

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS.

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR CON TIMERS PROGRAMABLES PARA EL PARQUEADERO DE LA “ESFOT”.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

CRISTIAN EDMUNDO ARÉVALO PASTÁS

cristian.arevalo@epn.edu.ec

PAUL ALEJANDRO MALDONADO MONTUFAR

paul.maldonado@epn.edu.ec

DIRECTOR: Ing. Alfonso Boada, MBA, MSc

alfonso.boada@epn.edu.ec

CODIRECTOR: Ing. Carlos Romo, MSc

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, Abril 2018

DECLARACIÓN.

Nosotros, Cristian Edmundo Arévalo Pastás y Paúl Alejandro Maldonado Montufar, 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 encuentre 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 normativa institucional vigente.

Cristian Edmundo Arévalo Pastás.

Paúl Alejandro Maldonado Montufar.

CERTIFICACIÓN.

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Cristian Edmundo Arévalo Pastás y el Sr. Paúl Alejandro Maldonado Montufar, bajo mi supervisión.

Ing. Alfonso Boada, MBA, MSc
DIRECTOR DEL PROYECTO

CERTIFICACIÓN.

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Cristian Edmundo Arévalo Pastás y el Sr. Paúl Alejandro Maldonado Montufar, bajo mi supervisión.

Ing. Carlos Romo, MSc
CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios, mis padres Fernando y Espita quienes con su infinito amor, paciencia y sacrificio han aportado incondicionalmente en mi formación personal, social y académica razones por las cuales he alcanzado un peldaño más en mi vida.

A mi hermana Janeth quien siempre está para apoyarme en cualquier circunstancia y brindarme el apoyo necesario para alcanzar este mi primer objetivo.

A mi novia Angie quien ha estado presente en todas las circunstancias, en los buenos y malos momentos que hemos atravesado.

A mis compañeros de la poli con quienes he formado un lazo de amistad y que hicieron este camino llevadero y divertido.

A la empresa ISS y HP por la oportunidad de desarrollarme profesionalmente y brindarme incondicionalmente el tiempo necesario para cumplir esta meta.

Finalmente a todas aquellas personas que de una u otra manera me apoyaron para cumplir esta etapa.

Paul

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre que ha sido el pilar fundamental en mi vida, que con sus consejos y apoyo he logrado dar un paso más en mi vida académica, a mis hermanas por su apoyo incondicional y a mi novia por apoyarme en todo este largo proceso.

Cristian

RESUMEN.

El presente proyecto trata sobre el diseño e implementación de un nuevo sistema de iluminación en el campus académico de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional enfocado a la eficiencia energética.

Esta implementación pertenece a un proyecto global del campus, en este caso se al área del parqueadero de la ESFOT, tomando en cuenta que el sistema de iluminación existente en esa área presenta deficiencias debido a su antigüedad, se plantea instalar luminarias LED con un sistema de control automático por medio de un Temporizador Programable en el área del parqueadero.

En el interior del campus se observa postes de alumbrado público que no están operativos al 100%, además de que su distribución espacial no es la apropiada, puesto que a lo largo del tiempo ha habido cambios en la infraestructura de la ESFOT, lo que ha ocasionado que en la actualidad dichos postes no permitan iluminar las áreas del alcance de este proyecto.

El campus de la ESFOT tiene movimiento nocturno ya que sus actividades también se desarrollan desde las 16:00 hasta las 21:00pm. Actualmente se observa que en los exteriores de los parqueaderos no existe un buen nivel de iluminación, lo cual representa un problema de tránsito peatonal y vehicular.

Se observa que la obra civil y eléctrica está deteriorada por lo que es necesario el cálculo e instalación de nueva ductería cuyo diseño sea para exteriores, como también se requiere el diseño e instalación de tendido eléctrico para garantizar que el sistema tenga una vida útil de por lo menos 10 años.

Por medio de herramientas informáticas como el software Dialux se puede obtener simulaciones reales de los cálculos realizados antes de la implementación, posteriormente por medio de dispositivos de medida se puede comprobar dichos cálculos.

PRESENTACIÓN.

El proyecto de implementación del sistema de iluminación exterior para el parqueadero de la ESFOT estudia y soluciona la necesidad de este sector con lo que se brinda el bienestar de los usuarios de las instalaciones.

En el capítulo 1 se realiza una introducción sobre el sistema de iluminación actual y la problemática existente, además se señalan los objetivos y la justificación del presente proyecto.

En el capítulo 2 se muestra la metodología empleada además de las técnicas y los tipos de instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo 3 se presenta el diseño del nuevo sistema a ser implementado bajo un estudio que contempla normas técnicas que justifican el tipo de luminaria a ser utilizado, además se habla sobre distintos sistemas de control de iluminación mostrando varios elementos los cuales podrán ser usados para la aplicación.

Se desarrolla un análisis de resultados tomando en cuenta principalmente la carga instalada y nivel de iluminación obtenido, realizando diferentes pruebas.

En el capítulo 4 se muestran conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en el proceso de implementación del presente proyecto.

CONTENIDO.

RESUMEN.

PRESENTACIÓN.

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Planteamiento del problema	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Justificación.....	3
2.	METODOLOGÍA.....	4
2.1	Formulación de la metodología utilizada.....	4
2.2	Técnicas e instrumentos utilizados en la ejecución del proyecto.....	4
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	5
3.1	DEFINICIÓN DEL AREA DE INTERVENCIÓN.....	5
	6
3.2	DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EXISTENTES.	6
3.3	CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN, CORRIENTE CONDUCTORES Y DUCTERÍA.	8
	Cálculo del número de luminarias requerido	8
	Protección exterior de las luminarias	12
	Distribución fotométrica de la luminaria.	13
	Simulación en DIALUX	14
	Cálculo de la corriente	19
	Corriente por luminaria.	20
	Corriente total del sistema.	20
	Consumo energético.....	20
	Selección del conductor y tubería	21
	Descripción de la configuración del sistema de iluminación	24
3.4	TIPOS DE CONTROL DE LA ILUMINACIÓN.....	25
	Tipos de sistemas de control.	25
	Control de la iluminación artificial mediante interruptores manuales y temporizados. ...	26
	Control de iluminación artificial mediante controladores de luz natural.	26
	Control de iluminación artificial mediante detectores de presencia.	27
	Control por un sistema centralizado de gestión.....	27
	Temporizador	28
3.5	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	28
3.5.1	Selección de materiales.....	28
	Selección de conductores.....	29
	Selección de las luminarias.....	29
3.5.2	Protecciones IP e IK.	29

Código IP.....	30
Código IK.....	34
3.5.3 Factor de Potencia y Corriente de Línea.....	36
3.5.4 Selección de dispositivos de protección.....	37
Brakers eléctricos	37
Tipos de Brakers eléctricos.....	37
Brakers Tipo BR	38
Fusible	38
Relé	39
3.5.5 Selección del tablero auxiliar.	40
3.5.6 Materiales utilizados en el sistema.	40
3.6 RESULTADOS OBTENIDOS	44
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
6. ANEXOS.....	51
Anexo A.....	51
Anexo B.....	59
Anexo C.....	61
Anexos D.....	62

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La energía es la fuerza vital de la sociedad, de ella dependen entre otras cosas, la iluminación interior y exterior de los centros urbanos, el calentamiento y refrigeración de los hogares, el transporte de personas y mercancías, la obtención de alimento y su preparación, el funcionamiento de las fábricas (Ambiente, 2008).

La iluminación en exteriores es uno de los principales equipamientos de los centros urbanos, existiendo una relación directa de ella con la seguridad y el confort que debe imperar en un conglomerado urbano. Además una buena iluminación exterior permite evidenciar un balance entre lo estético y la armonía urbana.

Desde un punto de vista general el sistema de iluminación en los exteriores de la ESFOT presenta deficiencias de diferente naturaleza debido a que no se han aplicado normas técnicas para su construcción.

La importancia de la iluminación en los exteriores se evidencia por las actividades académicas que se llevan a cabo durante la noche, que origina problemas como:

- Visibilidad y seguridad: en ocasiones las lámparas no encienden provocando falta de visibilidad, caídas de los transeúntes e inseguridad en horas de la noche.
- Poca posibilidad de llevar a cabo actividades nocturnas normales.
- Sistema de iluminación obsoleto: al pasar el tiempo y por falta de mantenimiento el flujo lumínico se ha reducido a causa del desgaste por el uso de las actuales luminarias.

La ESFOT al tener una alta movilidad peatonal y vehicular nocturna necesita de un sistema de iluminación eficiente, lo que justifica la realización del presente proyecto con el fin de mejorar la movilidad, visibilidad y seguridad de los transeúntes, dando una mayor confiabilidad en todas las actividades nocturnas.

Con este proyecto se mejorará los niveles de iluminación mediante el uso de tecnología LED controlada por temporizadores programables, permitiendo un equilibrio entre la calidad, cantidad y estabilidad de la luz consiguiendo un buen nivel de confort visual y ahorro energético.

1.2 Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es implementar un sistema de iluminación exterior controlada por un temporizador programable para el parqueadero de la Escuela de Formación de Tecnólogos “ESFOT”.

Los objetivos específicos que se requiere cumplir son los siguientes:

- Realizar un estudio para determinar el tipo, número y la distribución adecuada de luminarias.
- Elaborar un estudio de carga eléctrica.
- Desarrollar el diseño del sistema de iluminación exterior mediante el software DIALUX.
- Instalar un tablero auxiliar para controlar el sistema de iluminación.
- Implementar el sistema y realizar las pruebas de funcionamiento del mismo.

Con el fin de brindar a todos los usuarios confort y seguridad al realizar las actividades diarias que se realizan en el campus ESFOT, se ve la necesidad de mejorar la iluminación en los exteriores del parqueadero para brindar un mejor servicio a la comunidad contribuyendo a una buena convivencia y seguridad.

1.3 Justificación.

Con el fin de brindar a todos los usuarios de la zona establecida un buen nivel de confort y seguridad al realizar las actividades cotidianas en el campus ESFOT, se hace necesario mejorar la iluminación en los exteriores del parqueadero para proporcionar así un mejor servicio a la comunidad.

El presente documento analiza la implementación de luminarias exteriores desde una perspectiva innovadora, como es la tecnología LED. Actualmente los medios que permiten producir energía eléctrica en el mundo provienen en su mayor parte de la combustión de materiales fósiles extraídos de la tierra. Esta explotación continua de recursos ha ocasionado que se liberen al medio ambiente grandes cantidades de dióxido de carbono.

En la actualidad se han desarrollado energías alternativas limpias que ayudan al medio ambiente por ejemplo la solar, eólica, entre otras, de igual manera ocurre con los sistemas de iluminación cuya aplicación exitosa se da en la iluminación LED.

Las luces LED han revolucionado el mercado por su capacidad de luminosidad ya que son capaces de producir luz por medio de un diodo semiconductor. Esta tecnología se encuentra actualmente por doquier. Por ejemplo se pueden apreciar en los controles remotos de televisores, equipos de sonido, DVD, entre otros. Posteriormente se desarrolló esta tecnología para su aplicación en ordenadores, celulares, vehículos, dispositivos de iluminación en la vía pública como semáforos, señales de tránsito, fluorescencia vial y en los hogares modernos.

Las principales ventajas de esta tecnología lumínica son: permitir una buena iluminación utilizando menos energía, contar con una vida útil más extensa y una muy baja emisión de calor al ambiente desplazando a las bombillas de bajo consumo y a los focos incandescentes.

Adicionalmente las luces LED resultan más saludables para la sociedad que las lámparas tradicionales, porque en ellas no hay desechos de materiales peligrosos como el mercurio. Los dispositivos LED tienen una buena resistencia a los cambios térmicos, las vibraciones e incluso las oscilaciones en el flujo de electricidad de un hogar. Las luces LED no se queman tan fácilmente como las lámparas clásicas, cuyos filamentos se cortan frente al más ínfimo roce, en ciertos casos explotando.

Lo expuesto justifica plenamente el desarrollo del presente proyecto, a cuya finalización se espera dotar al campus ESFOT de un sistema de iluminación moderno, seguro y económico

2. METODOLOGÍA.

2.1 Formulación de la metodología utilizada.

El presente es un estudio descriptivo de enfoque cuantitativo pues se recolectará datos del sistema de iluminación en el parqueadero del campus ESFOT y se realizará una medición y análisis de los mismos.

Los estudios descriptivos únicamente pretenden medir y recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, su objetivo no es indicar como se relacionan las variables medidas. (Roberto H, Sampieri; Carlos F, Collado; Pilar B, Lucio, Mc Graw-Hill Metodología de la investigación 2006)

En esta clase de estudios el investigador debe ser capaz de definir, o al menos visualizar, qué se medirá (qué conceptos, variables, componentes, etc.) y sobre qué o quiénes se recolectarán los datos (personas, grupos, comunidades, objetos, animales, hechos, etc.). (Roberto H, Sampieri; Carlos F, Collado; Pilar B, Lucio, Mc Graw-Hill Metodología de la investigación 2006)

Así mismo, el estudio tiene un enfoque cuantitativo, ya que es necesario poder analizar los resultados obtenidos de mediciones realizadas en el campo con instrumentos diseñados para tal fin como son los luxómetros.

El enfoque cuantitativo hace uso de la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento. (Roberto H, Sampieri; Carlos F, Collado; Pilar B, Lucio, Mc Graw-Hill Metodología de la investigación 2006)

2.2 Técnicas e instrumentos utilizados en la ejecución del proyecto.

El método principal fue descriptivo con enfoque cuantitativo, que permitirá conocer los aspectos generales de la iluminación en los exteriores en el parqueadero del campus ESFOT, a continuación se especifican las técnicas e instrumentos utilizados:

Observación directa: Esta técnica se utilizó directamente en el área del parqueadero del campus ESFOT, se observó que la iluminación actual era insuficiente y esto afecta al desempeño de las actividades cotidianas.

Investigación documentada: Esta técnica se manejó a efectos de determinar si existen documentos relacionados con la problemática a averiguar a fin de no reproducir esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se realizó; así como para obtener contribuciones y revisar

diferentes puntos de vistas de otros investigadores sobre la temática realizada. Los documentos consultados se especifican en la bibliografía.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1 DEFINICIÓN DEL AREA DE INTERVENCIÓN.

La iluminación en los exteriores de la ESFOT no satisface las necesidades ni las normas vigentes que rigen en el estado ecuatoriano motivo por el cual el presente proyecto contempla el diseño e implementación de un nuevo sistema de iluminación automático que cumpla con las normas respectivas además de poder brindar un servicio de calidad a todas las personas que hacen uso de las instalaciones de la ESFOT.

Por medio de un recorrido nocturno por el campus se visualizó que existen 3 luminarias que no abastecen de iluminación a los exteriores del parqueadero de la ESFOT. Algunas de estas luminarias se encuentran en mal estado o fuera de servicio agravando aún más la problemática existente.

El área de parqueadero (Figura 1) solo existe una luminaria y ésta se encuentra fuera de servicio por lo tanto es necesario iluminar este sector debido al tránsito vehicular y peatonal existente y así evitar posibles accidentes o riesgos referentes a la seguridad.

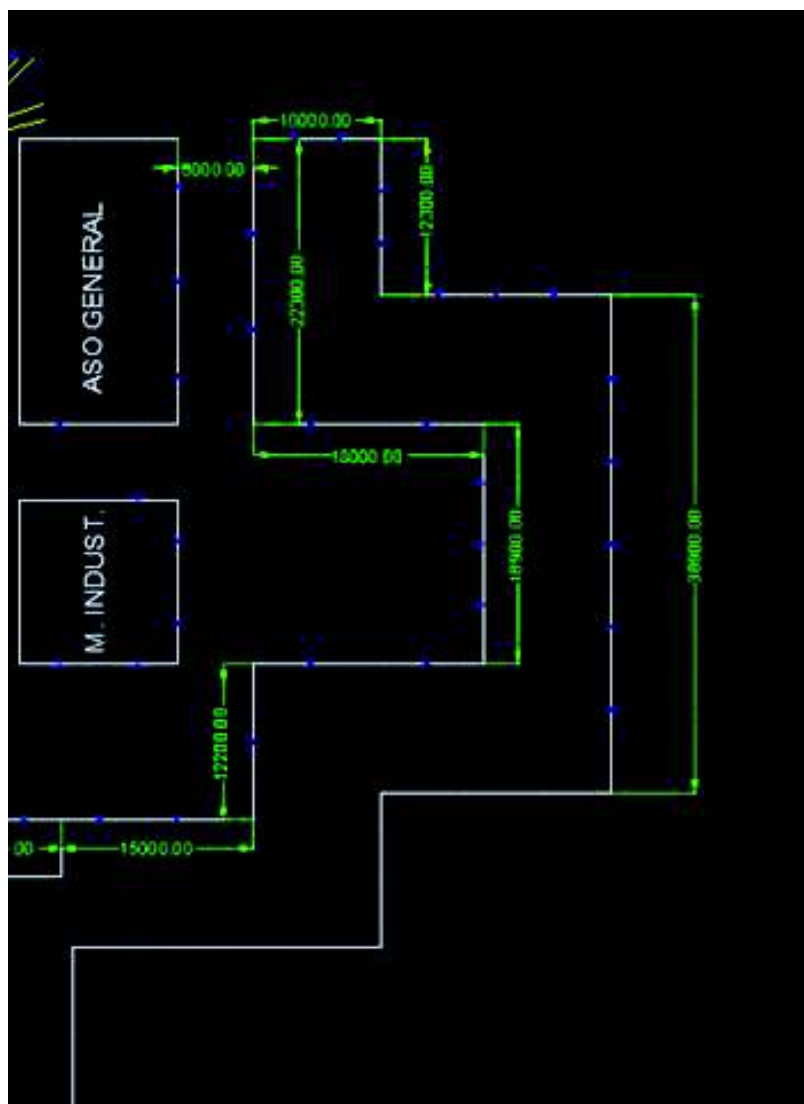


Figura 1: Área a implementar de la ESFOT (Parqueadero)

Fuente: Propia.

El objetivo principal del proyecto es hallar los niveles óptimos de iluminación con luminarias enfocadas a la eficiencia energética que además de brindar un ahorro servirán también para dar confort y seguridad a quienes usan las instalaciones de la ESFOT en horas de la noche tanto a estudiantes como al personal de guardianía optimizando su trabajo y haciéndolo menos peligroso.

3.2 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EXISTENTES.

Se empieza con el estudio del estado inicial de la iluminación en los exteriores del parqueadero de la ESFOT con la ayuda de un LUXÓMETRO, dispositivo que permitirá realizar la medición de lúmenes.

Se utilizó el anemómetro modelo LT-LM8010 que es un instrumento de medición profesional 5 en 1: anemómetro (medidor de la velocidad del aire), medidor de flujo de aire, termohigrómetro (medidor de temperatura y humedad del aire), y Luxómetro (medidor de luminosidad). Tiene una forma anatómica compacta, de peso ligero y diseño mínimo adecuado para manejarse con una sola mano.



Figura 2: Anemómetro profesional 5 en 1.

Fuente: Tomada de TPM EQUIPOS S.A

Para tomar datos el dispositivo se posiciona en varios puntos, por ejemplo 4 donde se encuentre mayor carga lumínica y 4 donde se tenga menor carga lumínica con el fin de obtener una medida real. La medición fue realizada solo en el sector de oficinas de profesores debido a que solo allí existe alumbrado dando un resultado de 25 luxes, en el resto del área el resultado es nulo al no poseer iluminación, dichos valores son muy inferiores a los lúmenes recomendados por la norma NEC 10 que es de 50 luxes.

Los niveles de iluminación indicados en la tabla 1 son valores adoptados, considerando las tareas visuales más frecuentes y representativas. Para tareas no consideradas y que puedan asimilarse a las indicadas en esa tabla, se adoptará aquel valor correspondiente a la tarea más semejante. 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. (NEC, 1996)

Tabla 1: Nivel de Iluminación recomendado.

TIPO DE LOCAL	NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN RECOMENDADO
Área de trabajo	300 (lux)
Áreas de circulación (pasillos, corredores, etc)	50 (lux)
Escaleras, escaleras mecánicas	100 (lux)
Áreas de parqueaderos cubiertos	30 (lux)

Fuente: (NEC, 1996)

3.3 CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN, CORRIENTE CONDUCTORES Y DUCTERÍA.

Primero se realiza los cálculos para determinar los lúmenes necesarios además del número de luminarias acorde el área de implementación, en este caso el parqueadero de la ESFOT.

Este cálculo se lo realiza en base a la altura de instalación, separación entre luminarias, nivel de iluminación requerido por norma NEC 10, y dimensiones de la superficie a iluminar.

Tabla 2: Datos Generales.

Altura de colocación (medido por el operador)	3,20 (m)
Nivel de Iluminación requerida (Dato tabla 1)	50,00 (lux)
A = Ancho (ancho del área a iluminar medido por el operador)	6 (m)
L = Largo (largo del área a iluminar medido por el operador)	80 (m)
H = Altura sobre plano de trabajo (medido por el operador)	3,20(m)
S = Superficie del espacio (Largo x Ancho)	480 (m²)
Iluminación inicial de la luminaria (Dato de fábrica)	4500 (lm)

Fuente: (Propia)

Cálculo del número de luminarias requerido

A) DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ÁREA (I.C.)

