

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR PROGRAMABLE, PARA LA CASONA PRINCIPAL DE LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECÁNICA

ALEX ROBERTO CAJAMARCA CHIMBORAZO

alex.cajamarca@epn.edu.ec

SILVIA GABRIELA MORALES ZÚÑIGA

silvia.morales@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. LUIS ANÍBAL ALMEIDA MOLINA MSc.

luis.almeidal@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA MSc.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, mayo de 2018

DECLARACIÓN

Nosotros, Alex Roberto Cajamarca Chimborazo y Silvia Gabriela Morales Zúñiga, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Alex Roberto Cajamarca Chimborazo

Silvia Gabriela Morales Zúñiga

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Alex Roberto Cajamarca Chimborazo y Silvia Gabriela Morales Zúñiga, bajo mi supervisión.

Ing. Luis Almeida MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Carlos Romo MSc.
CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía y mi fortaleza durante este camino.

A mis padres Luis Cajamarca y Carmen Chimborazo, quienes me inculcaron valores y principios para ser un hombre de bien.

A mis hermanos Luis Cajamarca y Omar Cajamarca, por su gran apoyo y aliento durante el desarrollo de este proyecto.

A la Escuela de Formación de Tecnólogos por permitirme realizar este proyecto y a sus autoridades por la confianza y apoyo durante el desarrollo del mismo.

Alex Cajamarca

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo a mis padres, quienes con su ejemplo y dedicación guiaron mis pasos desde muy pequeño.

A mis hermanos quienes han sido mis amigos y compañeros de largas noches de estudio, sin su apoyo no podría estar hoy aquí y a quienes les deseo los mayores éxitos en su vida.

Alex Cajamarca

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo a mis padres y hermanos, quienes creen en mis capacidades y me alientan a seguir adelante día a día.

Silvia Morales

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Objetivos.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
1.2. Marco teórico.....	4
Normas eléctricas para sistemas de iluminación.....	4
Instalaciones eléctricas para exteriores.....	5
Eficiencia energética.....	7
Temporizadores y sensores de movimiento.....	8
2. METODOLOGÍA.....	12
2.1. Análisis de normas eléctricas para sistemas de iluminación.....	12
Descripción del sistema antiguo con referencia a la norma NEC 10.....	12
2.2. Características de la luminaria para exteriores.....	17
Tipo de aplicación.....	17
Grado de protección mínima.....	17
Fotometría.....	18
2.3. Estudio de carga del sistema antiguo.....	20
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
3.1. Diseño del sistema de iluminación exterior.....	22
Cálculo del sistema.....	22
Selección de la luminaria para el sistema.....	26
Simulación del sistema.....	27
3.2. Implementación del sistema.....	36
3.3. Pruebas del sistema.....	44
3.4. Programación del sistema.....	49
3.5. Resultados del sistema.....	51
4. CONCLUSIONES.....	54
5. RECOMENDACIONES.....	55
6. BIBLIOGRAFÍA.....	56
7. ANEXOS.....	59
Anexo A: Cálculo de los niveles de iluminación en el software DIALux evo.....	59
Anexo B: Plano eléctrico del sistema de iluminación exterior.....	70
Anexo C: Diagrama de control.....	71
Anexo D: Especificación técnica del temporizador KG316T.....	72
Anexo E: Especificación técnica del sensor de movimiento 180°.....	73

Anexo F: Especificación técnica del contactor e interruptor termomagnético.....74
Anexo G: Manual de mantenimiento75
Anexo H: Presupuesto del sistema de iluminación.....79

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1.</i> Temporizador on delay	9
<i>Figura 1.2.</i> Temporizador off delay	9
<i>Figura 1.3.</i> Sensor de movimiento infrarrojo para uso interno	10
<i>Figura 1.4.</i> Sensor de movimiento infrarrojo para uso externo	11
<i>Figura 2.1.</i> Fachada frontal de la casona principal de la ESFOT	12
<i>Figura 2.2.</i> Sistema eléctrico antiguo	15
<i>Figura 2.3.</i> Materiales eléctricos en mal estado	15
<i>Figura 2.4.</i> Fococelda del sistema antiguo	16
<i>Figura 2.5.</i> Caja de conexión del sistema antiguo	17
<i>Figura 2.6.</i> Grado de protección mínimo para áreas exteriores	18
<i>Figura 2.7.</i> Haz del proyector circular	19
<i>Figura 2.8.</i> Haz del proyector rectangular	20
<i>Figura 2.9.</i> Planilla para la determinación de demandas de diseño	21
<i>Figura 3.1.</i> Área a iluminar (parte frontal)	24
<i>Figura 3.2.</i> Plano arquitectónico sin el área del centro de información de la ESFOT	28
<i>Figura 3.3.</i> Plano arquitectónico con el área del centro de información de la ESFOT	28
<i>Figura 3.4.</i> Importación de archivo dwg.	29
<i>Figura 3.5.</i> Archivo .dwg importado	29
<i>Figura 3.6.</i> Contorno exterior de la casona principal de la ESFOT	30
<i>Figura 3.7.</i> Contorno interior de la casona principal de la ESFOT	30
<i>Figura 3.8.</i> Fachada frontal de la casona principal	31
<i>Figura 3.9.</i> Fachada posterior de la casona principal	31
<i>Figura 3.10.</i> Colocación de los proyectores en la fachada frontal del edificio	32
<i>Figura 3.11.</i> Simulación del sistema de iluminación exterior (parte frontal)	33
<i>Figura 3.12.</i> Simulación del sistema de iluminación exterior y ventanas (parte frontal)	33
<i>Figura 3.13.</i> Simulación del sistema de iluminación exterior (parte posterior)	34
<i>Figura 3.14.</i> Panorama completo de las áreas a iluminar	34
<i>Figura 3.15.</i> Tendido de la canalización y colocación de cajas de derivación	37
<i>Figura 3.16.</i> Grado de protección IP y ángulo de apertura del haz	38
<i>Figura 3.17.</i> Montaje de las luminarias	38
<i>Figura 3.18.</i> Tendido del cable UTP y montaje del sensor de movimiento	40
<i>Figura 3.19.</i> Colocación del riel din	41
<i>Figura 3.20.</i> Colocación de los elementos de protección y control	41
<i>Figura 3.21.</i> Centro de carga existente	42
<i>Figura 3.22.</i> Conexión del tablero de control de iluminación exterior	43

<i>Figura 3.23.</i> Puerta exterior del tablero	43
<i>Figura 3.24.</i> Iluminación exterior parte frontal.....	44
<i>Figura 3.25.</i> Iluminación exterior parte posterior.	45
<i>Figura 3.26.</i> Iluminación exterior área de parqueaderos.....	45
<i>Figura 3.27.</i> Iluminación área del centro de información.....	46
<i>Figura 3.28.</i> Altura de plano de trabajo	46
<i>Figura 3.29.</i> Medición del nivel de iluminación parte frontal.....	47
<i>Figura 3.30.</i> Medición del nivel de iluminación parte posterior.....	48
<i>Figura 3.31.</i> Medición del nivel de iluminación área de parqueaderos	48
<i>Figura 3.32.</i> Medición del nivel de iluminación área del centro de información.....	49
<i>Figura 3.33.</i> Botones del temporizador	50
<i>Figura 3.34.</i> Orden de los temporizadores.....	50
<i>Figura 3.35.</i> Estudio de carga del sistema actual	51
<i>Figura 3.36.</i> Consumo de energía por mes.	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Niveles de iluminación.....	13
Tabla 2.2 Niveles de iluminación para ambientes asistenciales y educacionales	13
Tabla 2.3 Grados de protección por el primer dígito.....	13
Tabla 2.4 Grados de protección por el segundo dígito	14
Tabla 2.5 Clasificación de los proyectores según la IEC.....	18
Tabla 3.1 Determinación del factor de mantenimiento	22
Tabla 3.2 Capacidad de corriente para conductores	24
Tabla 3.3 Especificaciones técnicas de las luminarias	39

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.1. Flujo luminoso.....	6
Ecuación 1.2. Intensidad luminosa.....	6
Ecuación 1.3. Iluminancia.....	6
Ecuación 1.4. Luminancia.....	7
Ecuación 1.5. Rendimiento luminoso	7
Ecuación 3.1. Flujo total requerido	22
Ecuación 3.2. Número de luminarias	23
Ecuación 3.3. Separación entre luminarias.....	23
Ecuación 3.4. Consumo energético	51

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema de iluminación exterior programable, para la casona principal de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional que brinde una iluminación adecuada, segura, eficiente y que cumpla con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-10).

Se definieron cuatro secciones para el desarrollo de este proyecto las cuales son: la introducción, metodología, resultados y conclusiones.

En la introducción se menciona los problemas del sistema de iluminación antiguo, la importancia del empleo de sistemas de automatización en instalaciones de alumbrado exterior utilizando tecnología LED, conceptos básicos para el diseño y normas eléctricas.

La metodología comprende características de la luminaria para exteriores, el estudio de carga y análisis de normas eléctricas con respecto al sistema de iluminación antiguo.

Los resultados y discusión detallan el diseño e implementación del sistema de iluminación exterior actual que consisten en: selección de la luminaria, estudio de carga del sistema actual, cálculos y simulación del sistema utilizando el software DIALux evo, la instalación de la canalización, cajas de derivación, tendido del cable eléctrico, montaje de las luminarias, sensores de movimiento y tablero de control automático.

Finalmente se mencionan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el diseño e implementación del sistema de iluminación exterior.

ABSTRACT

The main goal of this current project is to design and implement a programmable outdoor lighting system for the main house of Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional that provides appropriate, safe, efficient lighting, which complies according to Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-10).

Four sections were defined for the development of this project which are: introduction, methodology, results and conclusions.

The introduction mentions the problems of the old lighting system, the importance of the use of automation systems in outdoor lighting installations using LED technology, basic concepts for design and electrical standards.

The methodology includes characteristics of the outdoor luminaire, the study of load and analysis of electrical standards due to the ancient lighting system.

The results and argument detail the design and implementation of the current exterior lighting system consisting of: selection of the luminaire, loading study of the current system, calculations and simulation of the system using the DIALux evo software, the installation of the pipeline, boxes of derivation, laying of the electric cable, assembly of the luminaires, movement sensors and automatic control board.

Finally, referred to the conclusions and recommendations obtained in the design and implementation of the exterior lighting system are mentioned

1. INTRODUCCIÓN

El alumbrado público es una parte importante del sector eléctrico, si se tiene en cuenta que por lo menos una quinta parte de la vida del hombre transcurre bajo alumbrado artificial; una buena iluminación ofrece seguridad, productividad, mejora el confort visual haciendo más agradable y acogedora la vida del hombre. (Comité Ejecutivo de La Norma Ecuatoriana de La Construcción, 2011, pág. 78).

Después de realizar un levantamiento de información de la casona principal de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT), se observó que el sistema de iluminación antiguo se encontraba encendido por un periodo de doce horas consecutivas, las luminarias eran lámparas fluorescentes compactas (LFC) que contienen mercurio, un compuesto muy contaminante, el nivel de iluminación era deficiente y varios materiales utilizados en la implementación no cumplían con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-10), la cual fija las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas en bajo voltaje.

Es importante el empleo de sistemas de automatización como temporizadores y sensores de movimiento en las instalaciones de alumbrado exterior, ya que reducen el consumo de energía con una mayor eficiencia energética, el uso de la tecnología de Iluminación de Estado Sólido ayuda a evitar riesgos tanto en la salud humana como en la flora y fauna puesto que son reciclables y no contaminan.

Por lo expuesto anteriormente el presente proyecto de titulación “Diseño e Implementación de un Sistema de Iluminación Exterior Programable, para la Casona Principal de la Escuela de Formación de Tecnólogos” cumple normativas y estándares para el correcto y eficiente funcionamiento del sistema de iluminación basándose en la norma NEC-10 para instalaciones electromecánicas y la *International Electrotechnical Commission* (IEC) para especificaciones de los proyectores y grado de protección IP.

El nuevo sistema de iluminación se encuentra controlado con temporizadores digitales programables y sensores de movimiento que permiten eficiencia energética, el ahorro de dinero, la seguridad, comodidad y protegiendo el medio ambiente.

Debido a que las luminarias se encuentran en el exterior experimentarán una reducción progresiva del flujo luminoso por consecuencia de la degeneración de los componentes, envejecimiento de las lámparas, acumulación de polvo y suciedad. Para reducir este efecto se realizó un manual de mantenimiento que tiene como objetivo alargar la vida útil de las luminarias, localizar fallas y la reparación básica del sistema de iluminación.

1.1. Objetivos.

Objetivo General.

Diseñar e implementar un sistema de iluminación exterior programable, para la casona principal de la Escuela de Formación de Tecnólogos.

Objetivos Específicos.

- Analizar las normas eléctricas para instalaciones de bajo voltaje y niveles de iluminación (LUX) en ambientes educativos.
- Analizar la eficiencia energética del sistema de iluminación exterior.
- Realizar el cálculo y diseño del sistema de iluminación exterior.
- Analizar el centro de carga (sub-tablero de distribución eléctrico).
- Evaluar la funcionalidad del sistema de iluminación.

1.2. Marco teórico

Normas eléctricas para sistemas de iluminación.

Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC-10) Capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas.

Esta norma fija las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas en bajo voltaje, con el fin de salvaguardar a las personas que las operan o hacen uso de ellas, proteger los equipos y preservar el ambiente en que han sido construidas. (Comité Ejecutivo de La Norma Ecuatoriana de La Construcción, 2011, pág. 6).

Las disposiciones de esta norma se aplican al diseño, construcción y mantenimiento de las instalaciones eléctricas cuyo voltaje sea inferior a 600 V y se aplica a edificaciones de tipo residencial y comercial, públicos y privados.

La norma NEC-10 se basa en el estudio de los siguientes documentos:

- Código Eléctrico Nacional, Ecuador, CPE INEN 19:2001.
- NFPA70 Código Eléctrico Nacional. EEUU, 2008.
- NCH-ELEC.4-2003 Electricidad: Instalaciones de consumo en baja tensión. Código Eléctrico de Chile.
- Norma Técnica Colombiana NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Bogotá, 1998.
- Código de Edificación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Código de Edificación de Vivienda, México, 2007.

- TIERRAS: Soporte de la seguridad eléctrica, 2da. Edición, Favio Casas Ospina, 2003.
- Código Técnico de la Edificación, España, 2006.

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIÉ).

Este Reglamento establece medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Además, propicia el uso racional y eficiente de energía como una forma de protección al medio ambiente, señala las exigencias y especificaciones que garanticen la seguridad de las instalaciones eléctricas en base a su buen funcionamiento. La confiabilidad, calidad y adecuada utilización de los productos, fijan los parámetros mínimos de seguridad para las instalaciones eléctricas. (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, 2013).

International Electrotechnical Commission (IEC).

La IEC propone favorecer la cooperación internacional en materia de normalización y certificación para los sectores eléctrico y electrónico, publica normas internacionales, guías e informes técnicos que constituyen la base o una importante referencia para las actividades normativas de la Unión Europea y de sus países miembros.

La norma internacional IEC 60529 hace referencia al grado de protección (IP) para luminarias a ser instaladas en la intemperie y el modo de clasificar a los proyectores en función del haz luminoso.

Una norma internacional como IEC 60364 “Instalaciones eléctricas en edificios” especifica exhaustivamente las normas que hay que cumplir para garantizar la seguridad y las características de funcionamiento previstas para todos los tipos de instalaciones eléctricas.

Instalaciones eléctricas para exteriores.

Hoy en día el alumbrado en áreas exteriores realiza un papel importante, no solo para el desarrollo de la actividad económica de cualquier ciudad, sino como elemento determinante de la seguridad y bienestar.

Lo primero que se ilumina en ambientes exteriores son las zonas de paso, por razones de seguridad estas zonas deben cumplir con los niveles adecuados de iluminación, esto se logra con luminarias especiales para estos espacios.

Para la iluminación de áreas exteriores existe gran variedad de luminarias entre las más destacadas están:

- Luminarias para montaje en la pared
- Luminarias para calles y caminos
- Proyectores y focos

Iluminación de exteriores. No toda la luz emitida por una fuente llega al ojo del observador y produce sensación luminosa, ni toda la energía que consume se convierte en luz. Para ello se define a continuación algunas magnitudes que ayudarán a una mejor interpretación del proyecto.

Flujo luminoso. Es la potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Se representa por la letra griega ϕ y su unidad es lumen [lm]. Como indica la Ecuación 1.1. Flujo luminoso

$$\Phi = \frac{dQL}{dt} \quad (1.1)$$

Donde:

ϕ L = Flujo luminoso [lm].

dQL / dt = Cantidad de energía luminosa radiada por unidad de tiempo.

Intensidad luminosa. Es el flujo luminoso (ϕ) emitido por una fuente de luz en una dirección por unidad de ángulo sólido en esa misma dirección, medido en estereorradianes (sr). Su símbolo es I y su unidad es la candela [cd]. Ecuación 1.2. Intensidad luminosa

$$I = \frac{d\phi}{dw} \quad (1.2)$$

Donde:

I= intensidad luminosa en la dirección considerada [cd].

Φ = flujo luminoso contenido en el ángulo solido [lm].

w= valor del ángulo solido definido como un cono con base esférica cuya unidad es el estereorradián [sr].

Iluminancia. Los niveles de iluminación se definen como la relación entre el flujo luminoso y el área de superficie a la cual incide dicho flujo. Se simboliza con la letra E y su unidad es el lux. Ecuación 1.3. Iluminancia.

$$E = \frac{\phi L}{S} \quad (1.3)$$

Donde:

E= iluminancia [lx].

ϕ_L = flujo luminoso [lm].

S= superficie [m²].

Luminancia. Se llama luminancia a la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es [cd / m²]. Ecuación 1.4. Luminancia.

$$L = \frac{I}{S} \quad (1.4)$$

Donde:

L= luminancia [cd / m²].

I= intensidad luminosa [cd]

S= superficie [m²].

Rendimiento luminoso (eficacia luminosa). Indica el flujo luminoso que emite una fuente de luz por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención se representa por la letra griega ε y su unidad es el lumen/vatio [lm / W]. Ecuación 1.5. Rendimiento luminoso.

$$\varepsilon = \frac{\phi_L}{P} \quad (1.5)$$

Donde:

ε = eficacia luminosa [lm / W]

ϕ_L = flujo luminoso [lm].

P= potencia activa [W].

Eficiencia energética.

La eficiencia energética se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir el confort y la calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento de energía y fomentando un comportamiento sostenible en su uso. (Acenergia, 2013).

Gracias a los avances de tecnología con nuevas lámparas LED y equipos de control con infinidad de prestaciones, hoy en día existen sistemas de iluminación altamente eficientes y estéticamente atractivos para el usuario. La Eficiencia Energética en iluminación se logra mediante iluminancias adecuadas sobre las áreas a iluminar, al menor costo y con el menor impacto ambiental posible.

