.2.6. Knx / Eib

La página oficial en México de KNX (KNX, 2014) menciona que éste estándar es un sistema integrado de control y automatización mundialmente abierto, que se encuentra aprobado por las instituciones ISO/IEC 14543-3 (Estándar Internacional), CENELEX EN 50090 y CEN EN 13321-1 (Estándar Europeo), GB/T20965 (Estándar en países como China).

Ruiz y Fernández manifiestan que KNX da respuesta a varias de las necesidades o requerimientos encontrados en las instalaciones eléctricas; por tal motivo su aplicación abarca tanto instalaciones pequeñas y simples como grandes y complejas (Ruiz & Fernández, 2013).

A partir de 1999 las asociaciones internacionales EIBA (European Installation Bus Association) optaron por unir fuerzas creando KONNEX (Balibrea, 2012); las principales ventajas son las siguientes:

- **Estándar Internacional que garantiza su continuismo en el futuro.**

Balibrea y la página oficial de KNX establecen que la diversidad de normas aprobadas a lo largo del 2003 al 2007 garantizan la continuidad de funcionamiento (Balibrea, 2012) (KNX, 2014).

- **KNX garantiza Interoperabilidad e Interworking de productos.**

La certificación otorgada a KNX valida que, todos los productos presentes en el mercado, sin importar el fabricante, presentaran un correcto funcionamiento mediante una comunicación eficiente; otorgándole al cliente la flexibilidad necesaria para la adquisición de nuevos equipos.

- **KNX representa alta calidad de producto.**

Para el ingreso de un nuevo producto al mundo de KNX, éste debe mostrar conformidad con lo establecido en la norma ISO 9001; de esta manera se exige un alto nivel de producción y control de calidad a largo de su vida útil.

- **Único software independiente del fabricante ETS (Engineering Tool Software)**

Dicho software permite que todos los productos KNX independientemente del fabricante, sean proyectados, diseñados y configurados, integrando y combinando varios de los productos sin ningún tipo de limitación.

- **KNX puede ser usado para todas las aplicaciones en el control de casas y edificios.**

Su aplicación va enfocada a temas de iluminación, contraventanas, control de seguridad y alarmas, ventilación, control de agua, calefacción, medición, entre otras.

- **KNX se adapta a diferentes tipos de construcciones.**

La flexibilidad y adaptabilidad de los sistemas KNX, permiten a los usuarios optar por pequeñas inversiones que faciliten la repotenciación de las instalaciones; por tal motivo su aplicación en oficinas, hospitales, escuelas, aeropuertos y hoteles es muy común.

- **KNX puede ser acoplado a otros sistemas.**

KNX puede ser enlazado a objetos BACnet (Documentado en el estándar internacional ISO 16484-5).

También presenta la opción de contactarse mediante una interfaz con la tecnología DALI.

- **KNX es independiente de cualquier plataforma hardware o software.**

Los sistemas KNX pueden llevarse a cabo en cualquier plataforma. Sin embargo, los proveedores aseguran que para una entrada más sencilla en el mercado fue necesario recurrir a plataformas originales de KNX.

A su vez Ruiz y Fernández declaran que independientemente del protocolo KNX, se ofrecen 4 medios de transmisión de datos para la comunicación (Ruiz & Fernández, 2013).

- **Power line “PL”:** Usa el cableado de la red eléctrica existente, y es muy útil si no se desea instalar un bus independiente.

- **Radio Frecuencia “RF”:** La transmisión de datos se la realiza a través de señales de radio frecuencia, siendo innecesaria la presencia de un medio físico.
- **Protocolo IP:** Optando por todas las ventajas que ofrecen los sistemas Ethernet o Internet, la comunicación del protocolo KNX de igual manera se la puede realizar mediante mensajes IP.

La página oficial de KNX establece que dicho protocolo puede clasificarse en tres modos, teniendo así la facilidad de configurar un sistema (KNX, 2014).

A continuación, la Fig. 10 muestra un plano sobre los distintos modos de configuración.

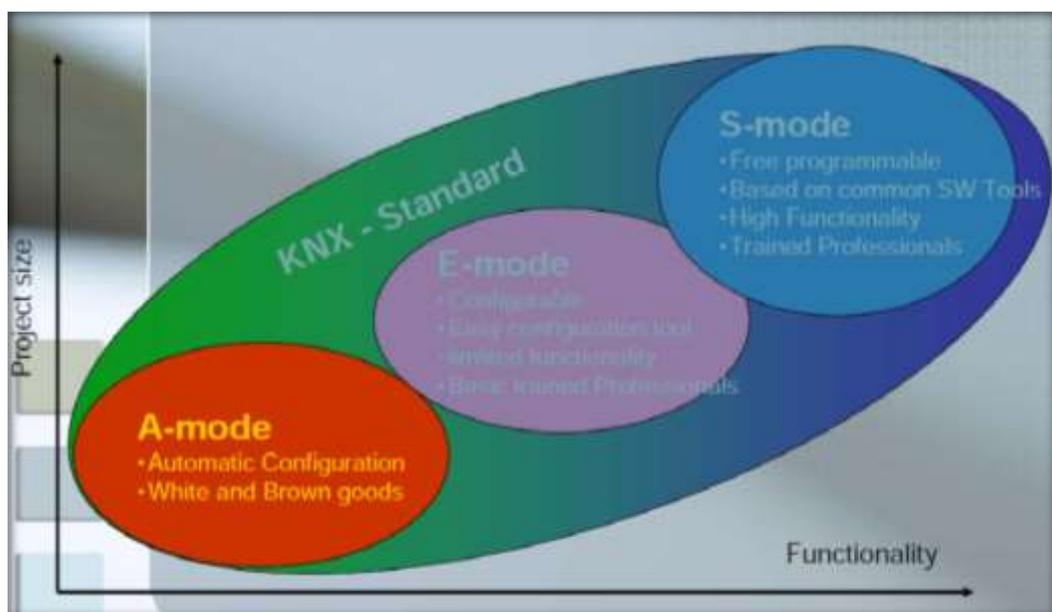


Fig. 10 Modos de configuración del sistema KNX (Balibrea, 2012)

A - mode

Se basa en dispositivos que no deben de ser configurados ni por el instalador ni por el usuario final. Ya que su configuración es automática, y viene predefinida mediante una técnica conocida como Plug&Play.

E - mode

Los dispositivos ejecutan una función concreta (configuración de fábrica). Sin embargo, siempre se configurará uno de los parámetros al instante de instalarlo. Por ejemplo, su funcionamiento es en base a su propio micro interruptor o con la acción externa de un controlador central.

S - mode

Su diseño y configuración es mediante un ordenador con el software ETS. Esta configuración fue desarrollada pensando en grandes instalaciones y/o sistemas certificados.

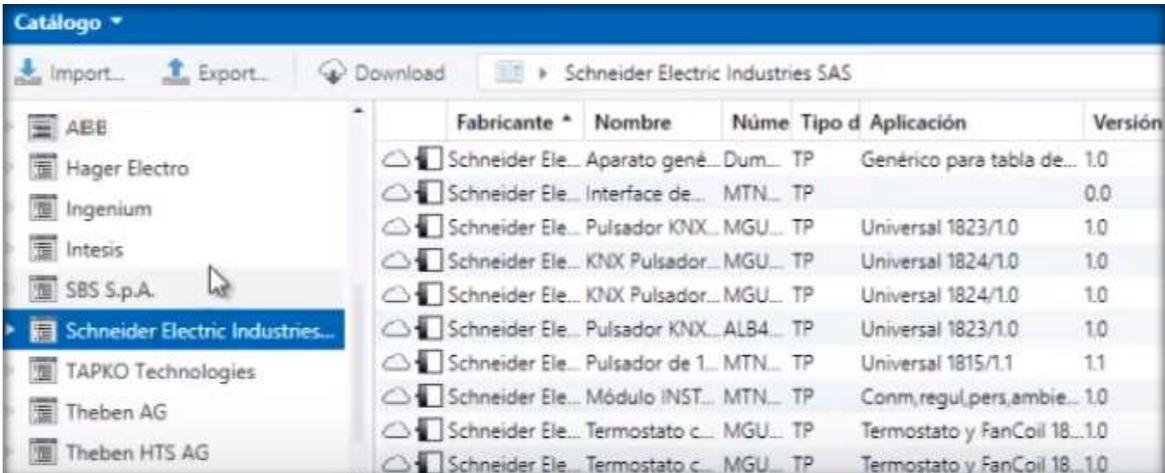
El ETS es un programa con licencia, que en su versión de prueba permite configurar una red con un máximo de 5 dispositivos. A continuación, se detalla brevemente información básica acerca del ETS 5.

1.10.2.2.7. Software ETS 5

Este software es una herramienta que configura cada una de las funciones de los distintos dispositivos encontrados en el edificio, determinando así la forma en la que los datos se transmiten entre los distintos dispositivos (Direcciones de grupo).

Un ejemplo de las ventajas que ofrece el ETS es la configuración en el encendido de un grupo de luminarias mediante los condicionamientos establecidos por un pulsador y un sensor de iluminación. Dichos ajustes planteados en el software indican a la instalación que, siempre y cuando exista la iluminación necesaria en el área donde se encuentra el sensor, las luminarias no encenderán sin importar la orden entregada por medio del pulsador.

No obstante, antes de empezar a diseñar y configurar las instalaciones domóticas, es indispensable descargar el archivo de productos ETS; dichos dispositivos (ABB, General Electric, Ingenium, Siemens, etc.) se los puede apreciar en la Fig. 11 Listado de catálogos de dispositivos KNX.



The screenshot shows the 'Catálogo' (Catalog) window in ETS 5. The left sidebar lists manufacturers: ABB, Hager Electro, Ingenium, Intesis, SBS S.p.A., Schneider Electric Industries..., TAPKO Technologies, Theben AG, and Theben HTS AG. The main area displays a table of devices from Schneider Electric Industries SAS.

Fabricante *	Nombre	Núme	Tipo d	Aplicación	Versión
Schneider Ele...	Aparato gené... Dum...	TP		Genérico para tabla de...	1.0
Schneider Ele...	Interface de...	MTN...	TP		0.0
Schneider Ele...	Pulsador KNX... MGU...	TP		Universal 1823/1.0	1.0
Schneider Ele...	KNX Pulsador... MGU...	TP		Universal 1824/1.0	1.0
Schneider Ele...	KNX Pulsador... MGU...	TP		Universal 1824/1.0	1.0
Schneider Ele...	Pulsador KNX... ALB4...	TP		Universal 1823/1.0	1.0
Schneider Ele...	Pulsador de 1...	MTN...	TP	Universal 1815/1.1	1.1
Schneider Ele...	Módulo INST...	MTN...	TP	Conn,regul,pers,ambie...	1.0
Schneider Ele...	Termostato c...	MGU...	TP	Termostato y FanCoil 18...	1.0
Schneider Ele...	Termostato c...	MGU...	TP	Termostato y FanCoil 18...	1.0

Fig. 11 Listado de catálogos de dispositivos KNX (ETS 5, 2018)

Como dato final, para cargar el programa dentro del sistema, es necesario que todos los dispositivos de aquella instalación se encuentren en el modo de programación. Para esto se deberá pulsar un botón físico que se localizará oculto en alguna parte del dispositivo (Fig. 12).



Fig. 12 Ubicación del pulsador de programación de una salida Binaria SIEMENS (Sáenz, 2016)

Una vez realizado esto se observa el encendido de una luz LED, que indica la activación de dicho modo (Fig. 13).



Fig. 13 Encendido del Led de programación de una salida Binaria SIEMENS (Sáenz, 2016)

CAPÍTULO 2

DESARROLLO

2.1. Introducción

Con la finalidad de conocer el estado de las instalaciones eléctricas de la Unidad Educativa Ibarra (UEI), se procedió a instalar un analizador de red en el lado de baja tensión del transformador principal de 75kVA y 220V, esto permitió tener información de las curvas de potencia, tensión y corriente del sistema trifásico general.

En los meses de junio del 2017 a febrero del 2018 indistintamente, las mediciones fueron realizadas según cronograma de investigación establecido; como resultado se evidenció, inconvenientes en el sistema eléctrico que serán analizados en un apartado de este capítulo.

Debido a la falta de documentos que sustenten el estado de las instalaciones eléctricas de la UEI, se optó por realizar un estudio basado en una inspección técnica a dicho sistema; es allí donde se evidencia la alta posibilidad de mejorar la eficiencia energética utilizando aplicación inmótica; principalmente en los sistemas de iluminación que representan el 68 % de la carga eléctrica total del edificio.

En síntesis, se han expuesto factores tales como: niveles de iluminación, uniformidad luminosa, deslumbramiento, rendimiento cromático, valor de eficiencia energética de la instalación y consumo energético, que aumentan la eficiencia energética original.

2.2. Materiales

Los materiales y software usados a lo largo del presente trabajo de investigación fueron los siguientes:

- FLUKE 1744 Power Quality Logger Memo board
- Luxómetro
- Cámara de Termografía
- PQ Log.
- AUTOCAD 2015 Español.
- DIALUX EVO 8.0
- CEXv 2.3
- ETS 5
- Excel.

2.3. Auditoria Energética Eléctrica

2.3.1. Descripción general

El presente apartado establece lineamientos a seguir dentro de una auditoria energética eléctrica, que permiten mejorar la eficiencia energética en establecimientos educativos mediante la utilización de la inmótica; especificando y detallando así los aspectos fundamentales y procedimientos a considerar.

Las fichas técnicas aplicadas en la recopilación de información se las indica en el apartado Anexos.

2.3.2. Datos generales de la auditoría

Dentro de una auditoria es indispensable definir desde un principio los equipos presentes a estudiar, el número de particiones en los que el inmueble se verá dividido, y la denominación o forma en la que se debe estudiar cada una de éstas.

Por tal razón en el Anexo A1 se detalla la información relevante durante el proceso de auditoría en la UE, donde encontramos que:

- No existe estudios previos al presente.
- No existe ningún tipo de edificación que desarrolle una actividad independiente, es decir que no corresponda de manera directa o indirecta a la académica. Por tal motivo, el presente caso no presentara particiones dentro de la edificación.
- El edificio se encuentra dedicado a las actividades de enseñanza.
- No existen instalaciones de cogeneración.

- No posee sistemas de calefacción, ventilación y de A.C.S; sin embargo, si de refrigeración. La potencia total usada para acondicionar 3 laboratorios de computación y un auditorio es de 6000 W.
- El sistema de iluminación posee luminarias de tipo halógenas, incandescentes, led y fluorescentes. Siendo las de tipo fluorescentes las más comunes.

2.3.3. Datos generales del edificio.

Es de vital importancia el análisis en las tareas más habituales y los tiempos de uso en las mismas, en este caso la UEI que se dedica a actividades de enseñanza.

Por tal motivo se procedió a realizar un estudio en conjunto sobre la capacidad máxima del edificio, épocas del año, tarifas, horarios.

Dicha información se encuentra en el anexo A3, donde se destaca que:

- El edificio posee una capacidad máxima de 1500 personas.
- Los meses de julio y agosto el edificio prácticamente permanece desocupado ya sea por feriados o por el fin del ciclo educativo.
- La empresa Emelnorte para la UEI presenta 3 tipos de tarifas.
- La tarifa A se maneja de 7am a 6pm.
- La tarifa B se maneja de 6pm a 10pm
- La tarifa C se maneja de 10pm a 7am
- La UEI trabaja alrededor de 1020 horas por año en horarios de 7am a 1pm.
- La UEI trabaja alrededor de 850 horas por año en horarios vespertinos de 1pm a 6pm.
- La UEI en su horario nocturno trabaja 680 horas por año en horarios de 6pm a 10pm.
- La UEI realiza dentro de sus instalaciones las tareas de: Educación secundaria, tutorías a bachilleres, eventos sociales y recreación deportiva.

Muchos de estos datos fueron indispensables al momento de justificar la propuesta del posible consumo energético que representará las nuevas instalaciones inmóviles.

2.3.4. Características constructivas

Las características constructivas propias de cada inmueble juegan un rol importante dentro de la calificación energética, ya que, aspectos tales como: año de construcción, reformas o modificaciones, otorgan tanto una idea sobre el estado de

sus instalaciones eléctricas como el nivel de hermetización (Dato importante en espacios con aire acondicionado).

Todo lo anteriormente mencionado se encuentra en el anexo A5, de donde se resume que:

- La UEI se localiza en un entorno urbano alejado de edificios que proyecten sombras.
- Su construcción data del año 1950, por lo que es conocida como una edificación tipo catalogada, por su valor histórico.
- La última reforma constructiva importante se remonta a inicios del año 2000.
- No se tiene previsto realizar modificaciones en los cerramientos del edificio, más posiblemente alguna rehabilitación en las instalaciones eléctricas.
- Su calificación energética es de tipo C.

A continuación, se presenta la información arquitectónica recopilada de la UEI (superficies útiles y construidas, alturas entre plantas, número de plantas, superficies de lucernarios, materiales de construcción, etc.) para ello se debe tener a la mano los planos; caso contrario dentro de la inspección se debe de adquirir dicha información.

Los datos que se presentan más adelante es un extracto de las tablas encontradas en los anexos A5, A6, A7, A8, A9 y A10.

- El inmueble posee 2 plantas con una altura de 2.8 metros cada una.
- La superficie útil de la planta baja es de 8775.87 m², mientras que la construida es de 8935.63 m².
- La superficie útil de la segunda planta es de 3446.31 m², mientras que la construida es de 3540.12.
- Los muros tanto de aulas como de oficinas son de construcción básica, por lo que no poseen capas termoaislantes.
- Las termografías tomadas en los muros de los laboratorios con aire acondicionado indican que no existen capas termoaislantes, por lo que las paredes en su totalidad presentan una buena conductividad térmica.
- Las termografías tomadas en suelos indican que no existe conductividad térmica a través del piso de la planta 2 a la planta 1.
- Las termografías tomadas en los lucernarios indican que existen puentes térmicos, debido al uso de pinturas en las ventanas.
- Existen puntos calientes a lo largo de las instalaciones eléctricas de la UEI por empalmes de circuitos.

- La fase A se muestra con una sobre carga muy notoria con respecto a la B y C.
- El circuito de alimentación del coliseo posee un mal contacto eléctrico por lo que se denota un foco de calor en el breaker 18 de la línea B.
- La barra de neutro también presenta irregularidades debido a la sobrecarga de la fase A.

2.3.5. Suministros energéticos

La información de fuentes energéticas, equipos, medios de transmisión, facturación y mantenimiento, facilitan el manejo del consumo energético; por ello fue necesario indagar sobre los tipos de energía presentes dentro de la institución.

Tras la inspección técnica de la UEI, se puede observar en la ficha del anexo A11, que coexisten dos tipos de suministros: El GLP encontrado en pequeñas cantidades en tanques de Gas (usados en el bar para la cocción de alimentos) y la Electricidad.

Sin embargo, se opta por el análisis del suministro eléctrico, ya que, el presente estudio se enfoca en el mejoramiento de la eficiencia energética eléctrica; por tal motivo se planteó un esquema eléctrico que represente tanto los circuitos principales como acometida y distribución, basándose en el tablero principal.

Todo es visto dentro de la ficha anexada a A12 de donde se destaca que:

- Posee un circuito trifásico de 220v.
- Su medidor es tipo ABB CL2Ø, 12Ø TO 480 W, 4WY α 4WD, 60Hz.
- Su interruptor principal es de 150 amperios y es de marca SQUARE D QGL2150.
- La tensión monofásica en el punto más lejano es de 118.7 V.
- El aislamiento de ciertos conductores está corroído por el contacto directo con las condiciones climáticas.
- Existen varios empalmes a lo largo de varios conductores, lo que genera pérdidas y puntos calientes.

En costos, la ficha técnica anexada en A13, destaca que el cobro pertinente realizado por EMELNORTE es otro de los puntos clave dentro del estudio, ya que la empresa factura diferentes precios dependiendo del tipo de cliente.

Por consiguiente, del análisis de planillas y tarifas se resume que:

- La Tarifa A funciona de 7am a 6pm y realiza un cobro de 0.065\$ por el kilovatio hora.

- La Tarifa B funciona de 6pm a 10pm y realiza un cobro de 0.065\$ por el kilovatio hora.
- La Tarifa C funciona de 10pm a 7am y realiza un cobro de 0,054\$ por el kilovatio hora.
- En el lapso de abril 2017 a abril del 2018 se ha consumido una energía activa de 78.294kW/h y una reactiva equivalente a 17.463kW/h.