El I.C es el área de trabajo, se debe dividir en zonas del mismo tamaño, y se debe realizar la medición en lugar donde haya mayor concentración o

circulación de trabajadores o en el centro geométrico de cada una de estas zonas.

Tabla 3: Cálculo del Índice de área

Tipo de Iluminación:	Directa
A: Ancho del área a iluminar (Dato Tabla 2)	6(m)
L: Largo del área a iluminar (Dato Tabla 2)	80(m)
H: Altura sobre el plano de trabajo (Dato Tabla 2)	3,20(m)
$I.C. = \frac{A * L}{H(A + L)}$	1,74

Fuente: (Propia)

B) SELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN (C.U.)

El C.U. determina los coeficientes de reflexión de techos, paredes y suelo, para este caso se tomara en cuenta el índice de reflexión de mortero claro (cemento claro). Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado, **para el presente caso particular se tomará valores solo del suelo ya que el área a iluminar es en exteriores y no presenta reflexión de techos ni paredes.**

La **tabla 4** muestra las características constructivas del mortero (cemento) claro el cual se encuentra presente en el piso del campus ESFOT.

Tabla 4: Niveles de iluminación.

Color	Factor de reflexión	Material	Factor de reflexión
Blanco	0,70-0,85	Mortero claro	0,35-0,55
Techo acústico blanco, según orificios	0,50-0,65	Mortero oscuro	0,20-0,30
Gris claro	0,40-0,50	Hormigón claro	0,30-0,50
Gris oscuro	0,10-0,20	Hormigón oscuro	0,15-0,25
Negro	0,03-0,07	Arenisca clara	0,30-0,40
Crema, amarillo claro	0,50-0,75	Arenisca oscura	0,15-0,25
Marrón claro	0,30-0,40	Ladrillo claro	0,30-0,40
Marrón oscuro	0,10-0,20	Ladrillo oscuro	0,15-0,25
Rosa	0,45-0,55	Mármol blanco	0,60-0,70
Rojo claro	0,30-0,50	Granito	0,15-0,25
Rojo oscuro	0,10-0,20	Madera clara	0,30-0,50
Verde claro	0,45-0,65	Madera oscura	0,10-0,25
Verde oscuro	0,10-0,20	Espejo de vidrio plateado	0,80-0,90
Azul claro	0,40-0,55	Aluminio mate	0,55-0,60
Azul oscuro	0,05-0,15	Aluminio anodizado y abrigantado	0,80-0,85
		Acero pulido	0,55-0,65

Fuente: (Palmas, 2006)

Tabla 5: Cálculo del Coeficiente de utilización

PISO: (Valor de la tabla 2)	0,55
TECHO:	N/A
PARED:	N/A
Según datos el único valor aplicable es 0,55	
C. U.	0,55

Fuente: (Propia)

C) CÁLCULO DEL FLUJO TOTAL REQUERIDO.

Aquí se requiere los datos del fabricante de la luminaria, específicamente el factor de mantenimiento:

DATOS DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN:

Tabla 6: Datos de la luminaria

Fabricante	LEDVANCE/OSRAM
Descripción	FOODLIGHT LED 50W 4500L BK
Número de catálogo	4567403
Número de lámparas/luminaria	1
Largo (mm)	187
Ancho (mm)	216
Alto (mm)	62
Clasificación / IP protección	IP65
Voltaje nominal (V)	220
Potencia nominal (W)	50
Factor de mantenimiento	0.8%

Fuente: (LEDVANCE, 2017)



Figura 3: Luminaria implementada

Fuente: (LEDVANCE, 2017)

Tabla 7: Cálculo del Flujo total requerido

E = Intensidad de Iluminación media (Dato Tabla 1)	50,00 (lux)
S. = Superficie a iluminar (Dato Tabla 2)	480 (m2)
C.U = Coeficiente de utilización (Dato tabla 5)	0,55
F.M. = Factor de mantenimiento (Dato del fabricante)	0,8 %
F = FLUJO TOTAL REQUERIDO	$F = \frac{E * S}{C.U.* F.M.}$ 54545,45 (lm)

Fuente: (Propia)

Con el valor obtenido en el cálculo del flujo total requerido en la tabla 7 se determina el número de luminarias, se utiliza el dato de lúmenes de la luminaria de la tabla 6.

D) NÚMERO DE LUMINARIAS A IMPLEMENTARSE

Tabla 8: Cálculo del número de luminarias

# LUMINARIAS	$L = \frac{\text{Flujo Total Requerido}}{\text{Iluminacion Inicial de Luminaria}} = \frac{54545,45}{4500}$	12,12
--------------	--	--------------

# LUMINARIAS	VATIOS/Luminaria	VatiosTotales de Espacio
12	50	600

Fuente: Propia

Protección exterior de las luminarias

Acorde el cálculo las luminarias a ser instaladas son 12, las mismas cumplen con los requisitos de aplicación para exteriores cumpliendo con las especificaciones IP65 de protección al polvo y agua además de la IK07 contra golpes, a pesar de ello, el área de instalación de 10 luminarias cuenta con una visera propia de la construcción (Fig. 4) que también las protege, las 2 luminarias restantes fueron dotadas de viseras de acero inoxidable para que también cuenten con protección adicional. (Fig. 5)

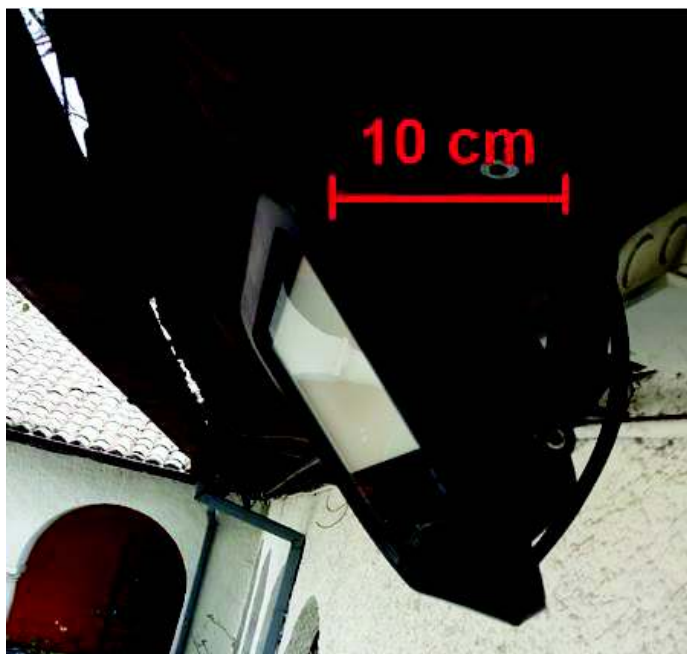


Figura 4: Protección exterior propia de la construcción de las luminarias

Fuente: Propia.



Figura 5: Protección exterior adicional de las luminarias

Fuente: Propia.

Distribución fotométrica de la luminaria.

La forma de la distribución de luz de una luminaria depende del tipo de fuente de luz y del componente óptico que incorpore: paneles, reflectores, lentes, diafragmas, pantallas, etc. En la figura 6 se da una recomendación del tipo de aplicación para cada tipo de distribución, para este caso aplica una Iluminación Extensiva al ser para uso general.

Tipo de distribución	Aplicación
Difusa	 Iluminación general y decorativa
Extensiva	 Iluminación general
Intensiva	 Iluminación general para grandes alturas
Asimétrica	 Iluminación perimetral y pizarras
Intensiva orientable	 Iluminación de acento y decorativa

Figura 6: Tipo de distribución de luminarias.

Fuente: (IDAE, 2001)

Simulación en DIALUX

La distribución de luminarias se determina por medio del software DIALUX el cual nos permite simular los resultados y tener una visión real de cómo quedaría implementado el proyecto.

Una de las primeras acciones para el desarrollo del diseño, es tomar datos de la infraestructura de la ESFOT para luego ser ingresados en el software AUTOCAD con el fin de generar un plano de los exteriores a ser iluminados.

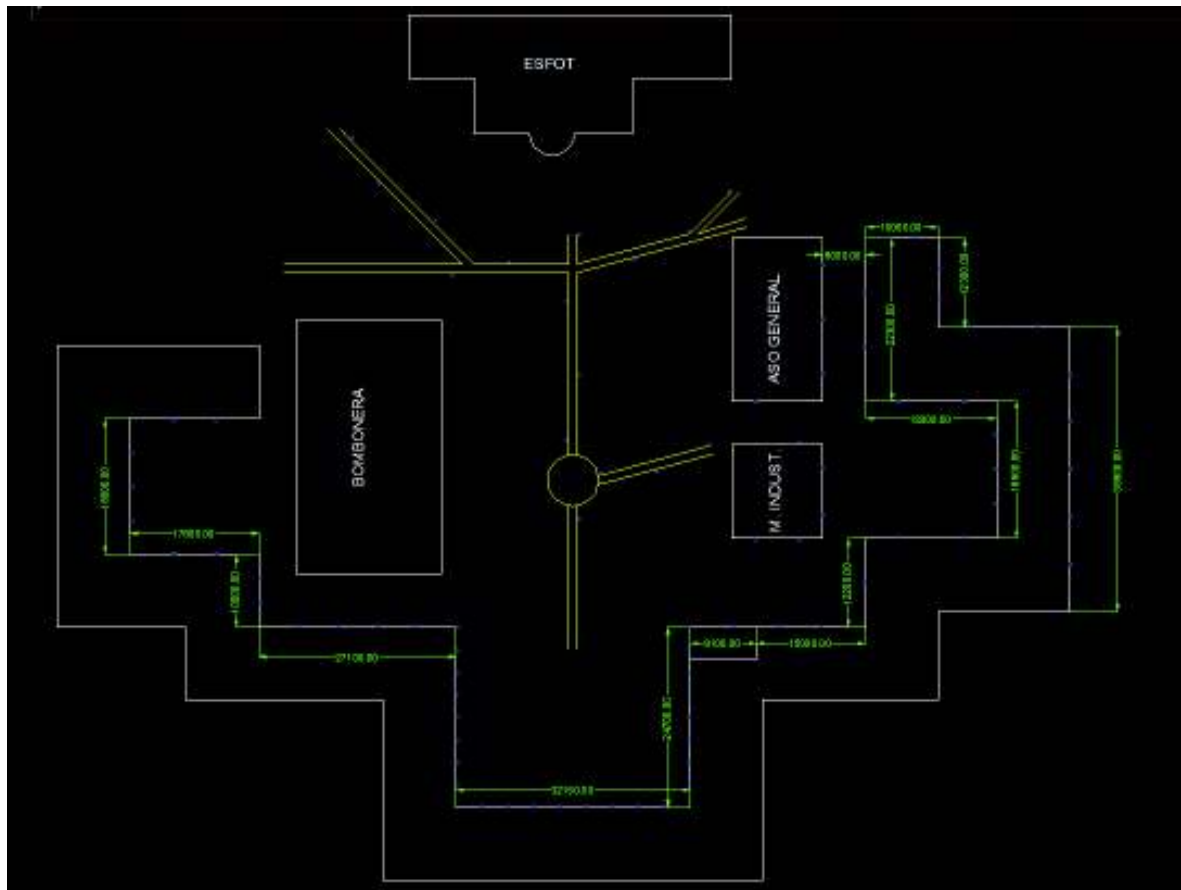


Figura 7: Plano campus ESFOT.

Fuente: Propia.

Se realiza los planos de la infraestructura en general y planos eléctricos los cuales contendrán información como áreas de iluminación, la posición de las lámparas, tableros eléctricos y cableados detallados en el anexo C. El plano general realizado en AUTOCAD se importa al programa DIALUX para posteriormente crear un dibujo en 3D de la infraestructura y visualizar en tamaño real las fachadas.

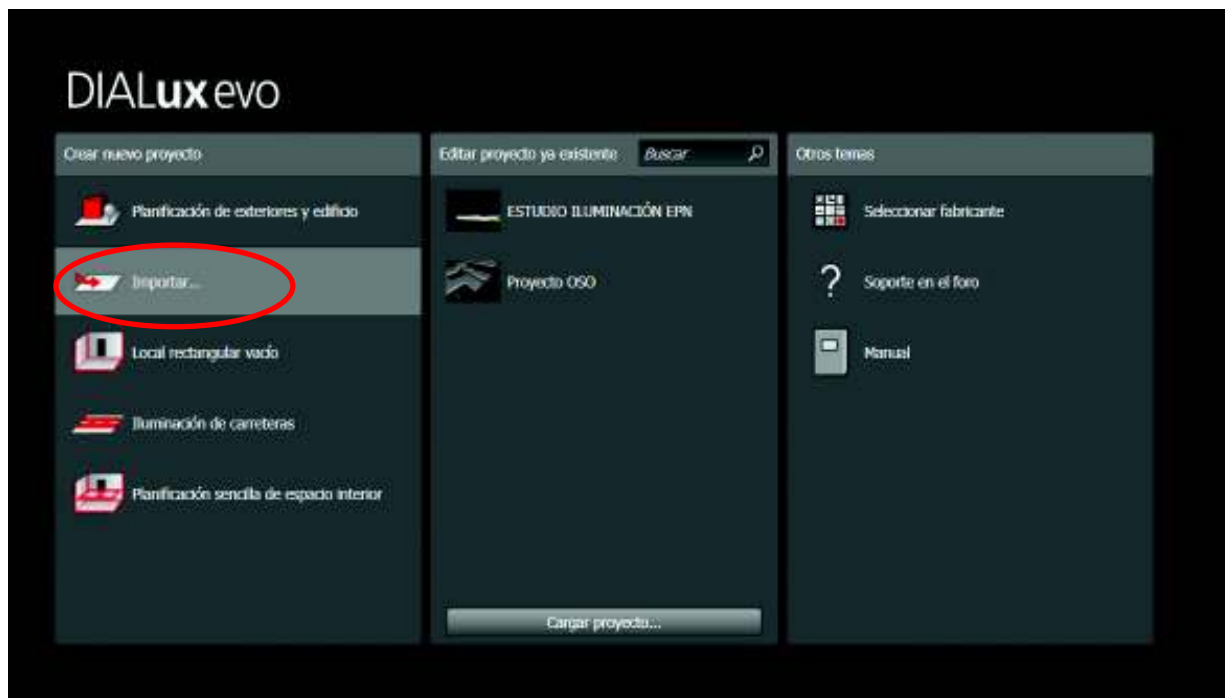


Figura 8: Ventana de inicio software Dialux.

Fuente: Propia.

Luego de importar el plano se escogen las áreas de trabajo donde se delimitan las dimensiones del espacio y aspectos como largo, ancho y altura son las principales características. También se puede definir otras características como el material de construcción de paredes, techos, árboles, rocas y suelo.

Se procede a distribuir las luminarias de forma que tenga la separación adecuada, el ángulo correcto y la altura precisa para obtener la iluminación deseada debido a que existen aplicaciones en las que su interés es tener una buena iluminación en el plano de trabajo y otras en las calzadas o parques, el caso actual es calzadas o parques.

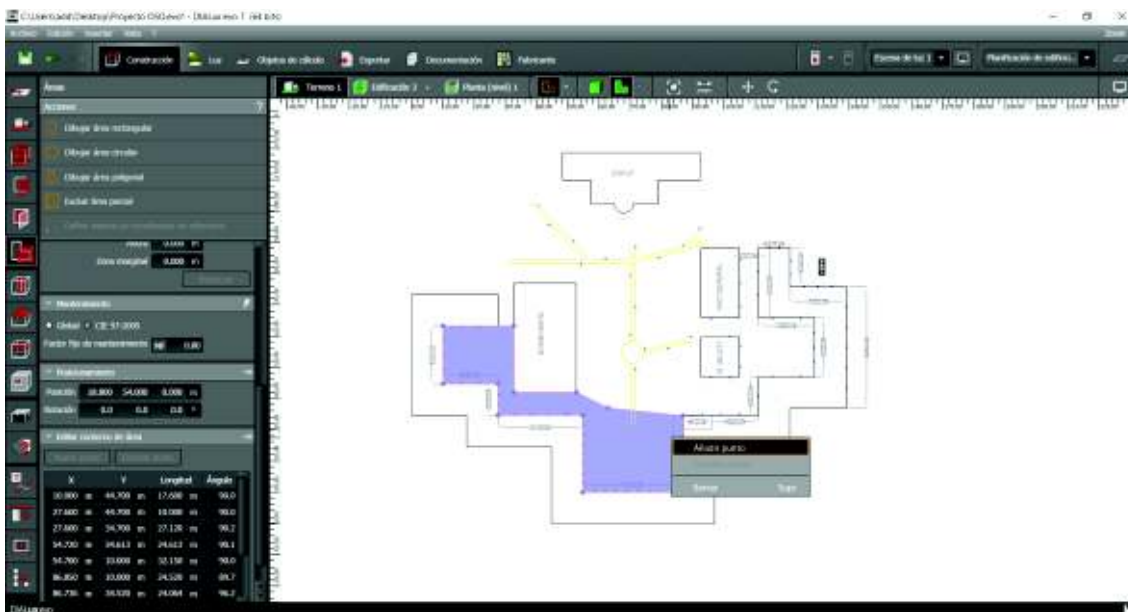


Figura 9: Ventana de configuración de espacio y distribución de luminarias.

Fuente: Propia.

Se realiza el diseño de las edificaciones dando al programa datos reales (largo, ancho y altura), para tener una vista en 3D de la infraestructura y así poder definir la altura y el ángulo adecuado en la que se colocarán las luminarias, además se puede insertar un sinnúmero de objetos como columnas, puertas, ventanas, dando un enfoque más realista que permite obtener un cálculo más exacto.

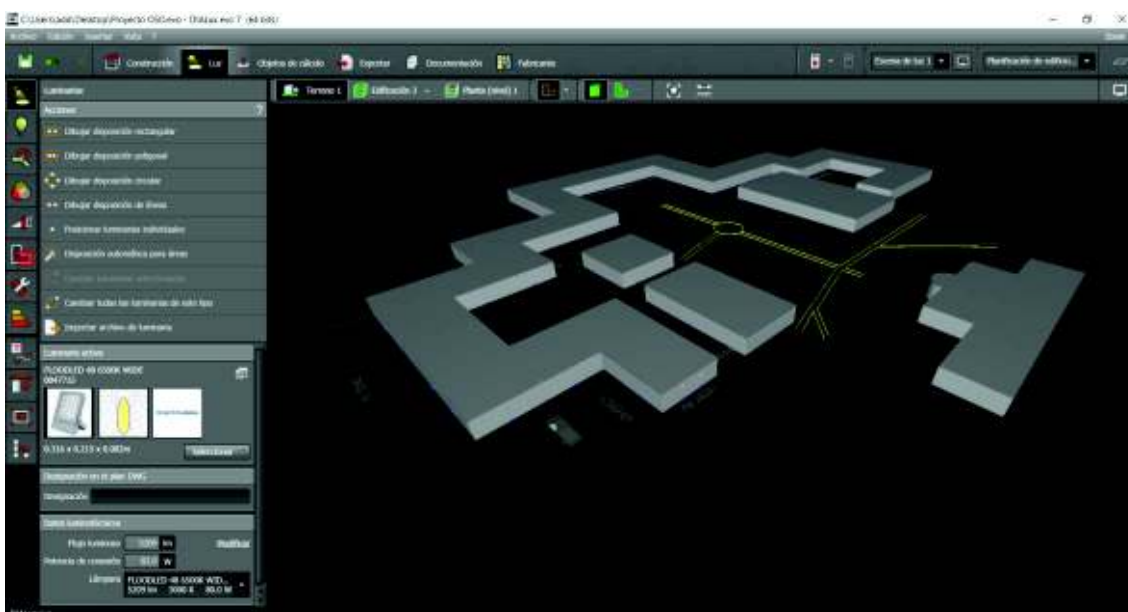


Figura 10: Vista en 3D edificaciones ESFOT

Fuente: Propia.

Ahora se selecciona las luminarias a ser usadas para lo cual se requiere de las especificaciones técnicas, en este caso se utilizará lámparas led del fabricante LEDVANCE Modelo Floodlight LED (50W 4500 Lúmenes y 5000K Luz Blanca). Existen varias opciones para colocar las luminarias tales como:

- Dibujar disposición rectangular.
- Dibujar disposición poligonal.
- Dibujar disposición de líneas.
- Posicionar luminarias individuales.

Para esta aplicación se posiciona las luminarias de manera individual en el área del parqueadero, en total 12 lámparas acorde el cálculo obtenido en 3.2.