En Ecuador la tecnología de uso común en las redes de alumbrado público es el sodio de alta presión, que radica en el uso de un tipo de lámpara de descarga de gas, que implementa vapor de sodio para producir luz, la evolución de la tecnología LED usada para alumbrado público, presenta varias ventajas como el bajo consumo de energía, un mayor tiempo de vida, emisión reducida de calor, no contienen mercurio (componente altamente nocivo para el medio ambiente), por lo que pueden ser una alternativa de eficiencia para nuestra red de alumbrado. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013, pág. 3)

En determinados casos, la sustitución de lámparas convencionales por lámparas LED o halógenas de última generación, permiten tener una reducción de hasta el 80% en consumos de energía y una duración de las lámparas 10 veces mayor que las convencionales. El uso de la tecnología LED ofrece una reducción de la emisión de calor con el ahorro en climatización.

La eficiencia energética dependerá de varios factores. Los más importantes son:

- Diseño de la luminaria.
- Lámpara utilizada.
- Sistemas de regulación y control.
- Mantenimiento de la instalación.

Temporizadores y sensores de movimiento.

Temporizadores. Un temporizador es un aparato con el que se regula la conexión o desconexión de un circuito eléctrico después de que se ha programado un tiempo, el cual está determinado por una actividad o proceso que se necesite controlar. El elemento fundamental del temporizador es un contador binario, encargado de medir los pulsos suministrados por algún circuito oscilador, con una base de tiempo estable y conocido.

Formas de operación de los temporizadores. Las formas básicas de operación de los temporizadores son los siguientes.

- Temporizador ON DELAY: el temporizador recibe una señal de activación, al término del conteo del tiempo programado, el temporizador inicia su conteo o retardo de tiempo para hacer cambiar sus contactos en el mismo instante en que su bobina es energizada.

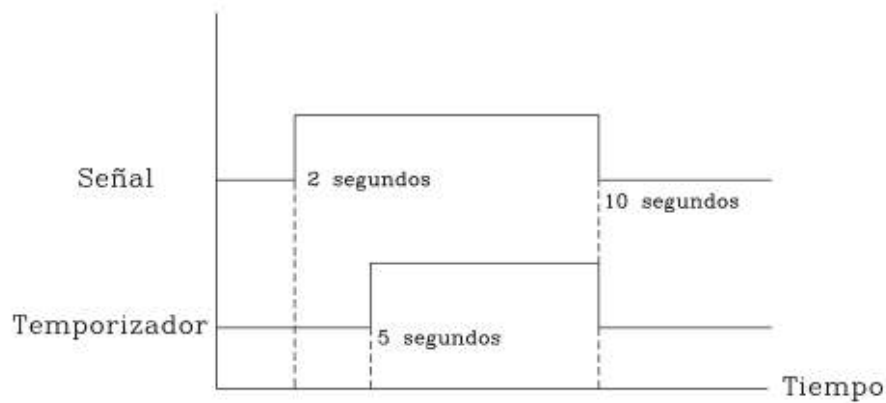


Figura 1.1. Temporizador on delay
Fuente: Propia

- Temporizador OFF DELAY: una vez que el temporizador deja de recibir una señal empieza el conteo, terminado el tiempo programado activa o desactiva los contactos.

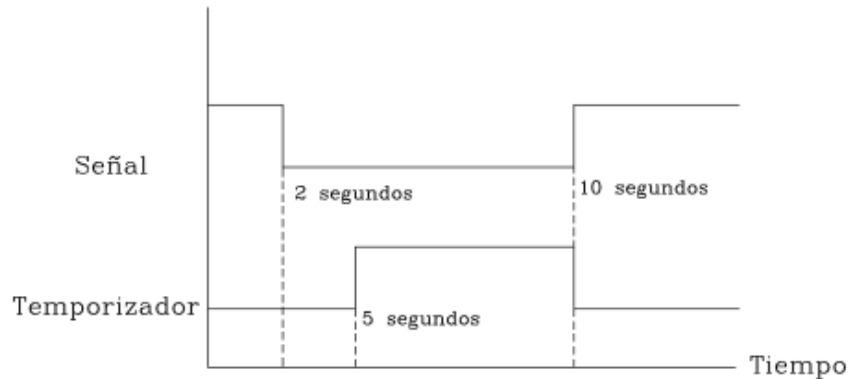


Figura 1.2. Temporizador off delay
Fuente: Propia

Temporizadores electrónicos o de estado sólido. El principio de este temporizador está basado en la carga o descarga de un capacitor. Un circuito RC (resistencia y condensador) se encarga de proveer un voltaje, este voltaje es aplicado a un circuito de disparo que generalmente está formado por un transistor de unijuntura UJT. El tiempo es fácilmente calibrable a través de una resistencia variable. (Angulo, 1990, pág. 6).

Sensores de movimiento. Los sensores de movimiento registran la radiación infrarroja de su entorno o de su zona de detección. Si se registra radiación térmica en la zona de detección causada por una persona que se acerca, el detector de presencia la transforma en una señal eléctrica mensurable y la luz se enciende, en algunos casos se utiliza para seguridad y otras como automatización.

Tipos de sensores.

El sensor de movimiento de acuerdo a su zona de instalación se clasifica en: exteriores e interiores.

El sensor de movimiento, en cuanto al sistema de detección se clasifica en:

- Sensor de movimiento de rayos infrarrojos pasivo.
- Sensor de movimiento de microondas.
- Sensor de movimiento dual de rayos infrarrojos y de microondas.
- Sensor de movimiento de ultrasonidos.

Sensor de movimiento de rayos infrarrojos pasivo. Está equipado con dos sensores infrarrojos, que transmiten su señal de salida a la unidad central. Tiene una rápida variación de la radiación infrarroja, producida por la entrada en escena de un intruso, disparando una situación de alarma.

Los sensores de movimiento infrarrojos son los más utilizados puesto que son los que menos fallas producen, detectan el cambio de un ambiente vigilado a través de la temperatura de los cuerpos, como son los sensores para uso interno y externo.

Sensores de movimiento infrarrojo para uso interno. Este sensor trabaja a un voltaje de 110 [V] o 220 [V], el ángulo de detección que posee es de 360° por lo que se puede colocar en el centro de una habitación, su uso más común es interiores de viviendas, por ejemplo escaleras, la mayoría de los detectores de movimiento cuentan con una fotorresistencia interna que permite que el sensor no se active en el día para el ahorro de energía.



Figura 1.3. Sensor de movimiento infrarrojo para uso interno
Fuente: Catalogo Sylvania

Sensores de movimiento infrarrojo para uso externo. Este sensor es muy útil para exteriores porque está hecho para resistir el ataque de los agentes climáticos, a diferencia del anterior el ángulo es menor, 180° horizontal y 90° vertical, su voltaje de alimentación es de 110 [V] o 220 [V] y se puede regular para que comience a funcionar por la noche, con

mayor o menor claridad, además se puede regular el tiempo que permanecerá encendida la lámpara.



Figura 1.4. Sensor de movimiento infrarrojo para uso externo
Fuente: Catalogo Sylvania

2. METODOLOGÍA

2.1. Análisis de normas eléctricas para sistemas de iluminación

Antes de realizar el diseño e implementación del sistema de iluminación exterior para la casona principal de la ESFOT, se realizó un análisis de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-10) y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

La norma NEC-10 y la RETIE fijan condiciones de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas en bajo voltaje, con el fin de proteger a los equipos y salvaguardar a las personas que las operan o hacen uso de ellas. La NEC-10 ha sido elaborada tomando como base de estudio la RETIE, normas y códigos internacionales para el diseño y construcción de instalaciones eléctricas en el Ecuador.

Para este proyecto la norma NEC-10 es la más indicada porque contiene información de niveles de iluminación, tipo de conductor, canalizaciones y tablero de control para el diseño y construcción del sistema de iluminación exterior.

Se inspeccionó el sistema de iluminación antiguo encontrando el incumplimiento de la norma NEC-10 con respecto a su diseño y construcción como se mencionará a continuación.

Descripción del sistema antiguo con referencia a la norma NEC 10.

Nivel de iluminación.



Figura 2.1. Fachada frontal de la casona principal de la ESFOT
Fuente: Pagina web de la ESFOT

El sistema contaba con 10 luminarias LFC de 40 [W] que iluminaban el área de circulación (parte frontal) con un nivel de iluminación deficiente de 18 luxes, este valor no corresponde a la demanda de iluminación que indica la norma NEC-10 (Tabla 2.1) y la parte posterior del edificio no tenía alumbrado peatonal causando un ambiente de inseguridad.

Tabla 2.1
Niveles de iluminación

Tipo de local	Nivel mínimo de iluminación recomendado
Áreas de trabajo	300 luxes
Áreas de circulación (pasillos, corredores, etc.)	50 luxes
Escaleras, escaleras mecánicas	100 luxes
Áreas de parqueaderos cubiertos	30 luxes

Niveles de iluminación recomendados (Norma NEC-10)

En caso de tareas visuales que requieran de gran concentración visual, discriminación de detalles finos, selección de colores, etc., deberán adoptarse niveles de iluminación superiores como indica la Tabla 2.2.

Tabla 2.2
Niveles de iluminación para ambientes asistenciales y educacionales

Tipo de Recinto	Iluminancia (lux)
Bibliotecas	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	300
Pasillos	100
Policlínicos	300
Salas de cirugía	500
Salas de clase	300
Salas de dibujo	600

Niveles de iluminación para ambientes asistenciales y educacionales donde se requieran gran concentración visual (Norma NEC-10)

Grado de protección IP. Es un sistema de codificación para indicar los grados de protección proporcionados por la envolvente (elemento que proporciona la protección del material) contra el acceso a las partes peligrosas, la penetración de cuerpos sólidos extraños y la penetración de agua. El código IP está formado por dos números situados después de las letras "IP", el primer dígito describe el nivel de protección ante el polvo (de 0 al 6) y el segundo dígito frente a líquidos (de 0 a 8). Ver Tabla 2.3 y Tabla 2.4

Tabla 2.3
Grados de protección por el primer dígito.

Primera cifra característica	Descripción abreviada	Definición del grado de protección:
0	No protegido	No tiene protección especial.
1	Protegido contra	Una gran superficie del cuerpo humano (ej. La

2	cuerpos sólidos mayores de 50 mm. Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 12 mm.	mano) o cuerpos sólidos mayores de 50mm de diámetro. Una superficie del cuerpo humano (ej. Los dedos) o cuerpos sólidos análogos que superen los 12 mm de diámetro.
3	Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 2.5 mm.	Herramientas, alambres, etc. de espesor mayor de 2.5 mm. Cuerpos sólidos mayores de 2.5 mm de diámetro.
4	Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 2.5 mm.	Alambres de espesor mayor de 1 mm. Cuerpos sólidos mayores de 1 mm de diámetro.
5	Protegido contra el polvo.	Solo se admite la penetración de polvo que no perjudique el buen funcionamiento del equipo.
6	Totalmente protegido contra el polvo.	No hay penetración de polvo.

Indica la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas (partes bajo tensión o piezas en movimiento), limitando o impidiendo la penetración de una parte del cuerpo humano o de un objeto cogido por una persona y garantizando la protección del equipo (Norma IEC 529).

Tabla 2.4
Grados de protección por el segundo dígito

Segunda cifra característica	Descripción abreviada	Definición del grado de protección:
0	No protegido	No tiene protección especial.
1	Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua (goteo).	Las gotas de agua (que caen verticalmente) no deben tener efectos nocivos.
2	Protegido contra las caídas de gotas de agua (goteo), en superficies inclinadas.	Las caídas verticales de gotas de agua no deben tener efectos nocivos cuando la envoltura esta inclinada hasta 15° respecto de su posición normal.
3	Protegido contra lluvia de agua.	El agua, cayendo en forma de lluvia en un ángulo menor a 60° respecto de la vertical, no debe tener efectos nocivos.
4	Protegido contra las proyecciones de agua.	El agua, proyectada en todas las direcciones contra la envoltura, no debe tener efectos nocivos.
5	Protegido contra chorros de agua.	El agua, proyectada con una lanza en todas las direcciones contra la envoltura, no debe tener efectos nocivos.
6	Protegido contra los golpes de mar.	Bajo el efecto de chorros potentes, el agua no debe entrar en la envoltura en cantidad nociva.
7	Protegido contra los efectos de la inmersión.	Sometida la envoltura a agua bajo la presión no debe ser posible la penetración de agua en cantidad nociva.
8	Protegido contra la inmersión prolongada.	El equipo se usara en inmersión prolongada en agua en las condiciones fijadas por el fabricante.

Indica la protección del equipo en el interior del envolvente contra los efectos perjudiciales debidos a la penetración del agua (Norma IEC 529).

El grado de protección de la lámpara LFC del sistema antiguo es de IP20, esto indica una muy baja protección contra el polvo y no tiene protección contra el agua, minimizando el uso en instalaciones eléctricas para exteriores.

Materiales eléctricos. El sistema de iluminación antiguo estaba implementado en una canalización de manguera PVC de ½" la cual no se encontraba sujeta a la caja de derivación por medio de conectores romex, el conductor eléctrico utilizado en la instalación era cable solido número 12 AWG y boquillas plásticas. Ver Figura 2.2 y Figura 2.3.



Figura 2.2. Sistema eléctrico antiguo
Fuente: Propia



Figura 2.3. Materiales eléctricos en mal estado
Fuente: Propia

La norma NEC-10 indica que las uniones y derivaciones que sea necesario hacer en los conductores de un circuito de iluminación se ejecutarán siempre dentro de cajas de derivación. No se permite hacer la alimentación de luminaria a luminaria sin cajas de derivación.

La conexión entre la caja de derivación y la luminaria, debe realizarse utilizando cable concéntrico o tubería anillada flexible. La caja debe contar con tapa y un conector romex que sujete los elementos de derivación. No se puede realizar más de una conexión de luminaria a luminaria desde una misma caja de derivación. Todos los empalmes deben realizarse utilizando capuchones apropiados al calibre de los conductores de la instalación. (Comité Ejecutivo de La Norma Ecuatoriana de La Construcción, 2011, pág. 76).

Control de la iluminación. El sistema antiguo era controlado por una fotocelda (ver Figura 2.4), ésta funcionaba con la variación luminosa del sitio donde se encontraba instalada, abriendo el circuito cuando el nivel de iluminación natural era adecuado y cerrando el circuito cuando el nivel era bajo, encendiendo el sistema aproximadamente desde las 18:00 pm hasta las 6:00 am, varias horas de la iluminación eran innecesarias ya que no existe circulación peatonal, ocasionando un desperdicio de energía.



Figura 2.4. Fotocelda del sistema antiguo
Fuente: Propia

Los sistemas de control automático de iluminación con temporizadores o sensores de presencia, se pueden emplear para encender o regular grupos determinados de lámparas consiguiendo reducir el consumo de energía sin disminuir el confort ni la calidad de vida.

Tablero de control. El sistema no contaba con un tablero de control, para el funcionamiento de la fotocelda se conectaba un enchufe a un tomacorriente ubicado dentro de una caja de madera expuesta a ser manipulada por cualquier persona que transite por las instalaciones de la ESFOT. Ver Figura 2.5.

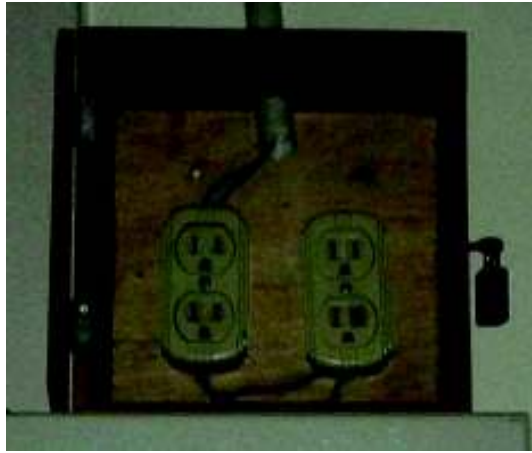


Figura 2.5. Caja de conexión del sistema antiguo
Fuente: Propia

El tablero de Control o Comando contiene dispositivos de protección y de maniobra o únicamente dispositivos de maniobra que permiten la operación de grupos de artefactos, en forma individual, en subgrupos, en forma programada o manual, serán instalados en lugares seguros y fácilmente accesibles. (Comité Ejecutivo de La Norma Ecuatoriana de La Construcción, 2011, pág. 28).

2.2. Características de la luminaria para exteriores

Las características de la luminaria que se toman en consideración para áreas exteriores son: tipo de aplicación, grado de protección mínimo y su fotometría.

Tipo de aplicación.

- Luminarias para alumbrado público.
- Luminarias para fachadas y/o monumentos.
- Luminarias para zonas deportivas.
- Luminarias para áreas extensas.

Un factor importante es conocer el área donde serán instaladas las luminarias, puesto que para cada tipo de aplicación existen luminarias con diferentes características, el índice de reproducción cromática (CRI) es una de ellas la cual sirve para visualizar de una mejor manera los colores de los objetos.

Grado de protección mínima.

La norma IEC 60529 hace referencia al grado de protección (IP) para luminarias a ser instaladas en la intemperie, de acuerdo a las tablas descritas (Tabla 2.3 y Tabla 2.4), la

luminaria a ser instalada deberá tener un grado de protección mínima de IP23 que indica estar protegido contra cuerpos sólidos mayores de 12 [mm] y protegido contra lluvia de agua. Ver Figura 2.6.

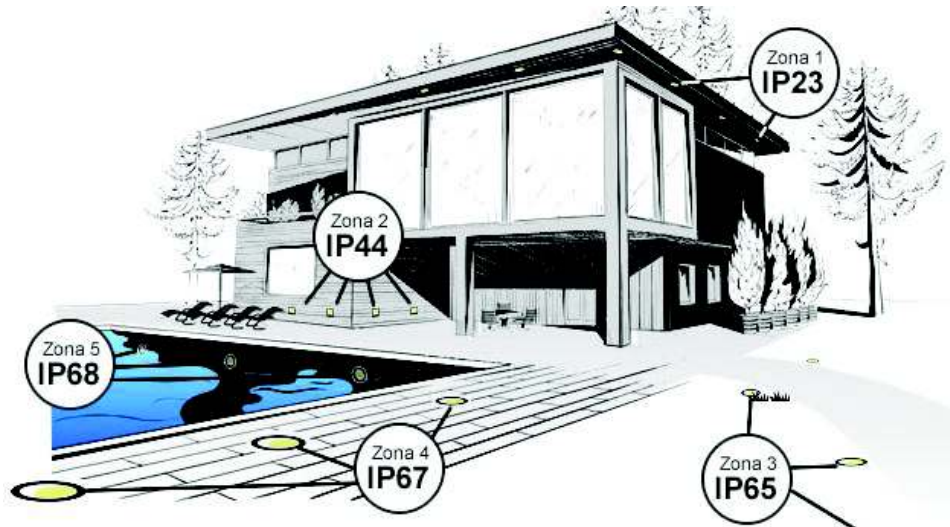


Figura 2.6. Grado de protección mínimo para áreas exteriores
Fuente: Catalogo Ledbox

Fotometría.

Se mencionará únicamente la fotometría de los proyectores porque se plantea la utilización de estos debido a que no se desea dañar estéticamente la estructura arquitectónica del edificio por ser una casa colonial.

El proyector es una luminaria que concentra la luz en un determinado ángulo sólido mediante un sistema óptico (espejos o lentes), para conseguir una intensidad luminosa elevada en dicha zona. Las lámparas empleadas son muy variadas dependiendo del uso al que este destinado el equipo.

La IEC clasifica a los proyectores en función del haz de luz que se define como el ángulo comprendido entre las dos direcciones en que la intensidad luminosa cae. Ver Tabla 2.5.