Como dato final la encuesta auditora señalada en el anexo A14 destaca que:

- No existe ningún responsable que compruebe las facturas correspondientes al suministro.
- No se revisa ni se efectúa la lectura mensual de las facturas del edificio.
- No existen fuentes de energía eléctrica renovable.
- No se controla los niveles del factor de potencia.

2.3.6. Iluminación

Varios estudios muestran que eventos tales como climatización e iluminación acarrear grandes consumos de energía con respecto a otras. Sin embargo, el clima templado de la ciudad de Ibarra limita considerablemente el uso de estos sistemas en los edificios; es así que los gastos de climatización no son representativos en la arquitectura de la UEI.

No obstante, la iluminación conlleva un gran consumo de energía eléctrica en la Unidad Educativa Ibarra, por ello el presente trabajo de grado pone mucho énfasis al tipo de luminarias fluorescentes, incandescentes, halógenas, led, etc. que están en uso.

La Tabla 2.1 indica los resultados obtenidos tras realizar un inventario detallando las características y los factores presentes en cada una de las luminarias.

Tabla 2.1
Inventario de luminarias de la UEI (El Autor, 2018)

Tipo Iluminación	Incandescente convencional	Fluorescente tubular	Fluorescente compacta	Vapor de sodio	Reflectores 400w	Panel LED
N° de lámparas	20	720	180	9	7	40
Altura colocación (m)	2.7	2.7	2.7	6	6	2.7
Lúmenes (lm)	1000lm	3200lm	1200lm	7200lm	8000lm	1800lm
Potencia de Lámpara (w)	100 w	40 w	20 w	150 w	400 w	24 w
Equipo Auxiliar	-	Reactancia electromagnética	-	Balasto convencional	Balasto convencional	-
Potencia Luminaria (w)	100w	90 w	20 w	160 w	410 w	24 w
Potencia Total (kW)	2 kW	32.4 kW	3.6 kW	1.44 kW	2.8 kW	0.96 kW
Temperatura de color	2 600	6 000	6 500	2 300	5 700	4 000

Luego de comprobar que el proceso de iluminación representa un 68% del consumo total de energía; y que dicho consumo no se ve reflejado en el confort lumínico de las aulas, pasillos, laboratorios, patios, etc. Se procedió a medir los niveles de iluminación a través del luxómetro.

El análisis previamente propuesto señala que la iluminación en la mayoría de las estancias es deficiente.

Se procedió a la toma de datos de la siguiente manera:

1. Abrir el paquete del equipo y extraer con cuidado todo su contenido.
2. Colocar la batería dentro del luxómetro.
3. Conectar el sensor a través del pin, sin destaparlo.
4. Encender el equipo, retirar la tapa del sensor y comprobar que tanto las unidades de medida como la escala de trabajo se encuentren configuradas. Para ello la unidad de medida deberá de encontrarse en LUXES y el rango debe mostrar una lectura lógica.

Nota: Para realizar la medición se recomienda no usar ropa blanca y alejarse del punto de medida para no generar sombras o reflejos que distorsionen la medición. (El Autor, 2018)

5. Medir mediante la toma de 4 datos dentro de 3 puntos distintos (Pto. A, Pto. B, Pto. C). Más adelante se puntualiza las fases que deben de seguirse para el cálculo de la iluminancia media:

FASES:

- Para determinar los puntos A, B y C es necesario localizar los vértices de un triángulo isósceles; dicho triángulo se lo traza a lo largo de toda la superficie de análisis (Fig. 14).
- Una vez determinados los puntos A, B y C, se procede a ubicar el luxómetro en dichas marcas, apuntando así 4 medidas por punto.
- Con dichas medidas se establece un valor promedio de iluminación por punto.
- Una vez calculada la iluminación promedio de cada punto, se procede a promediar nuevamente los valores obtenidos dentro de A, B y C. De esta manera la iluminación media de la superficie de cálculo proviene del valor promedio de los puntos A, B y C.
- Para medir la iluminancia media de un aula, oficina, laboratorio, es necesario repetir el método previamente mencionado tomando en cuenta la altura a la que se encuentra en plano de trabajo. Dicho proceso se lo aprecia en la Fig. 14

Método para el cálculo de la Iluminancia media de una habitación. (El Autor, 2018)

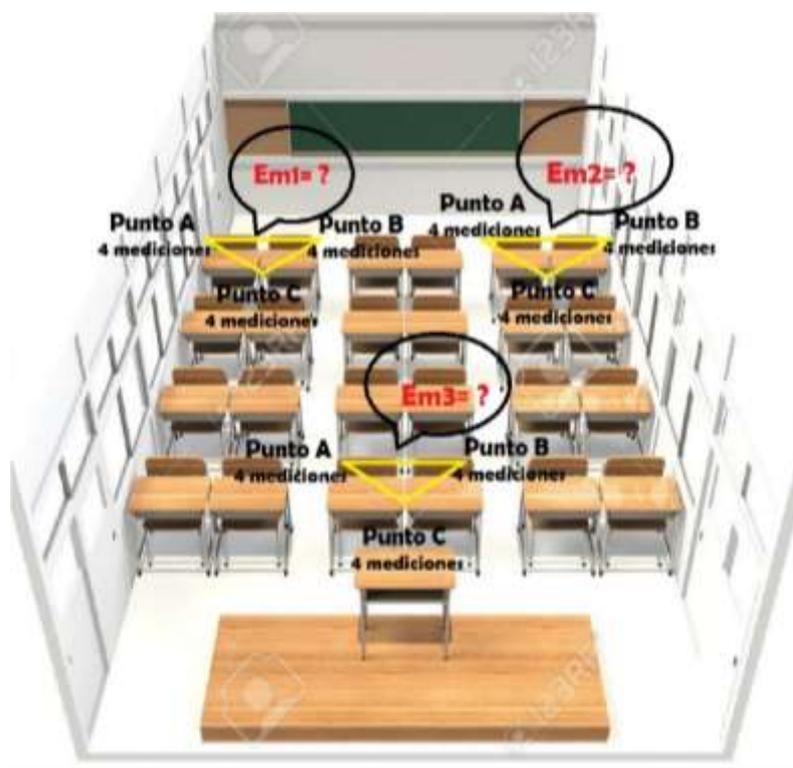


Fig. 14 Método para el cálculo de la Iluminancia media de una habitación. (El Autor, 2018)

Las superficies sujetas a análisis fueron pupitres, escritorios, pizarrones, mesas, etc. Por ello las mediciones realizadas fueron concebidas tanto en horas de la mañana como por la tarde y en la noche.

A continuación, se sitúa en las tablas 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6 algunos de los resultados obtenidos tras la prueba del luxómetro realizada en todas las aulas, laboratorios, oficinas, pasillos del establecimiento.

Los valores de iluminación necesarios en cada instancia son basados en la información otorgada por la Norma Ecuatoriana de construcción (Comite_Ejecutivo_de_la_Norma_Ecuatoria_de_la_Construcción, 2016).

Estos datos provienen de las fichas que midieron los niveles de iluminación anexadas en A20, A21 y A22.

Tabla 2.2
Iluminación media de un aula de la UEI con iluminación tipo LED (El Autor, 2018)

AULA CON ILUMINACIÓN LED (Noche)											
Em 1			Em 2			Em 3			Em Pizarron		
Punto A	Punto B	Punto C	Punto A	Punto B	Punto C	Punto A	Punto B	Punto C	Punto A	Punto B	Punto C
79	78	80	31	25	34	30	33	22	39	23	21
79	78	80	31	25	34	30	33	22	39	23	21
77	78	80	31	25	34	29	33	22	39	23	21
79	78	80	31	25	34	29	33	22	39	23	21
78,83			30,00			28,17			27,67		
45,67											

De la tabla 2.2 se recalca que la iluminación requerida en aulas nocturnas es de 500 lux, sin embargo, esta meta no es alcanzada debido a una mala distribución y errónea elección de luminarias.

Dentro del aula existen 6 Lumipaneles de 20 w, consumiendo así 120 w debido a la inexistencia de equipos auxiliares.

Tabla 2.3
Iluminación media de un aula de la UEI con iluminación tipo fluorescente (El Autor, 2018)

AULA CON ILUMINACIÓN FLUORESCENTE (Noche)											
Em 1			Em 2			Em 3			Em Pizarron		
Punto A	Punto B	Punto C	Punto A	Punto B	Punto C	Punto A	Punto B	Punto C	Punto A	Punto B	Punto C
119	126	113	13	13	13	44	36	32	104	18	18
121	125	112	13	13	12	45	35	31	102	19	17
117	127	115	13	13	13	45	37	32	104	17	17
118	126	112	12	13	12	45	36	32	104	17	17
119,25			12,75			37,50			46,17		
56,50											

De la tabla 2.3 se recalca que la iluminación requerida en aulas nocturnas es de 500 lux, sin embargo, esta meta no es alcanzada debido al pésimo estado de las luminarias.

Dentro del aula existen 3 luminarias de tubo fluorescente de 40 w, consumiendo así 120 w debido a los equipos auxiliares

Tabla 2.4
Iluminación media de una cancha de la UEI mediante reflectores (El Autor, 2018)

Espacio Recreativo Cancha (Noche)								
Punto A								
Pto 1			Pto2			Pto 3		
10	10	11	37	31	25	18	14	16
10	10	10	38	30	24	17	14	16
11	10	11	38	31	25	17	13	16
10	10	11	38	31	25	17	14	17
10,33			31,08			15,75		
La Iluminancia Media del Punto A es:			19,06					
Punto B								
Pto 1			Pto2			Pto 3		
10	10	11	10	10	11	12	10	12
10	10	11	10	10	10	11	10	12
11	10	10	11	10	10	11	11	12
10	10	10	10	10	10	11	11	10
10,25			10,17			11,08		
La Iluminancia Media del Punto B es:			10,50					
Punto C								
Pto 1			Pto2			Pto 3		
29	32	31	23	26	29	16	12	13
30	32	31	24	25	28	16	12	14
30	32	31	25	25	25	15	11	12
29	33	30	23	25	25	15	10	10
30,83			25,25			13,00		
La Iluminancia Media del Punto C es:			23,03					
17,53								

De la tabla 2.4 se recalca que la iluminación necesaria en espacios recreativos como es de 50 lux, sin embargo, esta meta no es alcanzada debido al mal estado de varias luminarias que se encuentran distribuidas a lo largo del espacio.

La existencia de 4 reflectores de 400 w representa un consumo de un poco más de 1600w debido al equipo auxiliar (balasto)

Tabla 2.5
Iluminación media de la biblioteca de la UEI con iluminación tipo fluorescente (El Autor, 2018)

BIBLIOTECA VIRTUAL (Tarde)											
Em 1			Em 2			Em 3			Em Computadoras		
Punto A	Punto B	Punto C	Punto A	Punto B	Punto C	Punto A	Punto B	Punto C	Punto A	Punto B	Punto C
154	164	161	21	77	28	17	28	17	126	98	136
155	163	160	21	76	29	18	28	17	125	97	134
154	164	161	21	76	28	18	28	17	127	99	137
154	163	160	21	77	29	18	28	18	127	97	136
159,42			42,00			21,00			119,92		
74,14											

De la tabla 2.5 se recalca que la iluminación requerida en áreas de lectura y bibliotecas es de 500 lux, la meta no es alcanzada debido por el mal estado de las luminarias.

La presencia de 5 luminarias de tubo fluorescente de 40 w, indican un consumo de 225w debido al equipo auxiliar (balasto).

Tabla 2.6
Iluminación media en pasillos y áreas de tránsito mediante tecnología fluorescente (El Autor, 2018)

Area de pasillo con Iluminación (Noche)								
Punto A			Punto B			Punto C		
63	63	41	23	17	20	20	18	33
64	61	41	24	17	20	19	18	33
63	62	41	23	17	21	20	19	33
63	62	41	23	17	20	20	20	32
55,42			20,17			23,75		
33,11								
Area de pasillo sin Iluminación (Noche)								
Punto A			Punto B			Punto C		
11	11	10	11	10	10	10	10	10
11	11	10	10	11	10	10	11	10
11	11	11	10	11	10	10	10	10
11	11	10	10	10	11	10	10	11
10,75			10,33			10,17		
10,42								

De la tabla 2.6 se recalca que la iluminación requerida en pasillos y áreas de tránsito es de 100 lux, la meta no es alcanzada debido al mal estado, mala distribución de las luminarias y en algunos casos la falta de al menos una de ellas. Dentro del área medida existe 1 luminaria de tubo fluorescente compacto de 20 w, consumiendo así 20w por un área de un metro cuadrado.

La tabulación previamente realizada permitió el cálculo del VEEI (Valor de Eficiencia Eléctrica de una Instalación); dichos valores como se observó dentro del marco teórico son indicadores que busca delimitar la potencia máxima requerida para iluminar cierto espacio de trabajo.

Por tal motivo los valores límite varían con respecto a las necesidades requeridas en cada sitio. Dicho esto, la eficiencia energética de cualquier instalación de iluminación es determinada mediante la ecuación (3):

$$VEEI = \frac{P*100}{A*Em} \quad (3)$$

Donde:

P = Es la potencia total requerida para iluminar dicho espacio. Se debe tomar en cuenta la energía requerida por equipos auxiliares. (W)

A = Es el área que se busca iluminar dentro de ese espacio (m2).

Em = Es la Iluminancia media horizontal mantenida en dentro del área.

Las delimitaciones señaladas en la tabla 2.7, se basan según lo dictado en la norma INEN 2 506: 209 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2009); a su vez, dichos valores evalúan los niveles de eficiencia energética

Tabla 2.7
VEEI actual en zonas de muestreo (Ministerio de Fomento, 2018)

Local	Actividad	Pot. Total (kW)	Área Iluminada (m ²)	Iluminancia (Lux)			VEEI (W/m ²)		UGR
				media	mínima	Requerida	Calc.	limite	
Aula Fluorescente	Dar clases y tutorías en horarios vespertinos y nocturnos	0,4	58,5	92.64	50.67	<u>500</u>	6,84	<u>4.0</u>	19
Aula Lumipaneles	Dar clases y tutorías en horarios vespertinos y nocturnos	0,12	58,5	45.67	28.17	<u>500</u>	2,05	<u>4.0</u>	13
Oficina	Zona de trabajos administrativos.	0,3	33,25	152.28	98.75	<u>500</u>	9,02	<u>6.0</u>	18,5
Laboratorio	Laboratorios de Computación Química, Ingles, Biología, etc.	0,4	67,5	39.81	11.75	<u>500</u>	5,93	<u>4.0</u>	17,8
Rectorado	Zona de trabajo de la máxima autoridad ejecutiva.	0,24	63,25	353.67	117.73	<u>300</u>	3,79	<u>6.0</u>	18
Sala de Proyecciones	Salón de actos, convenciones o uso múltiple.	0,5	126	49.53	44.08	<u>300</u>	3,97	<u>10.0</u>	17,5
Biblioteca	Zona de lectura y trabajo investigativo.	0,3	91	74.14	21	<u>500</u>	3,30	<u>6.0</u>	14
Espacio Deportivo	Zona de recreación y deporte	2,4	1075	17.53	13	<u>50</u>	2,23	<u>5.0</u>	5
Departamento Medico	Zona de atención medica a estudiantes y personal educativo.	0,81	87,5	175.28	133.75	<u>500</u>	9,26	<u>4.5</u>	18,45
Observaciones	* La Iluminación LED en las aulas no es la correcta, debido a la mala elección de luminarias y su mala distribución. * En ciertos casos el VEEI excede los límites requeridos por la norma, por consiguiente existe un mal gasto de energía eléctrica.								

El UGR es el índice de deslumbramiento presente en los espacios.

De la Tabla 2.7 se concluye que además de presentar niveles de iluminación insuficiente, dichas instalaciones incumplen en varias ocasiones el VEEI; por lo que, la opción más viable es la repotenciación de los sistemas de iluminación.

Las fichas auditoras que determinaron los niveles de aprovechamiento de iluminación natural, mantenimiento de lámparas, equipos y materiales de difusión de iluminación, métodos sobre el control del encendido y apagado, etc. Se encuentran anexadas en A16, A17, A18 y A19; de tales encuestas se resume que:

- Los tipos de tubos fluorescentes son en su 100% estándar.
- El porcentaje de luminarias sin un difusor ronda el 65%; mientras que porcentajes del 10% y 25% son otorgados a luminarias con difusor blanco y aluminizado respectivamente.
- Los equipos auxiliares presentes en las luminarias fluorescentes son en su 100% reactancias convencionales (Balastos electromagnéticos).
- No existen sistemas de control inteligente o de regulación.
- No se aprovecha en gran medida los niveles de luz natural.

- La gestión del sistema de iluminación se basa en el encendido y apagado de luminarias manualmente.
- No se realizan planes de mantenimiento, sino hasta que se estropee algún equipo.
- Los niveles de iluminación en horarios diurnos son adecuados, mientras que en horarios vespertinos y nocturnos son escasos.
- Las causas de los bajos niveles de iluminación son: la mala distribución del alumbrado y problemas en niveles de voltaje.

2.3.7. Calificación energética del inmueble

Uno de los programas reconocidos y aprobados en la comunidad europea serán aplicados en la calificación actual de la UEI.

Dicho esto, el software **Ce3x** se presta como una opción muy viable debido a su libre y sencilla configuración de datos (MEER, 2017), ya que, tiene la opción de configurar sus parámetros en base a los propuestos por la ubicación del edificio.

Más adelante se presenta el cálculo y configuración de los parámetros acordes a la ubicación de la UEI.

Zona Climática Ibarra

La zona climática establece los niveles racionales de energía requeridos para alcanzar el confort, basados en las condiciones climáticas de la localidad. Sin embargo, la tabla del estudio otorgada por el “Documento básico HE ahorro de energía 2018” (Anexo B), no indica el tipo de zona que se maneja en otros países; por tal motivo el cálculo de la zona climática de la ciudad Ibarra es indispensable.

El documento básico abalado por él (Ministerio_de_Fomento, 2018), establece que las zonas climáticas de las ciudades de España son obtenidas en función a su provincia, temperaturas, clima, altura al nivel del mar y humedad; sin embargo, un documento de la secretaria de estado de España de infraestructuras, transporte y vivienda (FOMENTO, 2018), menciona que la existencia de fórmulas que permiten correlacionar las severidades climáticas estacionales con las zonas climáticas.

Es así que para determinar la zona climática de Ibarra-Ecuador, se contrasto la severidad climática con las zonas propuestas por la (Dirección_General_de_arquitectura, 2017).

Las fórmulas aplicadas se las presenta a continuación:

$$SCI = a_{Inv} * Rad + b_{Inv} * (GD_{Inv}) + c_{Inv} * Rad * (GD_{Inv}) + d_{Inv} * Rad^2 + e_{Inv} * (GD_{Inv})^2 + f_{Inv} \quad (4)$$

$$SCV = a_{Ver} * Rad + b_{Ver} * (GD_{Ver}) + c_{Ver} * Rad * (GD_{Ver}) + d_{Ver} * Rad^2 + e_{Ver} * (GD_{Ver})^2 + f_{Ver} \quad (5)$$

Donde:

- SCI = Severidad Climática en la época Invernal.
- SCV = Severidad Climática en la época de verano
- GD_{Inv} = Es la media de la suma de grados-día de invierno con Temperatura Base 20 para los meses de octubre a mayo.
- GD_{Ver} = Es la media de la suma de grados-día de verano con Temperatura Base 20 para los meses de junio a septiembre.
- $a_{Inv} = -8.35 \times 10^{-3}$ $b_{Inv} = 3.72 \times 10^{-3}$ $c_{Inv} = -8.62 \times 10^{-6}$ $d_{Inv} = 4.88 \times 10^{-5}$ $e_{Inv} = 7.15 \times 10^{-7}$ y $f_{Inv} = -6.81 \times 10^{-2}$ son coeficientes de regresión para la severidad climática de invierno.
- $a_{Ver} = 3.72 \times 10^{-3}$ $b_{Ver} = 1.41 \times 10^{-2}$ $c_{Ver} = -1.87 \times 10^{-5}$ $d_{Ver} = 2.05 \times 10^{-6}$ $e_{Ver} = -1.39 \times 10^{-5}$ y $f_{Ver} = -5.43 \times 10^{-1}$ son coeficientes de regresión para la severidad climática de verano.
- Rad= radiación solar media en Ibarra

El valor de SCI y SCV deben de ser comparados con los valores de las tablas 2.8 y 2.9; dichas tablas permiten descifrar la letra y el valor numérico que poseerá dicha zona.