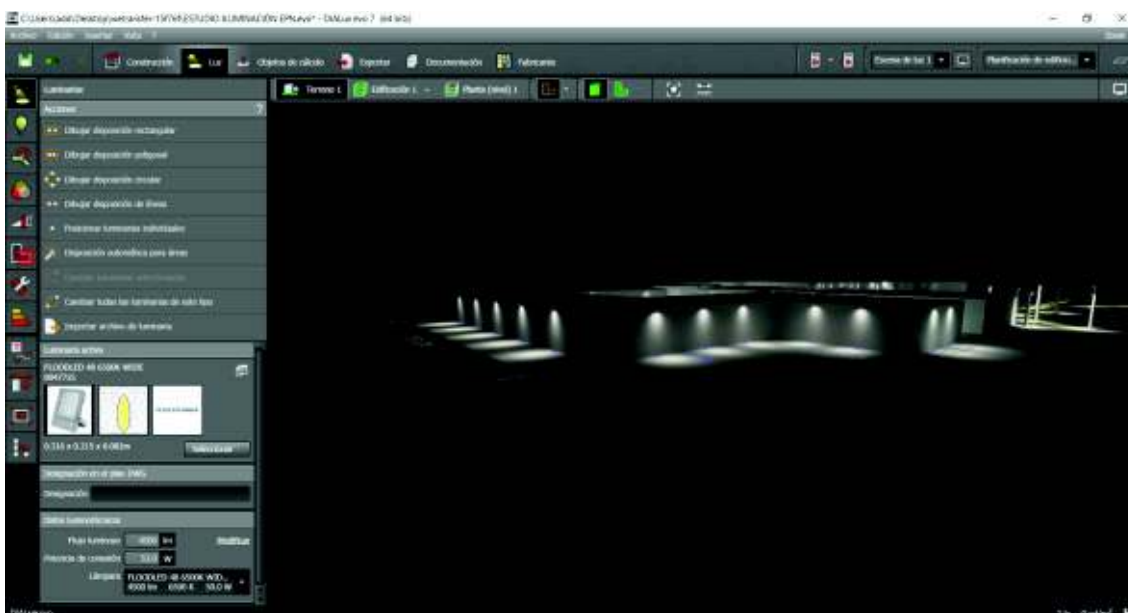


Figura 11: Vista de fachada con luminarias.

Fuente: Propia.

Finalmente se realiza el cálculo de iluminación y se obtienen los resultados en forma gráfica que se pueden visualizar directamente en el programa. También puede ser visto en tablas que permiten cuantificar los datos de una manera más fácil.

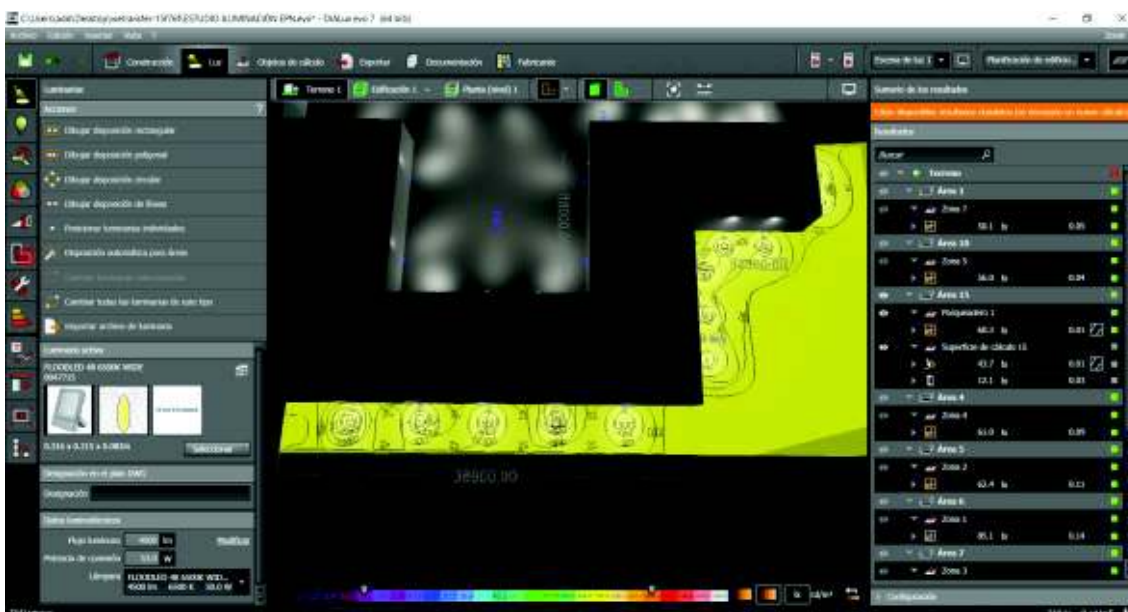


Figura 12: Vista del cálculo generado por DIALUX.

Fuente: Propia.

Acorde el cálculo realizado en el punto 3.2 se observa que la cantidad de luminarias colocadas son suficientes siendo en total 12, acorde el software nos da una distribución mínima horizontal de 3m y máxima de 6m y a una altura mínima de 3m y máxima de 3.20m.

Área 15		
Parqueadero 1		
60.3 lx	0.01	
Plano útil (Intensidad lumínica perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	60.3 lx	≥ 50.0 lx
Min	0.44 lx	-
Max	467 lx	-
Mín./medio	0.01	-
Mín./máx.	0.00	-
Parámetros		
Altura	0.00 m	

Figura 13: Resultados obtenidos.

Fuente: Propia.

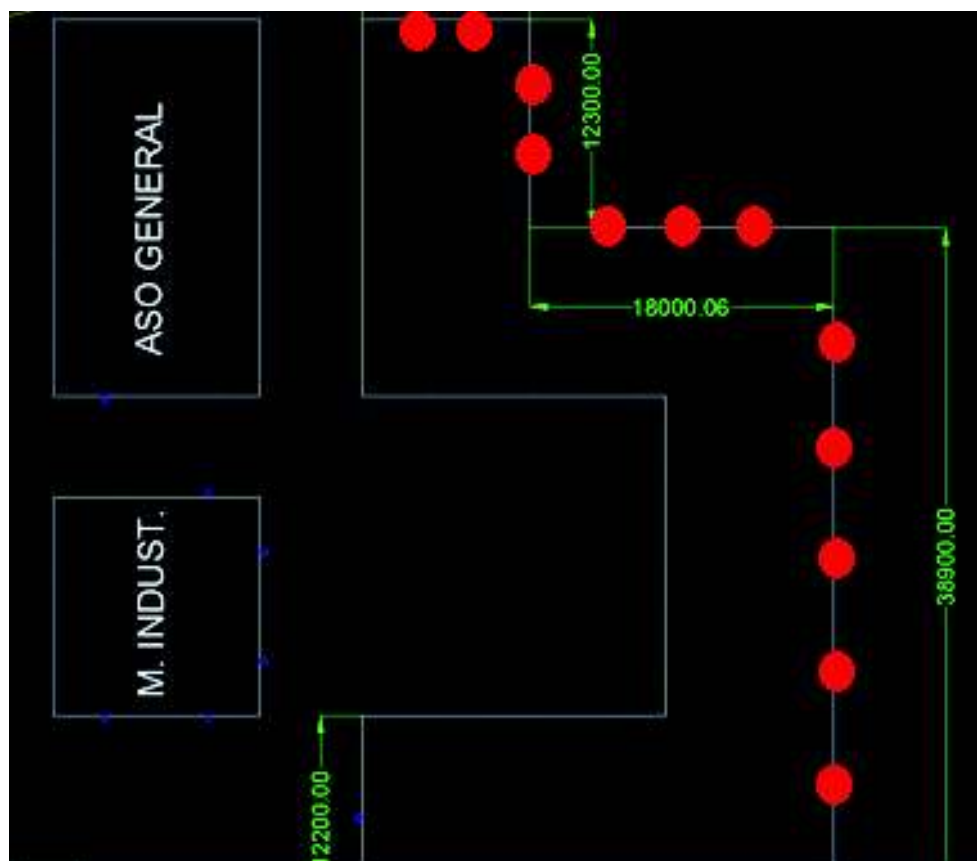


Figura 14: Distribución de luminarias AUTOCAD

Fuente: Propia.

Cálculo de la corriente

Para realizar los cálculos del sistema de iluminación se utiliza fórmulas de cálculo de potencia, ley de ohm y consumo de energía.

$$\text{Potencia activa (W)} = \text{Tensión (V)} * \text{Intensidad (A)} * \text{Factor de Potencia}$$

Ecuación 1: Cálculo de potencias.

Datos:

- Potencia de lámpara: 50 W
- Tensión de alimentación: 220V
- Factor de potencia: 0,9

$$\text{Intensidad (A)} = \frac{\text{Potencia activa (W)}}{\text{Tensión (V)} * \text{Factor de Potencia}}$$

Corriente por luminaria.

$$I_L = \frac{50 \text{ W}}{220 \text{ V} * 0,9} = 0,25 \text{ (A)}$$

I_L : Intensidad de línea.

Corriente total del sistema.

Datos:

- Potencia de lámpara: 50 W
- Tensión de alimentación: 220V
- Factor de potencia: 0,9
- Número de luminarias: 12

$$\sum \text{Potencia activa} = \text{Potencia activa (W)} * \text{Número de luminarias}$$

$$\sum P = 50 \text{ W} * 12 = 600 \text{ (w)}$$

El sistema consumirá una potencia total de 600 (W).

$$I_T = \frac{600 \text{ W}}{220 \text{ V} * 0,9} = 3,03 \text{ (A)}$$

I_T : Intensidad total.

Consumo energético

$$\text{Consumo energético (KWH)} = \text{Potencia activa total (KW)} * \text{hora (H)}$$

El uso del sistema de luminarias externo se lo realiza de lunes a domingo en dos horarios establecidos por las autoridades de la ESFOT:

- Horario matutino: 04:00 am hasta 06:00am
- Horario nocturno: 18:30 pm hasta 22:00pm

Dando así un consumo total diario en horas de 5 horas con 30 minutos lo mismo que 5,5 horas, ahora tenemos los datos necesarios para realizar el cálculo de consumo energético.

$$\text{Consumo energético (Kwh)}_{\text{diario}} = 0,6 \text{ (Kw)} * 5,5 \text{ (h)} = 3,3 \text{ (Kwh)}$$

$$\text{Consumo energético (Kwh)}_{\text{mensual}} = 3,3 \text{ (Kw)} * 7(\text{días}) * 4(\text{semanas}) = 92,4 \text{ (Kwh)}$$

El consumo total del sistema de iluminación en los exteriores de la ESFOT es de 92,4 KWH por mes. Se tomó como datos de uso 7 días a la semana y 4 semanas por mes.

Selección del conductor y tubería

Basamos la selección del conductor acorde la tabla 9 y 10, cable conductor número 12 AWG tipo TW que es capaz de soportar una temperatura de 60 (°C) y una corriente de 20 (A) con el propósito de que en futuro se pueda ampliar el sistema o implementar mejoras, además su recubrimiento está hecho de un material termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendios.

Tabla 9: Tabla de corrientes admisibles para conductores.

CORRIENTE ADMISIBLE, EN AMPERES, PARA CONDUCTORES AISLADOS							
No más de tres conductores por canalización, cable o empotramiento (basado en una temperatura del local de 30°C., 86°F)							
Sección del conductor en mm ²	Nomenclatura americana AWG	Goma Tipo R Tipo RW Tipo RUW (de 2.5 a 35mm ²) Tipo RH.RW (1) Termo-plástico Tipo T Tipo TW	Goma Tipo RH Tipo RUH (de 2.5 a 35mm ²) Tipo RH.RW (2) Tipo RHW Termo-plástico Tipo THW	Papel Termo-plástico Amianto Tipo TA Tipo SA Batista barnizada Tipo V Tipo AVB Cable MI Tipo RHH	Amianto Batista barnizada Tipo AVA Tipo AVL	Amianto impregnado Tipo AI (de 2,5 a 10 mm ²) Tipo AIA	Amianto Tipo A (de 2,5 a 10 mm ²) Tipo AA
CONDUCTORES DE COBRE							
2.5	14	15	15	25 (3)	30	30	30
4	12	20	20	30 (3)	35	40	40
6	10	30	30	40 (3)	45	50	55
10	8	40	45	50	60	65	70
16	6	55	65	70	80	85	95
25	4	70	85	90	105	115	120
	3	80	100	105	120	130	145
35	2	95	115	120	135	145	165
50	1	110	130	140	160	170	190
	0	125	150	155	190	200	225
70	00	145	175	185	215	230	250
95	000	165	200	210	245	265	285
120	0000	195	230	235	275	310	340
CONDUCTORES DE ALUMINIO							
4	12	15	15	25 (3)	25	30	30
6	10	25	25	30 (3)	35	40	45
10	8	30	40	40 (3)	45	50	55
16	6	40	50	55	60	65	75
25	4	55	65	70	80	90	95
	3	65	75	80	95	100	115
35	2 (4)	75	90	95	105	115	130
50	1 (4)	85	100	110	125	135	150
	0(4)	100	120	125	150	160	180
70	00(4)	115	135	145	170	180	200
95	000(4)	130	155	165	195	210	225
120	0000(4)	155	180	185	215	245	270
°C	°F	Factores de corrección para locales con temperaturas superior a 30°C., F.					
40	104	0.82	0.88	0.90	0.95		
45	113	0.71	0.82	0.85	0.92		
50	122	0.58	0.75	0.80	0.89		
55	131	0.41	0.67	0.74	0.86		
60	140		0.58	0.67	0.83	0.91	
70	158		0.35	0.52	0.76	0.87	
75	167			0.43	0.72	0.86	
80	176			0.30	0.69	0.84	
90	194				0.61	0.80	
100	212				0.51	0.77	

Fuente: (López & Olivo, 2006)

Tabla 10: Tabla de clasificación de conductores.

CLASIFICACIÓN Y UTILIZACIÓN DE LOS DISTINTOS CONDUCTORES®			
Características	Designación	Temperatura máxima de funcionamiento	Aplicación
Cubierta de goma Cable armado Hilo único o cable de 7 venas	RF-1 (1) RF-2 (1)	60C 140F 60C 140F	Cables armados. Uso limitado hasta 300 voltios. Cables armados.
Cubierta de goma Cable armado Trenzado flexible	FF-1 (1) FF-2 (1)	60C 140F 60C 140F	Cables armados. Uso limitado hasta 300 voltios. Cables armados.
Resistencia al calor Cubierta de goma Cable armado Hilo único o cable de 7 venas	RFH-1 (1) RFH-2 (1)	75C 167F 75C 167F	Cables armados. Uso limitado hasta 300 voltios. Cables armados.
Resistencia al calor Cubierta de goma Cable armado Trenzado flexible	FFH-1 (1) FFH-2 (1)	75C 167F 75C 167F	Cables armados. Uso limitado hasta 300 voltios. Cables armados.
Cubierta termoplástico Cable armado Hilo o trenzado	TF (1)	60C 140F	Cables armados.
Cubierta termoplástico Cable armado Trenzado flexible	TFF (1)	60C 140F	Cables armados.
Cubierta de algodón Resistencia al calor Cable armado	CF (1)	90C 194F	Cables armados. Uso limitado hasta 300 voltios.
Cubierta de amianto Resistencia al calor Cable armado	AF (1)	150C 302F	Cables armados. Uso limitado hasta 300 voltios e interiores secos.
Aislamiento de goma siliconada Cable armado Hilo único o cable de 7 venas	SF-1 (1) SF-2 (1)	200C 392F 200C 392F	Cables armados. Uso limitado hasta 300 voltios. Cables armados.
Aislamiento de goma siliconada Cable armado Trenzado flexible	SFF-1 (1) SFF-2 (1)	150C 302F 150C 302F	Cables armados. Uso limitado hasta 300 voltios. Cables armados.
Vaina de goma	R	60C 140F	Lugares secos.
Resistente al calor Goma	RH	75C 167F	Lugares secos.
Resistente al calor Goma	RHH	90C 194F	Lugares secos.
Resistente a la humedad Goma	RW (2)	60C 140F	Lugares secos y húmedos.
Resistente al calor y a la humedad Goma	RH-RW (2)	60C 140F 75C 167F	Lugares secos y húmedos. Lugares secos.

Resistente al calor y a la humedad Goma	RHW (1)	75C 167F	Lugares secos y húmedos.
Goma "Látex"	RU	60C 140F	Lugares secos.
Resistente al calor Goma "Látex"	RUH	75C 167F	Lugares secos.
Resistente a la humedad Goma "Látex"	RUW	60C 140F	Lugares secos y húmedos.
Termoplástico	T	60C 140F	Lugares secos.
 Resistente a la humedad Termoplástico	TW	60C 140F	Lugares secos y húmedos.
Resistente al calor y la humedad Termoplástico	THW	75C 167F	Lugares secos y húmedos.
Aislamiento mineral (Vaina Metálica)	MI	85C 185F	Lugares secos y húmedos con terminales tipo O. Temperatura máxima de trabajo para aplicaciones especiales: 250C.
Termoplástico y amianto	TA	90C 194F	Solamente para cableado de tableros.
Amianto siliconado	SA	90C 194F	Lugares secos. Temperatura máxima de trabajo para aplicaciones especiales: 125C.
Termoplástico y trenzado ext. de fibra	TBS	90C 194F	Solamente para cableado de tableros.
Batista barnizada	V	85C 185F	Solamente para lugares secos con sección inferior a los 16mm ² para casos especiales
Amianto y batista barnizada	AVA	110C 230F	Solamente para lugares secos.
Amianto y batista barnizada	AVL	110C 230F	Lugares secos y húmedos
Amianto y batista barnizada	AVB	90C 194F	Solamente para lugares secos.
Amianto	A	90C 194F	Solamente para lugares secos. En canalización solo para conductores que van a o están dentro de aparatos. Limite de 300 voltios
Amianto	AA	200C 392F	Solamente para lugares secos. Conductores aéreos. En canalización solo para conductores que van a o están dentro de aparatos. Limite de 300 voltios
Amianto	AI	125C 257F	Solamente para lugares secos. En canalización solo para conductores que van a o están dentro de aparatos. Limite de 300 voltios

Fuente:.. (López & Olivo, 2006)

Descripción de la configuración del sistema de iluminación

La instalación se realizó a 220v con protección a tierra, se selecciona la tubería de 1/2 pulgada ya que al utilizar tres conductores es la opción más eficiente y económica. Además como se muestra en la tabla 12 no se excede el número de conductores permitidos por tubería. La tubería no recibirá ninguna capa de pintura tal y como exige la norma NEC 10 inciso 12.3.1 INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

La configuración de instalación es en paralelo con cajetín individual para cada luminaria para revisiones en caso de averías, todo conectado a un centro de mando independiente que alberga los dispositivos de control y protección tales como breaker, fusible, relé y el timer programable descritos en el punto 3.5.4 y el anexo A.

Tabla 11: Tabla de tubería eléctrica liviana.

Diámetro Exterior		Diámetro Interior	Tolerancia en el diámetro exterior	Espesor	Peso
D		d		e	P
pulg.	mm	mm	mm	mm	kg./tira
1/2	17,93	15,80	± 0,13	1,07	1,37
3/4	23,42	20,93		1,24	2,09
1	29,54	26,64		1,45	3,07
1 1/4	38,35	35,05		1,65	4,56
1 1/2	44,20	40,89		1,65	5,29
2	55,80	52,50	1,65	6,73	
2 1/2	73,03	69,37	± 0,25	1,83	9,81
3	88,90	85,24	± 0,38	1,83	12,00
3 1/2	101,60	97,38	± 0,51	2,11	15,83
4	114,30	110,08		2,11	17,82

Fuente: (IPAC. Duferco Group, 2017)

Tabla 12: Número máximo de conductores por tubería.

NÚMERO MÁX. DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS QUE DEBEN USARSE EN LA TUBERÍA CONDUIT

CAL./ALAMBRE MCM AWG	pulg 1/2	pulg 3/4	pulg 1	pulg 1 1/4	pulg 1 1/2	pulg 2	pulg 2 1/2	pulg 3	pulg 4
16	6	10	17	30	41	68	98	150	-
14	4	6	10	18	25	41	58	90	155
12	3	5	8	15	21	34	50	76	132
10	1	4	7	13	17	29	41	64	110
8	1	3	4	7	10	17	25	38	67
6	1	1	3	4	6	10	15	23	41
4	1	1	1	3	5	8	12	18	31
3	-	1	1	3	4	7	10	16	28
2	-	1	1	3	3	6	9	14	24

Fuente: (Jimenez, 2016)

3.4 TIPOS DE CONTROL DE LA ILUMINACIÓN.

Tipos de sistemas de control.

Se distinguen 4 tipos fundamentales:

- Control de la iluminación mediante interruptores manuales y temporizados
- Control de la iluminación artificial mediante controladores de luz natural (por ejemplo ventanas, cristaleras o claraboyas.)
- Control de la iluminación artificial mediante detectores de presencia.
- Control por un sistema centralizado de gestión.