Tabla 2.5
Clasificación de los proyectores según la IEC

Categoría	Apertura del haz	Descripción
NN	< 5°	Haz estrecho
N	5° - 10°	
1	11° - 18°	Haz medio
2	19° - 29°	
3	30° - 46°	
4	47° - 70°	Haz ancho
5	71° - 100°	
6	101° - 130°	
7	> 130°	

Indica la apertura del haz de luz y su descripción (Norma IEC)

La forma de la distribución del haz de luz depende del tipo de proyector. En los proyectores circulares puede ser cónico o cónico ligeramente asimétrico, obteniéndose una proyección elíptica sobre las superficies iluminadas. Ver Figura 2.7.

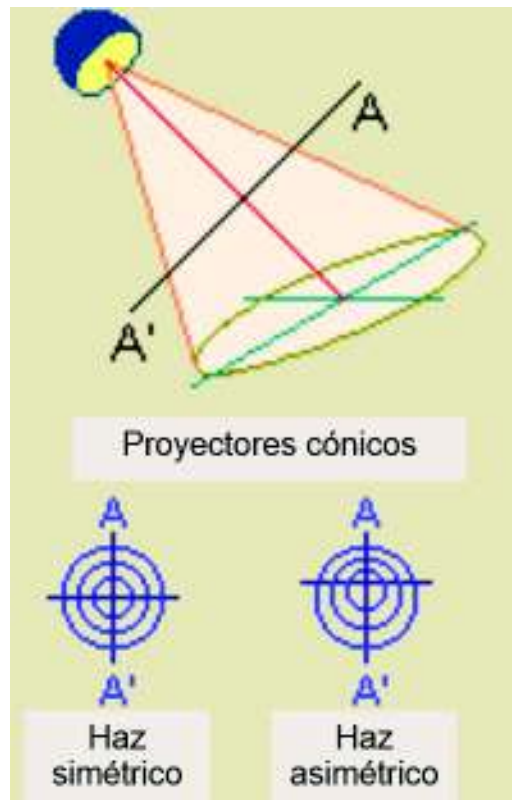


Figura 2.7. Haz del proyector circular
Fuente: Recursos docentes CITCEA

En los proyectores rectangulares el haz de luz suele ser simétrico en los planos horizontal y vertical; aunque en este último plano también puede ser asimétrico y la proyección obtenida tiene entonces forma trapezoidal. El buen uso de este proyector permitirá una distribución de luz uniforme con pérdidas menores. Ver Figura 2.8.

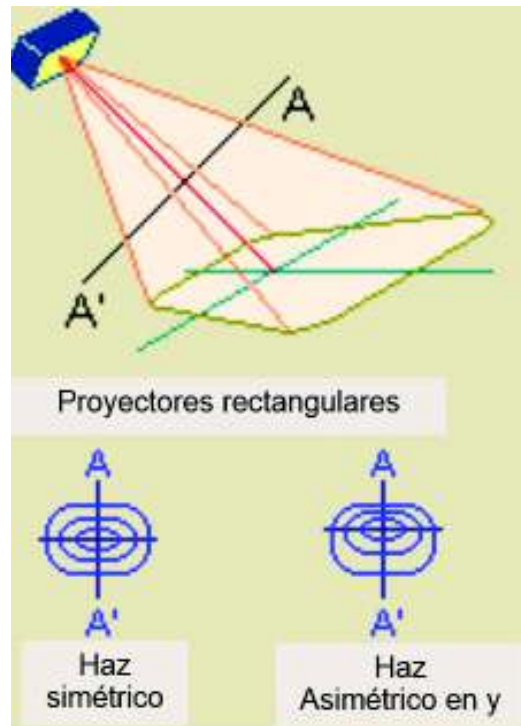


Figura 2.8. Haz del proyector rectangular
Fuente: Recursos docentes CITCEA

Para determinar si el proyector es simétrico o asimétrico se debe basar en el ángulo proporcionado por el fabricante, si el dato es un solo ángulo será simétrico, mientras si el dato es de dos ángulos será asimétrico.

2.3. Estudio de carga del sistema antiguo

En el cálculo de estudio de carga y demanda se utilizó la planilla para la determinación de demandas de diseño para usuarios comerciales e industriales, que se encuentra en la norma de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ) parte A, el cual tiene por objetivo instituir técnicas de orden teórico – práctico que regulen en forma estándar los Sistemas de Distribución, en las fases de Diseño y Construcción en el área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito. (Empresa Eléctrica Quito, 2015).

Estudio de carga y demanda del sistema antiguo.

Se realizó el estudio de carga del sistema antiguo, con el propósito de determinar la carga total instalada y tener una referencia de la potencia que se maneja. Las luminarias descritas en el estudio de carga pertenecían al sistema de iluminación de la parte frontal de la casona principal de la ESFOT. Ver Figura 2.9.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diseño del sistema de iluminación exterior.

Cálculo del sistema.

Los datos y ecuaciones siguientes se utilizarán posteriormente en la resolución del problema planteado.

Cálculo del número de luminarias.

Para el cálculo del número de luminarias se requiere ciertos datos generales como:

Altura de montaje de la luminaria. La altura de montaje está dada por las especificaciones técnicas de la luminaria en metros [m].

Nivel de iluminación. El nivel de iluminación requerida en luxes [lx], este dato es proporcionado por la norma NEC-10.

Área a iluminar. La superficie es el producto del ancho y largo del área a iluminar [m²].

Determinación del coeficiente de utilización (C.U). Se define como la relación entre los lúmenes que llegan a la superficie iluminada y los lúmenes del haz. Su valor está dado por tablas y oscila entre 0.6 y 0.9.

Determinación del factor de mantenimiento. Normalmente se recomienda tomar un valor no superior a 0.8 (habitualmente 0.7). El factor de mantenimiento [fm] se determina dependiendo de las características de la zona a iluminar (contaminación, tráfico, mantenimiento, etc.). Ver tabla 3.1.

Tabla 3.1
Determinación del factor de mantenimiento

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0.75	0.8
Media	0.68	0.7
Sucia	0.65	0.68

Indica el factor de mantenimiento dependiendo la característica de la vía y si la luminaria es abierta o cerrada (Tesis: Iluminación automática de los espacios verdes y áreas de circulación de la ESFOT controlado por un PLC y un tablero de control)

Determinación del flujo total requerido. Se determina de acuerdo a la siguiente ecuación. Ecuación 3.1. Flujo total requerido.

$$F = \frac{(E) (S)}{(C.U) (fm)} \quad (3.1)$$

Donde:

F: Flujo total requerido [lx].

E: Nivel de iluminación requerida [lx].

C.U: Coeficiente de utilización.

fm: Factor de mantenimiento.

Número de luminarias. Se determina mediante la siguiente ecuación. Ecuación 3.2.
Número de luminarias.

$$N = \frac{F}{(\#L) (\varphi L)} \quad (3.2)$$

Donde:

N: Número de luminarias

F: Flujo total requerido.

#L: Número de lámparas de la luminaria.

φL : Flujo luminoso de la luminaria [lm].

➤ **Cálculo de la separación entre luminarias.**

El factor de utilización. El factor de utilización es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y se define como el cociente entre el flujo útil que llega a la calzada, y el emitido por la lámpara. Normalmente se representa mediante curvas que suministran los fabricantes.

Para el cálculo de la separación [d] entre las luminarias se utiliza la siguiente ecuación. Ecuación 3.3. Separación entre luminarias.

$$d = \frac{(\eta) (fm) (\varphi L)}{(A) (Em)} \quad (3.3)$$

Donde:

Em: Es la iluminancia media sobre la calzada que queremos conseguir.

η : es el factor de utilización de la instalación.

fm: Es el factor de mantenimiento.

φL : Es el flujo luminoso de la lámpara.

A: Es la anchura a iluminar de la calzada.

➤ **Cálculo del conductor.**

Los conductores de los circuitos deberán dimensionarse de modo tal que queden protegidos a la sobrecarga y al cortocircuito por la respectiva protección. El conductor se

selecciona de acuerdo a la corriente que va a circular y proyectando a un incremento de carga. Ver Tabla 3.2.

Tabla 3.2
Capacidad de corriente para conductores

INTENSIDAD DE CORRIENTE PARA CONDUCTORES EN SECCIONES AWG				
Sección mm ²	Número A.W.G o MCM	Temperatura Ambiente Máxima a 30°C		
		Temperatura de Servicio (°C)		
		60°C TW	75°C THW	90°C THHN, THWN
2.08	14	20	20	20
3.31	12	25	25	25
5.26	10	30	30	30
8.37	8	40	45	45
13.3	6	55	65	75
21.2	4	70	85	95
26.67	3	95	115	130
33.62	2	110	130	150
42.41	1	125	150	170
53.49	1/0	145	175	195
67.42	2/0	165	200	225
107.2	4/0	195	230	260
126.5	250	215	255	290
	350	260	310	350
253.2	500	320	380	430

Indica la intensidad de corriente dependiendo del número de galga (Catálogo Fabricables)

Se plantea el siguiente problema:

Se necesita dimensionar la instalación del alumbrado exterior (zona de circulación moderada) para el perímetro de la casona principal de la ESFOT. La figura 3.1 muestra una de las áreas a iluminar, la cual se tomará como referencia para el cálculo, la anchura de la calzada mide 5 [m] y de largo 20 [m].

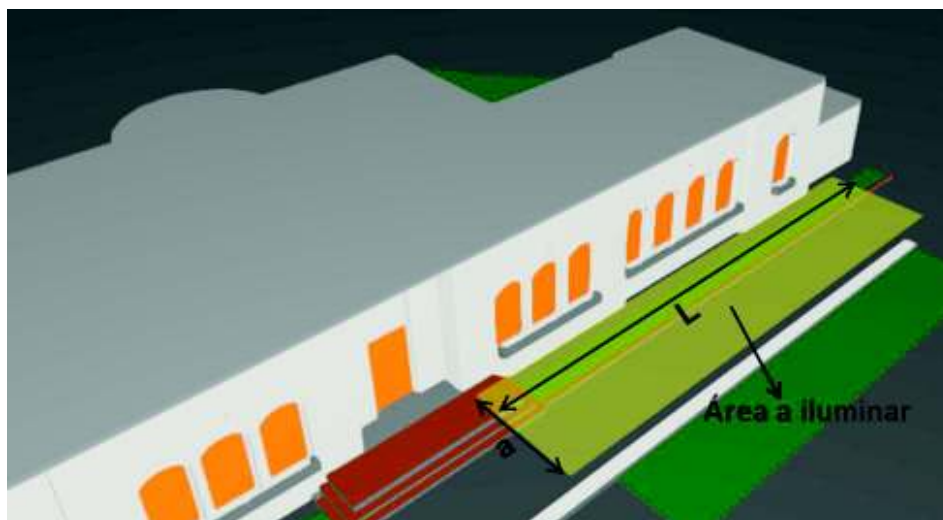


Figura 3.1. Área a iluminar (parte frontal)
Fuente: Propia

Se proyecta instalar luminarias led tipo reflector de 50 [W] con un flujo luminoso de 4000 [lm]. Los datos suministrados por el fabricante son: factor de utilización de 0.35, coeficiente de utilización del haz de 0.7 y la altura de colocación de la luminaria de 3 a 5 [m].

Determinar:

- El flujo total requerido.
- El número de luminarias a ser instaladas.
- La distancia entre luminarias.

Datos:

$E=50$ [lx] (Nivel de iluminación requerido para áreas de circulación según la norma NEC-10).

$fm=0.7$ (La zona es peatonal con tráfico moderado, la instalación no se ensuciará demasiado y las lámparas no se limpiarán con mucha frecuencia. Por tanto y adaptando una posición conservadora se asigna el valor de una luminaria cerrada en ambiente medio).

$C.U.=0.7$

$\eta=0.35$

$\phi L=4000$ [lm]

$S= 100$ [m²] (largo x ancho)

$\#L=1$ (número de lámparas de la luminaria)

- De la ecuación 3.1 se calcula el flujo luminoso total requerido

$$F = \frac{(E) (S)}{(C.U.) (fm)}$$

$$F = \frac{(50)(100)}{(0.7)(0.7)}$$

$$F = \frac{5000}{0.49}$$

$$F = 10204.08 \text{ [lm]}$$

- De la ecuación 3.2 se determina el número de luminarias a ser instaladas

$$N = \frac{F}{(\#L) (\phi L)}$$

$$N = \frac{10204.08}{(1) (4000)}$$

$$N = 2.55$$

- De la ecuación 3.3 se calcula la distancia entre luminarias

$$d = \frac{(\eta) (fm) (\phi L)}{(A) (Em)}$$

$$50 = \frac{(0.35) (0.7) (4000)}{(5) (d)}$$

$$d = \frac{(0.35) (0.7) (4000)}{(5) (50)}$$

$$d = \frac{980}{250}$$

$$d = 3.92 \text{ [m]}$$

El cálculo realizado indica que el número de luminarias a ser instaladas en el área determinada es de 3 unidades y la distancia entre luminarias es de 3.92 [m].

Selección de la luminaria para el sistema.

Selección de la luminaria según el tipo de aplicación. En la actualidad el mercado ofrece una gran variedad de luminarias que permiten satisfacer cualquier tipo de demanda. Las luminarias a ser utilizadas en exteriores deben proporcionar seguridad, transmitir una atmósfera acogedora y aumentar la estética del edificio.

Considerando que el edificio de la ESFOT es un lugar donde transitan libremente mucha gente y el sistema a implementar es en la parte exterior del edificio, la luminaria más acorde para este tipo de aplicación es una luminaria para alumbrado público.

Selección de la luminaria según su grado de protección. La luminaria a ser instalada es para alumbrado público, estando sometida a factores como el agua y polvo, por lo que se selecciona una luminaria con un grado de protección IP65 que indica una protección total contra el polvo y contra chorros de agua para el buen funcionamiento del equipo evitando un efecto nocivo como la oxidación.

Selección de la luminaria según la fotometría. La luminaria debe tener una distribución de luz simétrica debido a que ésta ofrece una distribución idéntica de la luz en todos sus planos y un haz de luz ancho, siendo este el más adecuado para la utilización en edificaciones bajas.

De acuerdo a lo descrito el proyector más conveniente para el sistema de iluminación exterior es un proyector de forma rectangular ya que es simétrico con un haz de apertura ancho siendo así ideal para la iluminación en el área exterior de la casona principal de la ESFOT.

Selección de la luminaria de acuerdo a la eficiencia. Actualmente existen luminarias altamente eficientes y estéticamente atractivas para el usuario como las lámparas LED las cuales permiten:

- Mayor ahorro de energía, los LED's consumen entre el 80-90% menos de electricidad, esto supone un importante ahorro en la factura eléctrica.
- Mayor vida útil, una lámpara LED se sitúa en torno a las 45.000 horas frente a las 2000 horas que una bombilla estándar ofrece.
- Son más ecológicas, las bombillas normales contienen tungsteno y los fluorescentes mercurio, productos tóxicos mientras que los LED's son reciclables.
- No son una fuente de calor. Al contrario de las bombillas tradicionales no desprenden calor lo que evita el desperdicio de energía y permite su uso en lugares pequeños.
- Bajo mantenimiento, la vida útil de los productos LED evitan tener que estar realizando un mantenimiento frecuente.

Basados en las ventajas mencionadas, el proyector seleccionado para el sistema de iluminación debe ser tipo LED.

Simulación del sistema.

Actualmente existen programas que facilitan el diseño de sistemas de iluminación tanto para interiores como exteriores. Estos programas de simulación tienen información de productos a modo de catálogos electrónicos que permiten estimar la cantidad de luminarias, niveles medios de iluminación y cuentan con una funcionalidad de renderización 3D. DIALux es un software líder a nivel mundial, para la planificación profesional de sistemas de iluminación. El nuevo DIALux evo permite diseñar edificios completos incluyendo espacios interiores y exteriores, seleccionar la normativa de aplicación, importar / exportar al programa AutoCAD texturas y muebles, permiten imágenes foto realistas e impresión o exportación configurable de los resultados de cálculo.

Para realizar la simulación del sistema de iluminación se recurrió a la ayuda de los planos arquitectónicos en AutoCAD proporcionados por la Dirección de Gestión de la Información y Procesos (DGIP) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), este plano no contenía la parte arquitectónica donde hoy es el centro de información de la ESFOT. Ver Figura 3.2.

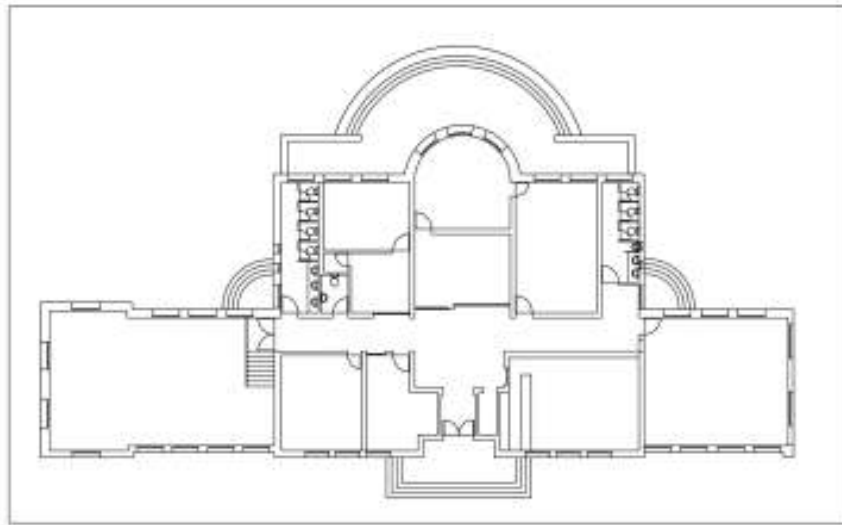


Figura 3.2. Plano arquitectónico sin el área del centro de información de la ESFOT
Fuente: DGIP

Para obtener el plano arquitectónico completo de la casona principal de la ESFOT, se tomó medidas reales de la parte faltante y se adjuntó al plano proporcionado por la DGIP. Ver Figura 3.3.

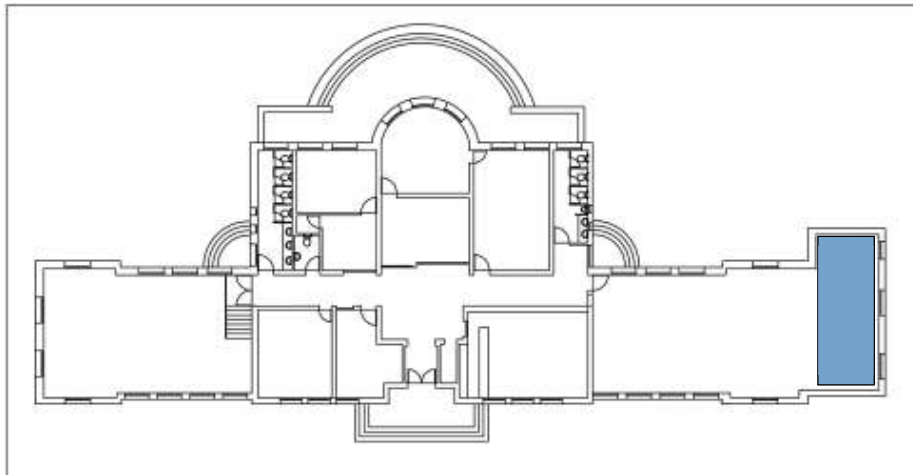


Figura 3.3. Plano arquitectónico con el área del centro de información de la ESFOT
Fuente: Propia

Con el plano arquitectónico completo se realizó una simulación previa al diseño del sistema de iluminación exterior, para ello se siguieron los siguientes pasos:

Paso 1: Importar un archivo .dwg de Autocad para crear el proyecto de iluminación exterior. Ver Figura 3.4 y Figura 3.5.