Tabla 2.8
Determinación de la zona climática en base a la severidad climática de invierno (*Ministerio de Fomento, 2018*)

A	B	C	D	E
$SCI \leq 0.3$	$0.3 < SCI \leq 0.6$	$0.6 < SCI \leq 0.95$	$0.95 < SCI \leq 1.3$	$SCI > 1.3$

Tabla 2.9
Determinación de la zona climática en base a la severidad climática de verano (*Ministerio de Fomento, 2018*)

1	2	3	4
$SCI \leq 0.6$	$0.6 < SCI \leq 0.9$	$0.9 < SCI \leq 1.25$	$SCV > 1.25$

Cabe mencionar que el Documento Básico HE de Ahorro de Energía indica que:

- Para zonas A1 y A2 se consideran a todos los efectos con las mismas exigencias correspondientes a la zona A3.

- Para zonas B1 y B2 se consideran a todos los efectos con las mismas exigencias correspondientes a la zona B3.
- Para zonas E2, E3 y E4 se consideran a todos los efectos con las mismas exigencias correspondientes a la zona E1.

La información correspondiente al cálculo realizado para la determinación de la zona climática de la ciudad de Ibarra, se encuentra establecida en el anexo C, en dicha tabla se muestra lo siguiente:

- Según la página oficial del municipio (GAD-Ibarra, 2018). La temperatura media del cantón Ibarra ronda los 15.9 °C, con una variación de ± 0.3 °C; de igual manera, dicha página establece que las temperaturas máximas y mínimas media, varían entre los 20°C a 25°C y de 7°C a 10°C respectivamente.
- La temperatura media en Ibarra durante el año 2018 fue de 16,91°C (AccuWeather, 2018).
- La radiación solar en Ibarra es de 4.883kWh/m² (Chandi & Ruano, 2016).
- Los Grados – Día (GD) medios totales de la época invernal es de 98.13°C. Siendo que fueron en: Oct = 85°C, Nov = 86.5°C, Dic = 75°C, Ene = 133°C, Feb = 89°C, Mar = 107.50°C, Abr = 114.50°C, May = 94.50°C.
- El cálculo otorgado por las ecuaciones 5 y 6, abalan que las severidades climáticas invernales y de verano son 0.26 y 0.53 respectivamente, por lo que basados en las tablas 2.8 y 2.9, Ibarra posee una zona climática “A3”.

Como siguiente paso se contrastó las temperaturas promedio presentes en las zonas de tipo “A3” con la finalidad de apreciar las similitudes dentro de las ciudades de España, ver Tabla 2.10.

Tabla 2.10
Análisis de las zonas climáticas (Ministerio de Fomento, 2018) (Climate-Data.org, 2018) (INAMHI, 2014)

	CÁDIZ				MÁLAGA				MELILLA				IBARRA			
	Max	Min	Prom	Hum%	Max	Min	Prom	Hum%	Max	Min	Prom	Hum%	Max	Min	Prom	Hum%
Enero	16	10	13	75	17	8	12,5	69	17	10	13,5	72	21,4	10,1	15,71	73
Febrero	17	11	14	74	18	8	13	68	17	11	14	74	21,5	12,1	16,82	74
Marzo	18	12	15	71	19	9	14	67	18	12	15	73	20,1	13	16,53	73
Abril	20	14	17	69	21	11	16	63	20	13	16,5	69	21	11,4	16,18	74
Mayo	22	16	19	70	24	14	19	59	23	16	19,5	67	19,3	14,6	16,95	75
Junio	25	19	22	69	28	18	23	58	26	19	22,5	67	22	13,2	17,6	71,5
Julio	28	21	24,5	68	30	20	25	58	29	22	25,5	66	22,5	11,7	17,08	72,5
Agosto	28	22	25	70	31	21	26	61	29	22	25,5	69	22	10,6	16,34	73
Septiembre	26	20	23	71	28	19	23,5	65	27	20	23,5	72	21,1	14,5	17,78	76
Octubre	23	17	20	74	24	15	19,5	70	24	17	20,5	75	22,5	12	17,26	77
Noviembre	19	13	16	74	20	11	15,5	71	20	14	17	74	21,6	12,6	17,12	73
Diciembre	17	11	14	76	17	9	13	72	18	11	14,5	73	21,2	13,9	17,58	75
	He1= A3		18,54	71,75	He1= A3		18,33	65,08	He1= A3		18,96	70,92	He1= A3		16,91	73,92

Las temperaturas promedio de cada mes no se ven muy alejadas de la temperatura base (20°C), por lo que estas condiciones permiten que no sean muy requeridas las necesidades refrigeración o calefacción.

De igual manera la humedad presente en el sector de Ibarra es similar a las condiciones presentadas en Cádiz, Málaga y Melilla. (El Autor, 2018)

De la Tabla 2.10 se concluye que la zona climática de Ibarra para las temperaturas del año 2018 es equivalente a una de tipo “A3” y de valor “V”.

El valor “V” proviene de la zona por defecto marcada en el programa Ce3x; esto se lo corrobora en la Fig. 15 Zonas Climáticas de Málaga, Melilla y Cádiz (Ce3x, 2018).

The figure displays three identical screenshots of the Ce3x software interface, each showing the 'Datos generales' (General Data) section. The interface is a web-based form with various input fields and dropdown menus. The data entered in each screenshot is as follows:

Field	Value
Normativa vigente	Anterior
Año construcción	1950
Tipo de edificio	Edificio completo
Perfil de uso	Intensidad Alta - 16h
Provincia/Ciudad autónoma	Melilla
Localidad	Melilla
Zona climática	A3
HE-1	HE-4
HE-1	V

The same data is shown for Málaga and Cádiz in the other two screenshots, with the 'Provincia/Ciudad autónoma' and 'Localidad' fields updated accordingly.

Fig. 15 Zonas Climáticas de Málaga, Melilla y Cádiz (Ce3x, 2018)

Calificación del inmueble

En la fig. 16 se observa que, con el ingreso de los valores de la zona climática equivalente a Ibarra, y el resto de las características presentes en la UEI (Superficie útil, envolvente térmica, equipos presentes, patrón de sombras, etc.), se obtiene una calificación de tipo C.



Fig. 16 Calificación Actual de la UEI (El Autor, 2018)

La calificación presente en la fig. 16 indica que:

- Las demandas y emisiones de calefacción y A.C.S generadas dentro del inmueble no tienen calificación, porque no existen equipos que implementen estos servicios.
- La calificación otorgada a los procesos de refrigeración es de tipo C; esto se debe a la inexistencia de ciertas capas termoaislantes en los muros que rodean a los espacios con aire acondicionado. Por tal motivo el equipo requerirá de mayores lapsos de funcionamiento para alcanzar el debido confort térmico.
- La calificación otorgada al proceso de iluminación es de tipo B, ya que los niveles de iluminación no son los apropiados además de que no existen sistemas que controlen este proceso.

2.4. Determinación del estado actual del sistema eléctrico.

Las fichas técnicas junto a la calificación actual del establecimiento y los resultados proporcionados por el analizador de redes indican que el suceso de mayor impacto en lo que concierne al consumo energético eléctrico es la iluminación.

La tabla 2.11 corrobora lo anteriormente mencionado, mediante el resumen de carga analizado a través del menú energético del establecimiento. Dentro de dicho resumen se comprueba que:

- Varias luminarias se encuentran fuera de servicio a lo largo de todo el campus.
- El proceso de iluminación encarna un 68% de la carga total, con un consumo de 4787,88 kW.

Elementos tales como: laboratorios de computación y secadores de manos representan un consumo energético 23% y 3% de la carga total respectivamente

Tabla 2.11
Resumen de Carga (El Autor, 2018)

Resumen de carga de la Unidad Educativa Ibarra										
ITEM	DESCRIPCION	Definición de consumos								
		CANT.	Pn (W)	P. Total (W)	FSN "%"	FFuN "%"	Horas/Día	kW/Día	Días al Mes	Energía Teórica Mensual
1	Focos LED	45	24	1080	85%	80%	10	7,344	20	146,88
2	Tubos Fluorescentes	500	45	22500	85%	80%	10	153	20	3060
3	Focos Fluorescentes	165	20	3300	85%	80%	10	22,44	20	448,8
4	Focos Incandescentes	6	100	600	85%	80%	10	4,08	20	81,6
5	Frigorificos	9	350	3150	45%	100%	4	5,67	30	170,1
6	Computadores	350	150	52500	40%	65%	6	81,9	20	1638
7	Radios	5	100	500	50%	50%	2,5	0,3125	20	6,25
8	Cafeteras	3	550	1650	50%	15%	1	0,12375	20	2,475
9	Toma Corrientes	375	100	37500	30%	15%	2	3,375	20	67,5
10	Microondas	2	1450	2900	75%	30%	1	0,6525	20	13,05
11	jugera	1	300	300	100%	30%	0,5	0,045	20	0,9
12	copiadoras	2	900	1800	90%	50%	1	0,81	20	16,2
13	batidora	1	400	400	100%	30%	1	0,12	20	2,4
14	Licuadaora	2	300	600	75%	30%	1	0,135	20	2,7
15	Tostadora	1	1500	1500	100%	15%	0,25	0,05625	20	1,125
16	Proyectores	7	400	2800	45%	65%	4,5	3,6855	20	73,71
17	Aire Acondicionado	4	1500	6000	50%	50%	1	1,5	5	7,5
18	Ventiladores	4	150	600	40%	65%	3	0,468	20	9,36
19	Reflectores	10	400	4000	80%	80%	10	25,6	30	768
20	Lamparas de sodio 150w	9	150	1350	100%	100%	10	13,5	30	405
21	impresoras	12	100	1200	50%	75%	1	0,45	20	9
22	Secadores de Mano	6	1600	9600	50%	75%	3	10,8	20	216
23	Esterilizadora	1	1400	1400	100%	25%	0,25	0,0875	20	1,75
24	Lampara de luz halogena	1	20	20	100%	25%	0,25	0,00125	20	0,025
25	Sillon Dental	1	550	550	100%	25%	0,25	0,034375	20	0,6875
26	Rack de conexión de red	1	75	75	100%	100%	24	1,8	30	54
27	Parlantes	10	200	2000	35%	25%	2	0,35	5	1,75
28	Altavoces	5	200	1000	100%	25%	0,25	0,0625	20	1,25
TOTAL					TOTAL DE ENERGIA TEORICA DIARIA (W)		338,40	TOTAL DE ENERGIA TEORICA MENSUAL(W)		7206,01
								TOTAL DE ENERGIA REAL MENSUAL (W)		7191

. El consumo generado en los procesos de Iluminación no se ven reflejados en el debido confort; siendo las principales causas el uso de tecnología obsoleta y la incorrecta distribución de luminarias. No obstante, la continua presencia de averías es otro de los factores presentes en los bajos niveles de iluminación; dichas falencias fueron determinadas mediante pruebas y mediciones.

Es allí en donde se divisó que, la descompensación producida por los bajos niveles de voltaje en la alimentación de las lámparas, elevaba la corriente circundante; dichos desfases desgastaban rápidamente el estado físico de la luminaria.

Incide en la sobrecarga de fases, falta de organización, distribución y protección en los cableados, cajas térmicas y repartidores de carga, la falta de un plano eléctrico.

De igual manera el actual sistema eléctrico puede presentar inconvenientes basados en temas de sobrecarga o sobredimensionamiento debido a que su transformador es público.

Toda la información mencionada es corroborada y detallada en la tabla 2.12.

Tabla 2.12
Datos Técnicos obtenidos del analizador de redes. (El Autor, 2018)

Descripción	Datos de las Mediciones por Fecha	
	<i>26 de Junio del 2017</i>	<i>25 de Mayo del 2018</i>
<i>Cargabilidad del transformador</i>	34.63%	39.26%
<i>Porcentaje mediciones de THDV sobre el 5% admisible.</i>	0	0
<i>Niveles de tensión "115V" (Max – Min)</i>	133.65V – 125V	133.5V – 126V
<i>Porcentaje mediciones del FP sobre el 5% admisible.</i>	83.33%	85.62%
<i>Corrientes máximas no coincidentes por fase. (Fase A – Fase B – Fase C – Neutro)</i>	88.3A – 78.4A – 59.3A – 72A	93.1A – 82.6A – 61.4A – 77A
<i>Porcentaje mediciones del efecto Flicker sobre el 5% admisible.</i>	0.1%	0.03%
<i>Energía consumida durante el periodo de medición. (7 días)</i>	1 675 kW-h	1 524 kW-h

En síntesis, la calidad en general de todo el sistema eléctrico de la UEI podría catalogarse como, muy buena, debido a que las perturbaciones tales como: efecto flicker, niveles de distorsión armónica y de voltaje dentro de la red, poseen niveles muy bajos siendo casi nulos. No obstante, el bajo factor de potencia va a generar dentro de las planillas una penalización monetaria.

La corrección del Factor de potencia y el desbalance de carga, son factores que no ayudarían al mejoramiento de la eficiencia energética, sin embargo, mejorarán la calidad de energía, evitando así futuras averías y generando a su vez confiabilidad y ahorro económico.

2.5. Simulación de un sistema domotizado.

Debido a la limitación existente dentro del software ETS, se realizó un análisis entre la energía consumida por un aula normal con Iluminación Led, versus la misma aula, pero domotizada. Dicho sistema se basa en un control sencillo, utilizando un sensor de luminosidad; sin embargo, se puede optar por controles más complejos que a su vez traerán mejores resultados.

En la fig. 17 se observa el aprovechamiento de la luz natural, mediante el uso de un sensor de luminosidad junto a las ventanas. A continuación, fue necesario plantear dentro del ETS 5 un esquema domótico que permita bloquear el encendido de las luminarias que se encuentran junto a las ventanas, sin importar la orden dada por el botón de encendido, siempre y cuando la luminosidad sea la correcta.



Fig. 17 Ubicación del sensor de luminosidad (El Autor, 2018)

En la fig. 18 se observa el resultado de la simulación del aula generada dentro del software DIALUX EVO.



Fig. 18 Simulación del aula 112 (El Autor, 2018)

Una vez se obtenga la distribución de luminarias que cumplen los requerimientos lumínicos del aula, se procede a otorgar un nombre a cada luminaria.

Por la limitación que se presenta dentro del ETS 5, tan solo se nombran 6 de las luminarias; cumpliendo así la programación de máximo 5 puntos (3 salidas binaria, 1 sensor, 1 Pulsador On/Off).

Las luminarias con su respectiva clasificación se las muestra en la Fig. 19 Dispositivos Instalados en el aula 112 (El Autor, 2018).

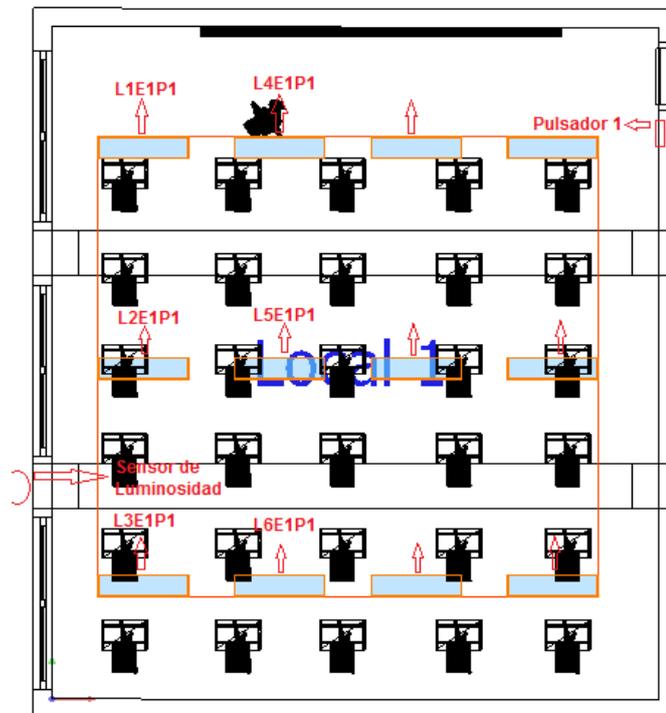


Fig. 19 Dispositivos Instalados en el aula 112 (El Autor, 2018)

Como siguiente paso es necesario plantear un esquema que represente la topología planteada para dicha aplicación. Dicho esquema plantea la topología

tipo Bus, por lo cual en la línea 1 se conectan todos los dispositivos. Esto se lo observa en la Fig. 20 Topología básica para el Aula 112 (El Autor, 2018).

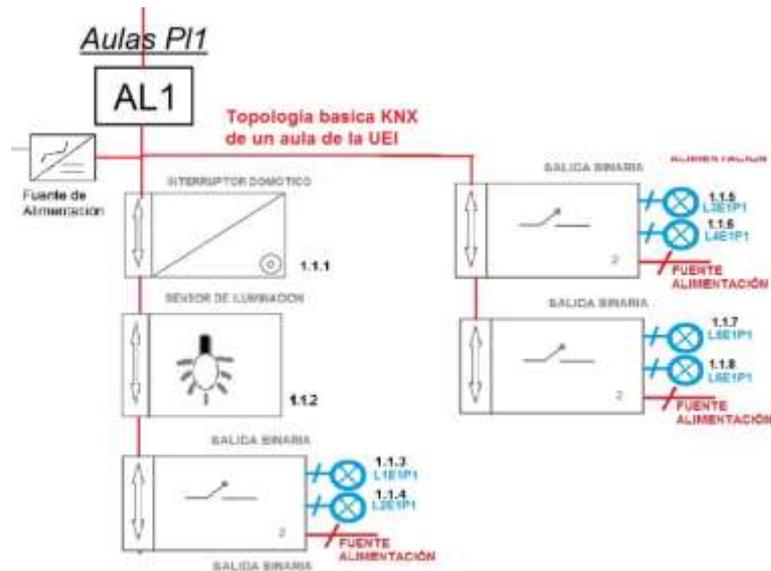


Fig. 20 Topología básica para el Aula 112 (El Autor, 2018)

Una vez clara la topología es momento de definir las direcciones de grupo; es decir, a donde cada dispositivo se verá dirigido.

Por lo tanto, en el gráfico se presenta la tabla 2.13 de funciones que permitirán distribuir de manera más sencilla las direcciones.

Tabla 2.13
Tabla de funciones del Aula 112 (El Autor, 2018)

TABLA DE FUNCIONES					
APARATOS	DIRECCIÓN FÍSICA	ELEMENTO	OBJETOS	GRUPO	PARÁMETROS
PULSADOR SIMPLE	1.1.1	PULSADOR	TECLA SUP	1/1	ENCENDER TODAS LAS LUMINARIAS
			TECLA INF	1/2	APAGAR TODAS LAS LUMINARIAS
SENSOR DE LUMINOSIDAD	1.1.2	ACTUADOR	CONTACTOR	1/3	APAGAR L1E1P1, L2E1P1 y L3E1P1
SALIDA "A" BINARIA DE DOS CANALES	1.1.3	CANAL A	-	1/1; 1/2; 1/3	CONMUTAR L1E1P1
		CANAL B	-	1/1; 1/2; 1/3	CONMUTAR L2E1P1
SALIDA "B" BINARIA DE DOS CANALES	1.1.4	CANAL A	-	1/1; 1/2; 1/3	CONMUTAR L3E1P1
		CANAL B	-	1/1; 1/2	CONMUTAR L4E1P1
SALIDA "C" BINARIA DE DOS CANALES	1.1.5	CANAL A	-	1/1; 1/2	CONMUTAR L5E1P1
		CANAL B	-	1/1; 1/2	CONMUTAR L6E1P1

Los grupos se van estructurando desde los sensores. Por ejemplo, el primer sensor en este caso es el pulsador simple, por lo tanto la acción de ON pertenece a 1/1, dejando a 1/2 a la acción de apagar. De igual manera la acción 1/3 se ve asociada a la interrupción proporcionada por el sensor de luminosidad.

Una vez planteadas las direcciones de todos los sensores es momento de relacionar cada dirección a los diferentes actuadores que encenderán las luminarias.

Como punto final en la Fig. 21 se observa la recreación de la topología del aula previamente planteada en la Fig. 20 dentro software ETS 5 con las direcciones de grupo previamente encontradas en la Tabla 2.13.