Estos sistemas apagan y encienden según detectores de movimiento y presencia, células de nivel por la luz natural o calendarios y horarios preestablecidos. La utilización de estas técnicas es muy aconsejable y supone ahorros en energía muy importantes de hasta el 65%, dependiendo del tipo de instalación. Un control de alumbrado bien concebido, puede ahorrar energía en dos sentidos:

- Haciendo buen uso de la luz natural, para reducir los niveles de la luz artificial cuando sea posible
- Apagando el alumbrado artificial cuando el espacio a iluminar no esté ocupado

Es aconsejable que cada circuito de una instalación disponga de un interruptor de encendido o apagado, con control superior al automático, para que pueda ser reactivado a voluntad del usuario si el sistema automático la ha dejado fuera de servicio. (iluminación, 2017)

Control de la iluminación artificial mediante interruptores manuales y temporizados.

Un simple interruptor manual es una poderosa herramienta para ahorrar energía. Las personas pueden apagar el alumbrado durante su ausencia, horas de comidas, etc. Esto es raramente realizado en la práctica.

Cuando el primer ocupante de un área ingresa, la posibilidad de que encienda el alumbrado depende, principalmente, del nivel de luz natural existente. Sin embargo, el apagado del alumbrado no se produce hasta que el último ocupante haya salido.

Los interruptores deben estar perfectamente etiquetados, indicando sobre qué instalación o circuito actúa cada uno, y separados entre sí, para que el usuario no sienta la tentación de activar varios de ellos con un solo movimiento de la mano.

Las luminarias deben estar conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a lugares con luz natural.

Como regla a seguir en estos casos, el número de interruptores manuales existentes para el control del alumbrado, no debe ser menor a la raíz cuadrada del número de luminarias instaladas. Por ejemplo, en un lugar con doce (12) luminarias, el número de interruptores manuales será, como mínimo, de cuatro (4).

El control de iluminación mediante interruptores temporizados es un sistema más radical que los manuales. Las lámparas son apagadas desde un panel central a la misma hora cada día, coincidiendo con los tiempos libres. Los usuarios son libres de reencender aquellas lámparas que consideren necesarias.

En cada caso, un interruptor de rango superior al temporizado, debe permitir reencender las lámparas que a criterio del usuario se consideren necesarias.

Control de iluminación artificial mediante controladores de luz natural.

La luz natural puede aportar incrementos en la eficiencia del sistema de iluminación, en particular cuando se combinan con sistemas automáticos de regulación de luz artificial. Este aporte de luz natural debe ser propiciado en primera fase por la incorporación en la propia estructura del edificio, de elementos arquitectónicos como ventanas, lucernarios, claraboyas y paramentos verticales acristalados y, en segunda fase, con la realización de un proyecto de regulación de los sistemas de iluminación artificial acorde a la contribución de la luz natural.

Cuando existe aportación de luz natural en el interior, es importante eliminar las zonas oscuras con el apoyo de luz artificial y que ésta tenga el mismo color que la luz natural. Cuando el nivel

de luz natural sea excesivo se debe reducir con toldos, apantallamientos, cristales opales, o persianas.

Control de iluminación artificial mediante detectores de presencia.

Los detectores de presencia responden a la ausencia de personas en el aula o local con el apagado del alumbrado artificial.

Existen cuatro tipos de detectores de presencia:

- Infrarrojos
- Acústicos por ultrasonidos (por medio del ruido)
- Acústicos por microondas (por medio de antenas)
- Híbridos (por medio de ultrasonido y de antenas)

Estos sistemas pueden originar el apagado de la instalación que controlan, si a pesar de la presencia de alguna persona en el interior, esta permanece durante un periodo de tiempo en actitud estática. (IDAE, 2001)

Control por un sistema centralizado de gestión.

En los lugares destinados a usos múltiples es cada vez más interesante disponer de un sistema que permita el manejo y el control energético de las instalaciones de iluminación.

El control centralizado supone una serie de ventajas, entre las que citaremos:

- Posibilidad de encendido/apagado de zonas mediante órdenes centrales, bien sea manuales o automáticas (control horario).
- Modificación de circuitos de encendido a nivel central sin obras eléctricas.
- Monitorización de estado de los circuitos y consumos de los mismos.

Si el sistema centralizado dispone simultáneamente de control local, un buen uso de la centralización permitirá un considerable ahorro de energía, aplicando un buen control horario, de acuerdo con las necesidades del usuario.

Cabe mencionar que este tipo de sistema de control resulta muy recomendable en universidades o complejos de centros de formación.

Los espacios donde se recomienda la utilización de alguno de los anteriores sistemas de control son aulas, zonas comunes y dependencias con aporte de luz natural y ocupación variable.

Como no todas las zonas requieren el mismo tratamiento, es importante controlar las luminarias de cada zona mediante circuitos independientes. (LEÓN, 2015)

El alumbrado del parqueadero de la ESFOT pertenece a un proyecto global de implementación, el cual está dividido en 6 zonas eléctricamente independientes, esto permite que ante una eventual falla todo el sistema no sea afectado, para efectuar labores de mantenimiento y para encender por más o menos tiempo las zonas que posean mayor o menor tráfico peatonal o vehicular.

Temporizador

Sistema de control de tiempo que se utiliza para abrir o cerrar un circuito en uno o más momentos determinados y que conectado a un dispositivo lo pone en acción. Funciona por medio de la yuxtaposición de dos circuitos eléctricos. En algunos casos incluye pulsadores montados en paralelo que cierran el circuito de iluminación. El tiempo en el que este circuito permanece cerrado depende de la programación realizada por el operador. A la hora de instalarlo, el único aspecto a cuidar para un buen funcionamiento son las conexiones.

Los temporizadores pueden ser programados o ser componentes físicos, pero en todos los casos, los más utilizados son de retardo a la conexión (On Delay) de la señal que los activa o bien de retardo a la desconexión (Off Delay) de la señal que los activa. El temporizador con retardo a la conexión mide el tiempo que es verdadera la señal que lo activa, luego el tiempo a medir comienza desde la "conexión" de dicha señal. El de retardo a la desconexión mide el tiempo que es falsa la señal que lo activa, luego el tiempo a medir comienza desde la "desconexión" de dicha señal.

Para el control de las luminarias se usó un temporizador con memoria de programación, auto sostenido ya que en caso de no existir alimentación eléctrica este puede usar su batería interna que puede durar hasta 48 horas sin que su programación se vea afectada, es de tipo ONDELAY.

3.5 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

3.5.1 Selección de materiales.

Selección de la tubería.

Se usó tubería conduit galvanizada ya que es fabricada en acero de alta calidad de la cual se obtiene una maleabilidad que facilita el doblado y roscado del producto.

El proceso de galvanizado de la tubería aplicada es por el método de inmersión en caliente, lo que garantiza un galvanizado uniforme tanto interior como exterior (recubrimiento mínimo de 150 gr/m²) dándole una resistencia a la corrosión muy superior a los demás métodos. Los

procesos de fabricación están vigilados por estrictos controles para brindar al usuario una máxima seguridad en la protección de cableados eléctricos.

Aplicaciones

- Instalaciones eléctricas en paredes de edificios.
- Canalización y como conductor de puesta a tierra.
- Se usa con cajas de empalmes o conexiones, cajas para instalación de salidas, tomacorrientes; uniones, curvas y soportes (IPAC. Duferco Group, 2017)

Beneficios

- Por su espesor de pared este material no debe ser roscado en su instalación.
- Mediante la utilización de las herramientas adecuadas puede ser doblado manualmente, lo que permite generar algunas figuras suaves, como curvas, con lo que se logra un mejor ajuste del tubo en una situación específica de la obra. (IPAC. Duferco Group, 2017)

Selección de conductores.

Se debe tener en cuenta la corriente eléctrica que pueden transportar además de futuras ampliaciones siendo así un sistema flexible, **en este caso cable 12AWG tipo TW.**

Los conductores están diseñados de tal manera que pueden soportar cierta carga de corriente eléctrica sin sufrir daños en el aislamiento o sin calentarse demasiado, estos factores varían de acuerdo al área de sección del hilo, del material aislante y del número de hilos del que este compuesto el conductor.

Selección de las luminarias.

Se toma como referencia el estudio realizado en el diseño del sistema dando como resultado que en los exteriores del parqueadero de la ESFOT se necesita 12 luminarias acorde el cálculo realizado **en el punto 3.3 del diseño.**

Las luminarias seleccionadas fueron de la marca LEDVANCE OSRAM, modelo FLOODLIGHT LED 50 W 4500 L BK, que además proporcionan la protección IP que es una recomendación de la norma NEC 10 para el uso de luminarias en áreas expuestas.

3.5.2 Protecciones IP e IK.

Se define como envolvente al elemento que proporciona la protección del material contra las influencias externas y la protección contra los contactos directos.

Esta definición, que se ha extraído del Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI 826-03-12), necesita alguna aclaración antes de aplicarla para la explicación de los grados de protección.

Las envolventes proporcionan también protección contra el acceso a partes peligrosas y la protección del material contra los efectos nocivos de los impactos mecánicos. Se considerará parte de dicho envoltorio, todo accesorio o tapa que forme parte de ella y que impida o limite la penetración de objetos en el envoltorio, salvo que sea posible quitar las tapas sin la ayuda de una herramienta o llave.

El grado de protección es el nivel proporcionado por un envoltorio contra el acceso a partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, de agua o contra los impactos mecánicos exteriores, y que además se verifica mediante métodos de ensayo normalizados.

Existen dos tipos de grados de protección y cada uno de ellos, tiene un sistema de codificación diferente, el Código IP y el Código IK. Los tres primeros epígrafes anteriores estarían contemplados en el código IP y el último en el código IK.

Estos códigos están descritos en normas que además indican la forma de realizar los ensayos para su verificación y son:

- Código IP: UNE 20324, que es equivalente a la norma europea EN 60529.
- Código IK UNE-EN 50102. (Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina, 2003)

Código IP

Es un sistema de codificación para indicar los grados de protección proporcionados por el envoltorio contra la penetración de cuerpos sólidos extraños y fluidos como el agua y para suministrar una información adicional unida a la referida protección. Este código IP está formado por dos números de una cifra cada uno, situados inmediatamente después de las letras "IP".

El número que va en primer lugar, normalmente denominado como "primera cifra característica", indica la protección (típicamente partes bajo tensión o piezas en movimiento que no sean ejes rotativos y análogos), limitando o impidiendo la penetración de una parte del cuerpo humano o de un objeto cogido por una persona y, garantizando simultáneamente, la protección del equipo contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.

La primera cifra esta graduada desde 0 (cero) hasta 6 (seis) y a medida que va aumentando el valor de dicha cifra, éste indica que el cuerpo sólido que la envoltorio deja penetrar es menor. (Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina, 2003)

Tabla 13: Tabla de protección indicada por la primera cifra.

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm.
2	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm.
3	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm.
4	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 1 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm.
5	Protegida contra la penetración de polvo	No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo.
6	Totalmente estanco al polvo	Ninguna entrada de polvo.

Fuente:. (Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina, 2003)

El número que va en segundo lugar, normalmente denominado como "segunda cifra característica", indica la protección del equipo en el interior de la envolvente contra los efectos perjudiciales debidos a la penetración de agua.

La segunda cifra característica está graduada de forma similar a la primera, desde 0 (cero) hasta 8 (ocho). A medida que va aumentando su valor, la cantidad de agua que intenta penetrar en el interior de la envolvente es mayor y también se proyecta en más direcciones (cifra 1 caída de gotas en vertical y cifra 4 proyección de agua en todas direcciones). (Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina, 2003).

Tabla 14: Tabla de protección indicada por la segunda cifra.

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Tipo de protección proporcionada por la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra la caída vertical de gotas de agua	La caída vertical de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales
2	Protegida contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15°	Las caídas verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente está inclinada hasta 15° con respecto a la posición normal
3	Protegida contra la lluvia fina (pulverizada)	El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60° con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales
4	Protegida contra las proyecciones de agua	El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales
5	Protegida contra los chorros de agua	El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas las direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales
6	Protegida contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa	Bajo los efectos de fuertes chorros o con mar gruesa, el agua no deberá penetrar en la envolvente en cantidades perjudiciales
7	Protegida contra los efectos de la inmersión	Cuando se sumerge la envolvente en agua en unas condiciones de presión y con una duración determinada, no deberá ser posible la penetración de agua en el interior de la envolvente en cantidades perjudiciales
8	Protegida contra la inmersión prolongada	El equipo es adecuado para la inmersión prolongada en agua bajo las condiciones especificadas por el fabricante NOTA – Esto significa normalmente que el equipo es rigurosamente estanco. No obstante para ciertos tipos de equipos, esto puede significar que el agua pueda penetrar pero solo de manera que no produzca efectos perjudiciales
Los procedimientos especializados de limpieza no están cubiertas por los grados de protección IP. Se recomienda que los fabricantes suministren, si es necesario, una adecuada información en lo referente a los procedimientos de limpieza. Esto esta de acuerdo con las recomendaciones contenidas en la CEI 60529 para los procedimientos de limpieza especiales.		

Fuente:. (Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina, 2003)

Adicionalmente, de forma opcional, y con objeto de proporcionar información suplementaria sobre el grado de protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas, puede complementarse el código IP con una letra colocada inmediatamente después de las dos cifras características. Estas letras adicionales, (A, B, C o D), a diferencia que la primera cifra característica que proporciona información de cómo la envolvente previene la penetración de cuerpos sólidos, proporcionan información sobre la accesibilidad de determinados objetos o partes del cuerpo a las partes peligrosas en el interior de la envolvente. (Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina, 2003).

Tabla 15: Descripción de la protección proporcionada por letras adicionales.

Letra	La envolvente impide la accesibilidad a partes peligrosas con:
A	Una gran superficie del cuerpo humano tal como la mano (pero no impide una penetración deliberada). <i>Prueba con: Esfera de 50 mm.</i>
B	Los dedos u objetos análogos que no excedan en una longitud de 80 mm. <i>Prueba con: Dedo de $\phi 12$ mm y L= 80 mm</i>
C	Herramientas, alambres, etc., con diámetro o espesor superior a 2,5 mm. <i>Prueba con: Varilla de $\phi 2,5$ mm y L= 100 mm</i>
D	Alambres o cintas con un espesor superior a 1 mm. <i>Prueba con: Varilla de $\phi 1$ mm y L= 100 mm</i>









Fuente: (Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina, 2003)

En ocasiones, algunos envolventes no tienen especificada una cifra característica, bien porque no es necesaria para una aplicación concreta, o bien porque no ha sido ensayada en ese aspecto. En este caso, la cifra característica correspondiente se sustituye por una "X", como, por ejemplo, IP2X, que indica que la envolvente proporciona una determinada protección contra la penetración de cuerpos sólidos, pero que no ha sido ensayada en lo referente a la protección contra la penetración del agua.

Puede darse el caso que una determinada envolvente proporcione dos grados de protección diferentes en función de la posición de montaje de la misma. Si este fuera el caso, siempre deberá indicarse este aspecto en las instrucciones que suministre el fabricante. (Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina, 2003)

El marcado del grado de protección IP en las envolventes suele ser adoptar la forma de las mismas cifras, por ejemplo "IP 54". No obstante, en algunas ocasiones las cifras características pueden sustituirse por símbolos como se indica en la tabla 16: (Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina, 2003)

Tabla 16: Símbolos utilizados normalmente para los grados de protección.

Primera cifra	IP5X		Malla sin recuadro
	IP6X		Malla con recuadro
Segunda cifra	IPX1		Una gota
	IPX3		Una gota dentro de un cuadrado
	IPX4		Una gota dentro de un triángulo
	IPX5		Dos gotas, cada una dentro de un triángulo
	IPX7		Dos gotas
	IPX8		Dos gotas seguidas de una indicación de la profundidad máxima de inmersión en metros
NOTA: Los grados de protección no incluidos en esta tabla no tienen símbolo para su representación.			

Fuente: (Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina, 2003)

Código IK.

Es un sistema de codificación para indicar el grado de protección proporcionado por la envolvente contra los impactos mecánicos nocivos, salvaguardando así los materiales o equipos en su interior.

El código IK se designa con un número graduado de cero (0) hasta diez (10); a medida que el número va aumentado indica que la energía del impacto mecánico sobre la envolvente es mayor. Este número siempre se muestra formado por dos cifras. Por ejemplo, el grado de protección IK 05, no quiere indicar más que es el número 5.

A pesar de que este es un sistema que puede usarse para la gran mayoría de los tipos de equipos eléctricos, no se puede suponer que todos los grados de protección posibles les sean aplicables a todos los equipos eléctricos.

Generalmente, el grado de protección se aplica a la envolvente en su totalidad. Si alguna parte de esta envolvente tiene un grado de protección diferente, esto debe indicarse por separado en las instrucciones o documentación del fabricante de la envolvente.

En la tabla 10 se indican los diferentes grados de protección IK con la energía del impacto asociada a cada uno. También se indica la equivalencia en peso y altura de caída de la pieza de golpeo sobre la envolvente, de forma que, por ejemplo, un grado de protección IK 07 es

aquel en el que la envolvente, en los puntos que se consideraran como más débiles, soportaría un impacto de una pieza de poliamida o de acero redondeada, de peso 500 (g) y que cayera desde una altura de 400 (mm). (Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina, 2003)

Tabla 17: Grados de protección IK.

Grado IK	IK 00	IK 01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Energía (J)	–	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20
Masa y altura de la pieza de golpeo	–	0,2 kg 70 mm	0,2 kg 100 mm	0,2 kg 175 mm	0,2 kg 250 mm	0,2 kg 350 mm	0,5 kg 200 mm	0,5 kg 400 mm	1,7 kg 295 mm	5 kg 200 mm	5 kg 400 mm

Fuente: (Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina, 2003)

Las luminarias Floodlight LED 50W/5000K cuenta una certificación de protección IP del fabricante cumpliendo con normas de la unión europea, la protección mostrada en los datos de fábrica es la IP 65 y IK07.

Tipo de protección	I
Tipo de protección	IP65
Normas	CE/CB/TÜV SÜD/EAC/RoHS
Clase protección IK (resistencia golpes)	IK07
Photobiological safety group	RG 0

Figura 15: Certificaciones y Normas.

Fuente: (LEDVANCE, 2017)

IP 65:

- Primer dígito 6: Ninguna entrada de polvo.
- Segundo dígito 5: El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas las direcciones, sobre la envolvente, no debería tener efectos perjudiciales.

IK07:

- IK07: Puede soportar impactos con una energía de 0,204Kg/m, además soporta en las partes más débiles un impacto de una pieza de 0,5Kg que cayera desde una altura de 400mm.

3.5.3 Factor de Potencia y Corriente de Línea.

El factor de potencia (f.p) o también conocido como $\cos \phi$ es la relación entre la potencia activa (P) medida en vatios (W) y la potencia aparente (S) medida en voltio amperios (VA), el factor de potencia indica la cantidad de energía eléctrica que se ha transformado en trabajo útil.

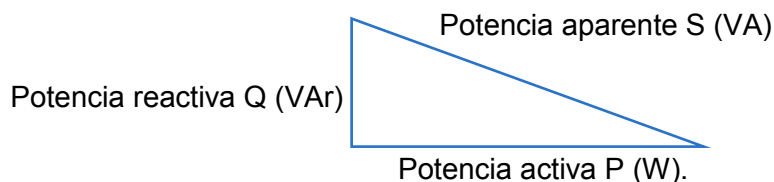


Figura 16: Triangulo de potencias

Fuente: Propia.

El factor de potencia se encuentra entre los valores de 0 y 1, de forma que un $\cos \phi = 1$ indica que toda la energía consumida por los equipos se ha convertido en trabajo útil. Cuando el factor de potencia es igual a 1 indica que son cargas puramente resistivas y si es igual 0 nos indica que son cargas que contienen elementos inductivos y capacitivos como bobinas o condensadores.

Con lo mencionado se concluye que a menor factor de potencia el uso de la energía eléctrica es deficiente generando mayor consumo. El factor de potencia normalizado tiene un valor mínimo de 0,90.

Normalmente las lámparas con tecnología LED presentan un factor de potencia superior al del valor mínimo 0,9 superando cualquier combinación de lámpara HP + reactancia + condensador, incluso utilizando balastros electrónicos. Esto no quiere decir que todas las lámparas LED tengan las mismas características, existen dispositivos led que no poseen un buen diseño y calidad, y además suministran un factor de potencia bajo, por lo que se recomienda mirar las hojas de datos de fabricante.

Revisar este aspecto es fundamental en el diseño de los sistemas de iluminación basados en la eficiencia energética, las luminarias LEDVANCE DE OSRAM cuentan con factor de potencia superior al 90% como se muestra en la figura 17, cumpliendo así con uno de los objetivos del proyecto.

Modo de funcionamiento	Electronic control gear (EVG)
Potencia nominal	50,00 W
Tensión nominal	220...240 V
Frecuencia de red	50/60 Hz
Factor de potencia λ	>0,90

Figura 17: Datos eléctricos de las luminarias.

