



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

“ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA UNIDAD PROFESIONAL ZACATENCO”

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO EXTERIOR PARA
LOS ESTACIONAMIENTOS DE LA E.S.I.M.E. UNIDAD
ZACATENCO, POR MEDIO DE LUMINARIAS CON TECNOLOGÍA
LED

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTAN:

GONZÁLEZ MACEDA HUGO
GONZÁLEZ MADRID JOSÉ LUIS

ASESORES:

M. EN C. HERNÁNDEZ LEDESMA DAVID
ING. LÓPEZ SIERRA EVERARDO



MÉXICO, D.F. MARZO DEL 2015

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

T E M A D E T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN
DEBERA (N) DESARROLLAR**

**INGENIERO ELECTRICISTA
TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
HUGO GONZÁLEZ MACEDA
JOSÉ LUIS GONZÁLEZ MADRID**

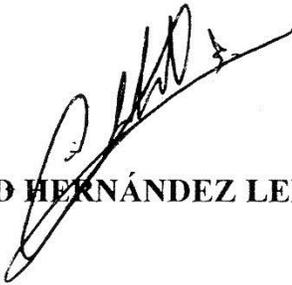
**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO EXTERIOR PARA LOS ESTACIONAMIENTOS
DE LA E.S.I.M.E. UNIDAD ZACATENCO POR MEDIO DE LUMINARIAS CON TECNOLOGÍA LED”**

**PROPONER UN SISTEMA DE ALUMBRADO EFICIENTE QUE CUMPLA CON LAS NORMAS VIGENTES
EN ILUMINACIÓN EN MÉXICO.**

- **ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ALUMBRADO ACTUAL.**
- **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO EXTERIOR POR MEDIO DE TECNOLOGÍA LED.**
- **ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LA PROPUESTA.**

MÉXICO, D.F. A 31 DE AGOSTO DEL 2015.

ASESORES


M. EN C. DAVID HERNÁNDEZ LEDESMA


ING. EVERARDO LÓPEZ SIERRA


ING. CESAR DAVID RAMIREZ ORTA
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO
DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

JEFATURA DE INGENIERIA ELECTRICA

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco al Instituto Politécnico Nacional por haberme aceptado y ser parte de ella, y muy en especial a la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, A mis profesores por haberme tenido paciencia y transmitido sus conocimientos.

Dedicado de manera especial a mis padres pues ya que ellos fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, y me han brindado el amor y la calidez de la familia que amo.

De igual manera a todos mis amigos que me he encontrado durante todos estos años de educación media y superior por brindarme su apoyo incondicional.

González Madrid José Luis.

Agradezco a mi familia por haber sido el impulso para mi crecimiento profesional, a mis papas y hermano por confiar en mí y apoyarme en todos los retos que surgieron en el transcurso de mi carrera.

Dedico este trabajo al Instituto Politécnico Nacional por haberme inculcado el deseo de triunfo desde el CECyt No. 8 y a la E.S.I.M.E. Zacatenco por haber terminado de formarme como Ingeniero.

Gracias a todas las personas que me acompañaron en el transcurso de la carrera, las cuales actualmente son mis grandes amigos.

González Maceda Hugo.

DEDICATORIAS

Al Ing. Ledesma; Por habernos apoyado en el desarrollo de este trabajo, además como su apoyo como amigo y profesor que nos ha brindado desde lapso que lo conocimos.

Al Ing. Everardo; Por su apoyo y confianza que siempre nos brindó cuando fue requerida.

A Enrique y a Eduardo, por habernos apoyado en el proceso de este trabajo.

ÍNDICE

I.- Resumen.....	5
II.- Introducción.....	6
III.- Planteamiento del Problema.....	8
IV.- Justificación.....	9
V.- Viabilidad.....	10
VI.- Objetivos.....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos.....	11
Capítulo 1. Sistemas de Iluminación.....	12
1.1 Sistema.....	13
1.1 Sistema de Iluminación.....	13
1.2 Iluminación.....	14
1.2.1 Iluminancia.....	15
1.2.2 Luminancia.....	16
1.2.3 Flujo Luminoso.....	17
1.2.4 Intensidad Luminosa.....	18
1.2.5 Rendimiento Luminoso.....	18
1.2.6 Curvas Fotométricas.....	19
1.2.7 Color.....	20
1.3 Fuentes de Luz.....	22
1.3.1 Lámparas de Descarga Eléctrica para Aplicaciones en Iluminación.....	24
1.3.2 Equipos Auxiliares o Balastos.....	31
1.3.3 Luminarias.....	32
1.4 LED.....	34
1.4.1 Funcionamiento Físico de un LED.....	35
1.4.2 Clasificación del LED.....	36
1.4.3 Partes de un LED “Tipo Iluminador de Alta Potencia”.....	37
1.4.4 La Vida Útil del LED.....	38
1.4.5 Ventaja del LED.....	39
1.4.6 Drivers.....	41

1.4.7	Partes de Una Luminaria LED.....	42
Capítulo 2.	Sistemas de Alumbrado Exterior	43
2.1.	Sistema de Iluminación Exterior.....	44
2.1.1.	Alumbrado Público.....	44
2.1.2.	Normatividad para Alumbrado de Estacionamientos Abiertos.....	46
2.1.2.1.	NOM-025-STPS-2008.....	46
2.1.2.4.	NOM-013-ENER-2013	52
2.2.	Alumbrado para Exteriores.....	58
2.3.	Calculo de Iluminación para Exteriores.....	62
2.3.1.	Método por Tanteo o Estimación por el Método de Lumen	63
2.4.	Tarifas Eléctricas en México.....	68
2.4.1.	Tarifas Específicas.....	69
2.4.2.	Tarifas Generales:	72
2.4.2.1.	Tarifas Generales de Baja Tensión	72
2.4.2.2.	Tarifas Generales en Media Tensión:	73
2.4.2.3.	Tarifas Generales en Alta Tensión:	73
2.5.	Costo de la Energía.....	74
Capítulo 3.	Análisis Técnico	76
3.1.	Análisis Técnico de los Sistemas de Alumbrado Exterior de los Estacionamientos de la E.S.I.M.E Unidad Zacatenco.....	77
3.1.1.	Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (E.S.I.M.E.) Zacatenco.....	77
3.1.2.	Ubicación Geográfica.....	78
3.1.3.	Análisis Técnico de los Sistemas Actuales de Alumbrado Exterior en E.S.I.M.E. Zacatenco.....	79
3.1.3.1.	Estacionamiento 1.....	80
3.1.3.1.1.	Iluminancia Promedio del Estacionamiento 1.....	94
3.1.3.1.2.	Densidad de Potencia Eléctrica del Estacionamiento 1.....	95
3.1.3.2.	Estacionamiento 2.....	95
3.1.3.2.1.	Iluminancia Promedio del Estacionamiento 2	106
3.1.3.2.2.	Densidad de Potencia Eléctrica del Estacionamiento 2.....	107
3.1.3.3.	Estacionamiento 3.....	107
3.1.3.3.1.	Iluminancia Promedio del Estacionamiento 3.....	118
3.1.3.3.2.	Densidad de Potencia Eléctrica.....	119

3.1.3.4.	Estacionamiento 4.	119
3.1.3.4.1.	Iluminancia Promedio del Estacionamiento 4.	130
3.1.3.4.2.	Densidad de Potencia Eléctrica.	131
3.1.3.5.	Estacionamiento 5.	131
3.1.3.5.1.	Iluminancia Promedio del Estacionamiento 5.	141
3.1.3.5.2.	Densidad de Potencia Eléctrica.	143
3.1.2.	Tabla de Resultados del Análisis Técnico de los Estacionamientos de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.	143
3.2.	Propuesta de Alumbrado Exterior Para los Estacionamientos de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.	146
3.2.2.	Descripción de Luminaria a Utilizar en la Propuesta de Alumbrado Exterior.	147
3.1.1.1.	Luminario General Electric EnvolvTM LED Roadway Lighting Cobrahead Escalables ERS2.	147
3.1.1.2.	Factores del Luminario para el Diseño de un Sistema de Iluminación.	149
3.2.3.	Calculo de Alumbrado exterior para el Estacionamiento 1 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.	151
3.2.3.1.	Primera Sección del Estacionamiento 1.	152
3.2.3.2.	Segunda Sección del Estacionamiento 1.	155
3.2.3.3.	Tercera Sección del Estacionamiento 1.	158
3.2.3.4.	Cuarta Sección del Estacionamiento 1.	161
3.2.3.5.	Quinta Sección del Estacionamiento 1.	164
3.2.3.6.	Sexta Sección del Estacionamiento 1.	167
3.2.4.	Calculo de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 2 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.	170
3.2.4.1.	Primera Sección del Estacionamiento 2.	170
3.2.4.2.	Segunda Sección del Estacionamiento 2.	173
3.2.4.3.	Tercera Sección del Estacionamiento 2.	176
3.2.4.4.	Cuarta Sección del Estacionamiento 2.	179
3.2.5.	Cálculo de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 3 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.	182
3.2.5.1.	Primera Sección del Estacionamiento 3.	182
3.2.5.2.	Segunda Sección del Estacionamiento 3.	185
3.2.5.3.	Tercera Sección del Estacionamiento 3.	188

3.2.5.4.	Cuarta Sección del Estacionamiento 3.....	191
3.2.6.	Calculo de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 4 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.....	194
3.2.6.1.	Primera Sección del Estacionamiento 4.....	194
3.2.6.2.	Segunda Sección del Estacionamiento 4.....	197
3.2.6.3.	Tercera Sección del Estacionamiento 4.....	200
3.2.6.4.	Cuarta Sección del Estacionamiento 4.....	203
3.2.7.	Calculo de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 5 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.....	206
3.2.7.1.	Primera Sección del Estacionamiento 5.....	206
3.2.7.2.	Segunda Sección del Estacionamiento 5.....	209
3.2.7.3.	Tercera Sección del Estacionamiento 5.....	212
3.2.7.4.	Cuarta Sección del Estacionamiento 5.....	215
3.3.	Tabla de Resultados de Iluminancias Obtenidas en la Propuesta de Alumbrado Exterior por Método de Estimación por Lumen.....	218
3.4.	Tabla de Resultados de Densidad de Potencia Eléctrica Para Alumbrado con el Sistema de Alumbrado Exterior de Acuerdo a la NOM-013-ENER-2013.....	219
3.5.	Comprobación de Iluminancia e Uniformidad del Sistema de Alumbrado Exterior por Medio del Software Dialux.....	220
3.5.1.	Estacionamiento 1.....	221
3.5.2.	Estacionamiento 2.....	225
3.5.3.	Estacionamiento 3.....	230
3.5.4.	Estacionamiento 4.....	234
3.5.5.	Estacionamiento 5.....	238
3.6.	Cálculo del Factor de Mantenimiento para la Instalación de Luminarias en Vapor de Sodio en Alta Presión o Mercurio en Alta Presión ocupado para.....	242
3.7.	Análisis Técnico entre Luminarias de Alta Presión y Luminarias LED.....	245
Capítulo 4	248
Estudio-Económico.	248
4.1.1	Instalación Eléctrica Requerida para Propuesta de Alumbrado Exterior en Estacionamientos de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco por medio de tecnología LED.	249
4.2	Análisis del Consumo Energético.....	251
4.2.1.	Calculo de Tarifa Eléctrica para la E.S.I:M.E. en Alumbrado Exterior.....	251
4.2.1.1.	Primer Periodo del Año Enero - Marzo.....	251

4.2.1.2.	Para el Segundo Periodo del Año Abril-Octubre.....	253
4.2.1.3.	Para el Tercer Periodo del Año Noviembre-Diciembre.....	254
4.2.1.4.	Clasificación De Horas De Consumo Eléctrico De Acuerdo A Su Periodo En Las Que Fueron Consumidas, Y Tarifas Para Cada Periodo.....	256
4.2.2.	Calculo de Costos de Energía Eléctrica en la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco 257	
4.2.2.1.	Comparación del costo de Energía Eléctrica en el Periodo Intermedio en el lapso de un año.....	257
4.2.2.2.	Comparación del Costo de la Energía Eléctrica en el Periodo Punta en el Lapso de un Año.....	258
4.2.2.3.	Comparación del costo de la Energía Eléctrica en el Periodo Base en un lapso de un año.....	258
4.2.3.	Comparativa de Gastos del Consumo Energético.....	259
4.3	Análisis por Gastos Producidos por Costos de Mantenimiento en el Sistema de Alumbrado Exterior Actual contra el Propuesto.....	259
4.3.1.1.	Mantenimiento Preventivo de Limpieza.....	260
4.3.1.2.	Mantenimiento Preventivo Eléctrico para Instalaciones HID y LED.....	261
4.3.2.	Costos por Poda de Árboles.....	263
4.4	Análisis Costo – Beneficio Entre la Instalación Actual y la Propuesta por Medio de Tecnología LED.....	264
	Conclusiones y Recomendaciones.....	267
5.1.	Conclusiones.....	268
5.2.	Recomendaciones.....	274
	Índice de imágenes:.....	279
	Índice de Tablas:	283
	Capítulo 5	284
	Índice de Ecuaciones:	285
	Referencias.....	286
	Anexos	

I.- Resumen.

En el presente trabajo se menciona la situación actual de los Sistemas de Alumbrado Exterior de los Estacionamientos que se comprenden del 1 al 5 que corresponden a la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco, por medio de un análisis apegado a la NOM-025-STPS-2008 y la NOM-013-ENER-2013, así mismo se hace la propuesta para el propio Sistema de Alumbrado Exterior por medio de Luminarias con tecnología LED, apegadas a las mismas normas que hacemos referencia en los estudios de iluminancia. También se realiza un análisis económico para el Sistema de Alumbrado Exterior Propuesto respecto a los gastos que produce el consumo de eléctrico, así mismo también contiene un análisis de costos por mantenimiento e instalación, concluyendo con análisis Costo Beneficio para determinar la viabilidad de nuestro proyecto.

II.- Introducción.

Actualmente en el mercado de iluminación se está haciendo uso de luminarias con tecnología LED, la cual está siendo innovadora debido a su bajo consumo energético y su alto rendimiento luminoso que producen estas, nuestro estudio busca analizar este tipo de luminarias en instalaciones de alumbrado exterior.

Dentro del primer capítulo se menciona todos los conceptos que conciernen a los sistemas de iluminación. Así mismo habla del funcionamiento de lámparas convencionales utilizadas en los sistemas actuales de Alumbrado Exterior y de las luminarias con tecnología LED utilizadas en dichos sistemas.

En el segundo capítulo se hace el enfoque a la normativa que rige los Sistemas de Alumbrado Exterior, ya que en México existen dos normas referentes que coordinan el funcionamiento de los Sistemas de Iluminación, una de ellas es la NOM-025-STPS-2008 que menciona las condiciones de iluminancia necesarias en los espacios compartidos por el personal que ocupa las instalaciones, la cual cubre instalaciones interiores y exteriores, pero también existe la NOM-013-ENER-2013 que es la encargada de regular las instalaciones nuevas de los Sistemas de Iluminación Exterior ya sean públicas o privadas, en esta norma menciona los procedimientos necesarios para evaluar un Sistema de Iluminación, así también menciona las condiciones máximas de Iluminancia y Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado utilizadas en dichos sistemas.

Dentro del capítulo tercero se realiza el Estudio de Iluminancia de acuerdo a la norma que regulan los sistemas actuales de Alumbrado Exterior arrojando los resultados para conocer si las instalaciones cumplen. También se hace la propuesta con un Sistema de Alumbrado Exterior por medio de Luminarias con tecnología LED.

Para así poder determinar en el capítulo cuarto mediante un estudio económico, el desglose de los gastos provocados por el consumo energético así como el

mantenimiento necesario para que las instalaciones funcionen adecuadamente, concluyendo con un análisis Costo- Beneficio que justifiquen las instalaciones.

Concluyendo en el quinto capítulo con las conclusiones y recomendaciones de nuestra propuesta.

III.- Planteamiento del Problema.

En la evolución de los sistemas de iluminación, en el área de alumbrado público se han desarrollado nuevas tecnologías que apenas se están comenzando a implementar. El alumbrado público se divide en dos sectores, el primero es para vialidades y el segundo es para estacionamientos. Dentro de los estacionamientos se clasifican en dos tipos los cuales pueden ser: abiertos, cerrados o techados. Los estacionamientos localizados en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco son del tipo abiertos, en los cuales su sistema de alumbrado está conformado por lámparas de descarga eléctrica, en su mayoría de Vapor de Sodio en Alta Presión aunque en algunas luminarias aún existen de Vapor de Mercurio en Alta Presión, este tipo de lámparas tienen un consumo elevado de energía eléctrica.

El mantenimiento a los sistemas de alumbrado en los estacionamientos es casi nulo, lo cual genera que estos sistemas se conviertan en obsoletos, provocando la sensación de inseguridad en los usuarios además de que pueden convertirse en la causa de accidentes dentro de estos.

Nuestra propuesta de tesis es para la iluminación de los estacionamientos de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco, por medio de luminarias LED, lo cual nos hace preguntar; ¿La iluminación con tecnología led en estacionamientos ahorrara energía y tendrá mejor desempeño que las luminarias actuales?

IV.- Justificación.

En el área de iluminación surgió recientemente una tecnología nueva para alumbrado por medio de luminarios LED, los cuales cuentan con alta eficiencia en iluminación, bajo consumo energético, vida útil de hasta 50,000 horas, alta calidad en la luz, bajo costo de mantenimiento, versatilidad de voltaje de alimentación, adaptabilidad en el cableado de instalación, bajas pérdidas por calor, mayor resistencia térmica y mecánica al impacto, respuesta rápida, además de que ofrece protección al medio ambiente, esta tecnología es costosa en su inversión inicial pero el consumo energético que ofrecen estos luminarios es bajo, lo cual lo hace parecer un proyecto redituable en un plazo determinado.

Los estacionamientos son la primera vista hacia la escuela por lo tanto; si se cuenta con una iluminación vanguardista, esta se convierte atractiva para las personas. De igual manera contando con una iluminación óptima en el estacionamiento se prevería robos a vehículos y a transeúntes que se encuentren en los estacionamientos por la noche.

Cual sea el área a iluminar, contando con un sistema de iluminación adecuado se disminuyen los riesgos de accidentes y se cuenta con una zona de seguridad hacia los usuarios.

V.- Viabilidad.

El mayor beneficio de implementar un sistema de iluminación por medio de tecnología LED en los estacionamientos, es tener un bajo mantenimiento ya que la depreciación luminosa en una luminaria LED es muy baja debido al diseño hermético con la que son producidas estas luminarias, también se contara con una alta calidad de iluminación, apoyando al ahorro de energía eléctrica por medio de este sistema, ya que una luminaria LED reduce en un 40% el consumo energético ofreciendo las mismas condiciones de iluminancia necesarias con lo cual sería una forma de prevenir accidentes y robos a los usuarios de los estacionamientos de la E:S.I.M.E. Unidad Zacatenco.

VI.- Objetivos.

Objetivo General.

Proponer el diseño de un sistema de iluminación exterior por medio de la tecnología LED para la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco que cumpla con la NOM-025-STPS-2008 y la NOM-013-ENER-2013.

Objetivos Específicos.

- ✓ Analizar las problemáticas del sistema de iluminación actual en la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco para poder solucionarlas.
- ✓ Realizar un estudio comparativo entre los sistemas de iluminación convencionales y los sistemas de iluminación LED.
- ✓ Realizar un estudio de costo-beneficio para poder determinar si es viable la instalación por medio de la tecnología LED.
- ✓ Desarrollar la propuesta del sistema de iluminación LED para estacionamientos de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.

Capítulo 1.

Sistemas de Iluminación

1.1 Sistema.

“Un sistema es un grupo de componentes que pueden funcionar recíprocamente para lograr un propósito común. Son capaces de reaccionar juntos al ser estimulados por influencias externas. El sistema no está afectado por sus propios egresos y tiene límites específicos en base de todos los mecanismos de retroalimentación significativos” (Spedding 1979).

Un sistema siempre recibe datos, energía y materia que son “entradas” y proveen información, energía o materia que son las “salidas” del sistema.

1.1 Sistema de Iluminación.

Un sistema de iluminación está integrado por elementos que operan en conjunto para transferir cierta cantidad de luz, y de esta manera iluminar un área determinada. En este sistema todos los equipos de alumbrados se agrupan de forma tal que se alcancen un nivel de iluminación adecuada y suficiente.

Según Fink: " Un sistema de alumbrado local y general consta de un arreglo funcional de luminarias con respecto al trabajo visual o zona de trabajo".

1.2 Iluminación.

Según el Manual práctico del alumbrado (2007) de Gilberto Enríquez Harper; la define como el flujo luminoso por unidad de superficie, se designa con el símbolo “E” y se mide en Lux¹, como lo podemos observar en las ecuaciones 1.1 y 1.2.

$$Lux = \frac{Lumen}{m^2} \quad (\text{Ecuación 1. 1})$$

$$E = \frac{Flujo\ luminoso}{Unidad\ de\ superficie} = \frac{\phi}{S} \quad (\text{Ecuación 1. 2})$$

Se puede decir también que la iluminación de una superficie es el flujo luminoso que cubre cada unidad de la misma, en la Imagen 1.1 se puede observar como el flujo luminoso (lumen) incide sobre la unidad de medida al cuadrado (metro cuadrado) y la cantidad de luz que la superficie emite al entorno (Lux).

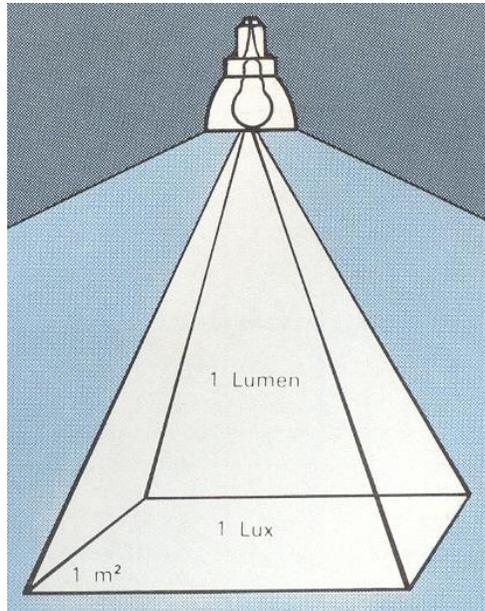


Imagen 1.1 Concepto de iluminación. (Manual práctico del alumbrado, 2007, p. 19)

La iluminación es el principal dato de proyecto para una instalación de alumbrado y se puede medir por medio de un instrumento denominado luxómetro, como una idea para orientar respecto a los valores de iluminación.

1.2.1 Iluminancia.

La iluminancia indica la cantidad de luz que manda algo hacia el entorno, se puede medir desde cualquier distancia, siempre y cuando lo que queremos medir este dentro del encuadre del luxómetro, que es el aparato que mide la luminancia.

Su unidad en sistema internacional es el lux (lx), el cual está definido como un lumen sobre una unidad del sistema métrico (metro) al cuadrado, como se observa en la ecuación 1.3.

$$1 \text{ lux} = \frac{1 \text{ lumen}}{1 \text{ m}^2} \quad (\text{Ecuación 1. 3})$$

1.2.2 Luminancia.

La luminancia o brillantes así como la intensidad luminosa emitida en una dirección determinada por una superficie luminosa o iluminada (fuente secundaria de luz).

En otras palabras, expresa el efecto de la luminosidad que una superficie produce sobre el ojo humano, ya sea fuente primaria (lámpara o aparato de iluminación) o secundaria.

Se usa la letra “L” para su designación y se mide en candelas/m², y actúa como se observa en la Imagen 1.2.

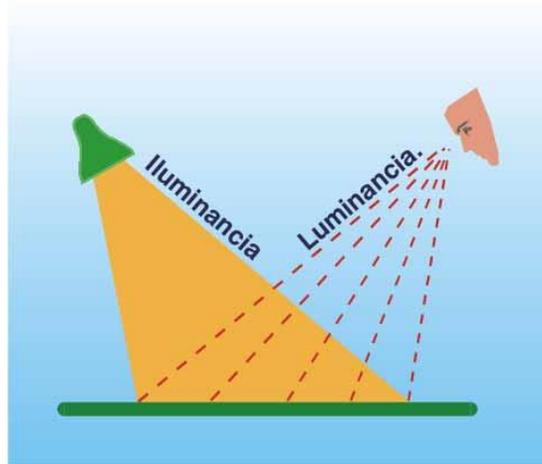


Imagen 1.2 Luminancia. Recuperada de: http://images.slideplayer.es/2/1018354/slides/slide_30.jpg

1.2.3 Flujo Luminoso.

La cantidad de luz emitida por una fuente luminosa (puede ser una lámpara) en la unidad de tiempo (segundo). La unidad de medida del flujo luminoso es el “lumen”¹ como se muestra en la Imagen 1.3.

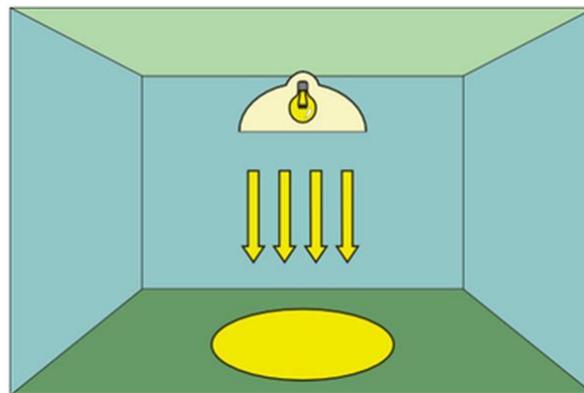


Imagen 1.3 Concepto de Flujo Luminoso. Recuperada de: <http://www.enquitoecuador.com/userfiles/image/iluminancia.jpg>

1.2.4 Intensidad Luminosa.

Esta se define como una cantidad fotométrica de referencia. La unidad relativa de medición es la “candela” (cd), cuyo patrón es una superficie de 1.66 mm² de platino, llevando a la temperatura de fusión que es de 1760°C (2042 K).

Con referencia a la candela, el lumen se define como el flujo luminoso emitido en el interior de un Angulo solido de 1 estereorradián (28.6 grados sólidos), por una fuente punti-forme igual a 1 candela para aclarar esta definición, se puede agregar que una fuente luminosa que emite 1 candela en todas las direcciones (360° sólidos) proporciona un flujo luminoso de $4 \pi = 12.57$ lumen como se muestra en la ecuación 1.4 ¹

$$I = \frac{\text{Energía de luz}}{\text{Angulo Solido}} \quad (\text{Ecuación 1. 4})$$

1.2.5 Rendimiento Luminoso.

El rendimiento luminoso o coeficiente de eficacia luminosa de una fuente de luz, indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.”

EL rendimiento luminoso se representa por la letra η (eta), siendo su unidad el lumen por watt (lm/W).

La ecuación 1.5 que expresa el rendimiento luminoso.

$$\eta = \frac{\phi}{W} \quad \text{(Ecuación 1. 5)}$$

1.2.6 Curvas Fotométricas.

Arturo Álvarez en su definición nos dice que:

“La fotometría es la ciencia que se encarga de la medición de la intensidad de la luz percibida por el ojo humano y la curva fotométrica la herramienta gráfica que proporciona la información necesaria para la correcta selección de luminarias para un determinado espacio.”

Mediante la curva fotométrica de un manantial se puede determinar con exactitud la intensidad luminosa en cualquier dirección, dato necesario para algunos cálculos de iluminación.

J. A Taboada en el manual de luminotecnia (2008) nos menciona que “las curvas fotométricas se dan referidas a un flujo luminoso emitido de 1000 lúmenes y, como el caso más general es que la fuente de luz emita un flujo superior, a los valores de la intensidad luminosa correspondientes se hallan mediante una simple relación”.

2

1.2.7 Color.

“El color de la luz y la luz de la superficie son producidas, aplicadas, percibidas y apreciadas porque de acuerdo a estas depende su utilización y el efecto decorativo.” (ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, 1947) Sección 4.³

El color no es una característica propia de los cuerpos, ya que el cerebro realiza una interpretación de las radiaciones electromagnéticas que inciden sobre estos, ya que; los cuerpos reflejan, transmiten o absorben estas radiaciones, las cuales el ojo es capaz de percibir.

El color que presentan las lámparas se encuentra determinada por su temperatura de color, dentro de las cuales vienen clasificadas en luz fría con tonalidad azul, luz neutra que presentan una tonalidad blanca y la luz cálida que presentan una tonalidad blanca rojiza.⁴

1.2.7.1 Temperatura de Color.

Por lo general una fuente luminosa se describe de acuerdo a una temperatura de color, en el Manual de Iluminación IES menciona que la temperatura de color, es la que describe la cromaticidad de una fuente completamente radiante, la cual generalmente se utiliza en trabajos de iluminación. Dentro de este manual de iluminación se menciona que todo cuerpo es de color negro a una temperatura ambiente, ya que no emite radiación visible para el ojo humano, cuando tienen una apariencia rojiza alcanzan una temperatura dentro de los 800 K a los 900 K, aquellas fuentes luminosas que tienen un

aspecto amarillo, se encuentran alrededor de los 3000 K, mientras que la luz blanca, la que se considera neutra se encuentra en los 5000 K, el azul débil se encuentra dentro de los 8000 K y los 10000 K, mientras que el azul brillante con apariencia al azul del cielo tiene un temperatura ente los 60000 K y los 100000 K, estas temperaturas que presenta un cuerpo negro las define la ley de Planck.⁴ En la Imagen 1.4 se muestran ejemplos de las tonalidades que se obtienen a cada temperatura.

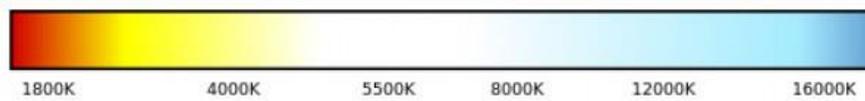


Imagen 1.4 Tonalidades a diversas temperaturas que se encuentra un cuerpo negro.

1.2.7.2 Rendimiento de Color.

Esta es una medida de la calidad de reproducción de los colores, la cual se evalúa con el Índice de Rendimiento del Color (IRC o Ra), la cual consta en comparar la reproducción de una muestra de colores normalizada, la cual es iluminada con la lámpara a prueba y después se compara con una fuente de luz de referencia, entre más alto sea el valor tendrá mejor nivel de reproducción de colores tendrá como se muestra en la tabla 1.1.

Índice de reproducción cromática		
Grado	Índice (Ra)	Nivel de reproducción
1A	90 a 100	Excelente
1B	80 a 89	Muy bueno
2A	70 a 79	Bueno
2B	60 a 69	Moderado
3	40 a 59	Regular
4	Inferior a 40	Bajo

Tabla 1. 1 Clasificación del nivel de reproducción cromática. Recuperado de: <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171721.pdf>

1.3 Fuentes de Luz.

El fuego fue la primera fuente de iluminación conocida por el hombre, alrededor de unos 500,000 años antes de Cristo el ser humano aprendió a manejar y a usar el fuego; uno de sus principales usos era el de aclarar las tinieblas. El primer candil propiamente dicho, utilizaba aceite o grasa extraída de un animal, la cual servía como fuente de energía para poder generar la flama, tiempo después se comenzó a utilizar cera de abejas y resina. En el año de 1795 Guillermo Murdock construyo una instalación de luz utilizando el gas de hulla para iluminar una fábrica, comenzando el uso de lámparas de gas. También se utilizaba el queroseno como fuente de energía primaria para la generación de luz en los candiles.

Para el año de 1801 Humphry Davy descubrió el primer arco eléctrico a través de un fino hilo de platino en el aire, al cual le hizo pasar una corriente a través de él, unos años más tarde en 1844, el francés Foucault construyo una lámpara de arco,

la cual producía una descarga entre dos electrodos de carbón, implementándolo como sistema de alumbrado en las calles.

En el año de 1879 el inventor estadounidense Thomas Alva Edison construyó su lámpara de filamento de carbono, la cual logro encendida dos días en la ciudad de Nueva York, a está lámpara tiempo después se le sustituyo el filamento de carbono por uno de tungsteno por los estadounidenses Just & Haran en el año de 1906, aunque para el año siguiente el material de los filamentos se sustituyó por el filamento de volframio, llegando así a lo que hoy conocemos como bombilla eléctrica la cual tiene una duración de 2000 horas. En la Imagen 1.5 se muestra la historia de desarrollo de la fuente de luz y la eficiencia.

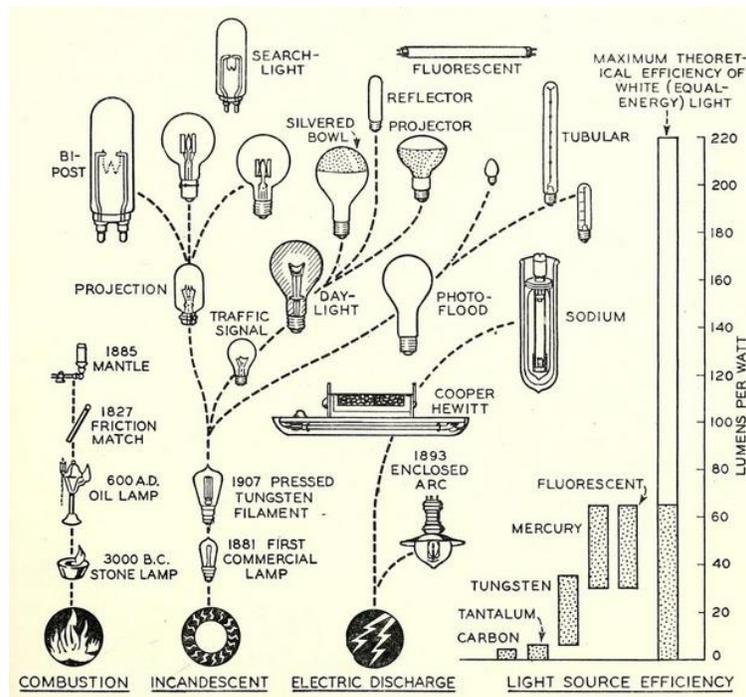


Imagen 1.5 “Una historia pictórica de desarrollo de la fuente de luz y la eficiencia” (IES LIGHTING HANDBOOK, 1947, s.6, fig. 6.1)

1.3.1 Lámparas de Descarga Eléctrica para Aplicaciones en Iluminación.

En el manual de iluminación IES menciona que:

“El mercurio, sodio y neón son los elementos de mayor uso en las lámparas de descarga debido a que su temperatura, presión, tensión y otros elementos necesarios para la generación de luz son relativamente fáciles y económicos de proveer.”(p. 6-20)⁴

Una característica que tienen este tipo de lámparas, es que cuentan con un tubo sellado, donde se produce un arco eléctrico similar al de un rayo pero al estar encerrado la radiación de esta permanece constante.

El principio de funcionamiento de este tipo de lámparas lo describe John P. Frier y Marie E. Gazley en su libro de Sistemas de Iluminación Industriales, en el cual explican que es aplicada electricidad a los extremos del tubo de arco, el cual excita al gas de arranque, y este transmite su calor al compuesto metálico hasta que este se ioniza convirtiéndolo como fuente principal de luz.⁵

A pesar de que funcionan bajo el mismo principio, estas presentan características diferentes, una de ellas es el color; ya que cada elemento químico presenta un color espectral diferente, lo cual provoca que tengan una longitud de onda diferente cuando estos elementos a través de la descarga eléctrica emiten luz. Estas lámparas son consideradas de Descarga de Alta Intensidad (DAI), a continuación se explicará el funcionamiento detallado de cada una de ellas.

1.3.1.1 Lámparas de Mercurio.

En la Imagen 1.6 se muestran las partes que forman una Lámpara de Vapor de Mercurio, la cual está formada por un tubo de arco de cuarzo donde se encuentran alojados; los 2 electrodos principales, el vapor de mercurio puro, un resistor de arranque, el electrodo de arranque, un gas inerte en la mayoría de los casos Argón, para facilitar el encendido debido a que el mercurio no ejerce la presión necesaria a temperatura ambiente, fuera de este tubo se encuentran el resistor de arranque, el porta lámparas, el bulbo y el balastro, que en conjunto forman esta lámpara conocida como Lámpara de Vapor de Mercurio.

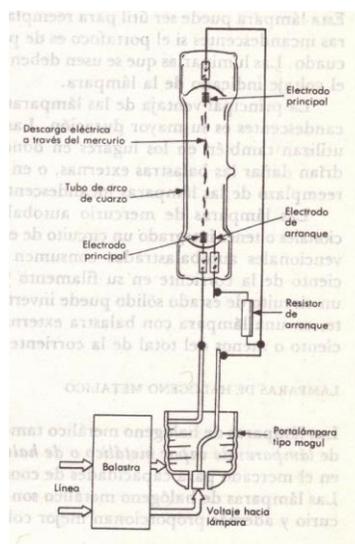


Imagen 1.6 “Diseño de una lámpara de Mercurio. El tubo del arco interno está protegido por un bulbo exterior lleno de gas inerte como el nitrógeno” (Sistemas de Iluminación Industriales, 1986, p. 37)

Los autores del libro de Sistemas de Iluminación Industriales explican que el funcionamiento de esta lámpara comienza al aplicar tensión tanto al electrodo principal como al de arranque, comenzando la ionización del Argón debido a la descarga eléctrica que sufrió por lo cual este transmite su energía calorífica al

mercurio provocando que esté se vaporice, reduciendo su resistencia entre los electrodos principales hasta llegar al punto donde el arco principal inicia y debido a que su resistencia del arco principal es menor que la del arco de arranque ocasiona que este arco cese, al pasar esto la lámpara entra a un estado estable.

Estas lámparas tardan en alcanzar el 80% de su flujo luminoso total y este puede tardarse más cuando las temperaturas son bajas. El bulbo o bombilla exterior puede tener una capa exterior de fosforo o pueden ser de cristal transparente. Cuando estas tienen fosforo transforma la luz ultravioleta en luz visible, mejorando el balance y la luz que emite está.

1.3.1.1.1 Características de Operación.

El promedio de vida de una lámpara de mercurio es alrededor de las veinticuatro mil horas de vida, en este tiempo el treinta y cuatro por ciento de estas lámparas fallan; esto quiere decir que el resto siguen en funcionamiento, aunque esto no significa que estas trabajen adecuadamente, ya que su flujo luminoso es muy bajo en comparación con sus lúmenes iniciales.

La posición de trabajo de este tipo de lámparas es de forma vertical, ya que producen más lúmenes y tienen mayor vida útil cuando trabajan de esta manera.

Cuando una lámpara de mercurio es desconectada o su fuente de alimentación es interrumpida, a esta le es imposible volver a reencenderse, debido a que se

requiere mayor voltaje para poder ionizar sus gases y que de estos disminuya su temperatura así como su presión. Este proceso lleva varios minutos para que pueda activarse de nuevo la lámpara.

1.3.1.2 Lámparas de Halógenos Metálicos.

El funcionamiento de una lámpara de Halógenos Metálicos también conocida como aditivos metálicos, es similar al de una lámpara de Mercurio, la diferencia es que donde sea realiza el arco eléctrico contiene otros metales generalmente yoduros, lo cual produce que mejore su índice de reproducción cromática, así como su eficiencia energética cabe señalar que en el tubo de descarga se contienen yoduros en cantidades mayores, lo cual al estar en funcionamiento provoca que estos se encuentren como una amalgama, funcionando como reserva cuando el arco eléctrico requiera más, aunque esta afecta la presión dentro del tubo, lo cual provoca sus características cromáticas de cada lámpara. Como se explicaba en el funcionamiento anterior de la lámpara de mercurio, la cual contenía un gas inerte para el arco eléctrico de arranque, esta funciona bajo el mismo principio. Primero se genera el arco eléctrico de arranque, el cual provoca la ionización del Argón el cual al vaporizarse transmite su calor a la mezcla que contiene el tubo de arco, comenzado la vaporización de los yoduros metálicos y al ocurrir esto el yodo se separa de la mezcla de los metales adicionales, el periodo de calentamiento de arranque dura alrededor de los siete minutos.

Como se puede observar en la Imagen 1.7 esta lámpara consta de un tubo de arco de cuarzo; dentro del cual tiene dos electrodos principales de tungsteno y uno de arranque, además de que este contiene la mezcla de yoduros metálicos con argón para poder crear el arco eléctrico.

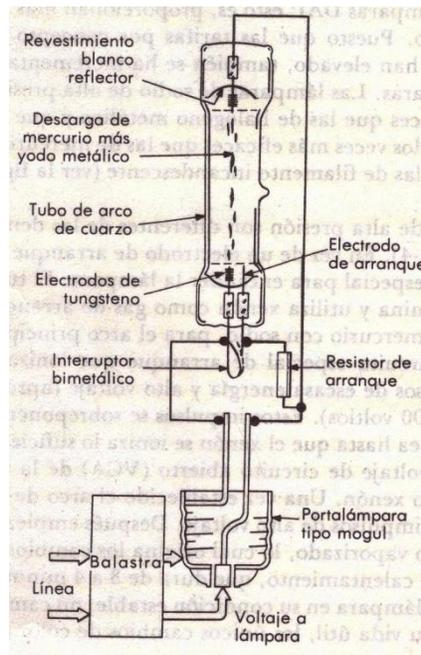


Imagen 1.7 “Detalles eléctricos de una lámpara de halógeno metálico” (Sistemas de Iluminación Industriales, 1986, p. 37).

Alimentado a los electrodos por la parte externa se encuentra un interruptor bimetalico, el alimenta de energía eléctrica el tubo de arco, también tiene conectado en uno de sus extremos se localiza el interruptor de arranque, el cual está conectado al portalámparas. Todos estos elementos son protegidos por un bulbo o bombillo, el cual mantiene entre su capa interior y el tubo de arco un gas inerte también conocido como vacío.

1.3.1.2.1 Características de Operación.

Gracias a la mezcla de yoduros metálicos que tiene esta lámpara sus características cromáticas son altas similares a los de una lámpara incandescente. Su periodo de vida en comparación de otro tipo de lámparas es muy bajo y solamente trabajan adecuadamente en forma vertical.

1.3.1.3 Lámpara de Sodio en Alta Presión.

Actualmente este tipo de lámparas son las de mayor uso en el alumbrado público debido a su alta eficiencia entre las lámparas de descarga de alta intensidad, ya que en el mercado existen lámparas de este tipo que ofrecen mayor número de lúmenes por watt, lo cual las hace atractivas para los usuarios.

Estas lámparas son distintas a las anteriores lámparas, John, Frier et al., explican el principio de esta lámpara, en la cual sustituyen el electrodo de arranque utilizando un circuito especial para que esta pueda encender, el tubo de arco ya no es de cuarzo para este tipo, en este caso es de alúmina y por supuesto en lugar de usar vapor de Mercurio o Yoduros metálicos como gas del arco principal, utiliza Sodio, aunque auxiliado de Xenón como gas de arranque. Para que esta pueda funcionar por medio del balastro le proporciona impulsos con escasa energía pero un alto valor de voltaje alrededor de los 3000 volts (con esto eliminan el electrodo de arranque), lo cual provoca que el Xenón se ionice lo suficiente para que se establezca una tensión de circuito abierto, cuando el arco de Xenón se establece los impulsos de alto voltaje cesan, momentos después el sodio comienza a

vaporizarse comenzado a producirse el arco de sodio, esto provoca que dentro de los primeros minutos existan cambios de color en la lámpara.

Esta lámpara está compuesta por un tubo de arco eléctrico de alúmina policristalina, dentro de este se encuentran los dos electrodos de arco principal, también encierra Sodio como gas principal junto con Xenón el cual funciona como gas de arranque.

Como se puede observar en la Imagen 1.8, este tubo de arco en sus extremos cuenta con una capucha de terminal metálica la cual va conectada directamente hasta la porta-lámpara, en la parte de la base, mientras que en el otro extremo se conecta el tubo de escape a la porta-lámpara del lado de la rosca. Estos elementos se encuentran protegidos por un bulbo de cristal de boro-silicato el cual es resistente a las altas temperaturas y es el de mayor uso es lámpara tipo DAI.

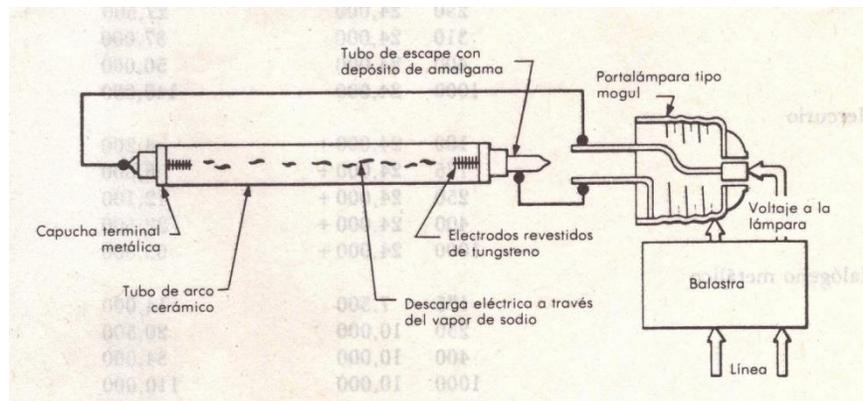


Imagen 1.8 “Diseño de una lámpara de Sodio en Alta Presión” (Sistemas de Iluminación Industriales, 1986, p. 341)

1.3.1.3.1 Características de Operación.

Al igual que las lámparas de mercurio, el periodo estimado de vida útil de las lámparas de vapor de sodio en alta presión es de alrededor de las veinticuatro mil horas de vida, este tipo de lámparas comienzan a requerir mayor tensión para su operación por lo tanto los balastos dejan de poder operar este tipo de lámparas comenzado a tener fallas como el parpadeo de estas hasta que dejan de funcionar.