Nº	Nombre	Función e Descripción	Dirección de Grupo	Longitud
0	Salida 1	Accionar ON/OFF de L3E1PI basados en el sensor de luz	1/1, 1/2, 1/3	1 bit
1	Salida 2	Accionar ON/OFF de L3E1PI basados en el sensor de luz	1/1, 1/2, 1/3	1 bit

Nº	Nombre	Función e Descripción	Dirección de Grupo	Longitud
0	Salida 1	Accionar ON/OFF de L3E1PI basados en el sensor de luz	1/1, 1/2, 1/3	1 bit
1	Salida 2	Accionar ON/OFF de L4E1PI	1/1, 1/2	1 bit

Nº	Nombre	Función e Descripción	Dirección de Grupo	Longitud
0	Salida 1	Accionar ON/OFF de L6E1PI	1/1, 1/2	1 bit
1	Salida 2	Accionar ON/OFF de L6E1PI	1/1, 1/2	1 bit

Fig. 21 Topología del aula 112 dentro de ETS 5 (ETS 5, 2018)

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

3.1. Análisis y verificación de las mediciones lumínicas mediante DIALux evo.

Se midió, verificó y validó el error existente entre “luxes” otorgados por el Software y por el luxómetro; por tanto se correlacionó los valores medidos por el equipo y los del programa.

Con la finalidad de verificar los niveles de iluminación en horas de la noche, el estudio fue realizado a partir de las 19 horas, ejecutada con la metodología indicada en la Fig.11

La Tabla 3.1 indica los resultados obtenidos en la medición realizada en el campo a través del luxómetro.

Tabla 3.1
Iluminación del plano útil medida a través del luxómetro (El Autor, 2018)

PIZARRON				Punto A			P.U.A
113	17	24	51,42	159	139	131	142,75
113	17	24		159	138	130	
113	17	24		159	138	131	
113	17	25		160	138	131	
				Punto B			55,39
13	13	13	12,67				
13	12	13					
12	13	12					
13	13	12					
				Punto C			10,75
12	11	9					
9	13	11					
11	10	8					
12	10	13					
ESCRITORIO							
20	27	16	20,92				
20	26	16					
20	26	17					
20	27	16					

Para la simulación del aula dentro del software Dialux Evo, fue necesario verificar: el estado, la altura, posición y disposición de las luminarias, datos indispensables al instante del cálculo; planteando de esta manera, un escenario lo más cercano a la realidad.

Más adelante, en la fig. 22 se revelan las características físicas del aula en su estado original; mientras que la fig. 23 se representa la simulación del espacio de la fig. 22.



Fig. 22 Aula nocturna de la UEI en su estado natural (El Autor, 2018)

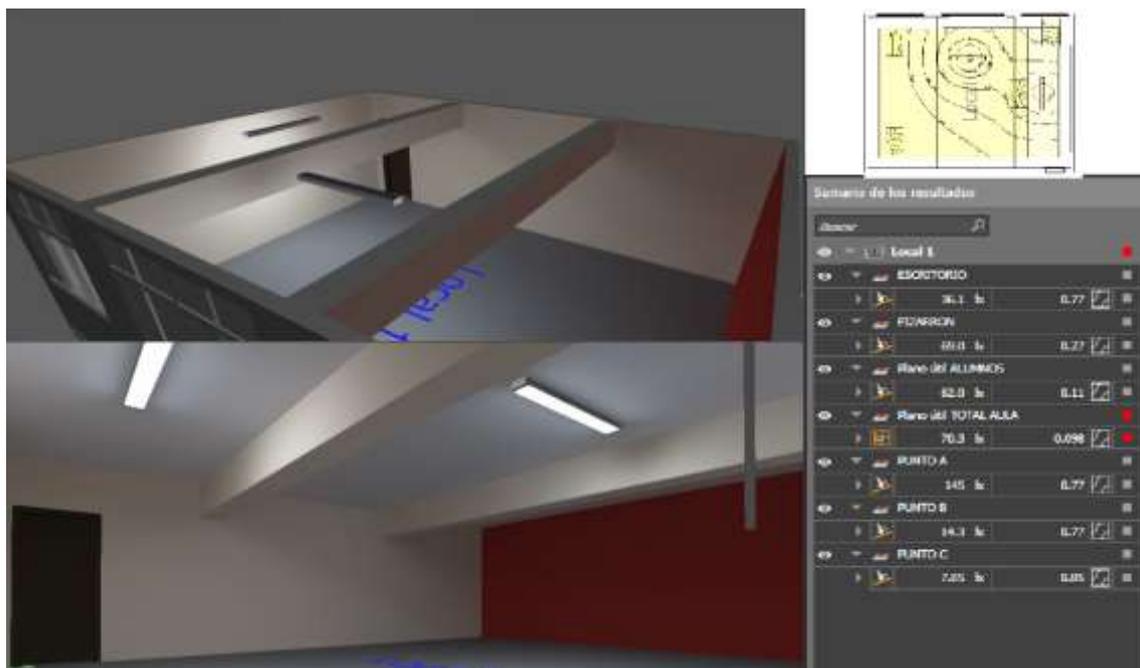


Fig. 23 Simulación del Aula nocturna de la UEI (El Autor, 2018)

La tabla 3.2 recrea el error promedio en luxes, contrastando el sumario de resultados presentado en la fig. 23 con los valores obtenidos en la tabla 3.1.

Por tal motivo, dentro de la simulación se plantea los 3 puntos de cálculo (A, B, C), permitiendo así, la evaluación, análisis y verificación de las 6 mediciones.

Tabla 3.2
Tabla lumínica Luxómetro vs DIALUX Evo (El Autor, 2018)

Punto A		Pizarron	
Luxometro	Software	Luxometro	Software
142,80	145	51,42	69
2,20		17,58	
Punto B		Escritorio	
Luxometro	Software	Luxometro	Software
12,67	14,30	20,92	36,10
1,63		15,18	
Punto C		Plano Util Alumnos	
Luxometro	Software	Luxometro	Software
10,75	7,85	55,39	62
-2,90		6,61	
Error promedio "lx"			
6,72			

Al presentarse un error promedio de ± 6.72 lx entre los resultados obtenidos mediante el Dialux EVO y el luxómetro; se concluye que, una vez se implementen las medidas constructivas propuestas dentro del programa, los niveles luminosos dentro del aula en su estado real serán los mismos al de la simulación.

3.2. Simulación de los nuevos sistemas de iluminación de la UEI.

. Los ocho proyectos construidos en el software DIALUX EVO 8.0 son acorde a los planos arquitectónicos y el levantamiento de información.

Dentro de cada proyecto se establecen:

- Niveles adecuados de iluminación, deslumbramiento y rendimiento cromático en cada una de las áreas, basados en la actividad que desarrollan.
- Niveles de consumo energético basados en el tiempo de actividad del plantel educativo

La Fig. 24 presenta la unión de los ocho proyectos juntos.



Fig. 24 Simulación de exteriores de toda la edificación de la UEI (El Autor, 2018)

3.3. Mejoramiento de la eficiencia energética con tecnología led

El cumplimiento de los requerimientos de iluminación, deslumbramiento y rendimiento cromático, pueden ser fácilmente verificados dentro del software DIALux Evo 8.0, observando la coloración de un punto encontrado en el sumario de resultados en un tono verdoso.

La fig. 25 presenta un ejemplo de lo anteriormente mencionado.



Fig. 25 Correcta Iluminación de una Aula (El Autor, 2018)

Estando claro el método de verificación de resultados, a continuación, las simulaciones:

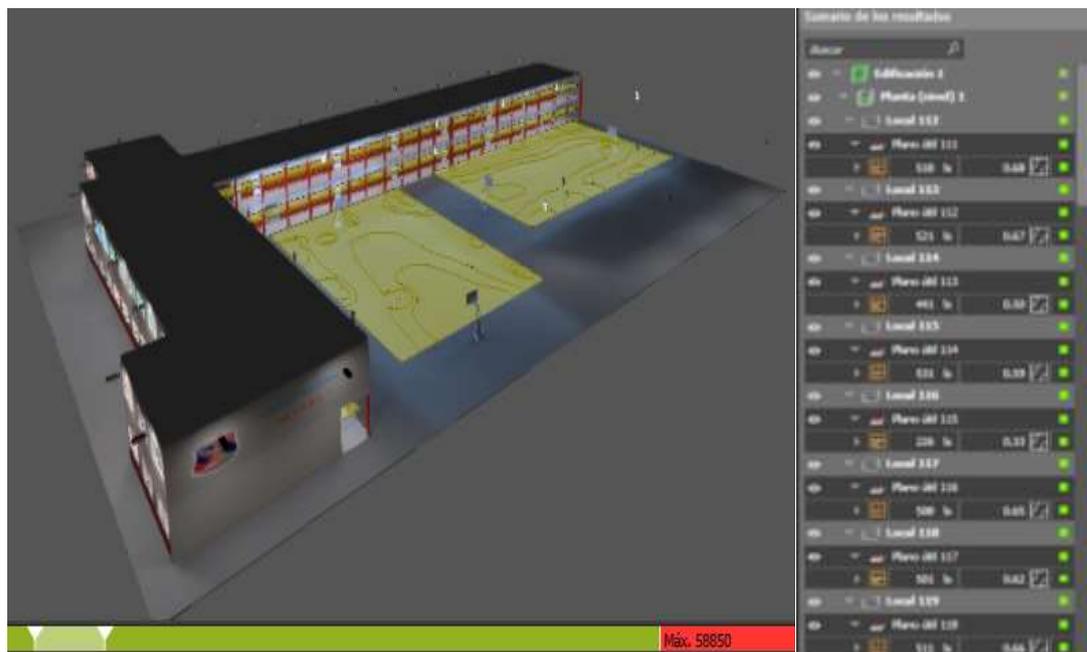


Fig. 26 Simulación de la sección uno de la UEI (El Autor, 2018)

La simulación del proyecto uno de la UEI expuesta en la fig. 26, exhibe la correcta iluminación correspondiente a las canchas de básquetbol y a la primera edificación.



Fig. 27 Simulación de la sección dos de la UEI (El Autor, 2018)

En la fig. 27 se observa la simulación del proyecto dos de la UEI; dicho edificio se encuentra en la parte posterior al de la fig. 26, y consta de tres laboratorios y una biblioteca que cumplen los parámetros de iluminación requeridos.



Fig. 28 Simulación de la sección tres de la UEI (El Autor, 2018)

La fig. 28 simula el proyecto número tres de la UEI; tal inmueble se encuentra en la parte izquierda junto al edificio de la fig. 26, y posee tanto un bar como un comedor y un laboratorio de ciencias naturales.



Fig. 29 Simulación de la sección cuatro de la UEI (El Autor, 2018)

La fig. 29 simula el proyecto número cuatro de la UEI; dicha estructura corresponde a la entrada principal de la institución, y consta de ciertas oficinas.



Fig. 30 Simulación de la sección cinco de la UEI (El Autor, 2018)

El edificio representado en la Fig. 30 simula el proyecto número cinco de la UEI.

Se encuentra junto a la parte derecha del edificio de la fig. 29; dentro de éste, se encuentra el departamento médico, varias aulas y salas de profesores.



Fig. 31 Simulación de la sección del Coliseo de la UEI (El Autor, 2018)

El coliseo y sus alrededores se los encuentra simulados en el proyecto 6 y se lo visualiza en la Fig. 31.

Dentro de esta edificación se encuentra el centro de copias, ciertas áreas técnicas y una sala de juntas.

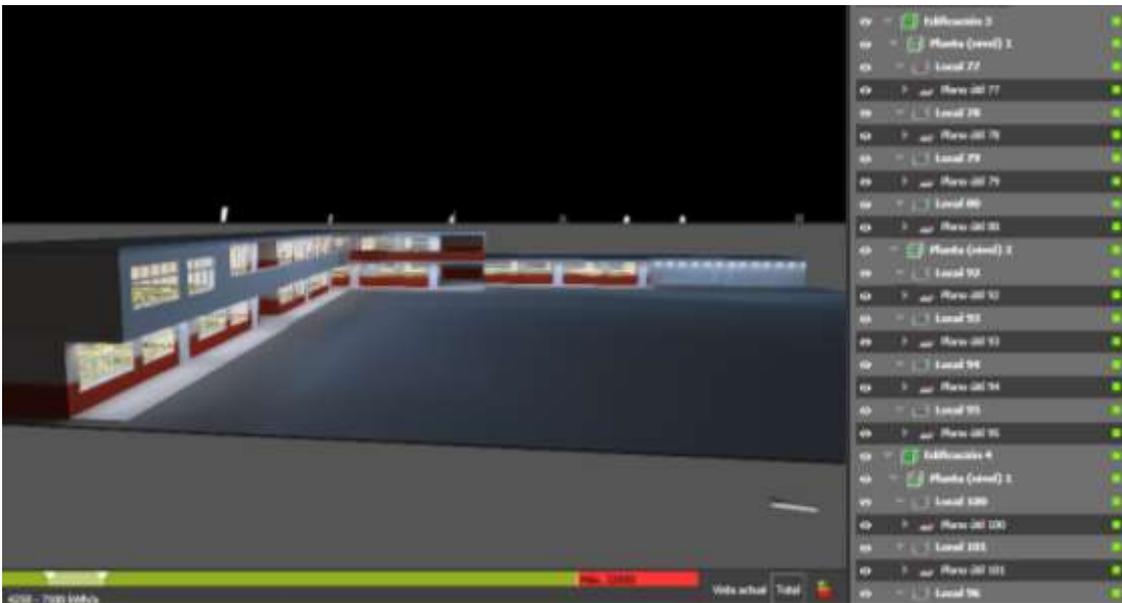


Fig. 32 Simulación de la sección seis de la UEI (El Autor, 2018)

El proyecto número 7 consta de 2 edificaciones representadas en la fig. 32; dichos edificios están ubicados en la parte posterior del coliseo. Esta sección se ve ocupada en horarios vespertinos y diurnos.

3.4. Mejoramiento de la eficiencia energética mediante domótica y tecnología led

La simulación presente en la fig. 33 corresponde a la variación del consumo energético eléctrico vigente, en aula de la fig. 17; suponiendo que ésta, poseerá un control inmótico en su sistema de iluminación.

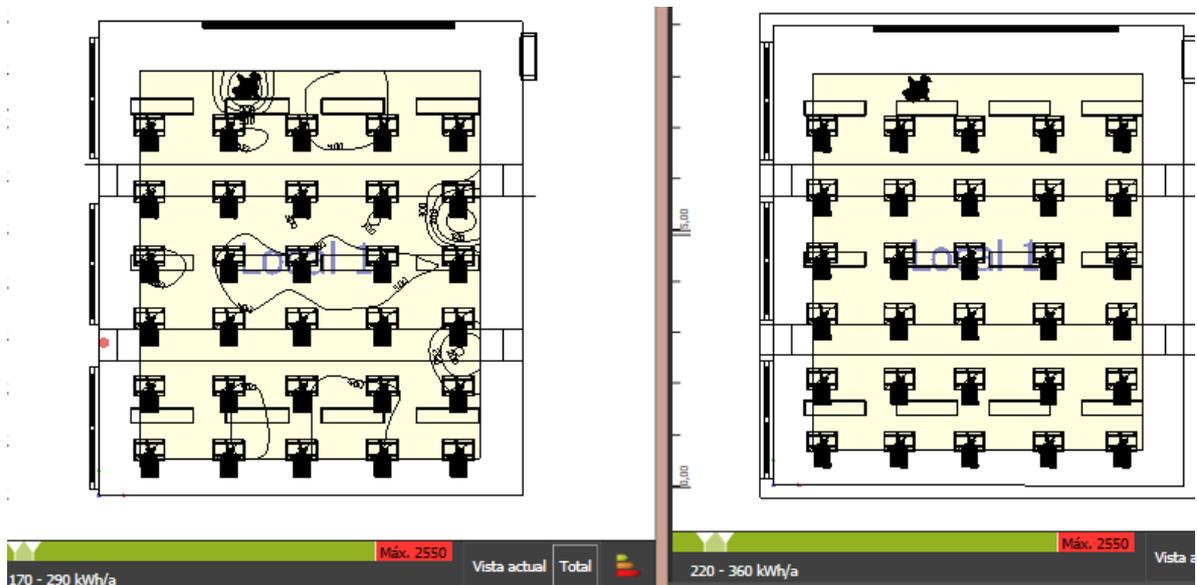


Fig. 33 Consumo energético Aula Domotizada Vs Aula Normal (El Autor, 2018)

De la fig. 33 se concluye que el consumo generado por un sistema inmótico disminuye en un 17%, mediante el control de la iluminación; representando así, un posible ahorro anual de entre 6.27\$ por aula.

Debido a que el presente control inmótico se basa en el apagado de las luminarias que se encuentran junto a la ventana, el ahorro se ve limitado en torno a la iluminancia natural; ya que, si la iluminación otorgada por el sol hacia el aula es insuficiente, todas las luminarias se encenderán al instante de presionar el pulsador de comando.

Como punto final se presenta en la tabla 3.3 el análisis del VEEI del aula de la fig. 16; dicha tabla, busca comparar valores de Iluminancia media y VEEI.

Tabla 3.3
Análisis del VEEI (El Autor, 2018)

Local	Actividad	Pot. Total (kW)	Área Iluminada (m ²)	Iluminancia (Lux)			VEEI (W/m ²)		UGR
				media	mínima	Requerida	Calc.	limite	
Aula con iluminación LED y tecnología Inmótica.	Dar clases y tutorías en horarios diurnos y vespertinos	0,3	80,75	300	250	<u>300</u>	3,72	<u>4.0</u>	17
Aula Fluorescente	Dar clases y tutorías en horarios diurnos y vespertinos	0,4	80,75	92.64	50.67	<u>300</u>	4,95	<u>4.0</u>	19

3.5. Calificación energética una vez aplicada la medida.

Para el cálculo de la nueva potencia adquirida en el nuevo proceso de iluminación, se realizó un listado de todas las luminarias que se llegarían a instalar en la Unidad Educativa; la tabla 3.4 presenta lo anteriormente dicho.

Tabla 3.4
Listado de luminarias presentes en la repotenciación de la UEI (El Autor, 2018)

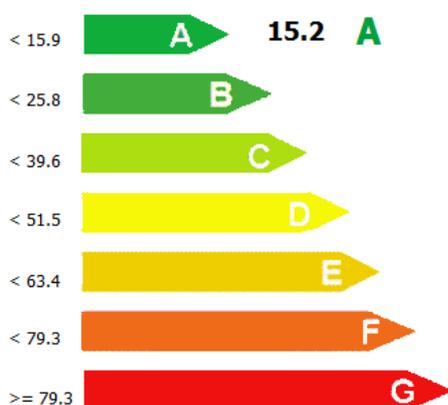
	<i>Cant.</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>lumenes</i>	<i>Pn Equipo "W"</i>	<i>Potencia Total "Kw"</i>
1	751	Luminaria tipo LED de dos tubos 300*1200	2 550	30	22,53
2	35	Reflector LED para exteriores	20 000	197	6,895
3	36	Reflector LED para exteriores	10 400	80	2,88
4	189	Lumipanel LED de 30w	4 200	30	5,67
5	30	Lampara de tipo brazo	8 000	186	5,58
6	1269	Lumipanel LED small	250	6	7,614
<i>TOTAL</i>					51,17

De la tabla 3.4, se concluye que todo el proceso de iluminación conlleva una potencia de 51.18 kVA; dejando así, casi toda la superficie útil del edificio controlada, excluyendo zonas tales como bodegas, almacenes o baños

La fig. 34 refleja, la nueva calificación de la UEI una vez se vea implementado el cambio.

Calificación energética de edificios

Indicador kgCO₂/m²



Edificio objeto

Demanda de calefacción (kWh/m ²)	No calificable
Demanda de refrigeración (kWh/m ²)	37.6 B
Emisiones de calefacción (kg CO ₂ /m ²)	No calificable
Emisiones de refrigeración (kg CO ₂ /m ²)	6.2 B
Emisiones de ACS (kg CO ₂ /m ²)	No calificable
Emisiones de iluminación (kg CO ₂ /m ²)	4.9 A

Fig. 34 Simulación de la futura calificación una vez aplicados los cambios (El Autor, 2018)

De la fig. 34 se concluye que:

- La calificación general del edificio se ve incrementada de una de tipo "C" a una de tipo "A".
- El resumen del Edificio Objeto muestra que la demanda generada por la refrigeración disminuye el valor final de la calificación; dicha condición

nace de la hermetización presente dentro de los espacios que poseen aire acondicionado.

El aprovechamiento de los recursos en el proceso de iluminación ha mejorado; ya que, la calificación es de tipo “A”, a diferencia de la de tipo “B” planteada en la fig. 16.

3.6. Ahorro energético en el consumo de cargas secundarias.

En la tabla 2.11 se observó que el proceso de educación a través de las computadoras se encontraba en segunda instancia como fuente de gran consumo; representado así con 1638kWh un 23% de la planilla final.

Por tal motivo Juan Pablo mediante su blog (Juan, 2016) indica que los niveles de energía requeridos por el computador varían con respecto a los 3 estados que se explican a continuación.