Fuente: (LEDVANCE, 2017)

3.5.4 Selección de dispositivos de protección.

Brakers eléctricos

Denominados también como interruptores de sobrecorriente son dispositivos esenciales para la seguridad de cualquier construcción con cableado eléctrico. Si existe una falla, los brakers interrumpen el flujo eléctrico hasta que el problema sea solventado. Sin los interruptores de sobrecorriente el uso cotidiano de la energía eléctrica no sería práctico por los peligros que se correrían por problemas en las conexiones y fallas en las máquinas eléctricas. (Henriquez & Velasquez, 2013)

Tipos de Brakers eléctricos

Brakers Tipo CH

Brakers Tipo CH Brakers de 3/4" de ancho. Están diseñados para alimentar cargas como calentadores, aire acondicionado y refrigeración. Los brakers de 1 polo de 15 a 20 A también pueden ser usados como apagadores.

Brakers Falla de Arco AF Tipo CH. Brindan protección contra incendios causados por fallas de arco debido a cables eléctricos deteriorados o dañados o bien defectuosos empalmes o conexiones. (Henriquez & Velasquez, 2013)

Brakers Falla a Tierra GF Tipo CH. Para protección de la vida humana por choques eléctricos, cumpliendo con el artículo 210.8 del NEC 2005, que establece su uso en tomas de baños, garajes, exteriores, cocinas, lavanderías, bañera en general, piscinas, entre otros. (Henriquez & Velasquez, 2013)

Brakers Tipo BR

Brakers Tipo BR Brakers de 1" de ancho. Están diseñados para alimentar cargas como calentadores, aire acondicionado y refrigeración. Los brakers de 1 polo de 15 a 20 (A) también pueden ser usados como apagadores. (Henriquez & Velasquez, 2013)

Brakers Falla de Arco AF Tipo BR. Brindan protección contra incendios causados por fallas de arco debido a cables eléctricos deteriorados o dañados o bien defectuosos empalmes o conexiones. (Henriquez & Velasquez, 2013)

Brakers Falla a Tierra GF Tipo BR. Para protección de la vida humana por choques eléctricos, cumpliendo con el artículo 210.8 del NEC 2005, que establece su uso en tomas de baños, garajes, exteriores, cocinas, lavanderías, bañera en general, piscinas, entre otros. (Henriquez & Velasquez, 2013)

El sistema cuenta con protección térmica en el tablero principal, el tablero auxiliar cuenta con protección térmica y fusible, como se observó en el estudio de factor de potencia y corriente de línea el sistema de iluminación exterior para el parqueadero de la ESFOT consumirá aproximadamente 3 amperios (A) por lo cual se colocará un braker de 15 amperios (A) tipo BR ya que estos son utilizados para centros de cargas y están diseñados para evitar disparos desagradables en sobrecargas suaves mientras que reacciona casi instantáneamente a condiciones de cortocircuito severas.

Fusible

Es el elemento más simple de protección de un circuito. Es un alambre por el que pasa la corriente, si hay problemas y la temperatura se eleva demasiado, el fusible se rompe, interrumpiendo la corriente antes que cause peligro. El inconveniente es que sólo funcionan una vez, y cuando se han quemado deben ser remplazados. Por el contrario, un interruptor de sobrecorriente o braker puede usarse una y otra vez. (Henriquez & Velasquez, 2013)



Figura 18: Ejemplo de fusibles

Fuente: (Voltium, 2017)

Relé

No es un dispositivo de protección ya que no se acciona ante sobrecorrientes, pero en esta aplicación cumple la función de aislar el circuito de fuerza (encendido de lámparas) y el de control (timer programable).

Es un dispositivo electromagnético accionado por una corriente eléctrica menor el cuál abre o cierra un circuito en el cual se disipa una potencia mayor que en el circuito que lo acciona.

Las luminarias utilizan un elemento de maniobra electrónico (Timer programable) es necesario aislarlo del circuito de fuerza por la corriente que maneja el circuito y para protegerlo en caso de existir algún fallo.

Este dispositivo para la aplicación es de 220(V) y 15(A).



Figura 19: Ejemplo de relé

Fuente: (Electronica Embajadores, 2017)

3.5.5 Selección del tablero auxiliar.

Con el fin de independizar la instalación realizada y no depender del encendido o apagado de otros tableros se ha acoplado un tablero auxiliar, el mismo lleva en su interior los elementos de maniobra y protección expuestos anteriormente cuyo conjunto controla el sistema de iluminación del parqueadero de la ESFOT que son:

- Protección térmica
- Relé
- Fusible
- Timer programable

El mismo está alimentado desde el tablero de distribución ubicado en la sala de profesores número 2 en los espacios para protecciones térmicas disponibles para la aplicación.

Este tablero fue seleccionado y adquirido acorde a los dispositivos a ser instalados en el interior y el lugar de instalación identificado como CM5 (Centro de mando 5).

3.5.6 Materiales utilizados en el sistema.

Se inicia realizando la instalación del sistema de tuberías, utilizando ductos Conduit de ½ pulgadas y por tramos de 3 m de largo, usando abrazaderas cada 60 cm para asegurar una buena sujeción entre la fachada exterior y la tubería, además se usan uniones con sus respectivos tornillos de sujeción, con lo que se logra la resistencia y mayor vida útil del sistema eléctrico.

Se colocan cajas de revisión rectangulares en cada luminaria además de una caja de revisión hexagonal en las esquinas para que en caso de existir alguna avería sea más fácil la revisión del sistema.

En la tabla 18 se observa los ítems y la cantidad de materiales de obra civil que se utilizó para la implementación

Tabla 18: Listado de materiales para obra civil

LISTADO DE MATERIALES PARA OBRA CIVIL TUBERÍA Y ACCESORIOS				
Ítem	Marca	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Fuji o similar	Tubo conduit emt 1/2" x 3 mt - galv	28	(uni)
2	Topaz o similar	Unión para tubería 1/2" emt (incluye pernos de sujeción)	30	(uni)
3	Topaz o similar	Conector para tubería 1/2" emt (incluye perno de sujeción)	20	(uni)
4	Topaz o similar	Abrazadera una ala para tubería 1/2" emt	300	(uni)
5	Topaz o similar	Top flex i conduit (manguera flexible de 1/2")	10	(m)
6	Topaz o similar	Conector recto de 1/2" para manguera flexible	10	(uni)
7	Topaz o similar	4" oct box stl ext 1-1/2" dp 1/2" ko-50pk (caja octogonal)	5	(uni)
8	Topaz o similar	4" oct cover blank-100pk (tapa para caja octogonal)	5	(uni)

Fuente: Propia

La conexión del sistema eléctrico se la realiza a 220V y mediante el uso de borneras para asegurar un buen contacto eléctrico y fácil revisión. Además se realiza el tendido del cableado eléctrico según la normativa NEC 10 usando cables de color rojo y negro para las fases y color verde para el sistema de puesta a tierra. La conexión de las luminarias Floodlight LED 50W/3000K Black IP65 funcionan tanto para 110(V) como para 220(V).

En la tabla 19 se detalla la lista de materiales para el cableado e iluminación implementada en el sistema.

Tabla 19: Listado de materiales para cableado y luminarias

LISTADO DE MATERIALES PARA CABLEADO Y LUMINARIAS				
Ítem	Marca	Descripción	Cantidad	Unidad
LUMINARIAS				
1	LEDVANCE	Floodlight LED 50W/3000K Black IP65	12	(uni)
CABLES				
2	CONELSA O SIMILAR	Conductor flexible #12 awg, thhn (negro)	100	(m)
3	CONELSA O SIMILAR	Conductor flexible #12 awg, thhn (rojo)	100	(m)
4	CONELSA O SIMILAR	Conductor flexible #12 awg, thhn (verde)	100	(m)

Fuente: Propia

Para la construcción del tablero eléctrico de control y fuerza se coloca un breaker de 16 (A) en el tablero principal de la sala de profesores, y se instala el tablero eléctrico de control que consta de un temporizador digital, un fusible, un relé, un breaker de 12(A).

En la tabla 20 se detalla la lista de materiales para implementar el tablero auxiliar.

Tabla 20: Listado de materiales para el tablero auxiliar

LISTADO DE MATERIALES				
Ítem	Marca	Descripción	Cantidad	Unidad
TABLERO DE CONTROL				
1	SBOX	Tablero metalico ip65 pintura texturizada RAL-7032 DIM: 500x400x200 (mm)	1	(uni)
2	CAMSCO	Riel din aluminio simétrica 35 mm	1	(uni)
3	ALLEN BRADLEY	Bornera de paso 4mm	4	(uni)
4	GE	Breaker p/ riel din 2 polos 16 amp. 6ka 230-400 v	1	(uni)
5	GE	Breaker p/ riel din 2 polos 10 amp. 6ka 230-400 v	1	(uni)
EQUIPOS CONTROL				
6	STEEL NET	Temporizador digital	1	(uni)
7	OMROM	Relé de 220 voltios	1	(uni)

Fuente: Propia

3.6 RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez instalado el sistema de iluminación se procede a verificar por medio del luxómetro los luxes obtenidos acorde las siguientes imágenes:



Figura 20: Luxes obtenidos sector asociación general

Fuente: (Propia)



Figura 21: Luxes obtenidos sector oficinas de profesores

Fuente: (Propia)

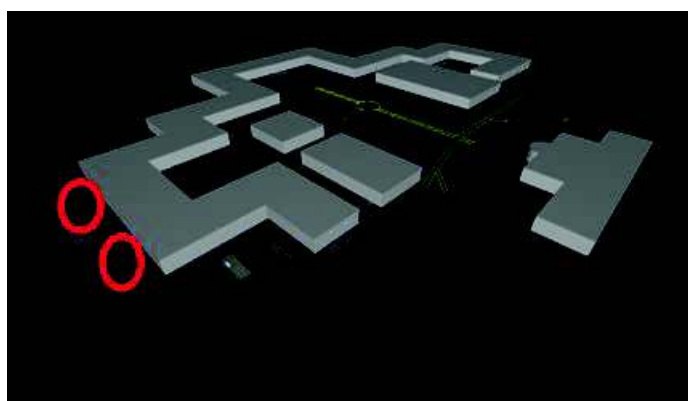


Figura 22: Luxes obtenidos sector parqueadero

Fuente: (Propia)

En la tabla 21 se tabula los resultados obtenidos antes y después de la implementación:

Tabla 21: Luxes obtenidos antes y después de la implementación

SECTOR	LUXES INICIALES	LUXES OBTENIDOS
Asociación General	0	59
Oficinas de Profesores	25	63
Parqueadero	0	60

Fuente: (Propia)

Con las medidas obtenidas se verifica que el cálculo es correcto, cumpliendo con la tabla 1, norma NEC 10 del presente trabajo donde se menciona que para áreas de circulación tales como pasillos, corredores, etc. debe existir un mínimo de 50 luxes, es una mejora total acorde la tabla 21 cumpliendo con el objetivo general del presente trabajo, el resultado obtenido se puede apreciar en las figuras 23 – 24 y 25



Figura 23: Resultado obtenido sector parqueadero

Fuente: (Propia)



Figura 24: Resultado obtenido sector oficinas de docentes

Fuente: (Propia)



Figura 25: Resultado obtenido sector asociación general

Fuente: (Propia)

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- El sistema autónomo de iluminación implementado es importante para aprovechar el tiempo que en realidad es necesario que se encuentren encendidas las luminarias para alargar su vida útil y el máximo ahorro en la planilla eléctrica.
- Se implementó un sistema de iluminación exterior controlada por un temporizador programable para el parqueadero de la Escuela de Formación de Tecnólogos “ESFOT”.
- Luego de la implementación se obtiene una mejora del 100% en la calidad de iluminación en el sector de aplicación acorde la norma NEC 10.
- Los tableros de control independientes entre zonas permiten que en caso de una falla únicamente salga de operación el sector donde se generó el daño mientras el resto de zonas permanecen operativas.
- El ahorro no solo se logra con limitar las horas de operación de las luminarias sino también utilizando lámparas de mejores prestaciones como las LED, las cuales permiten un ahorro sustancial al basar su operación con elementos de estado sólido y disipar muy poco calor.
- Las herramientas tecnológicas como el software DIALUX nos permiten ahorrar tiempo, visualizar en 3D el área a iluminar y gestionar cálculos a la vez, brindando una realidad virtual real de como finalizará la implementación y realizar correcciones oportunas.
- Los dispositivos de medida son multifuncionales, no brindan un solo tipo de medida sino varias lo cual permite obtener varios valores a la vez para facilitar los cálculos y verificar los resultados obtenidos por software.

RECOMENDACIONES:

- Realizar los trabajos en altura cumpliendo las normas de seguridad esenciales como no utilizar el último escalón, colocar la escalera en superficies niveladas, colocar la escalera en un ángulo de 45° y utilizar la escalera adecuada acorde la altura que se desea alcanzar.

- Dimensionar e implementar correctamente las instalaciones eléctricas y civiles para garantizar la máxima vida útil y que fallos e imprevistos sean nulos cumpliendo las normas vigentes.
- Anclar a tierra la instalación cuando se utilizan elementos de estado sólido para evitar que se fundan.
- Verificar que los dispositivos eléctricos para exteriores cumplan con las certificaciones IP (polvo y humedad) e IK (golpes y caídas) según el área de aplicación.
- Utilizar código de colores en la instalación y para que en los procesos de revisión de avance del proyecto se pueda identificar posibles errores de conexión.
- Implementar cualquier tipo de proyecto tomando en cuenta que las condiciones de seguridad y climáticas lo permitan.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambiente, L. e. (2008). *Ciencias de la Tierra Y Medio Ambiente*. Recuperado el 19 de 07 de 2017, de <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/07Energ/100Energ%C3%ADa.htm>
- Area Tecnológica. (2016). Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/luminotecnia.html>
- Comparalux. (2017). Obtenido de <https://www.comparalux.es/www/apuntes/magnitudesFundamentales.php>
- Electronica Embajadores. (2017). Obtenido de <https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/RL3A862/reles/reles-convencionales/rele-convencional-12vac-dpdt-2-co-5a-omron-g2r-2>
- Energética, C. p. (2017). *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR*. Obtenido de CONELEC: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>
- ENERPOINT. (2017). *YOUR SOLARE LINK*. Obtenido de LA Radiación Solar: http://www.enerpoint.es/photovoltaic_technology_1.php
- Fernandez, J. G. (2017). *Recursos Citcea*. Obtenido de Áreas residenciales y Peatonales: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/peaton.html>
- Henriquez, M., & Velasquez, J. (2013). *Breakers y Tableros Eléctricos*. Cristóbal Rojas. <http://www.areatecnologia.com/electricidad/luminotecnia.html>. (2016).
- IDAE, I. p. (2001). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación*. Madrid.
- iluminación, C. e. (2017). Obtenido de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_centros_docentes_01_6803da23.pdf
- IPAC. Duferco Group. (2017). *IPAC*. Obtenido de <http://www.ipac-acero.com>
- Jimenez, C. (2016). *Monografías*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos100/disenoelectrico-casa/disenoelectrico-casa.shtml>

- Lausín, F. (2016). Obtenido de http://www.ecodes.org/el-ciclo-de-la-vida-de-las-cosas/documentos/AUDITORIA_ENERGETICA_IES_RODANAS.pdf
- LEDVANCE. (2017). *LEDVANCE*. Obtenido de <https://www.ledvance.es>
- Leon, C. . (2016). Obtenido de https://medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1236755603172/_/_/_
- LEÓN, M. A. (2015). *FICHA E-21:SISTEMAS DE AHORRO ILUMINACIÓN ARTIFICIAL*. Obtenido de <http://www.jcyl.es>
- López, F., & Olivo, R. (2006). *Iluminación Automática de los espacio verdes y áreas de circulación de la ESFOT controlado por un PLC y un tablero de control*. Quito.
- Ministerio de Ciencia y Tecnología Argentina. (2003). *Significado y Explicación de los códigos IP, IK*.
- NEC, C. E. (1996). *Norma Ecuatoriana de construcción*. Quito, Ecuador.
- Palmas, U. d. (03 de 12 de 2006). Obtenido de http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/7_OPTATIVAS/LAU/LAU6_calculo/LAU61_calinterior/LAU611.htm
- Philips. (2015). Obtenido de http://www.docs.lighting.philips.com/global/lighting_university/courses_new2015/ABT/spanish/office_measure_light_09.html
- Quito, C. M. (2017). *Ordenanza 3457*. Obtenido de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20A%C3%91OS%20ANTERIORES/ORD-3457%20-%20NORMAS%20DE%20ARQUITECTURA%20Y%20URBANISMO.pdf
- Roberto H, Sampieri; Carlos F, Collado; Pilar B, Lucio. (Mc Graw-Hill Metodología de la investigación 2006). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Rodriguez, R. (2013). *FARADAYOS*. Obtenido de <http://faradayos.blogspot.com/2013/12/caracteristicas-cables-conductores.html>
- Romero, A. A. (2016). Obtenido de <http://www.angelantonioromero.com/la-temperatura-de-color-en-las-lamparas/>
- Silva, J. (2017). *Principales tipos de lámparas*. Obtenido de http://www.a43d.com.uy/jenny/principales_tipos_de_lamparas/
- Tecnología. (2017). *Luminotecnia*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/luminotecnia.html>
- Voltium. (2017). Obtenido de <http://www.voltium.es/articulos-tecnicos/caracteristicas-y-diseno>
- WIKIEOI. (2017). *Radiación directa, difusa y reflejada*. Obtenido de http://www.eoi.es/wiki/index.php/Radiaci%C3%B3n_directa,_difusa_y_reflejada_en_Ecomateriales_y_construcci%C3%B3n_sostenible
- Wikispaces. (2017). *La Luminotecnia*. Obtenido de <http://conecta2conlaciencia.wikispaces.com/file/view/RESUMEN%20TEOR%C3%8DA%20%28para%20alumnos%29.pdf>

6. ANEXOS

Anexo A.

MANUAL DE UTILIZACIÓN

El presente instructivo tiene como objetivo detallar el uso del sistema de control utilizado en el sistema de iluminación del parqueadero de la ESFOT.

Tablero principal

El sistema de alimentación principal se inicia en el tablero de distribución ubicado en la oficina 2 sector de oficinas de profesores, allí se puede encontrar dos protecciones térmicas identificadas como “CM5” que energiza el sistema a 220(V).



Figura 46: Tablero de alimentación principal

Fuente: (Propia)

Tablero independiente

La alimentación del tablero principal llega al tablero independiente el cual alimenta a los demás dispositivos ubicado al final de las gradas de la salida de la oficina de profesores en la parte superior.



Figura 47: Tablero de alimentación independiente

Fuente: (Propia)

Componentes del tablero independiente

Protección térmica

La alimentación llega a una protección térmica de 16A en caso de accionarse lo único que se debe hacer es resetearla para reestablecer la energía.

Temporizador

Tenemos un temporizador cuya programación depende de una pila interna, la misma tiene una duración de 10 años y está acoplada a una placa electrónica, no se puede reemplazar por lo que si el tiempo de vida útil termina se debe cambiar de elemento.

Relé

Es el elemento de fuerza que permite el paso de energía hacia las luminarias, la señal que activa los contactos del relé proviene del temporizador.

Fusible

Para proteger el temporizador de un cortocircuito tiene instalado un fusible tipo cartucho de 10A.

En caso de desconexión de algún componente del tablero en la figura 48 se muestra un esquema topográfico del conexionado interno del tablero independiente (también disponible dentro del tablero) y en la figura 49 una toma real del conexionado para mejor referencia.