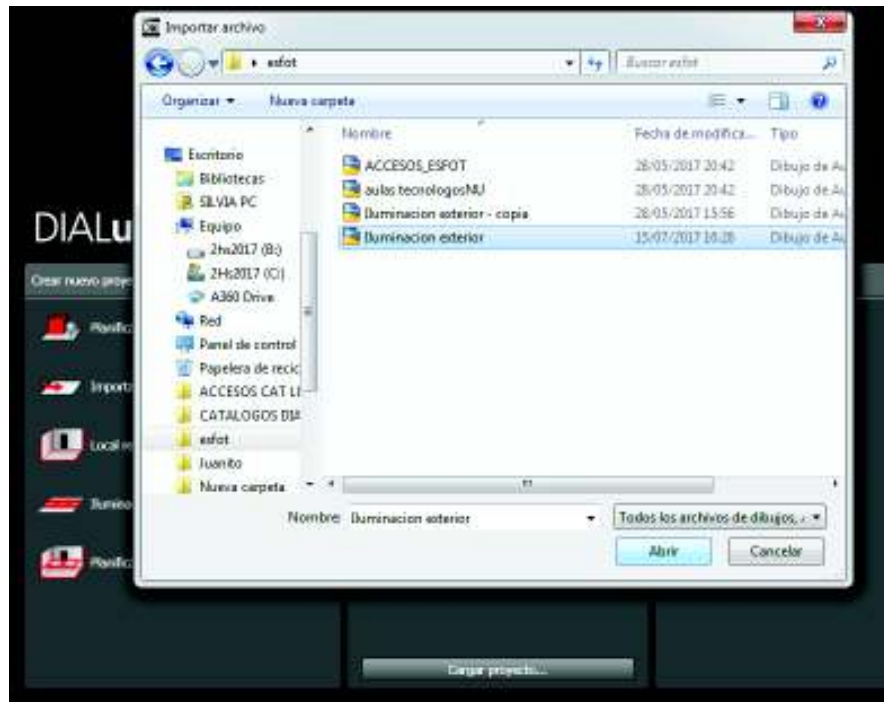


Figura 3.4. Importación de archivo dwg.
Fuente: Propia

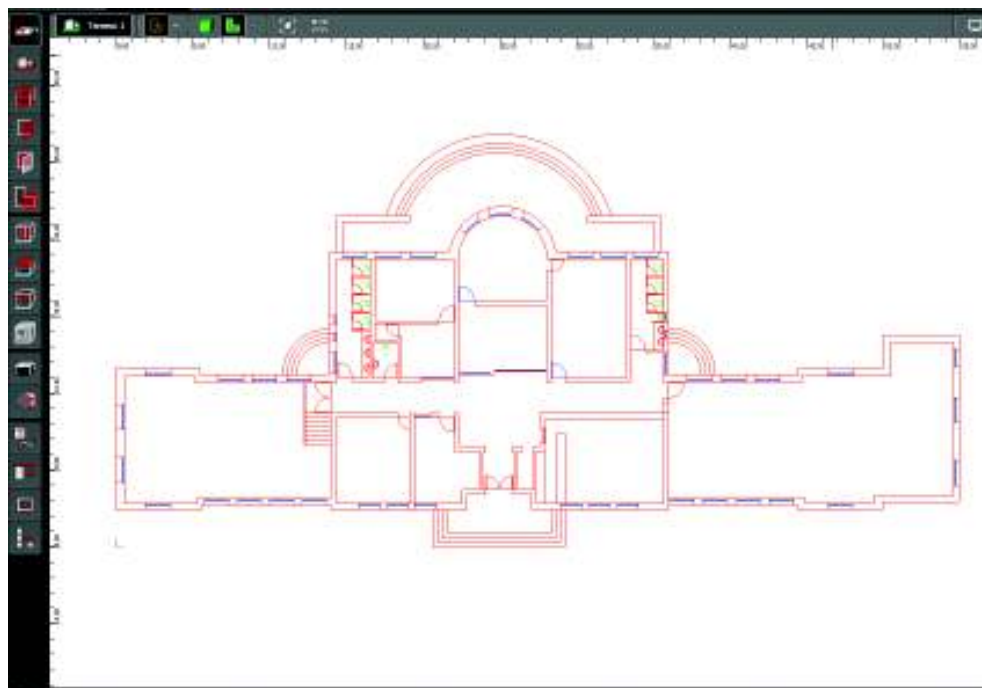


Figura 3.5. Archivo .dwg importado
Fuente: Propia

Paso 2: Con la importación realizada se tiene una base para dibujar los contornos exterior e interior de la casona principal de la ESFOT. Ver Figura 3.6 y Figura 3.7.

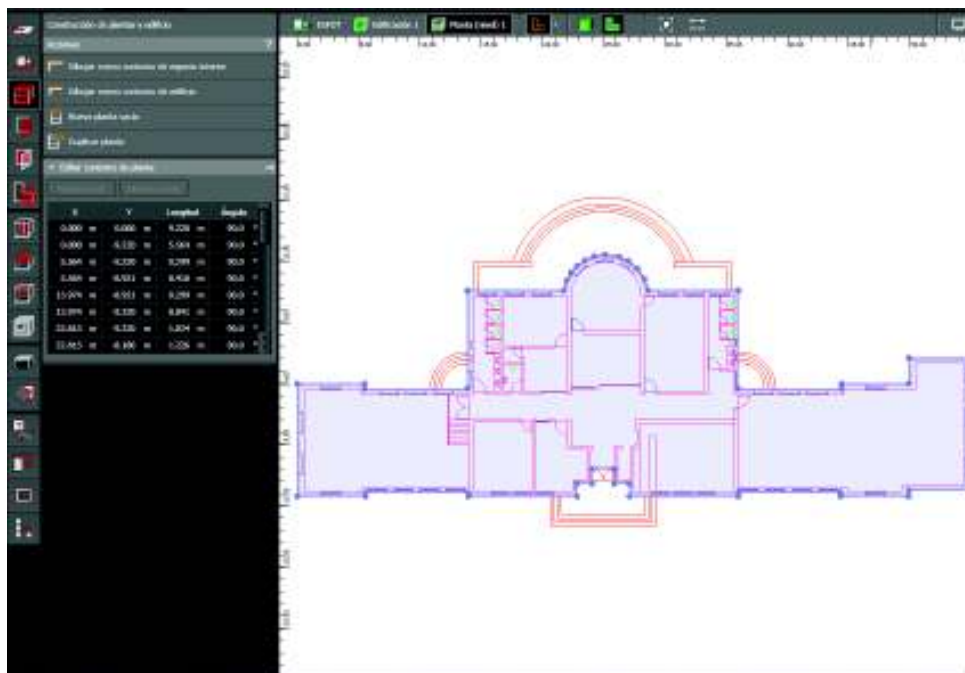


Figura 3.6. Contorno exterior de la casona principal de la ESFOT
Fuente: Propia

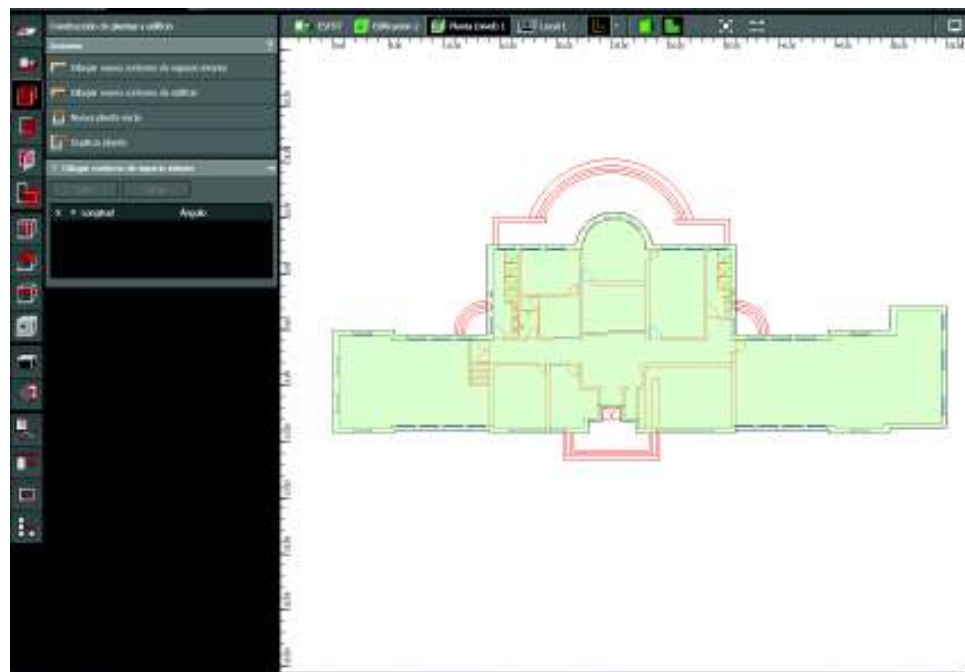


Figura 3.7. Contorno interior de la casona principal de la ESFOT.
Fuente: Propia

Paso 3: Se inserta varios complementos acorde a la fachada del edificio para dar una apariencia más realista, para esto se utiliza las herramientas que proporciona el programa como: altura del edificio, colocación de puertas, ventanas, gradas, techo y áreas verdes. La Figura 3.8 y Figura 3.9. muestran la edificación con los elementos completos.



Figura 3.8. Fachada frontal de la casona principal
Fuente: Propia



Figura 3.9. Fachada posterior de la casona principal
Fuente: Propia

El programa contiene librerías de luminarias correspondientes a diferentes fabricantes que ofrecen productos para la iluminación, estas deben ser descargadas acorde a la necesidad del proyecto.

Con la luminaria ya seleccionada se investiga qué catálogos proporcionan el proyector a ser utilizado para su posterior colocación en el contorno del edificio, a una máxima altura de colocación de 4.40 [m] a nivel del suelo que permite la altura del edificio (5m) y distancia entre los proyectores de 3.92 [m] de acuerdo al cálculo realizado con anterioridad.

Para la simulación se utilizó un proyector rectangular tipo led con una potencia de 50 [W] del catálogo de Feilo Sylvania únicamente para la parte frontal (Ver Figura 3.10).

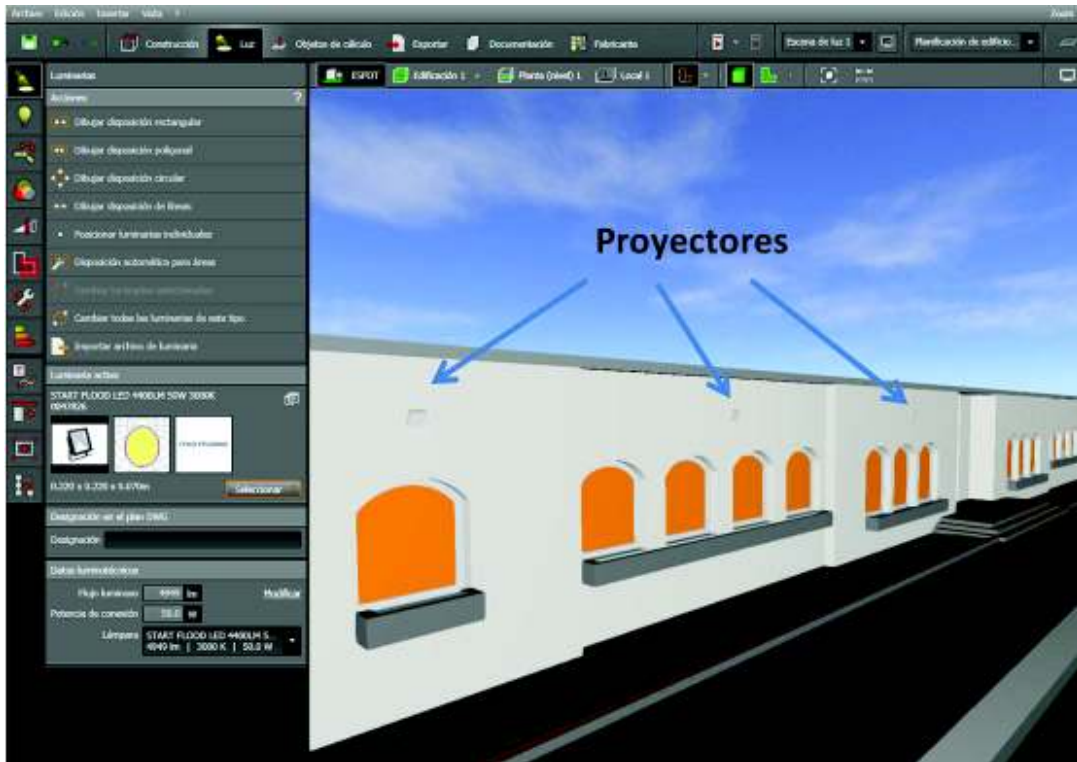


Figura 3.10. Colocación de los proyectores en la fachada frontal del edificio
Fuente: Propia

Al realizar la simulación del sistema se observó una iluminación que no resaltaba la fachada de una casa colonial (ver Figura 3.11) por lo que se colocó pequeños reflectores led de 10 [W] en las ventanas del edificio para una mayor armonía de las luminarias con la arquitectura, resaltando así la decoración del edificio (ver Figura 3.12), en la parte posterior del edificio se colocó proyectores de 30 [W] debido a que no es una área de circulación y no necesita un nivel lumínico alto, en la Figura 3.13 se aprecia una iluminación completa del sistema de iluminación exterior de la casona principal de la ESFOT.



Figura 3.11. Simulación del sistema de iluminación exterior (parte frontal)
Fuente: Propia



Figura 3.12. Simulación del sistema de iluminación exterior y ventanas (parte frontal)
Fuente: Propia

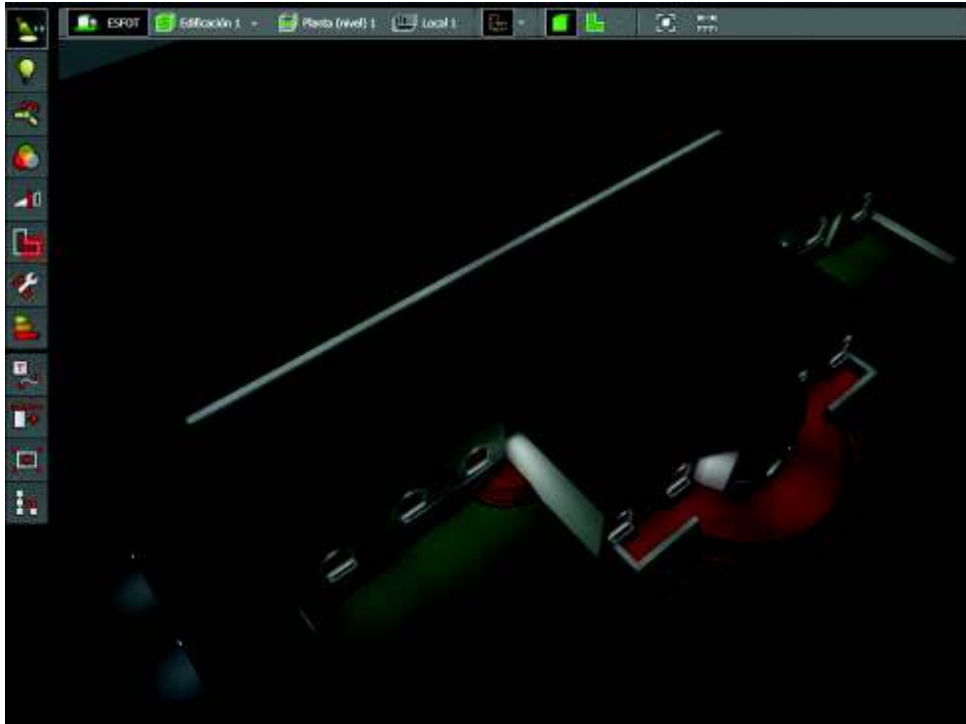


Figura 3.13. Simulación del sistema de iluminación exterior (parte posterior)
Fuente: Propia

El programa de simulación permite obtener los valores lumínicos para cada área del edificio principal, estos valores cumplen con el nivel de iluminación de la norma NEC-10. En la Figura 3.14 se visualiza un panorama completo de todas las áreas a iluminarse.

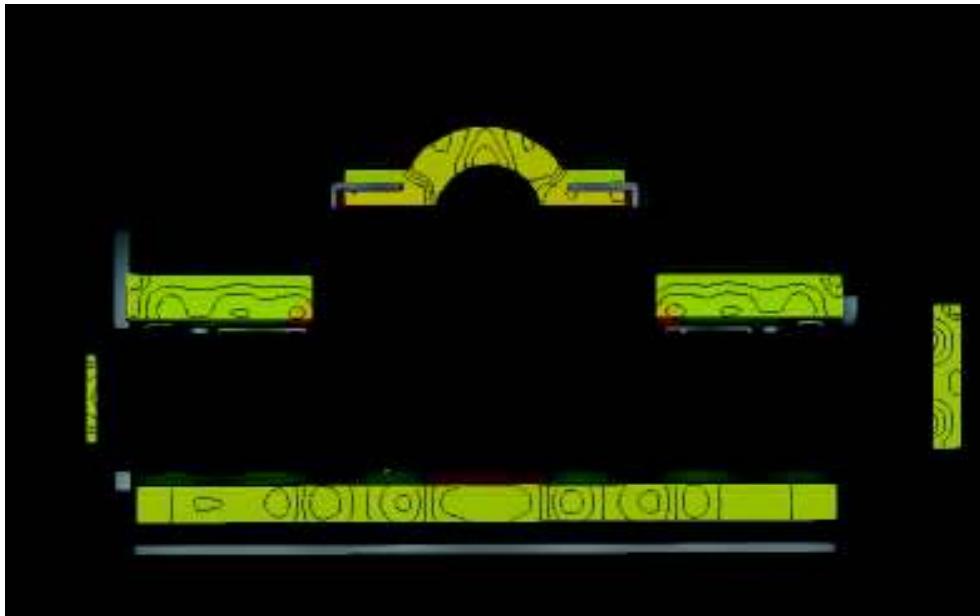


Figura 3.14. Panorama completo de las áreas a iluminar
Fuente: Propia

El cálculo del nivel de iluminación que proporciona el programa DIALux evo es de 56 luxes para el área de circulación de la casona de la ESFOT, este nivel se encuentra dentro

de lo requerido en la norma NEC-10, los parámetros de cálculo de las áreas se adjuntan en el Anexo A.

Se proyecta dividir el sistema de iluminación en tres circuitos debido a la estructura del edificio y para evitar la caída excesiva de tensión en el sistema. Estos circuitos serán el área de las ventanas de la parte frontal (circuito A) formado por 16 proyectores, parte frontal y área de estacionamiento (circuito B) formado por 8 proyectores y la parte posterior junto con el área del centro de información (circuito C) formado por 13 proyectores, con estos datos se calcula el número de conductor.