Estas lámparas no requieren una posición especial para tener una buena operación ya que tanto horizontal como verticalmente su flujo luminoso es constante.

Una ventaja que tiene este tipo de lámparas es que su reencendido puede tomar solo un minuto en comparación con las lámparas de aditivos metálicos o mercurio que toma 3 minutos para poder volver a operar.

1.3.2 Equipos Auxiliares o Balastos.

Las lámparas de descarga de alta intensidad utilizan equipos auxiliares para poder operar estos equipos comúnmente son denominados balastos o balastos, su función principal de estos equipos es proporcionar una corriente de arranque adecuada así como la tensión necesaria para poder activar el arco de arranque de cada lámpara y después mantener las condiciones de operación como lo es; la tensión y flujo de corriente de operación. En la Imagen 1.9, se puede observar

una lámpara de Vapor de Sodio en Alta Presión con su balastro así como una foto celda.



Imagen 1.9 Equipo auxiliar o Balastro para lámparas de descarga.

1.3.3 Luminarias

Se conoce como luminaria; al equipo necesario que proporciona una conexión eléctrica a las lámparas además de que soporta a estas en un ángulo deseado.

Las luminarias deben cumplir unas series de características ópticas, mecánicas, eléctricas entre otras. Dentro de las características ópticas; la luminaria es la responsable del control y la distribución de la luz emitida de la lámpara, es decir en conjunto la lámpara y luminaria tienen un rendimiento, otra función óptica de la luminaria es proteger el deslumbramiento hacia los usuarios.

Dentro de la parte óptica de las luminarias en el manual práctico de alumbrado, explica que la parte encargada de modificar la luz es el reflector, el cual puede ser construido en diversas formas , según se requiera el haz de luz, el rendimiento general de un reflector está entre el setenta y ochenta por ciento.¹ Otro elemento que destaca el autor de este manual es el difusor el cual es el encargado de atenuar los efectos deslumbrantes de las fuentes de luz, este accesorio puede estar hecho de vidrio opalino bien de plástica, de acuerdo a las necesidades de operación de la luminaria.

Uno de los requisitos que debe cumplir las luminarias, es que su instalación sea fácil al igual que su mantenimiento, esto quiere decir que los materiales con los que se fabrica la luminaria deben ser adecuados para resistir el ambiente en el cual trabajaran, además de que deben mantener la temperatura dentro los límites para el buen funcionamiento de la lámpara. En la Imagen 1.10 se muestra un ejemplo de luminarias usadas para alumbrado público.

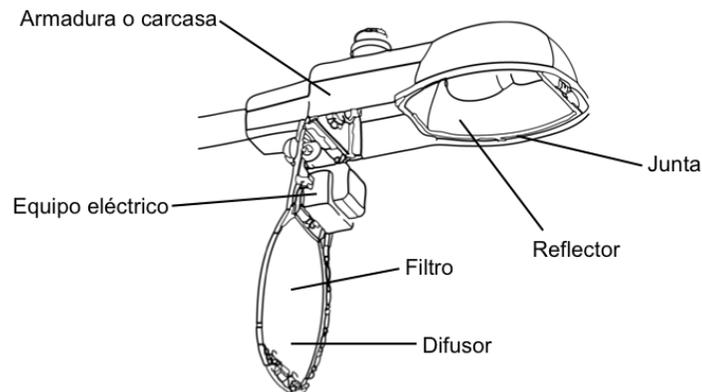


Imagen 1. 10 Partes de una luminaria para alumbrado público. Recuperado de: <http://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-luminarias-componentes.php>. [2014]

- a) **Armadura o Carcasa:** Es una cubierta de lámina de acero delgada o también puede ser de plástico en algunos casos es usado el polipropileno,

- b) **Cubierta Interior o Reflector:** es parte del grupo óptico generalmente elaborada con aluminio abrigantado,
- c) **Equipo Eléctrico:** Balastro y conexiones para la toma de corriente,
- d) **Difusor:** puede estar hecha de vidrio o plástico la cual puede ser prismática o lisa,
- e) **Filtro de Carbón Activo,** la función que realiza esta parte es evitar el paso de partículas contaminantes dentro de la luminaria.
- f) **Junta:** Es la encargada de sellar e impedir el paso de humedad y polvos al interior de la luminaria.

1.4 LED.

La palabra LED es un acrónimo en inglés Light Emitting Diode que en español es Diodo Emisor de Luz, y los diodos son componentes electrónicos que permiten el paso de la corriente en un solo sentido, en este caso el diodo emite una luz. En sentido contrario no deja pasar la corriente y se comporta como si fuera un interruptor abierto.

El símbolo que representa al diodo led en esquemas eléctricos es, ver Imagen 1.11.

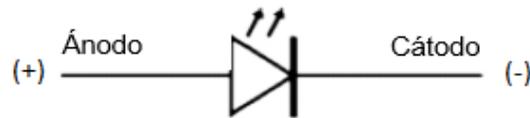


Imagen 1. 11 Símbolo del LED.

1.4.1 Funcionamiento Físico de un LED.

Consiste en que, en los materiales semiconductores, un electrón al pasar de la banda de conducción a la de valencia, pierde energía; esta energía perdida se puede manifestar en forma de un fotón desprendido, con una amplitud, una dirección y una fase aleatoria.

Cuando Al polarizar directamente un diodo LED conseguimos que por la unión PN sean inyectados huecos en el material tipo N y electrones en el material tipo P; O sea los huecos de la zona "p" se mueven hacia la zona "n" y los electrones de la zona "n" hacia la zona "p".

Ambos desplazamientos de cargas constituyen la corriente que circula por el diodo. Si los electrones y huecos están en la misma región, pueden recombinarse, es decir, los electrones pueden pasar a "ocupar" los huecos, "cayendo" desde un

nivel energético superior a otro inferior más estable. En la Imagen 1.12 se muestra la unión PN.

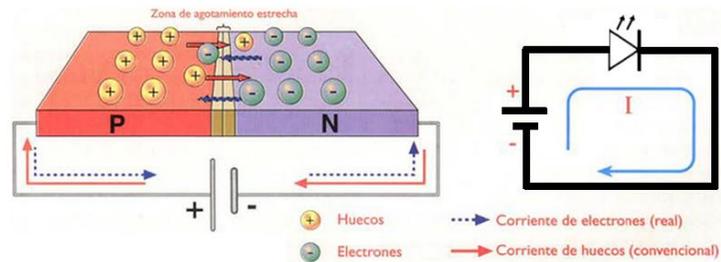


Imagen 1.12 Unión PN. (Recuperada de <http://galeon.com/semiconductores/diodos.html>).

1.4.2 Clasificación del LED.

Tienen diferentes formas de clasificarse, una de ellas es por su uso:

a) **Indicador**, ver Imagen 1.13.



Imagen 1.13 LED indicador.

Este tipo de diodos emisores de luz, sirven para dar indicaciones, generalmente utilizados en equipos electrónicos.

b) Iluminador, ver Imagen 1.14.



Imagen 1. 14 LED iluminador.

Este tipo de diodos emisores de luz, son los que tienen aplicación en el área de iluminación, debido a su flujo luminoso alto por cada watt consumido dentro de este tipo de leds existe de baja, alta y mediana potencia.

1.4.3 Partes de un LED “Tipo Iluminador de Alta Potencia”.

En la Imagen 1.15, se muestran las partes de un LED tipo iluminador, las cuales se explican a continuación.

1. Óptica primaria integrada por lente, fabricada de silicón,
2. Chip de color azul con capa de fosforo de color amarillo para producir luz blanca, que es el área activa emisora de luz,
3. Placa de montaje del chip de color azul con capa de fosforo de color amarillo,
4. Terminal negativo (–) de alimentación, mejor conocido como cátodo,
5. Terminal positivo (+) de alimentación o mejor conocido como ánodo,
6. Conductor para conexión interna entre el cátodo y ánodo a través del chip.

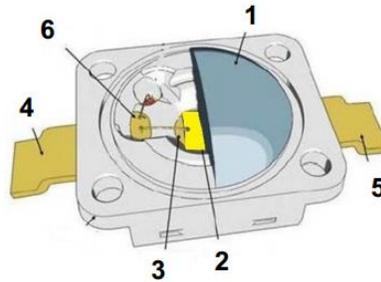


Imagen 1. 15: Partes de LED tipo iluminador (Curso básico de iluminación LED, 2014, p. 10).

1.4.4 La Vida Útil del LED.

La vida útil de un LED es el periodo de tiempo en el que éste funciona sin depreciación de su flujo luminoso, es decir sin disminuir su capacidad de emitir una intensidad luminosa constante.

El Ing. Gabriel Torres en el “Curso básico de iluminación LED” (2014) menciona que el LED pierde su intensidad luminosa original respecto al tiempo y ésta se calcula en base a un determinado porcentaje del flujo luminoso inicial y no en base al momento en que dejan de operar:

70% para iluminación general.

50% para iluminación decorativa

Lo anterior significa que el LED sigue funcionando después de las horas de vida útil especificadas por el fabricante, aunque con menor emisión de la intensidad luminosa original.

Mínima vida útil de un LED de calidad: 50,000 horas.

Significa que a las 50,000 horas el flujo luminoso se mantiene al menos un 70% de su valor inicial.

Rebasadas las 50,000 horas de operación, el LED continuara emitiendo un flujo luminoso de un 30% menos respecto al flujo luminoso inicial, sin dejar de emitir intensidad luminosa.

1.4.5 Ventaja del LED.

Según el texto Criterios de diseño en iluminación y color; las ventajas de los LED lo definen para ser la mejor alternativa a fuentes de iluminación convencionales, y proporcionar una más amplia gama de uso.²

a) Consumo de electricidad bajo:

Los LED tienen un consumo de electricidad muy bajo.

b) Vida larga:

Aproximadamente 50 000 mil horas de vida útil y unas 100 000 horas de vida.

c) Protección de medio ambiente:

Los LED están fabricados con materiales no tóxicos a diferencia de las lámparas fluorescentes con el mercurio que contienen y que plantean un peligro de contaminación, los LED pueden ser totalmente reciclados.

d) Irrompible:

El dispositivo electroluminiscente de los LED está completamente encajado en un recinto de resina epoxi, lo hace mucho más robusto que la lámpara de filamentos convencional y el tubo fluorescente; no hay ninguna parte móvil dentro del recinto de epoxi sólido, es más resistente a vibraciones o impactos. Esto hace que los LED sean altamente resistentes.

e) Reducido mantenimiento para un ahorro de costos:

Las lámparas basadas en LED tienen al menos 10 veces mayor tiempo de vida útil que un a luz convencional, no necesita reemplazar la lámpara de leds con ello reduce o elimina el mantenimiento reduce costos.

1.4.6 Drivers

El LED trabaja con corriente continua, por lo tanto, si queremos que funcione en una instalación de corriente alterna necesitara de un controlador “driver” que convierta la C.A. en C.C. y que a su vez disminuya el voltaje de operación de este.

Además de transformar la corriente alterna en corriente continua, el driver debe adaptar el voltaje de salida a las necesidades del LED, ya que debido a su baja impedancia, funcionan a una tensión baja.

Los LED son muy sensibles a las alteraciones de corriente, por eso es necesario que el driver estabilice la tensión, lo que a su vez estabilizará el flujo lumínico (intensidad y color) y la temperatura del LED.

El driver es esencial ya que de él depende en gran medida el aprovechamiento real de la energía eléctrica consumida por un LED. Una fuente de alimentación apropiada influye en la eficiencia y la estabilidad de la luminaria, además de que optimizará la vida del LED.

Un controlador LED debe asegurarnos máxima eficacia o lo que es lo mismo: cero pérdidas de energía. Los drivers son cruciales para ayudar a los sistemas de iluminación basadas en LED alcanzar su pleno potencial en términos de larga vida útil, eficiencia energética y otras características benéficas. Un controlador LED debería durar tanto como el propio LED.

1.4.7 Partes de Una Luminaria LED.

En la Imagen 1.16 se muestran las partes de la luminaria que se explican a continuación.

1. Cubierta de hule.
2. Aro
3. Canal de salida.
4. Poste de lámpara.
5. Tablero de energía.
6. Módulo y marco.
7. Carcasa.
8. Tornillo fijador para cable.
9. Ensamble.

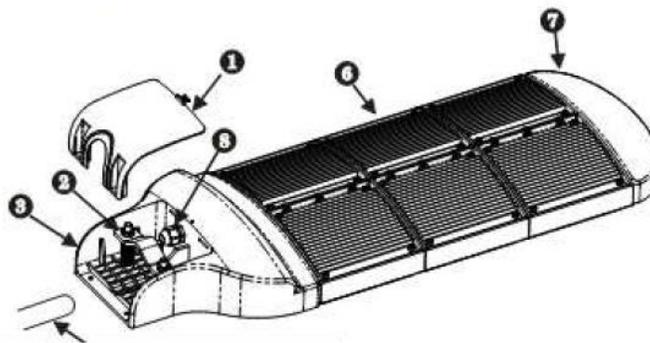


Imagen 1. 16 Partes de una lámpara LED.

Capítulo 2.

Sistemas de

Alumbrado

Exterior

2.1. Sistema de Alumbrado Exterior.

Se denomina alumbrado exterior a toda la extensión descubierta de terreno, la cual comprende; el alumbrado público de calles y plazas urbanas y, además, el alumbrado de campos de deportes, estaciones, patios de fábrica, etcétera.

2.1.1. Alumbrado Público.

En la NOM-013-ENER-2013 define como alumbrado público; al sistema de iluminación cuyo principal objetivo es proporcionar condiciones mínimas de iluminación para el tránsito seguro de vehículos y peatones, ya sea en vialidades y/o espacios.⁶

En esta misma norma divide el alumbrado público en dos grupos las cuales se explican a continuación.

2.1.1.1. Vialidades.

Las vialidades son áreas definidas y dispuestas adecuadamente para el tránsito seguro y confortable de los usuarios. En la NOM-013-ENER-2013 las clasifica en:

- a) Autopistas y carreteras.
- b) Vías de acceso controlado y vías rápidas.
- c) Vías principales y ejes viales.
- d) Vías primarias y colectoras.
- e) Vías secundarias

2.1.1.2. Estacionamientos.

Los estacionamientos son considerados espacios de servicio público cuya finalidad principal es el resguardo seguro de vehículos automotores, independientes de cualquier comercio o edificio no residencial, estos pueden ser:

- a) Abiertos
- b) Cerrados o techados

Así los clasifica la Norma de Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Vialidades⁷.

2.1.2. Normatividad para Alumbrado de Estacionamientos Abiertos.

Dentro de la normatividad que regula el correcto funcionamiento de los sistemas de alumbrado para estacionamientos son las siguientes:

2.1.2.1. NOM-025-STPS-2008

En esta Norma Oficial mexicana habla de las condiciones de alumbrado en los centros de trabajo; la cual establece los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de tareas que desarrollen los trabajadores.

<i>Tarea Visual del Puesto de Trabajo</i>	<i>Área de Trabajo</i>	<i>Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)</i>
<u>En exteriores: Distinguir el área de tránsito , desplazarse caminando , vigilancia, movimientos de vehículos</u>	<u>Exteriores generales: patios y estacionamientos.</u>	<u>20</u>
<i>En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.</i>	Interiores generales: almacenes de pocos movimientos, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de	50

	emergencia.	
<i>En interiores</i>	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera, salas de descanso, cuartos de almacén, plataformas, cuartos de calderas.	100
<i>Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.</i>	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores.	200
<i>Distinción moderada de detalles: Ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.</i>	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
<i>Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio,</i>	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500

<p><i>Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejos de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.</i></p>	<p>Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.</p>	<p>750</p>
<p><i>Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.</i></p>	<p>Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.</p>	<p>1,000</p>
<p><i>Alto grado de especialización en la distinción de detalles.</i></p>	<p>Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • Exactas y muy prolongadas, y • Muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño- 	<p>2,000</p>

Tabla 2. 1 Niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo de la sección 7 de la NOM-025-STPS-2008.

El alcance de esta norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo, entendiendo como centro de trabajo todos aquellos lugares tales como edificios, locales, instalaciones y áreas, en los que se realicen actividades de producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios, o el que se desarrollen personas que estén sujetas a una relación de trabajo.

En el punto 7 de esta norma habla de los niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo; manejando para exteriores un nivel mínimo de iluminación de 20 luxes para que se pueda distinguir el área de tránsito, vigilancia, movimiento de vehículos y se pueda desplazarse caminando. Véase *tabla 2.1*

2.1.2.2. Evaluación de Los Niveles de Iluminación.

Para poder conocer los niveles de iluminancia de un estacionamiento se ocupa el apéndice A de esta norma, la cual evalúa en las aéreas y puestos de trabajo seleccionados de la tabla 1.

Cuando se utilice iluminación artificial, antes de realizar mediciones, se debe cumplir con lo siguiente:

Encender las lámparas con anticipación, para así permitir que el fulgo se estabilice; si se utilizan lámparas de descarga, incluyendo fluorescentes, se debe esperar un periodo de 20 minutos antes de iniciar las lecturas.

En instalaciones nuevas con lámparas de descarga o fluorescente, se debe esperar un periodo de operación de 100 horas antes de realizar la medición.

Los sistemas de ventilación deben operar normalmente, debido a que la iluminación de las lámparas fluctúa con los cambios de temperatura.

2.1.2.3. Medición de la Iluminancia.

a) Instrumentación

Para poder realizar la medición de la iluminancia se debe ocupar un luxómetro que cumpla con las siguientes características:

- Detector para medir iluminación que cuente con;
- Corrección del coseno,
- Corrección de color, detector con una desviación máxima de $\pm 5\%$ respecto a la respuesta espectral fotópica y,
- Exactitud de $\pm 5\%$ (considerando la incertidumbre por calibración).

b) Ubicación de los Puntos de Medición.

Los puntos de medición deben seleccionarse de acuerdo a las necesidades y características del centro de trabajo, considerando el entorno ambiental de la iluminación de forma confiable además del nivel de iluminación requerida de la tabla 1 del capítulo 7 de esta Norma.

Las áreas de trabajo se deben de medir en zonas del mismo tamaño, de acuerdo a lo que se establece en la tabla posterior, además de que deben realizar esta mediciones en las zonas donde se encuentre mayor concentración de trabajadores o en el centro geométrico de estas zonas .En caso de que los puntos de medición coincidan con los puntos focales de las luminarias, debe realizarse la evaluación por número de zonas de la columna “B” de la tabla 3.1, pero si vuelve a coincidir un punto focal con la luminaria se escoge el número de zonas previamente definido.

Índice de Área	Número Mínimo de Zonas a Evaluar	Número de Zonas a Considerar por la Limitación
$IC < 1$	4	6
$1 \leq IC < 2$	9	12
$2 \leq IC < 3$	16	20
$3 \leq IC$	25	30

Tabla 2. 2 Relación Entre Índice de Área y Zonas de Medición. (NOM-025-2008)

El valor del índice del área, para establecer el número de zonas a evaluar, está dado por la ecuación 3. 1 que se muestra a continuación.

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x+y)}$$

Ecuación 2. 1

Donde:

IC= Índice del área.

x, y = dimensiones del área (largo y ancho), metros.

h= Altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

El índice de área se redondea al número superior, excepto que para mayores iguales o mayores a 3, el valor es 4. A partir de este cálculo se obtiene el número mínimo de puntos de medición.

2.1.2.4. NOM-013-ENER-2013

En esta norma se habla acerca de la Eficiencia Energética para sistemas de alumbrado en vialidades; la cual tiene como objetivo establecer los niveles de eficiencia energética en términos de valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA), así como la iluminancia promedio, máxima o mínima para alumbrado en vialidades en las diferentes aplicaciones que se indican en la presente norma, con el propósito que se diseñen o construyan bajo un criterio de uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y la aplicación de equipos y tecnologías que incrementen la eficacia.

Esta norma comprende todos los sistemas nuevos de iluminación para vialidades y estacionamientos públicos abiertos, cerrados y techados, así como las ampliaciones o modificaciones de instalaciones ya existentes que se construya en el territorio nacional, independientemente de su tamaño y carga conectada.

En el punto 6.2 de esta norma habla de los estacionamientos públicos que hacen referencia a los sub-incisos 5.2.1 que deben cumplir con lo establecido en la tabla 6 de la norma, la cual se puede observar a continuación. (Véase *Tabla 2.3*).

Área a Iluminar (m ²)	Iluminancia Promedio(lx)	Relación de Uniformidad Máxima (E prom / E min)	Densidad de potencia eléctrica [w/m ²]
< 300	25	4 a 1	1.80
De 300 a < 500			1.62
De 500 a < 1000			1.11
De 1000 a <1500			1.08
De 1500 a <2000			0.89
>2000			0.88

Tabla 2. 3 Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) para estacionamientos públicos abiertos. (NOM-013-2013)

Para calcular la Densidad de Potencia Eléctrica para alumbrado y del área total por iluminar, se realiza con el siguiente método de cálculo mostrado en la ecuación 2.2.

$$DPEA = \frac{\text{Carga Total Conectada para Alumbrado}}{\text{Área total iluminada}} \quad \text{Ecuación 2. 2}$$

Donde la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado está expresada en W/ m2, la carga total conectada para alumbrado está conectada en watt y el área total iluminada está expresada en metros cuadrados.

Se debe tomar en cuenta que los anchos de calle deben considerarse sin incluir las áreas destinadas a aceras o camellones, y en el caso de que los equipos para alumbrado que requieran el uso de balastos u otros dispositivos para su operación; el valor de su potencia nominal se debe tomar en conjunto con el de la lámpara.

2.1.2.4.1. Medición de la Iluminancia.

Para poder realizar la medición de la iluminancia se deben cumplir ciertos requisitos técnicos mínimos para así obtener la medición de iluminancia mínima promedio en las vialidades.

a) Instrumentos y Equipos.

Se debe contar con un detector fotométrico para medición de iluminancia con las siguientes características:

- Coseno corregido,
- Corrección de color, de acuerdo a la curva de eficacia luminosa de la CIE,
- Intervalo de medición de 0 a 100 luxes,
- La desviación de la responsiva espectral relativa del detector fotométrico (f_1'), no debe exceder del 5% ,
- Calibración con un nivel de confianza del 95% y un factor de cobertura $k=2$.

- El equipo debe tener la capacidad de colocarse en el área de medición sin que el observador genere sombra en la medición, además que el lector del equipo debe contar con al menos tres cifras significativas,
- Debe contar con iluminación.

b) Condiciones Generales de la Prueba.

De acuerdo a esta norma; el tramo de vialidad para las mediciones debe ser recto e incluir al menos tres luminarios, los cuales deben permanecer encendidos, se debe buscar un tramo que no sea afectado por otras fuentes de luz u objetos que obstruyan la luz emitidas por luminarios. Las mediciones se deben hacer de noche, a nivel de piso y bajo las condiciones mínimas de iluminación.

Para que se realicen las pruebas de la iluminancia del área se debe revisar las distribuciones mostradas en las siguientes Imágenes para ver cual se toma como referencia:

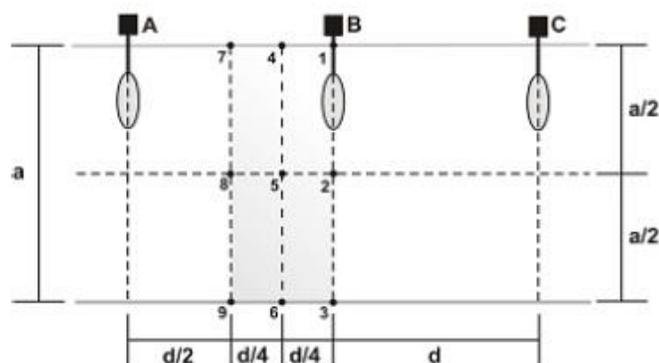


Imagen 2. 1 Distribución Unilateral (NOM-013-2013, p.15).

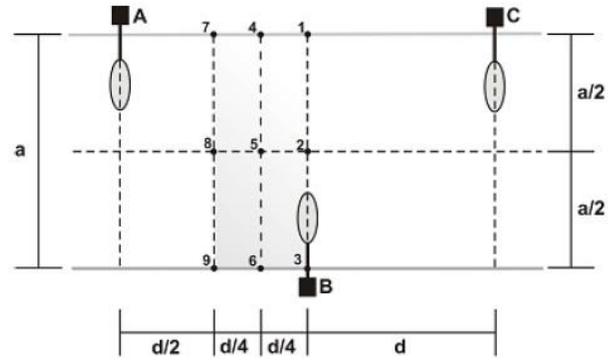


Imagen 2. 2 Distribución Tres Bolillo (NOM-013-2013, p.15).

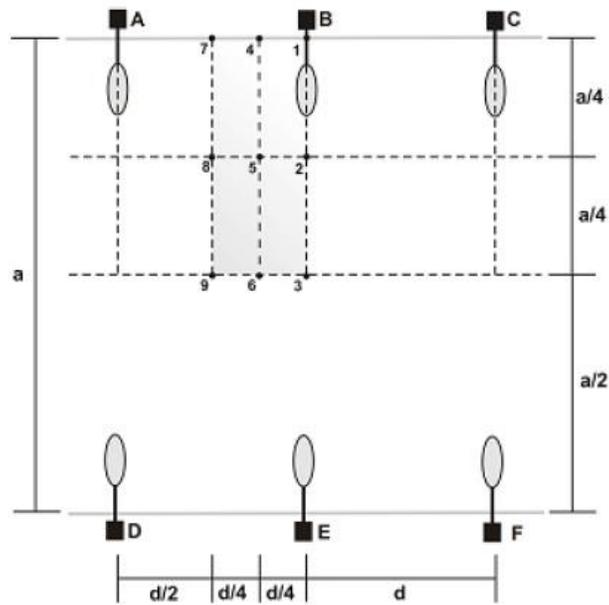


Imagen 2. 3 Distribución Bilateral Opuesta (NOM-013-2013, p.16).

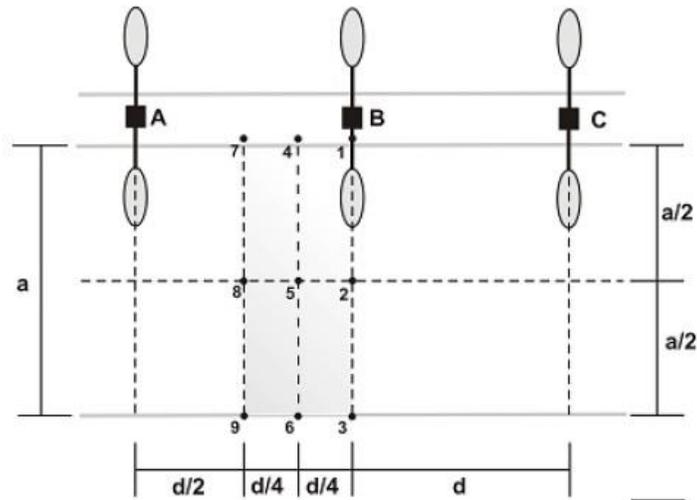


Imagen 2. 4 Distribución central doble (NOM-013-2013, p.16).

Donde “a” es el ancho de la calle y “d” es la distancia interpostal de la vialidad en que se mide el nivel de la iluminancia.

c) Procedimiento.

Se debe registrar las condiciones ambientales, datos de luminario, lámpara y balastro bajo prueba, tipo de distribución de los luminarios, distancia interpostal y altura de montaje.

Se debe dividir el tramo de acuerdo a los gráficos mostrados antes, cada uno con su correspondiente punto, dependiendo de la distribución de los luminarios que se desee analizar.

Después de marcar los puntos en el tramo de la vialidad bajo prueba, se deberá tomar la medición de la iluminancia.

2.2. Alumbrado para Exteriores.

Las áreas exteriores pueden ser iluminadas con luminarias para áreas abiertas o de poste elevado, así como reflectores. Dentro de estas luminarias existen de tres tipos con apuntamiento vertical fijo: las de caminos, las de áreas abiertas y las de poste elevado.

Estas luminarias son diseñadas para montarse en una posición paralela al piso, de este modo, la luz que emite cae directamente bajo ellas como se muestra en la Imagen 2.5. La orientación de las luminarias generalmente es determinada por la ménsula del poste. Este tipo de luminarias es colocado a una altura accesible para su mantenimiento, el cual puede ser un cambio de balastro, limpieza de la luminaria o el cambio de la lámpara.



Imagen 2. 5 Luminario Público con Apuntamiento Vertical Fijo.

Dentro del alumbrado exterior también existen luminarios para poste elevado a pesar de que estos tienen una posición fija dentro de su óptica puede cambiarse el ángulo del haz de luz de estos, estos son utilizados para iluminar generalmente estacionamientos abiertos sin árboles u objetos que obstruyan su flujo luminoso (Imagen 2.6). Actualmente no existe ningún nivel de altura que clasifique a un poste alto, lo que lo diferencia de los demás es que estos cuentan con un mecanismo que permite el descenso del luminario para su mantenimiento.



Imagen 2. 6 Estacionamiento de un Centro Comercial con Luminarios de Poste Elevado

Las luminarias para exteriores generalmente vienen acompañados por diferentes datos los cuales pueden ser:

a) Diagrama Polar o Curva de Distribución Luminosa.

En esta se expresa el flujo luminoso de un luminario (lumen) en un Angulo dado, los cuales se ocupan para poder determinar la iluminancia en un punto dado. A continuación se muestra en la Imagen 2.7., una curva polar de un luminario exterior.

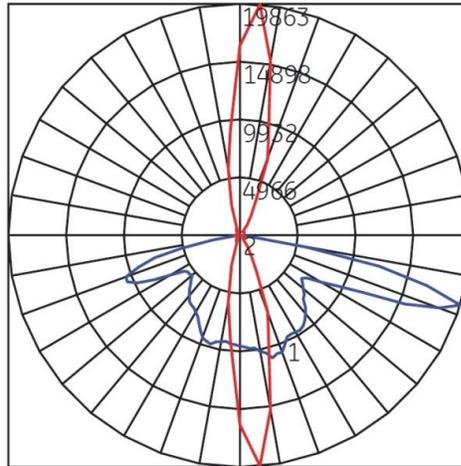


Imagen 2. 7 Curvas Polares de un Luminario para Alumbrado Exterior Transversal y Vertical Marca General Electric.

b) Plano ISO-candela.

Este tipo de gráficos da la información sobre la magnitud y forma de la emisión luminosa de los luminarios, generalmente son ocupadas en cálculos de alumbrado público, dentro de esta gráfica se localizan el lado calle y el lado casa o acera del haz luminoso del luminario a utilizar, como se muestra en la Imagen 2.8.

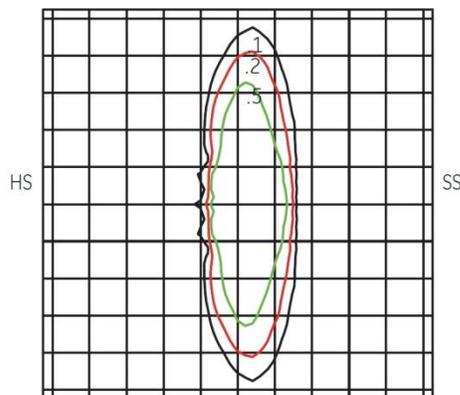


Imagen 2. 8 Curva ISO-Candela de un Luminario de Alumbrado Exterior Marca General Electric.

c) Coeficientes de Utilización.

Estos gráficos surgen del porcentaje del haz luminoso que incide de un luminario sobre una superficie, la superficie se divide en dos lados, los cuales son: lado casa o acera y lado calle o calzada, como se muestra en la Imagen 2.9.

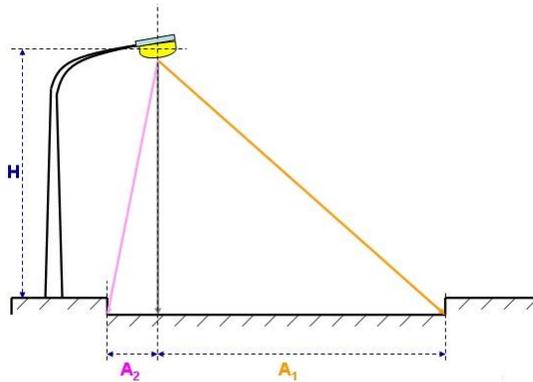


Imagen 2. 9 Luminario de Alumbrado Público Teniendo como Referencia el Centro de Este Conocido como Nadir, Siendo A_2 el Lado Casa o Acera y A_1 Lado Calzada o Calle.

De acuerdo al anterior gráfico se realiza la curva de coeficientes de utilización para los luminarios de alumbrado público, donde acuerdo a una relación de ancho de calle respecto a la altura de montaje se pueden determinar los coeficientes.

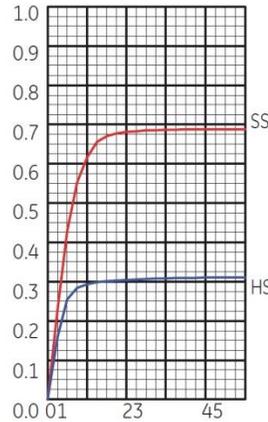


Imagen 2. 10 Curva de Coeficientes de Utilización de un Luminario Público, General Electric.

2.3. Cálculo de Iluminación para Exteriores.

Los procedimientos de diseño que se ocupan para iluminar exteriores con luminarias para caminos, para áreas abiertas y de poste elevado son diferentes a los que se ocupan en la iluminación con reflectores, ya que en estos se pueden ocupar directamente los datos fotométricos.

Existen diversos procedimientos para el cálculo de iluminación exterior, el más utilizado es el método del tanteo, con este se puede hacer selección del mejor tamaño de lámpara y la mejor curva de distribución. Con esta forma generalmente se busca la distancia interpostal entre luminarias, cabe señalar que este método no es muy preciso ya que solo nos proporciona una iluminancia promedio de la zona a iluminar.

2.3.1. Método por Tanteo o Estimación por el Método de Lumen.

El método por tanteo de lumen es muy parecido al ocupado en el diseño de iluminación en interiores lo único en que difiere es en el cálculo del coeficiente de utilización y el factor de mantenimiento, para poder realizar el cálculo se ocupa la ecuación 2.3 mostrada a continuación.

$$S = \frac{\text{Lumenes luminario} \times C.U. \times F.M.}{E \times \text{Ancho de Arroyo}} \quad \text{Ecuación 2. 3}$$

De la anterior ecuación tenemos:

a) Nivel de Iluminación Promedio (E):

Este se refiere al nivel de iluminancia promedio que mantendrá en la zona en caso de que este sea buscado en la ecuación también se puede conocer como la iluminancia promedio mantenida que requiere el área de trabajo a realizar, está dado en lux.

b) Lúmenes de Luminario:

Estos son proporcionados por el fabricante, el cual es el número de lúmenes iniciales de una lámpara, su unidad son los Lúmen.

c) Ancho de Arroyo:

Es la distancia que tiene la vialidad del extremo de la acera donde se encuentra el luminario hasta la acera próxima, como se muestra en la Imagen 2.11.

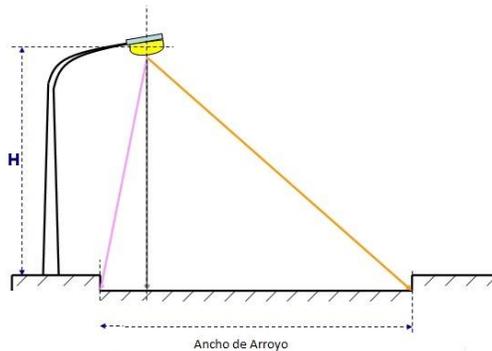


Imagen 2. 11 Ancho de Arroyo de una Vialidad

d) Coeficiente de utilización (C.U):

El factor de utilización es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminario y se define como el cociente entre el flujo útil que llega a la calzada y el emitido por la lámpara. Estos valores son representados por una gráfica la cual nos proporciona el fabricante del luminario, y esta creado en base a la relación del ancho del arroyo y la altura del montaje, en la Imagen 4.6 se muestra un ejemplo de una curva de factores de utilización.

Para poder conocer los factores se debe realizar el cociente entre la anchura del arroyo del lado calle con respecto a la altura de montaje y la anchura del arroyo

del lado casa con respecto a la altura de montaje, graficándose como se muestra en la Imagen 2.12.

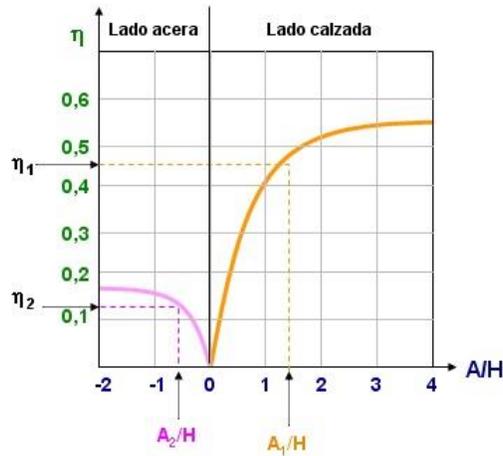


Imagen 2. 12 Gráfica con Cocientes Trazados de Lado Casa y Lado Calle.

Al obtener estos dos valores se realiza la suma de ambos como se muestra en la siguiente ecuación:

$$C.U.Total = C.U.L.CALLE + C.U.L.CASA \quad \text{Ecuación 2. 4}$$

e) Factor de Mantenimiento (F.M).

Este factor es utilizado para compensar la pérdida de iluminación que ocurre cuando la lámpara se ha desgastado, este factor se constituye por dos valores los cuales son, el L.L.D. que significa la depreciación de lúmenes en la lámpara utilizada, este valor es proporcionado por el fabricante, mientras que el siguiente valor es el L.L.D., el cuál es la depreciación de la lámpara por polvo este

es tomado de la gráfica de depreciación por polvo, la cual se muestra en la siguiente Imagen:

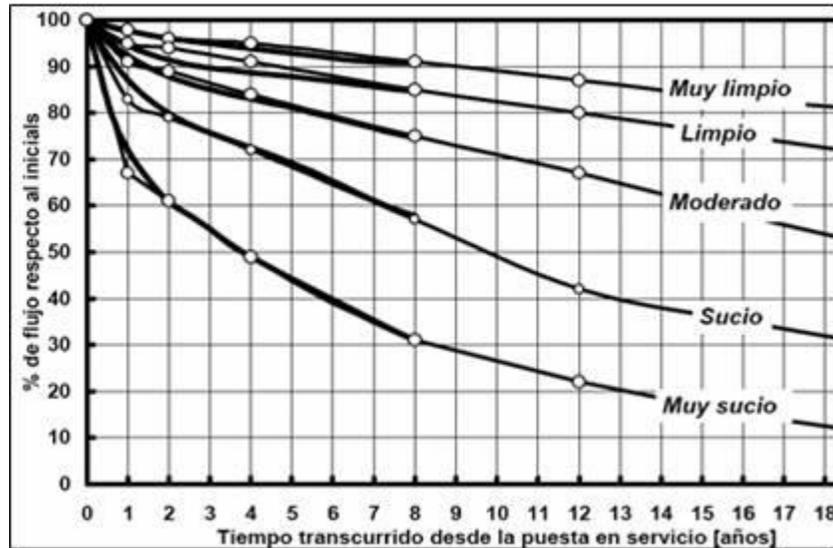


Imagen 2. 13 Depreciación de luminarias de alumbrado público, con cierre hermético y cinco tipos de ambientes publicadas por Van Dusen (trazo fino) y la IESNA (trazo grueso)

Para poder determinar el tipo de ambiente al cual está sometido el luminario, se explican a continuación, el tipo de zona a que se refiere cada curva de la gráfica anterior.

<i>Ambiente</i>	<i>Descripción</i>
<i>Muy limpio</i>	No existen actividades generadoras de polvo o humos en la cercanía además de que tienen un bajo nivel de contaminación ambiental, transito ligero generalmente limitado a áreas residenciales o rurales, el nivel de partículas ambientales no es mayor de 300 microgramos por metro cubico.
<i>Limpio</i>	No existen actividades generadoras de polvo y humos en la cercanía, transito moderado o pesado. El nivel de

	partículas ambientales no es mayor de 300 microgramos por metro cubico.
<i>Moderado</i>	Moderada actividad generadora de polvo y humos en la cercanía. El nivel de partículas no es mayor de 600 metros cúbicos.
<i>Sucio</i>	Humos y polvo generadores en actividades en la cercanía pueden ocasionalmente envolverlos.
<i>Muy sucio</i>	Los luminarios están envueltos en humo.

Tabla 2. 4 Ambientes para Determinar el Valor de Depreciación por Polvo de un Luminario según IESNA.

Con los anteriores valores se puede calcular el factor de mantenimiento con la ecuación 2.5.

$$F.M = L.L.D.x L.D.D$$

Ecuación 2. 5

f) Espaciamiento ó Distancia Interpostal (S):

El espaciamiento es la distancia que existe entre luminarios también conocida como distancia interpostal, su unidad de medida son los metros.



Imagen 2. 14 Distancia Interpostal de un Sistema de Alumbrado Exterior.

Con todos los valores obtenidos ya se puede realizar el cálculo de iluminación de la ecuación 2.3, aunque cabe señalar que el espaciamiento se busca en caso de que la instalación sea nueva, se puede despejar cualquier valor dependiendo de qué es lo que se quiera conocer.

2.4. Tarifas Eléctricas en México.

Las tarifas son cuotas que pone el suministrador al consumo de energía eléctrica, estas cuotas dependen generalmente del valor de los combustibles fósiles, por lo cual están en constante inflación, lo que provoca que sus precios no sean constantes y cambien de manera volátil.

2.4.1. Tarifas Específicas.

2.4.1.1. Domestico:

Este tipo de tarifas tienen un factor de ajuste mensual acumulativo de 1.00327, el cual está establecido en el Diario Oficial de la Federación del 28 de Diciembre del 2005, de acuerdo a Comisión Federal de Electricidad, con un consumo equivalente mínimo mensual de 25 kW/h, de acuerdo al clima donde sea consumida la energía cambia su costo. (Véase *Tabla 2.5*)

Tarifa	Descripción
1	Servicio doméstico,
1 A	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25 grados centígrados,
1 B	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28 grados centígrados,
1 C	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30 grados centígrados,
1 D	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 31 grados centígrados,
1 E	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 32 grados centígrados,
1 F	Servicio doméstico para localidades con

temperatura media mínima en verano de 33 grados centígrados.

Tabla 2. 5 Tarifas Específicas de uso doméstico de acuerdo a Comisión Federal de Electricidad. (2015)

2.4.1.2. Servicio Doméstico de Alto Consumo.

De acuerdo a CFE esta tarifa solo se suministra en baja tensión y se aplicara a los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, en función de la región y la temporada del año, y el cual exceda el límite de consumo de acuerdo a los valores de la tarifa de uso doméstico.(Véase *Tabla 2.6*)

Tarifa	Descripción
1	Con un consumo mayor a 250 kW h / mes,
1 A	Con un consumo mayor a 300 kW h / mes,
1 B	Con un consumo mayor a 400 kW h / mes,
1 C	Con un consumo mayor a 850 kW h / mes,
1 D	Con un consumo mayor a 1000 kW h / mes,
1 E	Con un consumo mayor a 2000 kW h /mes,
1 F	Con un consumo mayor a 2500 kW h / mes.

Tabla 2. 6 Tarifas Específicas para Servicio Doméstico de Alto Consumo.

El periodo de aplicación de las cuotas de verano comprende a los 6 meses más cálidos del año, de acuerdo a las observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada localidad.

2.4.1.3. Servicios Públicos.

Esta tarifa está destinada para el consumo energético destinado al alumbrado público y bombeo de aguas potables o negras de servicio público y se encuentra clasificada como se encuentra en la tabla 2.7, que se muestra a continuación.

Tarifa	Descripción
5	Servicio para alumbrado público zonas conurbadas del Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara.
5 A	Servicio para alumbrado público en todo el país
6	Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público

Tabla 2. 7 Tarifas Específicas para Servicio Público.

2.4.1.4. Agrícolas:

Tarifas de estímulo para la energía eléctrica consumida en instalaciones agrícolas por los sujetos productivos inscritos en el padrón de beneficiarios energéticos agropecuarios de SAGARPA. (Véase *Tabla 2.8*)

<i>Tarifa</i>	<i>Descripción</i>
9	Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en baja tensión,
9M	Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en media tensión,
9CU	Tarifa de estímulo para bombeo de agua para riego agrícola con cargo único,
9N	Tarifa de estímulo nocturna para bombeo de agua para riego agrícola.

Tabla 2. 8 Tarifas Específicas para uso Agrícola.

2.4.2. Tarifas Generales:

2.4.2.1. Tarifas Generales de Baja Tensión

Estas tarifas son de uso general de la energía eléctrica para servicios en baja tensión se encuentran clasificadas de acuerdo a la tabla 2.9.

<i>Tarifa</i>	<i>Descripción</i>
2	Servicio general hasta de 25 kW de demanda.
3	Servicio general para más de 25 kW de demanda
7	Servicio temporal.

Tabla 2. 9 Clasificación de tarifas Generales en Baja Tensión.

2.4.2.2. Tarifas Generales en Media Tensión:

Este tipo de tarifas es aplicado principalmente a industrias y escuelas que cuentan con alimentaciones en media tensión, dentro de estas se encuentran clasificadas por el consumo que realizan como se muestra en la siguiente tabla. (Véase *Tabla 2.10*)

Tarifas	Descripción
OM	Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 100 kW,
HM	Tarifa horaria para servicio general en media tensión con demanda de 100 kW o más,
H-MC	Tarifa horaria para servicio general en media tensión con demanda de 100 kW o más, para corta utilización. En la región Baja California, Sinaloa y Sonora.