- **Encendido**

Dentro de este estado el computador puede llegar a consumir su 100% de energía requerida; esto depende del modo en él que se desempeñe el equipo, ya que, un computador en reposo no va a representar el mismo consumo que el de uno procesando.

- **Suspensión**

En este punto el consumo se disminuye hasta en un 75%, ya que como su nombre lo indica se suspendieron o hibernaron la mayoría de los procesos del CPU.

- **Apagado**

Elementos electrónicos dentro del CPU pueden representar un consumo de hasta el 5%.

Para mejorar la eficiencia energética, en este sentido, es necesario integrar en los laboratorios de computación un software que permita un manejo adecuado de estos 3 estados de funcionamiento en los equipos informáticos.

De acuerdo con la Iniciativa de computación Climate Savers se puede conseguir un ahorro hasta de un 50% en el consumo de energía.

3.7. Informe técnico económico y ambiental

A continuación, se considera en detalle, una lista de materiales del posible presupuesto, necesario para inmotizar los espacios de la Unidad Educativa Ibarra.

3.7.1. Listado de materiales para la correcta domotización de un aula con horarios diurno, vespertino y nocturno.

1. Cuadro domótico.

Cada instalación domótica debe ubicar un cuadro de control por planta; ya que, mediante un carril DIN éste sujetara los dispositivos tales como entradas actuadores y fuentes de alimentación.

2. Fuente de alimentación de 29VDC para Bus KNX.

Ofrece una alimentación de corriente continua de 29V e intensidades de 160mA, 320mA y 640 mA.

Para la elección del tipo de fuente, es necesario considerar que cada módulo instalado al bus consumirá aproximadamente 5mA; a su vez, es lógico pensar en sumar el consumo de equipos conectados a dicho modulo.

3. Fuente de alimentación de 12V con carril DIN.

De igual forma que la fuente de 29V, ésta se encarga de alimentar ciertos sensores que poseen un voltaje de alimentación de 12VDC.

4. Módulo para la interfaz de comunicación.

La comunicación del sistema domótico con el computador dispone de un módulo que interactúe entre ambos; por tal motivo, existe una gran variedad de equipos que permiten la conexión física del programa con la instalación (KNX - RS232, KNX - RS485, KNX - USB, KNX - Ethernet), siendo el más usual el tipo "BUS KNX" – "USB".

5. Acopladores de Área y/o de línea.

Su uso se delimita a la conexión de áreas y/o líneas, con las líneas principales de grandes instalaciones domóticas; siendo que cada área podría representar un piso y cada línea una estancia.

6. Entradas binarias.

Su función principal es la de recibir y codificar una señal entregada por algún sensor y transmitirla hacia los dispositivos condicionados a dicha indicación.

Varios de estos equipos poseen diferentes números de entradas; sin embargo, por la gran cantidad de dispositivos a sensar, se puede optar por conectar 2 equipos a cada entrada.

7. Actuador multifunción con salidas binarias

Su funcionamiento radica en el control de las salidas binarias que accionaran un relé a la salida con una limitación de 16Amp.

Por la gran cantidad de dispositivos a controlar en la edificación nuevamente se puede optar por conectar varios equipos a cada una de las salidas, limitándose únicamente a la capacidad máxima del relé.

8. Pulsador KNX.

Los pulsadores se encargan del control de las luminarias led. Por lo que se recomienda el uso de un pulsador de 4 canales con la finalidad de establecer la siguiente configuración:

Botón 1: Activa o desactiva la configuración de las luminarias que proporcionan una iluminación de 300 lux. Dicha disposición se usaría en horarios diurnos y vespertinos.

Botón 2: Activa o desactiva la configuración de las luminarias que proporcionan una iluminación de 500 lux. Dicha disposición se usaría en horarios nocturnos o con poca presencia de luz natural.

9. Sensor de luminosidad.

Siempre y cuando exista una iluminación superior a 300lux, este sensor ubicado junto a las ventanas deshabilita el encendido de las luminarias más cercanas al lucernario.

10. Sensores de presencia y luminosidad integrado

El presente detector a instalar permite el envío de una señal que en lo necesario, encienda las luces en los pasillos externos al aula siempre y cuando:

- La luminosidad en el pasillo sea inferior a 100lux.
- Algún usuario traspase dicho espacio.

11. Luminarias LED.

Con respecto a las necesidades requeridas en función del lugar, se utilizará un número aproximado de 9 a 10 luminarias compuestas por 2 tubos LED T8 y ubicadas en regletas tipo RUBICO LED 300*1200.

3.7.2. Análisis técnico-económico y ambiental

En vista de que el financiamiento inicial, puede variar dependiendo al diseño e ingeniería aplicada en las instalaciones inmóticas; el presente análisis presupuestal de la tabla 3.5 se fundamenta en un diseño sencillo con tecnología básica.

Tabla 3.5
Análisis presupuestal de la repotenciación de las instalaciones de la UEI (El Autor, 2018)

Presupuesto de equipos de iluminación							
Item	Fabricante	Modelo	Flujo luminoso	IP	Costo	Cant	Total
1	-	Tubos LED	-	-	\$ 3,00	750	\$ 2.250,00
2	Sylvania	Lumipanel LED	2100 lm	20	\$ 25,00	189	\$ 4.725,00
3		Sylveo LED	20000lm	65	\$ 80,00	35	\$ 2.800,00
4		Mini Lumipanel LED	230 lm	20	\$ 3,00	1269	\$ 3.807,00
5		Regleta tipo Rubico LED 1200*300	2510 lm	20	\$ 20,00	500	\$ 10.000,00
6	Philips	Lightinh LED	8000 lm	65	\$ 80,00	30	\$ 2.400,00
Sub Total							\$ 25.982,00
Presupuesto de equipos KNX							
Item	Fabricante	Modelo	Uso	Costo	Cant	Total	
7	HDL	Cable BUS KNX	Interiores	\$ 1,70	500	\$ 850,00	
8		Fuente de Alimentacion 29VDC 160mA	Interiores	\$ 70,00	7	\$ 490,00	
9		Fuente de Alimentacion 12VDC	Interiores	\$ 10,00	16	\$ 160,00	
10		Entrada binaria de 2 canales	Interiores	\$ 240,00	60	\$ 14.400,00	
11		Módulo de multifunción con 16 salidas	Interiores	\$ 480,00	60	\$ 28.800,00	
12		Modulo de Comunicación BUS - KNX	Interiores	\$ 415,00	7	\$ 2.905,00	
13		Pulsador de 2 canales KNX	Interiores	\$ 70,00	70	\$ 4.900,00	
14		Sensor de luminosidad para exteriores	Exteriores	\$ 215,00	7	\$ 1.505,00	
15		Sensor de presencia y luminosidad para pasillos	Interiores	\$ 170,00	65	\$ 11.050,00	
16		Acopladores de Área y Línea	Interiores	\$ 690,00	15	\$ 10.350,00	
17	Cuadro Domótico	Interiores	\$ 100,00	15	\$ 1.500,00		
Sub Total							\$ 76.910,00
Sub Total Presupuesto							\$ 102.892,00
Descuento del 10 %							\$ (10.289,20)
Venta de Equipo residual							\$ (5.144,60)
Total Inversión							\$ 87.458,20

De la tabla 3.5, se deduce que la repotenciación eléctrica de la Unidad Educativa Ibarra lleva una inversión de aproximadamente 87 458 ,20\$; sin embargo, dicho proyecto se presenta como no rentable, ya que su utilidad en inversión es mayor a 20 años.

La rentabilidad del proyecto depende del subsidio al consumo de electricidad, ya que, la tarifa por kilovatio hora aplicada para la UEI es en promedio de 0,0595 dólares; por tal motivo el ahorro energético promedio de 12 282kWh/a, va generando consigo anualmente un beneficio económico de 730,78\$. No obstante, el costo anual por tareas de mantenimiento equivale a 437,29 \$, dichos valores provienen de tareas de mantenimiento preventivo.

Por otro lado, en un estudio comparativo de otros países (Resumen_Latinoamericano_Buenos_Aires, 2018), el flujo de caja con tarifas internacionales es:

Uruguay con una tarifa de 0.3020\$ el kWh/a en 12 282kWh/a ahorraría un total de 3 709,16\$.

Chile con una tarifa de 0,2090\$ el kWh/ en 12 282kWh/a ahorraría un total de 2 566,34\$ anualmente.

Con el análisis económico establecido, es indispensable indicar que el presente proyecto se lo debe analizar, desde el beneficio social aportado tanto a personal administrativo, docente y estudiantil; ya que, ha mejorado la calidad de vida dentro de los espacios, aprovechando al máximo y eficientemente la energía eléctrica.

Para el análisis ambiental fue necesario determinar la evolución de los factores de emisiones de CO_2 generados a través del Sistema Nacional de Interconectado (SNI); se tomaron los valores presentados en la publicación de Haro y Oscullo, donde se indica que para el 2014 el SNI posee un factor de 694,5kg CO_2 por cada kWh de energía eléctrica generada (Haro & Oscullo, 2016).

De esta manera, el ahorro de 12 282kWh representa un aprovechamiento de 8' 529 849 kg CO_2 el proceso de generación; dicho aprovechamiento se obtuvo gracias a la repotenciación de las instalaciones de iluminación y al control mediante la tecnología inmótica.

3.7.3. Consideraciones finales.

A continuación, puntos importantes que surgieron a lo largo del presente trabajo de investigación:

- Una auditoria energética es indispensable si se desea mejorar la eficiencia energética; de esta manera, se obtiene una idea del estado actual del inmueble.
- Documentos tales como: planos arquitectónicos, planos eléctricos, diagramas eléctricos, informes de mantenimiento, planillas, inventarios, informes de estudios previos, horarios de trabajo, se presentan como información indispensable y determinante para conocer y comprender el estado en el que funciona la institución; de no poseer esta información, es vital el recapitular por medio de autoridades y el personal a cargo.
- El diseño de fichas técnicas busca establecer parámetros que son indispensables dentro de cualquier auditoria energética. Por lo que, es necesario evaluar varios estudios y manuales europeos que permiten llevar a cabo una auditoria energética.
- La eficiencia energética de un establecimiento depende del aprovechamiento de energía que se requiere para cumplir cierta función dentro del establecimiento; por esta razón, procesos tales como: Iluminación, ventilación, refrigeración, calefacción, sistemas agua caliente sanitaria, bombeo y energías renovables son muy influyentes al instante de otorgar una calificación al inmueble.

Las calificaciones en procesos de climatización y agua caliente sanitaria son directamente proporcionales a la zona climática, por lo que la calificación en temas de iluminación no se ve influenciada por dichos datos

CONCLUSIONES

- En la auditoría energética realizada en la Unidad Educativa Ibarra se determinó que, el mayor porcentaje de consumo eléctrico se encuentra en los sistemas de iluminación con un 68% de la demanda total. Dejando así un consumo del 23% a los laboratorios de computación y un 9% el resto de cargas.
- Las mediciones tomadas con el analizador de redes indican que el transformador posee una cargabilidad del 36.945 % por lo que la repotenciación del sistema de iluminación con tecnología inmótica es viable.
- Se denota un desbalance de carga en los alimentadores principales tanto en el estudio de termografía como en los resultados del analizador de redes. Por consiguiente, el promedio de corriente circundante en la fase A es de 90.7A, en la fase B es de 80.5A, en la fase C es de 60.35A, dejando al neutro con una corriente de 74.5A.
- La mejor opción para el mejoramiento de la eficiencia energética fue la repotenciación de los sistemas de iluminación, ya que los elementos de climatización representan un consumo del 0.23% de la carga total del sistema. Esto es entendible en una zona climática templada que en raras veces requiere de la refrigeración de los espacios.
- El protocolo de comunicación más recomendable en la actualidad es el de tipo KNX, ya que es un estándar mundial y varios fabricantes diseñan sus equipos basados en este tipo de norma. A su vez, éste permite recrear una arquitectura distribuida de tipo bus, por lo que, su uso en grandes edificaciones es sencillo a comparación de otras.
- Con el uso del software gratuito Ce3x observa que, tras la implementación inmótica la eficiencia energética en términos generales se mejora de tipo “C” a una de tipo “A”, y de tipo “B” a “A” con respecto al tema de Iluminación.
- Los niveles de deslumbramiento bajo 19, fueron una de las guías a mantener en aulas, oficinas y áreas de trabajo, evitando así malestares visuales tales como desgaste o fatiga visual
- El Valor de la eficiencia energética de una instalación (VEEI) de 4.0 W/m², fue otro de los factores guía a tomar en cuenta, siendo que, dicho valor no debía de ser sobrepasado en aulas.
- En América, la inexistencia de algún programa o método latinoamericano que corrobore y/o certifique de manera cuantitativa el manejo de la eficiencia energética dentro de un edificio justifica el uso de un programa europeo, ya que la

metodología (PDCA) aplicada por la normativa ISO 50001 no cuantifica el estado de la eficiencia.

- La metodología aplicada para correlacionar las zonas climáticas de la ciudad de Ibarra con las ciudades de España, fué calcular el tipo de zona, basándose en la severidad climática, y a su vez vinculando condiciones de temperaturas promedio, máximas, mínimas y humedad. Dicho análisis otorgó a la ciudad de Ibarra una zona climática de tipo “A3” y “V” basados en las condiciones climáticas del año 2018.
- Los espacios con aire acondicionado de la UEI poseen un bajo equilibrio térmico por no tener placas termoaislantes dentro de sus muros; exigiendo de esta manera, una mayor demanda energética al momento de mantener el confort en dichos espacios.
- Los resultados obtenidos tras la simulación de sensores dentro del software DIALUX Evo 8.0 indican que una instalación controlada mediante tecnología Inmótica presenta una reducción en el consumo de hasta un 17%, mejorando la eficiencia energética no así, en un aula con los mismos equipos y sin ningún tipo de control,
- La aplicación de instalaciones inmóticas dentro de la UEI se presenta como un proyecto no rentable debido al costo aplicado en las tarifas de la planilla eléctrica.
- Debido al subsidio gubernamental otorgado al pago de planillas eléctricas, anualmente con una conservación de 12 282kWh, se generaría un ahorro de hasta 730,78\$. No obstante, dicho rubro se vería afectado en el cambio de pago por cada kilovatio hora.
- La repotenciación de los sistemas de iluminación a través de tecnología inmótica permite que, con 12 282kWh se elimine la emisión de cerca de 8 529, 859 toneladas de CO_2 en el proceso de generación; evitando así la contaminación al medio ambiente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una auditoría energética en el año dentro de cualquier institución, de esta manera se supervisará y delimitará los niveles energéticos consumidos a lo largo del periodo.
- En caso de que se implemente la medida planteada dentro de este estudio, se recomienda que el diseño de las instalaciones inmóticas tenga como base el protocolo de comunicación KNX, por su estandarización y sencilla aplicación; por tal motivo en el mercado existen varios dispositivos a servicio del cliente.
- Para el mejoramiento de la eficiencia energética en iluminación, se recomienda un análisis previo de los horarios de uso, ya que existen niveles de iluminación estandarizados en base a las actividades que se realizan, evitando así, el gasto de energía en iluminación innecesaria
- Las instituciones que cuentan con varios computadores deberían tomar medidas alternativas para evitar el gasto de energía innecesaria generada por los ordenadores; es recomendable entonces el uso de programas de hibernación y/o charlas.
- Presentar a los directivos de la UEI los beneficios que traerá consigo el mejoramiento de la eficiencia energética dentro de sus instalaciones eléctricas mediante la tecnología inmótica; siendo que, el confort y el bienestar dentro de las instancias de trabajo generaría en sus ocupantes una mayor producción, un mejor desarrollo de actividades intelectuales y salud ocupacional.
- Realizar revisiones periódicas, rutinas de chequeo y tareas de mantenimiento en las instalaciones por personal capacitado, evitando imprevistos en su funcionamiento que representarían mayores gastos
- Incentivar propuestas a través de trabajos de investigación o titulación que contribuyan a la creación y mejoramiento de un software, norma o cálculo que permita calificar de manera cuantitativa el estado en el que se encuentra la eficiencia energética de un inmueble, basándose en las condiciones propias de Ecuador o Latino América.
- Se sugiere constar dentro de una normativa estatal, un régimen para el mejoramiento de la eficiencia de energía en todo tipo de inmuebles, ya sea residencial, industrial, comercial y educativo, mediante una calificación cuantitativa que verifique el estado del manejo de la energía. Política que está en vigencia en los Países Europeos, donde se aprovecha en gran medida la energía generada.

- El mejor método para reducir costos de instalación es realizar un diseño de ingeniería acorde con la tecnología presente en la actualidad.

BIBLIOGRAFÍA

AccuWeather. (25 de 05 de 2018). AccuWeather. Obtenido de El tiempo Ibarra-Ecuador: <https://www.accuweather.com/es/ec/ibarra/123095/december-weather/123095?monyr=12/1/2018>

ANDIMAT_Synthesia_Tecnology. (5 de 06 de 2018). Synthesia Tecnology. Obtenido de Principales cambios del nuevo CTE DB-HE 2018: <https://blog.synthesia.com/es/cambios-nuevo-cte-db-he-2018>

Báez, S. (2011). Análisis del Consumo Energético-Eléctrico de la Universidad San Francisco de Quito. Quito: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.

Balibrea, R. H. (2012). Tecnología domótica para el control de una vivienda. Cartagena: Univerisdad Politecnica de Cartagena (Tesis de pregrado).

Carretero, R. (17 de 04 de 2012). Raul Carretero. Obtenido de Por qué y cuando elegir un sistema domótico centralizado o distribuido: <http://www.raulcarretero.com/2012/04/17/por-que-y-cuando-elegir-un-sistema-domotico-centralizado-o-distribuido/>

Castillo, J. C. (2015). Instalaciones Domóticas. Barcelona: Editex.

CEDOM. (2008). Cómo ahorrar energía instalando domótica en su vivienda. Gane en confort y seguridad. Barcelona: AENOR.

CEDOM. (10 de Nov de 2015). Asociación española de Domotica. Obtenido de CEDOM: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>

Chandi, P. A., & Ruano, V. E. (26 de 04 de 2016). Universidad Técnica del Norte. Obtenido de Repositorio Digital UTN: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4825>

Climate-Data.org. (15 de Nov de 2018). Climate-Data. Obtenido de Datos Climaticos mundiales: <https://es.climate-data.org/>

CNIC. (1 de Agosto de 2013). Certificacion Energética de Edificios. Obtenido de Asociación Española para la Calidad: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/certificacion-energetica-de-edificios>

Comite_Ejecutivo_de_la_Norma_Ecuatoria_de_la_Construcción. (15 de 09 de 2016). Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Obtenido de Norma Ecuatoria de la Construcción: <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13-eficiencia-energc3a9tica-en-la-construccic3b3n-en-ecuador-021412.pdf>

Creara, C. (19 de Julio de 2016). Creara Energy Experts. Obtenido de Auditoría energética en edificios, industrias y alumbrado: <http://www.creara.es/servicios/auditoria-energetica#>

Cristóbal, R. (2010). Domótica e Inmótica. Viviendas y Edificios inteligentes. Madrid: RA-MA.

Cruz, C. (S/N de Sep de 2017). INER. Obtenido de Norma ISO 50001 podría generar ahorros energéticos en la industria: <https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/08/Norma-ISO-50001-podr%C3%ADa-generar-ahorros-energ%C3%A9ticos-en-la-industria-ecuatoriana.pdf>

Cuenca Quinde, I. M. (2017). DISEÑO DE UN SISTEMA INMÓTICO PARA CONTROL, MONITOREO, SEGURIDAD Y AHORRO ENERGÉTICO EN EL CAMPUS DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA SEDE AMBATO. Ambato: (Tesis de pregrado).

Dirección_General_de_arquitectura. (Febrero de 2017). Documento Descriptivo climas de referencia. España: Ministerio de Fomento.

DIRECTIVE, E. E.-P. (16 de Oct de 2010). domoprac. Obtenido de El protocolo de comunicaciones el lenguaje de la domotica - LONWORKS: <http://www.domoprac.com/protocolos-de-comunicacion-y-sistemas-domoticos/el-protocolo-de-comunicaciones-el-lenguaje-de-la-domotica.html>

Escribano, G. (1 de Jul de 2010). Así se hace una auditoría energética. Empresas, pág. 10.