➤ **Cálculo del conductor**

Los conductores de los circuitos deberán dimensionarse para evitar una caída de tensión y con un factor de seguridad del 25 % quedando protegidos contra sobrecargas y a cortocircuitos, por la respectiva protección.

Con el objeto de fijar la cantidad de puntos de iluminación que es posible conectar a un circuito de alumbrado se considerará la potencia nominal de cada artefacto de iluminación. (Comité Ejecutivo de La Norma Ecuatoriana de La Construcción, 2011, pág. 77).

El circuito A formado por 16 proyectores de 10 [W] dando una potencia total de 160 [W].

$$P=V \cdot I$$

$$I=P / V$$

$$I=160 / 110$$

$$I=1.45 \text{ [A]}$$

El Circuito B formado por 6 proyectores de 50 [W], 1 proyector de 30 [W] y un proyector de 70 [W] dando una potencia total de 400 [W].

$$P=V \cdot I$$

$$I=P / V$$

$$I=400 / 110$$

$$I=3.63 \text{ [A]}$$

El circuito C formado por 11 proyectores de 30 [W] y 2 proyectores de 20 [W] dando una potencia total de 370 [W].

$$P=V \cdot I$$

$$I=P / V$$

$$I=370 / 110$$

$$I=3.36 \text{ [A]}$$

Alimentador para el tablero de control.

La potencia total de la instalación es de 930 [W]

$$P=V \cdot I$$

$$I=P / V$$

$$I=930 / 110$$

$$I=8.45 [A]$$

El conductor a utilizarse en la alimentación para el tablero de control es el cable número 10 AWG y para los circuitos es el cable concéntrico número 14 AWG debido a que soportan una corriente de 30 [A] y 20 [A] respectivamente de acuerdo a la Tabla 3.2 descrita con anterioridad y la norma NEC-10 menciona que este es el número de conductor a utilizarse en instalaciones de iluminación. El conductor número 14 AWG permite tener mayor flujo de corriente en el sistema de iluminación y menor caída de tensión obteniendo que la luminaria rinda al máximo.

Diseño del plano de instalación eléctrica para el sistema de iluminación.

En base a los planos arquitectónicos de la casona principal y ubicando las luminarias en la simulación previa, se utilizó el programa AutoCAD para dibujar el plano eléctrico del sistema de iluminación, en él se observa la distribución y ruta del cableado eléctrico de los circuitos que tendrá el sistema de iluminación, elementos eléctricos como ubicación de las luminarias, centro de carga, tablero de control, sensores de movimiento y las cajas de paso para las derivaciones con su respectiva simbología, para la implementación del sistema. El plano de instalación eléctrico se encuentra en el Anexo B.

3.2. Implementación del sistema

Instalación de la canalización y cajas de derivación.

La implementación del sistema de iluminación exterior inicia con la instalación de la canalización respectiva y la colocación de las cajas de derivación.

La canalización utilizada en el sistema es manguera PVC corrugada por ser de material flexible como para curvarse sin la ayuda de herramientas o métodos especiales y resistente a la acción de la humedad, la corrosión y agentes climáticos. Su resistencia mecánica, espesor y características constructivas la hacen resistente a los impactos y presiones que puedan encontrar en condiciones normales de uso.

Para la instalación de la manguera PVC corrugada que guiará a los conductores se eligen el tipo ya sea empotrado o saliente, para el presente caso se opta por el sistema saliente ya que la construcción arquitectónica está realizada. Por lo tanto se procede a la

fijación de la manguera en las paredes con gramas metálicas de ½" y tornillos autoperforantes.

Las cajas podrán ser de forma rectangular, cuadrada, poligonales o redondas, para este sistema se instaló cajas poligonales. Las cajas se emplean en la canalización como puntos de unión o derivación, donde se colocan las luminarias. La caja cuenta con una tapa y un conector romex que sujeta los elementos de derivación. Para realizar el montaje se coloca la caja sujeta mediante tornillos autoperforantes en la pared. En la Figura 3.15 se aprecia la instalación de la canalización con sus respectivas cajas de derivación.

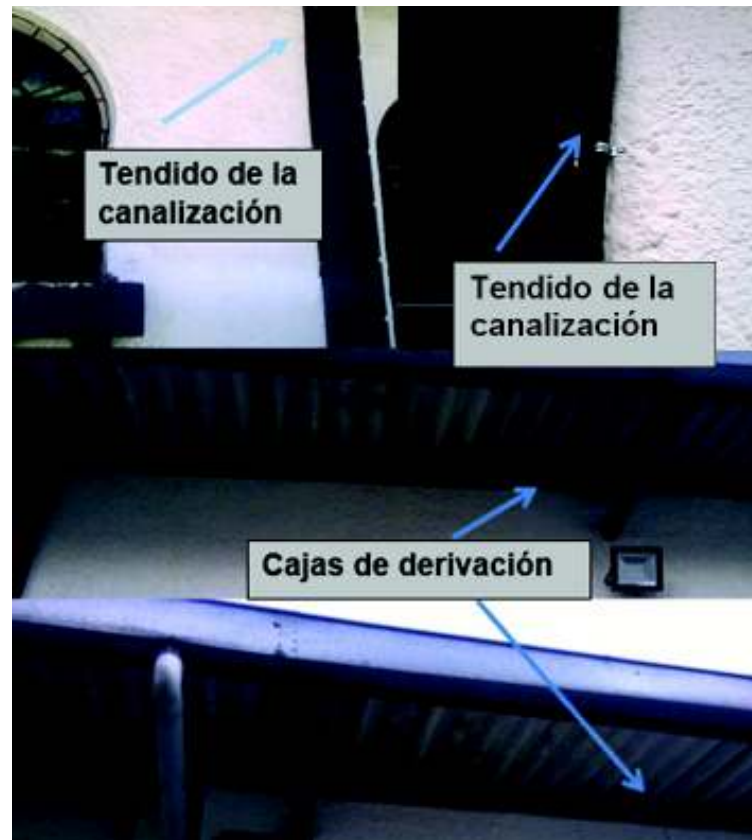


Figura 3.15. Tendido de la canalización y colocación de cajas de derivación
Fuente: Propia

Tendido del cable eléctrico.

Una vez calculado el número de conductor e instalada la canalización y las cajas de derivación, se procede con el tendido del cable por la canalización, aplicando la técnica más común, que es pasar un hilo de alambre galvanizado número 18 AWG el cual es lo bastante reforzado y flexible para que pueda viajar a través de la canalización y girar en las curvas, luego se realiza un empalme con el cable reforzándolo con una cinta aislante de nitto (taipe) asegurando una buena resistencia mecánica al momento de pasar el alambre galvanizado y dejar en su lugar el conductor. Específicamente se pasa el cable concéntrico número 14 AWG formado por dos conductores aislados negro y blanco con chaqueta exterior negra siendo la fase de color negro y el neutro de color blanco respetando el código de colores

que menciona la norma NEC-10, formando así la red a la que serán conectadas las lámparas.

Montaje de las luminarias.

Las luminarias a ser instaladas son proyectores LED de forma rectangular simétrica con un haz de apertura ancho (120°) y están totalmente protegidos contra el polvo y chorros de agua para el buen funcionamiento de los equipos, de acuerdo con las tablas 2.3 y 2.4 descritas en la sección anterior el grado de protección del proyector es de un IP65 Ver Figura 3.16.

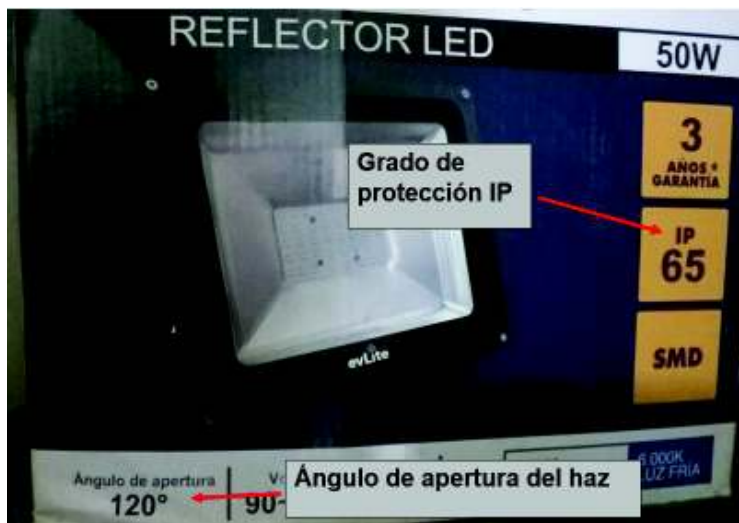


Figura 3.16. Grado de protección IP y ángulo de apertura del haz
Fuente: Propia






Para realizar el montaje se coloca el soporte del proyector sujetado mediante tacos *fisher* F10 y tornillos hexagonales de 2" en la pared y luego se coloca el proyector asegurándose que tenga un grado de inclinación para que el flujo luminoso de la misma cubra el área a iluminar. Ver Figura 3.17.



Figura 3.17. Montaje de las luminarias
Fuente: Propia

En la Tabla 3.3 se indica las luminarias instaladas en el sistema de iluminación exterior.

Tabla 3.3
Especificaciones técnicas de las luminarias

	 Jardineras	 Centro de información	 Parte posterior	 Parte frontal	 Área de estacionamiento
Potencia (w)	10	20	30	50	70
Tipo	Led	Led	Led	Led	Led
Grado IP	65	65	65	65	65
Flujo lumínico (lm)	900	1600	2400	4000	4800
Voltios (v)	110-230	90-265	110-230	90-265	90-265
Temperatura °K	6000	6000	6000	6000	6000
Angulo	120°	120°	120°	120°	120°
Vida útil (h)	30000	30000	30000	30000	30000

Datos técnicos proporcionados por el fabricante (catalogo Feilo Sylvania)

Tendido del cable UTP y montaje de los sensores de movimiento.

Para este sistema el cable UTP se usará para transmitir una señal electrónica y no para transmitir datos. El tendido del cable UTP se realiza de la misma manera que el tendido del cable eléctrico por una canalización de manguera corrugada PVC.

Posterior al tendido del cable UTP se procede con el montaje del sensor de movimiento a una altura recomendada por el fabricante de 3 a 4 metros a nivel del piso, sujetado a la pared con tacos *Fisher F6* y tornillos colepato de 1", colocado en lugares estratégicos para la detección de las personas que transitan por la noche. Cada uno de estos sensores activa los circuitos de iluminación B y C, en la Figura 3.18 se aprecia el tendido del cable UTP y el montaje del sensor de movimiento.



Figura 3.18. Tendido del cable UTP y montaje del sensor de movimiento
Fuente: Propia

Tablero de control.

Cuando se realizan diseños de tableros de control, se debe procurar independizar la ubicación, tanto para elementos de control y fuerza, es decir un tablero para el control y otro para fuerza.

El presente sistema de iluminación exterior no tiene gran dimensión y capacidad por lo que los elementos están dispuestos en el mismo tablero. El diagrama de control se puede apreciar en el Anexo C.

Instalación de los dispositivos de control en el tablero. Para el montaje de los dispositivos de control se coloca el riel din al interior del tablero fijado en la base interna del mismo mediante tornillos (ver Figura 3.19) el cual es usado para el montaje de elementos eléctricos de protección y mando como interruptores termomagnéticos, contactores y temporizadores. Para el recorrido del cableado dentro del tablero se instala canaletas de plástico para la protección y el enrutamiento del cableado eléctrico, con el diagrama de control se realiza las conexiones de los dispositivos de control. Ver Figura 3.20.

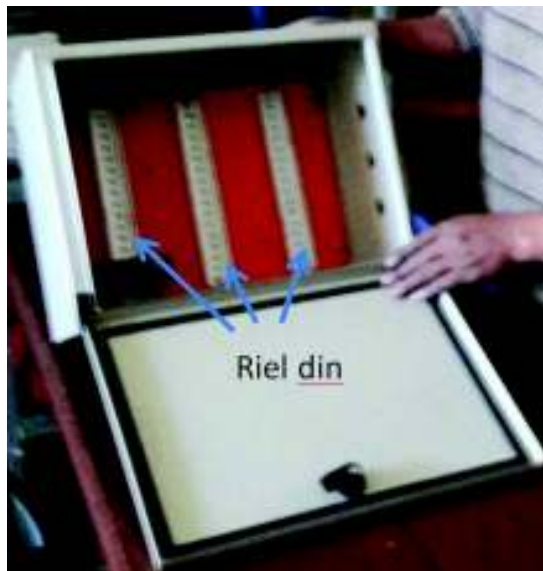


Figura 3.19. Colocación del riel din
Fuente: Propia



Figura 3.20. Colocación de los elementos de protección y control
Fuente: Propia

Instalación y conexión del tablero

Antes de realizar el montaje del tablero se efectuó un análisis del centro de carga existente (ver Figura 3.21) que tiene las siguientes características:

- Centro de carga tipo QOL trifásico
- Alimentador TTU N° 2/0 AWG para las fases, N° 2/0 para el neutro y N° 1/0 de cobre desnudo para la tierra (3x2/0+1x2/0+1/0 Cu. Desn.) canalizado mediante ducto pvc.
- Interruptores termomagnéticos que controlan circuitos de iluminación y fuerza (tomacorrientes) de una parte de la casona principal.

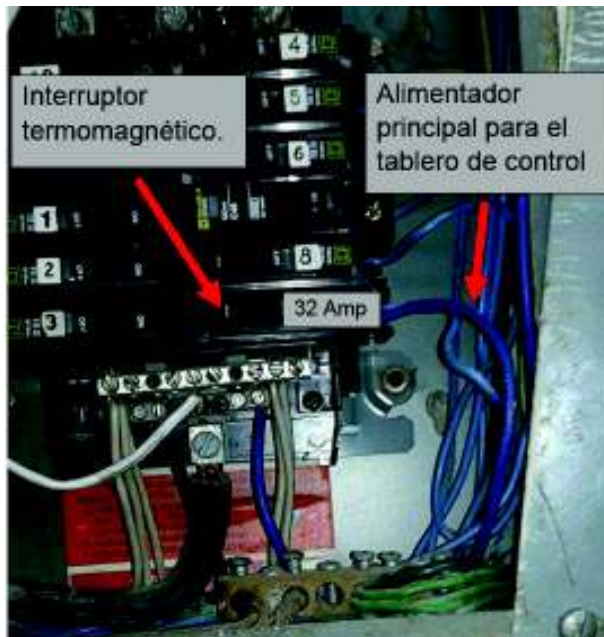


Figura 3.21. Centro de carga existente
Fuente: Propia

De acuerdo a las características mencionadas la capacidad de corriente es de 175 [A]. Se realizó una medición de corriente en el centro de carga en la hora pico (12:00pm) con una medición de 85 [A] y tomando en cuenta que la casona no tiene cargas trifásicas se concluye que el centro de carga se encuentra sobredimensionado.

La norma NEC-10 indica que los tableros deben ser montados, empotrados o sobrepuestos en una pared si son de baja o mediana capacidad, tamaño y peso. La instalación será en lugares seguros y fácilmente accesibles, deben permitir la facilidad de modificación, la fácil conexión de los elementos de potencia y la fácil evolución de la instalación a un costo controlado.

Los elementos de operación de las protecciones o dispositivos de maniobra sólo serán accesibles abriendo la puerta exterior la que deberá permanecer cerrada, para lo cual deberá contar con una cerradura con llave o un dispositivo equivalente. La puerta exterior será totalmente cerrada con un grado de hermeticidad de acuerdo a su aplicación, permitiendo la instalación sobre ella como indicadores, selectores o pulsadores.

La altura mínima de montaje de los dispositivos de comando o accionamiento colocados en un tablero será de 0.60 [m] y la altura máxima será de 2.0 [m], ambas distancias medidas respecto del nivel de piso terminado.

El tablero de control se ubicó cerca del centro de carga existente para facilitar la alimentación que llega a los bornes de entrada del interruptor termomagnético principal (ver Figura 3.22). Se colocó a una altura de 1.80 [m] a nivel del piso, sujetado a la pared con tacos *fisher F12* y tornillos autorroscantes con cabeza hexagonal. Sobre la puerta se colocó luces piloto que indicarán qué circuitos están en funcionamiento y un selector de dos

posiciones para que los circuitos se enciendan en forma manual o automática. Ver Figura 3.23.



Figura 3.22. Conexión del tablero de control de iluminación exterior
Fuente: Propia



Figura 3.23. Puerta exterior del tablero
Fuente: Propia

3.3. Pruebas del sistema

Pruebas en vacío. Las pruebas en vacío consisten en verificar el funcionamiento de los elementos que conforman el tablero de control como: temporizadores, sensores de movimiento y contactores. Esta prueba se realizará sin conectar los circuitos de iluminación exterior al tablero.

Una vez realizada la programación del temporizador con el horario de trabajo del sistema, se observa el funcionamiento mediante el encendido y apagado de las luces piloto.

Luego se verifica el funcionamiento de los sensores y contactores. El sensor al detectar movimiento emite una señal al contactor, esta señal permitirá que el contactor se enclave encendiendo la luz piloto del circuito. En caso de que el sensor no detecte movimiento se procede a bajar la altura de montaje, siempre manteniendo el rango recomendado por el fabricante y se realiza nuevamente la prueba.

Pruebas de los circuitos de iluminación. Para comprobar el funcionamiento adecuado del sistema, se energizó en forma manual cada uno de los circuitos de iluminación verificando que todas las luminarias del circuito se enciendan correctamente. En caso de que una o más luminarias no se enciendan se procede a desenergizar el circuito y realizar la verificación de los empalmes en la derivación de cada una de las luminarias, para nuevamente efectuar la prueba.

Una vez realizada esta prueba se conectó cada uno de los circuitos al tablero de control con sus debidas protecciones para su posterior prueba con carga. En las siguientes figuras se observa la iluminación exterior de toda la casona principal de la ESFOT.



Figura 3.24. Iluminación exterior parte frontal.

Fuente: Propia



Figura 3.25. Iluminación exterior parte posterior.
Fuente: Propia



Figura 3.26. Iluminación exterior área de parqueaderos.
Fuente: Propia



Figura 3.27. Iluminación área del centro de información.
Fuente: Propia

Prueba de los niveles de iluminación. Ya iluminada el área exterior de la casona principal se realiza la medición de los niveles de iluminación (Luxes). Para medir el nivel de iluminación se usa un instrumento de medición denominado luxómetro. El mismo consiste en una célula fotoeléctrica, que al incidir la luz sobre su superficie, genera una corriente eléctrica débil que aumentará a medida que aumenta la luz incidente. El luxómetro transforma esta corriente directamente a luxes.