Tabla 2. 10 Clasificación de Tarifas Generales en Media Tensión.

2.4.2.3. Tarifas Generales en Alta Tensión:

Tarifas horarias generales aplicada para usuarios suministrados en niveles de subtransmisión los cuales se encuentran clasificados de acuerdo a la tabla 2.11.

<i>Tarifas</i>	<i>Descripción</i>
HS	Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión
HS-L	Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización
HT	Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión
HT-L	Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión, para larga utilización.

Tabla 2. 11 Clasificación de Tarifas Generales en Alta Tensión.

2.5. Costo de la Energía.

Debido a las dimensiones de la escuela, considerando que es suministrada en niveles de media tensión y tiene un consumo mayor a los 100 kW, se le considera con una tarifa HM, la cual es una tarifa horaria, por lo cual el consumo energético se realizara en base a los horarios que nos proporciona Comisión Federal, los cuales son mostrados a continuación. (Véase *tabla 2.12 y 2.13*)

DÍA DE LA SEMANA	BASE	INTERMEDIO	PUNTA
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Tabla 2. 12 Periodos de Punta, Intermedio y Base, comprendido del primer Domingo de abril al último Domingo de Octubre.

DÍA DE LA SEMANA	BASE	INTERMEDIO	PUNTA
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

Tabla 2. 13 Periodos de Punta, Intermedio y Base, comprendido del último domingo de octubre al sábado anterior del primero domingo de Abril.

Con los anteriores horarios podemos determinar el consumo de energía eléctrica, en los diferentes periodos horarios, en una etapa de trabajo del equipo de 12 horas diarias, para la clasificación mostrada en la tabla 4.5 del primer y tercer periodo, y para el segundo periodo tenemos la tabla 4.6.

Al realizar una instalación que disminuya el consumo energético se busca obtener beneficios en el ahorro de energía eléctrica por ende disminuir los gastos producidos por el consumo de esta. El costo de esta energía como se menciono anteriormente varía de acuerdo al uso y la zona, se puede estimar su costo de acuerdo a la ecuación 2.6.

$$C.E. = (P. consumida en kw) * \left(Tarifa \frac{\$}{kw*hr} \right) * (Horas de consumos hr) \text{ Ecuación 2. 6}$$

Capítulo 3.

Análisis

Técnico

3.1. Análisis Técnico de los Sistemas de Alumbrado Exterior de los Estacionamientos de la E.S.I.M.E Unidad Zacatenco.

3.1.1. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (E.S.I.M.E.) Zacatenco.

Los orígenes de la E.S.I.M.E. se remontan al decreto de creación de la Escuela de Artes y Oficios para hombres, el cual fue expedido por el Presidente Ignacio Comonfort en 1856. Este plantel no prospera debido a las dificultades que debió enfrentar al gobierno de esa época y dos años después fue clausurado. Para el año 1864 el presidente Don Benito Juárez dio el decreto para la creación de la Escuela Nacional de Artes y Oficios para Hombres (HENAO), la cual se vio interrumpida durante la Intervención de México del Segundo Imperio, ya en el año de 1876, por decreto del presidente Benito Juárez, reanudo sus actividades docentes; se le asignó tal efecto al edificio del ex convento de San Lorenzo, en las calles de Allende y Belisario Domínguez, en el primer cuadro de la Ciudad de México. El plantel cambió de nombre en varias ocasiones. En 1916 a Escuela Práctica de Ingenieros Mecánicos y Electricistas (EPIME). En 1921 a Escuela de Ingenieros Mecánicos y Electricistas (EIME). En 1932, por omisión involuntaria, cambia a Escuela Superior de Mecánicos y Electricistas (ESME), casi inmediatamente adopta el nombre que hasta la fecha conserva, el de Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (E.S.I.M.E.). Pero para el año de 1959, el Presidente Adolfo López Mateos inaugura los primeros edificios en Zacatenco, trasladando a la E.S.I.M.E. de Allende 38, a la Unidad Profesional Zacatenco, en la Imagen 3.1 se muestra el escudo de la E.S.I.M.E.



Imagen 3. 1 Escudo de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

3.1.2. Ubicación Geográfica.

La E.S.I.M.E. Zacatenco se encuentra localizada en la Unidad Profesional Adolfo López Mateos, a un costado de la Av. Instituto Politécnico Nacional S/N, C.P. 07738, en la delegación Gustavo A. Madero del Distrito Federal, México. Como se muestra en la Imagen 3.2.

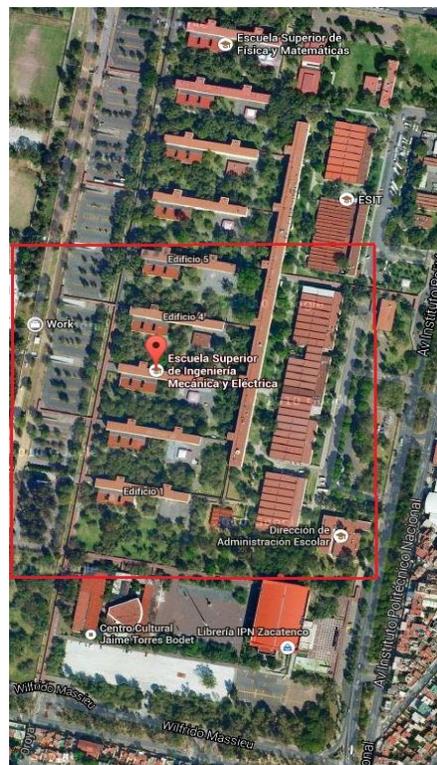


Imagen 3. 2 Ubicación Geográfica de la E.S.I.M.E. Zacatenco. (Recuperado de Google Maps.)

3.1.3. Análisis Técnico de los Sistemas Actuales de Alumbrado Exterior en E.S.I.M.E. Zacatenco.

Los estacionamientos de la E.S.I.M.E. Zacatenco actualmente cuentan un sistema de iluminación que cumple las características mínimas de iluminancia requeridas por las normas que lo regulan, aunque actualmente el tráfico vehicular se ve en constante contacto con peatones, motocicletas y ciclistas, por lo tanto requiere de un sistema de alumbrado exterior que brinde mayor seguridad a todos los usuarios.

Los sistemas de alumbrado de los estacionamientos carecen de mantenimiento, provocando que existan luminarios que ya no funcionen, o que existan otros que lo hagan pero no en las condiciones con las que deberían de operar. (Véase Imagen 3.3)



Imagen 3.3 Luminario descompuesto localizado en estacionamiento 3.

3.1.3.1. Estacionamiento 1.

a) Dimensiones.

En el plano que se encuentra en el anexo 1, se señalan las diferentes medidas del estacionamiento 1, de las cuales las obtenemos para la siguiente tabla 3.1.

No. De Medida	Área	Medida
1.	Distancia del caminador a la mitad del camellón.	15.9 m
2.	Distancia de la mitad del primer camellón a la mitad del segundo.	14.4 m
3.	Distancia de la mitad del segundo camellón a la mitad del tercero.	16.8 m
4.	Distancia de la mitad del tercer a la mitad del cuarto camellón.	14.22 m
5.	Distancia de la mitad del cuarto a la mitad del quinto camellón.	14.4 m
6.	Ancho de la zona de maniobra de autobuses.	16.28 m
7.	Ancho del camellón al caminador, localizado en la entrada.	7.03 m
8.	Ancho del camellón al caminador, localizado en las jardineras.	7 m
9.	Distancia Interpostal.	31 m
10.	Largo de estacionamiento.	50.26 m
11.	Ancho de estacionamiento.	95 m

Tabla 3. 1 Dimensiones del Estacionamiento 1

b) Características del Estacionamiento.

El estacionamiento 1 cuenta con un área de 4774 metros cuadrados, teniendo la capacidad de 126 lugares para estacionarse. Esta área cuenta con un pavimento de asfalto y camellones con guarniciones de concreto, las cuales tienen un ancho de 25 centímetros y 40 centímetros de altura. Este cuenta también con 6 postes bilaterales con un total de 11 luminarias, las cuales ocupan lámparas de vapor de sodio de 250 Watts y lámparas vapor de mercurio de la misma capacidad, con un acceso vehicular de la avenida Miguel de Anda y Barredo, el cual funciona como entrada y salida, además de contar con un área de maniobra de los autobuses de la E.S.I.M.E. Zacatenco. El estacionamiento tiene dos accesos; uno dirigido al edificio uno y el otro que se dirige a la Biblioteca Nacional de Ciencia y Tecnología.

c) Medición de la Iluminancia.

Para poder realizar la medición de iluminancia en el estacionamiento 1 se siguió el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008, debido a que solo cuenta con una disposición bilateral con dos luminarios, ya que el procedimiento de determinación de iluminancia por la NOM-013-ENER-2013 requiere un mínimo de tres luminarios.

I. Procedimiento de Medición de Iluminancia.

El estacionamiento uno se dividió en 6 secciones para facilitar la medición, y cada una de esas zonas se le realizó su estudio de iluminancia como se muestran en el plano del anexo 2.

✓ Primera Sección del Estacionamiento 1.

Las dimensiones se obtuvieron del anexo 1, tomando como ancho, la distancia del andador a la mitad del primer camellón del estacionamiento, por lo tanto para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 2.1, con los siguientes valores sustituidos podemos conocer el índice de área.

$$x = \text{Ancho de calle} = 15.9 \text{ m}$$

$$y = \text{Largo de calle} = 48.75 \text{ m}$$

$$h = \text{Altura de luminario} = 9.14 \text{ m}$$

$$IC = \frac{(15.9 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (15.63 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.31$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 2.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.2 con los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia.

Punto	Angulo, Lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	2.7
2.	Lado	0.6
3.	Lado	2.7
4.	Angulo	10.9
5.	Lado	2.69
6.	Interior	0.89
7.	Interior	0.76
8.	Lado	0.38
9.	Lado	0.8
10.	Interior	0.12
11.	Interior	0.24
12.	Lado	0.11
13.	Angulo	4.21
14.	Lado	2.35
15.	Lado	0.35
16.	Angulo	0.59

Tabla 3. 2 Medición de Iluminancias del Estacionamiento 1 en la Primera Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia obtenidos realizamos la media aritmética ponderada que muestra a continuación:

$$Lux_{promedio} = \frac{[(2.7 + 10.9 + 4.21 + 0.59)] + [(0.6 + 2.7 + 2.69 + 0.38 + 0.8 + 0.11 + 2.35 + 0.35)] + [0.89 + 0.76 + 0.12 + 0.24]}{16} = 1.89 LUX$$

✓ **Segunda Sección del Estacionamiento 1.**

Las dimensiones de la segunda sección se obtienen del anexo 1, tomando como ancho la distancia de la mitad del primer a la mitad del segundo camellón, por lo tanto sustituyendo en la ecuación 2.1 con los siguientes valores podemos obtener el índice de área

$$x = \text{Ancho de calle} = 14.4 \text{ m}$$

$$y = \text{Largo de calle} = 48.75 \text{ m}$$

$$h = \text{Altura de luminario} = 9.14 \text{ m}$$

$$IC = \frac{(14.4 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (14.4 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.21$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 2.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.3 con

los cuales se realizó una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia.

Punto	Angulo, Lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	3.6
2.	Lado	2.7
3.	Lado	3.3
4.	Angulo	2.7
5.	Lado	4.2
6.	Interior	2.3
7.	Interior	6.6
8.	Lado	2.69
9.	Lado	3.2
10.	Interior	10.2
11.	Interior	2.2
12.	Lado	0.8
13.	Angulo	3.9
14.	Lado	6.8
15.	Lado	7.8
16.	Angulo	4.21

Tabla 3. 3 Medición de Iluminancias en el Estacionamiento 1, Segunda Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia obtenidos realizamos la media aritmética ponderada que muestra a continuación:

$$Lux_{promedio} = \frac{[(3.6 + 2.7 + 4.21 + 3.9)] + [(3.3 + 2.69 + 0.8 + 7.8 + 6.8 + 3.2 + 4.2 + 2.7)] + [2.3 + 6.6 + 2.2 + 10.2]}{16} = 4.2 LUX$$

✓ **Tercera Sección del Estacionamiento 1.**

Las dimensiones de la tercera sección se obtienen del anexo 1, tomando como ancho la distancia de la mitad del segundo a la mitad del tercer camellón, por lo tanto sustituyendo en la ecuación 2.1 los siguientes valores podemos obtener el índice de área.

x= Ancho de calle = 16.8 m

y= Largo de calle = 50.26 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

$$IC = \frac{(16.8 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (16.8 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.36$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 2.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultado la siguiente tabla 3.4.

Punto	Angulo, Lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	17.5
2.	Lado	13.8
3.	Lado	7.3
4.	Angulo	3.6
5.	Lado	18.4
6.	Interior	8.22
7.	Interior	6.5
8.	Lado	4.2
9.	Lado	17.8
10.	Interior	3.3
11.	Interior	3.2
12.	Lado	3.2
13.	Angulo	10.9
14.	Lado	6.3
15.	Lado	3.6
16.	Angulo	3.9

Tabla 3. 4 Valores de Iluminancia del Estacionamiento 1, Tercera Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$Lux_{promedio} = \frac{[(17.5 + 3.6 + 3.9 + 10.9)] + [(17.8 + 18.4 + 13.8 + 7.3 + 4.2 + 3.2 + 3.6 + 6.3)] + [6.5 + 8.22 + 3.2 + 3.3]}{16} = 8.23 LUX$$

✓ **Cuarta Sección del Estacionamiento 1**

En la cuarta sección la distancia que se tomara para saber el ancho es de la mitad del tercer camellón a la mitad del cuarto, por lo tanto sustituyendo en la ecuación 2.1 los siguientes valores podemos obtener el índice de área.

x= Ancho de calle = 14.22 m

y= Largo de calle = 48.75 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

$$IC = \frac{(14.22 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (14.22 \text{ m} + 50.26 \text{ m})} = 1.20$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 2.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultado la tabla 3.5.

Punto	Angulo, Lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	5.8
2.	Lado	13.12
3.	Lado	17.2
4.	Angulo	17.5
5.	Lado	6.7
6.	Interior	4.8
7.	Interior	18.2
8.	Lado	18.4
9.	Lado	3.5
10.	Interior	7.6
11.	Interior	7.6
12.	Lado	17.8
13.	Angulo	4.02
14.	Lado	4.8
15.	Lado	12.2
16.	Angulo	10.9

Tabla 3. 5: Valores de Iluminancia del Estacionamiento 1, Cuarta Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$Lux_{Promedio} = \frac{[(5.8 + 17.5 + 10.9 + 4.02)] + [(3.5 + 6.7 + 13.12 + 17.2 + 18.4 + 17.8 + 12.2 + 4.8)] + [14.8 + 18.2 + 7.6 + 7.6]}{16} = 10.63 LUX$$

✓ **Quinta Sección del Estacionamiento 1.**

En la quinta sección la distancia que se tomara para saber el ancho es de la mitad del tercer camellón a la mitad del cuarto, por lo tanto sustituyendo en la ecuación 2.1 los siguientes valores podemos obtener el índice de área.

x= Ancho de calle = 14.4 m

y= Largo de calle = 50.26 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(14.4 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (14.4 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.21$$

Este valor lo comparamos de la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 2.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultado la tabla 3.6.

Punto	Angulo, Lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	4.95
2.	Lado	3.6
3.	Lado	3.5
4.	Angulo	5.8
5.	Lado	7.66
6.	Interior	8.22
7.	Interior	4.2
8.	Lado	6.7
9.	Lado	0.4
10.	Interior	1.5
11.	Interior	3.7
12.	Lado	3.5
13.	Angulo	5.52
14.	Lado	5.7
15.	Lado	2.9
16.	Angulo	4.02

Tabla 3. 6 Valores de Iluminancias del Estacionamiento 1, Quinta Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$\text{Lux}_{\text{Promedio}} = \frac{[(4.95 + 5.8 + 4.02 + 5.52)] + [(3.6 + 3.5 + 6.7 + 3.5 + 2.9 + 5.7 + 0.4 + 7.66)] + [8.22 + 4.2 + 3.7 + 1.5]}{16} = 4.49 \text{ LUX}$$

✓ **Sexta Sección del Estacionamiento 1.**

La última sección es de maniobra de los autobuses de la E.S.I.M.E. Zacatenco, el ancho de esta comprende de la mitad del quinto camellón al andador del edificio, por lo tanto sustituyendo en la ecuación 2.1 los siguientes valores previamente obtenidos del anexo 2 podemos obtener el índice de área.

x= Ancho de calle = 15.63 m

y= Largo de calle = 48.75 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

$$IC = \frac{(16.28 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (16.28 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.31$$

Este valor lo comparamos de la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 2.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultado la tabla 3.7.

Punto	Angulo, lado ó Interior de la malla	Lux
1.	Angulo	2.4
2.	Lado	3.6
3.	Lado	4.6
4.	Angulo	4.95
5.	Lado	2.5
6.	Interior	2.8
7.	Interior	7.22
8.	Lado	7.66
9.	Lado	0.1
10.	Interior	0.3
11.	Interior	0.56
12.	Lado	0.4
13.	Angulo	0.03
14.	Lado	0.3
15.	Lado	1.54
16.	Angulo	5.54

Tabla 3. 7 Valores de Iluminancia del Estacionamiento 1, Sexta Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$\text{Lux}_{\text{promedio}} = \frac{[(2.4 + 4.95 + 5.52 + 0.03)] + [(3.6 + 4.6 + 7.66 + 0.4 + 1.54 + 0.3 + 0.1 + 2.5)] + [2.8 + 7.22 + 0.56 + 0.3]}{16} = 2.78 \text{ LUX}$$

3.1.3.1.1. Iluminancia Promedio del Estacionamiento 1.

Actualmente en el estacionamiento se encuentran fuera de servicio dos luminarias, además de que no se cuenta con el podado recomendado para alumbrado y también las condiciones del material de las que está hecho el gabinete se encuentran opacas, lo cual provoca que disminuya el rendimiento la lámpara ocasionando que los niveles de iluminancia sean bajos.

En la tabla 3.8 se muestra la iluminancia promedio mantenida en el estacionamiento 1.

ESTACIONAMIENTO 1		
SECCIÓN	Iluminancia Promedio	Cumple con la NOM 025 y NOM-013-ENER-2013
PRIMERA	1.89 lux	No
SEGUNDA	4.20 lux	No
TERCERA	8.23 lux	No
CUARTA	10.63 lux	No
QUINTA	4.49 lux	No
SEXTA	2.78 lux	No

Tabla 3. 8 Promedio de Iluminancia del Estacionamiento 1.

Con las anteriores iluminancias podemos conocer la iluminancia promedio de todo el estacionamiento, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$I. \text{ promedio} = \frac{1.89+4.20+8.23+10.63+4.49+2.78}{6} = 5.37 \text{ LUX}$$

Con el anterior valor de iluminancia podemos concluir que el estacionamiento 1, no cumple con el valor requerido por la NOM- 025-STPS-2008, el cual pide un valor mínimo de iluminancia de 20 lux, en consecuencia tampoco cumple con el valor requerido por la NOM-013-ENER-2013 de 25 lux.

3.1.3.1.2. Densidad de Potencia Eléctrica del Estacionamiento 1.

El estacionamiento 1 cuenta con doce luminarios con una potencia consumida de 250 watts con un factor de balastro de 25 % teniendo como consumo por luminario de 312.5 watts, y una de área de 4774 metros cuadrados.

$$DPEA = \frac{12(312.5 \text{ Watts})}{4774 \text{ m}^2} = 0.7855$$

Teniendo una Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado de **0.7855**, comparándola con el valor de densidad máxima de la tabla 6 de la NOM-013-ENER-2013 de **0.88**, el estacionamiento cumple en esta condición.

3.1.3.2. Estacionamiento 2.

a) Dimensiones.

En el plano que se encuentra en el anexo 3, se señalan las diferentes medidas del estacionamiento 2, de las cuales se obtiene la siguiente tabla 3.9.

<i>Localización</i>	<i>Área</i>	<i>Dimensión</i>
1.	Distancia de la banqueta a la mitad del primer camellón	16.27 m
2.	Distancia de la mitad del primer camellón a la mitad del segundo.	14.50 m
3.	Distancia de la mitad del segundo a la mitad del tercer camellón	14.35 m
4.	Distancia de la mitad del tercer camellón al final de la banqueta	16.37 m
5.	Largo del estacionamiento	73.80 m
6.	Ancho del estacionamiento	50.26 m
7.	Distancia del camellón al caminador de la avenida	7.50 m
8.	Distancia del camellón al caminador de la jardinera	7 m
9.	Distancia Interpostal	31 m

Tabla 3. 9 Dimensiones del Estacionamiento Dos de la E.S.I.M.E. Zacatenco

b) Características del Estacionamiento.

El estacionamiento 2 cuenta con un área de 3709.18 metros cuadrados, teniendo la capacidad de 104 lugares para estacionarse. Esta área cuenta con un pavimento de asfalto y camellones con guarniciones de concreto, las cuales tienen un ancho de 25 centímetros y 40 centímetros de altura. Este estacionamiento cuenta con 4 postes bilaterales con un total de 8 luminarias, las

cuales ocupan lámparas de Vapor de Sodio en Alta Presión de 250 Watts, con dos accesos vehiculares de la avenida Miguel de Anda y Barreda, funcionando uno como salida y otro como entrada, en los lugares de estacionado se destinaron dos cajones para minusválidos. El estacionamiento tiene un acceso al edificio 2 de la E.S.I.M.E. Zacatenco.

c) Medición de la Luminancia.

Para poder realizar la medición de iluminancia en el estacionamiento 2 se siguió el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008, debido a que solo cuenta con una disposición bilateral con dos luminarios, ya que el procedimiento de determinación de iluminancia por la NOM-013-ENER-2013 requiere un mínimo de tres luminarios.

I. Procedimiento de Medición de Iluminancia.

El estacionamiento dos se dividió en 4 secciones para facilitar la medición, y cada una de esas zonas se le realizó su estudio de iluminancia como se muestran en el plano del anexo 4.

✓ Primera Sección del Estacionamiento 2.

Las dimensiones se obtuvieron del plano del anexo 3, tomando como ancho la distancia del andador a la mitad del primer camellón del estacionamiento, por lo

tanto para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 2.1 previamente mostrada, con los siguientes valores.

x= Ancho de calle = 16.27 m

y= Largo de calle = 48.75 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(16.27 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (16.27 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.31$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 4.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultados la tabla 3.10.

Punto	Angulo, Lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	3.3
2.	Lado	8.68
3.	Lado	10.4
4.	Angulo	4.8
5.	Lado	3.4
6.	Interior	8.08
7.	Interior	15.5
8.	Lado	2.85
9.	Lado	2.13
10.	Interior	4.84
11.	Interior	3.99
12.	Lado	19.7
13.	Angulo	0.25
14.	Lado	5.37
15.	Lado	6.16
16.	Angulo	12.32

Tabla 3. 10 Valores de las Iluminancias del Estacionamiento 2, Primera Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$Lux_{prom.} = \frac{[(4.8 + 3.3 + 0.25 + 12.32)] + [(19.7 + 2.85 + 10.4 + 8.68 + 3.4 + 2.13 + 5.37 + 6.16)] + [3.99 + 4.84 + 8.08 + 15.5]}{16} = 6.98 LUX$$

✓ Segunda Sección del Estacionamiento 2.

Las dimensiones de la segunda sección se obtienen del plano del anexo 3, tomando como ancho la distancia de la mitad del primer al segundo camellón, por lo tanto sustituyendo en la ecuación 2.1 previamente mostrada, los siguientes valores obtenemos el índice de área.

x= Ancho de calle = 14.5 m

y= Largo de calle = 48.75 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

Sustituyendo en la ecuación de índice de área obtenemos un valor de:

$$IC = \frac{(14.5 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (14.5 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.22$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 4.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultado las mediciones que se muestran en la tabla 3.11 que se muestra a continuación:

Punto	Angulo, Lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	4.8
2.	Lado	6.9
3.	Lado	5.14
4.	Angulo	5.51
5.	Lado	2.85
6.	Interior	6.41
7.	Interior	5.35
8.	Lado	5.59
9.	Lado	19.7
10.	Interior	18.16
11.	Interior	11.8
12.	Lado	5.8
13.	Angulo	12.32
14.	Lado	18.69
15.	Lado	8.4
16.	Angulo	5.89

Tabla 3. 11 Valores de Iluminancia del Estacionamiento 2, Segunda Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$Lux_{promedio} = \frac{[(5.51 + 4.8 + 12.32 + 5.89)] + [(5.59 + 5.8 + 8.4 + 10.69 + 19.7 + 2.85 + 6.9 + 5.1)] + [11.8 + 18.16 + 6.41 + 5.35]}{16} = 8.95 LUX$$

✓ Tercera Sección del Estacionamiento 2.

En la tercera sección del estacionamiento dos, la medición de ancho es aquella que va de la mitad del segundo a la mitad del tercer camellón, la cual la podemos encontrar en el plano del anexo 3, este valor se sustituye en la ecuación 2.1 previamente mostrada, con los siguientes valores para obtener el índice de área.

$$x = \text{Ancho de calle} = 14.35 \text{ m}$$

$$y = \text{Largo de calle} = 50.26 \text{ m}$$

$$h = \text{Altura de luminario} = 9.14 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(14.35 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9 \text{ m} * (14.35 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.21$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 4.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultado los valores mostrados en la tabla 3.12:

Punto	Angulo, Lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	5.51
2.	Lado	6.9
3.	Lado	9.32
4.	Angulo	11.84
5.	Lado	5.59
6.	Interior	3.89
7.	Interior	3.06
8.	Lado	6.75
9.	Lado	5.8
10.	Interior	8.79
11.	Interior	2.6
12.	Lado	0.22
13.	Angulo	5.89
14.	Lado	5.5
15.	Lado	4.8
16.	Angulo	2.9

Tabla 3. 12: Valores de Iluminancia del Estacionamiento 2, Tercera Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$\text{Lux}_{\text{Promedio}} = \frac{[(5.51 + 11.84 + 2.9 + 5.8)] + [(5.8 + 5.59 + 6.9 + 9.32 + 6.75 + 0.22 + 4.8 + 5.5)] + [2.6 + 8.79 + 3.89 + 3.06]}{16} = 5.58 \text{ LUX}$$

✓ Cuarta Sección del Estacionamiento 2.

El ancho de la cuarta sección va del tercer camellón al andador de las escaleras del edificio dos, la cual se encuentra de forma detallada en el plano del anexo 3, sustituyendo en la ecuación 2.1 previamente mostrada, los siguientes valores podemos conocer el índice de área.

$$x = \text{Ancho de calle} = 16.37 \text{ m}$$

$$y = \text{Largo de calle} = 48.75 \text{ m}$$

$$h = \text{Altura de luminario} = 9.14 \text{ m}$$

Sustituyendo obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(16.37 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (16.37 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.34$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2 y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 4.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia promedio, teniendo como resultado los valores de iluminancia mostrados en la tabla 3.13.

Punto	Angulo, lado ó Interior de la malla	Lux
1.	Angulo	11.84
2.	Lado	14.02
3.	Lado	7.69
4.	Angulo	7.31
5.	Lado	6.75
6.	Interior	1.59
7.	Interior	6.37
8.	Lado	1.08
9.	Lado	0.22
10.	Interior	8.48
11.	Interior	1.66
12.	Lado	1.1
13.	Angulo	2.9
14.	Lado	2.32
15.	Lado	1.19
16.	Angulo	8.62

Tabla 3. 13 Valores de Iluminancias en el Estacionamiento 2, Cuarta Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$Lux_{prom.} = \frac{[(7.31 + 8.62 + 2.9 + 11.84)] + [(1.08 + 1.1 + 1.19 + 2.32 + 0.22 + 6.75 + 14.02 + 7.69)] + [6.37 + 1.66 + 8.48 + 1.59]}{16} = 5.19 LUX$$

3.1.3.2.1. Iluminancia Promedio del Estacionamiento 2

En el segundo estacionamiento funcionan todas las luminarias gran parte de Vapor de Mercurio en Alta Presión, las cuales tienen un bajo rendimiento debido a que el material de la cubierta interior, la cual es de aluminio abrigantado se encuentra opaco disminuyendo el rendimiento del luminario.

A continuación se muestra en la siguiente tabla 3.14 la iluminancia promedio mantenida en el estacionamiento 2.

<i>Estacionamiento 2</i>		
Sección	Iluminancia Promedio	Cumple con la NOM 025 y la NOM 013
Primera	6.98	No
Segunda	8.95	No
Tercera	5.58	No
Cuarta	5.19	No

Tabla 3. 14 Valores de Iluminancia promedio en el Estacionamiento del edificio 2 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.

Con las anteriores iluminancias podemos conocer la iluminancia promedio de todo el estacionamiento, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$I. \textit{promedio} = \frac{4.18+5.33+2.95+2.68}{4} = 6.68 \text{ LUX}$$

Con el anterior valor de iluminancia podemos concluir que el estacionamiento 2, no cumple con el valor requerido por la NOM- 025-STPS-2008, el cual pide un

valor mínimo de iluminancia de 20 lux, en consecuencia tampoco cumple con el valor promedio requerido por la NOM-013-ENER-2013 de 25 lux.

3.1.3.2.2. Densidad de Potencia Eléctrica del Estacionamiento 2.

El estacionamiento 2 cuenta con ocho luminarios, con una potencia consumida de 250 watts con un factor de balastro de 25 % teniendo como consumo por luminario de 312.5 watts, y una de área de 3709 metros cuadrados.

$$DPEA = \frac{8 * (312.5 \text{ Watts})}{3709.18 \text{ m}^2} = 0.67$$

Teniendo una Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado de 0.067, comparándola con el valor de densidad máxima de la tabla 6 de la NOM-013-ENER-2013 de 0.88, el estacionamiento cumple en esta condición.

3.1.3.3. Estacionamiento 3.

a) Dimensiones.

En el plano que se encuentra en el anexo 5 se señalan las diferentes medidas del estacionamiento 3, de las cuales obtenemos algunas mediciones necesarias para la medición de iluminancia, las cuales se mencionan en la tabla 3.15 que se muestra a continuación:

	Área	Dimensión
1.	Distancia de la banqueta a la mitad del primer camellón	11.20 m
2.	Distancia interpostal del primer camellón	27 m
3.	Distancia interpostal del segundo y tercer camellón	27 m
4.	Distancia de la mitad del primer camellón al segundo.	14.75 m
5.	Distancia de la mitad del segundo camellón al tercero	14.67 m
6.	Distancia de la mitad del tercer camellón a la banqueta	13.97 m
7.	Distancia del segundo camellón al camellón de la avenida	7.03 m
8.	Distancia del camellón al caminador de la jardinera	7 m
9.	Largo del estacionamiento	73.64 m
10.	Ancho del estacionamiento	50.26 m

Tabla 3. 15 Dimensiones del Estacionamiento 3 de la E.S.I.M.E. Zacatenco

b) Características del estacionamiento.

El estacionamiento 3 cuenta con un área de 3701.14 metros cuadrados, teniendo la capacidad de 100 lugares para estacionarse. Esta área cuenta con un pavimento de asfalto y camellones con guarniciones de concreto, las cuales tienen un ancho de 25 centímetros y 40 centímetros de altura. Este estacionamiento cuenta con 4 postes bilaterales con un total de 8 luminarias, las

cuales ocupan lámparas de Vapor de Sodio y de Vapor de Mercurio en Alta Presión de 250 Watts, con dos accesos vehiculares de la avenida Miguel de Anda y Barreda, funcionando uno como salida y otro como entrada, en los lugares de estacionado se destinaron dos cajones para minusválidos. El estacionamiento tiene un acceso al edificio 3 de la E.S.I.M.E. Zacatenco.

c) Medición de la Iluminancia.

Para poder realizar la medición de iluminancia en el estacionamiento 3 se siguió el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008, debido a que solo cuenta con una disposición bilateral con dos luminarios, ya que el procedimiento de determinación de iluminancia por la NOM-013-ENER-2013 requiere un mínimo de tres luminarios.

I. Procedimiento de Medición de Iluminancia.

El estacionamiento tres se dividió en 4 secciones para facilitar la medición, y cada una de esas zonas se le realizo su estudio de iluminancia como se muestran en el plano del anexo 6.

✓ Primera sección.

Las dimensiones se obtuvieron del plano del anexo 5, tomando como ancho la distancia del andador a la mitad del primer camellón del estacionamiento, por lo

tanto para calcular el número de zonas a evaluar ocuparemos la ecuación 2.1 previamente mostrada, con los valores mostrados en la tabla 3.15.

x= Ancho de calle = 11.20 m

y= Largo de calle =47.15 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(11.2 \text{ m}) * (47.15 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (11.2 \text{ m} + 47.15 \text{ m})} = 1.01$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 6.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultados los valores de la tabla 3.16.

Punto	Angulo, Lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	8.3
2.	Lado	8.1
3.	Lado	5.7
4.	Angulo	9.5
5.	Lado	24.5
6.	Interior	15
7.	Interior	9.8
8.	Lado	5.9
9.	Lado	15
10.	Interior	13.7
11.	Interior	10.6
12.	Lado	3.97
13.	Angulo	7
14.	Lado	7.12
15.	Lado	7
16.	Angulo	2.9

Tabla 3. 16 Valores de las Mediciones de Iluminancia del Estacionamiento 3, Primera Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$\text{Lux}_{\text{Promedio}} = \frac{[(9.25 + 8.3 + 7 + 2.9)] + [(7 + 7.12 + 15 + 24.5 + 8.1 + 5.7 + 5.9 + 3.97)] + [9.8 + 10.6 + 13.7 + 15.6]}{16} = 9.65 \text{ LUX}$$

✓ **Segunda Sección del Estacionamiento 3.**

En la segunda sección se toman como ancho la distancia de la mitad del primer camellón a la mitad del segundo camellón, la cual podemos conocer de la tabla 3.15, por lo tanto sustituyendo en la ecuación 2.1 previamente mostrada, podemos conocer el índice de área.

$$x = \text{Ancho de calle} = 14.75 \text{ m}$$

$$y = \text{Largo de calle} = 48.75 \text{ m}$$

$$h = \text{Altura de luminario} = 9.14 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(14.75 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (14.75 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.23$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 6.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultado la tabla 3.17.

Punto	Angulo, Lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	9.4
2.	Lado	9.5
3.	Lado	12.3
4.	Angulo	8.3
5.	Lado	12.1
6.	Interior	16.4
7.	Interior	31.5
8.	Lado	25
9.	Lado	3.22
10.	Interior	7.37
11.	Interior	18.44
12.	Lado	14.8
13.	Angulo	3.17
14.	Lado	5.12
15.	Lado	9.2
16.	Angulo	9.2

Tabla 3. 17 Valores de las Iluminancias del Estacionamiento 3, Segunda Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$Lux_{promedio} = \frac{[(9.4 + 8.3 + 6.92 + 3.17)] + [(9.2 + 5.12 + 3.22 + 12.1 + 9.5 + 12.3 + 25 + 14.8)] + [18.44 + 7.37 + 16.4 + 31.5]}{16} = 12.18 LUX$$

✓ Tercera Sección del Estacionamiento 3.

La distancia que existe del segundo al tercer camellón se ocupara como ancho para el cálculo de zonas a evaluar en esta sección, la distancia la podemos obtener de la tabla 3.15, al sustituir en la ecuación 2.1 previamente mostrada se obtiene el índice de área.

x= Ancho de calle = 14.67 m

y= Largo de calle = 48.75 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(14.67\text{ m}) * (48.75\text{ m})}{9.14\text{ m} * (14.67\text{ m} + 48.75\text{ m})} = 1.23$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los limites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 6.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultados la tabla 3.18.

Punto	Angulo, lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	6.7
2.	Lado	8.2
3.	Lado	11.9
4.	Angulo	9.4
5.	Lado	31
6.	Interior	32
7.	Interior	23.9
8.	Lado	12.1
9.	Lado	12.01
10.	Interior	7.25
11.	Interior	3.97
12.	Lado	3.22
13.	Angulo	7.31
14.	Lado	3.55
15.	Lado	2.62
16.	Angulo	3.17

Tabla 3. 18 Valores de Iluminancias del Estacionamiento 3, Tercera Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$Lux_{prom.} = \frac{[(9.4 + 6.7 + 7.31 + 3.17)] + [(12.1 + 3.22 + 2.62 + 3.55 + 12.01 + 31 + 8.2 + 11.9)] + [23.9 + 3.97 + 7.25 + 32]}{16} = 11.14 LUX$$

✓ Cuarta Sección del Estacionamiento 3.

En la cuarta sección la distancia que se toma como ancho es la que va de la mitad del tercer camellón al andador del edificio 3, la cual podemos ver en la tabla 3.15, con este valor se sustituye en la ecuación 2.1 previamente mostrada, para obtener el índice de área.

$$x = \text{Ancho de calle} = 14.87 \text{ m}$$

$$y = \text{Largo de calle} = 48.75 \text{ m}$$

$$h = \text{Altura de luminario} = 9.14 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(14.87 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (14.87 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.24$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.1, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 6.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultados la tabla 3.19.

Punto	Angulo, lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	5.7
2.	Lado	4.5
3.	Lado	3.9
4.	Angulo	6.7
5.	Lado	5.53
6.	Interior	10.25
7.	Interior	15.28
8.	Lado	31
9.	Lado	3.72
10.	Interior	8.77
11.	Interior	12.62
12.	Lado	12.01
13.	Angulo	2.7
14.	Lado	8.5
15.	Lado	9.43
16.	Angulo	7.31

Tabla 3. 19 Valores de las Iluminancias del Estacionamiento 3, Cuarta Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$Lux_{promedio} = \frac{[(5.7 + 6.7 + 7.31 + 2.7)] + [(31 + 12.01 + 9.4 + 8.5 + 3.7 + 5.5 + 4.5 + 3.9)] + [15.28 + 12.62 + 8.77 + 10.25]}{16} = 9.29 LUX$$

3.1.3.3.1. Iluminancia Promedio del Estacionamiento 3.

En el tercer estacionamiento funcionan todas las luminarias gran parte de Vapor de Mercurio en Alta Presión, las cuales tienen un bajo rendimiento debido a que el material de la cubierta interior de aluminio abrigantado se encuentra opaco, disminuyendo el rendimiento del luminario.

A continuación se muestra en la siguiente tabla 3.20 la iluminancia promedio mantenida en el estacionamiento 3.

<i>Estacionamiento 3</i>		
Sección	Iluminancia Promedio	Cumple con la NOM 025 y la NOM 013
Primera	9.65	No
Segunda	12.18	No
Tercera	11.14	No
Cuarta	9.29	No

Tabla 3. 20 Valores de Iluminancia Promedio en el estacionamiento 2 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.

Con las anteriores iluminancias podemos conocer la iluminancia promedio de todo el estacionamiento, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$I. promedio = \frac{9.65+12.18+11.14+9.29}{4} = 10.55 \text{ LUX}$$

Con el anterior valor de iluminancia podemos concluir que el estacionamiento 3, no cumple con el valor requerido por la NOM- 025-STPS-2008, el cual pide un

valor mínimo de iluminancia de 20 lux, en consecuencia tampoco cumple con el valor promedio requerido por la NOM-013-ENER-2013 de 25 lux.

3.1.3.3.2. Densidad de Potencia Eléctrica.

El estacionamiento 3 cuenta con ocho luminarios, con una potencia consumida de 250 watts con un factor de balastro de 25 % teniendo como consumo por luminario de 312.5 watts, y una de área de 3701.14 metros cuadrados.

$$DPEA = \frac{8 * (312.5 \text{ Watts})}{3701.14 \text{ m}^2} = 0.675$$

Teniendo una Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado de 0.67, comparándola con el valor de densidad máxima de la tabla 6 de la NOM-013-ENER-2013 de 0.88, el estacionamiento cumple en esta condición.

3.1.3.4. Estacionamiento 4.

a) Dimensiones.

En el plano que se encuentra en el anexo 9, se señalan las diferentes medidas del estacionamiento 4, de las cuales obtenemos la siguiente tabla 3.21.

Localización	Área	Dimensión
1.	Distancia del final de la banqueta a la mitad del primer camellón.	16.2 m
2.	Distancia de la mitad de primer camellón a la mitad del segundo.	14.4 m
3.	Distancia de la mitad del segundo camellón al tercero.	14.3 m
4.	Distancia interpostal	27 m
5.	Distancia de la mitad del tercer camellón al final del andador.	16.15 m
6.	Distancia del segundo camellón al camellón de la avenida	6.90 m
7.	Largo del estacionamiento	73.8 m
8.	Ancho del estacionamiento	48.75 m

Tabla 3. 21 Dimensiones del Estacionamiento 4 de la E.S.I.M.E. Zacatenco.

b) Características del Estacionamiento.

El estacionamiento 4 cuenta con un área de 3314.64 metros cuadrados, teniendo la capacidad de 104 lugares para estacionarse. Esta área cuenta con un pavimento de asfalto y camellones con guarniciones de concreto, las cuales tienen un ancho de 25 centímetros y 40 centímetros de altura. Este estacionamiento cuenta con 4 postes bilaterales con un total de 8 luminarias, las cuales ocupan lámparas de Vapor de Sodio y Vapor de Mercurio en Alta Presión de 250 Watts, con dos accesos vehiculares de la avenida Miguel de Anda y Barredo, funcionando uno como salida y otro como entrada, en los lugares de

estacionado se destinaron dos cajones para minusválidos. El estacionamiento tiene un acceso al edificio 4 de la E.S.I.M.E. Zacatenco.

c) Medición de la iluminancia.

Para poder realizar la medición de iluminancia en el estacionamiento 4 se siguió el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008, debido a que solo cuenta con una disposición bilateral con dos luminarios, ya que el procedimiento de determinación de iluminancia por la NOM-013-ENER-2013 requiere un mínimo de tres luminarios.

I. Procedimiento de medición de iluminancia.

El estacionamiento cuatro se dividió en 4 secciones para facilitar la medición, y cada una de esas zonas se le realizó su estudio de iluminancia como se muestran en el plano del anexo 8.

✓ **Primera Sección del Estacionamiento 4.**

La distancia que existe entre el final del caminador del edificio 3 a la mitad del primer camellón se maneja como el ancho del área para calcular las áreas a evaluar de iluminancia de la ecuación 2.1 previamente mostrada.

x= Ancho de calle = 16.2 m

y= Largo de calle = 41.75 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(18.7 \text{ m}) * (50.26 \text{ m})}{9 \text{ m} * (18.7 \text{ m} + 50.26 \text{ m})} = 1.27$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 8.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultados los valores mostrados en la tabla 3.22.

Punto	Angulo, lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	6.7
2.	Lado	10.4
3.	Lado	9.02
4.	Angulo	5.2
5.	Lado	7
6.	Interior	9.5
7.	Interior	12.03
8.	Lado	8.02
9.	Lado	17.6
10.	Interior	17.5
11.	Interior	2.7
12.	Lado	1.6
13.	Angulo	4.3
14.	Lado	8
15.	Lado	8.3
16.	Angulo	3.15

Tabla 3. 22 Valores de Iluminancia del Estacionamiento 4, Primera Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$Lux_{Prom.} = \frac{[(5.2 + 6.7 + 4.3 + 3.15)] + [(8.02 + 1.6 + 8.3 + 8 + 17.6 + 7 + 10.4 + 9.02)] + [12.03 + 9.5 + 2.7 + 17.5]}{16} = 8.18 LUX$$

✓ Segunda Sección del Estacionamiento 4.

El ancho de la segunda sección comprende de la mitad del primer camellón al segundo, la cual se ocupara para el cálculo de zonas a evaluar de acuerdo a la ecuación 2.1 previamente mostrada, con los siguientes valores obtenidos de la tabla 3.21.

x= Ancho de calle = 14.4 m

y= Largo de calle = 48.75 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(14.4 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (14.4 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.21$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los limites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 8.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultados los valores de la tabla 3.23.

Punto	Angulo, lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	5.8
2.	Lado	8.1
3.	Lado	4.9
4.	Angulo	6.7
5.	Lado	4.01
6.	Interior	4
7.	Interior	7.4
8.	Lado	7
9.	Lado	7
10.	Interior	8.3
11.	Interior	13
12.	Lado	17.6
13.	Angulo	3.8
14.	Lado	3.6
15.	Lado	4.7
16.	Angulo	4.3

Tabla 3. 23 Valores de las Iluminancias del Estacionamiento 4, Segunda Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$Lux_{Promedio} = \frac{[(5.8 + 6.7 + 4.3 + 3.8)] + [(8.1 + 4.9 + 7 + 17.6 + 4.7 + 3.6 + 7 + 4.01)] + [4 + 7.4 + 13 + 8.3]}{16} = 6.88 LUX$$

✓ Tercera Sección del Estacionamiento 4.

La distancia de la tercera sección comprende de la mitad del segundo camellón al tercero, la cual es el ancho que se ocupara para el cálculo de zonas a evaluar en la ecuación 2.1 previamente mostrada, con los valores obtenidos de la tabla 3.21.

x= Ancho de calle = 14.3 m

y= Largo de calle = 48.75 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(14.3 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9 \text{ m} * (14.3 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.20$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los limites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 8.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultados los valores de la tabla 3.24.