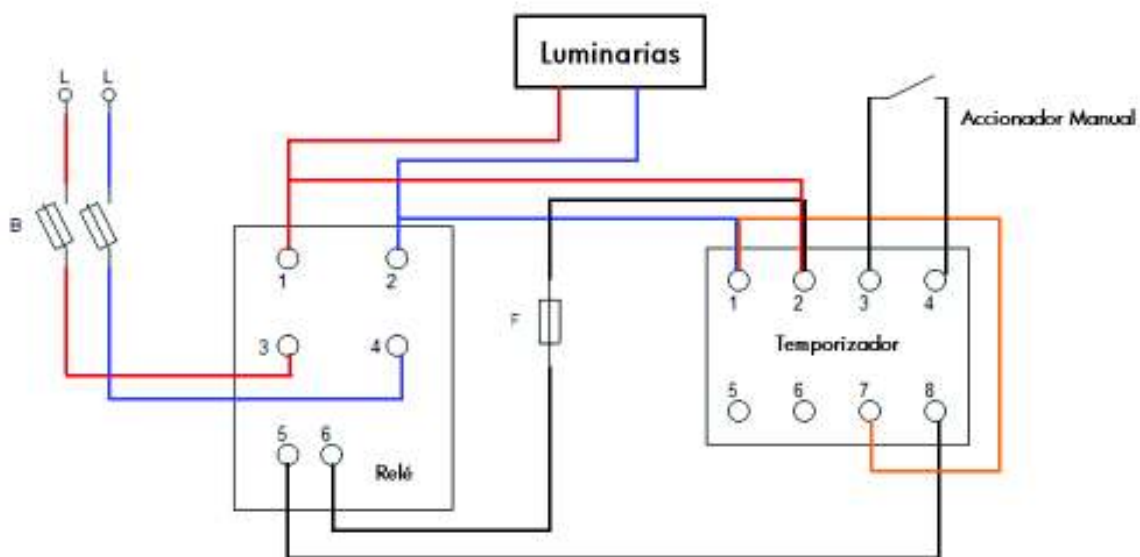


Figura 48: Conexiones del tablero independiente

Fuente: (Propia)

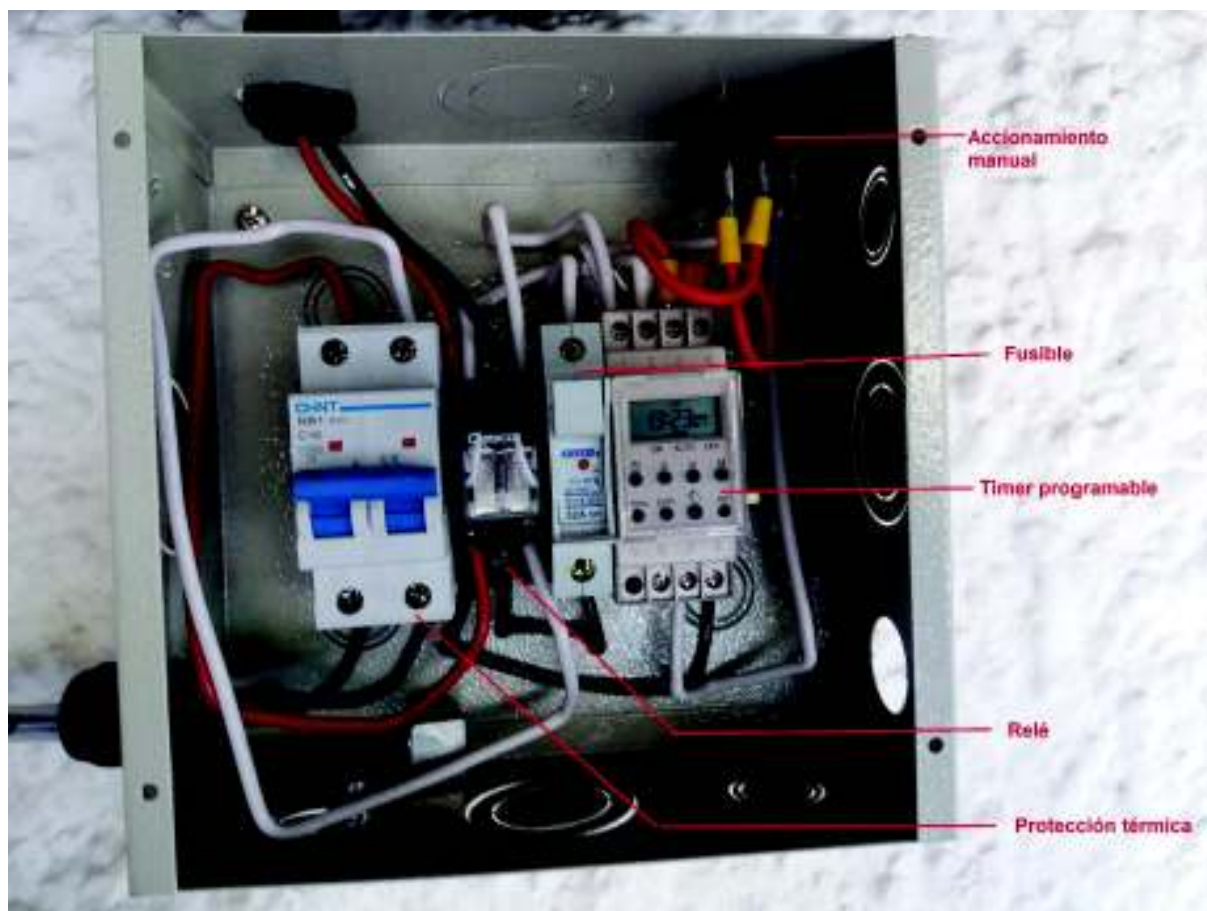


Figura 49: Componentes del tablero independiente

Fuente: (Propia)

Accionamiento manual

El temporizador posee dos contactos dedicados para que el accionamiento sea manual, los mismos están conectados a un interruptor el cual puede ser accionado en cualquier momento por el personal autorizado para encender las luces anulando la programación pero sin perderla.

El objetivo de este interruptor es verificar si las luminarias están operativas en cualquier instante del día sin aguardar a las horas programadas para constatarlo.

Este interruptor está ubicado en la parte superior derecha del tablero independiente como muestra la figura 50.



Figura 50: Accionamiento manual

Fuente: (Propia)

Luminarias

Las luminarias disponen de una conexión a la red eléctrica por medio de borneras y un cajetín individual en una configuración en paralelo por lo que si alguna de ellas no enciende puede ser revisada en su propio cajetín donde las posibles fallas pueden ser:

- Desconexión de la bornera o
- Desajuste del tornillo de la bornera

Notas adicionales.

- El sistema eléctrico y la obra civil es nueva por lo que tiene un estimado de vida útil de 10 años, las luminarias de igual manera son nuevas y poseen una vida útil de 100000 hrs.
- Los tableros independientes están ubicados en sectores de altura (3,50m) para evitar que sean manipulados, de igual manera cuentan con una cerradura con llave.



Figura 51: Instalación a altura

Fuente: (Propia)

- Cada tramo curvo tiene un cajetín redondo para que en caso de un fallo más profundo se aisle por sectores la instalación y poder detectar la falla.

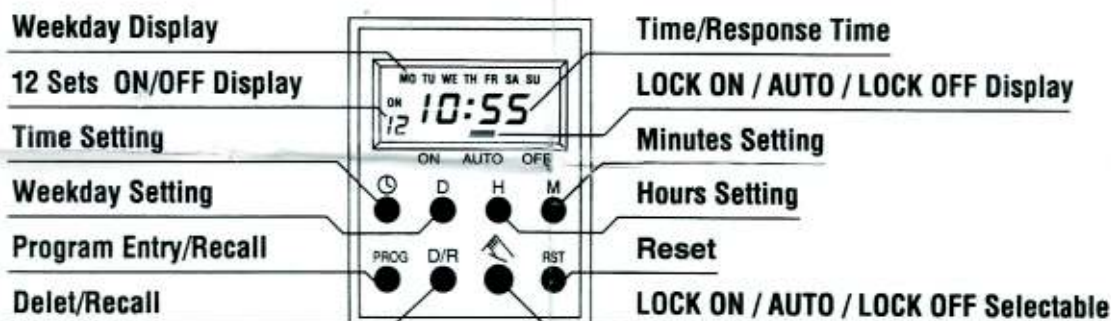


Figura 52: Cajetines redondos de revisión

Fuente: (Propia)

- En caso de pérdida de configuración o se desee aumentar más programaciones se realiza el siguiente procedimiento:

WEEKLY PROGRAMMABLE ELECTRONIC TIMER



INSTRUCTION:

(I) PUSH BUTTON FUNCTION:

- (1) : Clock Indication.
- (2) : Day Reset.
- (3) : Hour Reset.
- (4) : Minute Reset.
- (5) : 12 Sets Of Programmable ON-OFF Settings, Display 1 ON, 1 OFF ••• 12ON, 12OFF.
- (6) : Delete/Recall.
- (7) : LOCK ON/AUTO/LOCK OFF Selectable.

(II) CLOCK SETTING:

- (1) Press " " And " D " Together Till Correct Date Is Shown.
- (2) Press " " And " H " Together Till Correct Hour Is Shown.
- (3) Press " " And " M " Together Till Correct Minute Is Shown.

(III) TIMER SETTING:

- (1) Press "PROG" (Timer 1st On Mode).
- (2) press "D" Stop At Requested Date (15 Different Mode: ① MO TU WE TH FR SA SU ② MO ③ TU ④ WE ⑤ TH ⑥ FR ⑦ SA ⑧ SU ⑨ MO TU WE TH FR ⑩ SA SU ⑪ MO TU WE TH FR SA ⑫ MO WE FR ⑬ TU TH SA ⑭ MO TU WE ⑮ TH FR SA Selectable)
- (3) Press "H" Stop At Requested Hour.
- (4) Press "M" Stop At Requested Minute.
- (5) Press "PROG" (Time 1st Off Mode).
- (6) Repeat 2-4.
- (7) Repeat 1-6 Till Timer 12th OFF Mode Is Setted.
- (8) You May Press "PROG" For Double Checking.
- (9) Press " " To "AUTO" For Initial Timer.
- (10) Press " " To Resume Present Time.

(V) Turn On Appliance, Timer Should Be At "AUTO" Mode.

(VI) Press " ", LCD Display "LOCK ON" ⇌ "AUTO" ⇌ "LOCK OFF" For Manual Operation. Stop At "AUTO" For Automatic Operation.

(VII) For Cancel Engagements, Press "D/R" Then "-- --" Is Displayed On LCD To Confirm Cancel. May Press "D/R" Again To Resume Initial Setting.

NOTE:

- (1) For "ON/AUTO/OFF" Function, Only The "AUTO" Position Can Operate Automatically According To The Programmable Setting. If The LCD Displays "LOCK ON", The Device Will Keep "ON", And Will Not Be Automatically "OFF". If "LOCK OFF" Displays, It Will Keep "OFF" Continuously And Not "ON".
- (2) The power Consumption Of Connected Electrical Appliances Shall Be Within The Limitation.
- (3) A Reset Of The Time Switch Is Necessary Before Setting.
- (4) As This Time Switch Include Ni-Cd Battery, So Recharge The Battery For 10 Minutes Is Necessary If The LCD Display Is Not Clear Or Disappear. Also A Reset Of The Timer Switch Is Necessary.

Anexo B.

MANUAL DE MANTENIMIENTO

El sistema de iluminación implementado posee dispositivos y elementos nuevos, fabricados para funcionar a la intemperie, el sistema al ser netamente eléctrico no está afectado por vibraciones u otros factores por lo que nuestras recomendaciones para tener un óptimo funcionamiento se tabulan a continuación:

Tabla 24: Acciones de mantenimiento

ELEMENTO	ACCIÓN	TIEMPO	MATERIAL
Bornes en tableros	Reajuste	Semestral	Destornillador estrella de puño mediano
Bornes en luminarias	Reajuste	Semestral	Destornillador plano de bornera pequeño
Tableros	Limpieza externa	Cuatrimestral	Franela húmeda y seca
Tableros	Limpieza interna	Cuatrimestral	Aire comprimido y/o soplador eléctrico
Luminarias	Limpieza externa	Cuatrimestral	Franela húmeda y seca
Angulo de iluminación	Reajuste	Cuatrimestral	Hexagonal #6
Ductería	Chequeo/reajuste	Cuatrimestral	Inspección visual/destornillador estrella de puño

Fuente: Propia

- El reajuste de los bornes debe ser firme y a fuerza de pulso para evitar que se aisle.
- La limpieza con franelas no debe implicar el uso excesivo de agua, únicamente humedeciendo y secando para evitar posibles cortocircuitos.
- La limpieza con aire comprimido debe hacerse a una distancia prudente (20cm) de los elementos.
- La limpieza de las luminarias debe ser con franelas no abrasivas para evitar rayar la pantalla protectora o que la misma se opaque.

- El ángulo de iluminación (fig. 53) en caso que al limpiar se mueva o se desajuste con el tiempo debe ser del borde superior de la luminaria al borde de la pared una distancia de 10cm.

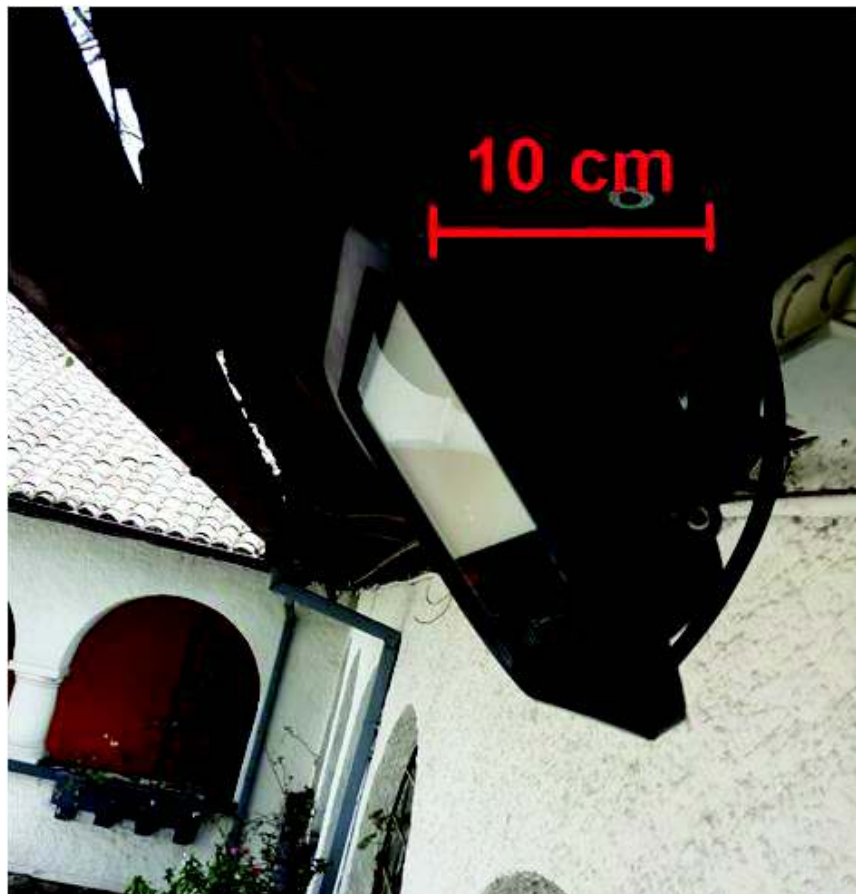


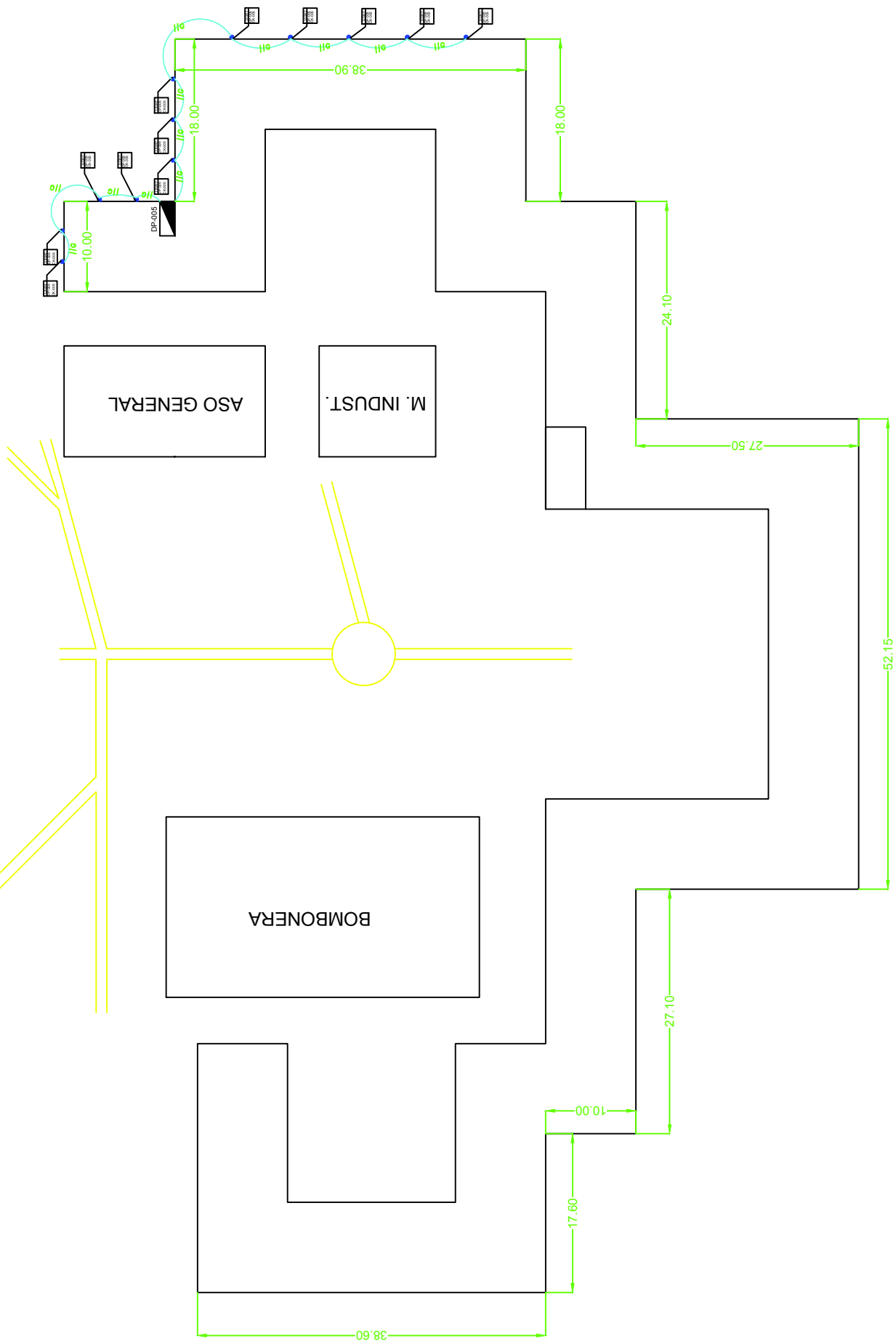
Figura 53: Ángulo de iluminación

Fuente: (Propia)

- Al realizar los chequeos visuales se debe verificar toda la instalación y acudir a reajustes, en caso de hallar segmentos de tubería pandeados, si los reajustes no son suficientes se debe reemplazar las abrazaderas del sector afectado.

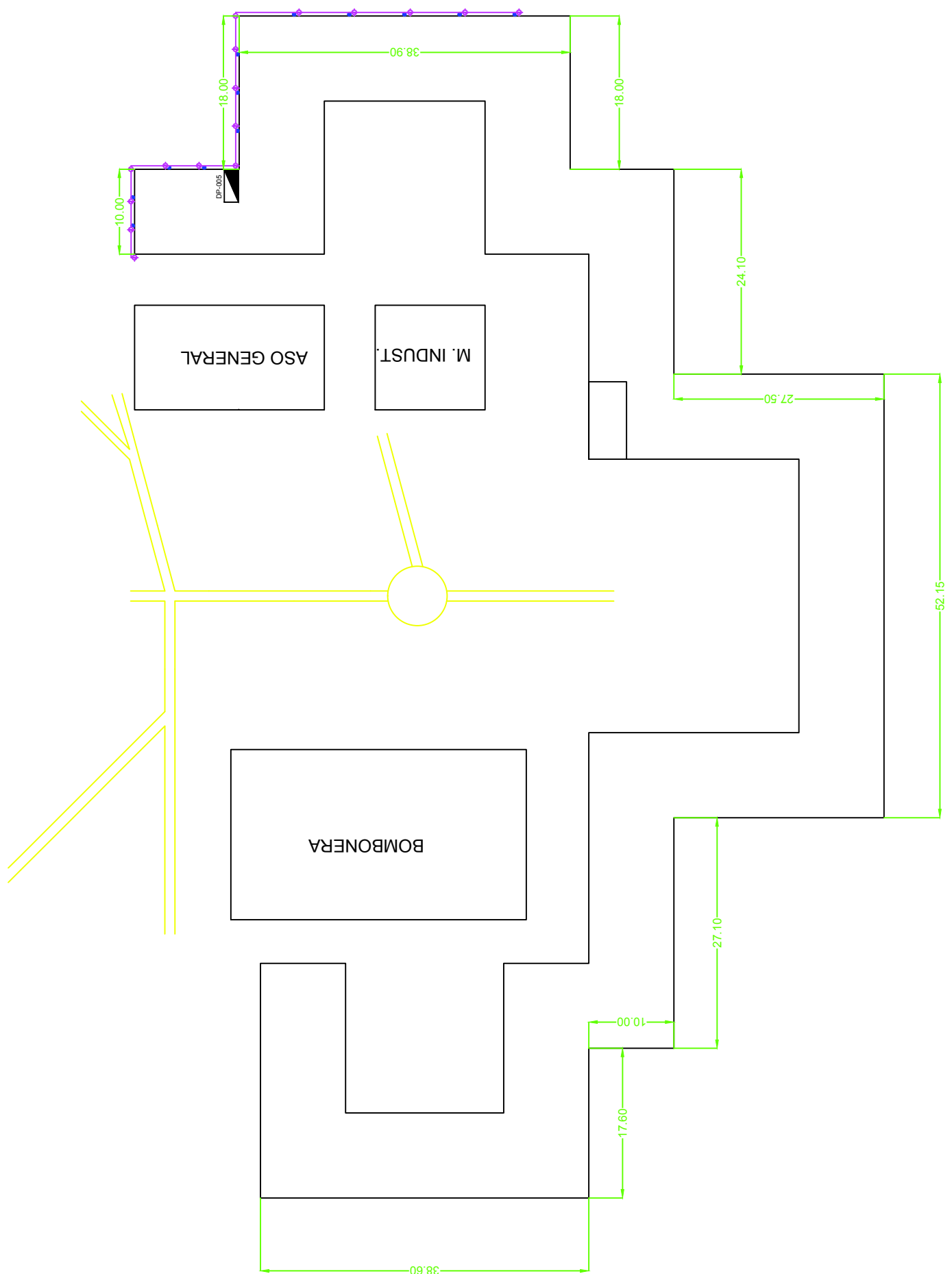
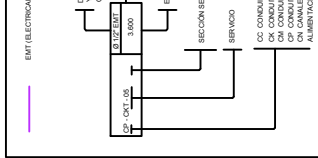
Anexo C.
DIAGRAMAS