Para realizar actividades como lectura, escritura y trabajos que requieran gran concentración visual, se requiere un plano de trabajo, esta altura dependerá del plano de las luminarias (altura de montaje) y área a iluminar, el plano de trabajo para interiores es 0.85 [m] como se observa en la Figura 3.28

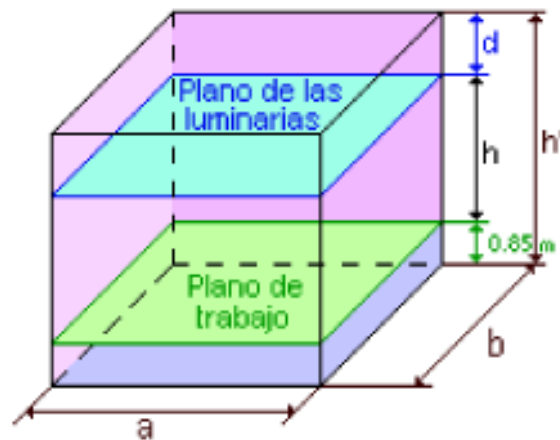


Figura 3.28. Altura de plano de trabajo
Fuente: Recursos docentes CITCEA

Debido a que no se realizará actividades de lectura y escritura no se requerirá gran concentración visual, por lo que la altura de trabajo se consideró la mitad del plano de trabajo para interiores la cual es de 40 [cm] para el área de circulación como es la parte frontal del edificio, el área de parqueaderos y el área del centro de información, para el área posterior se consideró una altura de trabajo de 60 [cm] del suelo ya que no es una área de circulación.

Para realizar la prueba de niveles de iluminación se coloca el luxómetro a la altura de trabajo determinada y se visualiza el nivel de luxes que tiene esta área, constatando que se encuentre en el nivel requerido como se observan en las siguientes Figuras.



Figura 3.29. Medición del nivel de iluminación parte frontal
Fuente: Propia



Figura 3.30. Medición del nivel de iluminación parte posterior
Fuente: Propia



Figura 3.31. Medición del nivel de iluminación área de parqueaderos
Fuente: Propia



Figura 3.32. Medición del nivel de iluminación área del centro de información
Fuente: Propia

3.4. Programación del sistema

El temporizador cuenta con diferentes botones para su manipulación, lo primero que se realiza es quitar el bloqueo automático presionando el botón RESET/RECALL tres veces seguidas, una vez desbloqueado se programa la hora de encendido presionando el botón AUTO/MANUAL, luego los botones HOUR para las horas y MINUTE para los minutos. Para la hora de apagado se realiza de la misma manera, esta programación se realiza a cada uno de los temporizadores que entrarán en funcionamiento a distintas horas.



Figura 3.33. Botones del temporizador
Fuente: Propia

El temporizador T1, controla el circuito A que ilumina el área de las ventanas de la parte frontal de la casona principal y está configurado en el horario de 18:30 (hora de encendido) a 22:00 horas (hora de apagado).

El temporizador T2, controla el circuito B y C que ilumina el área frontal y posterior respectivamente de la casona principal, este temporizador está configurado en el horario de 18:30 (hora de encendido) a 22:00 horas (hora de apagado).

El temporizador T3, controla el circuito de iluminación B y C que ilumina el área frontal y posterior respectivamente de la casona principal, este temporizador está configurado en el horario de 22:03 (hora de encendido) a 06:00 horas (hora de apagado), este temporizador entra en funcionamiento únicamente cuando el sensor de movimiento se activa. Las especificaciones de los temporizadores se observan en el Anexo D. El orden de los temporizadores se observa en la Figura 3.34.



Figura 3.34. Orden de los temporizadores
Fuente: Propia

3.5. Resultados del sistema

Para visualizar que el sistema actual tiene un ahorro energético con respecto al sistema antiguo se realiza un estudio de carga del sistema actual.

Estudio de carga y demanda del sistema actual.

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.		ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA						
SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD								
CODIGO : DD.DID.722.IN.03								
APENDICE A-11-D		PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS DE DISEÑO PARA USUARIOS COMERCIALES E INDUSTRIALES					A-11-D REVISIÓN:05 FECHA:2014-02-28	
NOMBRE DEL PROYECTO:		ILUMINACIÓN EXTERIOR DE LA CASONA PRINCIPAL DE LA ESFOT						
No. DEL PROYECTO:								
LOCALIZACIÓN		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL						
USUARIO TIPO:		COMERCIAL						
RENGLÓN	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO			CI	FFUn	CIR	FSn	DM (W)
	DESCRIPCION	CANT.	Pn (W)	(W)	(%)	(W)	(%)	
1	PUNTO DE ILUMINACION LED PROYECTOR 10W, 110-	16	10,0	160	100%	160	40%	64,00
2	PUNTO DE ILUMINACION LED PROYECTOR 20W, 90-	2	20,0	40	100%	40	40%	16,00
3	PUNTO DE ILUMINACION LED PROYECTOR 30W, 110-	12	30,0	360	100%	360	40%	144,00
4	PUNTO DE ILUMINACION LED PROYECTOR 50W, 90-	6	50,0	300	100%	300	40%	120,00
5	PUNTO DE ILUMINACION LED PROYECTOR 70W, 90-	1	90,0	90	100%	90	40%	36,00
TOTALES:			200,00	950,00		950,00		380,00
FACTOR DE POTENCIA DE LA CARGA FP = 85%		FACTOR DE DEMANDA DMU = 0,40		CIR		= 380,00		950,00
DM (KVA)	=	0,45	FDM =	0,40				
N	=	1,00						
FD	=	1,00						
DD(KVA)	=	0,45						
ALEX CAJAMARCA				SILVIA MORALES				

Figura 3.35. Estudio de carga del sistema actual

Fuente: Propia

El estudio de carga del sistema actual tiene un consumo energético de 0.93 [kW] por hora, mientras que el consumo energético del sistema anterior era de 0.4 [kW] por hora. El estudio muestra aparentemente que existe un incremento de consumo de energía del sistema actual como indica la Ecuación 3.4. Consumo energético.

El sistema anterior iluminaba el área frontal por 12 horas consecutivas teniendo un consumo de:

$$E = (P) (h)$$

(3.4)

Donde:

E= Consumo energético

P= Potencia total instalada

h= horas de consumo

$$E_{\text{HORA}} = 0.4 \text{ [kW]} * 1 = 0.4 \text{ [kWh]}$$

$$E_{\text{DIARIO}} = 0.4 \text{ [kW]} * 12 = 4.8 \text{ [kWh]} \text{ al día}$$

$$E_{\text{SEMANAL}} = 4.8 \text{ [kW]} * 7 = 33.6 \text{ [kWh]} \text{ a la semana}$$

$$E_{\text{MES}} = 33.6 \text{ [kW]} * 4 = 134.4 \text{ [kWh]} \text{ al mes}$$

Para el análisis se considera únicamente el área frontal del edificio del sistema actual el cual ilumina aproximadamente 6 horas.

$$E_{\text{HORA}} = 0.33\text{kW} * 1 = 0.33\text{kWh}$$

$$E_{\text{DIARIO}} = 0.33\text{kW} * 6 = 1.98\text{kWh} \text{ al día}$$

$$E_{\text{SEMANAL}} = 1.98\text{kW} * 7 = 13.86\text{kWh} \text{ a la semana}$$

$$E_{\text{MES}} = 13.86\text{kW} * 4 = 55.44\text{kWh} \text{ al mes}$$

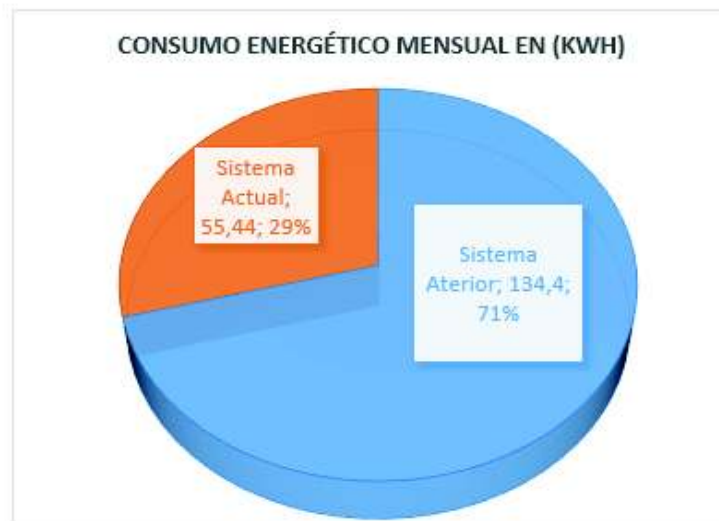


Figura 3.36. Consumo de energía por mes.

Fuente: Propia

El consumo de energía del sistema actual de acuerdo a la Figura 3.36 es del 29% mientras que el consumo de energía del sistema anterior era del 71%. Evidenciando que existe un ahorro de energía.

El sistema actual ilumina aproximadamente 6 horas toda el área exterior de la casona principal obteniendo un consumo total de:

$$E_{HORA} = 0.93kW*1=0.93kWh$$

$$E_{DIARIO} = 0.93kW*6=5.58kWh \text{ al día}$$

$$E_{SEMANAL} = 5.58kW*7=39.06kWh \text{ a la semana}$$

$$E_{MES} = 39.6kW*4=156.24kWh \text{ al mes.}$$

4. CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema de iluminación exterior programable, para la casona principal de la Escuela de Formación de Tecnólogos.
- En el diseño del sistema de iluminación exterior se evaluó el tipo de infraestructura de la casona de la ESFOT, normas y estándares para el cumplimiento de exigencias mínimas de seguridad y prolongación de la vida útil de los componentes del sistema.
- Una vez realizado el análisis de consumo de energía eléctrica de la parte frontal del edificio de la ESFOT, se observó que las luminarias LFC de 40 [W] consumían 134.4 [kWh] al mes mientras que los proyectores de 50 [W] consumen 55.44 [kWh] al mes. Con la ejecución del presente proyecto de titulación se observa un ahorro energético del 59 % contribuyendo con un sistema eficiente de iluminación exterior para la ESFOT que eliminará el pago en exceso por consumo de energía eléctrica.
- En el sistema antiguo el diseño y uso de las lámparas LFC de 40 [W] no cumplían con los requerimientos mínimos de nivel de iluminación de 50 luxes correspondiente a las áreas de circulación en exteriores según la norma NEC-10. Si bien el bajo consumo de energía eléctrica beneficia al usuario en la parte económica, no se compensa con lo más importante que es tener una menor exposición a los agentes contaminantes y un nivel de iluminación adecuado para la seguridad y el desarrollo de actividades.
- El uso de la tecnología LED y la utilización de dispositivos como temporizadores y sensores de movimiento en el sistema implementado permite mayor eficiencia energética reduciendo notablemente los costos y consumo de energía eléctrica mediante el control automático.
- La comodidad visual en una vía iluminada depende del Índice de Reproducción Cromática (IRC). Las lámparas LED permiten reproducir fielmente los colores de varios objetos en comparación con una fuente de luz natural o ideal, cuanto más elevado es el IRC más reales son los colores mejorando el confort visual.
- Para obtener una buena iluminación se debe tener en cuenta factores como: el área determinada a iluminar, el tipo de alumbrado, los tipos de luminaria y las tareas visuales a desarrollarse con el objeto de determinar qué cantidad y tipo de luz hay que suministrar para un óptimo rendimiento visual.
- El software DIALux evo facilitó el diseño del sistema de iluminación permitiendo realizar cambios de luminarias de mayor o menor potencia, separación entre luminarias y altura de montaje para obtener el nivel de iluminación adecuado y se utilizó como una referencia para la compra de luminarias.

5. RECOMENDACIONES

- Según la *International Electrotechnical Commission* (IEC), los niveles de iluminancia, experimentan una reducción progresiva a consecuencia de la depreciación de los componentes como envejecimiento de la lámpara, acumulación de polvo y suciedad. Es importante realizar el mantenimiento del sistema de iluminación exterior para garantizar el correcto funcionamiento del mismo.
- Se debe realizar al menos una vez en el año inspecciones visuales del tendido eléctrico, del estado de las luminarias, caja de conexiones y comprobación del sistema manual así como los anclajes de las luminarias a las fachadas como se indica en el manual de mantenimiento preventivo y correctivo el cual se encuentra en los anexos adjuntos.
- Se recomienda la limpieza de las luminarias instaladas en lo alto de la fachada del edificio cada año debido a que se encuentran en un ambiente con poca contaminación de polvo y humo, mientras que para las luminarias instaladas en las ventanas se realizará la limpieza dos veces al año debido a que se encuentran expuestas constantemente al polvo.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Acenergia. (14 de octubre de 2013). Servicios Energéticos. Obtenido de Servicios Energéticos: <http://www.acenergia.es/ACE-ingenieria/eficiencia-energetica/>
2. Alarcon, W. (2002). Niveles lumínicos del alumbrado público en el Ecuador. Quito.
3. Angulo, P. (1990). Diagramas de Control Industrial. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
4. Comité Ejecutivo de La Norma Ecuatoriana de La Construcción. (2011). Instalaciones Electromecánicas Capitulo 15. Quito: MIDUVI.
5. Empresa Electrica Quito. (2015). Normas para sistemas de distribución parte A. Quito: EEQ.
6. Gunter, G. (1989). Instalaciones Electricas Siemens. Berlin y Munich: Siemens.
7. Harper, E. (2005). manual de instalaciones. Mexico: Limusa.
8. Hidrofarm, E. (8 de octubre de 2013). Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado. Obtenido de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado: http://www.eltacnet.com/energia_nueva.pdf
9. López, F., & Olivo, R. (2006). Iluminación automática de los espacios verdes y áreas de circulación de la ESFOT controlado por un PLC y un tablero de control. Quito.
10. Marquez, V., González, J., & González, J. (2013). Eficiencia energética en las instalaciones de iluminación interior y alumbrado exterior. Málaga, España: IC Editorial.
11. Ministerio de Electricidad y Energia Renovable. (2013). Eficiencia Energetica en el Alumbrado Publico. Instituto Nacional de Eficiencia Energetica y Energias Renovables.
12. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. Bogotá: Resolución 90708.

13. Rizzolo, C. (2007). Manual de Procedimientos Para La Ingeniería de Iluminación de Interiores y Áreas Deportivas. Sartenejas: Universidad Simón Bolívar.
14. Viel, J. (2016). Lineamientos para la eficiencia y planificación energética de la provincia de la Rioja. La Rioja, República de Argentina (Tesis doctoral): Universidad de la Rioja.

ANEXOS

7. ANEXOS

Anexo A: Cálculo de los niveles de iluminación en el software

DIALux evo

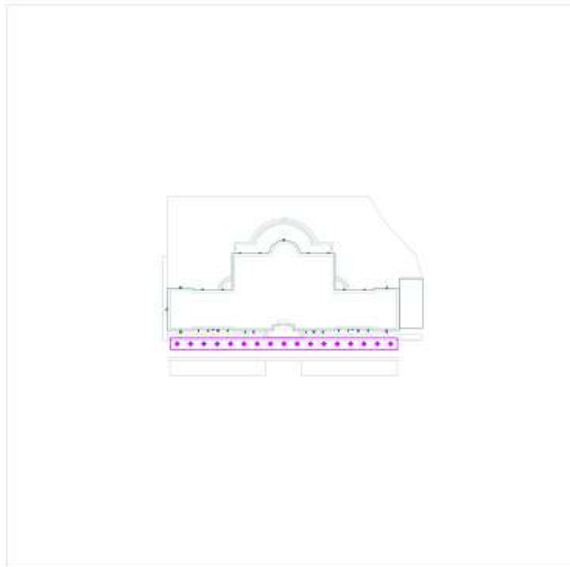
ILUMINACIÓN EXTERIOR

28/08/2017

DIALux

ESFOT / ÁREA FRONTAL / Iluminancia libre

ÁREA FRONTAL / Iluminancia libre



ÁREA FRONTAL: Iluminancia libre (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 38.9 lx, Min: 25.8 lx, Max: 52.9 lx, Min./medio: 0.66, Min./máx.: 0.49

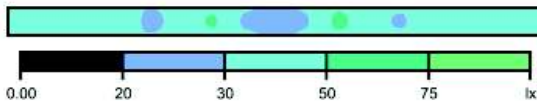
Rotación: X:0.0°, Y:0.0°, Z:0.0°, Altura: 0.600 m

Isolíneas [lx]



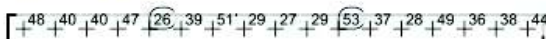
Escala: 1 : 500

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 500

Sistema de valores [lx]



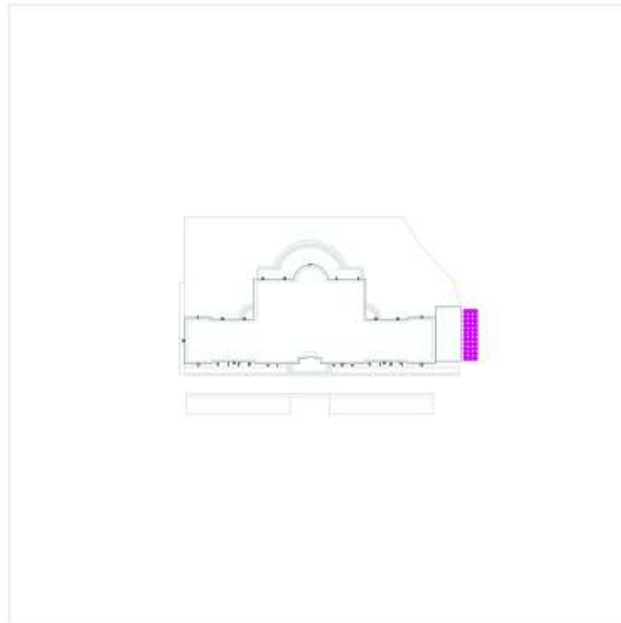
Escala: 1 : 500

Tabla de valores [lx]

m	-22.986	-20.113	-17.240	-14.366	-11.493	-8.620	-5.747	-2.873	0.000	2.873	5.747	8.620	11.493	14.366	17.240	20.113	22.986
0.000	47.6	39.8	40.3	47.1	25.8	38.8	51.3	28.7	27.3	29.4	52.9	37.2	28.4	48.7	36.3	37.9	43.6

DIALux

Página 1

ÁREA CENTRO DE INFORMACIÓN / Iluminancia libre

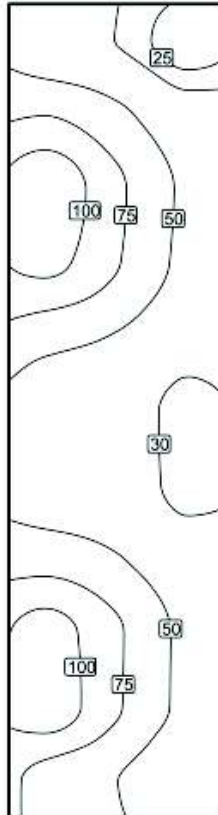
ÁREA CENTRO DE INFORMACIÓN: Iluminancia libre (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 55.8 lx, Min: 21.4 lx, Max: 119 lx, Min./medio: 0.38, Min./máx.: 0.18

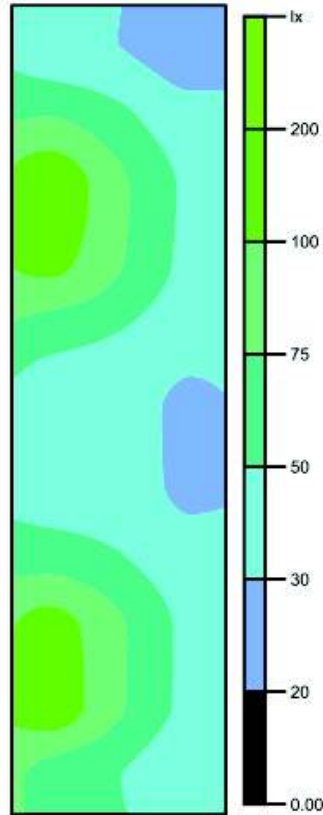
Rotación: X:0.0°, Y:0.0°, Z:0.0°, Altura: 0.600 m