Punto	Angulo, lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	32.8
2.	Lado	15.7
3.	Lado	7.06
4.	Angulo	5.8
5.	Lado	15
6.	Interior	18
7.	Interior	14
8.	Lado	4.01
9.	Lado	18.1
10.	Interior	26
11.	Interior	11.5
12.	Lado	7
13.	Angulo	16.1
14.	Lado	16.5
15.	Lado	6.5
16.	Angulo	3.8

Tabla 3. 24 Valores de Iluminancias del Estacionamiento 4, Tercera Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$\text{Lux}_{\text{Promedio}} = \frac{[(32.8 + 5.8 + 3.8 + 16.1)] + [(15.7 + 7.06 + 4.01 + 7 + 6.5 + 16.5 + 18.1 + 15)] + [18 + 14 + 11.5 + 26]}{16} = 13.61 \text{ LUX}$$

✓ Cuarta Sección del Estacionamiento 4.

El ancho de la cuarta sección del estacionamiento 4 comprende de la mitad del tercer camellón al final del andador del edificio, utilizando esta medida podemos calcular las zonas a evaluar de la ecuación 2.1 previamente mostrada con los siguientes valores obtenidos de la tabla 3.21.

x= Ancho de calle = 16.15 m

y= Largo de calle = 48.75 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(16.15 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9 \text{ m} * (16.15 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.32$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 8.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultados los valores de la tabla 3.25.

Punto	Angulo, lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	4.6
2.	Lado	11.8
3.	Lado	30.5
4.	Angulo	32.8
5.	Lado	4.5
6.	Interior	9
7.	Interior	18.08
8.	Lado	15
9.	Lado	4.4
10.	Interior	10.7
11.	Interior	20.9
12.	Lado	18.1
13.	Angulo	1.5
14.	Lado	3.0
15.	Lado	6.9
16.	Angulo	16.1

Tabla 3. 25 Valores de las Iluminancias del Estacionamiento 4, Cuarta Sección

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$\text{Lux}_{\text{Promedio}} = \frac{[(4.6 + 32.8 + 16.1 + 1.5)] + [(11.8 + 30.5 + 15 + 18.1 + 6.9 + 3 + 4.4 + 4.5)] + [9 + 18.08 + 20.9 + 10.7]}{16} = 12.99 \text{ LUX}$$

3.1.3.4.1. Iluminancia Promedio del Estacionamiento 4.

En el cuarto estacionamiento funcionan todas las luminarias gran parte de Vapor de Mercurio en Alta Presión, las cuales tienen un bajo rendimiento debido a que el material de la cubierta interior de aluminio brillantado se encuentra opaco, disminuyendo el rendimiento del luminario, en la tercera sección de este estacionamiento existe un luminario nuevo, el cual es el que tiene mayor flujo luminoso de todos los que se encuentran instalados en este.

A continuación se muestra en la siguiente tabla 3.26 la iluminancia promedio mantenida en el estacionamiento 4.

Estacionamiento 4		
Sección	Iluminancia Promedio (LUX)	Cumple con la NOM 025 y la NOM 013
Primera	8.18	No
Segunda	6.88	No
Tercera	13.61	No
Cuarta	12.99	No

Tabla 3. 26 Valores de Iluminancia Promedio en el estacionamiento 4 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.

Con las anteriores iluminancias podemos conocer la iluminancia promedio de todo el estacionamiento, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$I. \text{ promedio} = \frac{8.18+6.88+13.61+12.99}{4} = 10.42 \text{ LUX}$$

Con el anterior valor de iluminancia podemos concluir que el estacionamiento 4, no cumple con el valor requerido por la NOM- 025-STPS-2008, el cual pide un

valor mínimo de iluminancia de 20 lux, en consecuencia tampoco cumple con el valor promedio requerido por la NOM-013-ENER-2013 de 25 lux.

3.1.3.4.2. Densidad de Potencia Eléctrica.

El estacionamiento 4 cuenta con ocho luminarios, con una potencia consumida de 250 watts con un factor de balastro de 25 % teniendo como consumo por luminario de 312.5 watts, y una de área de 3314 metros cuadrados.

$$DPEA = \frac{8 * (312.5 \text{ Watts})}{3314.64 \text{ m}^2} = 0.75$$

Teniendo una Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado de 0.75, comparándola con el valor de densidad máxima de la tabla 6 de la NOM-013-ENER-2013 de 0.88, el estacionamiento cumple en esta condición.

3.1.3.5. Estacionamiento 5.

a) Dimensiones.

En el plano que se encuentra en el anexo 9, se señalan las diferentes medidas del estacionamiento 5, de las cuales las obtenemos tabla 3.27 que se muestra a continuación:

Localización	Área	Dimensión
1.	Distancia del final de la banqueta a la mitad del primer camellón.	14 m
2.	Distancia de la mitad del primer camellón a la mitad del segundo.	14.75 m
3.	Distancia de la mitad del segundo camellón al tercero.	14.65 m
4.	Distancia de la mitad del tercer camellón al final de la banqueta.	13.97 m
5.	Distancia interpostal del primer camellón.	27 m
6.	Distancia Interpostal del segundo y tercer camellón.	27 m
7.	Largo del estacionamiento	73.6 m
8.	Ancho del estacionamiento	48.75 m
9.	Distancia del camellón a la guarnición del andador de la jardinera	7 m
10.	Distancia del camellón del estacionamiento a la guarnición del andador de la avenida	6.85 m

Tabla 3. 27 Dimensiones del Estacionamiento 5 de la E.S.I.M.E. Zacatenco.

b) Características del Estacionamiento.

El estacionamiento 5 cuenta con un área de 3699.13 metros cuadrados, teniendo la capacidad de 102 lugares para estacionarse. Esta área cuenta con un pavimento de asfalto y camellones con guarniciones de concreto, las cuales tienen un ancho de 25 centímetros y 40 centímetros de altura. Este estacionamiento cuenta con 4 postes bilaterales con un total de 8 luminarias, las cuales ocupan lámparas de Vapor de Sodio en Alta Presión y Vapor de Mercurio en Alta Presión de 250 Watts, con un acceso vehicular de la avenida Miguel de Anda y Barreda, funcionando como salida y entrada. El estacionamiento tiene un acceso al edificio 5 de la E.S.I.M.E. Zacatenco.

c) Medición de la Iluminancia.

Para poder realizar la medición de iluminancia en el estacionamiento 5 se siguió el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008, debido a que solo cuenta con una disposición bilateral con dos luminarios, ya que el procedimiento de determinación de iluminancia por la NOM-013-ENER-2013 requiere un mínimo de tres luminarios.

I. Procedimiento de Medición de Iluminancia.

El estacionamiento cinco se dividió en 4 secciones para facilitar la medición, y cada una de esas zonas se le realizó su estudio de iluminancia como se muestran en el plano del anexo 10.

✓ **Primera Sección del Estacionamiento 5.**

La distancia que existe entre el final del caminador del edificio 4 a la mitad del primer camellón se maneja como el ancho del área para calcular y el largo cambia en esta sección debido a que existe un camellón ocupando hasta el límite de este. De la ecuación 2.1 previamente mostrada se sustituyen los siguientes valores obtenidos de la tabla 3.27.

x= Ancho de calle = 14 m

y= Largo de calle = 40.75 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(14 \text{ m}) * (40.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (14 \text{ m} + 40.75 \text{ m})} = 1.14$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 10.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultados de la tabla 3.28.

Punto	Angulo, lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	15.5
2.	Lado	21.4
3.	Lado	16.4
4.	Angulo	7.6
5.	Lado	1
6.	Interior	3.3
7.	Interior	10.5
8.	Lado	9.5
9.	Lado	22.5
10.	Interior	31.5
11.	Interior	25.2
12.	Lado	20.7
13.	Angulo	6.7
14.	Lado	23
15.	Lado	24
16.	Angulo	11.6

Tabla 3. 28 Valores de las Iluminancias del Estacionamiento 5, Primera Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$Lux_{promedio} = \frac{[(15.5 + 7.6 + 11.6 + 6.7)] + [(21.4 + 16.4 + 9.5 + 20.7 + 24 + 23 + 22.5 + 1)] + [3.3 + 10.5 + 25.2 + 31.2]}{16} = 15.65 LUX$$

✓ **Segunda Sección del Estacionamiento 5.**

En la segunda sección se toman como ancho la distancia de la mitad del primer camellón al segundo, la cual podemos conocer de la tabla 3.27, por lo tanto sustituyendo en la ecuación de índice de área obtenemos.

x= Ancho de calle = 14.75 m

y= Largo de calle = 48.75 m

h= Altura de luminario= 9.14 m

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(14.75 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (14.75 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.23$$

Este valor lo comparamos de la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 10.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultado los valores de la tabla 3.29.

Punto	Angulo, lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	3.5
2.	Lado	2.8
3.	Lado	3.2
4.	Angulo	15.5
5.	Lado	4.2
6.	Interior	3.2
7.	Interior	3.3
8.	Lado	0.7
9.	Lado	4.1
10.	Interior	4.2
11.	Interior	10.1
12.	Lado	23
13.	Angulo	2.9
14.	Lado	2.3
15.	Lado	3.4
16.	Angulo	6

Tabla 3. 29 Valores de Iluminancias del Estacionamiento 5, Segunda Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$Lux_{Promedio} = \frac{[(3.5 + 15.5 + 6 + 2.9)] + [(2.8 + 3.2 + 1 + 23 + 3.4 + 2.3 + 4.1 + 4.2)] + [3.2 + 3.3 + 10.1 + 4.2]}{16} = 5.77 LUX$$

✓ **Tercera Sección del Estacionamiento 5.**

En la tercera sección del estacionamiento cinco, la medición de ancho es aquella que va de la mitad del segundo camellón a la mitad del tercero, la cual la podemos encontrar en el plano del anexo 9, para poder sustituirla en la siguiente ecuación 2.1 previamente mostrada.

$$x = \text{Ancho de calle} = 14.65 \text{ m}$$

$$y = \text{Largo de calle} = 48.75 \text{ m}$$

$$h = \text{Altura de luminario} = 9.14 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(14.65 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (14.65 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.23$$

Este valor lo comparamos de la tabla 2.2, y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 10.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultado los valores mostrados en la tabla 3.30.

Punto	Angulo, lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	28.2
2.	Lado	17.1
3.	Lado	7.6
4.	Angulo	3.5
5.	Lado	25.3
6.	Interior	21.5
7.	Interior	11.5
8.	Lado	4.2
9.	Lado	17.5
10.	Interior	27.1
11.	Interior	6.2
12.	Lado	4.1
13.	Angulo	3.2
14.	Lado	4.6
15.	Lado	3.1
16.	Angulo	2.9

Tabla 3. 30 Valores de Iluminancia del Estacionamiento 5, Tercera Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$\text{Lux}_{\text{Promedio}} = \frac{[(28.2 + 3.5 + 2.9 + 3.2)] + [(17.1 + 7.6 + 4.2 + 4.1 + 3.1 + 4.6 + 17.5 + 25.3)] + [11.5 + 21.5 + 6.2 + 27.1]}{16} = 11.72 \text{ LUX}$$

✓ **Cuarta Sección del Estacionamiento.**

En la cuarta sección la distancia que se toma como ancho es la que va de la mitad del tercer camellón al final del andador del edificio 5, la cual podemos ver en la tabla 3.27, con este valor se sustituye en la ecuación 2.1 previamente mostrada.

x= Ancho de calle = 13.97 m,

y= Largo de calle = 48.75 m,

h= Altura de luminario= 9 m.

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un Índice de área de:

$$IC = \frac{(13.97 \text{ m}) * (48.75 \text{ m})}{9.14 \text{ m} * (13.97 \text{ m} + 48.75 \text{ m})} = 1.18$$

Este valor lo comparamos con la tabla 2.2 y se encuentra dentro de los límites ($1 \leq IC < 2$) teniendo un total de 9 zonas a evaluar, las cuales se marcan en el plano del anexo 10.

La medición de la iluminancia con el luxómetro se realizó en las intersecciones de la cuadrícula obteniendo una media aritmética ponderada para poder conocer la iluminancia, teniendo como resultados de la tabla 3.31.

Punto	Angulo, lado ó Interior de la Malla	Lux
1.	Angulo	1.3
2.	Lado	10.3
3.	Lado	17.5
4.	Angulo	28.2
5.	Lado	3.9
6.	Interior	3.4
7.	Interior	17.3
8.	Lado	25.3
9.	Lado	8.9
10.	Interior	17.2
11.	Interior	19.3
12.	Lado	17.5
13.	Angulo	5.1
14.	Lado	8.8
15.	Lado	6.9
16.	Angulo	3.2

Tabla 3. 31 Valores de Iluminancias del Estacionamiento 5, Cuarta Sección.

Con los anteriores valores de iluminancia, podemos conocer la iluminancia promedio que existe en esta zona.

$$\text{Lux}_{\text{Promedio}} = \frac{[(1.3 + 28.2 + 5.1 + 3.2)] + [(10.3 + 17.5 + 25.3 + 17.5 + 6.9 + 8.8 + 8.9 + 3.9)] + [3.4 + 17.3 + 19.3 + 17.2]}{16} = 11.32 \text{ LUX}$$

3.1.3.5.1. Iluminancia Promedio del Estacionamiento 5.

En el quinto estacionamiento funcionan todas las luminarias gran parte de Vapor de Mercurio en Alta Presión, las cuales tienen un bajo rendimiento debido a que el material de la cubierta interior de aluminio abrigantado se encuentra opaco, disminuyendo el rendimiento del luminario. A continuación se muestra la tabla 3.32 de iluminancia promedio mantenida en el estacionamiento 5.

Estacionamiento 5		
Sección	Iluminancia Promedio (LUX)	Cumple con la NOM 025 y la NOM 013
Primera	15.65	No
Segunda	5.77	No
Tercera	11.72	No
Cuarta	12.15	No

Tabla 3. 32 Iluminancia Promedio por sección del estacionamiento 5

Con las anteriores iluminancias podemos conocer la iluminancia promedio de todo el estacionamiento, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$I. promedio = \frac{15.65+5.77+11.72+12.15}{4} \mathbf{11.32 LUX}$$

Con el anterior valor de iluminancia podemos concluir que el estacionamiento 4, no cumple con el valor requerido por la NOM- 025-STPS-2008, el cual pide un valor mínimo de iluminancia de 20 lux, en consecuencia tampoco cumple con el valor promedio requerido por la NOM-013-ENER-2013 de 25 lux.

3.1.3.5.2. Densidad de Potencia Eléctrica.

El estacionamiento 5 cuenta con ocho luminarios, con una potencia consumida de 250 watts con un factor de balastro de 25 % teniendo como consumo por luminario de 312.5 watts, y una de área de 3699.13 metros cuadrados.

$$DPEA = \frac{8 * (312.5 \text{ Watts})}{3699.13 \text{ m}^2} = 0.67 \frac{W}{\text{m}^2}$$

Teniendo una Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado de 0.67, comparándola con el valor de densidad máxima de la tabla 6 de la NOM-013-ENER-2013 de 0.88, el estacionamiento cumple en esta condición.

3.1.2. Tabla de Resultados del Análisis Técnico de los Estacionamientos de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.

Con el procedimiento que se realizó en este capítulo se obtuvieron los valores de iluminancia por estacionamiento, las cuales en la mayoría no cumplieron con los niveles requeridos por las normas que regulan este sector, en la siguiente tabla 3.33 se muestran los valores de iluminancia promedio por estacionamiento obtenidos, además se menciona si cumple con las Normas asociadas en Iluminación Exterior.

Estacionamiento	Iluminancia Promedio obtenida	Cumple con Iluminancia requería por la NOM-025-STPS-2008 (20 Lux)	Cumple con Iluminancia requerida por la NOM-013-ENER-2013 (Relación de Uniformidad)	Cumple con la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (<0.88)
1	5.37 lux	No	No	Si
2	6.68 lux	No	No	
3	10.55 lux	No	No	
4	10.42lux	No	No	
5	11.32 lux	No	No	

Tabla 3. 33 Iluminancia promedio por estacionamiento.

Como se mencionaba en la descripción de los estacionamientos, gran parte de las lámparas utilizadas en las luminarias de los estacionamientos son de Vapor de Mercurio en Alta Presión, las cuales se ha recomendado dejar de utilizar por su alto nivel toxico que tiene este material.

Al inicio de este capítulo se mencionaba que se cuentan con luminarias que no tienen difusor, este además de funcionar como eso, ayuda a que no ingrese el polvo y la humedad al interior de la lámpara, ya que ocasiona que el material de aluminio brillante del que se encuentra fabricada la luminaria se opaque y disminuya el flujo luminoso que incide en la superficie a iluminar.

Actualmente no existe una uniformidad en el uso de lámparas, existen de Vapor de Sodio en Alta Presión y de Vapor de Mercurio en Alta Presión, las de

mayor uso en la instalación actual son de las de Mercurio, como se puede observar en la Imagen 3.4 que se encuentra a continuación.



Imagen 3.4 Luminarias de Alumbrado Exterior de los Estacionamientos de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.

Otro factor que también influye en el bajo nivel de iluminancia que tienen los estacionamiento de la E.S.I.M.E. Zacatenco, es que los árboles que se encuentran en estos no tienen el podado necesario para alumbrado, ya que el árbol debe contar un podado de tipo aqueo, y esto es un factor que influyó en todas las mediciones obtenidas por medio del análisis de iluminancia realizado ya que en la mayoría de los luminarios siempre existían ramas que impedían el paso del flujo luminoso emitido por la lámpara, como se muestra en la Imagen 3.5.

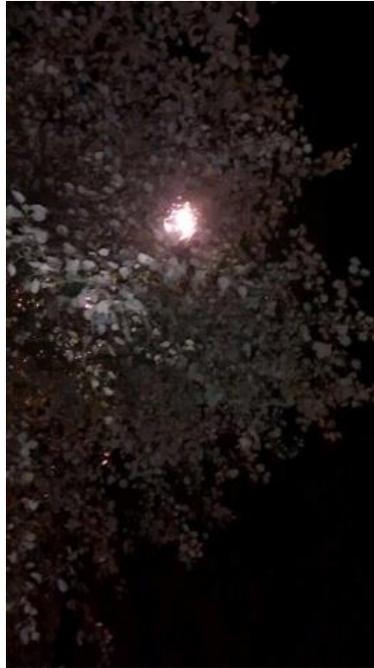


Imagen 3. 5 Ramas obstruyendo el paso de flujo luminoso de un luminario.

3.2. Propuesta de Alumbrado Exterior Para los Estacionamientos de la E.S.I.M.E Unidad Zacatenco.

Las luminarias que utilizan tecnología LED acaban de tener un gran auge en el mercado de la iluminación, gran parte de estas luminarias ofrecen un largo periodo de vida útil y bajo mantenimiento. El cálculo de Alumbrado Exterior que se muestra a continuación distribuye la el flujo luminoso para ofrecer una uniformidad constante en los estacionamientos.

3.2.2. Descripción de Luminaria a Utilizar en la Propuesta de Alumbrado Exterior.

En la búsqueda de información sobre luminarios en alumbrado público con tecnología LED encontramos demasiados equipos, de los cuales sus fabricantes describen excelentes características de ellos, como lo es el bajo consumo de energía eléctrica y un alto flujo luminoso, lo cual da por resultado un elevado rendimiento luminoso, pero lo que no mencionan; es que la óptica de sus luminarios concentra su flujo luminoso en un área pequeña, por lo cual la mayoría de ellos no proporciona las curvas de utilización, ni la curva ISO-Pie Canela de estos. Los luminarios que se utilizaron fueron de la marca General Electric, que proporciona la información suficiente para poder realizar un cálculo de iluminación adecuado.

3.1.1.1. Luminario General Electric EnvolvTM LED Roadway Lighting Cobrahead Escalables ERS2.

Este tipo de luminarios está diseñado para vialidades principales o calles, debido a la infraestructura con la que cuentan los estacionamientos se pueden ocupar, a pesar de que la mayoría de estacionamientos son alumbrados por medio de luminarios de poste elevado.

La luminaria ERS2 ofrece una vida útil de 50,000 horas, para un servicio de 12 horas diarias nos proporciona 11 años de servicio, lo cual nos reduce el mantenimiento y los gastos de operación que conlleva este.

El aspecto físico de la luminaria que se utilizó en el proyecto es muy similar al de una luminaria convencional como se puede ver en la Imagen 3.6 que se muestra a continuación.



Imagen 3.6 Luminario General Electric Envolv™ LED Roadway Lighting Cobrahead Escalables ERS2.

En la tabla 3.34 que se muestra a continuación explica a detalle las características físicas de la luminaria utilizada en el proyecto.

Características Físicas.

- a) *Carcasa: Esta fabricada por medio de aluminio fundido, conservando la apariencia de un luminario público, incorporando un disipador de calor directamente en la unidad para asegurar la máxima transferencia de calor.*
- b) *IRC: El Índice de Reproducción de color es de 70, lo cual nos dice que reproducirá colores en un 70% en comparación a la luz del sol.*
- c) *Temperatura de color de 5700 K, lo cual nos proporciona una luz fría.*
- d) *Protección Exterior para evitar el acceso por medio del tubular de la fauna y del polvo.*

Tabla 3. 34 Características Físicas Obtenidas del Fabricante.

Una de las razones por la cual se ocupó esta luminaria es su alto factor de potencia, además de que esta equipo contra picos de voltaje, lo cual es un factor clave para el funcionamiento eficiente de la luminaria. (Véase *Tabla 3.35*)

Características Eléctricas

<i>Voltaje</i>	(120- 277 y 347-480) V
<i>F.P.</i>	> 0.9
<i>Codificación Sonora</i>	Clase A
<i>Protección integral contra Picos de Voltaje</i>	B 3
<i>Sensores Fotoeléctricos</i>	SI

Tabla 3. 35 Características Eléctricas Obtenidas del Fabricante

3.1.1.2. Factores del Luminario para el Diseño de un Sistema de Iluminación.

Para los Sistemas de Alumbrado Exterior de los Estacionamientos de la E.S.I.M.E. Zacatenco, las condiciones de trabajo son constantes en cada uno de ellos, por lo tanto el factor de mantenimiento será igual para cada área de estos. Para conocerlo se ocupa la ecuación 2.5 previamente mostrada.

Se determinan los siguientes valores para el cálculo de factor de mantenimiento de la luminaria ERS2.

- **L.L.D** = 0.9 ("Se determina de acuerdo a la calidad del luminario y debido al prestigio de los leds con la que está producido el luminario se determina este valor").
- **L.D.D** = 0.7 (tomado de la curva de factores de depreciación categoría II, a un tiempo de 4 años, tomando la curva de ambiente sucio, como se muestra en la Imagen 3.7).

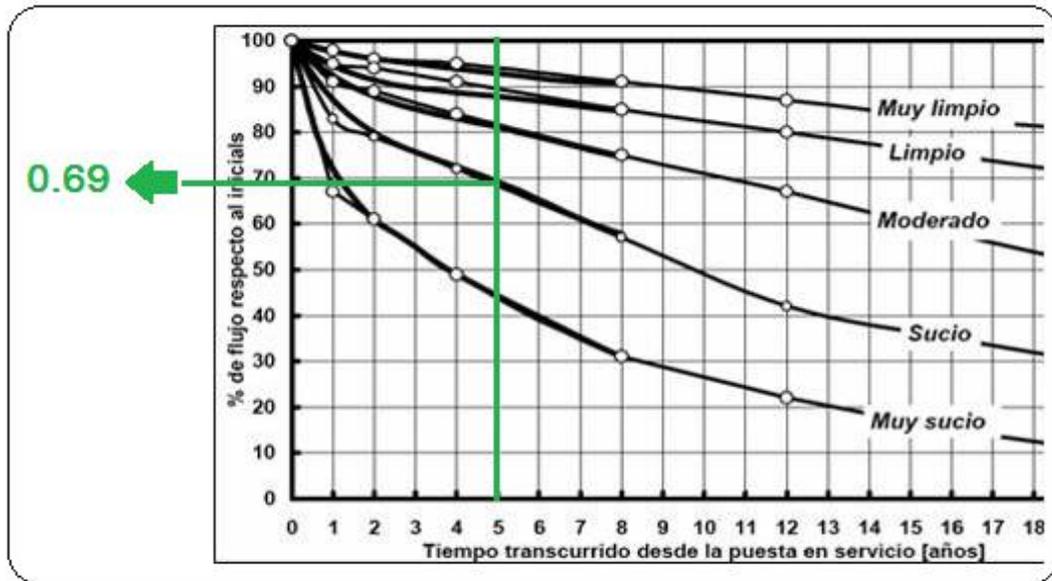


Imagen 3. 7 Curvas de Depreciación Luminosa para Luminarios IESNA.

Después de obtener los anteriores valores estos se multiplican entre sí para obtener el Factor de Mantenimiento.

$$F.M. = 0.9 \times 0.69 = 0.621$$

Ecuación 3. 1

Debido a que contamos con infraestructura para alumbrado de la ecuación 2.3 del método de estimación por lumen, despejaremos la iluminancia promedio mantenido obteniendo la siguiente ecuación.

$$E = \frac{\text{Lumenes luminario} \times C.U. \times F.M.}{S \times \text{Ancho de Arroyo}} \quad \text{Ecuación 3. 2}$$

3.2.3. Calculo de Alumbrado exterior para el Estacionamiento 1 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.

El cálculo de los sistemas de alumbrado exterior para estacionamientos, se realizó por secciones. En la propuesta de alumbrado exterior se maneja la uniformidad en luminarios de mediana potencia para que con la combinación de las disposiciones se pueda cumplir con los lux requeridos por estacionamientos.

3.2.3.1. Primera Sección del Estacionamiento 1.

La muestra de la propuesta para la primera sección del estacionamiento 1 se puede observar en la Imagen 3.8.

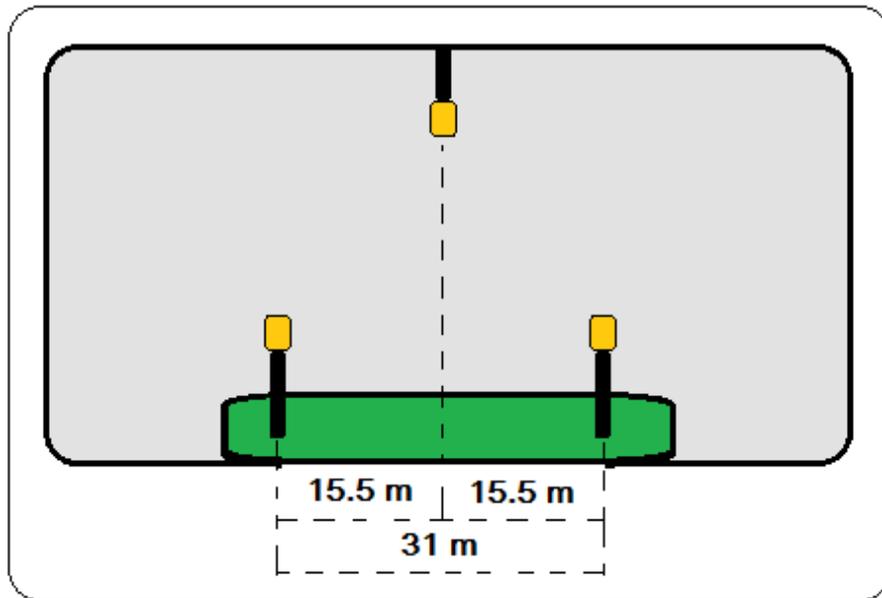


Imagen 3.8 Disposición Tres Bolita para la Primera Sección del Estacionamiento 1.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle ($C.U_{LADO CALLE}$) y lado casa ($C.U_{LADO CASA}$) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el ($C.U_{LADO CALLE}$) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.9).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{14.25}{9.14} = 1.6$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.9).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.1$$

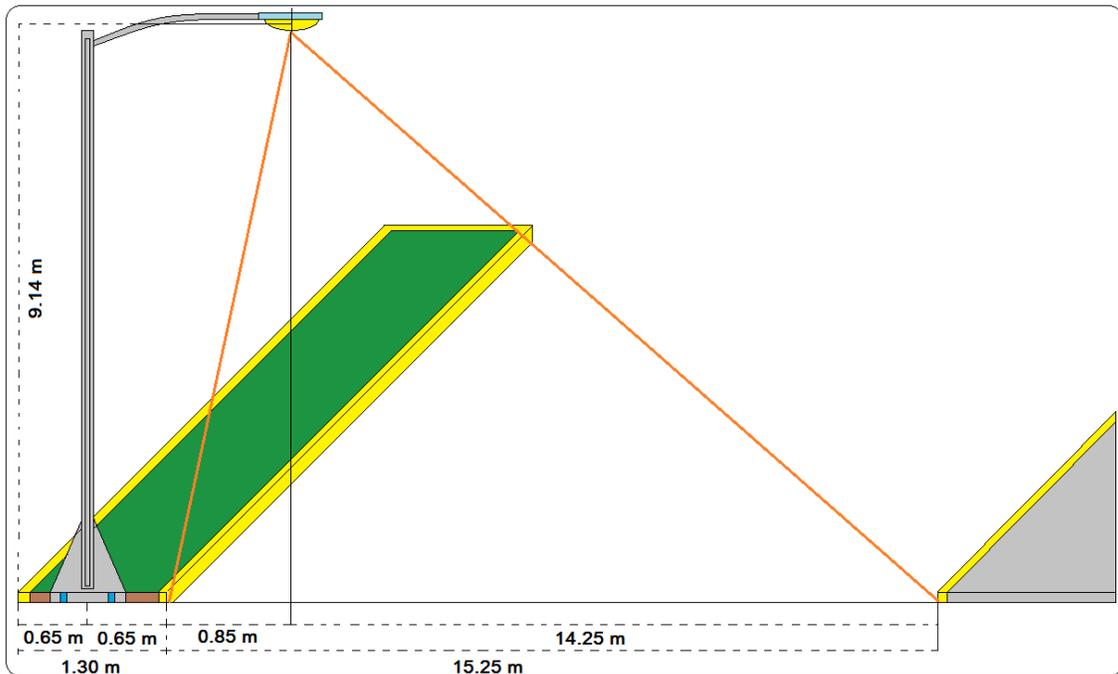


Imagen 3. 9 Dimensiones de la Primera Sección del Estacionamiento 1.

En la Imagen 3.10, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

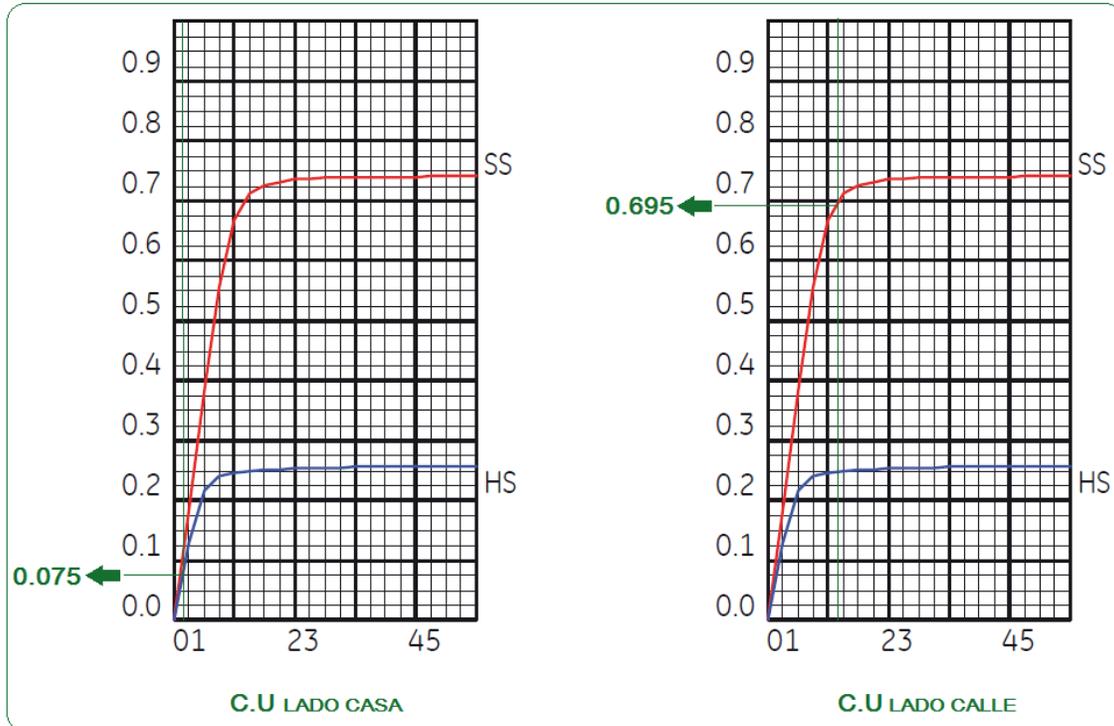


Imagen 3. 10 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.695 + 0.075 = 0.77$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento del calculado en la ecuación 3.1 de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio en esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.77) \times (0.621)}{(15.5) \times (15.25)} = 22.9 \text{ lux}$$

3.2.3.2. Segunda Sección del Estacionamiento 1.

Dentro del primer estacionamiento en su segundo camellón contara con un poste bilateral para alumbrado, al igual que el primer camellón se colocara postes bilaterales obteniendo la disposición de la Imagen 3.11.

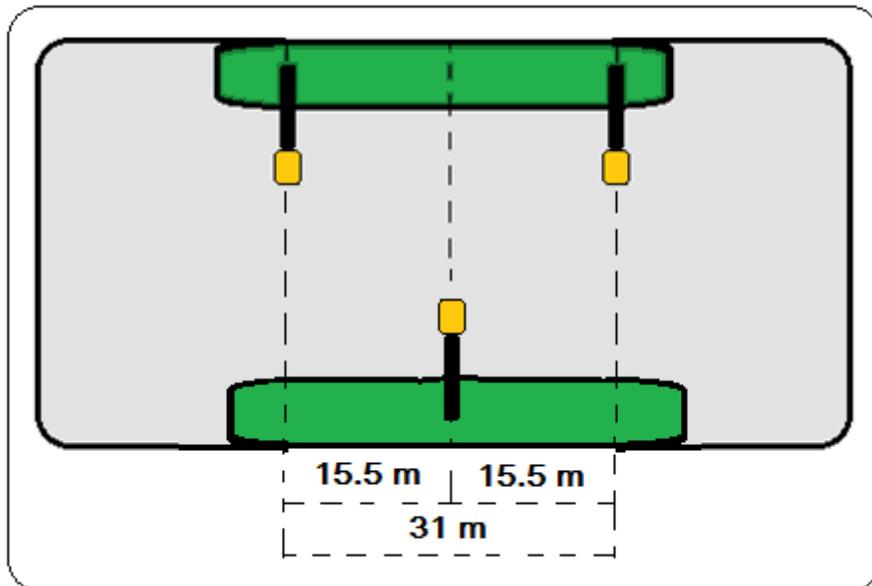


Imagen 3. 11 Disposición Tres Bolita para la Segunda Sección del Estacionamiento 1.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.12).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.25}{9.14} = 1.3$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.12).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

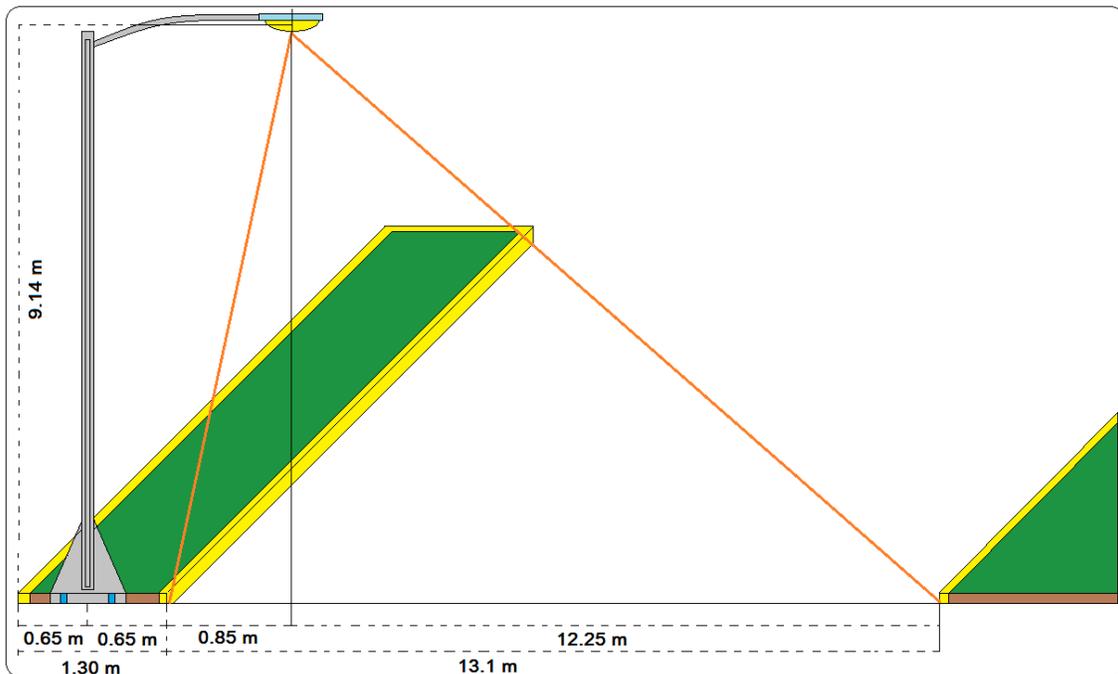


Imagen 3.12 Dimensiones de la Segunda Sesión del Estacionamiento 1.

En la Imagen 3.13, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

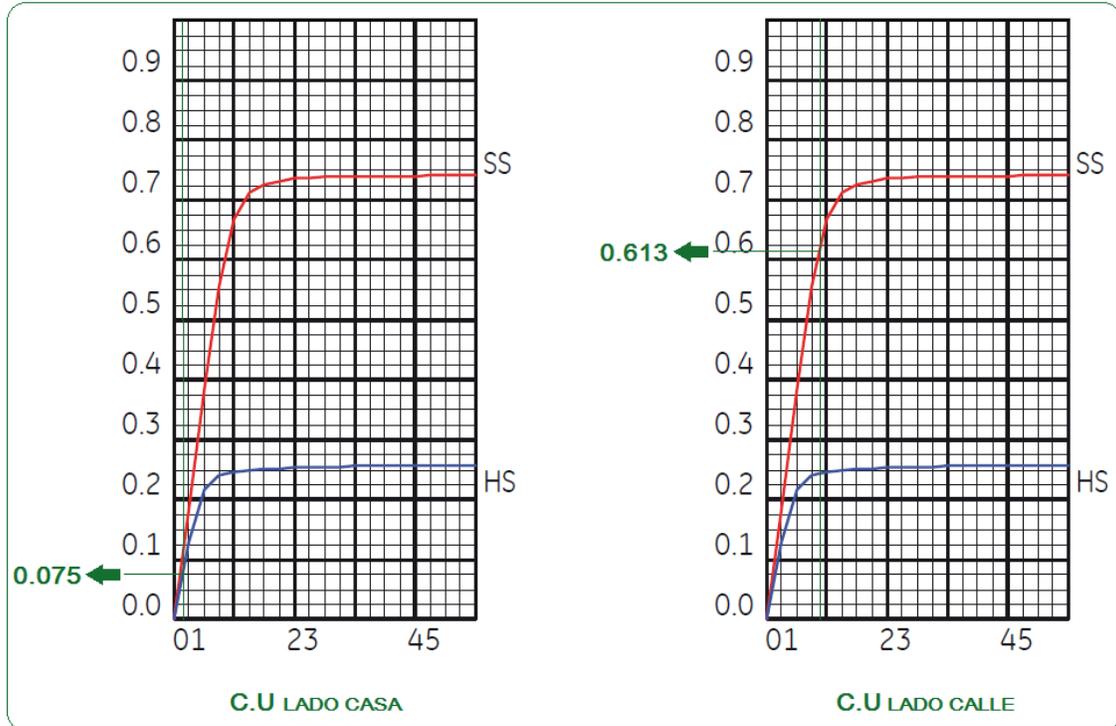


Imagen 3. 13 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.613 + 0.075 = 0.688$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento del calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio de esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.688) \times (0.621)}{(15.5) \times (13.1)} = 23.8 \text{ lux}$$

3.2.3.3. Tercera Sección del Estacionamiento 1.

Dentro del primer estacionamiento en su tercer camellón se contara con 2 postes bilaterales para alumbrado sirviendo para la sección 3 y 4, como se muestra en la Imagen 3.14.

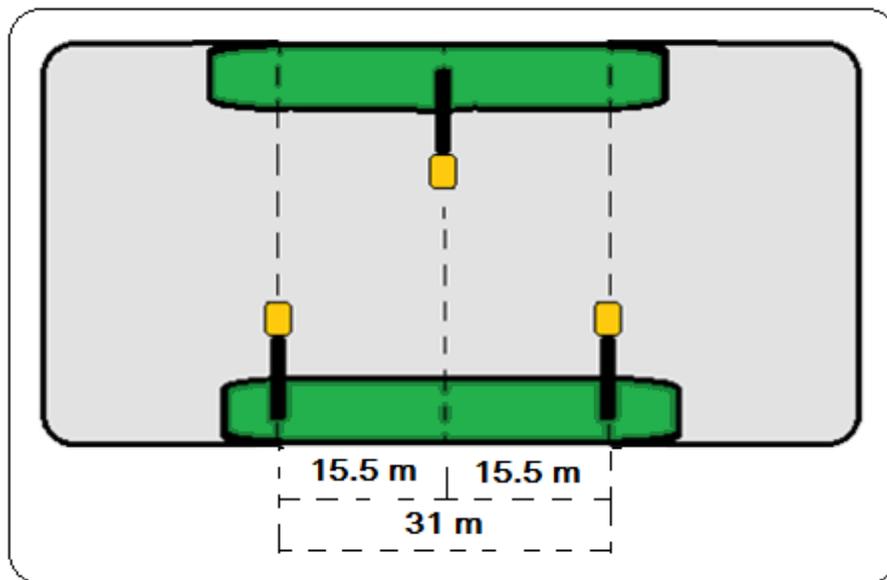


Imagen 3.14 Disposición Tres Bolita para la Tercera Sección del Estacionamiento 1.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.15).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{14.65}{9.14} = 1.6$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.15).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

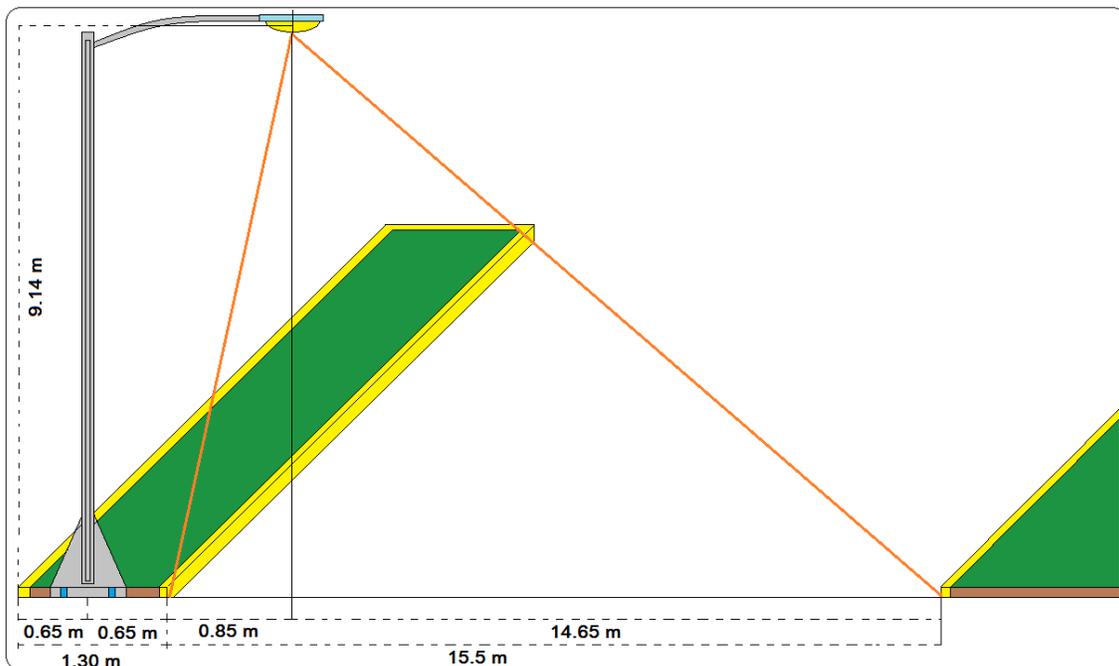


Imagen 3.15 Dimensiones de la Tercera Sección del Estacionamiento 1.