TABLA DE
 CANTIDAD
 REFLECT

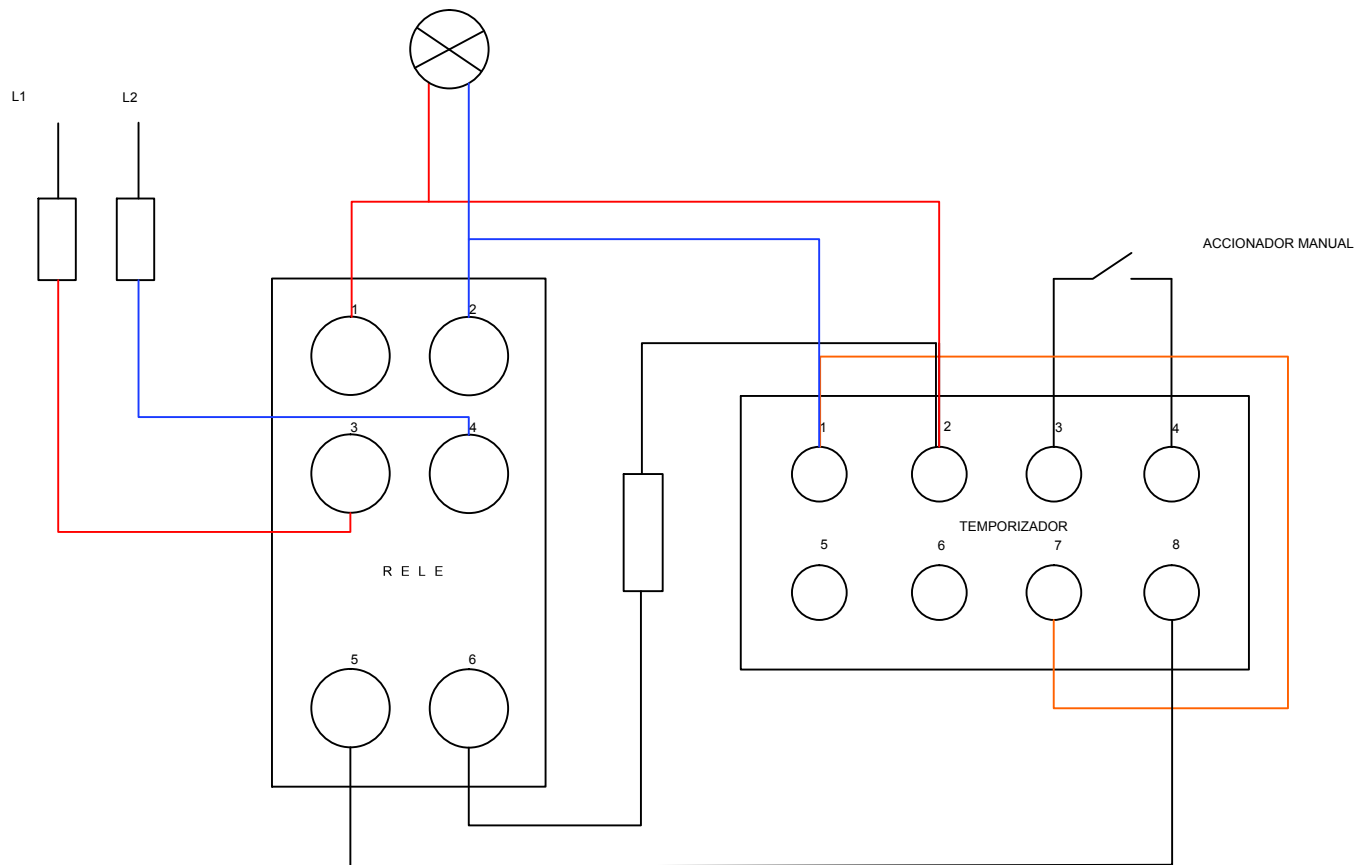



Denominación:

Nombre	Fecha	Dib.
Cristian Arévalo	26/01/18	



Denominación:	
Fecha	Nombre
26/01/18	Cristian Arévalo
Dib.	



Edición:	Modificación:	Fecha	Nombre	Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib.	26/01/18 Cristian Arévalo	DIAGRAMA DE CONEXIONES	1:1
				Rev.	26/01/18 Ing.A. Boada		
				Aprob.	26/01/18 Ing.A. Boada		
				Empresa  ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		Numero del dibujo:	Marca de registro:
						03	
						Sustitución:	

Anexos D

Conceptos básicos

La radiación solar

La radiación solar es la energía electromagnética emitida por los procesos de fusión del hidrógeno contenido en el sol.

La intensidad y la distribución espectral de la radiación solar que llega a la superficie terrestre dependen de la composición de la atmósfera: en el suelo la energía solar se encuentra dentro del intervalo de longitud de onda de 0,2 a 2,5 micrómetros:

- 0,2 - 0,38 micrómetros = ultravioleta (6,4% de la energía total comprendida en el espectro)
- 0,38 - 0,78 micrómetros = visible (48%)
- 0,78 - 10 micrómetros = infrarrojo (45,6%)

La zona útil para las células fotovoltaicas de silicio cristalino empieza a 0,35 micrómetros y comprende todo el infrarrojo. La intensidad máxima de la energía solar está comprendida entre 0,5 y 0,55 micrómetros (ENERPOINT, 2017)

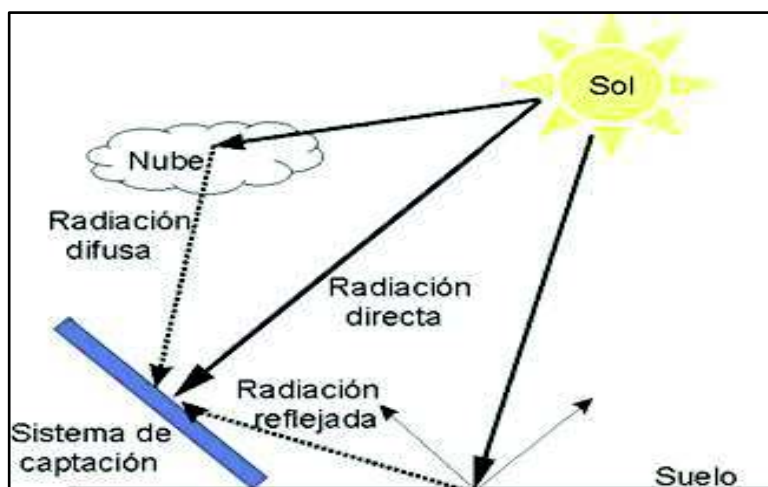


Figura 26: Energía solar incidente sobre la superficie.

Fuente: (ENERPOINT, 2017)

La energía solar incidente en una superficie terrestre se manifiesta de tres maneras diferentes:

La radiación directa es, como su propio nombre indica, la que proviene directamente del sol.

La radiación difusa es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que "ven" toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos porque solo "ven" la mitad de la semiesfera celeste.

La radiación reflejada es, como su propio nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Por otra parte, las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no "ven" superficie terrestre, mientras que las superficies verticales son las que más reciben (WIKIEOI, 2017).

Irradiación es la energía del sol que se proyecta sobre una unidad de superficie en un tiempo determinado y viene dado en Wh / m^2 o kWh / m^2 . Las estimaciones promedio que realizan los satélites que orbitan la tierra pueden ser modificadas de forma conveniente que se pueda obtener datos en diferentes intervalos de tiempo.

Irradiancia es la magnitud utilizada por la radiación solar para describir la potencia incidente por unidad de superficie de cualquier tipo de radiación, en unidades del Sistema Internacional se mide en W / m^2 (Energética, 2017).

Luminotecnia

Es la ciencia que estudia las distintas formas de producción de luz, así como su control y aplicación para lograr una iluminación adecuada.

Con el alumbrado artificial, casi siempre eléctrico, se pretende proporcionar un nivel de iluminación adecuado en ausencia de iluminación natural. Si bien la luminotecnia es un campo amplio, que se estudia en ingeniería y arquitectura (Wikispaces, 2017).

Para entender los conceptos básicos debemos conocer algunas magnitudes características:

Flujo Luminoso

El flujo luminoso o flujo de una fuente luminosa (por ejemplo, una bombilla) es la cantidad total de luz emitida o radiada, en un segundo, en todas las direcciones.

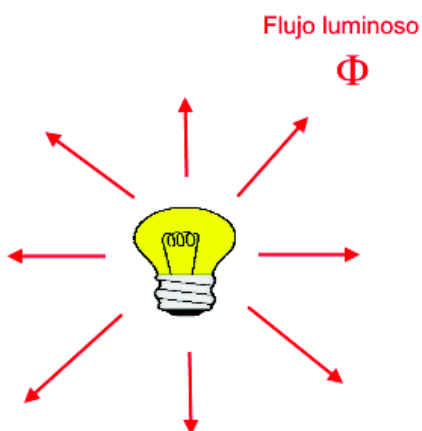


Figura 27: Ejemplo de flujo luminoso

Fuente: (Comparalux, 2017)

El significado del flujo luminoso es el de la potencia propia de una fuente de luz. Mide la energía global emitida por una fuente luminosa (Tecnología, 2017).

El símbolo del flujo luminoso viene indicado por la letra griega Φ (fi mayúscula).

La unidad del flujo luminoso es el lumen (lm) y como unidad de potencia corresponde a 1/680 vatios emitidos a la longitud de onda que corresponde a la máxima sensibilidad del ojo humano (5500 angstrom).

Intensidad Luminosa

La intensidad luminosa de una fuente de luz es la cantidad de luz emitida, en un segundo y en una determinada dirección. Se debe tener en cuenta que aquí ya no es en todas las direcciones si no en una dirección fija y determinada. En la imagen siguiente la intensidad luminosa sería la cantidad de luz del rayo que apunta en la dirección hacia el punto P, en un segundo. La intensidad luminosa se nombra con la letra I y su unidad es la candela cuyo símbolo es cd.



Figura 28: Ejemplo de intensidad luminosa

Fuente: (Area Tecnológica, 2016)

La candela es la unidad fundamental de la luminotecnia y se define como: 1/60 de la intensidad luminosa por cm² del cuerpo negro a la temperatura de solidificación del platino (2042°K).

Para tener idea, una lámpara incandescente de 100w, tiene una luminosidad o intensidad luminosa de unas 130 candelas.

La intensidad luminosa no se distribuye por igual en el espacio debido a varias causas. La causa principal es que las fuentes de luz no emiten la luz en forma puntual (puntiformes), sino que tiene forma de bucles o rejillas, las cuales originan flujos luminosos no uniformes. Otras causas son la forma del casquillo donde va colocada la fuente de luz (lámpara) y la forma de la propia fuente de luz, es decir, la forma de la lámpara o bombilla (Tecnología, 2017).

Medida de la Intensidad Luminosa

Se realiza con dispositivos de medida llamados goniofotómetros, cuya misión consiste en sostener los aparatos de iluminación, también llamados luminarias, y hacerlos girar en distintas posiciones, de forma que el centro de giro coincida con el centro óptico de dichas luminarias.

También se puede medir la intensidad luminosa con el banco fotométrico, constituido por una regla graduada sobre la cual se desplaza la fuente luminosa, la fuente patrón y el fotómetro (Tecnología, 2017).

Iluminancia o Nivel de iluminación

Es una magnitud característica del objeto iluminado, que indica la cantidad de luz que incide sobre su superficie, al ser iluminado por la fuente, la iluminancia se representa por la letra E, siendo su unidad el lux (lx).

El nivel de iluminación conseguido sobre una superficie es directamente proporcional al flujo luminoso que incide sobre ella e inversamente proporcional a la citada superficie. Veamos la fórmula:

$$E_m = \frac{\Phi}{S}$$

Donde:

Em = Iluminación media sobre la superficie en lux

Φ = Flujo luminoso en lúmenes.

S = Superficie iluminada en metros cuadrados.

Existe otra fórmula para calcular el nivel de iluminación cuando la superficie y la dirección de la luz son perpendiculares (Tecnología, 2017).

"El nivel de iluminación, sobre una superficie situada perpendicularmente a la dirección de la radiación, es proporcional a la intensidad luminosa del foco (I), e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que la separa del mismo". Expresado mediante fórmula sería:

$$E = \frac{I}{d^2}$$

Donde:

E = nivel de iluminación en lux

I = Intensidad luminosa en candelas

d = distancia en metros.

Luminancia

Se llama luminancia a la sensación luminosa que, por efecto de la luz, se produce en la retina del ojo, y tiene lugar tanto en una fuente de luz primaria (que emite luz), como en una de luz secundaria (que refleja luz).

La luminancia mide el brillo de los objetos iluminados o fuentes de luz. Se simboliza con la letra L (Tecnología, 2017).

La luminancia es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente. La superficie aparente es la proyección de la superficie real sobre un plano perpendicular a la dirección de la mirada. El valor de la superficie aparente se calcula como producto de la superficie real por el coseno del ángulo que forma la dirección de la mirada con la perpendicular a dicha superficie ($\cos \Theta$), su fórmula es:

$$L = \frac{I}{S \times \cos \theta}$$

Donde:

I = Intensidad luminosa en candelas.

S = Superficie en cm^2 o m^2

L = Luminancia en cd / cm^2 o cd / m^2

Ampacidad.

Es la capacidad de conducción continua de corriente bajo condiciones específicas. La ampacidad de un conductor lo define su calibre, así como la temperatura ambiente a la que se encuentre. Existen tablas que especifican la ampacidad de los conductores según el material aislante, y la máxima temperatura ambiente a la que pueden estar expuestos.

Mientras más grande es la sección del conductor más corriente este puede conducir sin que se sobrecaliente. (Rodríguez, 2013)

Deslumbramiento

Se produce por tener un brillo demasiado grande al objeto que se observa.



Figura 29: Ejemplo de deslumbramiento

Fuente: (Philips, 2015)

En tal caso, la cantidad de luz que recibe la retina es muy elevada, dando lugar a una especie de agotamiento de la retina y originando una ceguera transitoria en el área del brillo.

En el caso de las lámparas, cuanto mayor sea su superficie para un mismo flujo, menor será el deslumbramiento, aunque a veces interesa obtener el máximo brillo como en proyectores cinematográficos (Tecnología, 2017).

Eficiencia Luminosa

Eficiencia luminosa o rendimiento luminoso de una fuente de luz es la relación entre el flujo expresado en lúmenes de la fuente luminosa y la potencia de la lámpara o fuente. Se expresa en lúmenes/watt.

$$Eficiencia = \frac{\Phi}{P}$$

Esta magnitud nos indica la eficiencia con la que se convierte la energía consumida por la bombilla en luz (Tecnología, 2017).

Temperatura de Color

La unidad es el grado Kelvin (°K). Indica el "color aparente" de una fuente de luz con referencia al "cuerpo negro" de Plank, calentado hasta tal punto que emita la misma luz.

Las temperaturas de color o tono de la luz blanca se pueden ver en la carta cromática DIN 5033 en la curva denominada curva de Plank.

Cuanto más a la derecha la temperatura de color será menor y la luz será más amarillenta, mientras que hacia la izquierda la temperatura de color será mayor y la luz más azulada (Tecnología, 2017). En general se puede establecer:

- Blanco Cálido < 3300°K
- Blanco Neutro 3300-5000°K
- Blanco frío o luz día > 5000°K



Figura 30: Temperatura del color

Fuente: (Romero, 2016)

Métodos de alumbrado

El **alumbrado general** proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es un método de iluminación muy extendido y se usa habitualmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local (Wikispaces, 2017).



Figura 31: Alumbrado general.

Fuente: (Wikispaces, 2017)

El **alumbrado general localizado** proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso se ilumina con una luz más tenue. Ahorra pero puede ser molesta (Wikispaces, 2017).

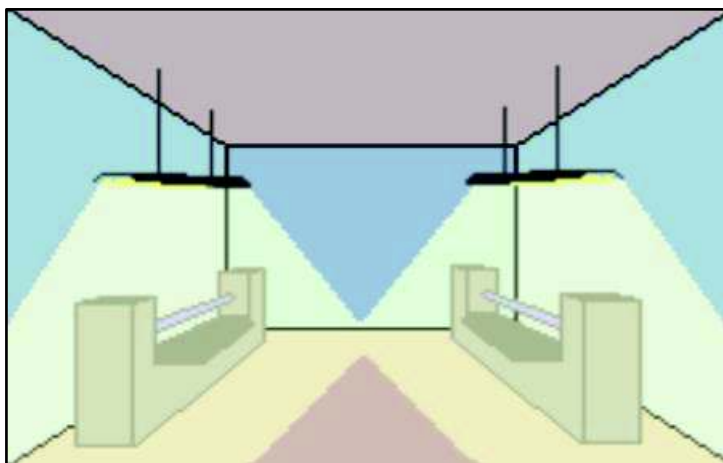


Figura 32: Alumbrado general localizado

Fuente: (Wikispaces, 2017)

Se emplea el **alumbrado localizado** cuando se requiere una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo típico serían las lámparas de escritorio. Si el contraste es muy grande puede producir deslumbramientos molestos (Wikispaces, 2017).

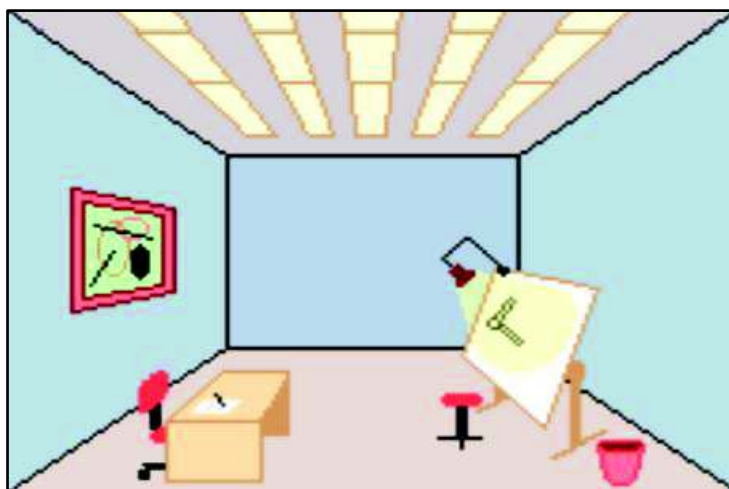


Figura 33: Alumbrado localizado

Fuente: (Wikispaces, 2017)

Alumbrado exterior

Las luminarias de tipo exterior están diseñadas como su nombre lo indica para estar ubicadas en zonas exteriores sin presentar deterioros en las características ópticas ni eléctricas. Este tipo de luminarias se clasifican en:

- **Reflectores:** los reflectores son el tipo de luminaria que reflejan, como su nombre lo dice la luz o cualquier tipo de onda. Su función principal es la de proyectar la luz hacia la parte frontal del aparato.
- **Wall pack:** Este tipo de luminaria es usado tanto para iluminación interior como para iluminación exterior. Sus principales usos son la iluminación de corredores, parqueaderos, escaleras y áreas de recreación..

Requisitos del alumbrado

Cuando se pretende iluminar áreas residenciales y peatonales se busca conjugar la orientación y seguridad de movimientos con la seguridad personal de peatones y vecinos. En esta línea es importante que el alumbrado permita ver con anticipación los obstáculos del camino, reconocer el entorno y orientarse adecuadamente por las calles, el reconocimiento mutuo de los transeúntes a una distancia mínima de cuatro metros que permita reaccionar en caso de peligro, disuadir a ladrones e intrusos y en caso que esto no ocurra revelar su presencia a los vecinos y peatones (Fernandez, 2017).

Además de todo esto, es conveniente una integración visual de estas zonas con el entorno en que se encuentren igualándolas al resto o dándoles un carácter propio. Si por las zonas peatonales existe tráfico de vehículos se iluminará como si se tratara de una vía pública normal y corriente (Fernandez, 2017).

El tratamiento del deslumbramiento en este tipo de vías, es mucho más sencillo que en el caso de tráfico motorizado debido a la gran diferencia de velocidad entre estos y los transeúntes. Los peatones debido a su baja velocidad se adaptan bien a los cambios de luminancia. Habrá, no obstante, que evitar colocar luminarias sin apantallar al nivel de los ojos y vigilar la luminancia de las lámparas en ángulos críticos que provoquen molestias a los transeúntes. Así mismo, conviene evitar que las luces molesten a los vecinos en su descanso nocturno (Fernandez, 2017).