Isolíneas [lx]



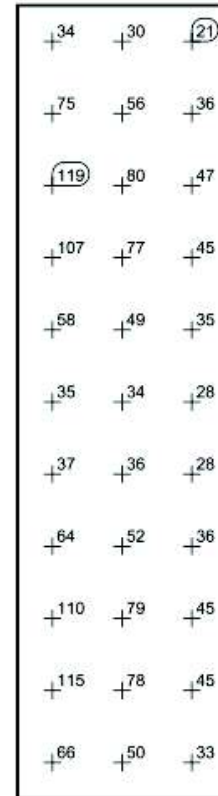
Escala: 1 : 75

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 75

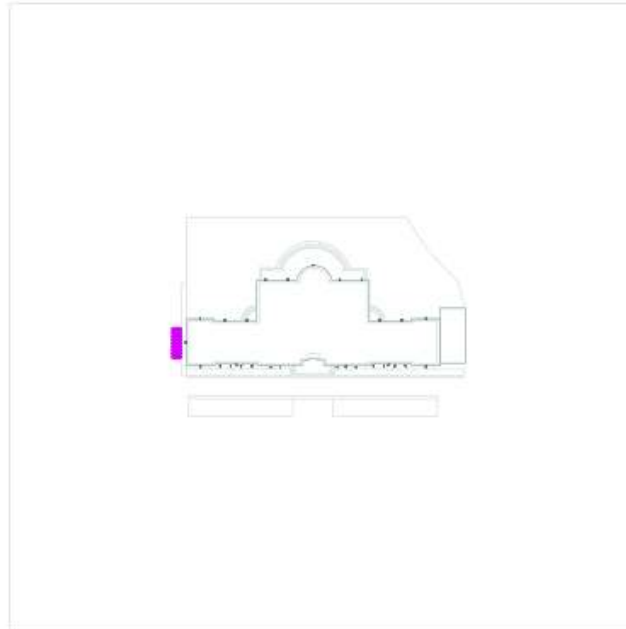
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 75

Tabla de valores [lx]

m	-4.591	-3.673	-2.754	-1.836	-0.918	0.000	0.918	1.836	2.754	3.673	4.591
0.885	21.4	35.6	46.5	45.5	34.8	27.9	27.8	36.0	45.5	45.4	33.2
0.000	29.9	55.8	80.4	77.0	48.5	34.3	35.5	51.8	78.8	78.2	50.4
-0.885	34.4	74.6	119	107	58.5	35.1	36.9	64.1	110	115	65.7

ÁREA DE PARQUEADERO / Iluminancia libre

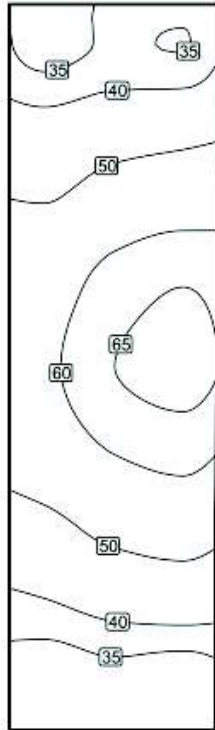
ÁREA DE PARQUEADERO: Iluminancia libre (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 49.1 lx, Min: 30.5 lx, Max: 66.8 lx, Min./medio: 0.62, Min./máx.: 0.46

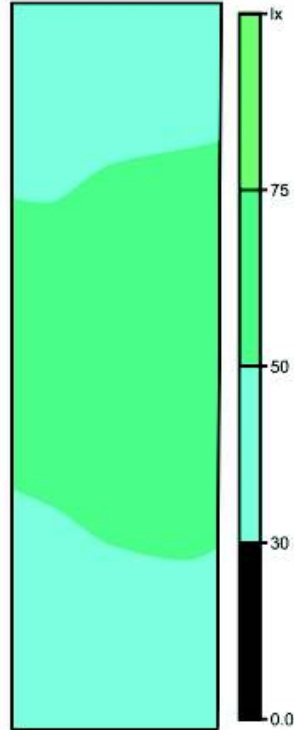
Rotación: X:0.0°, Y:0.0°, Z:0.0°, Altura: 0.600 m

Isolíneas [lx]



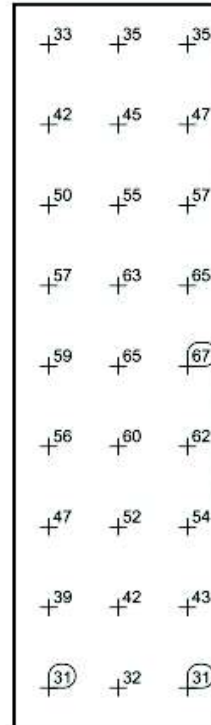
Escala: 1 : 50

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 50

Sistema de valores [lx]

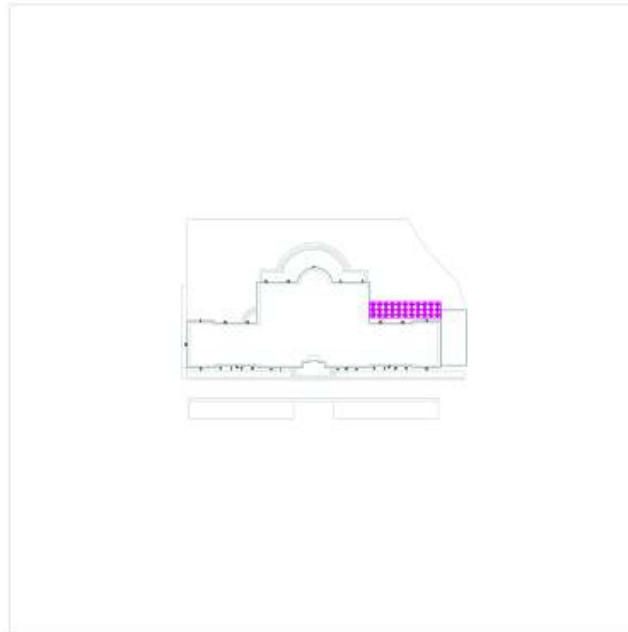


Escala: 1 : 50

Tabla de valores [lx]

m	-2.697	-2.023	-1.349	-0.674	0.000	0.674	1.349	2.023	2.697
0.573	30.5	38.9	47.4	55.7	58.7	56.8	50.2	42.3	33.3
-0.008	32.4	41.6	52.4	60.5	65.0	62.6	55.1	45.2	35.5
-0.589	30.8	42.8	54.4	62.4	66.8	65.0	57.1	46.7	34.7

ÁREA POSTERIOR 1 / Iluminancia libre



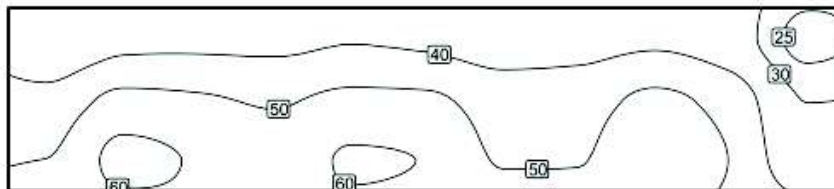
ÁREA POSTERIOR 1: Iluminancia libre (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 45.4 lx, Min: 22.9 lx, Max: 62.6 lx, Min./medio: 0.50, Min./máx.: 0.37

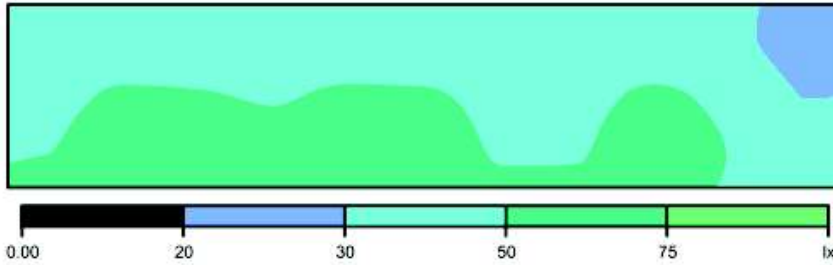
Rotación: X:0.0°, Y:0.0°, Z:0.0°, Altura: 0.600 m

Isolíneas [lx]



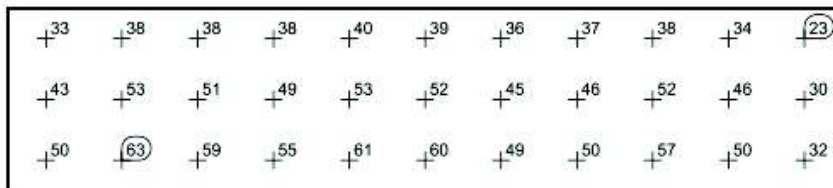
Escala: 1 : 100

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 100

Sistema de valores [lx]

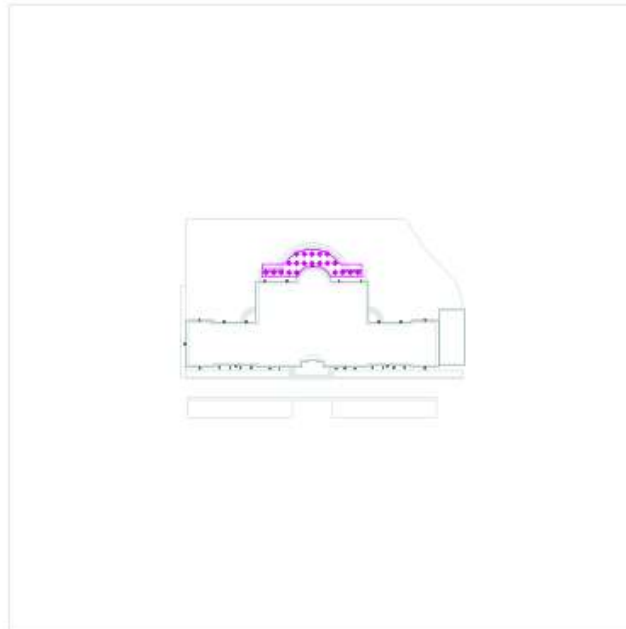


Escala: 1 : 100

Tabla de valores [lx]

m	-6.309	-5.045	-3.782	-2.518	-1.255	0.008	1.272	2.535	3.798	5.062	6.325
1.013	32.9	37.5	38.2	38.2	39.6	38.6	36.0	36.8	38.4	34.1	22.9
0.000	43.2	52.8	51.3	48.8	52.6	52.0	45.2	45.9	52.2	45.8	29.8
-1.013	50.2	62.6	59.1	54.8	60.9	59.7	49.3	49.6	56.8	49.7	32.4

ÁREA POSTERIOR 2 / Iluminancia libre



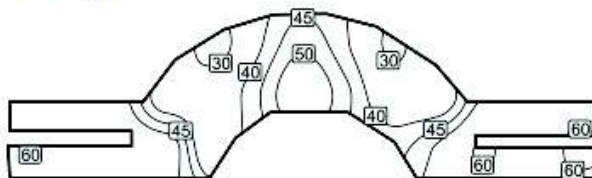
ÁREA POSTERIOR 2: Iluminancia libre (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 45.6 lx, Min: 26.4 lx, Max: 61.0 lx, Min./medio: 0.58, Min./máx.: 0.43

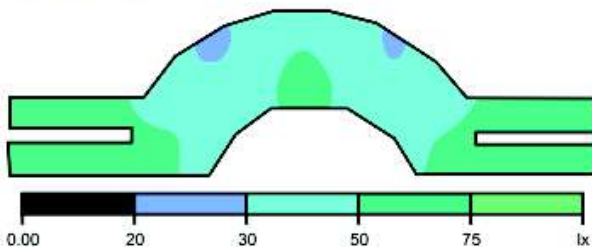
Rotación: X:0.0°, Y:0.0°, Z:0.0°, Altura: 0.600 m

Isolíneas [lx]



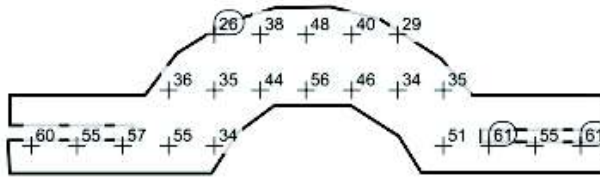
Escala: 1 : 200

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 200

Sistema de valores [lx]

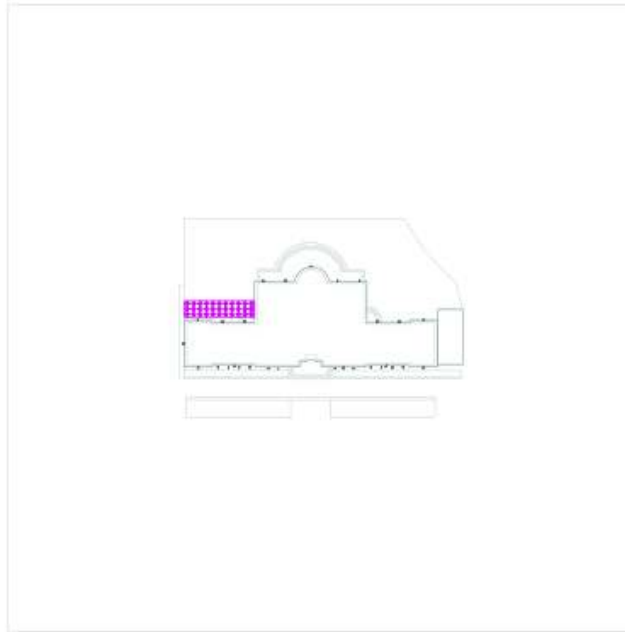


Escala: 1 : 200

Tabla de valores [lx]

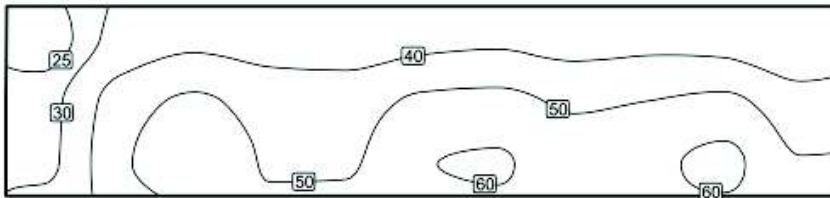
m	-9.146	-7.636	-6.126	-4.616	-3.105	-1.595	-0.085	1.425	2.936	4.446	5.956	7.466	8.976
2.410	/	/	/	/	26.4	38.5	48.1	40.2	28.7	/	/	/	/
0.577	/	/	/	35.7	34.7	44.3	55.6	45.9	34.4	35.3	/	/	/
-1.256	60.0	54.7	57.3	54.8	34.2	/	/	/	/	51.5	61.0	54.9	60.8

ÁREA POSTERIOR 3 / Iluminancia libre



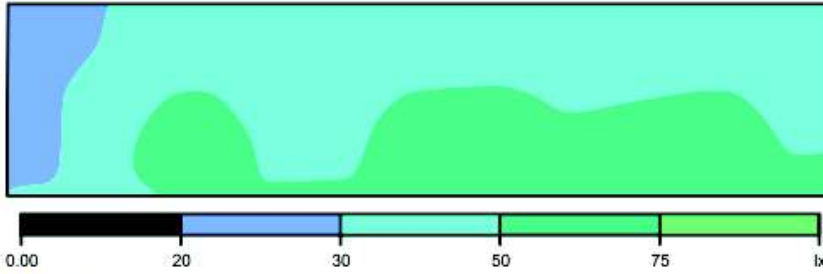
AREA POSTERIOR 3: Iluminancia libre (Trama)
Escena de luz: Escena de luz 1
Media: 44.8 lx, Min: 22.2 lx, Max: 62.1 lx, Min./medio: 0.50, Min./máx.: 0.36
Rotación: X:0.0°, Y:0.0°, Z:0.0°, Altura: 0.600 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 100

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 100

Sistema de valores [lx]

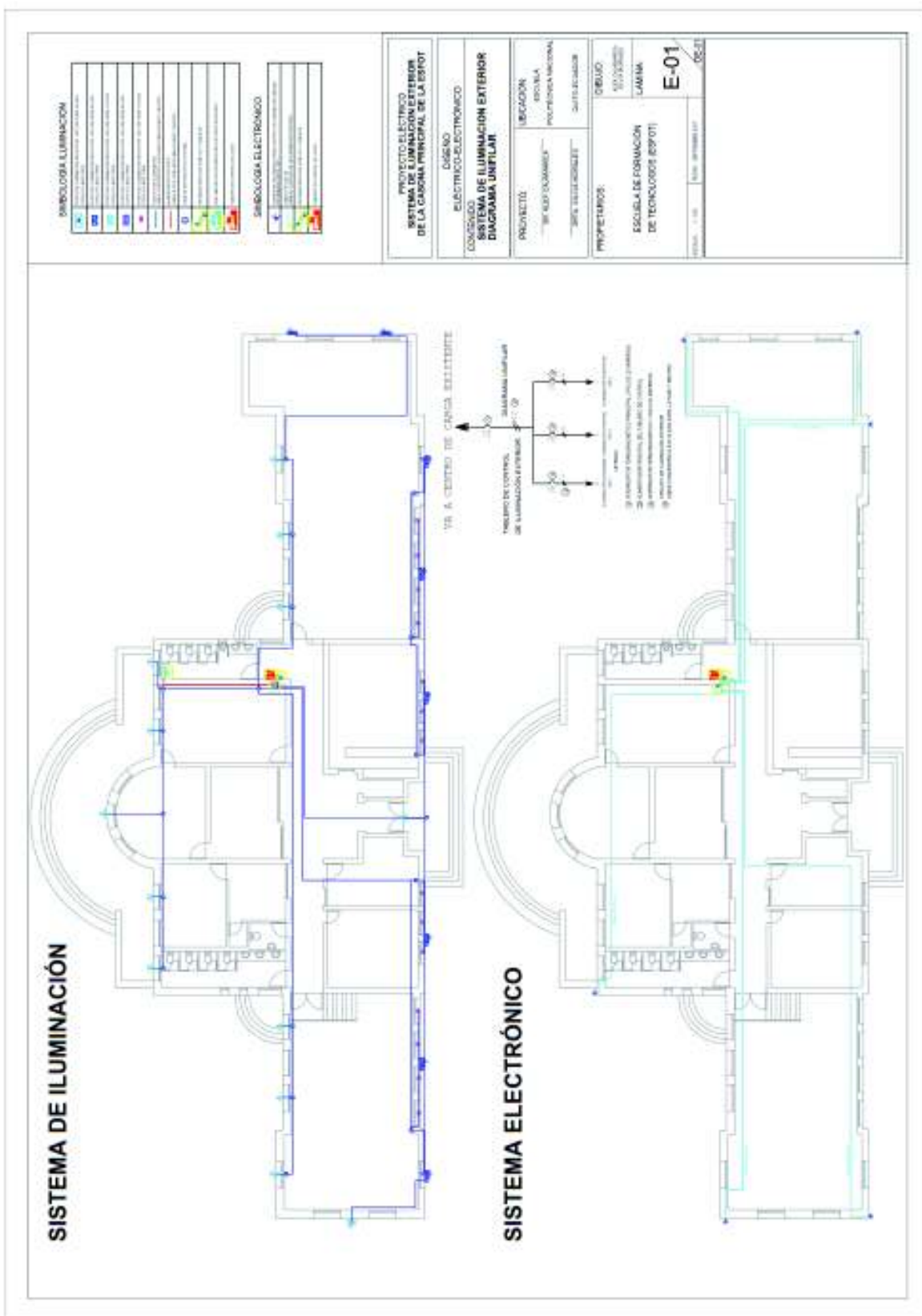
22	+33	+38	+36	+36	+38	+39	+37	+38	+37	+33
+28	+45	+51	+46	+45	+52	+53	+49	+50	+52	+44
+28	+48	+56	+49	+49	+60	+61	+55	+58	62	+51