En la Imagen 3.16, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

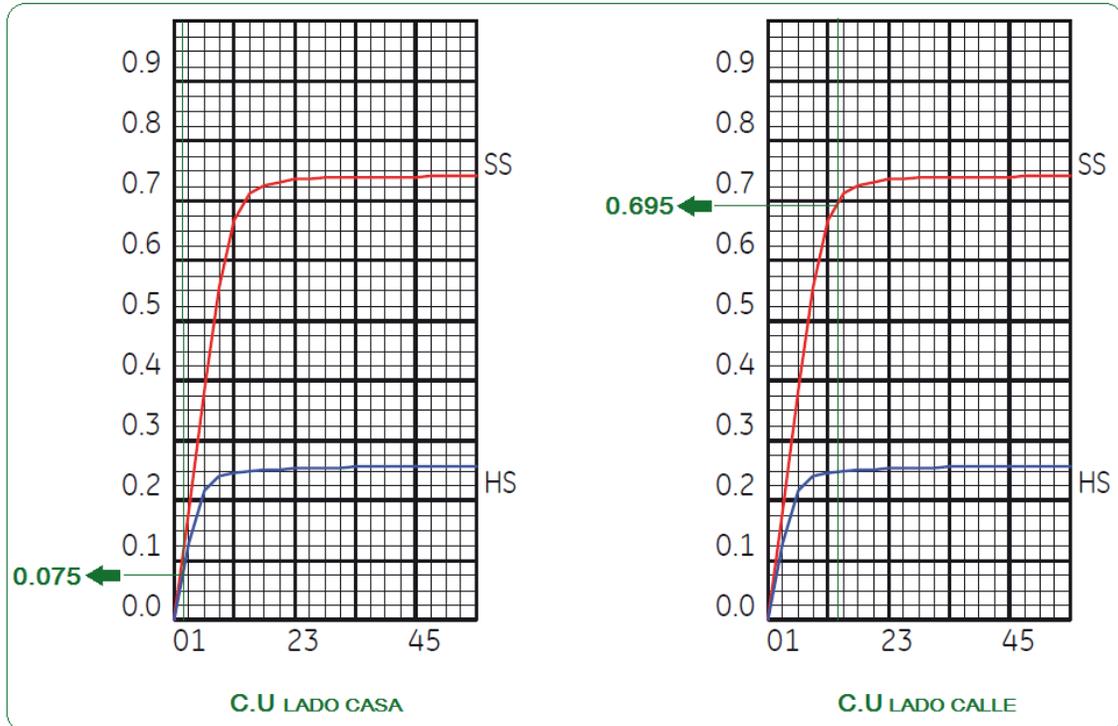


Imagen 3.16 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.695 + 0.075 = 0.77$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento del calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2., para conocer la iluminancia promedio en esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.77) \times (0.621)}{(15.5) \times (15.5)} = 22.5 \text{ lux}$$

3.2.3.4. Cuarta Sección del Estacionamiento 1.

Para la cuarta sección del estacionamiento cuenta con tres luminarios, teniendo una disposición como se muestra en la Imagen 3.17.

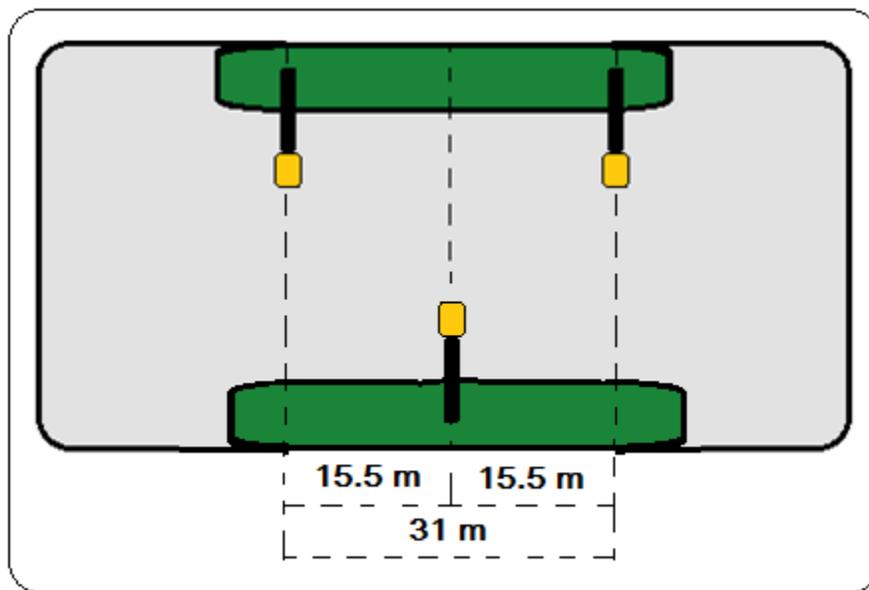


Imagen 3.17 Disposición Tres Bolita para la Cuarta Sección del Estacionamiento 1.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.18).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.07}{9.14} = 1.3$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.18)

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

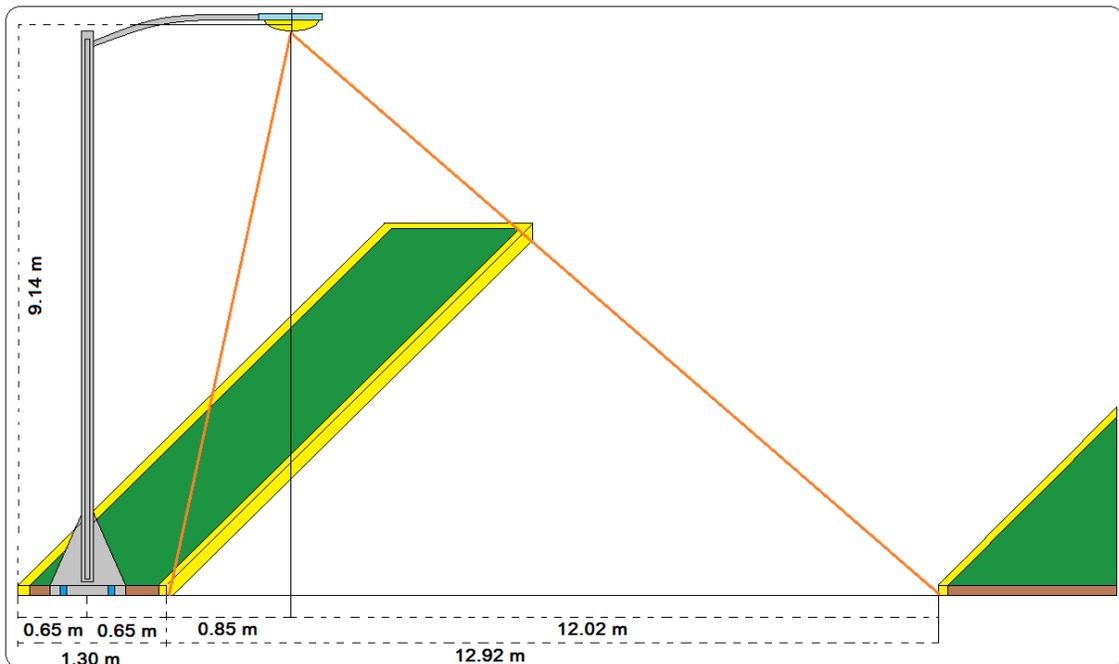


Imagen 3.18 Dimensiones de la Cuarta Sección del Estacionamiento 1.

En la Imagen 3.19, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relaciones anteriores para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

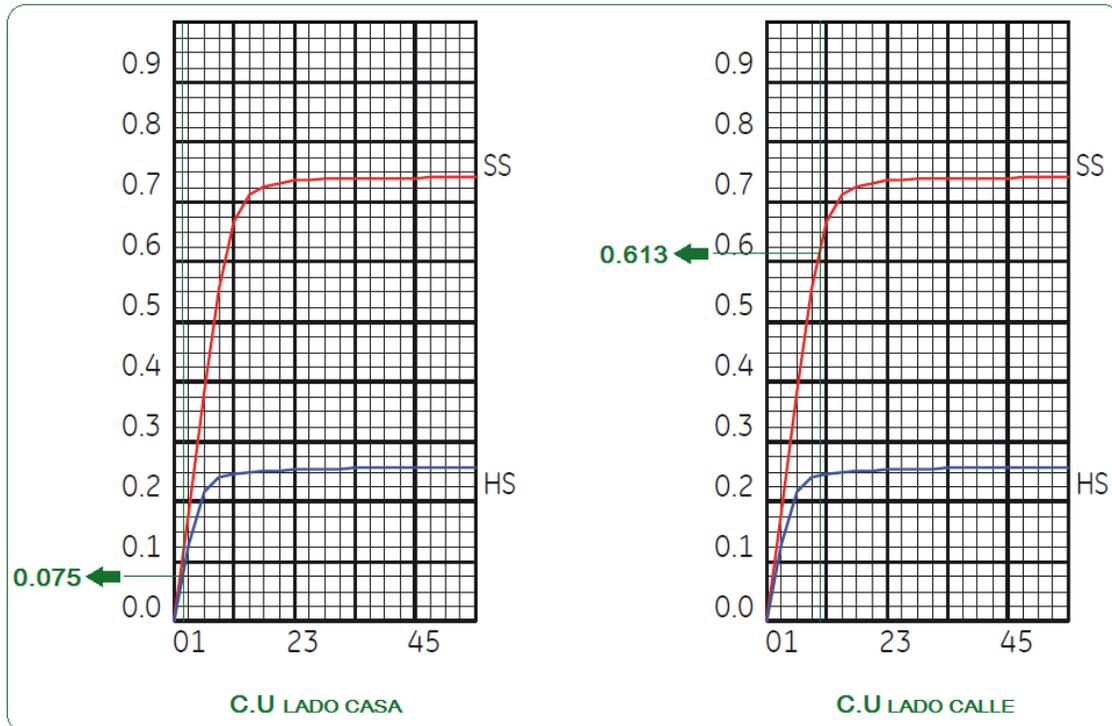


Imagen 3.19 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.613 + 0.075 = 0.688$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento el calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la siguiente ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio en esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.688) \times (0.621)}{(15.5) \times (12.92)} = 24.10 \text{ lux}$$

3.2.3.5. Quinta Sección del Estacionamiento 1.

Dentro del primer estacionamiento en su quinto camellón cuenta con postes bilaterales para alumbrado ayudando a la sexta sección, tal como se muestra en la Imagen 3.20.

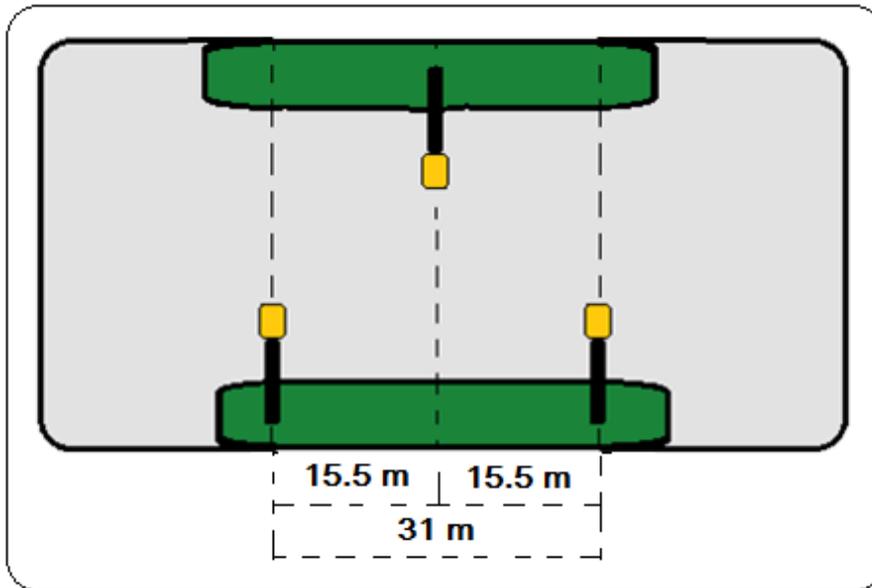


Imagen 3. 20 Disposición Tres Bolita para la Quinta Sección del Estacionamiento 1.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.21).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.25}{9.14} = 1.3$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.21).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

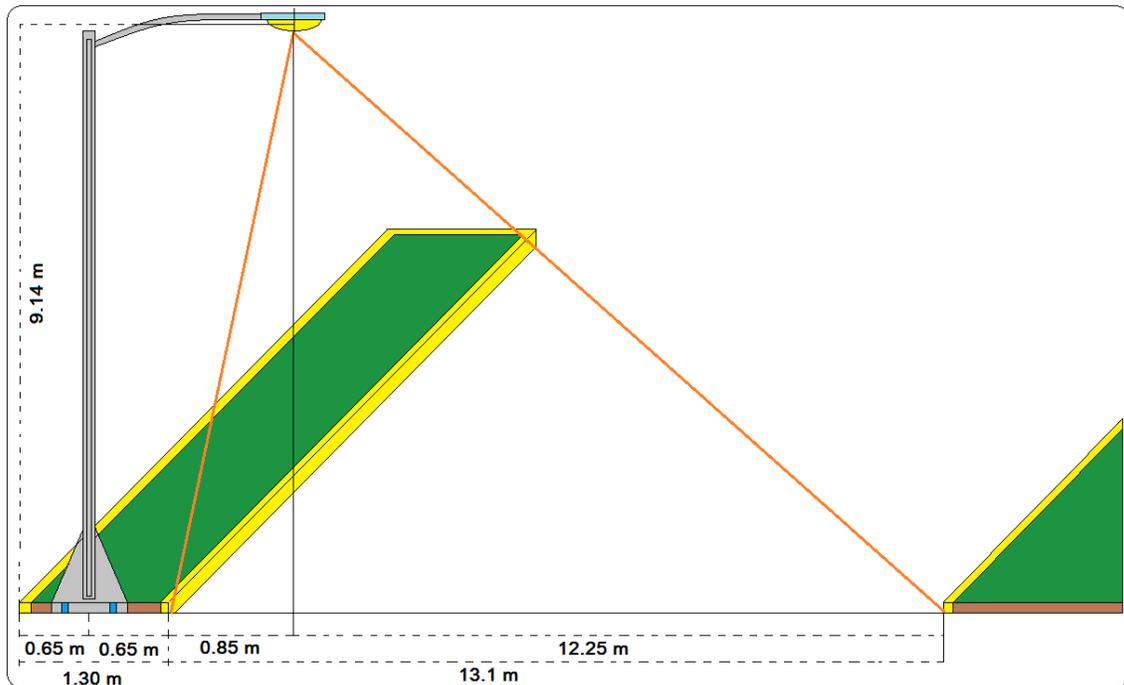


Imagen 3.21 Dimensiones de la Quinta Sección del Estacionamiento 1.

En la Imagen 3.22, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

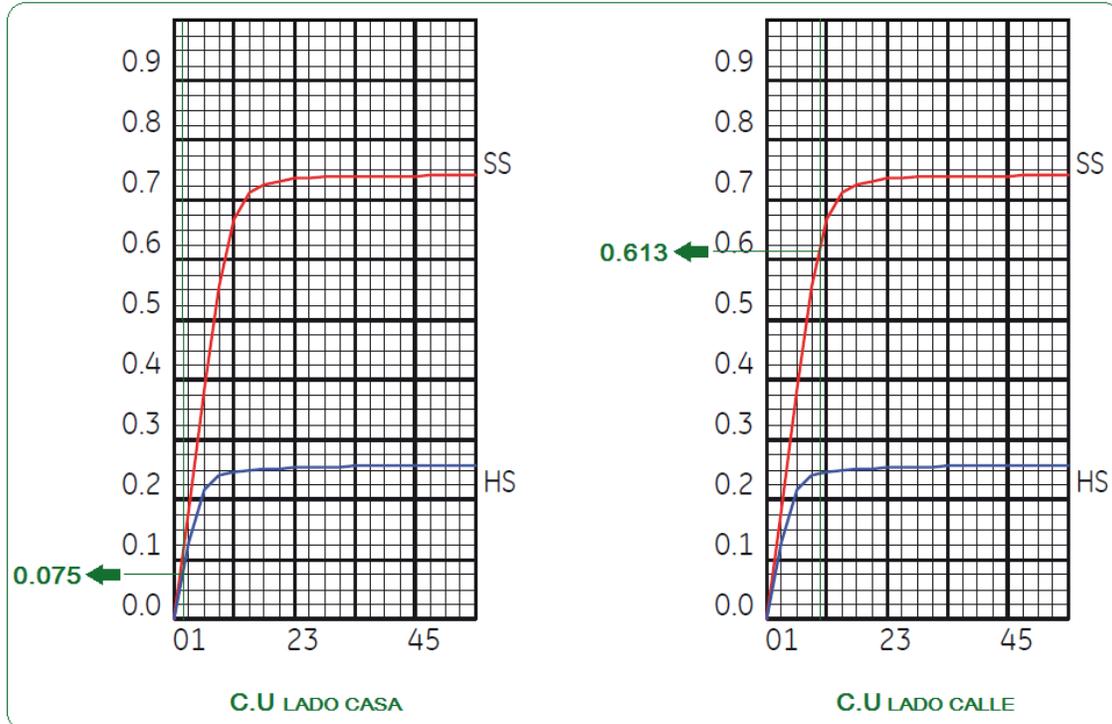


Imagen 3.22 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.613 + 0.075 = 0.688$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento el calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la siguiente ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio en esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.688) \times (0.621)}{(15.5) \times (13.1)} = 23.77 \text{ lux}$$

3.2.3.6. Sexta Sección del Estacionamiento 1.

Dentro del primer estacionamiento en su quinto camellón se cuenta con postes bilaterales para alumbrado para auxiliar la sexta sección, tal como se muestra en la Imagen 3.23.

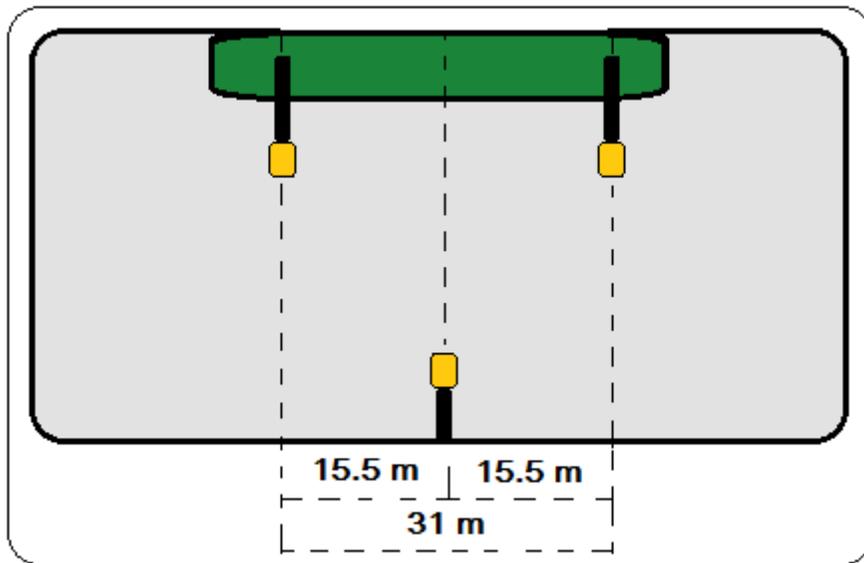


Imagen 3.23 Disposición Tres Bolita la Sexta Sección del Estacionamiento 1.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle ($C.U_{LADO CALLE}$) y lado casa ($C.U_{LADO CASA}$) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el ($C.U_{LADO CALLE}$) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.24).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{14.78}{9.14} = 1.6$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.24).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

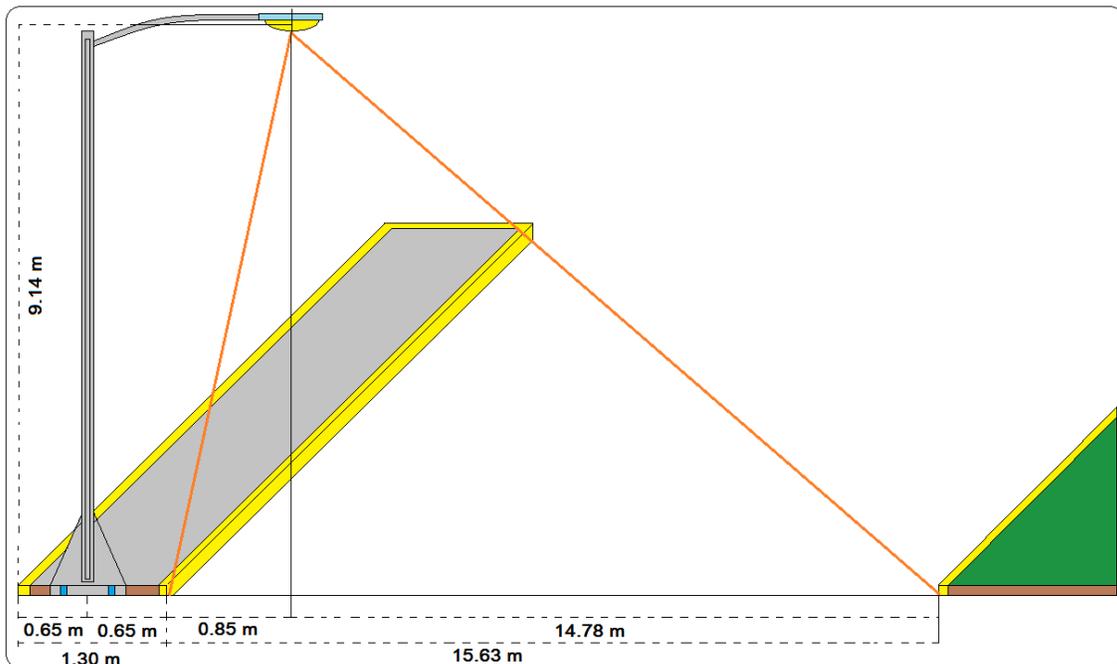


Imagen 3.24 Dimensiones de la Sexta Sección del Estacionamiento 1.

En la 3.25, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

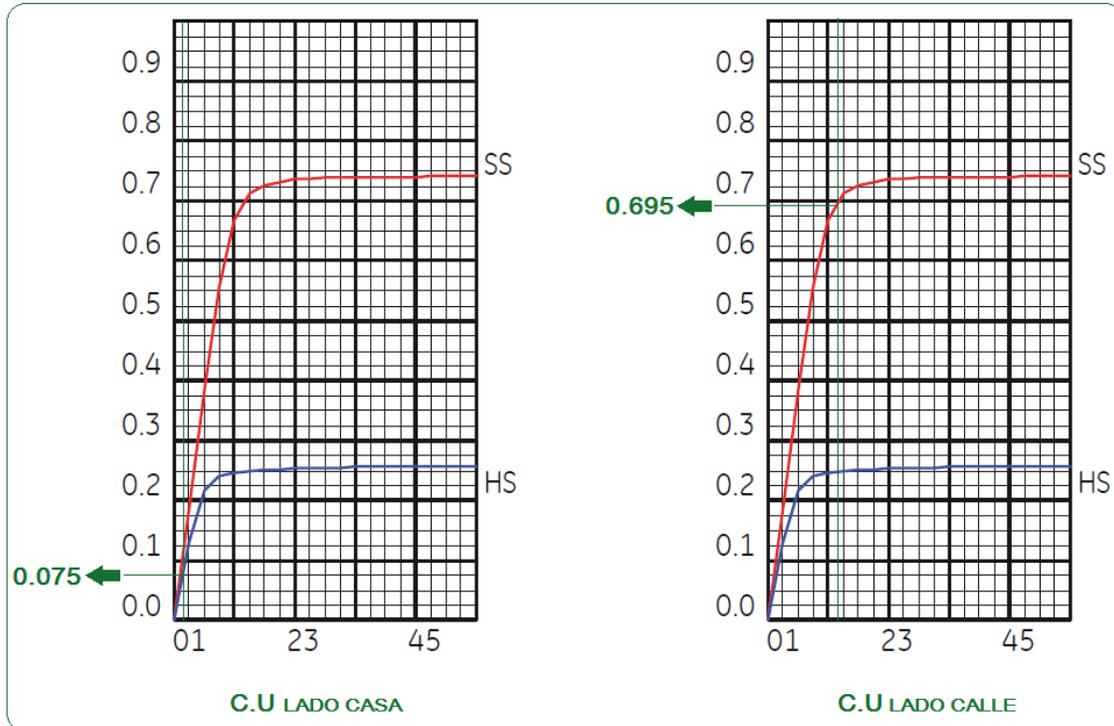


Imagen 3.25 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.695 + 0.075 = 0.77$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento del calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la siguiente ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio de esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.77) \times (0.621)}{(15.5) \times (15.63)} = 22.30 \text{ lux}$$

3.2.4. Cálculo de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 2 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.

El cálculo de alumbrado exterior de este estacionamiento se realizó por secciones, las cuales vienen desarrolladas a continuación.

3.2.4.1. Primera Sección del Estacionamiento 2.

Como se mencionó anteriormente se implementó un tercer luminario como se muestra en la Imagen 3.26.

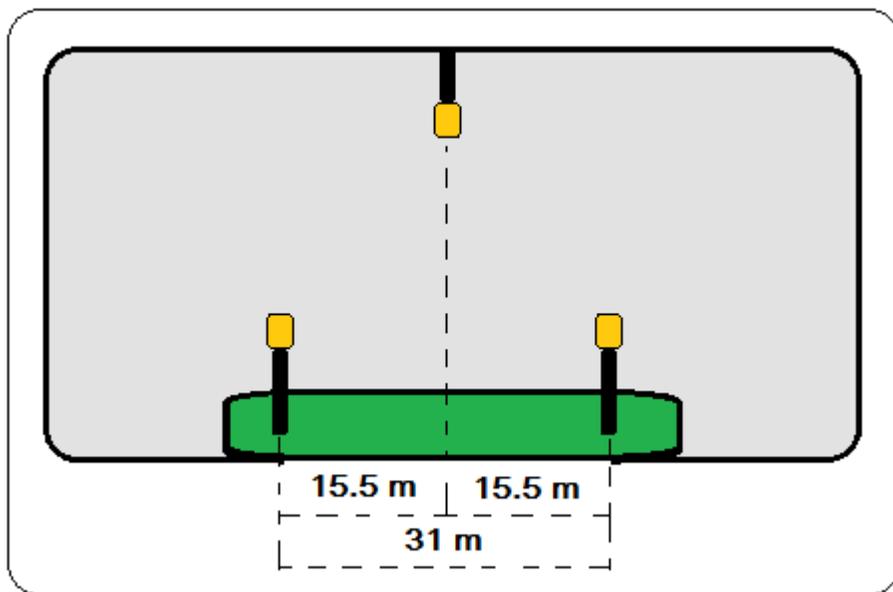


Imagen 3.26 Disposición Tres Bolita para la Primera Sección del Estacionamiento 2.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.27).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{14.77}{9.14} = 1.6$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.27).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

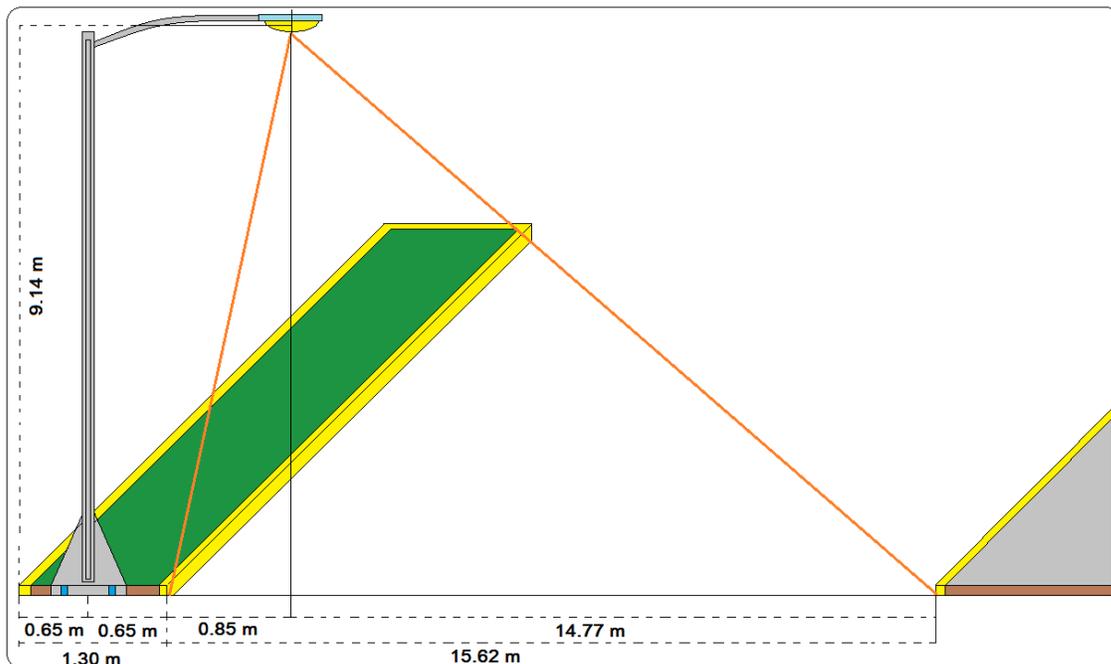


Imagen 3.27 Dimensiones de la Primera Sección del Estacionamiento 2.

En la Imagen 3.28, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U_{LADO CALLE} y C.U_{LADO CASA}.

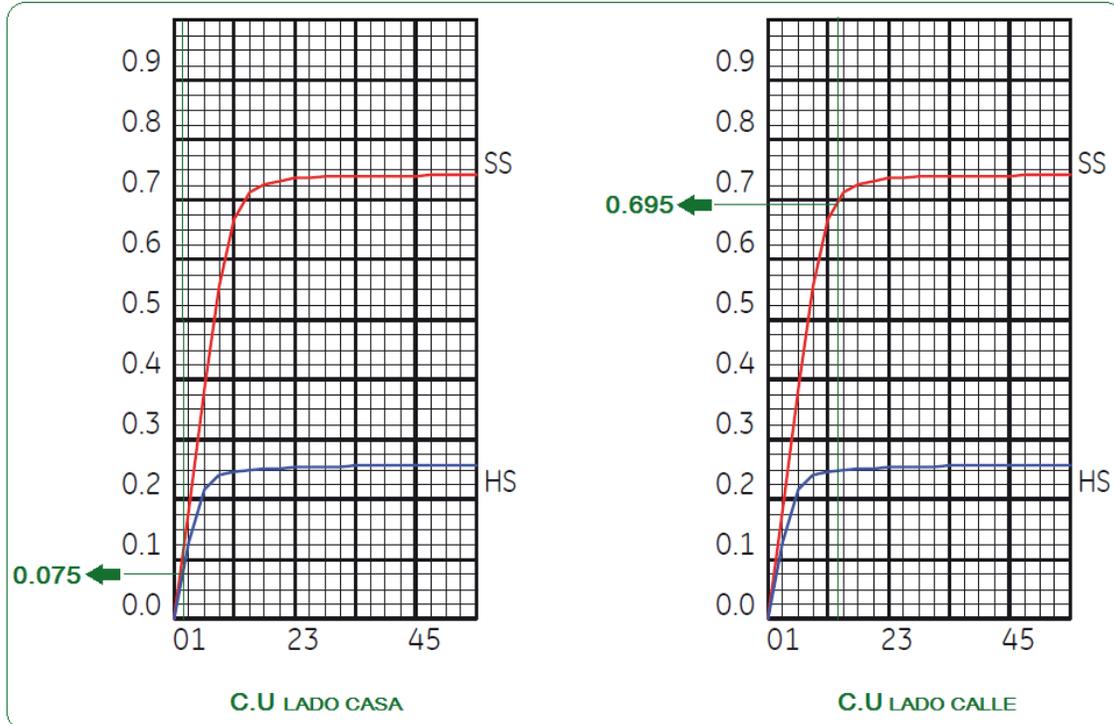


Imagen 3.28 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.695 + 0.075 = 0.77$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento del calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio en esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.77) \times (0.621)}{(15.5) \times (15.62)} = 22.31 \text{ lux}$$

3.2.4.2. Segunda Sección del Estacionamiento 2.

Dentro del segundo estacionamiento en su segundo camellón cuenta con un poste para alumbrado, en el primer camellón se implementaron postes bilaterales como se muestra en la Imagen 3.29 para que ayudaran al alumbrado en esta sección.

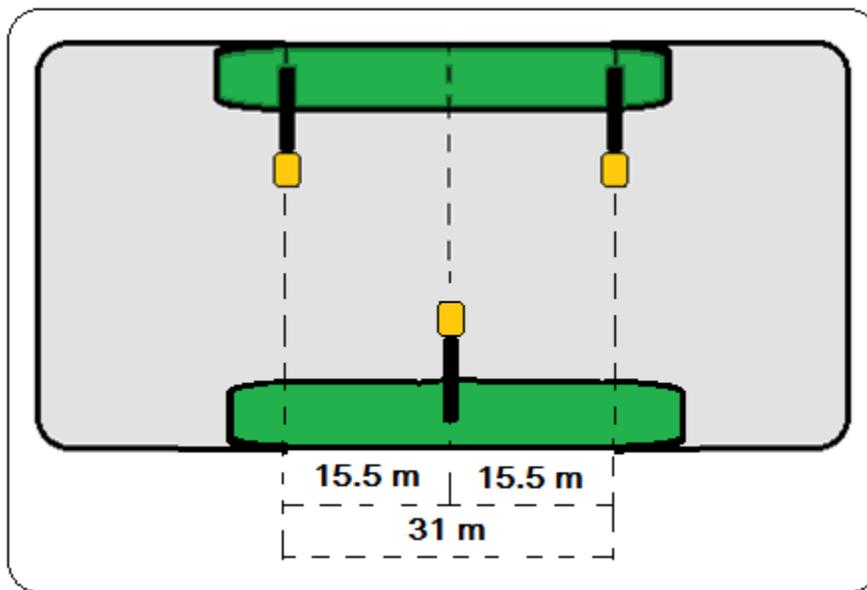


Imagen 3.29 Disposición Tres Bolita para la Segunda Sección del Estacionamiento 2.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle ($C.U_{LADO CALLE}$) y lado casa ($C.U_{LADO CASA}$) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el ($C.U_{LADO CALLE}$) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.30).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.35}{9.14} = 1.4$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.30).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

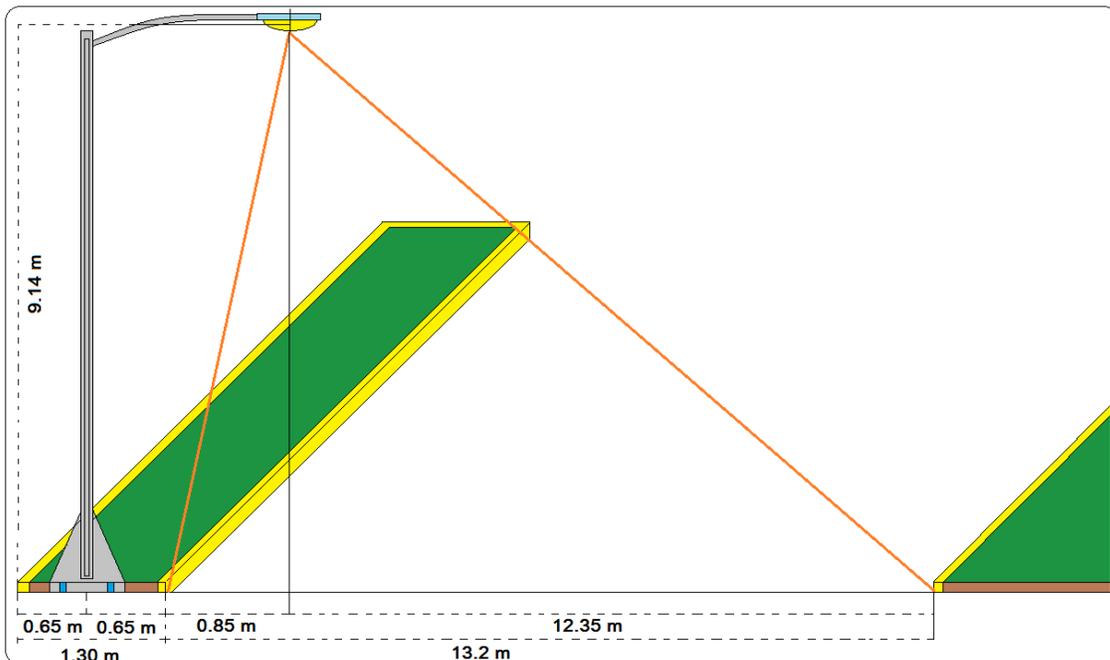


Imagen 3.30 Dimensiones de la Segunda Sección del Estacionamiento 2.

En la Imagen 3.31, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

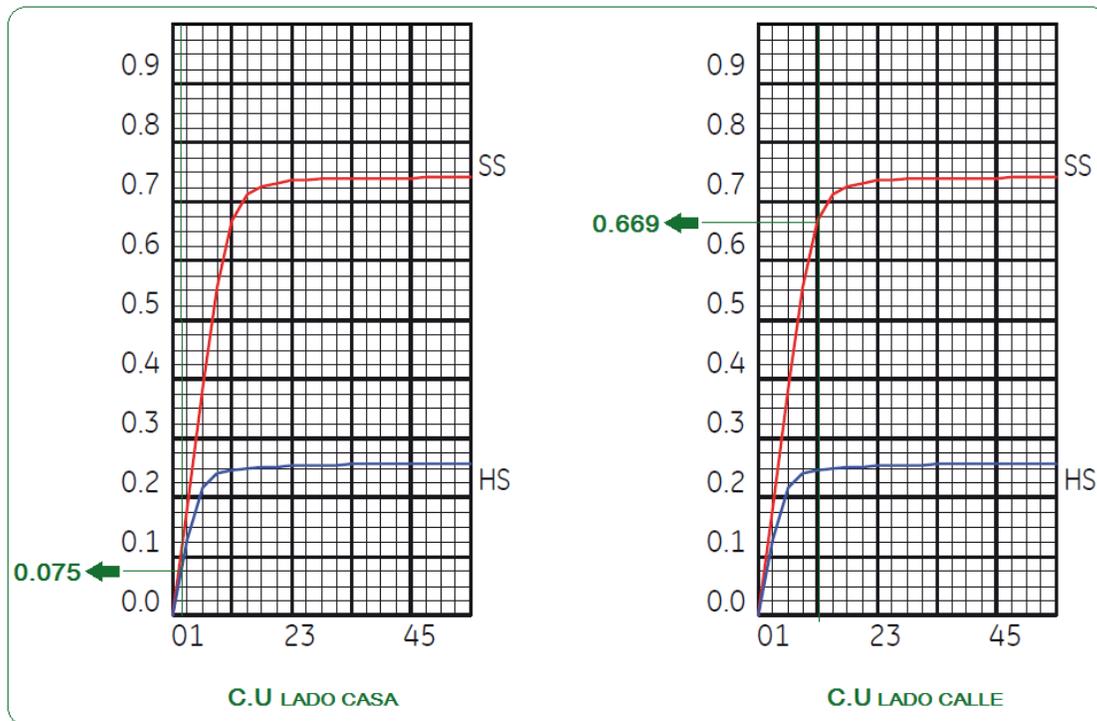


Imagen 3.31 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.669 + 0.075 = 0.744$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento del calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio en esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.744) \times (0.621)}{(15.5) \times (13.2)} = 25.51 \text{ lux}$$

3.2.4.3. Tercera Sección del Estacionamiento 2.

Dentro del segundo estacionamiento en su tercer camellón se contara con 2 postes bilaterales y en el segundo camellón contara con un poste bilateral, obteniendo la forma tres bolita como se observa en la Imagen 3.32.

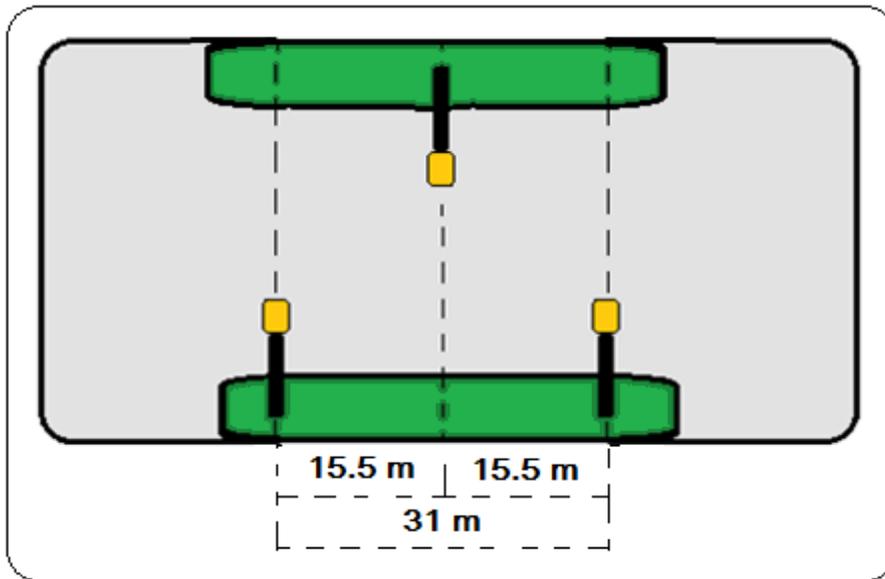


Imagen 3.32 Disposición Tres Bolita para la Tercera Sección del Estacionamiento 2.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle ($C.U_{LADO CALLE}$) y lado casa ($C.U_{LADO CASA}$) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el ($C.U_{LADO CALLE}$) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.33).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.2}{9.14} = 1.3$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.33).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

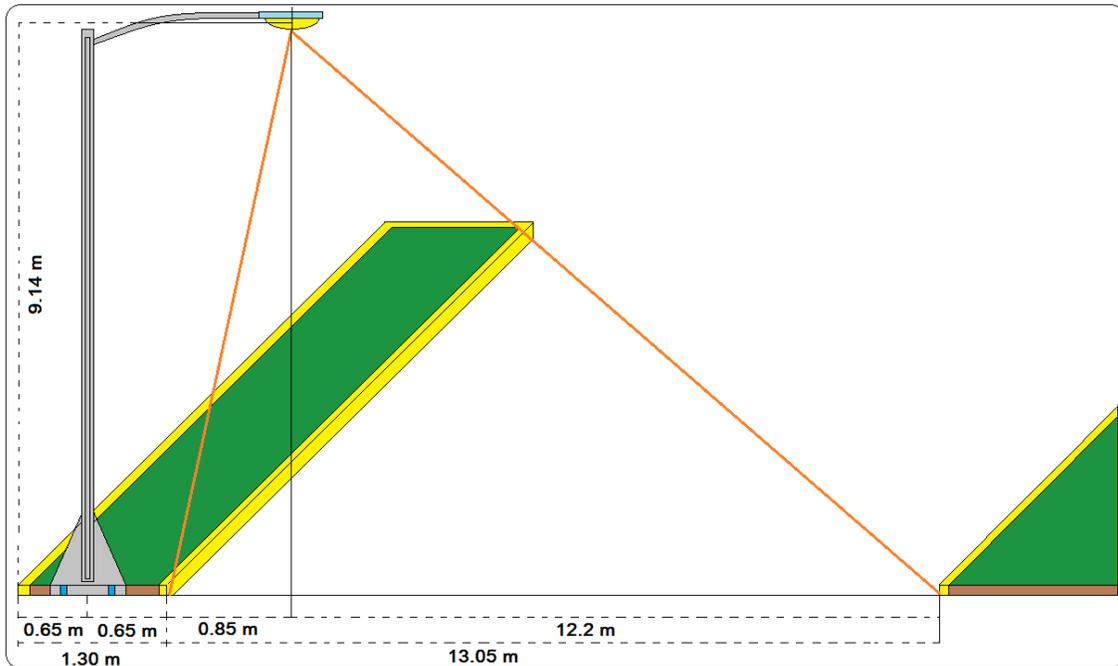


Imagen 3.33 Dimensiones de la Tercera Sección del Estacionamiento 2.

En la Imagen 3.34, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

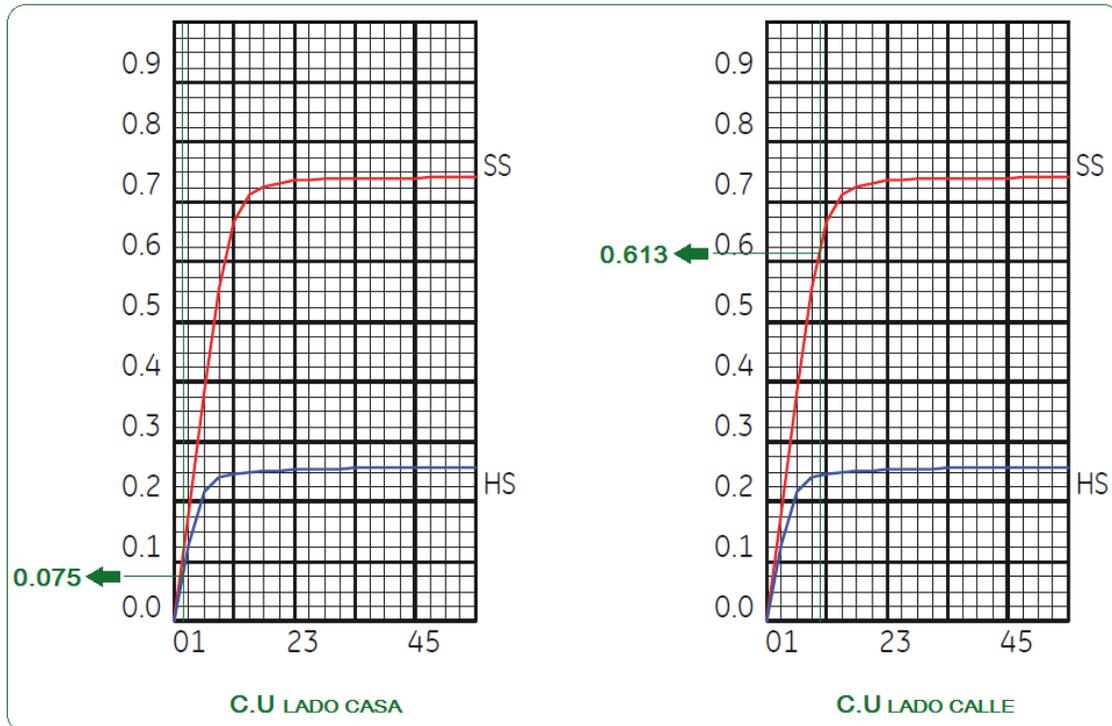


Imagen 3.34 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE Y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.613 + 0.075 = 0.688$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento del calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.688) \times (0.621)}{(15.5) \times (13.05)} = 23.86 \text{ lux}$$

3.2.4.4. Cuarta Sección del Estacionamiento 2.

Dentro del segundo estacionamiento en su tercer camellón se cuenta con postes para alumbrado para la cuarta sección, tal como se muestra en la Imagen 3.35.