Fabara, M. C. (07 de 12 de 2017). Domotica y hogar digital enfocada a las nuevas tecnologías. (E. P. Viteri, Entrevistador)

Flores, i. L. (2000). Señales y sistemas una aproximacion al laboratorio. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

FOMENTO, M. D. (20 de Sep de 2018). FEDERACIÓN ANDALUZA DE MUNICIPIOS Y PROVINCIAS. Obtenido de Ministerio de industria, Energía y Turismo: <http://www.famp.es/export/sites/famp/.galleries/documentos-lab-eficiencia-energetica/NORMATIVA-50.pdf>

Franco, M. J. (2006). Diseño Inmotic para ahorro energetico, seguridad y control de Instalaciones para el nuevo Edificio dela FIEC. Guayaquil: Escuela Politécnica del Litoral (Proyecto de Investigacion).

GAD-Ibarra. (10 de Nov de 2018). Gobierno Autonomo Descentralizado Municipal San Miguel de Ibarra. Obtenido de CLIMA: <https://www.ibarra.gob.ec/web/index.php/ibarra1234/informacion-general/661-clima>

Haro, L., & Oscullo, J. (2016). Factor Anual de Emisión de CO2 Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador, Mediante la Aplicación de la Metodología de la Convención Marco Sobre el Cambio Climático UNFCCC, para el Periodo 2009-2014. Revista Politécnica, Vol 37.

Hidrobo Moya, J. M., & Millán Tejedor, R. J. (2004). Dómotica Edificios Inteligentes. Madrid: Creaciones COPYRIGHT SL.

INAMHI. (2014). Servicio Meteorologico. Obtenido de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>

Instituto_Ecuatoriano_de_Normalización. (2009). EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES. REQUISITOS. Quito: INEN.

J. M. Huidrobo, R. J. (2010). MANUAL DE DOMOTICA. España: Creaciones Copyright, S.L.

Jaya, R. (2010). Análisis y estudio de impacto de la tecnología zigbee aplicado a la domotica en el Ecuador. Quito: UPS (Tesis pregrado).

Juan. (1 de 06 de 2016). Leantricity. Obtenido de ¿Cuánta energía gasta un ordenador? : <http://www.leantricity.es/cuanta-energia-gasta-un-ordenador-aproximaciones/>

Juan Carlos, M. C. (2011). Instalaciones domóticas. España: Editex.

Juárez, J. L. (24 de May de 2012). EPO 11. Obtenido de De acuerdo a su topología (estrella, anillo, árbol, bus, malla, híbrida): <https://infoepo11.wordpress.com/2012/05/24/3-3-3-de-acuerdo-a-su-topologia-estrella-anillo-arbol-bus-malla-hibrida/>

KNX, A. (23 de Octubre de 2014). KNX. Obtenido de KNX México: <https://www.knx.org/mx/knx/associacion/que-es-knx/index.php>

Marco, B., & Eros, Z. (28 de Noviembre de 2017). Word Reference. Obtenido de Word Reference: <http://www.wordreference.com/definicion/gestion>

Marcos. Morales, P. (2007). Estudio de los sistemas Domoticos y diseño de una aplicación "Memoria Técnica". Barcelona: E.U.E.T.I.B – U.P.C.

Martín, F. M., & Argüelles, R. P. (02 de Feb de 2010). Universidad de Oviedo. Obtenido de Automatización Integral de Edificios: <http://isa.uniovi.es/docencia/AutomEdificios/transparencias/Generalidades2.pdf>

Martinez, F. R., & Gomez, E. V. (2006). Eficiencia Energética en los Edificios, certificación y Auditorias Energéticas. Madrid: Thomson Editores Spain.

Ministerio_de_Fomento. (Junio de 2018). Código Técnico de le Edificación. Obtenido de Documento Básico HE Ahorro de energía: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DccHE.pdf>

Morales, G. (2011). La domótica como herramienta para un mejor confort, seguridad y ahorro energetico. Enseñanza de la Ingeniería, 39-42.

Morales, S. (2014). Slide Player. Obtenido de La Salle, CEDOM, X-10: <http://slideplayer.es/slide/1102774/>

Muñoz, J., Fons, J., Pelechano, V., & Pastor, O. (2003). Hacia el Modelado Conceptual de los Sistemas Domoticos. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

NU_CEPAL. (2016). MONITOREANDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE AMÉRICA LATINA. SANTIAGO: CEPAL.

Ramos, A. S. (2012). Diseño e Implementación de un software para control y monitorización de instalaciones Inmóticas en Hoteles, basado en tecnología LONWORKS. Sangolqui: Espe (Tesis de pregrado).

Raso, J. M. (2015). Domótica para Ingenieros. Madrid: Paraninfo.

Restauero. (6 de Agosto de 2012). restauero. Obtenido de Introducción a la automatización: Domótica e Inmótica: <http://restauero.es/introduccion-a-la-automatizacion-domotica-e-inmotica/>

Resumen_Latinoamericano_Buenos_Aires. (30 de 05 de 2018). Resumen Latinoamericano. Obtenido de Estos son los países de América Latina que más pagan por la electricidad: <http://www.resumenlatinoamericano.org/2018/05/30/estos-son-los-paises-de-america-latina-que-mas-pagan-por-la-electricidad/>

RODRÍGUEZ, P. A. (2011). ESTUDIO PARA REDUCCIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO EN COLOMBIA BASADO EN TECNOLOGÍA DOMÓTICA. BOGOTA: FUNDACIÓN UNIVERSITARIA KONRAD LORENZ.

Ruiz, & Fernández. (2013). Curso de Instalaciones Domóticas. Barcelona: CEER.

Ruiz, J. A. (2013). Aportación al desarrollo de las Normas Técnicas y Reglamentación para la implantación de los Sistemas Electrónicos para Viviendas y Edificios (SEVE): Domótica, Inmótica y Hogar Digital. Barcelona: Universitat Politecnica de Catalunya.

SABIA. (15 de Agosto de 2002). BioIngenieria. Obtenido de BIODOM: <http://bioingenieria.es/BioDom/BioDom.htm>

Sáenz, L. R. (14 de 4 de 2016). Youtube. Obtenido de KNX ETS5 Punto Luz: <https://www.youtube.com/watch?v=vALxacwiQLA>

ANEXOS

Anexo A. FICHAS TÉCNICAS DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA.

A1. Ficha de datos generales de la auditoría (Autor)

1. Número de auditoría: <input type="text" value="1"/>		Fecha: <input type="text" value="05 Jun 2018"/>	
2. Número total de edificios que es estudiado de forma independiente en alguno de los capítulos: <input type="text" value="0"/>			
3. Número y denominación a cada uno de los edificios que es estudiado independientemente			
N°	Denominación	N°	Denominación
00	Ninguno	02	Ninguno
01	Ninguno	03	Ninguno
4. Información de Edificios considerados.			
	Capítulo a estudiar	Detalles	
0.	Datos Generales de la Auditoría	Típico análisis del flujo de energía de energía a la Unidad Educativa Ibarra, con la finalidad de mejorar la eficiencia energética a través de la Inmótica.	
1.	Datos Generales del Edificio	Unidad Educativa Fiscal, con horarios matutino, vespertino y nocturno.	
2.	Características constructivas	El edificio fue construido hace más 60 años con una nueva ampliación en el año 2000. Por lo que las instalaciones más antiguas ya datan de hace ya mucho tiempo sin ningún tipo de mantenimiento.	
3.	Suministros Energéticos	EMELNORTE	
4.	Iluminación	Proyectores de Luz, halógenas, fluorescentes, led e incandescentes.	
5.	Sistema de Calefacción	No posee	
6.	Sistema de Refrigeración	Posee 4 aires acondicionados de 1500W en 4 instancias diferentes. No posee de ningún cuarto frio	
7.	Sistema de ventilación	Posee Ventiladores en ciertos laboratorios	
8.	Sistema de A.C.S.	No posee	
9.	Instalación de Energía Solar Térmica	No posee	
10.	Motores	Pequeños Motores en congeladores o refrigeradores.	
11.	Instalación de Cogeneración.	No existen instalaciones de tal tipo	
12.	Otro Equipamiento Energético.	Ninguno	
13.	Instalación de Energía Solar Fotovoltaica	Ninguna	
14.	Integración Señalización y Control	Posee una caja térmica de breakers.	
5. Autor: <input type="text" value="Patrickson Israel Viteri Erazo"/>			
6. Empresa: <input type="text" value="Ninguna"/>			
7. Firma y Sello: _____			

A2. Fichas de datos informativos de la Unidad educativa y el personal en contacto.

8. Denominación del edificio: Unidad Educativa	
9. Empresa: <u>Fiscal</u>	Web: http://www.colegioibarra.edu.ec/index-1.php
10. Provincia: <u>Imbabura</u>	
11. Código Postal: <u>100104</u>	Localidad: <u>Ibarra, San Francisco</u>
12. Dirección: <u>Av. Mariano Acosta y Obispo Pasquel</u>	N°: <u>14-27</u>
13. Nombre: <u>William Chamorro</u>	
14. Cargo: <u>Ingeniero Responsable del Centro de Cómputo de la Unidad Educativa Ibarra</u>	
15. Teléfono: <u>06 2643 – 543</u>	
16. Correo Electrónico: <u>wpchamo66@hotmail.com</u>	

A3. Ficha de datos informativos sobre el funcionamiento del Colegio Ibarra

17. Capacidad máxima del edificio: <u>1500 personas</u>																				
18. Descripción de las tareas más habituales en el edificio.																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tarea</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0. Instrucción a estudiantes.</td> <td>Al ser una unidad educativa, gran parte del año se ve rodeada de varios jóvenes estudiantes que desean ser bachiller.</td> </tr> <tr> <td>1. Tutorías a bachilleres.</td> <td>Refuerzos pedagógicos a estudiantes con deficiencias académicas.</td> </tr> <tr> <td>2. Recreación Deportiva.</td> <td>Actividades físicas programadas por los docentes de educación física.</td> </tr> <tr> <td>3. Eventos sociales.</td> <td>Se realizan varias actividades tanto en los patios recreacionales como en el coliseo de la institución. Incluso suelen realizarse eventos de otras entidades.</td> </tr> </tbody> </table>	Tarea	Descripción	0. Instrucción a estudiantes.	Al ser una unidad educativa, gran parte del año se ve rodeada de varios jóvenes estudiantes que desean ser bachiller.	1. Tutorías a bachilleres.	Refuerzos pedagógicos a estudiantes con deficiencias académicas.	2. Recreación Deportiva.	Actividades físicas programadas por los docentes de educación física.	3. Eventos sociales.	Se realizan varias actividades tanto en los patios recreacionales como en el coliseo de la institución. Incluso suelen realizarse eventos de otras entidades.									
Tarea	Descripción																			
0. Instrucción a estudiantes.	Al ser una unidad educativa, gran parte del año se ve rodeada de varios jóvenes estudiantes que desean ser bachiller.																			
1. Tutorías a bachilleres.	Refuerzos pedagógicos a estudiantes con deficiencias académicas.																			
2. Recreación Deportiva.	Actividades físicas programadas por los docentes de educación física.																			
3. Eventos sociales.	Se realizan varias actividades tanto en los patios recreacionales como en el coliseo de la institución. Incluso suelen realizarse eventos de otras entidades.																			
19. Horarios, días de la semana y ocupación para las tareas más habituales.																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Época Año</th> <th>Invierno (Dic-May) De Lunes a Viernes</th> <th>Verano (Jun-Nov) De lunes a Viernes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Tarifas</td> <td>22:00h 07:00h</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>07:00h 18:00h</td> <td>Instrucción a estudiantes Tutorías a bachilleres Recreación Deportiva Eventos Sociales</td> </tr> <tr> <td>18:00h 22:00h</td> <td>Instrucción a estudiantes</td> </tr> <tr> <td>Horas/mes</td> <td>300</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>Horas/época</td> <td>1500</td> <td>1050</td> </tr> <tr> <td>Horas/año</td> <td colspan="2">2550</td> </tr> </tbody> </table>	Época Año	Invierno (Dic-May) De Lunes a Viernes	Verano (Jun-Nov) De lunes a Viernes	Tarifas	22:00h 07:00h	-	07:00h 18:00h	Instrucción a estudiantes Tutorías a bachilleres Recreación Deportiva Eventos Sociales	18:00h 22:00h	Instrucción a estudiantes	Horas/mes	300	300	Horas/época	1500	1050	Horas/año	2550	
Época Año	Invierno (Dic-May) De Lunes a Viernes	Verano (Jun-Nov) De lunes a Viernes																		
Tarifas	22:00h 07:00h	-																		
	07:00h 18:00h	Instrucción a estudiantes Tutorías a bachilleres Recreación Deportiva Eventos Sociales																		
	18:00h 22:00h	Instrucción a estudiantes																		
Horas/mes	300	300																		
Horas/época	1500	1050																		
Horas/año	2550																			
20. Meses en los que el edificio está prácticamente desocupado 15 o más días.																				
<table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Enero</td> <td><input type="checkbox"/> Febrero</td> <td><input type="checkbox"/> Marzo</td> <td><input type="checkbox"/> Abril</td> <td><input type="checkbox"/> Mayo</td> <td><input type="checkbox"/> Junio</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Julio</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Agosto</td> <td><input type="checkbox"/> Septiembre</td> <td><input type="checkbox"/> Octubre</td> <td><input type="checkbox"/> Noviembre</td> <td><input type="checkbox"/> Diciembre</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> Enero	<input type="checkbox"/> Febrero	<input type="checkbox"/> Marzo	<input type="checkbox"/> Abril	<input type="checkbox"/> Mayo	<input type="checkbox"/> Junio	<input checked="" type="checkbox"/> Julio	<input checked="" type="checkbox"/> Agosto	<input type="checkbox"/> Septiembre	<input type="checkbox"/> Octubre	<input type="checkbox"/> Noviembre	<input type="checkbox"/> Diciembre							
<input type="checkbox"/> Enero	<input type="checkbox"/> Febrero	<input type="checkbox"/> Marzo	<input type="checkbox"/> Abril	<input type="checkbox"/> Mayo	<input type="checkbox"/> Junio															
<input checked="" type="checkbox"/> Julio	<input checked="" type="checkbox"/> Agosto	<input type="checkbox"/> Septiembre	<input type="checkbox"/> Octubre	<input type="checkbox"/> Noviembre	<input type="checkbox"/> Diciembre															

A4. Ficha de datos técnicos e históricos acerca de la Unidad Educativa Ibarra

21. Tipo de edificación.
 Convencional Catalogada Monumental

22. Ubicación.
 Entre medianeras Exento entre edificios Totalmente aislado

23. Entorno.
 Urbano Rural Aislado

24. Año aproximado de construcción. 1950

25. Años Desde la Última Reforma constructiva importante 2000

26. ¿Está previsto realizar alguna modificación, reforma o rehabilitación del edificio?
 SI NO

27. ¿Está previsto realizar alguna modificación, reforma o rehabilitación de los cerramientos del edificio?
 SI NO

28. En caso afirmativo: ¿Qué porcentaje del total abarcaría la reforma? 0

29. Calificación energética obtenida por el edificio

Calificación energética de edificios
Indicador kgCO₂/m²

< 7.0	A
< 11.4	B
< 17.6	C
< 22.8	D
< 28.1	E
< 35.1	F
>= 35.1	G

Edificio objeto

Demanda de calefacción (kWh/m ²)	No calificable
Demanda de refrigeración (kWh/m ²)	36.9 C
Emisiones de calefacción (kg CO ₂ /m ²)	No calificable
Emisiones de refrigeración (kg CO ₂ /m ²)	6.1 C
Emisiones de ACS (kg CO ₂ /m ²)	No calificable
Emisiones de iluminación (kg CO ₂ /m ²)	3.8 B

A5. Ficha de datos de área útil y construida dentro de la Unidad Educativa Ibarra

30. Número de plantas
 Sobre Rasante: 1 Bajo Rasante: 0

31. Superficies útiles y/o construidas y altura libre por plantas

Planta	Superficie (m ²)		Altura (m)
	Construida	Útil	
Baja	8935.36	8775.87	2.8
2	3540.12	3446.31	2.8

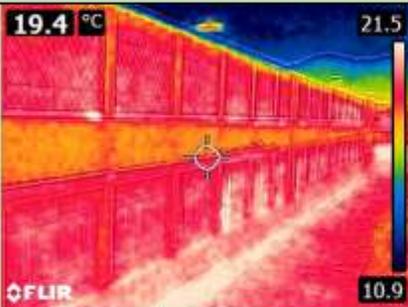
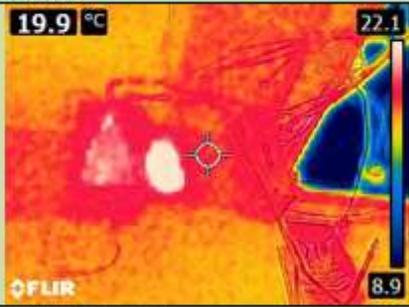
A6. Ficha de datos de características de suelos, muros y lucernarios dentro de las aulas y oficinas.

32. Características de suelos en aulas u oficinas		
Ítem	Capas desde el interior al exterior	Descripción
0	Baldosa	Cerámica de color rojo oscuro
1	cemento	Capa de concreto que ayuda a adherir la cerámica al suelo
2	suelo	El suelo del inmueble

33. Características de muros en aulas u oficinas		
Ítem	Capas desde el interior al exterior	Descripción
0	Pintura interior	Pinturas de color blanco y rojo en el interior del aula.
1	Estucado	Masa de yeso blanco y agua de cola empleada en la pared para luego pintarla.
2	Enlucido de concreto interno	Capa de cemento con el que se cubre los cerramientos
3	bloques	Material con el que se creó el cerramiento
4	Enlucido de concreto externo	Capa de concreto con el cual se cubrió la parte exterior del cerramiento
5	Estucado	Masa de yeso blanco y agua de cola empleada en la pared para luego pintarla.
6	Pintura exterior	Pinturas de color blanco y café por el exterior.

34. Características de huecos y lucernarios e aulas y oficinas		
Ítem	Capas desde el interior al exterior	Descripción
0	Pintura	En ciertas aulas se coloca una pintura para evitar el contacto directo con los rayos solares.
1	Cortinas	Ciertas aulas usan cortinas como protectores de los rayos solares. En su mayoría se encuentran en laboratorios.
2	Vidrio	Capa de vidrio que permite el ingreso de luz o aire.