Escala: 1 : 100

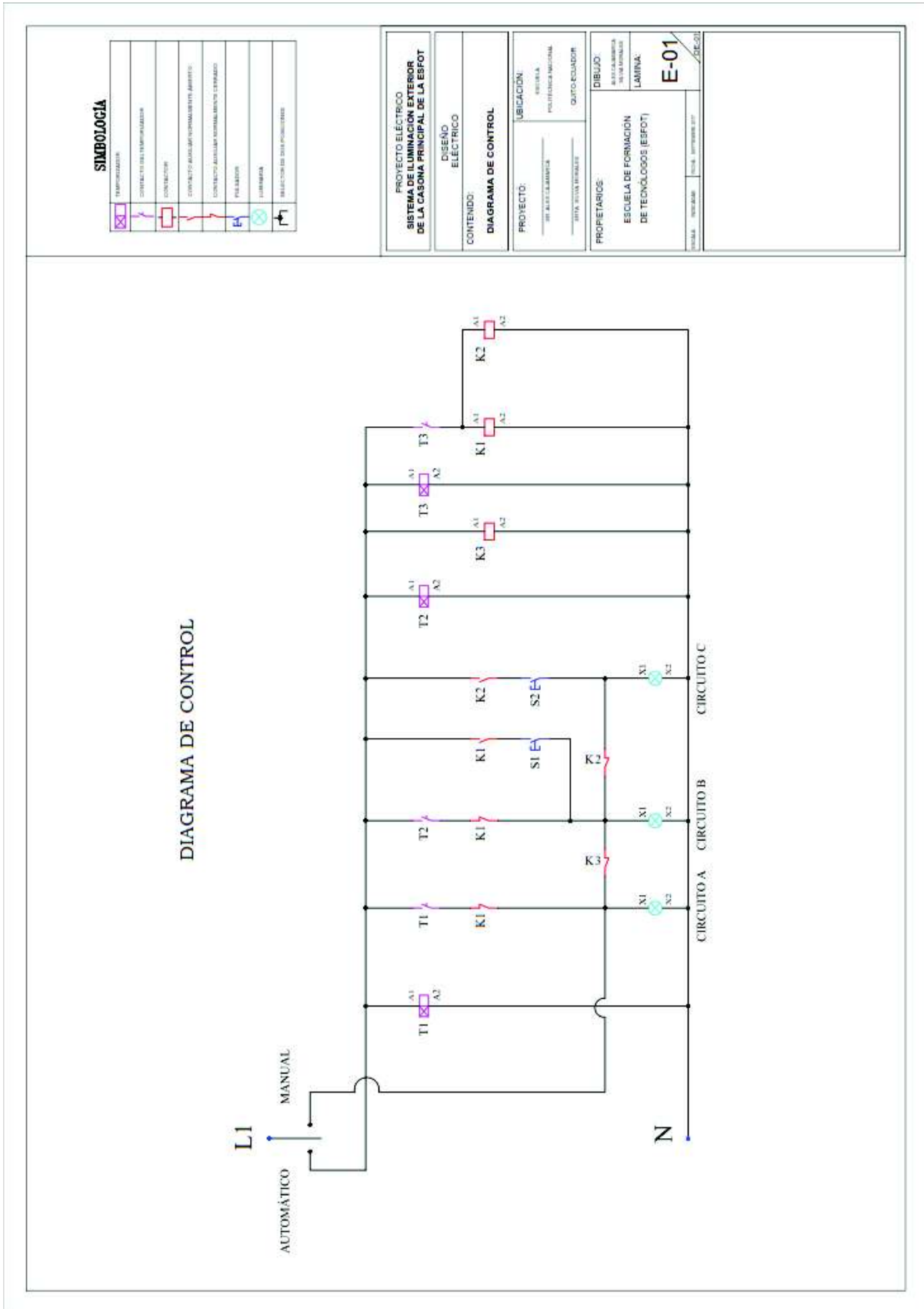
Tabla de valores [lx]

m	-6.311	-5.050	-3.788	-2.527	-1.265	-0.003	1.258	2.520	3.781	5.043	6.305
1.051	22.2	32.6	37.6	36.1	35.7	38.0	38.9	37.3	38.2	37.2	32.8
0.000	27.6	44.6	51.5	46.1	45.3	51.8	53.0	48.5	50.1	52.2	43.9
-1.051	28.3	48.0	56.4	49.4	49.1	59.6	60.8	54.7	57.9	62.1	50.9

Anexo B: Plano eléctrico del sistema de iluminación exterior



Anexo C: Diagrama de control



Anexo D: Especificación técnica del temporizador KG316T



➤ Características

Instalación en carril DIN.

Pre-configuración avanzada una semana antes.

Última tecnología COMS micro-controlador de cuarzo.

Electrónica digital de propósito general con programas diarios y semanales.

Repetir programas con 16 ajustes de activación / desactivación

Configuración de precisión al minuto.

Pantalla LCD muestra a tiempo real los minutos/horas y encendido/Auto/apagado.

➤ Datos técnicos

Límite de tensión: 110 – 220 [VAC] (50 / 60 [Hz]) Histéresis <1s/d(a 25 C)

Operación Encendido/Apagado: 16 ON & 16 OFF.

Intervalo mínimo: 1 minuto.

Peso: 150g Aproximadamente.

Pantalla: LCD

Número de circuitos: 1c

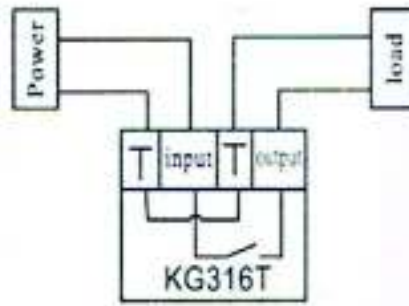
Capacidad de carga: 16 [A] 250 [VAC] (Coste de carga regresiva).

Vida de servicio: Mecánica: 10 / Eléctrica: 10

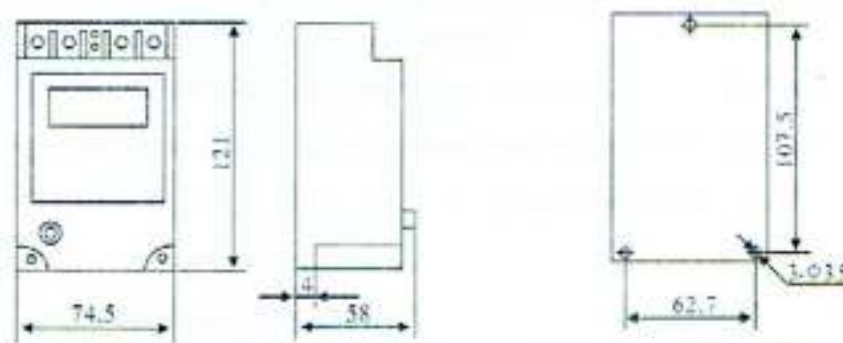
Temperatura ambiente: -10°C + 55°C

Temperatura de almacenaje: -20°C +70° C Consumo de energía: 5 [VA]

Diagrama de conexión:



Dimensiones expresadas en milímetros:



Anexo E: Especificación técnica del sensor de movimiento 180°



Timer programable de 5 segundos a 7 minutos

Angulo de detección: 180° (horizontal)

Velocidad de movimiento: 0,6 a 1,5 [m / s].

Distancia máxima de detección: 11 [m]

Luz ambiente: <10-2000 LUX ajustable

Altura de instalación: de 1,8 a 2,5 [m]

Alimentación: 100-120 [VAC] 60 [Hz].

Carga: 25-800 [W] máx

Temperatura de operación: 10°C a 32°C

Humedad de operación: <93%

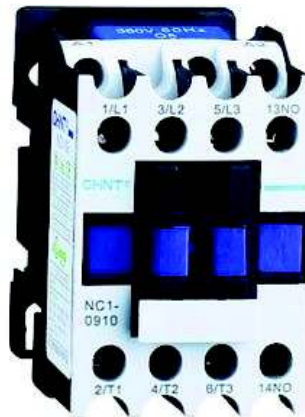
Dimensiones: 9 [cm] de frente x 16 [cm] de alto x 12,5 [cm] de fondo

Peso: 199 g

Grado de protección: IP65

Anexo F: Especificación técnica del contactor e interruptor termomagnético.

➤ Contactor



Corriente asignada contactor en AC3: 16 [A].

Número de polos contactor: 2.

Corriente máxima térmica I_{th} contactor: 30 [A].

Tensión máxima contactor: 600 [VAC].

Calidad de los contactos principales: 85% de plata (Ag).

Potencia máxima contactor: 4 [KW]

Tensión de la bobina del contactor: 110 [VAC] 50 / 60 [Hz].

Contacto auxiliar integrado en el contactor: 1 abierto (NA).

Tipo: Chint NC1

➤ Disyuntor termomagnético



Modelo: NB1-63

Numero de polos: 1

Corriente nominal: 16 [A]

Voltaje nominal: 230 / 400 [V]

Capacidad nominal de cortocircuito: 6 [kA]

Anexo G: Manual de mantenimiento

Mantenimiento en sistemas de iluminación.

El mantenimiento tiene como objetivo localizar fallas en el estado de la instalación y proceder a repararlas, manteniendo la instalación dentro del nivel de funcionamiento.

Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo de las luminarias de alumbrado exterior determina las acciones para evitar o eliminar las causas de las fallas potenciales del sistema de iluminación y prevenir su ocurrencia.

Limpieza de la luminaria. Es necesario un correcto mantenimiento de las lámparas con el objetivo de conseguir su máximo rendimiento y además aumentar su duración. La acumulación de polvo en los proyectores disminuye en gran medida su luminosidad por ello es fundamental realizar al menos una vez al año una correcta limpieza.

Los pasos para la limpieza de la luminaria son los siguientes:

- Desconectar la alimentación eléctrica y verificar que el proyector se encuentre frío para evitar quemaduras a la persona que realiza el mantenimiento.
- Realizar la limpieza y eliminación de la suciedad, se utilizará un paño humedecido en una mezcla de agua y alcohol en partes iguales, tras humedecer un paño con uno de estos dos preparados, se pasa con suavidad por toda la superficie
- Antes de energizar el proyector se debe comprobar que esté seco y que no existan gotas para evitar marcas visibles después de su limpieza.
- Utilizar guantes de tela para evitar dejar huellas dactilares.

Inspección del cableado. Para la inspección del cableado se recomienda utilizar el plano eléctrico del sistema de iluminación que indica el recorrido y la distribución de cada uno de los circuitos.

En la inspección se debe observar los siguientes puntos:

- Los empalmes no deben presentar sulfatación.

- Observar que los conductores se encuentren bien sujetos de modo que no se produzca cortadura ni abrasión de aislamiento.
- Verificar en las cajas de derivación que los conductores no presenten pérdida de aislamiento para evitar un cortocircuito.
- Medición de tensión utilizando un multímetro.

Verificación del funcionamiento del temporizador. El sistema de control se basa principalmente en el funcionamiento del temporizador por lo que es importante realizar una inspección minuciosa del funcionamiento del mismo, para la verificación se realiza lo siguiente:

- Verificar que los conductores que lleguen tanto a la entrada y salida estén fijos de modo que realicen un buen contacto.
- Comprobar la hora de encendido y apagado de los proyectores según la programación de los temporizadores.
- Verificar el funcionamiento de los temporizadores, por medio de la de conexión y desconexión automática de los circuitos correspondientes.
- Realizar una inspección visual en los bornes de entrada y salida en busca de evidencia de quemaduras por sobrecarga o cortocircuito.

Verificación del funcionamiento del sensor de movimiento. El sensor de movimiento funciona conjuntamente con los contactores para la verificación de los mismos se realiza lo siguiente:

Sensor de movimiento.

- Realizar una limpieza con alcohol y algodón o alguna franela que no deje pelusa ya que cualquier tipo de suciedad puede degradar el funcionamiento.
- Verificar continuidad en los bornes cuando detecte movimiento
- Medición de tensión en los bornes utilizando un multímetro.

Contactador.

- Verificar que los contactos se abran y cierre sin ninguna dificultad al momento de la activación y desactivación del contactor, no debe presentar ningún ruido fuera de lo normal.
- Desconectar la alimentación eléctrica y verificar la ausencia de energía mediante un multímetro.
- Se limpian los contactos con tela de mezclilla para el buen funcionamiento del contactor.

- Verificar que los conductores que lleguen tanto a la entrada y salida estén bien fijos de modo que realicen un buen contacto

Mantenimiento correctivo

Consiste en localizar, reparar y adecuar los elementos del sistema para que funcionen el máximo número de horas posible, con el desempeño para el que fueron diseñadas.

Cambio de la luminaria. Por algún daño físico que impida el funcionamiento correcto o si cumplió con su vida útil se procede a realizar el cambio del reflector por uno de iguales o mejores características.

Una vez identificado el proyector defectuoso se realiza lo siguiente:

- Desconectar la alimentación eléctrica y verificar la ausencia de energía mediante un multímetro.
- Con las herramientas necesarias desmontar la luminaria en mal estado.
- Colocar la nueva luminaria y conectar la alimentación para verificar el funcionamiento de la misma.

Cambio del cableado. Si al realizar el mantenimiento preventivo se observa sulfatación, pérdida de aislamiento o rotura se procede al cambio del conductor de la misma característica.

Una vez identificado el intervalo del conductor que se encuentre en mal estado se realiza lo siguiente:

- Desconectar la alimentación eléctrica y verificar la ausencia de energía mediante un multímetro.
- Con las herramientas necesarias desmontar el intervalo del conductor en mal estado.
- Colocar el nuevo conductor realizando los empalmes adecuados en caso de ser necesario, conectar la alimentación y verificar el funcionamiento.

Cambio del temporizador. Si el temporizador presenta anomalías como: no se activa con la programación realizada, no permite programación alguna o se encuentra quemado por un cortocircuito se procederá con el cambio de la siguiente manera:

- Desconectar la alimentación eléctrica y verificar la ausencia de energía mediante un multímetro.
- Con las herramientas necesarias desmontar el temporizador en mal estado.
- Colocar el nuevo temporizador realizando las conexiones adecuadas mediante el diagrama unifilar, conectar la alimentación y verificar el funcionamiento.

Cambio del sensor y contactor.

Sensor. Para verificar si se encuentra dañado se realiza un movimiento frente al sensor, con este movimiento se tendrá continuidad en los bornes del mismo si existe ausencia de continuidad se concluye que se encuentra en mal estado para lo cual se procederá con el cambio de la siguiente manera:

- Desconectar la alimentación eléctrica y verificar la ausencia de energía mediante un multímetro.
- Con las herramientas necesarias desmontar el sensor en mal estado.
- Colocar el nuevo sensor realizando las conexiones adecuadas, conectar la alimentación y verificar el funcionamiento del mismo.

Contactor. Los contactores suelen presentar fallas en su funcionamiento como se describe a continuación:

- Los contactos no se cierran o abren debido una bobina abierta o quemada
- Ruido excesivo debido a una bobina auxiliar rota o superficies del núcleo oxidadas.

Si se tiene una de las fallas mencionadas se procede con el cambio del contactor de la siguiente manera:

- Desconectar la alimentación eléctrica y verificar la ausencia de energía mediante un multímetro.
- Con las herramientas necesarias desmontar el contactor en mal estado.
- Colocar el nuevo contactor de las mismas características de corriente y voltaje realizando las conexiones adecuadas, conectar la alimentación y verificar el funcionamiento del mismo.

Anexo H: Presupuesto del sistema de iluminación

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR PROGRAMABLE, PARA LA CASONA PRINCIPAL DE LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS					
ELABORADO POR: ALEX CAJAMARCA ; SILVIA MORALES					
UBICACIÓN: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL					
PRESUPUESTO					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
MATERIALES ELECTRICOS					
1	REFLECTOR TIPO LED 70W 6000k 90-265V	u	1,00	72,25	72,25
2	REFLECTOR TIPO LED DE 50W 6000k 90-265V	u	6,00	37,25	223,50
3	REFLECTOR TIPO LED DE 30W 6000K 110-230V	u	12,00	24,10	289,20
4	REFLECTOR TIPO LED DE 20W 6000k 90-265V	u	2,00	21,15	42,30
5	REFLECTOR TIPO LED DE 10W 6000K 110-230V	u	16,00	9,90	158,40
6	CABLE CONCENTRICO 2X14	m.	385,00	0,75	288,75
7	AMARRAS PLASTICAS 30 cm T12 NEGRAS	u	2,00	5,02	10,04
8	CAJETÍN OCTOGONAL GRANDE SEMI REFORZADO	u	30,00	0,30	9,00
9	CINTA TAPE 20 YARDAS NEGRO 3M	u	4,00	0,88	3,52
10	SENSOR DE MOVIMIENTO CABEZAL 180° 800W 120V	u	6,00	7,25	43,50
11	PRENSA ESTOPA 1/2"	u	12,00	0,75	9,00
12	MANGUERA ANILLADA PLASTICA DE 1/2" NEGRA	m.	200,00	0,36	72,00
13	CONECTORES ROMEX DE 1/2"	u	60,00	0,40	24,00
14	GRAPAS METÁLICAS	u	60,00	0,36	21,60
15	TORNILLOS AUTOPERFORANTES 1 1/2"	u	50,00	0,25	12,50
16	TORNILLOS AUTOPERFORANTES 2"	u	50,00	0,30	15,00
17	TORNILLO AUTOPERFORANTE CAB.HEX.T2	u	50,00	0,30	15,00
18	TACOS FISCHER DE 1 1/2"	u	50,00	0,22	11,00
19	TACOS FISCHER DE 2"	u	50,00	0,25	12,50
20	TEMPORIZADORES PROGRAMABLES	u	3,00	19,40	58,20
21	CONTACTORES 110V	u	3,00	18,00	54,00
22	TABLERO METÁLICO	u	1,00	42,00	42,00
23	CONDUCTOR THHN 10 AWG	m.	30,00	0,85	25,50
24	CONDUCTOR THHN FLEXIBLE 16 AWG	m.	30,00	0,75	22,50
25	RIEL DIN	m.	1,00	2,50	2,50
26	CANALETA PLÁSTICA BLANCA	u	1,00	3,46	3,46
27	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 1P-32Amp.	u	2,00	8,50	17,00
28	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 1P-20Amp.	u	3,00	4,50	13,50
29	SELECTOR DE DOS POSICIONES	u	1,00	17,50	17,50
30	LUCES PILOTO COLOR VERDE	u	4,00	2,25	9,00
31	LUCES PILOTO COLOR ROJO	u	1,00	2,25	2,25
TOTAL USD SIN IVA					1.600,47