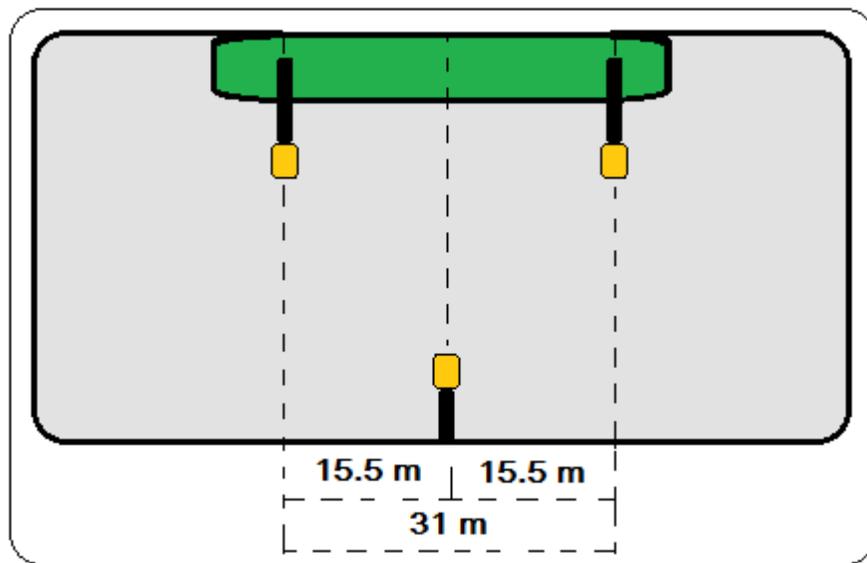


Imagen 3.357 Disposición Tres Bolita para la Cuarta Sección del Estacionamiento 2.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.36).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{14.87}{9.14} = 1.6$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.36)

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

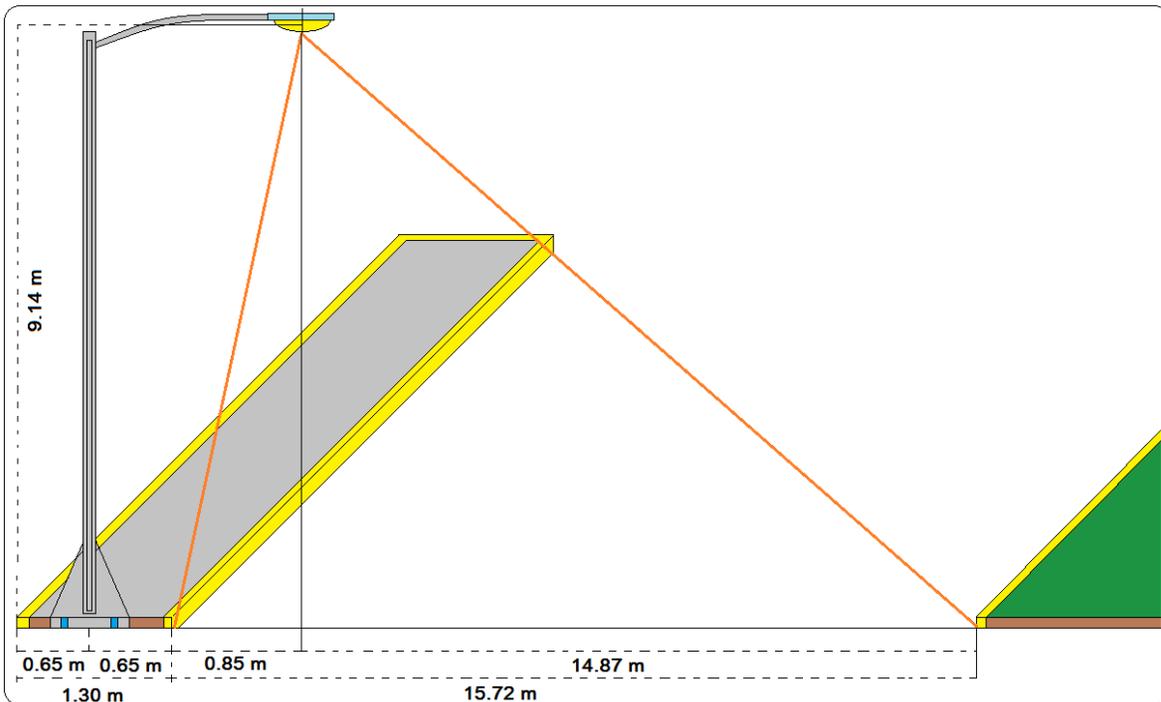


Imagen 3.36 Dimensiones de la Cuarta Sección del Estacionamiento 2.

En la Imagen 3.37, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

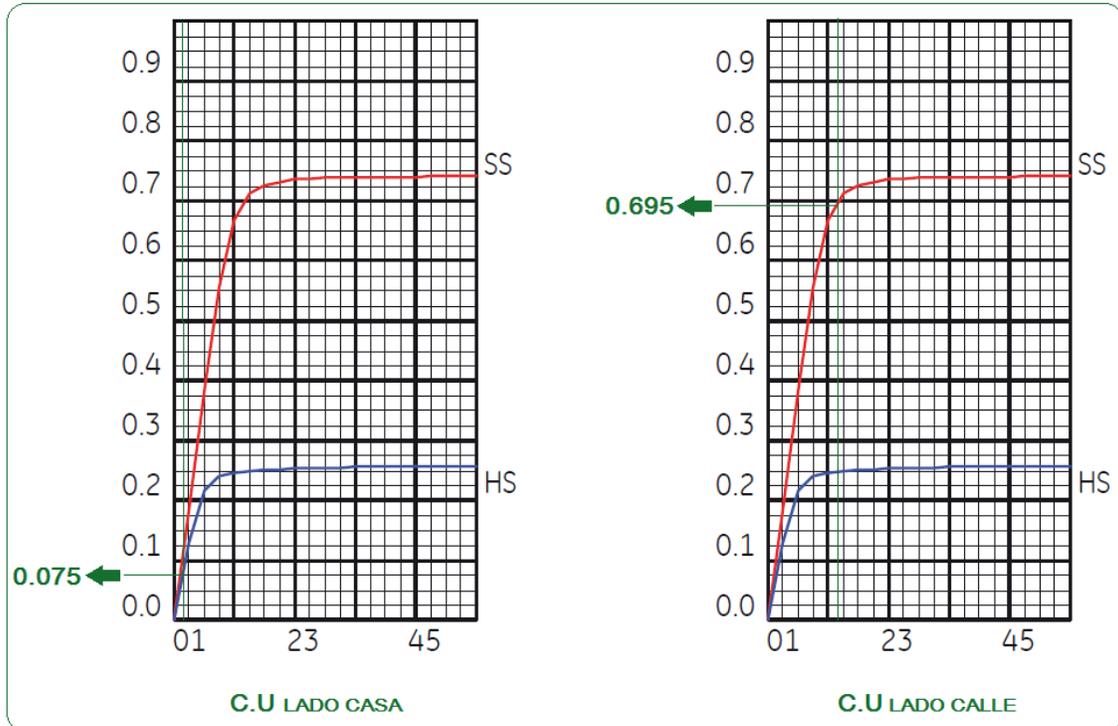


Imagen 3.37 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.695 + 0.075 = 0.77$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento del calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio de esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.77) \times (0.621)}{(15.5) \times (15.72)} = 22.17 \text{ lux}$$

3.2.5. Cálculo de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 3 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.

En este estacionamiento al igual que en los anteriores se realizó el cálculo de alumbrado por secciones.

3.2.5.1. Primera Sección del Estacionamiento 3.

Para la primera sección del estacionamiento 3 se implementará un tercer poste bilateral, a tal forma que disminuya el espaciamento quedando como en la Imagen 3.38.

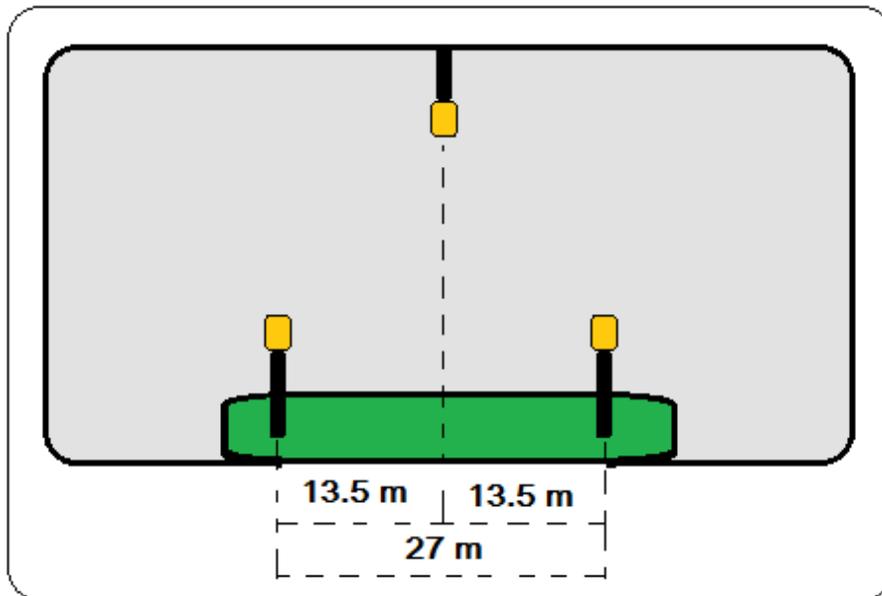


Imagen 3.38 Disposición Tres Bolita para la Primera Sección del Estacionamiento 3.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.39).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{9.7}{9.14} = 1.1$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.39)

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

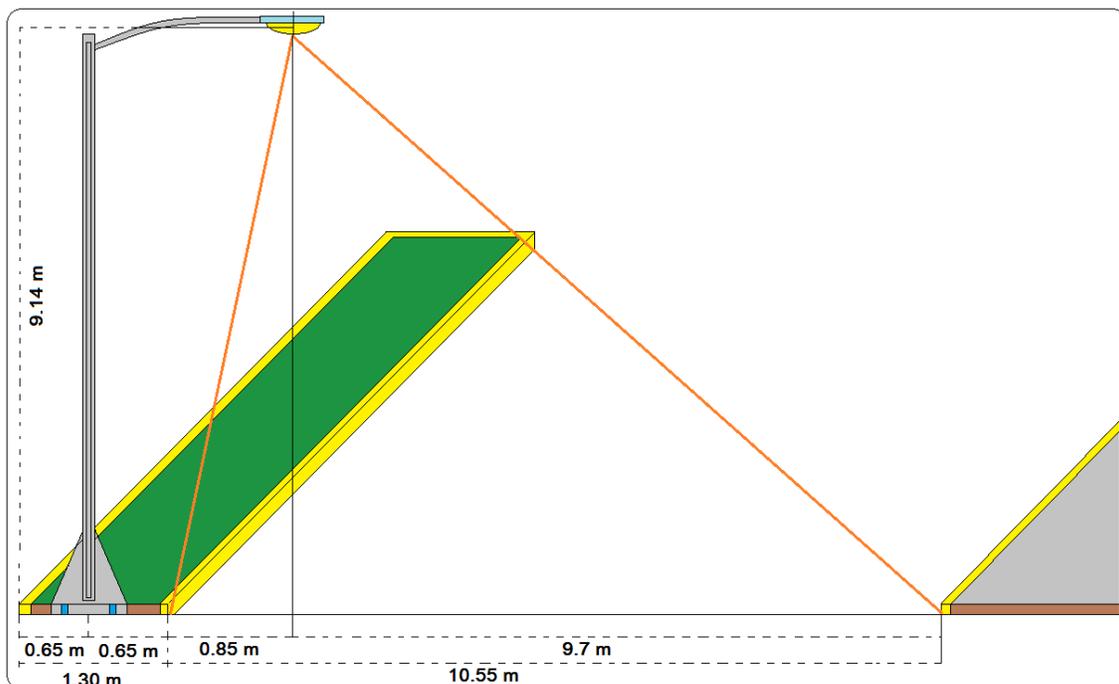


Imagen 3.39 Dimensiones de la Primera Sección del Estacionamiento 3.

En la Imagen 3.40 se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U_{LADO CALLE} y C.U_{LADO CASA}.

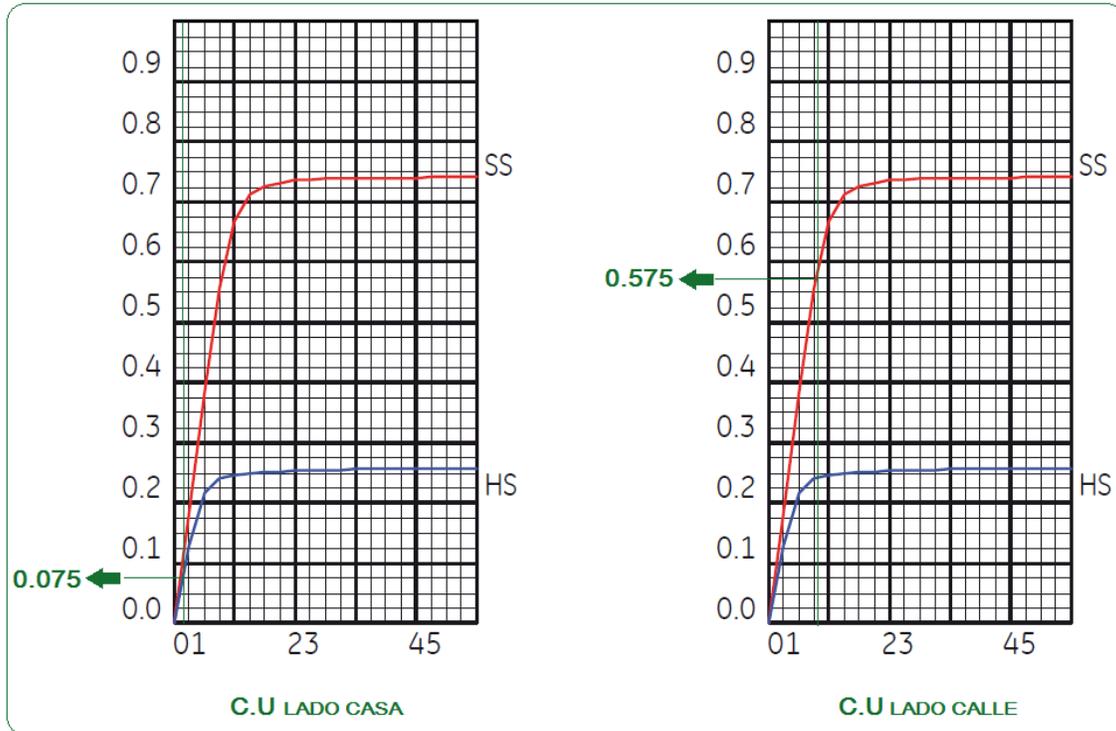


Imagen 3.40 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.575 + 0.075 = 0.65$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento el calculado en la ecuación 3.1 de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio de esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.65) \times (0.621)}{(13.5) \times (10.55)} = 32.02 \text{ lux}$$

3.2.5.2. Segunda Sección del Estacionamiento 3.

Dentro del tercer estacionamiento en su segundo camellón con un poste bilateral para alumbrado, y en el primer camellón se ocuparon postes bilaterales como se muestra en la Imagen 3.41.

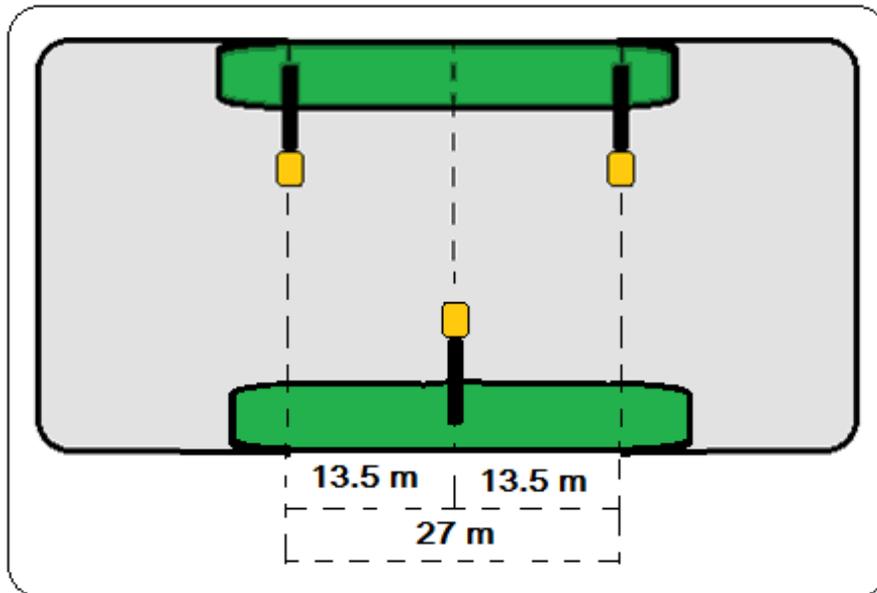


Imagen 3.41 Disposición Tres Bolita para la Segunda Sección del Estacionamiento 3.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.42).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.6}{9.14} = 1.4$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.42).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

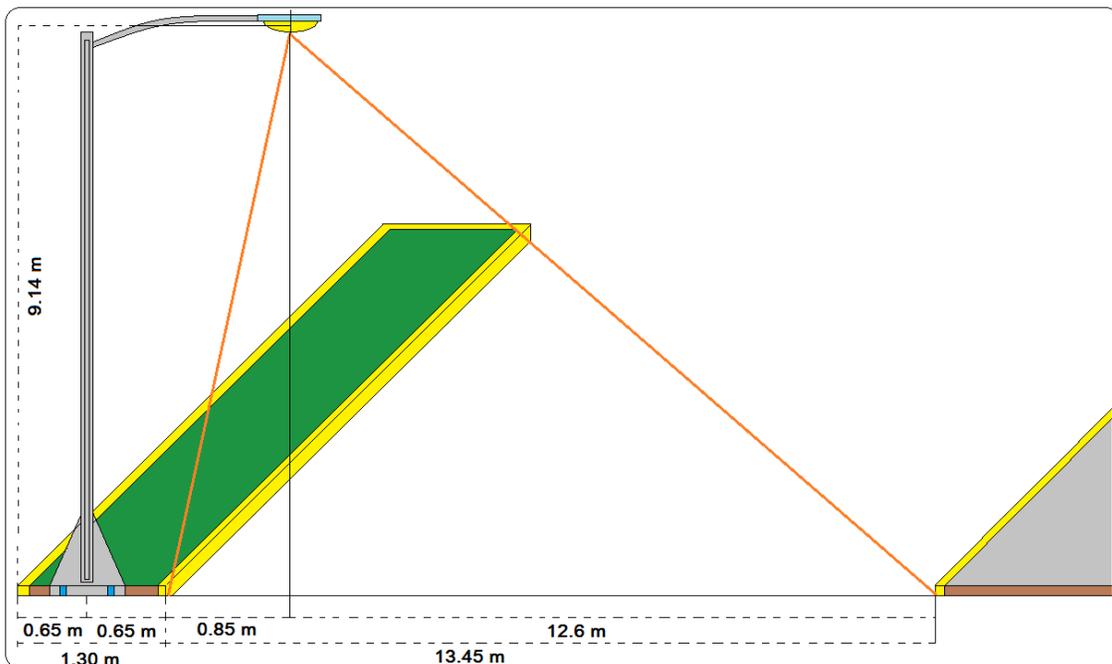


Imagen 3.42 Dimensiones de la Segunda Sección del Estacionamiento 3.

En la Imagen 3.43, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

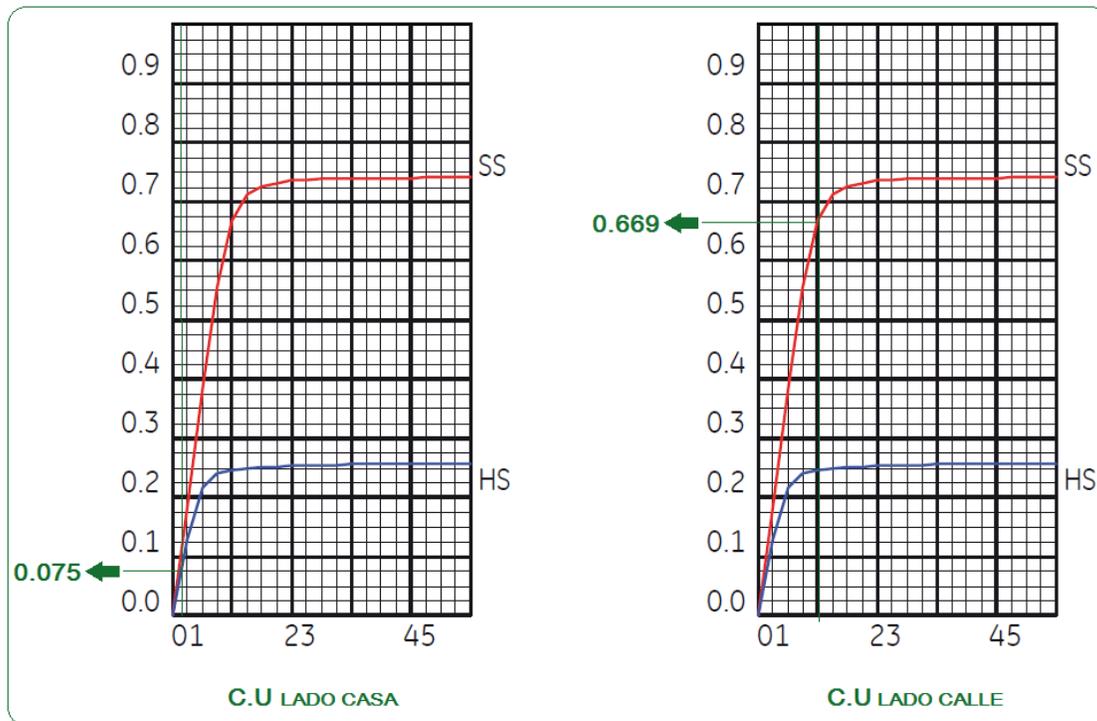


Imagen 3.43 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE Y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.669 + 0.075 = 0.744$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento el calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio de esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.744) \times (0.621)}{(13.5) \times (13.45)} = 28.75 \text{ lux}$$

3.2.5.3. Tercera Sección del Estacionamiento 3.

Dentro del tercer estacionamiento en su tercer camellón se contara con 2 postes bilaterales para alumbrado en la tercera y cuarta sección, para la tercera sección se tiene una disposición como se muestra en la Imagen 3.44.

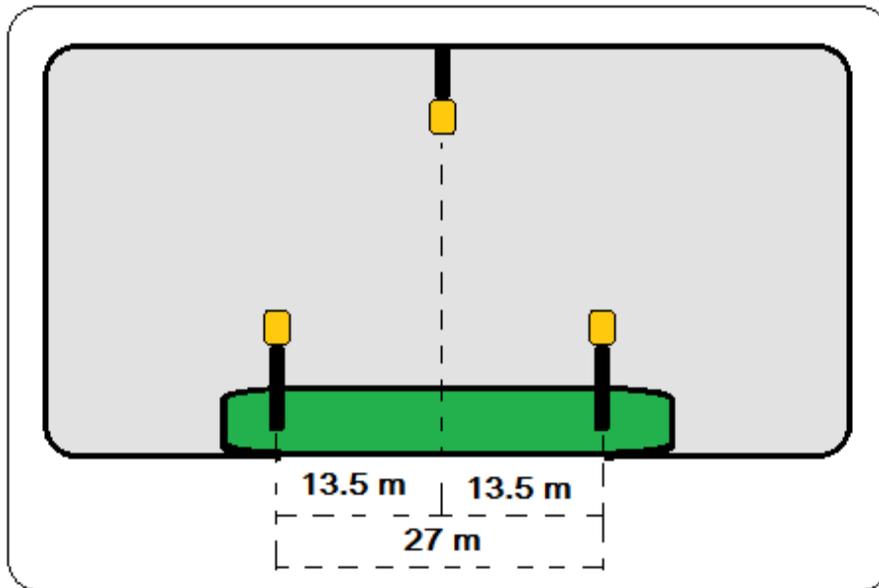


Imagen 3.44 Disposición Tres Bolita para la Tercera Sección del Estacionamiento 3.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle ($C.U_{LADO CALLE}$) y lado casa ($C.U_{LADO CASA}$) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el ($C.U_{LADO CALLE}$) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.45).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.52}{9.14} = 1.4$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.45).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

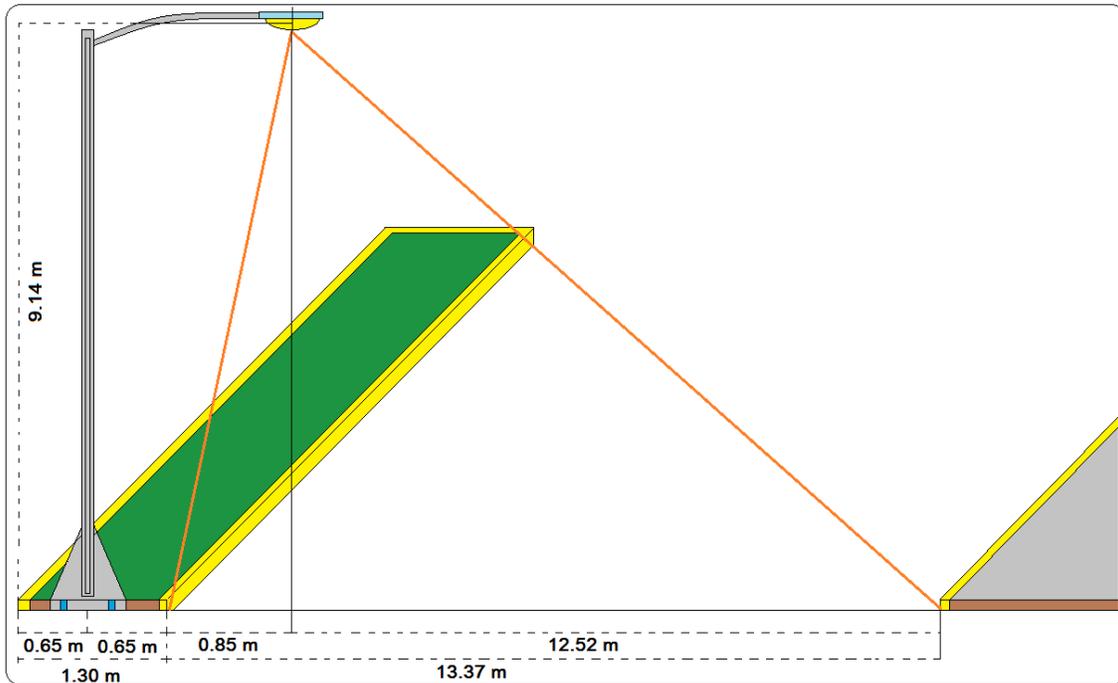


Imagen 3.45 Dimensiones de la Tercera Sección del Estacionamiento 3.

En la Imagen 3.46, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

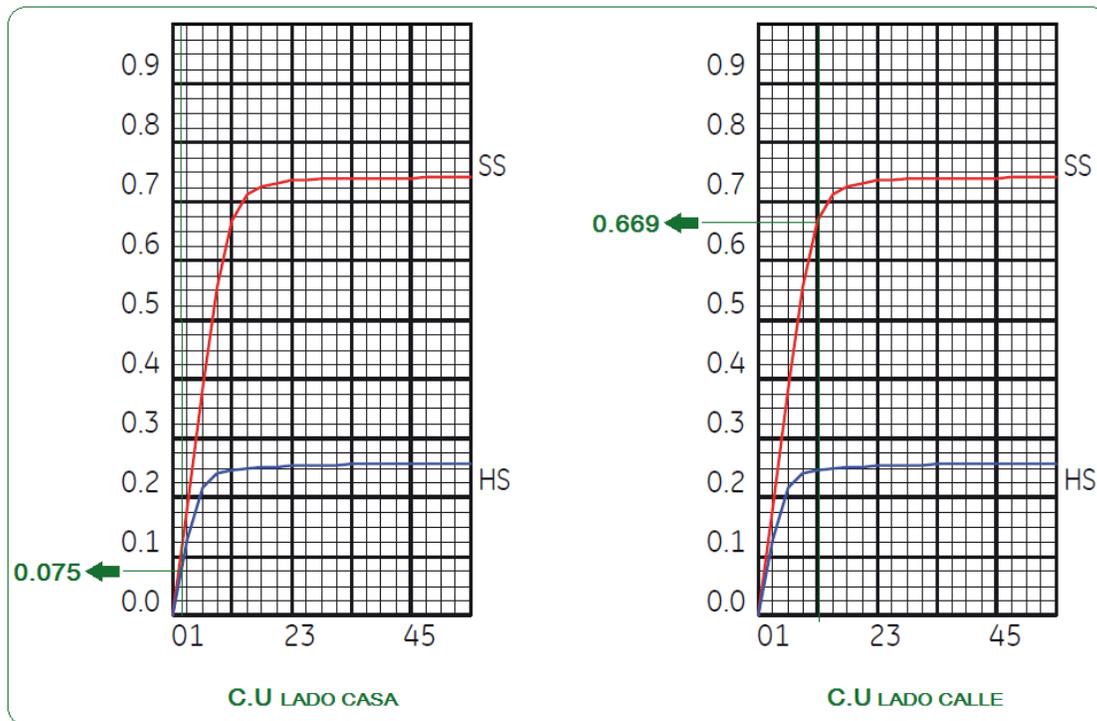


Imagen 3.46 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.669 + 0.075 = 0.744$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento del calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio de esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.744) \times (0.621)}{(13.5) \times (13.37)} = 28.92 \text{ lux}$$

3.2.5.4. Cuarta Sección del Estacionamiento 3.

Dentro del tercer estacionamiento en su tercer camellón se cuenta con postes bilaterales para alumbrado los cuales ayudan para la cuarta sección, tal como se muestra en la Imagen 3.47.

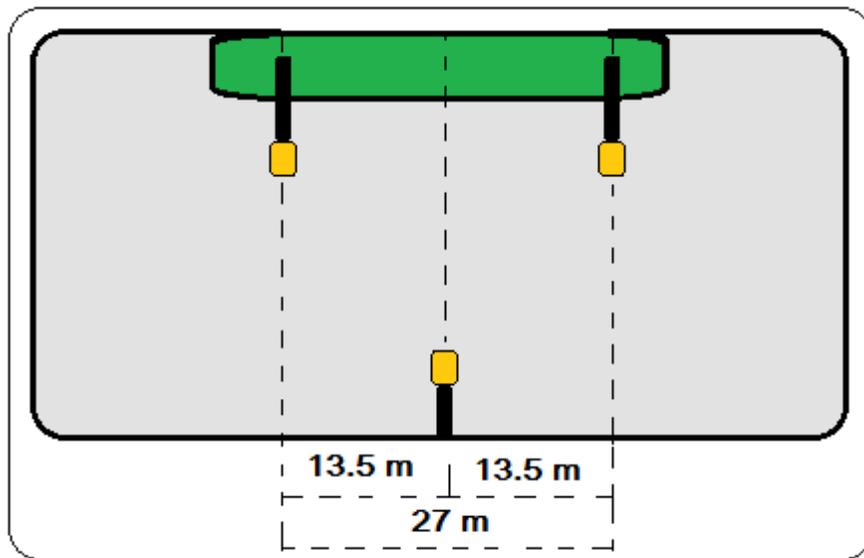


Imagen 3.47 Disposición Tres Bolita para la Cuarta Sección del Estacionamiento 3.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle ($C.U_{\text{LADO CALLE}}$) y lado casa ($C.U_{\text{LADO CASA}}$) así como se muestra en el cálculo siguiente

Para poder obtener el ($C.U_{\text{LADO CALLE}}$) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.48).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{13.87}{9.14} = 1.4$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.48).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

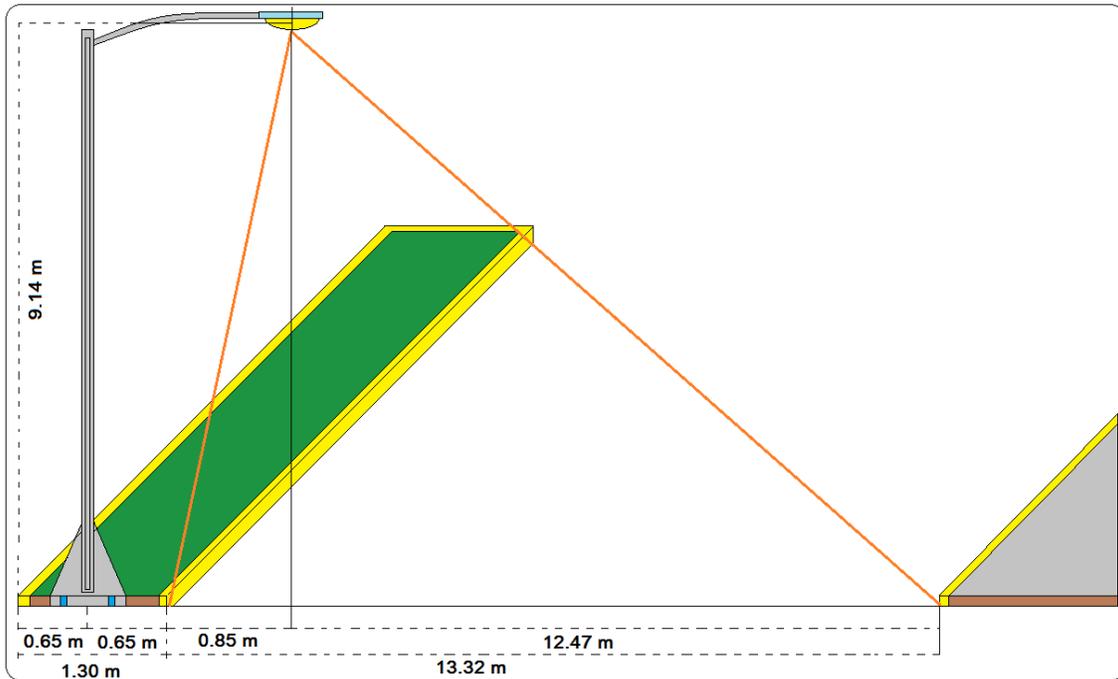


Imagen 3.48 Dimensiones de la Cuarta Sección del Estacionamiento 3.

En la Imagen 3.49, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

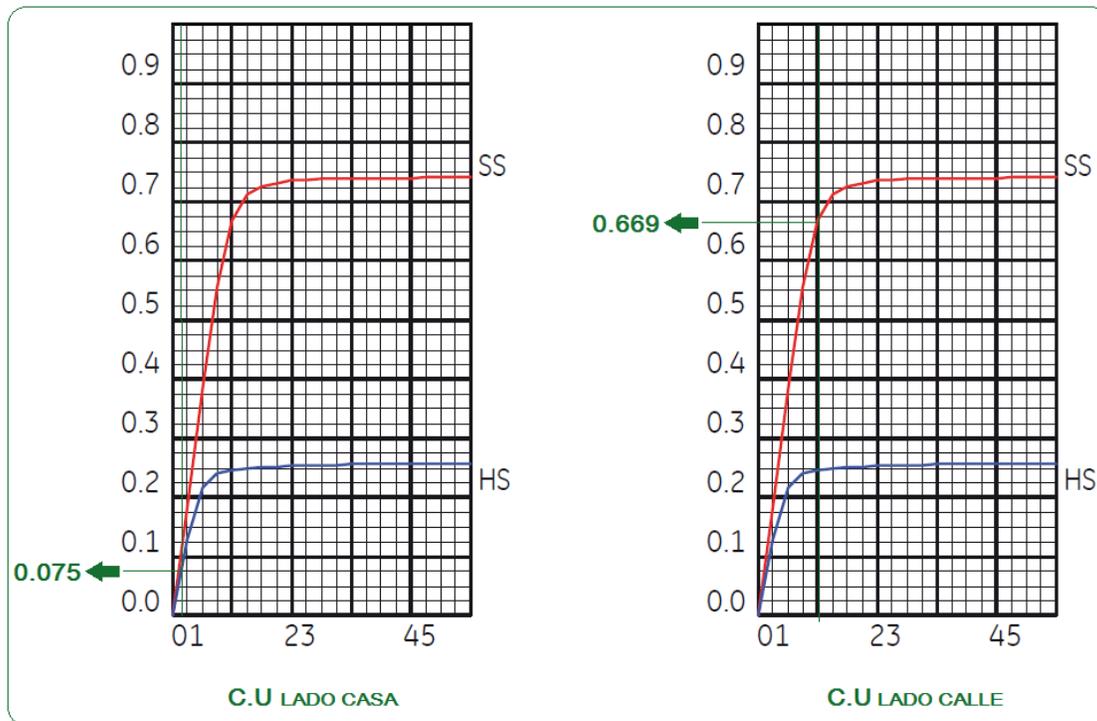


Imagen 3.49 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.669 + 0.075 = 0.744$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento el calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio en esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.744) \times (0.621)}{(13.5) \times (13.32)} = 27.97 \text{ lux}$$

3.2.6. Cálculo de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 4 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.

En este estacionamiento al igual que en los anteriores se realizó el cálculo de alumbrado por secciones.

3.2.6.1. Primera Sección del Estacionamiento 4.

En la nueva propuesta se implementó un tercer luminario como se muestra en la siguiente Imagen para la primera sección del estacionamiento 4, de tal forma que disminuye el espaciamiento teniendo una disposición tres bolita como en la Imagen 3.50.

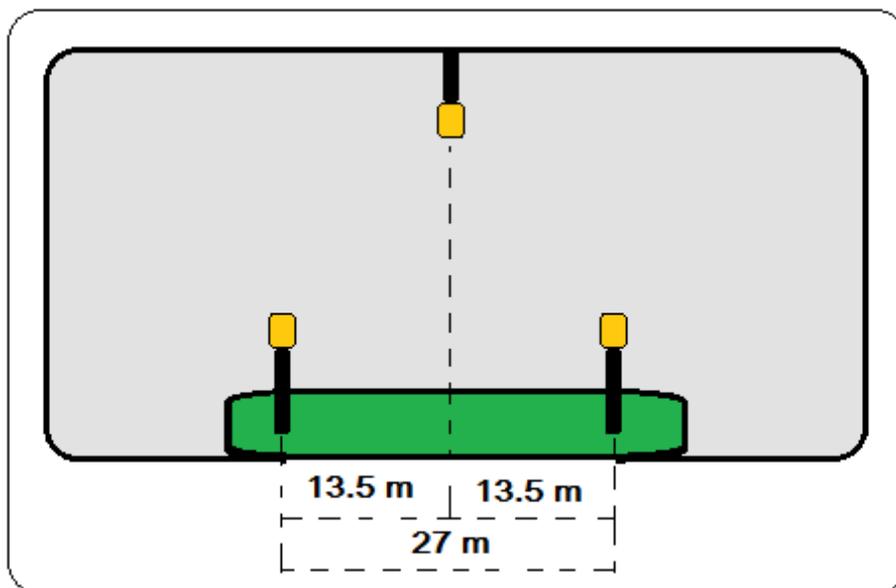


Imagen 3.50 Disposición Tres Bolita para la Primera Sección del Estacionamiento 4.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.51).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{14.7}{9.14} = 1.6$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.51).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

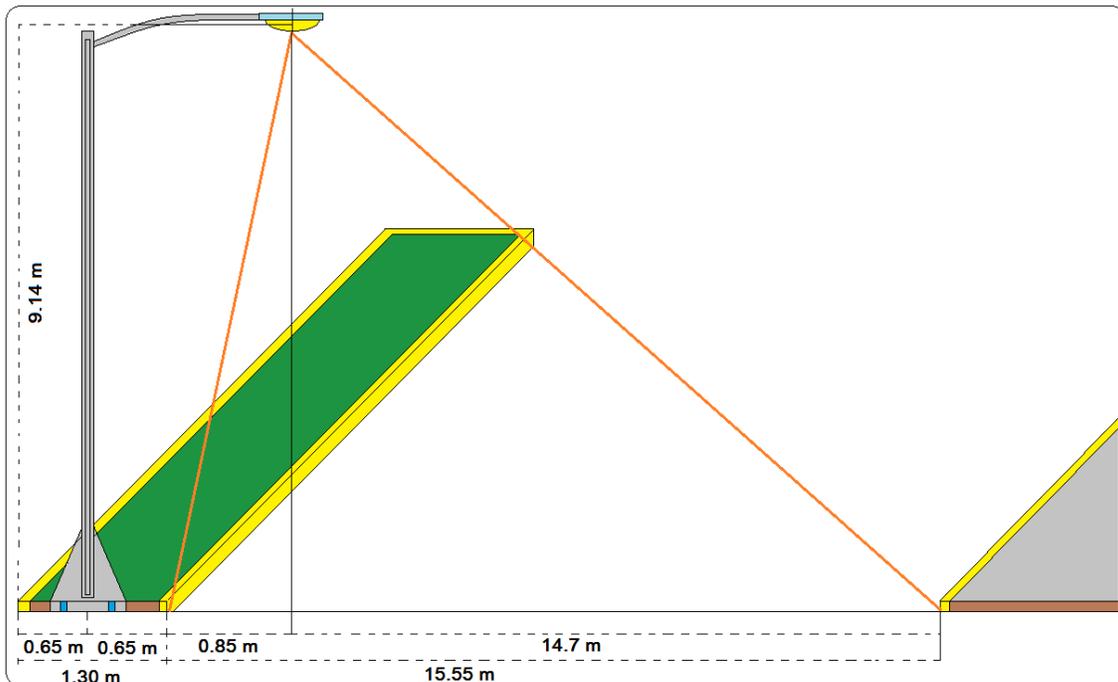


Imagen 3.51 Dimensiones de la Primera Sección del Estacionamiento 4.

En la Imagen 3.52, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

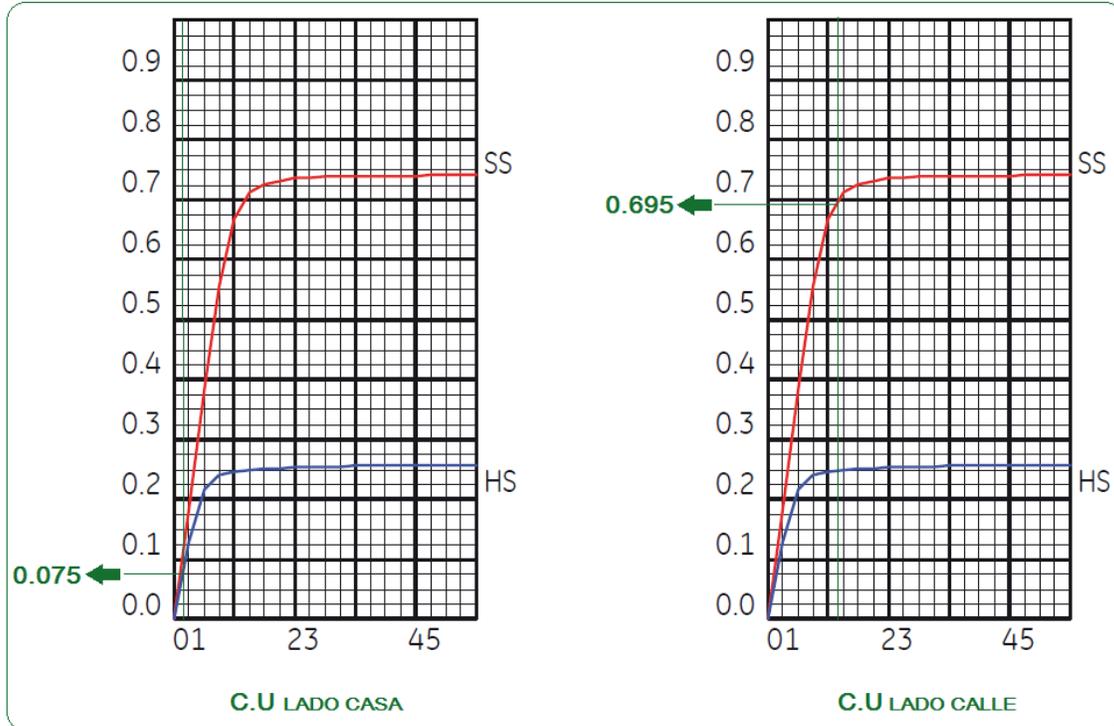


Imagen 3.52 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.695 + 0.075 = 0.77$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento el calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para obtener la iluminancia promedio de esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.77) \times (0.621)}{(13.5) \times (15.55)} = 25.73 \text{ lux}$$

3.2.6.2. Segunda Sección del Estacionamiento 4.

Dentro del cuarto estacionamiento en su segundo camellón contara con un poste bilateral para alumbrado, por eso en el primer camellón son postes bilaterales como se muestra en la Imagen 3.53.