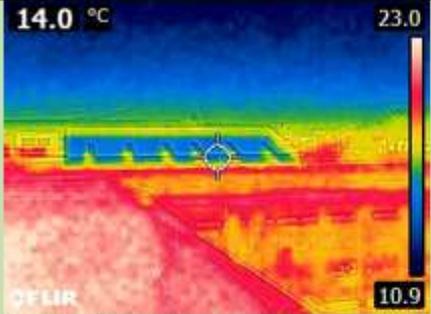
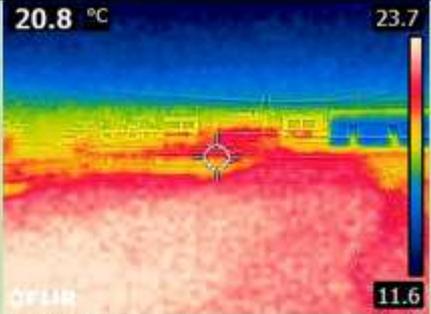
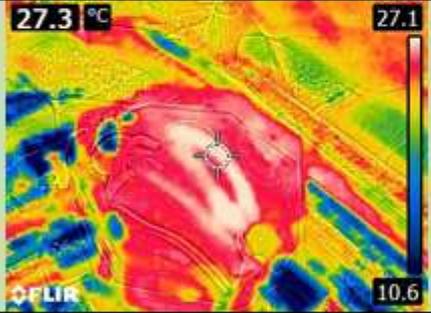
A7. Ficha de termografías realizadas a los muros

35. Termografías realizadas a muros	
	
Termografía número:_1_ Identificación	Termografía número:_2_ Identificación
	
Termografía número:_3_ Identificación	Termografía número:_4_ Identificación
	
Termografía número:_5_ Identificación	Termografía número:_6_ Identificación
<p>36. Comentarios: Las paredes de los laboratorios MINTEL, no poseen capas termoaislantes por lo que su conductividad térmica es alta _____</p>	
<p>37. Observaciones: No existen puentes térmicos ni presencia de humedad. Sin embargo en ciertos muros existen puntos calientes debido a malas conexiones eléctricas y sobrecargas _____</p>	

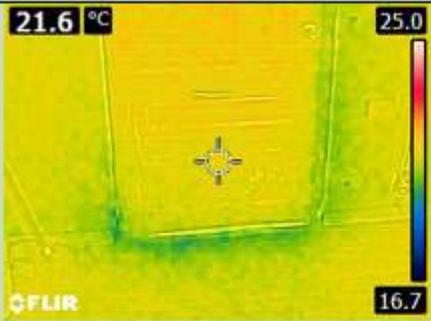
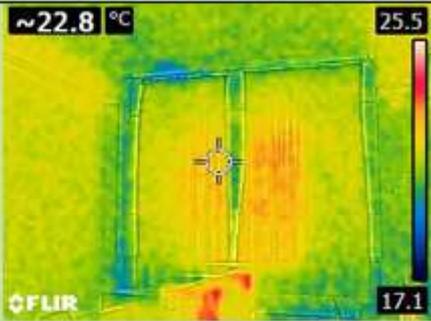
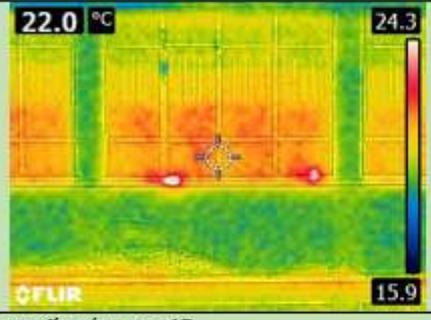
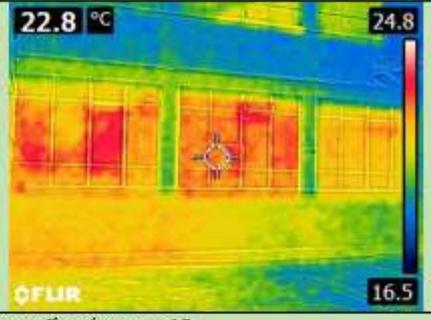
A8. Ficha de termografías realizadas a los suelos

38. Termografías realizadas a suelos	
	
Termografía número:_7_ Identificación	Termografía número:_8_ Identificación
	
Termografía número:_9_ Identificación	Termografía número:_10_ Identificación
39. Comentarios: _____ _____	
40. Observaciones: No se observan puentes térmicos, ni ductos de ventilación o calefacción. _____ _____	

A9. Ficha de termografías realizadas a los cubiertas

41. Termografías realizadas a cubiertas	
	
Termografía número: _11_ Identificación	Termografía número: _12_ Identificación
	
Termografía número: _13_ Identificación	Termografía número: _14_ Identificación
42. Comentarios:	
<hr/> <hr/>	
43. Observaciones:	
<p>La cubierta en la parte del coliseo cuenta con una conductividad térmica muy baja, por lo que la transferencia de calor en su interior sera muy baja. _____</p> <p>Existen varios puntos calientes debido a las malas colecciones eléctricas presentes en los techos. _____</p>	

A10. Ficha de termografías realizadas a los huecos y lucernarios

44. Termografías realizadas a huecos y lucernarios	
	
Termografía número: _15_ Identificación	Termografía número: _16_ Identificación
	
Termografía número: _17_ Identificación	Termografía número: _18_ Identificación
45. Comentarios:	
<hr/> <hr/>	
46. Observaciones:	
<p>En las ventanas de los laboratorios de MINTEL existen puentes térmicos. Esto se debe a que en los interiores existen cortinas gruesas. De igual manera el uso de pinturas oscuras en los ventanales recrea mayores puentes térmicos. _____</p> <p>Las puertas de igual manera permiten el intercambio de temperatura. _____</p>	

A11. Ficha de fuentes principales a disposición de la UEI

47. Suministros energéticos del cual dispone el edificio

<input checked="" type="checkbox"/> Electricidad	<input type="checkbox"/> Gasóleo C	<input type="checkbox"/> Gas natural canalizado
<input type="checkbox"/> Carbón	<input checked="" type="checkbox"/> G. L. P.	<input type="checkbox"/> Otro

A12. Ficha del esquema eléctrico o unifilar de los circuitos principales de la UEI

47. Esquema/s eléctrico/s unifilar/es de los principales circuitos de acometida y distribución

48. Datos de los principales circuitos de acometida y distribución

Circuito	Trifásico 220 V
Medidor	ABB CL2Ø, 12Ø TO 480 W, 4WY α 4WD, 60Hz
Interruptor	SQUARE D QGL32150
Nº de cables por sección	3
Material: Conduct/Aislam.	Cobre / Termoplástico PVC 600V
Longitud (m)	6 metros del Transformador al medidor
Tensión(V): Input/Output	127 V/ 118.7 V
Caída de tensión (%)	6.54%
Observaciones:	El aislamiento en ciertos conductores se encuentra en mal estado por el contacto directo con las condiciones climáticas. Varios conductores se encuentran con diversos parches, lo que generaría puntos calientes y pérdidas de energía.

A13. Ficha de facturación, suministros y condiciones de contrato de la Institución.

49. Suministros energéticos del cual dispone el edificio

Electricidad
 Gasóleo C
 Gas natural canalizado
 Carbón
 G. L. P.
 Otro

50. Condiciones de contratación del suministro de electricidad

Cliente cualificado: Sí NO

Modo de facturación: Sin IVA
 Potencia Contratada: 75kVA
 N° Fases por tensión: 3F x 127v

Tipo de discriminación horaria:
 Tarifa:

<input type="checkbox"/> (07h – 18h)	<input type="checkbox"/> A
<input type="checkbox"/> (18h – 22h)	<input type="checkbox"/> B
<input type="checkbox"/> (22h – 07h)	<input type="checkbox"/> C

51. Consumo eléctrico en los últimos meses

FECHA FACTURACIÓN	CONSUMO ENERGÍA ACTIVA KW/H	CONSUMO ENERGÍA REACTIVA KW/H	DEMANDA MÁXIMA	
			07h-18h	18h-22h
25/04/18	6122	2629	25.72	19.29
26/03/18	5870	2548	25.13	19.9
26/02/18	4503	1939	22.91	18.97
30/01/18	6370	2758	25.30	17.62
28/12/17	6660	2297	24.96	21.56
28/11/17	6183	1802	24.88	22.45
27/10/17	5999	585	23.49	20.59
26/06/17	4580	629	21.54	21.13
30/08/17	4053	8	10.99	15.53
08/07/17	5970	197	16.528	17.27
29/06/17	6876	287	27.31	21.69
30/05/17	7483	283	28.08	18.42
26/04/17	7625	1501	24.13	22.44
TOTAL ANUAL	78 294	17 463	28.08	22.45

A14. Ficha auditora sobre la gestión de suministros energéticos.

52. Responda a las siguientes cuestiones acerca de la eficiencia energética en los suministros de energía.

- ¿Se ha nombrado un responsable dentro de la institución para que compruebe las facturas correspondientes al suministro de agua y energía?
 SI NO
- ¿Se efectúan lecturas mensuales de los contadores de agua y energía?
 SI NO
- ¿Se revisa anualmente las lecturas facturadas del suministro de energía eléctrica?
 SI NO
- ¿Se comprueba que los importes facturados de agua y energía son correctos?
 SI NO
- ¿Se conoce el consumo de energía que se realiza por la noche y durante los fines de semana?
 SI NO
- ¿Se controla continuamente el valor del factor de potencia?
 SI NO
- ¿Se han solicitado ofertas a diferentes compañías comercializadoras de energía eléctrica?
 SI NO
- ¿Se dispone de compra de gasóleo o G.L.P.?
 SI NO
- ¿Existe alguna fuente alternativa en la cual se obtiene energía eléctrica renovable?
 SI NO

A15. Ficha del inventario sobre el sistema de iluminación de la UEI

53. Listado de luminarias por tipo de iluminación, tipo de luminaria y número, así como otras características de las lámparas y equipos auxiliares.

Tipo Iluminación	Incandescente convencional	Fluorescente tubular	Fluorescente compacta	Vapor de sodio	Reflectores 400w	Panel LED
Nº de lámparas	20	720	180	9	7	40
Altura colocación (m)	2.7	2.7	2.7	6	6	2.7
Lúmenes (lm)	1000lm	3200lm	1200lm	7200lm	8000lm	1800lm
Potencia de Lámpara (w)	100 w	40 w	20 w	150 w	400 w	24 w
Equipo Auxiliar	-	Reactancia electromagnética	-	Balasto convencional	Balasto convencional	-
Potencia Luminaria (w)	100w	90 w	20 w	160 w	410 w	24 w
Potencia Total (kW)	2 kW	32.4 kW	3.6 kW	1.44 kW	2.8 kW	0.96 kW
Temperatura de color	2 600	6 000	6 500	2 300	5 700	4 000

A16. Ficha de las características del sistema de Iluminación

54. Tipos de tubos fluorescentes existentes	
<input checked="" type="checkbox"/> Estándar	Porcentaje/Total: 100%
<input type="checkbox"/> Tubos trifósforos	Porcentaje/Total: 0%
55. Tipos de luminaria que se instalan	
<input type="checkbox"/> Regletas básicas	Porcentaje/Total: 0%
<input checked="" type="checkbox"/> Luminarias blancas sin difusor	Porcentaje/Total: 65%
<input type="checkbox"/> Luminarias cerradas sin difusor	Porcentaje/Total: 0%
<input checked="" type="checkbox"/> Luminarias con difusor blanco	Porcentaje/Total: 10%
<input checked="" type="checkbox"/> Luminarias con difusor aluminizado	Porcentaje/Total: 25%
<input type="checkbox"/> Luminarias de alta frecuencia	Porcentaje/Total: 0%
56. Tipos de equipos de encendido fluorescente instalados	
<input checked="" type="checkbox"/> Reactancias convencionales (Electromagnéticas)	Porcentaje/Total: 100%
<input type="checkbox"/> Balasto electrónico básico	Porcentaje/Total: 0%
<input type="checkbox"/> Balasto electrónico regulable	Porcentaje/Total: 0%

A17. Ficha de los sistemas presentes en la iluminación

57. Sistemas de control y regulación existentes	
<input checked="" type="checkbox"/> Cada zona dispone al menos de un sistema de encendido y apagado manual	
<input type="checkbox"/> El encendido y apagado se realiza desde el cuadro eléctrico.	
<input type="checkbox"/> Existen potenciómetro manuales (Reguladores)	
<input type="checkbox"/> Algunos circuitos disponen de temporizadores	
<input type="checkbox"/> Existen detectores de presencia o movimiento en las zonas de uso esporádicamente	
58. Sistemas de aprovechamiento de la luz natural	
<input checked="" type="checkbox"/> No se aprovecha la luz natural	
<input type="checkbox"/> No hay suficiente aportación de luz natural	
<input checked="" type="checkbox"/> Hay aportación de luz natural por cerramientos acristalados	
<input checked="" type="checkbox"/> Hay aportación de luz natural por lucernarios	
<input type="checkbox"/> Existe un sistema de aprovechamiento de la luz natural	
<input type="checkbox"/> La regulación es todo/nada (Encendido apagado por fotocélula)	
<input type="checkbox"/> La regulación es progresiva (Nivel de iluminación según luz natural exterior)	
59. Sistemas de gestión	
<input type="checkbox"/> Existe un sistema centralizado de gestión de iluminación	
<input checked="" type="checkbox"/> Gestiona el encendido y apagado	
<input type="checkbox"/> Gestiona nivel de iluminación	
<input type="checkbox"/> Existe un sistema de gestión de todas las instalaciones que incluye iluminación	

A18. Ficha de los factores de mantenimiento dentro de los sistemas de iluminación.

60. Plan de mantenimiento
<input checked="" type="checkbox"/> Solo se realiza mantenimiento correctivo
<input type="checkbox"/> Existe plan de mantenimiento del sistema de iluminación
<input type="checkbox"/> Contempla la limpieza de luminarias con la metodología prevista y periódicamente
<input type="checkbox"/> Contempla el remplazo de lámparas con su frecuencia
<input type="checkbox"/> Contempla el mantenimiento de los sistemas de regulación y control existentes
61. Limpieza de lámparas y luminarias
<input checked="" type="checkbox"/> No se limpian nunca <input type="checkbox"/> Se limpian cada __ meses
62. Sustitución de lámparas
<input checked="" type="checkbox"/> No se sustituyen hasta su rotura <input type="checkbox"/> Se sustituyen cada __ años
63. Otras operaciones de mantenimiento
_Se realizan ciertos procedimientos de mantenimiento cuando entidades educativas o institutos técnicos realizan alguna práctica Pre-Profesional o de vinculación con la colectividad _____

A19. Ficha de las características sobre el nivel de calidad de iluminación

64. El nivel de iluminación o iluminancia es en general
<input checked="" type="checkbox"/> Adecuado <input type="checkbox"/> Excesivo <input checked="" type="checkbox"/> Escaso
65. Posibles deficiencias en la iluminación
<input checked="" type="checkbox"/> El alumbrado está mal distribuido
<input checked="" type="checkbox"/> Ciertas luminarias se queman fácilmente por lo que la distribución de iluminación no es la correcta
<input checked="" type="checkbox"/> Se producen deslumbramientos por luz natural o artificial
<input type="checkbox"/> Se aprecian parpadeos o efectos estroboscópicos (Flicker)
<input checked="" type="checkbox"/> No se aprovecha la luz natural
<input type="checkbox"/> El alumbrado no está bien particionado en circuitos
66. Características cromáticas de la iluminación en general
<input type="checkbox"/> Son las adecuadas
<input checked="" type="checkbox"/> El color de la luz es aceptable
<input type="checkbox"/> El color de la luz no es adecuado
<input type="checkbox"/> El valor de Ra es menor a 80

A20. Ficha de los niveles de iluminación fluorescente

67. Resultados de mediciones de nivel de iluminación para cada uno de los locales del edificio								
#	ÍTEM		DESCRIPCIÓN					
1	<i>Local</i>		Aula iluminada por luminarias fluorescentes					
2	<i>Actividad</i>		Dar clases o tutorías a estudiantes					
3	<i>Iluminancia (Lux)</i>		92.64					
4	<i>Longitud del local (m)</i>		9					
5	<i>Anchura del local (m)</i>		7					
6	<i>Distancia del plano de trabajo a las luminarias (m)</i>		2m					
7	<i>Índice de color en el local (°K)</i>		4000 ° K					
8	<i>Puntos mínimos de medida</i>		36					
9	<i>Observaciones</i>		El aula posee tan solo 4 luminarias de las 8 instaladas por lo cual se simulo los resultados. Estos resultados se basan en equipos nuevos.					

68. Calculo de la iluminancia media								
Punto	Ilum. Medida (Lux)	Altura de la medida (m)	Punto	Ilum. Medida (Lux)	Altura de la medida (m)	Punto	Ilum. Medida (Lux)	Altura de la medida (m)
1	179	0.8	11	55	0.8	21	46	0.8
2	180	0.8	12	54	0.8	22	60	0.8
3	180	0.8	13	50	0.8	23	60	0.8
4	174	0.8	14	52	0.8	24	60	0.8
5	173	0.8	15	52	0.8	25	50	0.8
6	174	0.8	16	45	0.8	26	51	0.8
7	173	0.8	17	46	0.8	27	51	0.8
8	173	0.8	18	46	0.8	28	-	-
9	173	0.8	19	45	0.8	29	-	-
10	55	0.8	20	45	0.8	Valor medio Ilum.		92.64

A21. Ficha de los niveles de iluminación LED

69. Resultados de mediciones de nivel de iluminación para cada uno de los locales del edificio								
#	ÍTEM		DESCRIPCIÓN					
1	<i>Local</i>		Aula iluminada por Lumipaneles LED					
2	<i>Actividad</i>		Dar clases o tutorías a estudiantes					
3	<i>Iluminancia (Lux)</i>		45.67					
4	<i>Longitud del local</i>		9					
5	<i>Anchura del local</i>		7					
6	<i>Distancia del plano de trabajo a las luminarias (m)</i>		2					
7	<i>Índice de color en el local (°K)</i>		4000					
8	<i>Puntos mínimos de medida</i>		36					
9	<i>Observaciones</i>		Medida real de un aula iluminada con Lumipaneles Led de 20w. Por la mala distribución y la baja potencia la iluminancia es muy baja					

70. Calculo de la iluminancia media								
Punto	Ilum. Medida (Lux)	Altura de la medida (m)	Punto	Ilum. Medida (Lux)	Altura de la medida (m)	Punto	Ilum. Medida (Lux)	Altura de la medida (m)
1	79	0.8	11	31	0.8	21	29	0.8
2	79	0.8	12	31	0.8	22	33	0.8
3	77	0.8	13	25	0.8	23	33	0.8
4	78	0.8	14	25	0.8	24	33	0.8
5	78	0.8	15	25	0.8	25	22	0.8
6	78	0.8	16	34	0.8	26	22	0.8
7	80	0.8	17	34	0.8	27	22	0.8
8	80	0.8	18	34	0.8	28	-	-
9	80	0.8	19	30	0.8	29	-	-
10	31	0.8	20	30	0.8	Valor medio Ilum.		45.67

A22. Ficha de los niveles de iluminación en un espacio recreativo.

71. Resultados de mediciones de nivel de iluminación para cada uno de los locales del edificio	
# ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1 <i>Local</i>	Canchas de juego
2 <i>Actividad</i>	Espacios recreativos
3 <i>Iluminancia (Lux)</i>	17.53
4 <i>Longitud del local</i>	13
5 <i>Anchura del local</i>	25
6 <i>Distancia del plano de trabajo a las luminarias (m)</i>	5.5
7 <i>Índice de color en el local (°K)</i>	2500
8 <i>Puntos mínimos de medida</i>	108
9 <i>Observaciones</i>	La actual iluminancia se basa en 5 reflectores de alta presión de 400W

72. Calculo de la iluminancia media								
Punto	Ilum. Medida (Lux)	Altura de la medida (m)	Punto	Ilum. Medida (Lux)	Altura de la medida (m)	Punto	Ilum. Medida (Lux)	Altura de la medida (m)
1	10	1.5	11	10	1.5	21	31	1.5
2	10	1.5	12	11	1.5	22	25	1.5
3	11	1.5	13	10	1.5	23	26	1.5
4	37	1.5	14	10	1.5	24	25	1.5
5	30	1.5	15	11	1.5	25	10	1.5
6	24	1.5	16	12	1.5	26	10	1.5
7	18	1.5	17	11	1.5	27	15	1.5
8	13	1.5	18	11	1.5	28	-	-
9	14	1.5	19	29	1.5	29	-	-
10	10	1.5	20	31	1.5	Valor medio Ilum.		17.53

A23. Ficha del VEEI de la UEI

73. Determinación del valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI), UGR y RA									
Local	Actividad	Pot. Total (kW)	Área Iluminada (m ²)	Iluminancia (Lux)			VEEI (W/m ²)		UGR
				media	mínima	Requerida	Calc.	límite	
Aula Fluorescente	Dar clases y tutorías en horarios vespertinos y nocturnos	0,4	58,5	92.64	50.67	500	6,84	4,0	19
Aula Lumipaneles	Dar clases y tutorías en horarios vespertinos y nocturnos	0,12	58,5	45.67	28.17	500	2,05	4,0	13
Oficina	Zona de trabajos administrativos.	0,3	33,25	152.28	98.75	500	9,02	6,0	18,5
Laboratorio	Laboratorios de Computación Química, Inglés, Biología, etc.	0,4	67,5	39.81	11.75	500	5,93	4,0	17,8
Rectorado	Zona de trabajo de la máxima autoridad ejecutiva.	0,24	63,25	353.67	117.73	300	3,79	6,0	18
Sala de Proyecciones	Salón de actos, convenciones o uso múltiple.	0,5	126	49.53	44.08	300	3,97	10,0	17,5
Biblioteca	Zona de lectura y trabajo investigativo.	0,3	91	74.14	21	500	3,30	6,0	14
Espacio Deportivo	Zona de recreación y deporte	2,4	1075	17.53	13	50	2,23	5,0	5
Departamento Médico	Zona de atención médica a estudiantes y personal educativo.	0,81	87,5	175.28	133.75	500	9,26	4,5	18,45
Observaciones	* La iluminación LED en las aulas no es la correcta, debido a la mala elección de luminarias y su mala distribución. * En ciertos casos el VEEI excede los límites requeridos por la norma, por consiguiente existe un mal gasto de energía eléctrica.								