Lámparas y luminarias

Para el alumbrado en zonas peatonales se prefieren lámparas de temperatura de color próximas a la de las lámparas incandescentes (2750 K) utilizadas en las casas. En concreto se usarán principalmente lámparas entre 2000 y 3000 K, aunque se puede ampliar el intervalo a 1800-3300 K. Se podrán usar, por lo tanto, una gran diversidad de lámparas como las de

vapor de sodio, mercurio, o fluorescentes dependiendo del efecto deseado, las condiciones de la zona a iluminar y los aspectos económicos (Fernandez, 2017).

Las luminarias adoptan multitud de formas desde las más funcionales hasta las de diseño más vanguardista y artístico. Como la forma y el control del haz de luz pierden importancia en favor del ambiente, existe una gran libertad de elección; desde las luminarias de haz general-difuso de globo hasta las de haz controlado. Entre las posibilidades de montaje es normal encontrarlas sobre postes o columnas, adosadas a las fachadas, colgadas sobre cables o al nivel del suelo cuando se desea un ambiente y orientación visual. No obstante, cuando el tráfico motorizado sea significativo se debe recurrir a las típicas farolas de báculo tan habituales en el alumbrado viario (Fernandez, 2017)

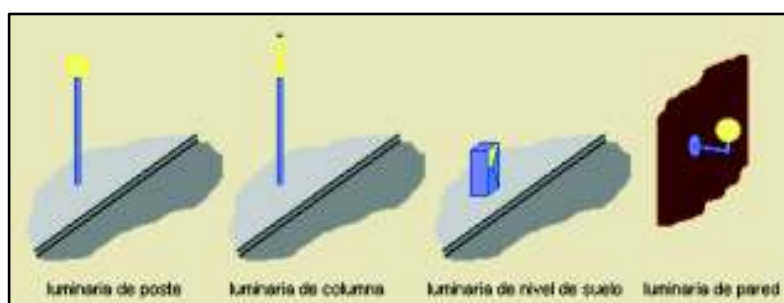


Figura 34: Tipo de lámparas en alumbrado público

Fuente: (Fernandez, 2017)

La altura de montaje dependerá del flujo de las lámparas a emplear y en todo caso se evitará colocarlas al nivel de los ojos sin apantallar. Otra posibilidad es colocar luminarias de menos de un metro como se hace en algunas plazas y jardines para crear una atmósfera especial (Fernandez, 2017).

Tabla 22: Tabla de altura de montaje

Flujo luminoso lámpara (lm)	Altura de montaje recomendada (m)
< 7000	3
7000 - 14000	3,5- 4
14000 - 25000	4 - 6
> 25000	> 6

Fuente: (Fernandez, 2017)

Alumbrado público

El alumbrado público es un derecho de la ciudadanía, es un servicio generalmente suministrado por la empresa eléctrica de cada región cuyo objetivo es iluminar calles, rutas, parques, edificios y espacios de uso general cuando la iluminación natural es deficiente o nula.

El servicio de alumbrado público permite que las actividades normales se desarrollen sin inconvenientes en la noche además para desalentar actividades delictivas y mejorar la seguridad.

Objetivos del alumbrado público

Para cumplir este propósito el sistema de iluminación vial debe tener aspectos cuantitativos como cualitativos que permitan una rápida y confortable visibilidad en las condiciones medio ambientales más adversas. Incrementa la seguridad individual y colectiva en las vías.

Los objetivos son:

- Proporcionar confort y tranquilidad,
- Proporcionar a los transeúntes seguridad y comodidad
- Permitir a los transeúntes una clara visualización de bordes, geometría, obstáculos y superficie de la vía que están transitando.
- Disminuir la accidentalidad vial.
- Contribuir a detener o disminuir las acciones vandálicas
- Producir un sistema de iluminación ahorrador de energía de fácil
- Mantenimiento y económico.

“El objeto del alumbrado público es proporcionar la visibilidad adecuada para el desarrollo normal de las actividades tanto vehiculares como peatonales en espacios de libre circulación con tránsito vehicular y peatonal” (Quito, 2017).

Criterios de diseño alumbrado público

Para elaborar un buen diseño del alumbrado público se deben tener en cuenta una serie de factores como lo son la visibilidad, factores económicos, estéticos, ambientales y características técnicas de los equipos.

El proceso para elaborar un buen diseño de alumbrado público cuenta con los siguientes pasos:

- Clasificación de la vía a iluminar.
- Selección de los valores en iluminación
- Selección de la luminaria y fuente de luz

- Selección del arreglo geométrico y cálculos

Accesos públicos.

Son zonas con una ocupación muy intermitente por lo que el ajuste del tiempo real de ocupación con el real de encendido puede suponer ahorros superiores al 60%. Por ello se recomienda utilizar sistemas de control por presencia o pulsadores temporizados. (Lausín, 2016)

Zonas especiales.

Los sistemas de regulación y control apagan, encienden y regulan el consumo de energía eléctrica según interruptores, detectores de movimiento y presencia, células fotosensibles o calendarios y horarios preestablecidos. Permiten un mejor aprovechamiento de la energía consumida, reduciendo los costes energéticos y de mantenimiento, además de dotar de flexibilidad al sistema de iluminación. El ahorro energético conseguido al instalar este tipo de sistemas puede ser de hasta un 70%. (LEÓN, 2015)

Tipos de lámparas

Lámparas incandescentes



Figura 35: Lámpara incandescente normal

Fuente: (Silva, 2017)

La lámpara incandescente produce luz por medio del calentamiento eléctrico de un alambre (filamento) a una temperatura tan alta que la radiación se emite en el campo visible del espectro. Son las más antiguas fuentes de luz conocidas con las que se obtiene la mejor reproducción de los colores, con una luz muy cercana a la luz natural del sol. Su desventaja

es la corta vida de funcionamiento, baja eficacia (ya que el 90% de la energía se pierde en forma de calor). La ventaja es que tienen un costo de adquisición bajo y su instalación resulta simple, al no necesitar de equipos auxiliares (Silva, 2017).

Características:

- Apariencia de color: blanco cálido
- Temperatura de color: 2600 K
- Reproducción de color: Ra 100
- Vida útil: 1000 h



Figura 36: Lámpara incandescente halógena de tungsteno.

Fuente: (Silva, 2017)

Las lámparas incandescentes halógenas de tungsteno tienen un funcionamiento similar al de las lámparas incandescentes normales, con la salvedad de que el halógeno incorporado en la ampolla ayuda a conservar el filamento. Aumenta así la vida útil de la lámpara, mejora su eficiencia luminosa, produce una mayor temperatura de color y genera poca o ninguna depreciación luminosa en el tiempo, manteniendo una reproducción del color excelente (Silva, 2017).

Características:

- Apariencia de color: blanco
- Temperatura de color: 29000 K
- Reproducción de color: Ra 100
- Vida útil: 2000 – 5000 h

Lámparas de descarga



Figura 37: Lámpara de sodio de baja presión

Fuente: (Silva, 2017)

Existe una gran similitud entre el trabajo de una lámpara de sodio de baja presión y una lámpara de mercurio de baja presión. Sin embargo, mientras que en la última la luz se produce al convertir la radiación ultravioleta de la descarga del mercurio en radiación visible, utilizando un polvo fluorescente en la superficie interna; la radiación visible de la lámpara de sodio de baja presión se produce por la descarga de sodio. La lámpara producirá una luz de color amarillo, ya que en casi la totalidad de su espectro predominan las frecuencias cerca del amarillo. La reproducción de color será la menos valorada de todos los tipos de luminaria. De todas formas, se trata de la lámpara de mayor eficiencia luminosa y larga vida (Silva, 2017).

Características:

- Apariencia de color: amarillo
- Temperatura de color: 1800 K
- Reproducción de color: no aplicable
- Vida útil: 14000 h



Figura 38 Lámpara de sodio de alta presión

Fuente: (Silva, 2017)

La diferencia de presiones del sodio en el tubo de descarga es la principal y más sustancial variación con respecto a las lámparas anteriores. El exceso de sodio en el tubo de descarga, para dar condiciones de vapor saturado además de un exceso de mercurio y Xenón, hacen que tanto la temperatura de color como la reproducción del mismo mejoren notablemente respecto a las anteriores. De todas formas, se mantienen las dos ventajas de las lámparas de sodio de baja presión: la eficacia energética elevada y su larga vida (Silva, 2017).

Características:

- Apariencia de color: blanco amarillo
- Temperatura de color: 2000 – 2500 K
- Reproducción de color: Ra 25 – Ra 80
- Vida útil: 16000 h



Figura 39: Lámpara de mercurio de baja presión

Fuente: (Silva, 2017)

Estas lámparas son de descarga de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce predominantemente mediante polvos fluorescentes activados por la energía ultravioleta de la descarga. Tienen mayor eficacia luminosa que las lámparas incandescentes normales y muy bajo consumo energético. Son lámparas más costosas de adquisición y de instalación, pero se compensa por su larga vida de funcionamiento. La reproducción del color es su punto débil, aunque en los últimos años se están consiguiendo niveles aceptables. (Silva, 2017).

Características:

- Apariencia de color: diferentes blancos
- Temperatura de color: 2600 – 6500 °K
- Reproducción de color: Ra 50 – Ra 95
- Vida útil: 10000 h



Figura 40: Lámpara de mercurio de alta presión

Fuente: (Silva, 2017)

En estas lámparas la descarga se produce en un tubo de descarga que contiene una pequeña cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte para asistir al encendido. Una parte de la radiación de la descarga ocurre en la región visible del espectro como luz, pero una parte también se emite en la región ultravioleta. Cubriendo la superficie interior de la ampolla exterior, con un polvo fluorescente que convierte esta radiación ultravioleta en radiación visible, la lámpara ofrecerá mayor iluminación que una versión similar sin dicha capa. Aumentará así la eficacia lumínica y mejorará la calidad de color de la fuente, como la reproducción del color (Silva, 2017).

Características:

- Apariencia de color: blanco
- Temperatura de color: 4000 K
- Reproducción de color: Ra 45
- Vida útil: 16000 h



Figura 41: Lámpara mezcladora

Fuente: (Silva, 2017)

La lámpara mezcladora deriva de la lámpara convencional de mercurio de alta presión. La diferencia principal entre estas dos es que la última depende de un balasto externo para estabilizar la corriente de la lámpara y la lámpara mezcladora posee un balasto incorporado en forma de filamento de tungsteno conectado en serie con el tubo de descarga. La luz de descarga del mercurio y aquella del filamento caldeado se combinan o se mezclan para lograr una lámpara con características operativas totalmente diferentes a aquellas que poseen tanto una lámpara de mercurio puro como una incandescente. La principal ventaja es que concentra las ventajas de ambos tipos (Silva, 2017).

Características

- Apariencia de color: blanco
- Temperatura de color: 3600 K
- Reproducción de color: Ra 60
- Vida útil: 6000 h



Figura 42: Lámpara de mercurio halogenado

Fuente: (Silva, 2017)

Las lámparas de mercurio halogenado son de construcción similar a las de mercurio de alta presión. La diferencia principal entre estos dos tipos es que el tubo de descarga de la primera contiene una cantidad de haluros metálicos además del mercurio. Estos haluros son en parte vaporizados cuando la lámpara alcanza su temperatura normal operativa. El vapor de haluros se disocia luego, dentro de la zona central caliente del arco, en halógeno y en metal. Con el metal vaporizado irradia un espectro apropiado. Hasta hace poco estas lámparas han tenido una mala reputación, al tener un color inestable, precios elevados y poca vida. Hoy han mejorado aumentando su eficacia lumínica y mejorando el índice de reproducción del color, punto débil en el resto de lámparas de descarga (Silva, 2017)

Características:

- Apariencia de color: blanco frío
- Temperatura de color: 4800 – 6500 K
- Reproducción de color: Ra 65 – Ra 95
- Vida útil: 9000 h

Lámparas de inducción electromagnética



Figura 43: Lámpara de inducción electromagnética interna de alta frecuencia.

Fuente: (Silva, 2017)

La lámpara de inducción introduce un concepto nuevo en la generación de la luz. Basada en el principio de descarga de gas a baja presión, la principal característica del sistema de la lámpara nuevo es que prescinde de la necesidad de los electrodos de originar la ionización. En cambio, utiliza una antena interna, cuya potencia proviene de un generador externo de alta frecuencia para crear un campo electromagnético dentro del recipiente de descarga y esto es lo que induce la corriente eléctrica en el gas a originar su ionización. La ventaja principal que ofrece este avance es el enorme aumento en la vida útil de la lámpara (Silva, 2017).

Características:

- Apariencia de color: diferentes blancos
- Temperatura de color: 2700 – 4000 K
- Reproducción de color: Ra 80
- Vida útil: 60000 h



Figura 44: La lámpara de inducción electromagnética externa de baja frecuencia.

Fuente: (Silva, 2017)

La Lámpara de IEM EXTERNA de baja frecuencia está compuesta por un bulbo, una antena de doble poder y una fuente de poder (alimentación). Después de la llegada de energía a la fuente de poder, el generador de alta frecuencia envía un voltaje constante hacia los 2 anillos metálicos, a través de un cable de alta frecuencia. Los anillos son los encargados de producir el campo magnético alrededor del tubo de vidrio. En otras palabras, el acoplador de energía (anillos metálicos), que se instalan en el exterior del bulbo, conectado con el balastro electrónico de la lámpara a través del cable de alta frecuencia, va a crear un fuerte campo magnético estático en el espacio de descarga de la cáscara de cristal. Así, la ruta circular del campo magnético, motivado por el bucle, forma un circuito cerrado, lo que genera la aceleración de los electrones libres. Entonces, estos electrones libres que chocan con los átomos de mercurio, permiten que el gas que se encuentra al vacío dentro del bulbo genere una reacción e ionización del mismo, formando un plasma. Cuando los átomos de plasma reaccionan, la energía obtenida anteriormente se irradia en forma de 253.7nm de radiación ultravioleta, cumpliendo con el proceso de transformación de la energía. Entonces, el fósforo tricolor que posee el bulbo en su superficie interna será estimulado, lo que permitirá emitir una luz visible (Silva, 2017).

Características

- Apariencia de color: blanco
- Temperatura de color: 29000 K
- Reproducción de color: Ra 100
- Vida útil: 2000 – 5000 h

Lámpara LED



Figura 45: Lámpara LED.

Fuente: (Silva, 2017)

Una lámpara de LED es una lámpara de estado sólido que usa LED (Light-Emitting Diode, Diodos Emisores de Luz) como fuente luminosa. Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las lámparas de LED deben incluir circuitos internos para operar desde el voltaje CA estándar. Las lámparas LED se dañan a altas temperaturas, por lo que las lámparas de LED tienen elementos de gestión del calor, tales como disipadores y aletas de refrigeración (Silva, 2017).

Debido a que la luz capaz de emitir un LED no es muy intensa, las lámparas LED están compuestas por agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada. Así logran alcanzar una intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes, como las incandescentes o las fluorescentes compactas. Actualmente las lámparas de LED se pueden usar para cualquier aplicación comercial, desde el alumbrado decorativo hasta el de viales y jardines, presentado ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético, arranque instantáneo, aguante a los encendidos y apagados continuos y su mayor vida útil. Su principal inconveniente es su elevado costo inicial (Silva, 2017).

Características:

- Apariencia de color: Blanco Cálido, Blanco Neutro, Luz Fría y RGB
- Temperatura de color: 2700 – 10000 K
- Reproducción de color: Ra 100
- Vida útil: 50.000 – 100.000 h

Balastos.

El balasto es el componente que limita el consumo de corriente de la lámpara a sus parámetros óptimos; cuando el balasto es electromagnético comúnmente se le conoce como reactancia, ya que es frecuente el uso de inductancias como dispositivo de estabilización.

El balasto asociado a la lámpara o lámparas, deben proporcionar a éstas los parámetros de trabajo dentro de los límites de funcionamiento establecidos en las normas y con las menores pérdidas de energía posibles. Desde el punto de vista de la eficiencia energética, existen tres tipos de balastos con las siguientes pérdidas sobre la potencia de la lámpara, según tipo de lámpara, número de lámparas asociadas al equipo y potencia de las mismas:

Tabla 23: Tabla de pérdidas de energía.

Rango de pérdidas	Tipo de Balasto			
	Tipo de Lámpara	Magnético estándar	Magnético bajas pérdidas	Electrónico
Fluorescencia		20-25 %	14-16 %	8-11 %
Descarga		14-20%	8-12 %	6-8 %
Halógenas baja tensión		15-20 %	10-12 %	5-7 %

Fuente:. (IDAE, 2001)

Eficiencia energética en iluminación en exteriores.

Una buena iluminación proporciona a los estudiantes y profesores, un ambiente agradable y estimulante, es decir un confort visual que les permite seguir su actividad sin demandar de ellos un sobre esfuerzo visual. Por otro lado, la diferencia de edad en el alumnado para una misma dependencia, en principio nos debe hacer tener en consideración la diferencia de visión que existe según edad, así como los posibles defectos de visión de algunas de estas personas.

En una instalación de alumbrado de un a centro docente, se puede encontrar una problemática específica, tal como:

- Luz natural que entra por una ventana y dificulta la visión del o de los tableros existentes en el aula, llegando a hacer imposible la lectura de su contenido.
- Luminarias mal ubicadas o deficientemente apantalladas, que permiten la visión directa de las lámparas, y producen deslumbramientos directos.

- Lámparas de temperatura de color y potencia inadecuada a la instalación, que tanto por defecto como por exceso, pueden hacer indescifrable la escritura realizada sobre un cuaderno escolar.
- Una deficiente distribución de los emisores de luz, tanto natural como artificial, hacen que la propia sombra de la mano o del cuerpo del alumno, distorsione la correcta visión que debe disfrutar el mismo.

Desde el punto de vista energético y medioambiental, podemos destacar que el nivel de iluminación respecto al consumo total de energía de un centro docente varía entre un 20% y un 90%, según la zona geográfica donde esté ubicado.

Pero lo más destacado del sector de la iluminación en centros docentes es que se estima que tiene un potencial de ahorro del 20%, lo que supondría reducir las emisiones en unas 92.000 toneladas de CO₂/año.

Por tanto, es muy importante la utilización de iluminación eficiente, mediante luminarias de alto rendimiento, que incorporen equipos de bajo consumo unidas al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar, lo que permitirá tener unos buenos niveles de confort sin sacrificar la eficiencia energética.

Iluminación exterior

En muchos centros docentes la actividad continúa cuando la luz solar ya no existe, y es por ello importante tener en consideración varios aspectos relacionados con el alumbrado de exteriores.

Las fachadas de los edificios, sus alrededores y las áreas para actividades deportivas exteriores, deben ser iluminadas para la realización de la actividad y por seguridad general, así como por la protección contra el vandalismo y robo.

El alumbrado exterior y el de seguridad están tan próximos el uno al otro, que deben ser considerados conjuntamente. A menudo la misma instalación puede servir para los dos propósitos.

El alumbrado exterior de los centros docentes debe facilitar la aproximación y entrada en los mismos durante las horas nocturnas, tanto a pie como en cualquier vehículo, facilitar la seguridad del edificio y de su contenido y realzar la arquitectura del mismo. Paseos, caminos, calles interiores y aparcamientos deben ser iluminados durante las horas nocturnas de forma

convencional. Las entradas y salidas del edificio deben ser más intensamente iluminadas con fuentes de luz eficientes.

El alumbrado de las fachadas del edificio por medio de proyectores alejados del mismo, es una excelente estrategia para conseguir el alumbrado de seguridad en los siguientes sentidos:

- Facilitando la visión directa de las personas y de la estructura exterior del edificio.
- Permitiendo la observación de los intrusos, bien directamente por sus siluetas recortadas contra los puntos emisores de luz o por la sombra proyectada sobre las paredes del edificio.
- Reduciendo o eliminando el deslumbramiento que a menudo producen los proyectores situados en las paredes del edificio.

Las luminarias y proyectores destinados a la iluminación de seguridad, pueden ser colocadas en postes, árboles, paredes o edificios próximos y en pedestales especiales.

Son necesarias fuentes de luz de alta eficacia, tales como las de alta intensidad de descarga, que, instaladas en luminarias estancas y antivandálicas, pueden proporcionar un resultado atractivo, eficiente y funcional al sistema de alumbrado exterior y de seguridad.

Tipos de luminarias recomendadas

Las luminarias a utilizar en se pueden analizar por características de montaje, eléctricas o por condiciones operativas, pero siempre cumpliendo lo establecido por las normas vigentes, que define como luminaria al aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

Para las luminarias a instalar en cada zona se considerarán los aspectos siguientes:

- Distribución fotométrica de la luminaria.
- Rendimiento de la luminaria.
- Sistema de montaje al techo, pared, etc.
- Grado de protección (IP XXX):
- 1ª cifra: grado de estanqueidad al polvo o partículas sólidas.
- 2ª cifra: grado de estanqueidad a los líquidos. 3ª cifra: determina la resistencia al impacto.
- Clase eléctrica
- Cumplimiento de la normativa que les aplica (IDAE, 2001)