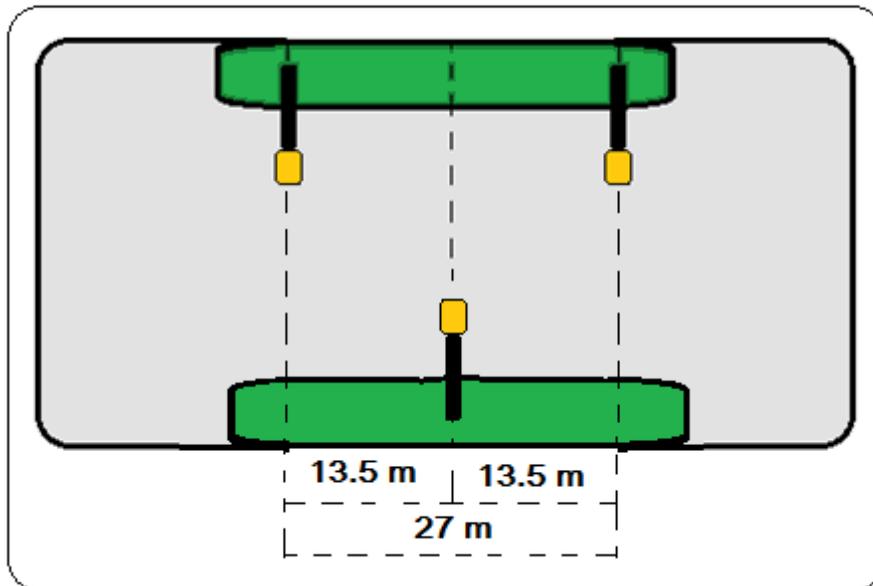


Imagen 3.53 Disposición Tres Bolita para la Segunda Sección del Estacionamiento 4.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.54).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.25}{9.14} = 1.3$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.54).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

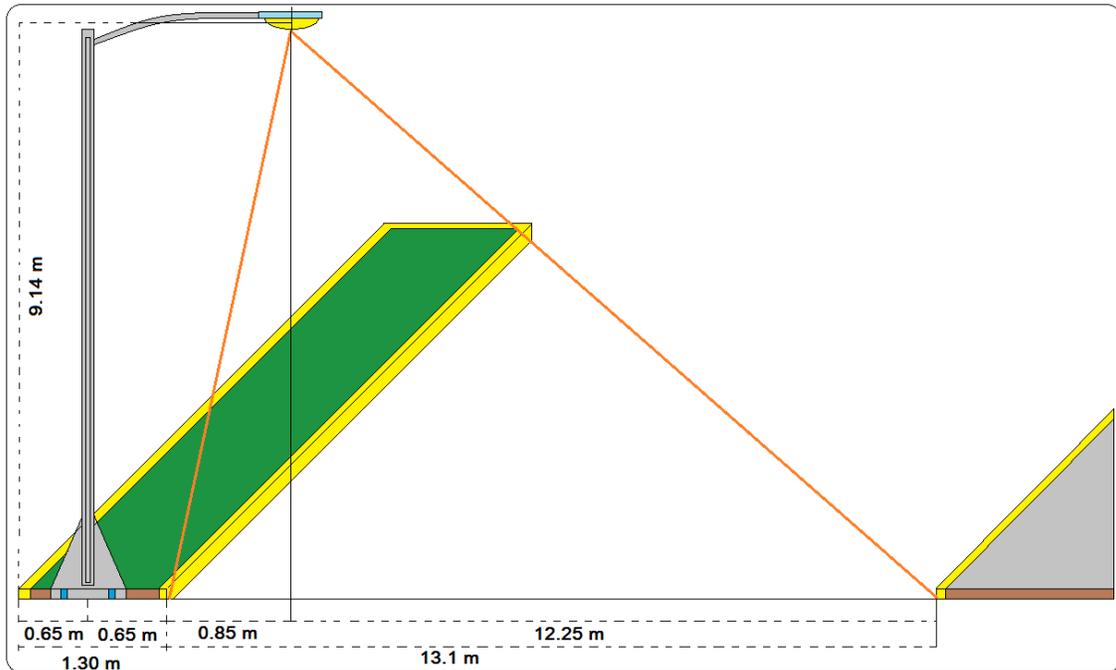


Imagen 3.54 Dimensiones de la Segunda Sección del Estacionamiento 4.

En la Imagen 3.55, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

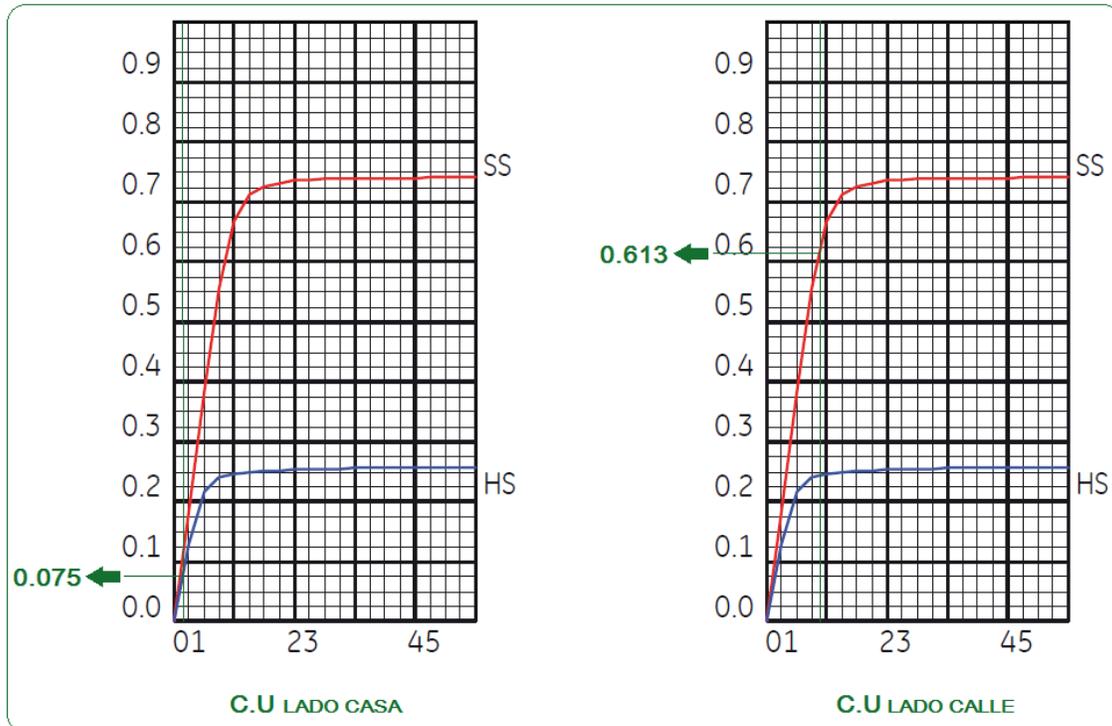


Imagen 3.55 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.613 + 0.075 = 0.688$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento, el calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio en esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.688) \times (0.621)}{(13.5) \times (13.1)} = 27.29 \text{ lux}$$

3.2.6.3. Tercera Sección del Estacionamiento 4.

Dentro del cuarto estacionamiento en su tercer camellón se contara con 2 postes bilaterales para el alumbrado de la tercera y cuarta sección, por lo tanto para la tercera sección se contara con la disposición que se muestra en la Imagen 3.56.

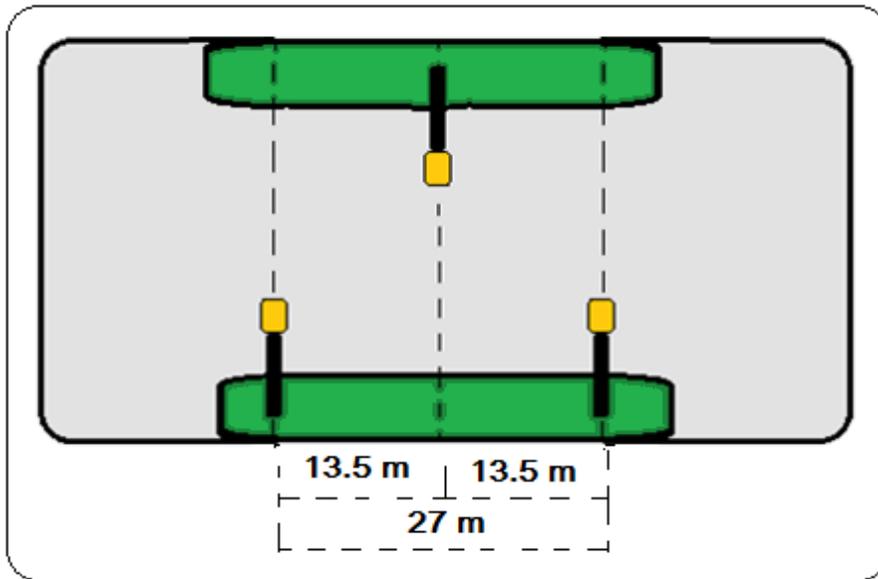


Imagen 3.56 Disposición Tres Bolita para la Tercera Sección del Estacionamiento 4.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.57).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.15}{9.14} = 1.3$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.57).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

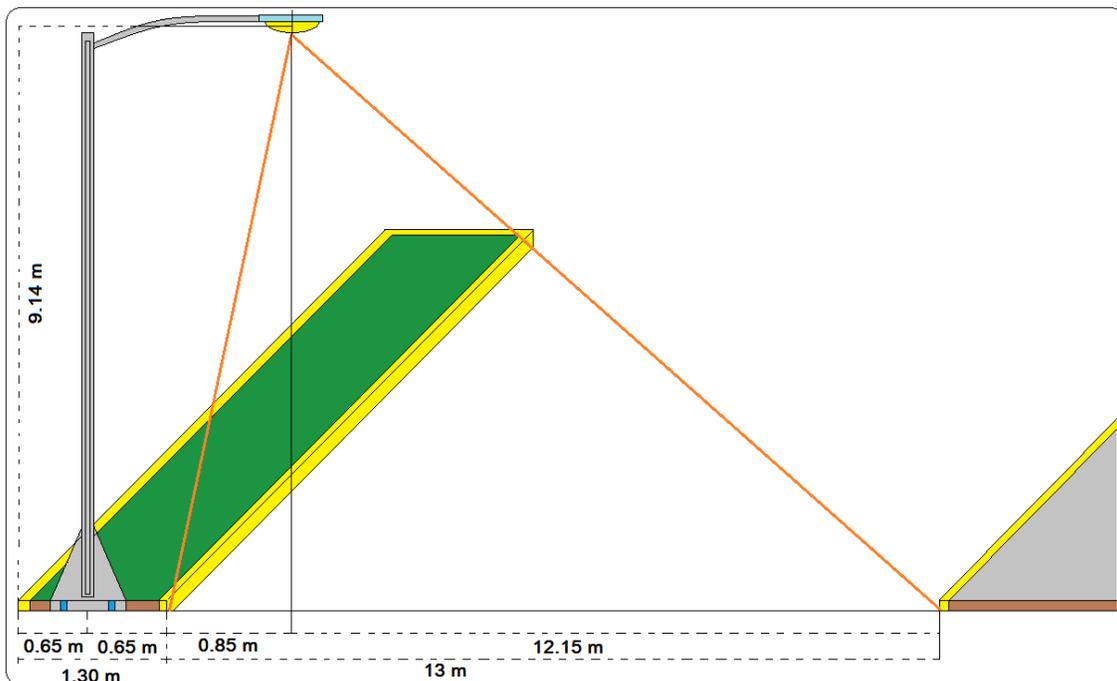


Imagen 3.57 Dimensiones de la Tercera Sesión del Estacionamiento 4.

En la Imagen 3.58, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

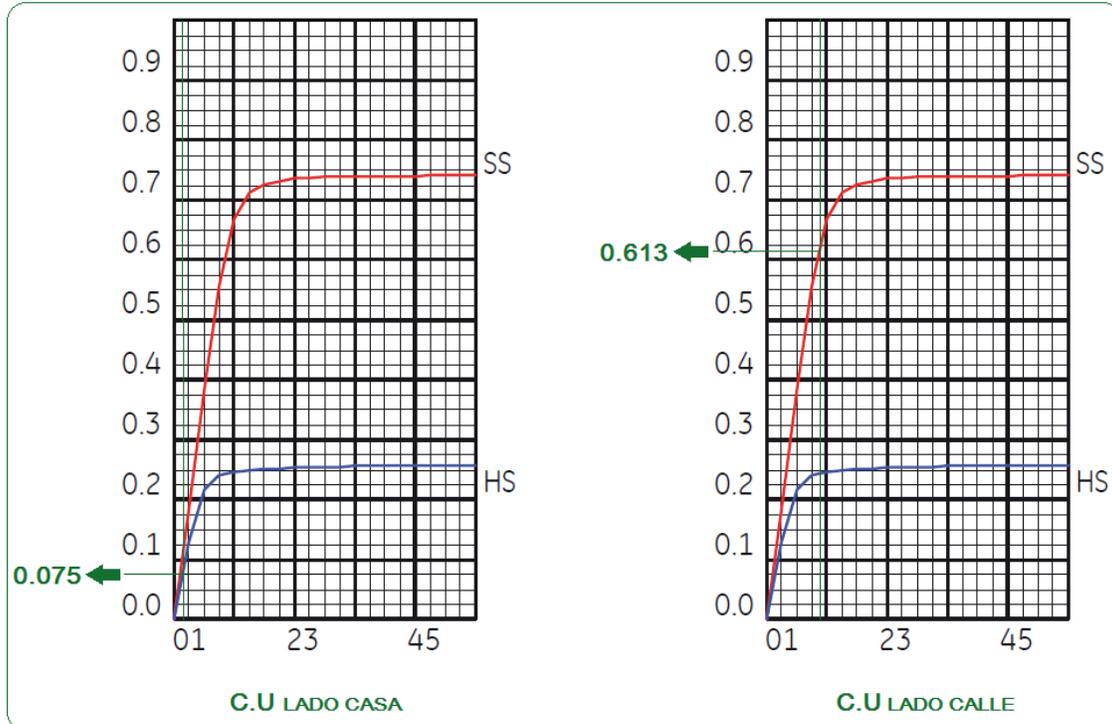


Imagen 3.58 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE Y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.613 + 0.075 = 0.688$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento, el calculado en la ecuación 3.1 de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio de esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.688) \times (0.621)}{(13.5) \times (13)} = 27.5 \text{ lux}$$

3.2.6.4. Cuarta Sección del Estacionamiento 4.

Dentro de la cuarta sección del estacionamiento en su tercer camellón cuenta con postes bilaterales para alumbrado que ayudan a la cuarta sección, tal como se muestra en la Imagen 3.59.

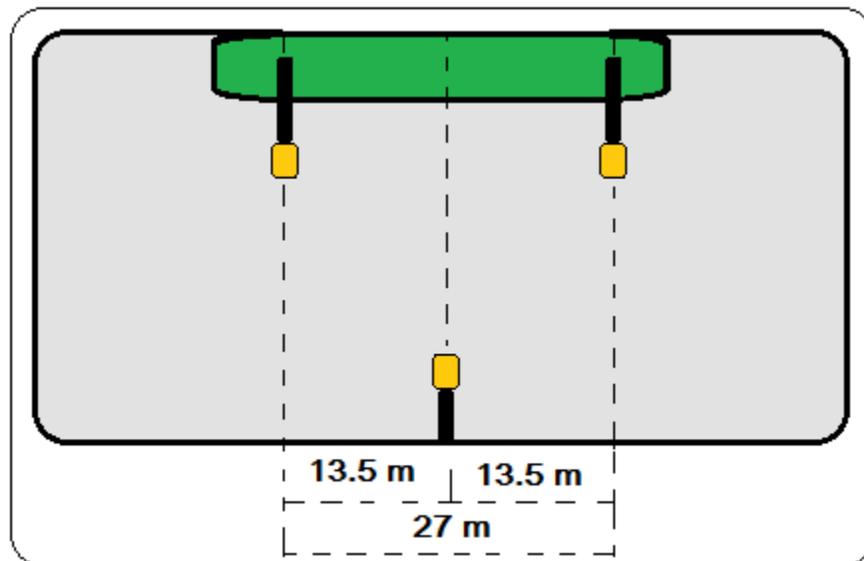


Imagen 3.59 Disposición Tres Bolita para la Cuarta Sección del Estacionamiento 4.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.60.)

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{14.65}{9.14} = 1.6$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.60)

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

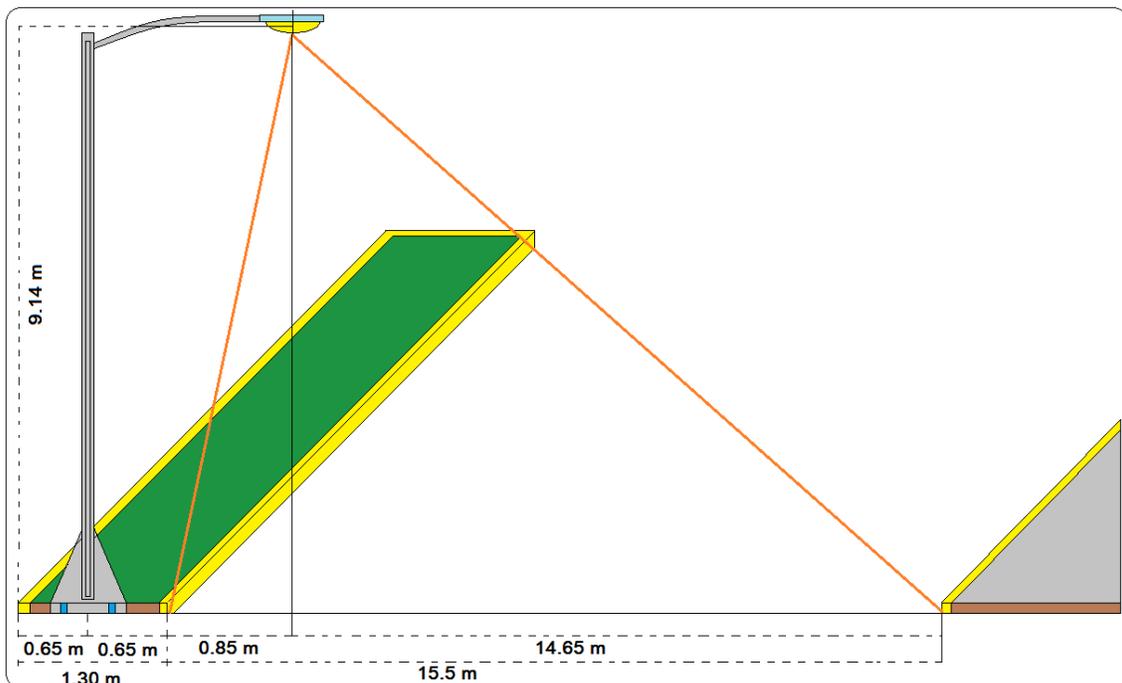


Imagen 3.60 Dimensiones de la Cuarta Sección del Estacionamiento 4.

En la Imagen 3.61, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

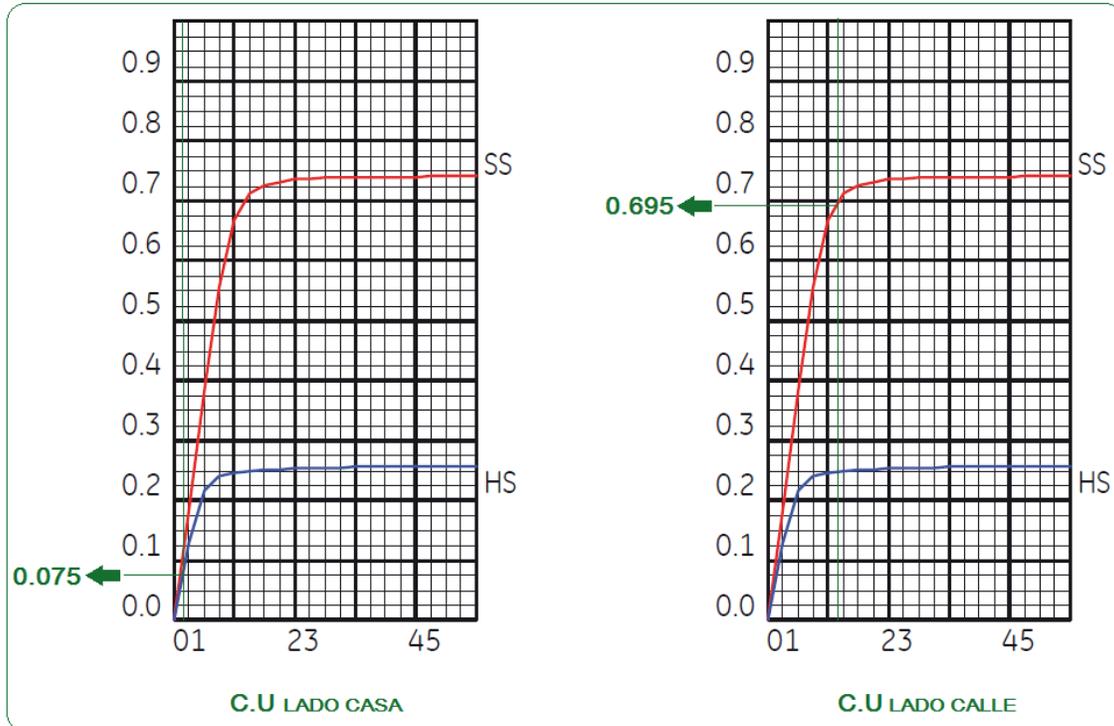


Imagen 3.61 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.695 + 0.075 = 0.77$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento, el calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio de esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.77) \times (0.621)}{(13.5) \times (15.5)} = 25.82 \text{ lux}$$

3.2.7. Cálculo de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 5 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco.

El cálculo de alumbrado exterior en este estacionamiento se realizó por secciones, se implementó un tercer luminario para tener una mejor uniformidad.

3.2.7.1. Primera Sección del Estacionamiento 5

En la nueva propuesta se implementó un tercer luminario en la primera sección del estacionamiento 5, de tal forma que disminuye la distancia interpostal beneficiando a la uniformidad del alumbrado, en la Imagen 3.62 se muestra la disposición con la que cuenta esta sección.

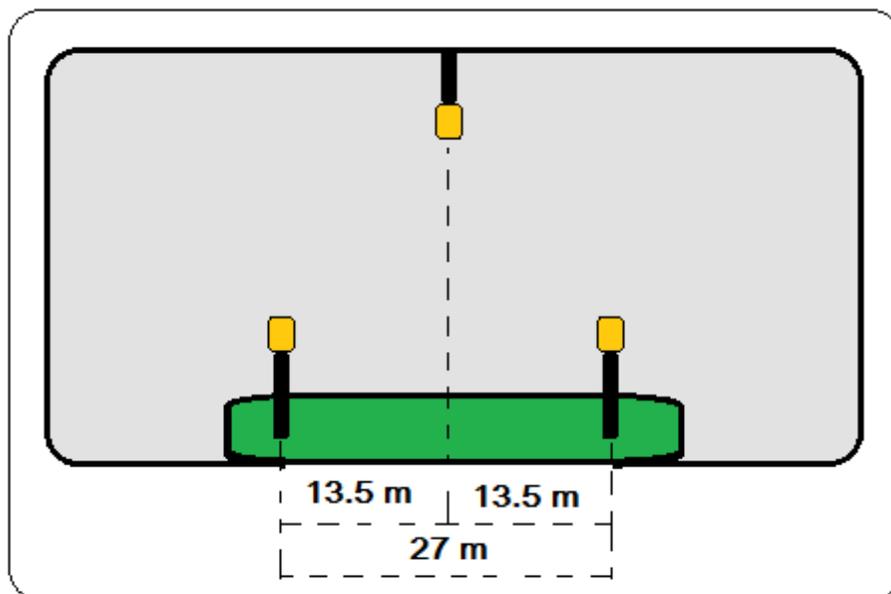


Imagen 3.62 Disposición Tres Bolita para la Primera Sección del Estacionamiento 5.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.63).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.5}{9.14} = 1.4$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.63).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

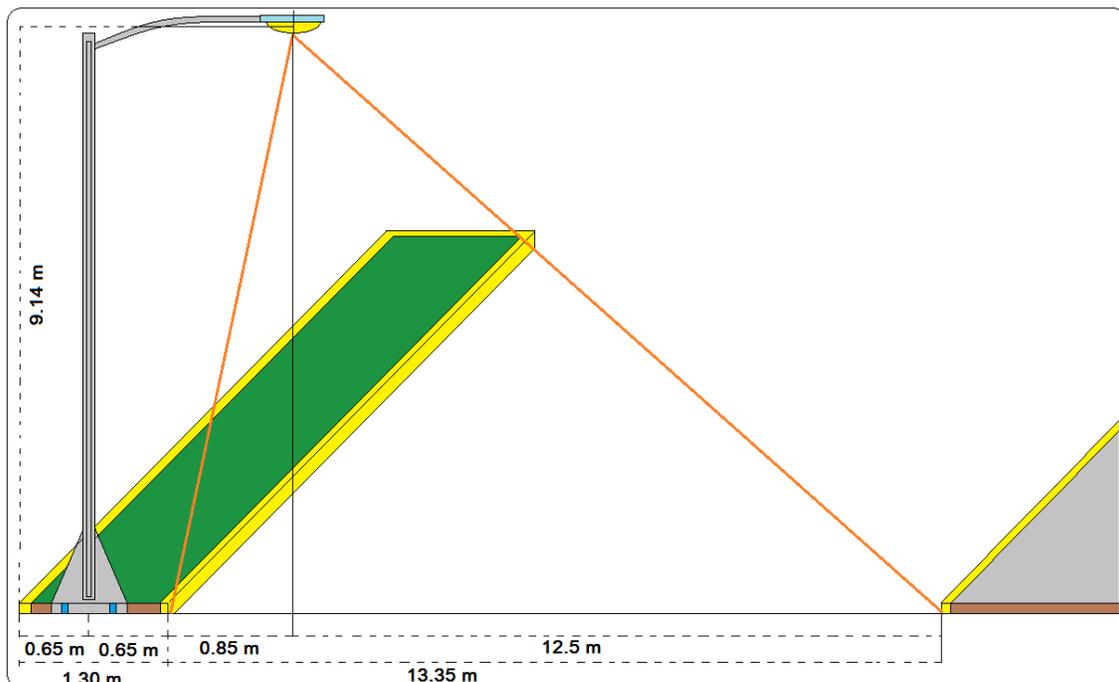


Imagen 3.63 Dimensiones de la Primera Sección del Estacionamiento 5

En la Imagen 3.64, se pueden observar la curva "SS" (Street Side) y "HS" (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

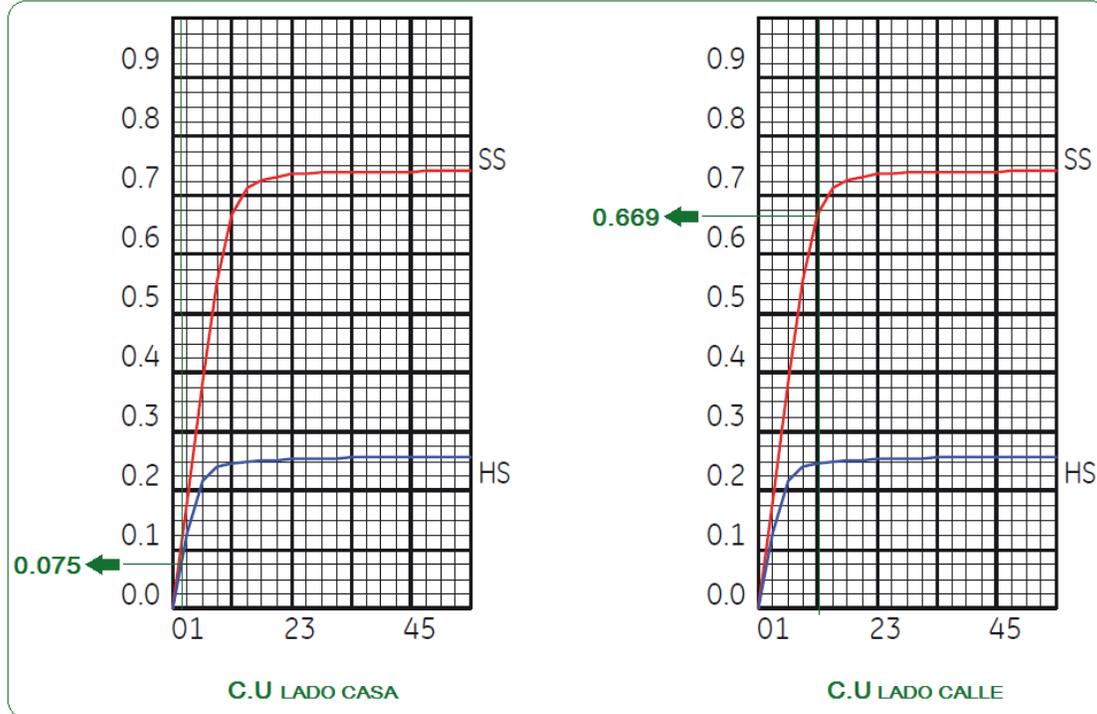


Imagen 3.64 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE Y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.669 + 0.075 = 0.744$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento, el calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio de esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.744) \times (0.621)}{(13.5) \times (13.35)} = 28.96 \text{ lux}$$

3.2.7.2. Segunda Sección del Estacionamiento 5.

Dentro del quinto estacionamiento en su segundo camellón contara con un poste para alumbrado, por eso en el primer camellón se colocaron postes bilaterales, que permitirán tener una disposición como se muestra en la Imagen 3.65.

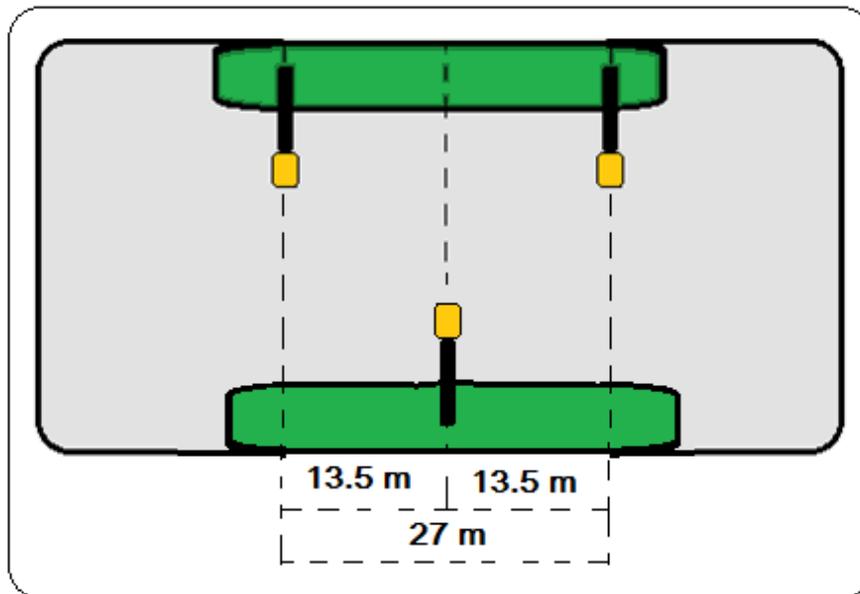


Imagen 3.65 Disposición Tres Bolita para la Segunda Sección del Estacionamiento 5 “Primer Camellón”.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.66).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.6}{9.14} = 1.4$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.66).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

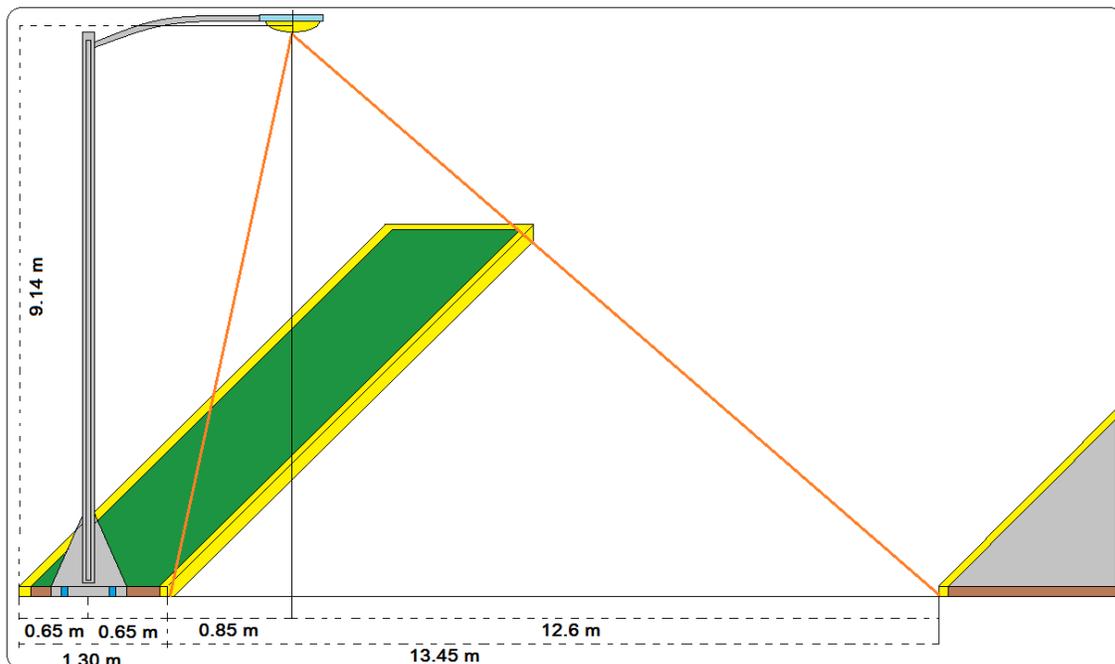


Imagen 3.66 Dimensiones de la Segunda Sección del Estacionamiento 5.

En la Imagen 3.67, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

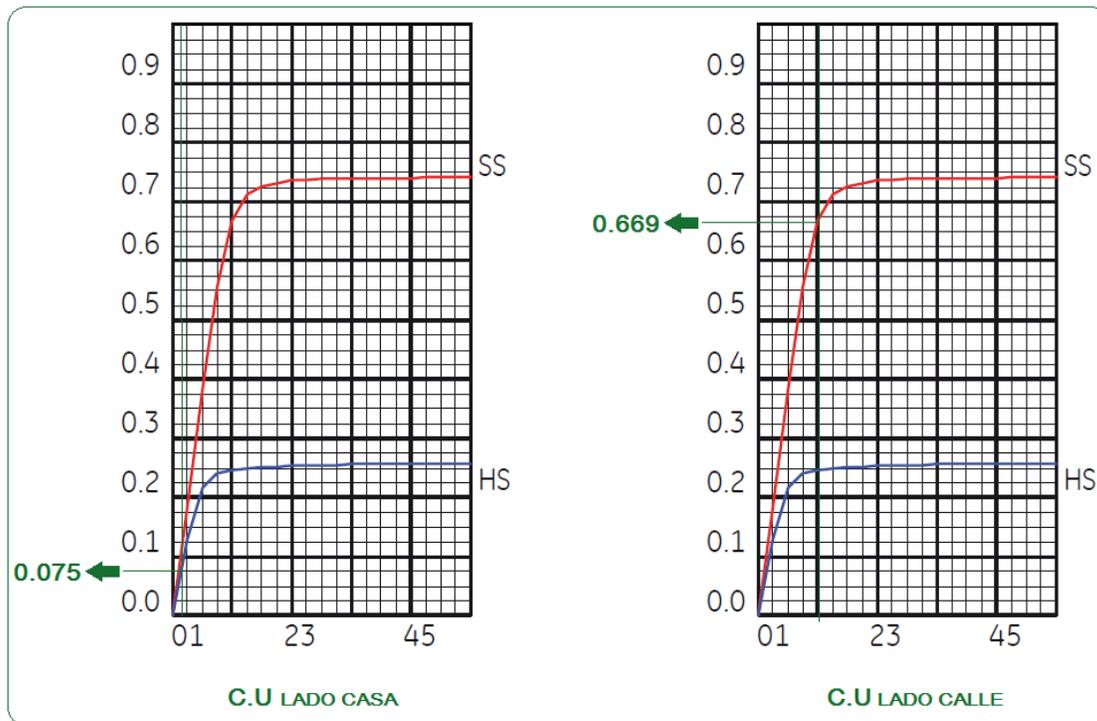


Imagen 3.67 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE Y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.669 + 0.075 = 0.744$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento el calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio de esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.744) \times (0.621)}{(13.5) \times (13.45)} = 28.75 \text{ lux}$$

3.2.7.3. Tercera Sección del Estacionamiento 5.

Dentro del quinto estacionamiento en su tercer camellón se contara con 2 postes bilaterales para alumbrado, ayudando a tener una disposición como se muestra en la Imagen 3.68.

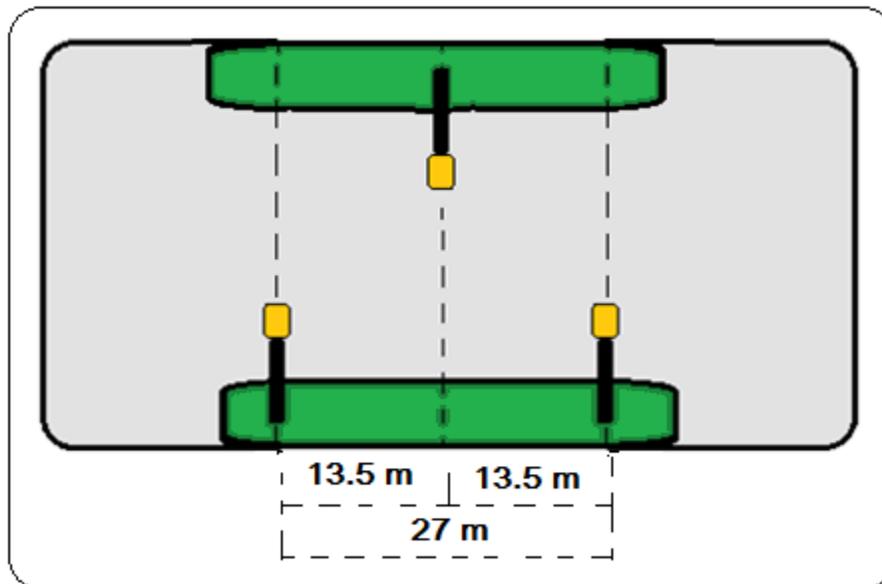


Imagen 3.68 Disposición Unilateral para la Tercera Sección del Estacionamiento 5 “Tercer Camellón.”

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.69).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.47}{9.14} = 1.4$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.69).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

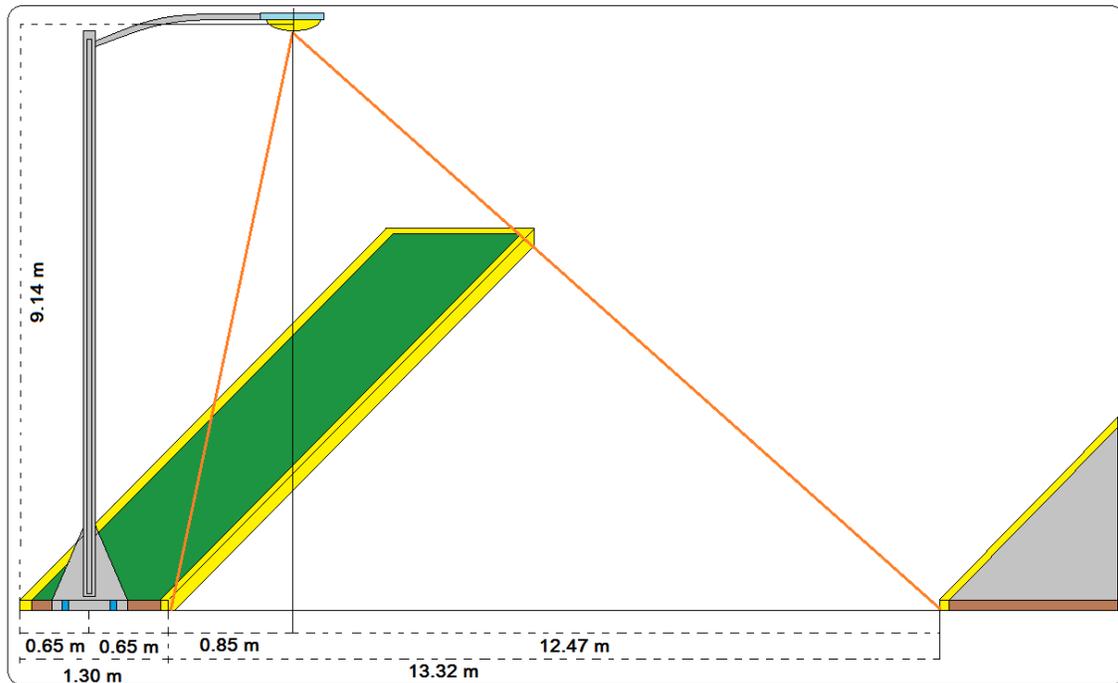


Imagen 3.69 Dimensiones de la Tercera Sección del Estacionamiento 5.

En la Imagen 3.70, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

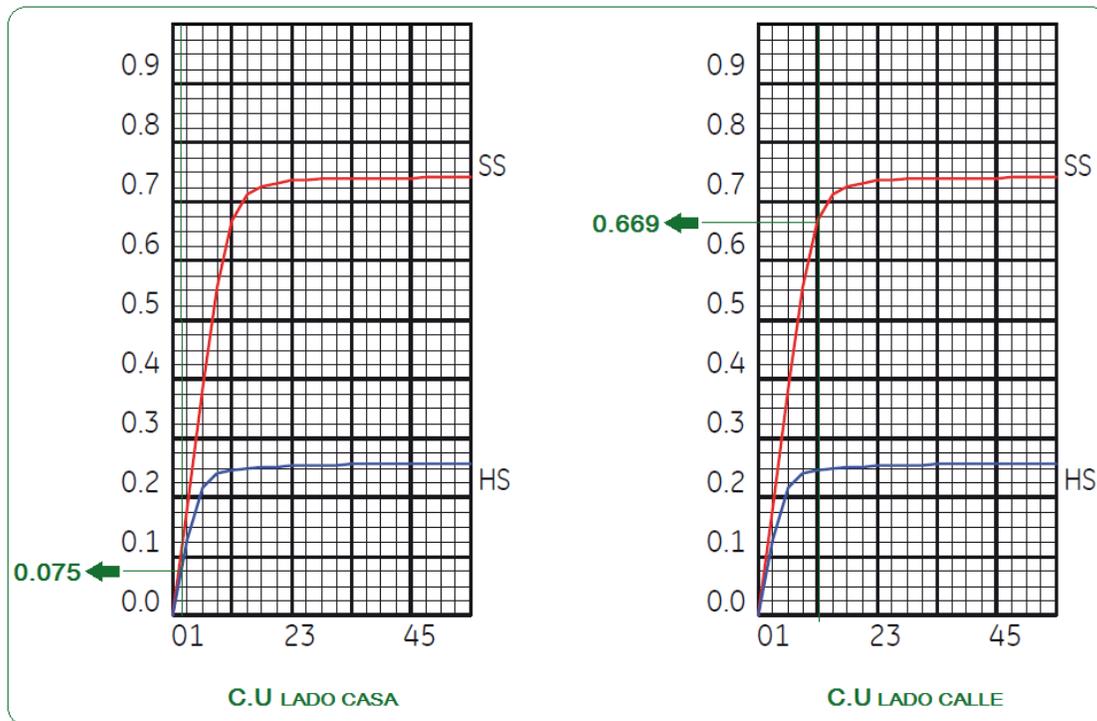


Imagen 3. 70 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE Y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.669 + 0.075 = 0.744$$

3) Se toma como factor de mantenimiento el calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.

4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio en esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.744) \times (0.621)}{(13.5) \times (13.32)} = 29.95 \text{ lux}$$

3.2.7.4. Cuarta Sección del Estacionamiento 5.

Dentro del quinto estacionamiento en su tercer camellón se contara con 2 postes bilaterales para alumbrado ayudando para la tercera y cuarta sección, teniendo una disposición como se muestra en la Imagen 3.71.

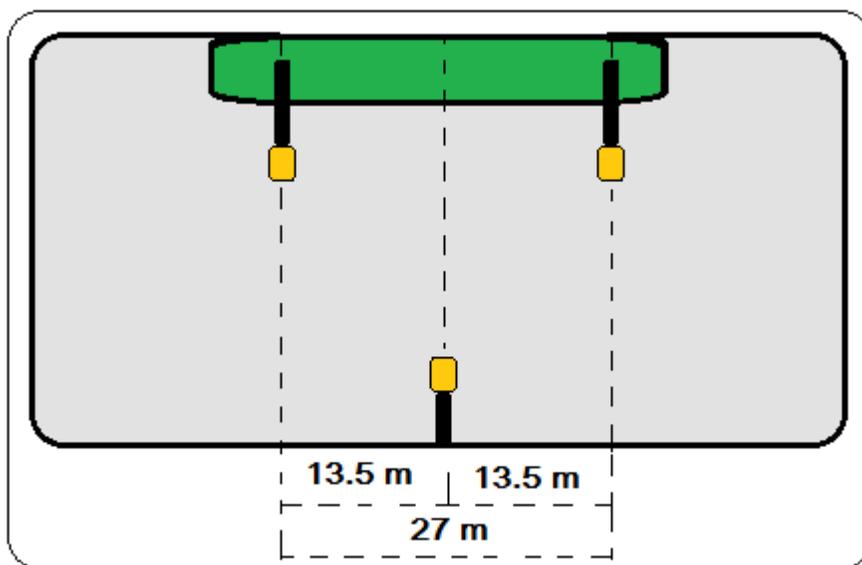


Imagen 3.71 Disposición Tres Bolita para la Cuarta Sección del Estacionamiento 5.

- 1) El primer paso es la determinación de los coeficientes de utilización (C.U), del lado calle (C.U LADO CALLE) y lado casa (C.U LADO CASA) así como se muestra en el cálculo siguiente.