A24. Ficha auditora sobre la iluminación de la UEI

74. Responda a las siguientes cuestiones acerca de la eficiencia energética en la iluminación

1. ¿Ha revisado el nivel de iluminación de cada local o espacio?
 Sí No
2. ¿Se aprovecha la luz natural?
 Sí No En su mayor parte
3. ¿El personal dentro del aula apaga las luces cuando sale de un local?
 Sí No
4. ¿Todo el personal puede identificar perfectamente que interruptor controla cada lámpara?
 Sí No
5. ¿Se limpian las lámparas y pantallas todos los años?
 Sí No
6. ¿Se emplean lámparas incandescentes?
 Sí No
7. El equipo de encendido ¿Es electrónico?
 Sí No
8. ¿Ha observado si las pantallas y difusores se encuentran descolocados?
 Sí No
9. ¿Los difusores de las luminarias de dos tubos son....?
 Sí No
10. ¿Existe un número suficiente de interruptores por área iluminada?
 Sí No
11. ¿El alumbrado exterior permanece apagado siempre que no es necesario?
 Sí No
12. ¿Están las paredes, suelos y techos pintados de colores claros?
 Sí Paredes y Techo Paredes Techo No
13. ¿Las lámparas de descarga son de vapor de mercurio o de vapor de sodio?
 Sí No Algunas
14. Se han sustituido los proyectores de lámparas halógenas por lámparas de descarga
 Sí No

Anexo B. TABLA PARA EL CÁLCULO DE LA ZONA CLIMÁTICA BASADO EN LA LOCALIDAD Y ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR.
(Ministerio de Fomento, 2018)

Capital de provincia	Z.C. de la capital	Altitud sobre el nivel del mar (h)																								
		≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m	≥ 1300 m	
Albacete	D3	C3					D3										E1									
Alicante/Alacant	B4	B4					C3										D3									
Almería	A4	A4	B4			B3					C3					D3										
Ávila	E1	D2										D1					E1									
Badajoz	C4	C4					C3					D3														
Barcelona	C2	C2					D2					D1					E1									
Bilbao/Bilbo	C1	C1					D1																			
Burgos	E1	D1										E1														
Cáceres	C4	C4										D3					E1									
Cádiz	A3	A3	B3					C3					C2					D2								
Castellón/Castelló	B3	B3	C3					D3					D2					E1								
Ceuta	B3	B3																								
Ciudad Real	D3	C4					C3					D3														
Córdoba	B4	B4	C4					D3																		
Coruña, La/ A Coruña	C1	C1					D1																			
Cuenca	D2	D3										D2					E1									
Gerona/Girona	D2	C2	D2					E1																		
Granada	C3	A4	B4					C4					C3					D3					E1			
Guadalajara	D3	D3										D2					E1									
Huelva	A4	A4	B4	B3					C3					D3												
Huesca	D2	C3					D3					D2					E1									
Jaén	C4	B4					C4					D3					E1									
León	E1	E1																								
Lérida/Lleida	D3	C3	D3					E1																		
Logroño	D2	C2					D2					E1														
Lugo	D1	D1										E1														
Madrid	D3	C3										D3					D2					E1				
Málaga	A3	A3	B3					C3					D3													
Melilla	A3	A3																								
Murcia	B3	B3	C3					D3																		
Orense/Ourense	D2	C3					C2					D2					E1									
Oviedo	D1	C1	D1					E1																		
Palencia	D1	D1										E1														
Palma de Mallorca	B3	B3					C3																			
Palmas de Gran Canaria, Las	α3	α3					A2					B2					C2									
Pamplona/Iruña	D1	C2	D2			D1					E1															
Porto/vedra	C1	C1					D1																			
Salamanca	D2	D2										E1														
San Sebastián/Donostia	D1	D1					E1																			
Santa Cruz de Tenerife	α3	α3					A2					B2					C2									
Santander	C1	C1	D1					E1																		
Segovia	D2	D2										E1														
Sevilla	B4	B4					C4																			
Soria	E1	D2										D1					E1									
Tarragona	B3	B3	C3					D3																		
Teruel	D2	C3					C2					D2					E1									
Toledo	C4	C4										D3														
Valencia/València	B3	B3	C3					D2					E1													
Valladolid	D2	D2										E1														
Vitoria/Gasteiz	D1	D1										E1														
Zamora	D2	D2										E1														
Zaragoza	D3	C3					D3										E1									
Provincia	Z.C. capital	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m	≥ 1300 m	

Anexo C. ANÁLISIS DE TEMPERATURAS Y CÁLCULO DE LA ZONA CLIMÁTICA DE LA CIUDAD DE IBARRA.

Anexo D. SUPERFICIE ÚTIL DE LOS ESPACIOS DE LA UNIDAD EDUCATIVA IBARRA

Superficie Útil Edificio 1							
Descripción	Planta 1			Descripción	Planta 2		
	largo (m)	ancho (m)	Área (m2)		largo (m)	ancho (m)	Área (m2)
<i>Aula</i>	9,28	11,5	106,72	<i>Sala de proyecciones I</i>	9,28	14	129,92
<i>Aula</i>	9	8	72	<i>Lab de Informática I</i>	9	8	72
<i>Aula</i>	9	8	72	<i>Lab de Informática II</i>	9	8	72
<i>Sala de proyecciones II</i>	12,5	8	100	<i>Centro de Computo</i>	6,5	8	52
<i>Área Tecnológica Comunitaria</i>	8,5	8,5	72,25	<i>Lab de Ingles</i>	14,5	8,5	123,25
				<i>Bodega junto a Lab de Ingles</i>	5,6	2,5	14
<i>Baño</i>	7	3,5	24,5	<i>Baño</i>	7	2,5	17,5
				<i>Lab de Redes</i>	7	1	7
<i>Aula</i>	7	9	63	<i>Lab de Informatica III</i>	7	9	63
<i>Aula</i>	7	9	63	<i>Lab de Informatica IV</i>	7	9	63
<i>Aula</i>	7	9	63	<i>Lab MINTEL 3</i>	7	9	63
<i>Aula</i>	7	9	63	<i>Lab MINTEL 2</i>	7	9	63
<i>Aula</i>	7	9	63	<i>Lab MINTEL 1</i>	7	9	63
<i>Área de Ingles</i>	7	4	28	<i>Área Técnica</i>	7	4	28
<i>Baño</i>	7	2,75	19,25	<i>Baño</i>	7	3	21
<i>Pasillos</i>	40,75	2,5	101,875	<i>Pasillos</i>	25	2,5	62,5
	2,5	63,5	158,75		2,5	63,5	158,75
	3,5	3	10,5		3,5	2,63	9,205
	3,5	3	10,5		3,5	2,63	9,205
TOTAL			1091,35	TOTAL			1091,33
2182,68							

Superficie útil por planta del Edificio 1

Superficie Útil Edificio 2							
Descripción	Planta 1			Descripción	Planta 2		
	largo (m)	ancho (m)	Área (m ²)		largo (m)	ancho (m)	Área (m ²)
<i>Lab de Química</i>	6,25	9,5	59,375				
<i>Dispensa del lab de Química</i>	6,25	5	31,25	<i>Lab de física</i>	8,25	19,5	160,875
<i>Dispensa del lab de Biología</i>	6,25	5	31,25				
<i>Lab de Biología</i>	6,25	9,5	59,375	<i>Aula</i>	6,25	9,5	59,375
<i>Baño</i>	6,25	3,25	20,3125	<i>Coordinación</i>	6,25	3,25	20,3125
<i>Bodega</i>							
<i>Biblioteca Virtual</i>	6,25	4,25	26,5625	<i>Oficina del BI</i>	6,25	9	56,25
<i>Biblioteca Virtual</i>	6,25	20	125	<i>Área de Ciencias Sociales</i>	6,25	6	37,5
				<i>Aula BI</i>	6,25	9,25	57,8125
<i>Pasillos</i>	2	61,5	123	<i>Pasillos</i>	2	42	84
TOTAL			476,13	TOTAL			476,13
952,25							

Superficie útil por planta del Edificio 2

Superficie Útil Edificio 3							
Descripción	Planta 1			Descripción	Planta 2		
	largo (m)	ancho (m)	Área (m ²)		largo (m)	ancho (m)	Área (m ²)
<i>Guarda Almacen</i>	3,25	4	13				
<i>Sección Nocturna</i>	1	2,5	2,5				
	3	2,5	7,5				
	7,25	3,5	25,375				
<i>Almacen del Bar</i>	5,75	6	34,5	-	-	-	-
<i>Bar</i>	12	6	72				
<i>Cocina</i>	4,25	6	25,5				
<i>Dispensa de cocina</i>	4,25	1,5	6,375				
<i>Comedor</i>	9	7,5	67,5	<i>Laboratorio de Ciencias Naturales</i>	10	9,5	95
<i>Bodega</i>	8,75	7,5	65,625	<i>Aula</i>	7,25	7,5	54,375
<i>Baño</i>	2,5	7,5	18,75				
<i>Área de Biología y Química</i>	5,75	7,5	43,125	-	-	-	-
<i>Sala de Profesores</i>	5,75	7,5	43,125				
<i>Pasillos</i>	21	2	42	<i>Pasillos</i>	10,3	2	20,6
TOTAL			466,88	TOTAL			169,98
636,85							

Superficie útil por planta del Edificio 3

Superficie Útil Edificio 4							
Descripción	Planta 1			Descripción	Planta 2		
	largo (m)	ancho (m)	Área (m2)		largo (m)	ancho (m)	Área (m2)
<i>Sala de Sesiones Juan Francisco Cevallos</i>	10,5	12,5	131,25	<i>Rectorado</i>	7,5	7,25	54,375
<i>Baño</i>	2	1,5	3	<i>Secretaria Rectorado</i>	4,75	8,5	40,375
	3,25	2,5	8,125	<i>Vice Rectorado</i>	4,75	8,5	40,375
<i>Inspeccion seccion Nocturna</i>	5,25	4	21	<i>Colecturia</i>	4,75	2,75	13,0625
<i>Inspeccion</i>	5,25	17	89,25	<i>Archivo</i>	4,75	3,25	15,4375
<i>Orientacion vocacional</i>	5,5	13,5	74,25	<i>Aula BI</i>	7,75	6,25	48,4375
				<i>Oficinas CAS-BI</i>	8	8,25	66
<i>Pasillos</i>	2,5	35,5	88,75	<i>Pasillos</i>	1,5	8	12
	8	8,5	68		2,75	30,25	83,1875
	40	4,25	170		46,75	4,25	198,6875
	5,25	12,5	65,625		5,25	12,5	65,625
	3	9	27		-	-	-
<i>Entrada Principal</i>	9,5	6,25	59,375	-	-	-	
TOTAL			821,15	TOTAL			637,56
1458,71							

Superficie útil por planta del Edificio 4

Superficie Útil Edificio 5							
Descripción	Planta 1			Descripción	Planta 2		
	largo (m)	ancho (m)	Área (m2)		largo (m)	ancho (m)	Área (m2)
<i>Baño</i>	3	7	21	<i>Baño</i>	3	7	21
<i>Aula</i>	8,75	7	61,25	<i>Aula</i>	8,75	7	61,25
<i>Área de Cultura Física</i>	3,25	7	22,75	<i>Aula</i>	8,75	7	61,25
<i>Aula</i>	8,75	7	61,25	<i>Aula</i>	8,75	7	61,25
<i>Aula</i>	8,75	7	61,25	<i>Área Artística</i>	2	7	14
<i>Departamento Medico</i>	6,5	2,5	16,25	<i>Aula</i>	8,75	7	61,25
	3	6	18	<i>Aula</i>	10,5	2,5	26,25
	3,75	6	22,5				
	3,75	6	22,5				
	5	4	20	7	9	63	
2	4	8	<i>Bodega</i>	7	3	21	
<i>Aula</i>	6,5	7	45,5	<i>Aula</i>	6,5	7	45,5
<i>Aula</i>	9,5	7	66,5	<i>Aula</i>	9,5	7	66,5
<i>Bodega</i>	3,75	7	26,25	<i>Pasillos</i>	3	9,75	29,25
	3,75	7	26,25		35,5	2,5	88,75
	3	3	9	-	-	-	
<i>Pasillos</i>	5,5	12,5	68,75	-	-	-	
	2,75	28,25	77,6875	-	-	-	
	1,25	9,75	12,1875	-	-	-	
	35,5	2,5	88,75	-	-	-	
	2	7	14	-	-	-	
	3	9,75	29,25	-	-	-	
2,5	3	7,5	-	-	-		
TOTAL			806,38	TOTAL			620,25
1426,63							

Superficie útil por planta del Edificio 5

Superficie Útil Edificio 6											
Descripción	Planta 1			Descripción	Planta 2						
	largo (m)	ancho (m)	Área (m ²)		largo (m)	ancho (m)	Área (m ²)				
<i>Aula</i>	6	8,25	49,5	<i>Aula</i>	8,25	8,25	68,0625				
<i>Aula</i>	6	8,25	49,5	<i>Aula</i>	6	8,25	49,5				
<i>Aula</i>	6	7,5	45	<i>Aula</i>	6	7,5	45				
<i>Aula</i>	6	7,5	45	<i>Aula</i>	6	7,5	45				
<i>Aula</i>	8,5	9	76,5	<i>Aula</i>	8,5	11	93,5				
<i>Aula</i>	8,5	9	76,5	<i>Aula</i>	8,5	8	68				
<i>Aula</i>	9	7,5	67,5	<i>Pasillos</i>	13,5	2	27				
<i>Aula</i>	9	7,5	67,5		2	27,5	55				
<i>Aula</i>	9	7,5	67,5	-	-	-	-				
<i>Baño</i>	8,5	5,25	44,625								
<i>Baño</i>	8,5	5,25	44,625								
<i>Pasillo</i>	2	35,5	71								
	22	2	44								
	18	2	36								
	17	0,75	12,75								
TOTAL			797,50					TOTAL			451,06
1248,56											

Superficie útil por planta del Edificio 6

Superficie Útil Coliseo y Alrededores											
Descripción	Planta 1			Descripción	Planta 2						
	largo (m)	ancho (m)	Área (m ²)		largo (m)	ancho (m)	Área (m ²)				
<i>Sub Inspeccion General</i>	6	6	36	<i>Coliseo</i>	30	18	540				
<i>Área de Física Matemática</i>	5,5	6	33								
<i>Sala de juntas</i>	11	6	66								
<i>Centro de copiado</i>	3	6	18								
<i>Bodega</i>	2	6	12								
<i>Baño Coliseo</i>	4	3	12								
<i>Bodega Coliseo</i>	4	5,5	22								
<i>Almacen 1 del coliseo</i>	4	3	12								
<i>Almacen 2 del coliseo</i>	4	3	12								
<i>Almacen 3 del coliseo</i>	9	3	27								
<i>Almacen 4 del coliseo</i>	10	3	30								
<i>Almacen 5 del coliseo</i>	10	3	30								
<i>Almacen 6 del coliseo</i>	5	14	70								
<i>Pasillos</i>	5	35	175								
	32,5	2,5	81,25								
TOTAL			636,25					TOTAL			540,00
1176,25											

Superficie útil del coliseo y sus alrededores

Superficie Útil Áreas Recreativas y de tránsito							
Descripción	Planta 1			Descripción	Planta 2		
	largo (m)	ancho (m)	Área (m2)		largo (m)	ancho (m)	Área (m2)
<i>Cancha de Basquet 1</i>	30	18	540	<i>No existe</i>	-	-	-
<i>Cancha de Basquet 2</i>	18	30	540				
<i>Cancha de Basquet 3</i>	30	18	540				
<i>Superficie de tránsito entre Edificios 1 y 2</i>	64	5	320				
<i>Superficie de tránsito entre Edificios 1 y 3</i>	10	14,5	145				
	15,5	3	46,5				
	43	5	215				
<i>Superficie de tránsito entre Edificios 4 y 5</i>	4	8	32				
	24	13	312				
	11	13	143				
<i>Superficie de tránsito entre el coliseo y edificio 7</i>	4,5	6,5	29,25				
	11	36,5	401,5				
	36	9,5	342				
	16	4	64				
	5	2	10				
TOTAL			3680,25	TOTAL			0,00
3680,25							

Superficie útil de las áreas de tránsito y recreativas

Anexo E. Fotos del estudio



Instalación del Analizador de redes en las bajantes de la UEI



Toma de datos con luxómetro en aulas



Nivel de iluminación actual en uno de los espacios recreativos de la UEI



Estado actual de varios reflectores



Niveles de iluminación defectuosa en salas de reuniones



Medición de niveles de temperatura (°F) en los balastos de las luminarias fluorescentes



Análisis y constatación técnica sobre los niveles de voltaje y corriente en las luminarias Fluorescentes.



Medición de niveles de tensión en los espacios de la UEI



Estado actual de varias luminarias a lo largo de la instalación



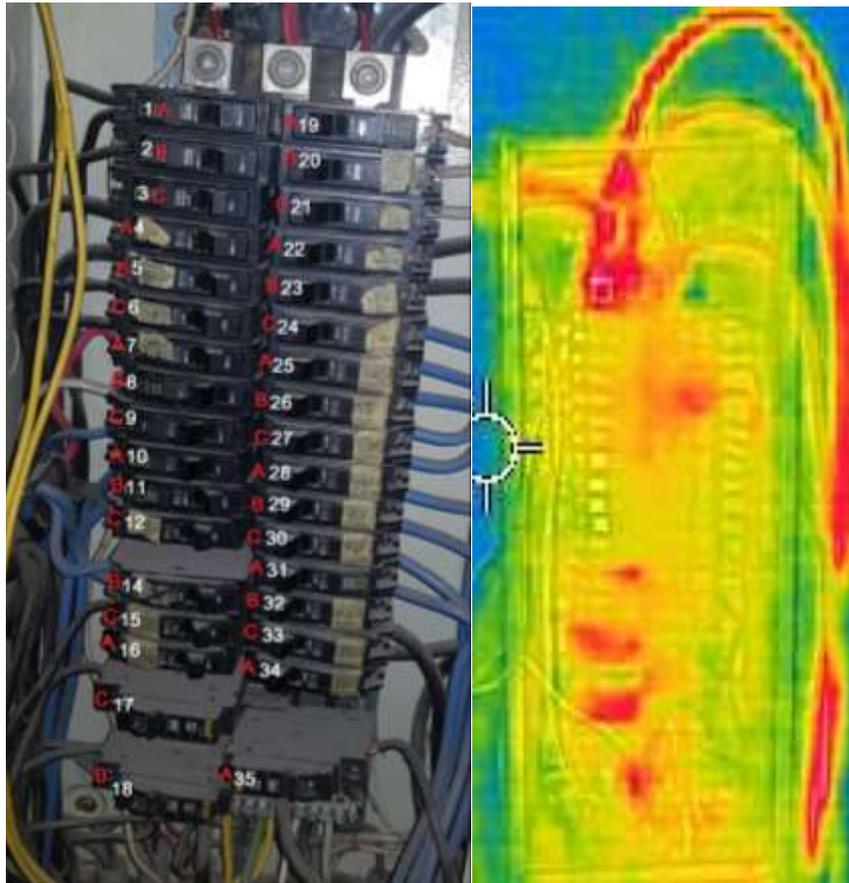
Nivel de iluminación en aula con Lumipaneles LED



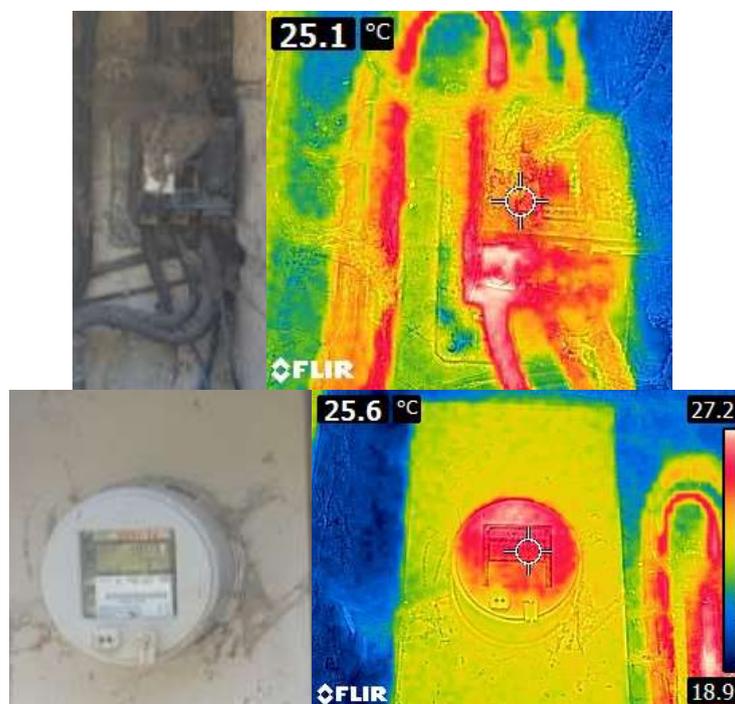
Levantamiento de carga en el Laboratorio de Ingles



Levantamiento de carga y de niveles de iluminación en la Biblioteca virtual



Estudio de termografía en cajas de distribución de carga



Estudio de termografía en el medidor principal