Para poder obtener el (C.U LADO CALLE) necesitamos conocer la distancia del ancho del arroyo, (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.72).

$$\text{Relación (LADO CALLE)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{12.47}{9.14} = 1.4$$

Posteriormente se determina el (C.U LADO CASA), (las distancias necesarias para el cálculo se pueden observar en la Imagen 3.72).

$$\text{Relación (LADO CASA)} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{0.85}{9.14} = 0.10$$

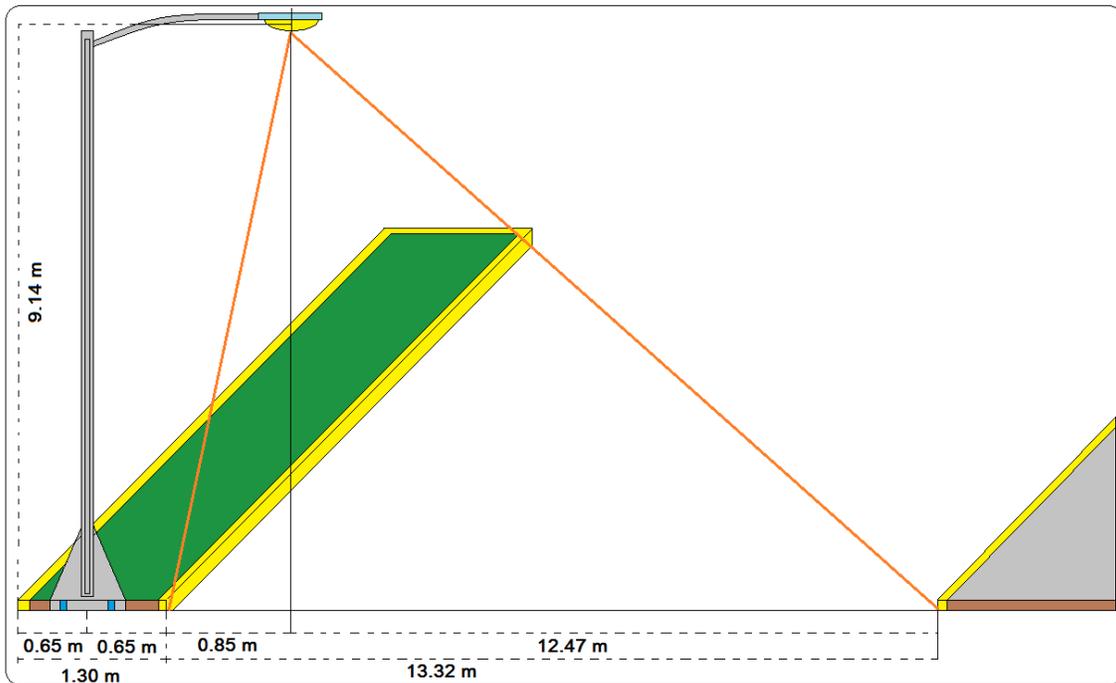


Imagen 3.72 Dimensiones de la Cuarta Sección del Estacionamiento 5.

En la Imagen 3.73, se pueden observar la curva “SS” (Street Side) y “HS” (House Side), en la cual se grafican las relación anterior para obtener el C.U LADO CALLE y C.U LADO CASA.

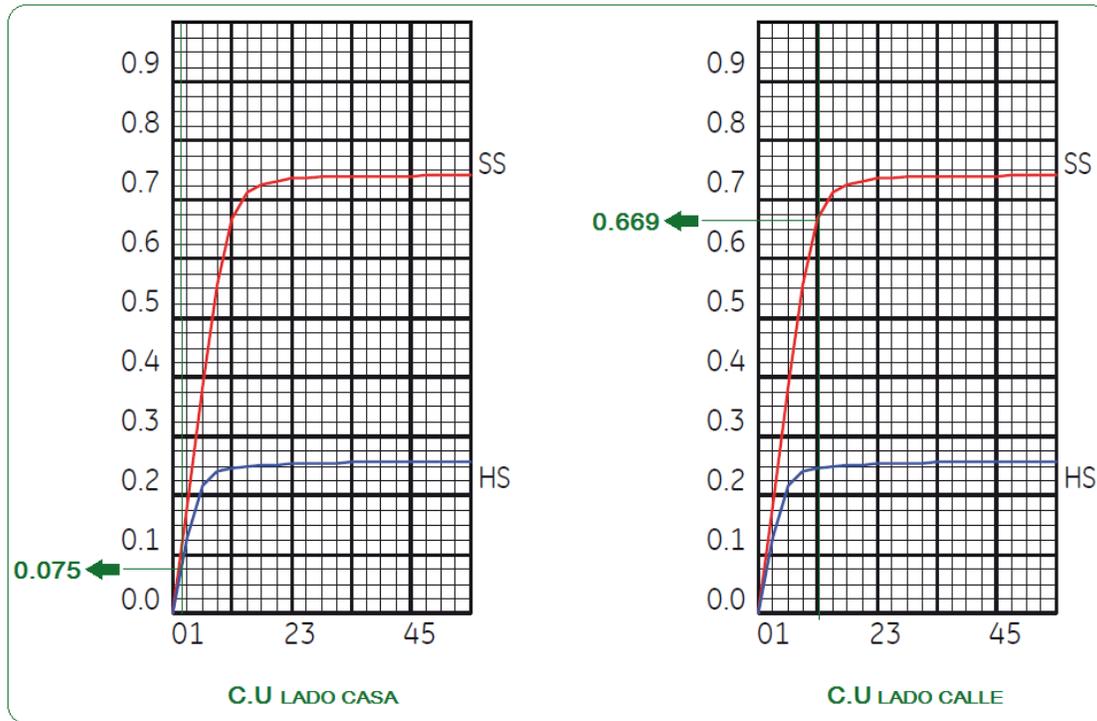


Imagen 3.73 Curvas de C.U de Lado Casa y Lado Calle.

- 2) Después se realiza la suma de los coeficientes de utilización, LADO CALLE Y LADO CASA. como se muestra en la siguiente expresión.

$$C. U. = 0.669 + 0.075 = 0.744$$

- 3) Se toma como factor de mantenimiento el calculado en la ecuación 3.1, de este capítulo.
- 4) Al haber calculado los valores anteriores se sustituyen en la ecuación 3.2 para conocer la iluminancia promedio en esta sección.

$$E = \frac{(11,300) \times (0.744) \times (0.621)}{(13.5) \times (13.32)} = 29.03 \text{ lux}$$

3.3. Tabla de Resultados de Iluminancias Obtenidas en la Propuesta de Alumbrado Exterior por Método de Estimación por Lumen.

En la tabla 3.36 se muestran las iluminancias promedio que se obtuvieron por estacionamientos así como en cada sección que conforman cada uno de estos, también se muestra una uniformidad aproximada por cada sección de los estacionamientos.

<i>Ubicación</i>	<i>Iluminancia Promedio Mínima requerida (20 Lux)</i>
ESTACIONAMIENTO 1	
Sección 1	22.90 lux
Sección 2	23.80 lux
Sección 3	22.50 lux
Sección 4	24.10 lux
Sección 5	23.80 lux
Sección 6	22.30 lux
Promedio	23.23 lux
ESTACIONAMIENTO 2	
Sección 1	22.31 lux
Sección 2	25.51 lux
Sección 3	23.86 lux
Sección 4	22.17 lux
Promedio	23.46 lux
ESTACIONAMIENTO 3	
Sección 1	32.02 lux
Sección 2	28.75 lux

Sección 3	28.92 lux
Sección 4	29.03 lux
Promedio	29.68 lux
ESTACIONAMIENTO 4	
Sección 1	25.02 lux
Sección 2	27.29 lux
Sección 3	27.50 lux
Sección 4	25.82 lux
Promedio	26.40 lux
ESTACIONAMIENTO 5	
Sección 1	28.96
Sección 2	28.75
Sección 3	29.03
Sección 4	29.03
Promedio	28.94 lux

Tabla 3. 36 Valores Obtenidos por los cálculos de Estimación por Lumen.

3.4. Tabla de Resultados de Densidad de Potencia Eléctrica Para Alumbrado con el Sistema de Alumbrado Exterior de Acuerdo a la NOM-013-ENER-2013.

Un requisito importante que estable la NOM-013-2013 son los valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado, en la tabla 3.37 se recopilan los datos que se obtuvieron a través de los cálculos de alumbrado utilizados en este capítulo.

<i>Estacionamiento</i>	<i>DPEA con el Sistema Propuesto</i>	<i>DPEA Máximo permitido por la NOM-013-ENER-2013</i>
1	0.49	0.88
2	0.42	0.88
3	0.42	0.88
4	0.47	0.88
5	0.42	0.88

Tabla 3. 37 Valores de Densidad de Potencia Eléctrica calculadas con el Sistema de Alumbrado Exterior Propuesto.

3.5. Comprobación de Iluminancia e Uniformidad del Sistema de Alumbrado Exterior por Medio del Software Dialux.

Dialux es un software gratuito, el cual es una herramienta profesional que ayuda al diseño de sistemas de iluminación, sirve para documentar y justificar instalaciones para alumbrado, este software está abierto a las luminarias de gran parte de los fabricantes que se dedican a esta rama. Es un software eficaz y profesional, además de que siempre se encuentra actualizado y de fácil manejo. A continuación se mostraran los diferentes estacionamientos diseñados por medio de este software para la comprobación de los cálculos.

3.5.1. Estacionamiento 1.

Dentro de la tabla 2.3 del presente trabajo se muestra el valor de iluminancia promedio requerido por la NOM-013-ENER-2013, el cual es de 25 lux +/- 5 %, comparándolo con el obtenido de 26 lux en este estacionamiento nuestra propuesta cumple con dicho requisito, a continuación se muestra en la Imagen 3.74 la iluminancia obtenida por medio del software Dialux.

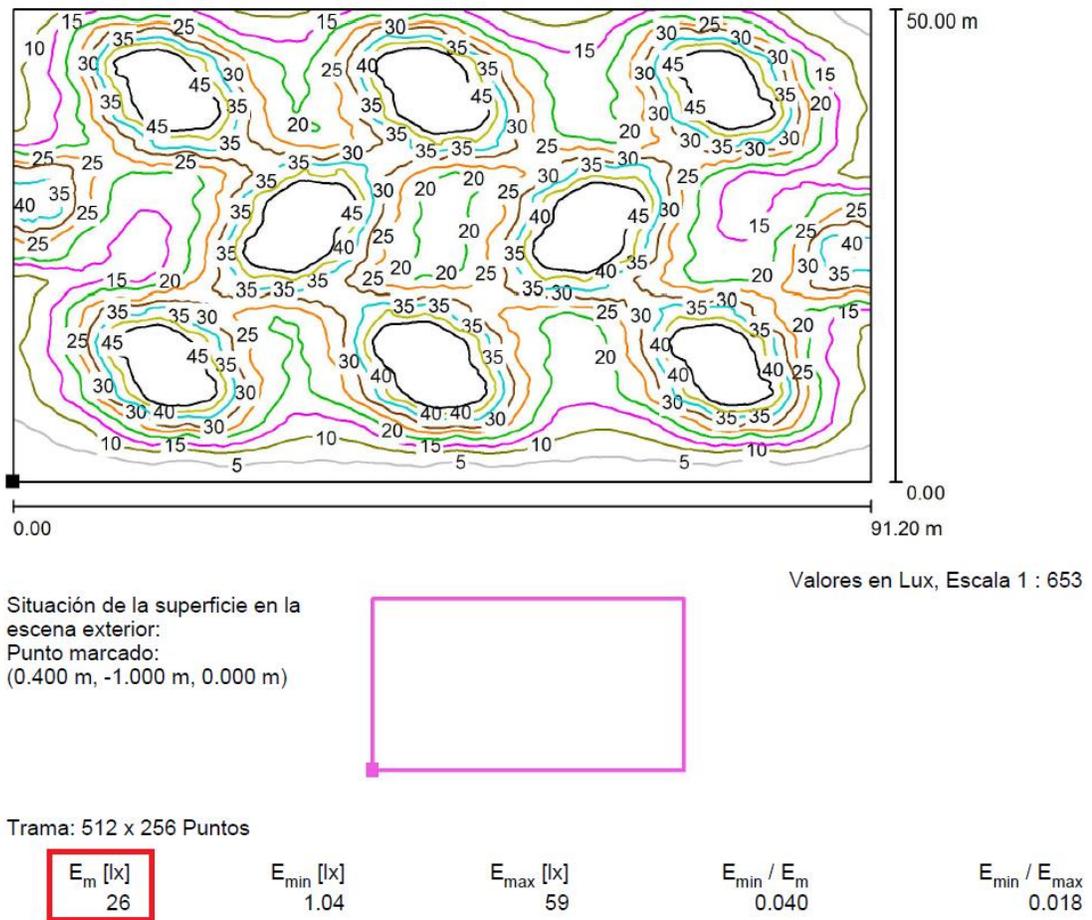


Imagen 3.74 Iluminancia Promedio del Estacionamiento 1 por Medio del Software (Véase Anexo 12).

Otro factor que nos maneja esta Norma de Eficiencia Energética es la relación de uniformidad en la Relación de Uniformidad Máxima, las cuales obtendremos por medio de la Imagen 3.75 que se muestra a continuación.

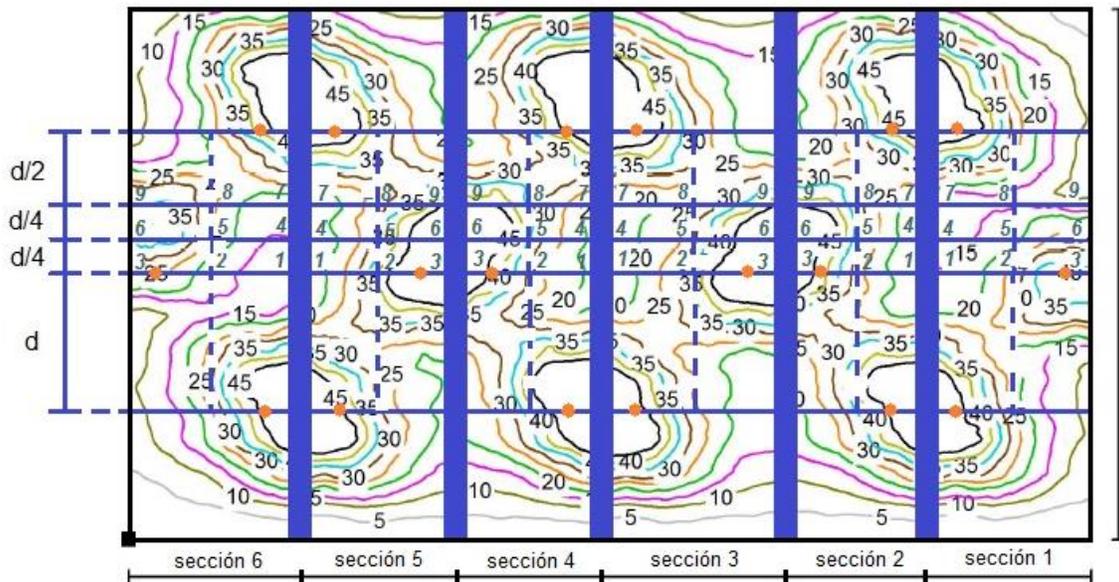


Imagen 3.75 Evaluación de los 9 Puntos de la NOM-013-ENER-2013 por Medio de las ISO Líneas Obtenidas por Medio del software DIALUX (Véase Anexo 12).

De la anterior Imagen obtenemos los 9 puntos en cada una de las secciones que se muestran a continuación en la tabla 3.38.

Puntos	Iluminancia (Lux)
Sección 1	
1	15
2	20
3	40
4	15
5	25

6	25
7	15
8	15
9	10
E. Prom.	20.62

Sección 2

1	20
2	30
3	45
4	20
5	30
6	45
7	20
8	30
9	45
E. Prom	31.25

Sección 3

1	20
2	30
3	45
4	20
5	30
6	45
7	25
8	30
9	45
E. Prom	33.75

Sección 4

1	20
2	30
3	45

4	20
5	40
6	45
7	25
8	40
9	45
E. Prom	32.81
Sección 5	
1	20
2	40
3	45
4	20
5	30
6	45
7	20
8	40
9	45
E. Prom	32.5
Sección 6	
1	15
2	20
3	25
4	15
5	25
6	40
7	20
8	25
9	30
E. Prom	24.37

Tabla 3. 38 Tabla de Iluminancias obtenidas por los 9 puntos de acuerdo a la NOM-013-ENER-2013.

De acuerdo a las anteriores iluminancias obtenidas de la tabla 3.38 podemos determinar si el estacionamiento cumple con la NOM-013-ENER-2013.

Sección	E Prom.	E min.	Relación de Uniformidad (E Prom. / E min.)	Relación de Uniformidad Máxima Permitida de (4 a 1) Cumple
1	20.62	10	2.06	Si
2	31.25	20	1.56	Si
3	31.56	20	1.57	Si
4	32.81	20	1.64	Si
5	33.75	20	1.68	Si
6	24.37	15	1.62	Si

Tabla 3. 39 Relación de Uniformidad de las secciones del Estacionamiento 1

De acuerdo a la NOM-013-ENER-2013, nuestra Propuesta de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 1 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco cumple con la normativa.

3.5.2. Estacionamiento 2.

Dentro de la tabla 2.3 del presente trabajo se muestra el valor de iluminancia promedio requerido por la NOM-013-ENER-2013, el cual es de 25 lux +/- 5 %, comparándolo con el obtenido de 24 lux en este estacionamiento nuestra propuesta cumple con dicho requisito, a continuación se muestra en la Imagen 3.76 la iluminancia obtenida por medio del software Dialux.

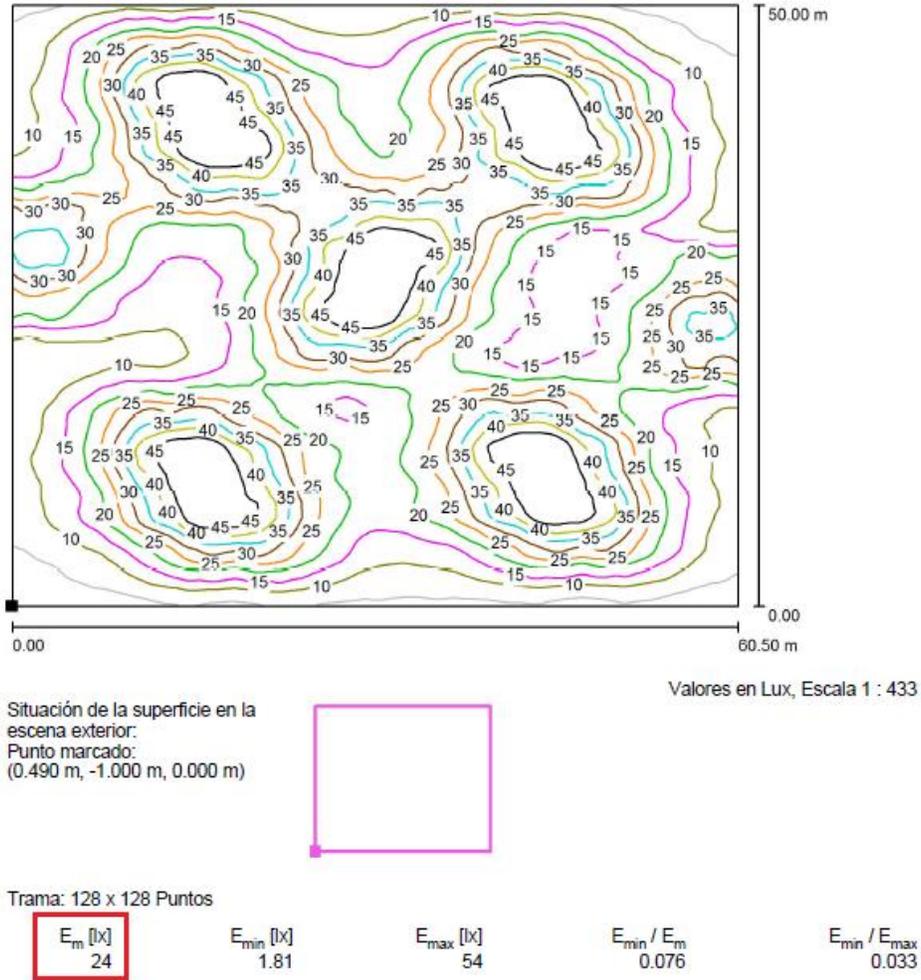


Imagen 3.76 Iluminancia promedio del Estacionamiento 2 por medio del Software Dialux (Véase Anexo 12).

Otro factor que nos maneja esta Norma de Eficiencia Energética es la relación de uniformidad en la Relación de Uniformidad Máxima, las cuales obtendremos por medio de la Imagen 3.77 que se muestra a continuación.

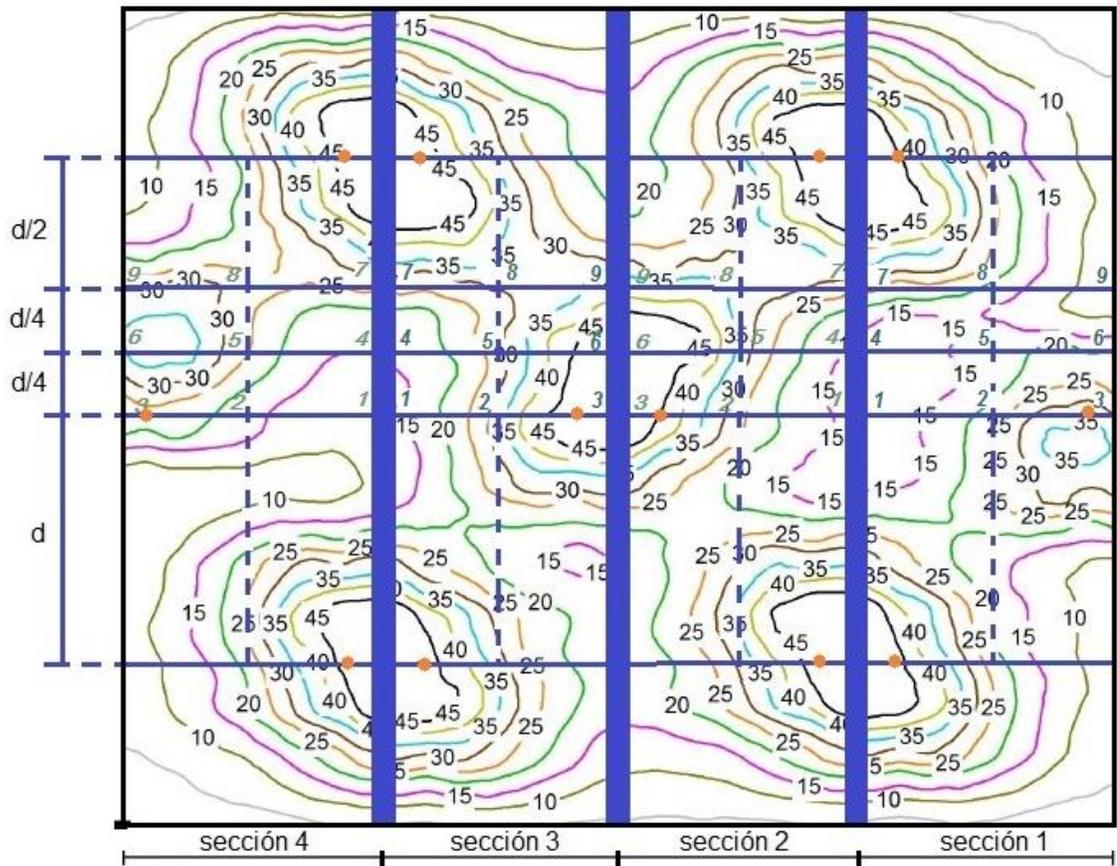


Imagen 3.77 Evaluación de los 9 puntos de la NOM-013-ENER-2013 por medio de las ISO líneas obtenidas por medio del software DIALUX (Véase Anexo 12).

De la anterior Imagen obtenemos los 9 puntos en cada una de las secciones que se muestran a continuación en la tabla 3.40.

Puntos	Iluminancia (Lux)
Sección 1	
1	15
2	20
3	30
4	15
5	15

6	20
7	25
8	20
9	10
E. Prom.	18.12

Sección 2

1	15
2	25
3	45
4	15
5	30
6	45
7	30
8	30
9	40
E. Prom	30

Sección 3

1	15
2	30
3	45
4	20
5	25
6	45
7	25
8	30
9	40
E. Prom	29.68

Sección 4

1	15
2	20

3	25
4	15
5	25
6	40
7	25
8	25
9	30
E. Prom	24.68

Tabla 3. 40 Tabla de Iluminancias obtenidas por los 9 puntos de acuerdo a la NOM-013-ENER-2013.

De acuerdo a las anteriores iluminancias obtenidas de la tabla 3.40 podemos determinar si el estacionamiento cumple con la NOM-013-ENER-2013.

Sección	E Prom.	E min.	Relación de Uniformidad (E Prom. / E min.)	Relación de Uniformidad Máxima Permitida de (4 a 1) Cumple
1	18.12	10	1.82	Si
2	30	15	2	Si
3	29.68	15	1.97	Si
4	24.68	15	1.64	Si

Tabla 3. 41 Relación de Uniformidad de las secciones del Estacionamiento 1.

De acuerdo a la NOM-013-ENER-2013, nuestra Propuesta de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 2 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco cumple con la normativa.

3.5.3. Estacionamiento 3.

Dentro de la tabla 2.3 del presente trabajo se muestra el valor de iluminancia promedio requerido por la NOM-013-ENER-2013, el cual es de 25 lux +/- 5 %, comparándolo con el obtenido de 25 lux en este estacionamiento nuestra propuesta cumple con dicho requisito, a continuación se muestra en la Imagen 3.78 la iluminancia obtenida por medio del software Dialux.

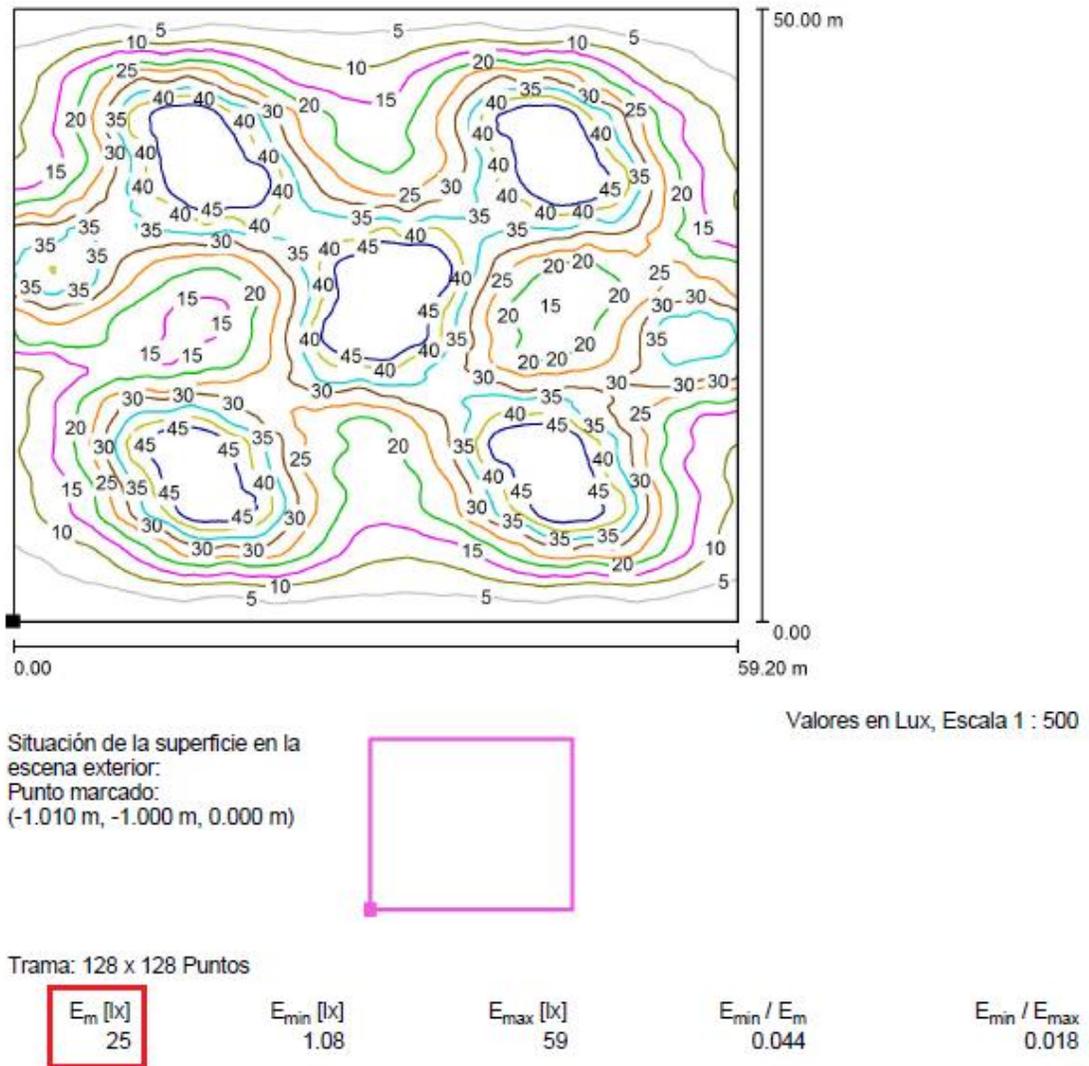


Imagen 3.78 Iluminancia promedio del Estacionamiento 3 por medio del Software Dialux (Véase Anexo 12).

Otro factor que nos maneja esta Norma de Eficiencia Energética es la relación de uniformidad en la Relación de Uniformidad Máxima, las cuales obtendremos por medio de la Imagen 3.79 que se muestra a continuación.

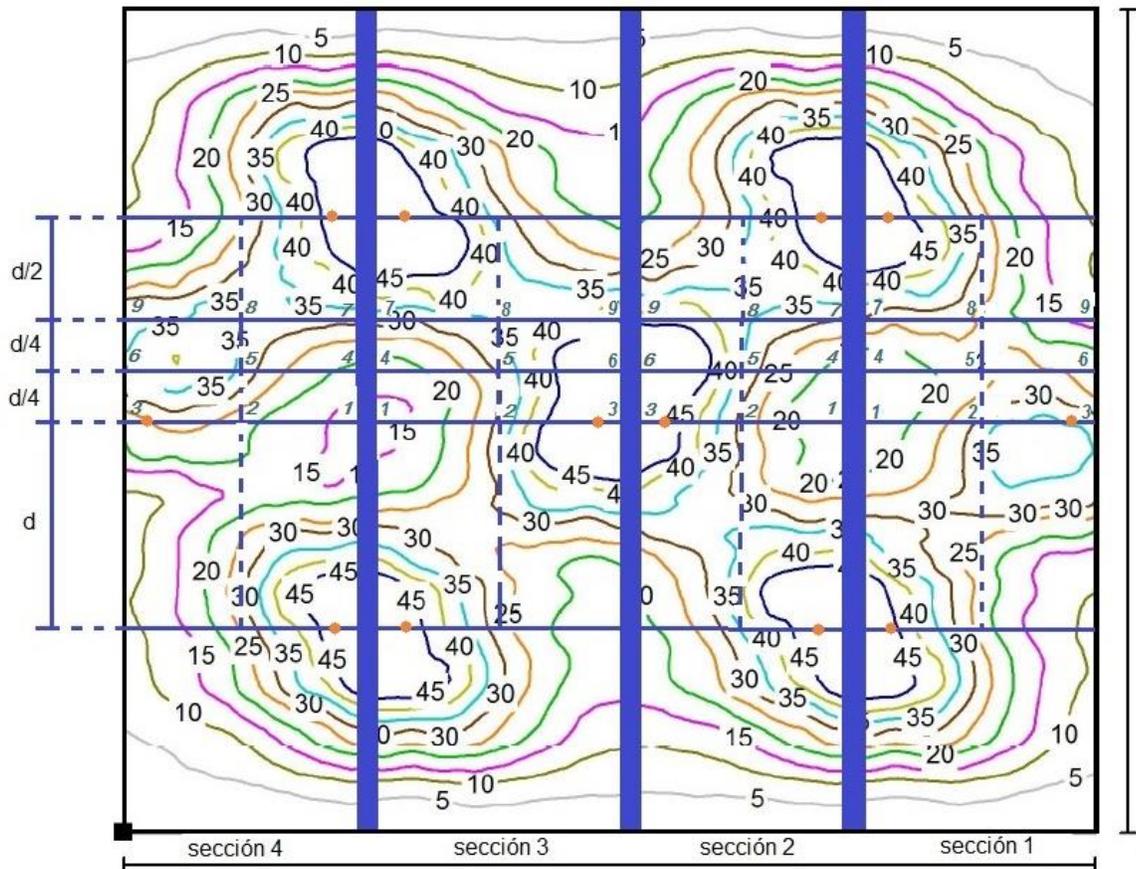


Imagen 3.79 Evaluación de los 9 puntos de la NOM-013-ENER-2013 por medio de las ISO líneas obtenidas por medio del software DIALUX (Véase Anexo 12).

De la anterior Imagen obtenemos los 9 puntos en cada una de las secciones que se muestran a continuación en la tabla 3.42.

Puntos	Iluminancia (Lux)
Sección 1	
1	20
2	30
3	30
4	20
5	25
6	25
7	30
8	25
9	15
E. Prom.	24.68
Sección 2	
1	20
2	30
3	45
4	20
5	40
6	45
7	30
8	40
9	35
E. Prom	35
Sección 3	
1	15
2	35
3	45
4	20
5	35
6	45

7	30
8	35
9	25
E. Prom	33.43
Sección 4	
1	15
2	25
3	25
4	15
5	30
6	40
7	30
8	40
9	30
E. Prom	28.75

Tabla 3. 42 Tabla de Iluminancias obtenidas por los 9 puntos de acuerdo a la NOM-013-ENER-2013.

De acuerdo a las anteriores iluminancias obtenidas de la tabla 3.42 podemos determinar si el estacionamiento cumple con la NOM-013-ENER-2013.

Sección	E Prom.	E min.	Relación de Uniformidad (E Prom. / E min.)	Relación de Uniformidad Máxima Permitida de (4 a 1) Cumple
1	24.68	15	1.64	Si
2	35	20	1.75	Si
3	33.43	15	2.22	Si
4	28.75	15	1.91	Si

Tabla 3. 43 Relación de Uniformidad de las secciones del Estacionamiento 1.

De acuerdo a la NOM-013-ENER-2013, nuestra Propuesta de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 3 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco cumple con la normativa.

3.5.4. Estacionamiento 4.

Dentro de la tabla 2.3 del presente trabajo se muestra el valor de iluminancia promedio requerido por la NOM-013-ENER-2013, el cual es de 25 lux +/- 5 %, comparándolo con el obtenido de 25 lux en este estacionamiento nuestra propuesta cumple con dicho requisito, a continuación se muestra en la Imagen 3.80 la iluminancia obtenida por medio del software Dialux.

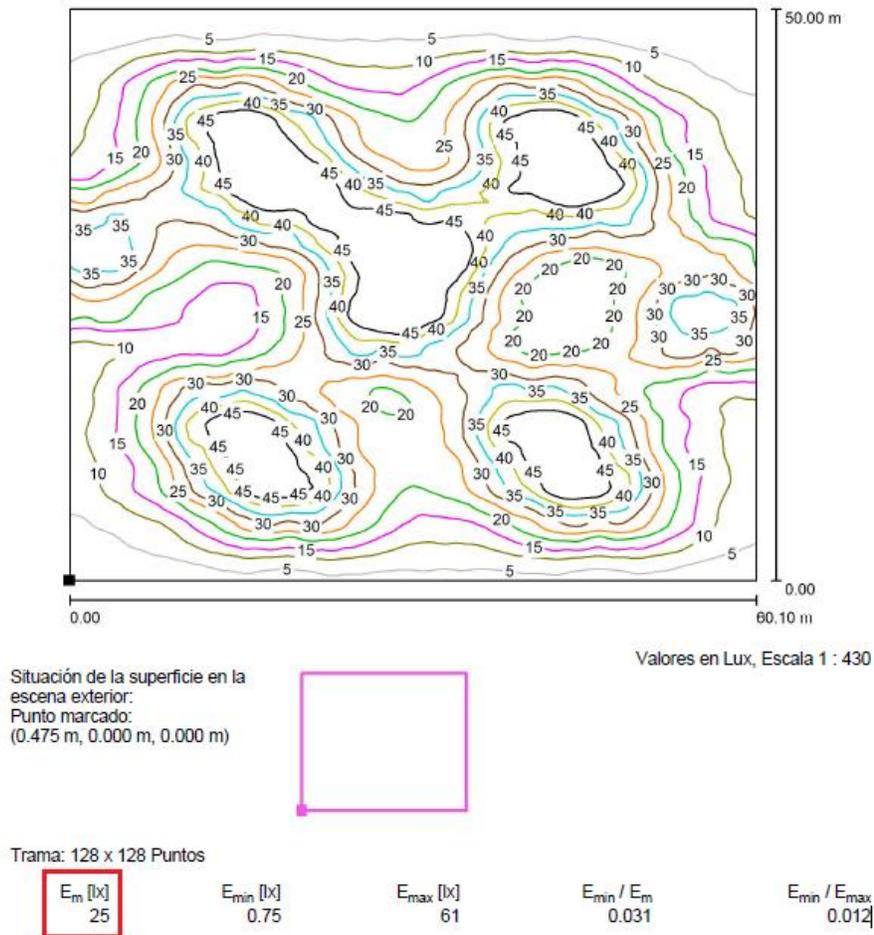


Imagen 3.80 Iluminancia promedio del Estacionamiento 4 por medio del Software Dialux (Véase Anexo 12).

Otro factor que nos maneja esta Norma de Eficiencia Energética es la relación de uniformidad en la Relación de Uniformidad Máxima, las cuales obtendremos por medio de la Imagen 3.81 que se muestra a continuación.

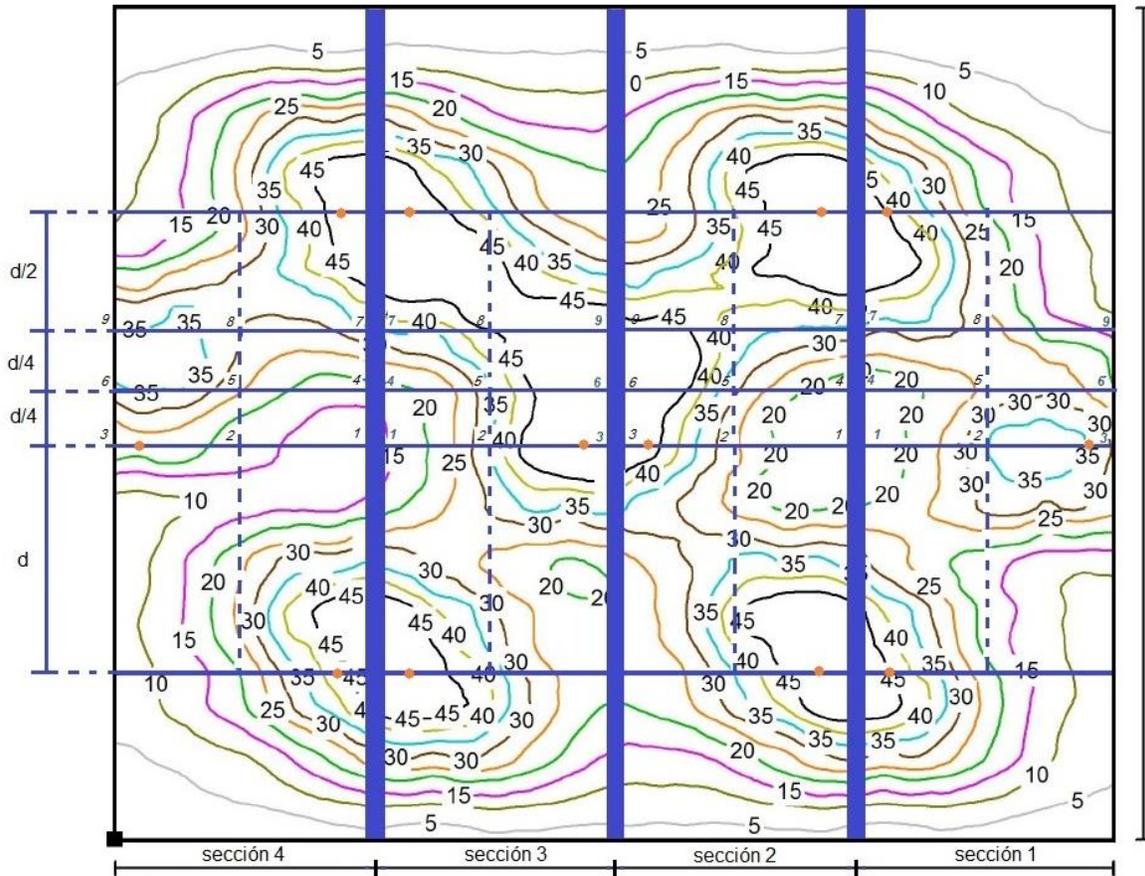


Imagen 3.81 Evaluación de los 9 punto de la NOM-013-ENER-2013 por medio de las ISO líneas obtenidas por medio del software DIALUX (Véase Anexo 12).

De la anterior Imagen obtenemos los 9 puntos en cada una de las secciones que se muestran a continuación en la tabla 3.44

Puntos	Iluminancia (Lux)
Sección 1	
1	20
2	30

3	30
4	20
5	25
6	20
7	30
8	25
9	15
E. Prom.	24.06

Sección 2

1	20
2	30
3	45
4	20
5	30
6	45
7	40
8	40
9	45
E. Prom	33.75

Sección 3

1	25
2	30
3	45
4	20
5	40
6	45
7	40
8	45
9	45
E. Prom	37.18

Sección 4

1	25
2	20
3	25
4	20
5	25
6	30
7	40
8	30
9	35
E. Prom	26.56

Tabla 3. 44 Tabla de Iluminancias obtenidas por los 9 puntos de acuerdo a la NOM-013-ENER-2013.

De acuerdo a las anteriores iluminancias obtenidas de la tabla 3.44 podemos determinar si el estacionamiento cumple con la NOM-013-ENER-2013.

Sección	E Prom.	E min.	Relación de Uniformidad (E Prom. / E min.)	Relación de Uniformidad Máxima Permitida de (4 a 1) Cumple
1	24.06	15	1.60	Si
2	33.75	20	1.68	Si
3	37.18	20	1.85	Si
4	26.56	20	1.32	Si

Tabla 3. 45 Relación de Uniformidad de las secciones del Estacionamiento 1.

De acuerdo a la NOM-013-ENER-2013, nuestra Propuesta de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 4 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco cumple con la normativa.

3.5.5. Estacionamiento 5.

Dentro de la tabla 2.3 del presente trabajo se muestra el valor de iluminancia promedio requerido por la NOM-013-ENER-2013, el cual es de 25 lux +/- 5 %, comparándolo con el obtenido de 25 lux en este estacionamiento nuestra propuesta cumple con dicho requisito, a continuación se muestra en la Imagen 3.82 la iluminancia obtenida por medio del software Dialux.

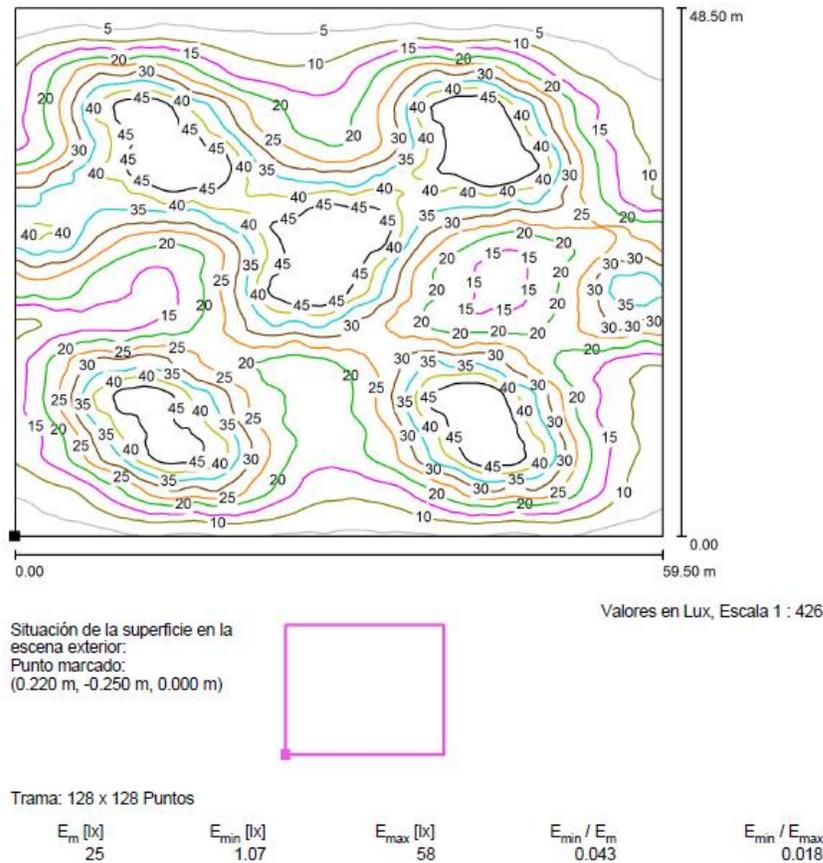


Imagen 3.82 Iluminancia promedio del Estacionamiento 5 por medio del Software Dialux (Véase Anexo 12).

Otro factor que nos maneja esta Norma de Eficiencia Energética es la relación de uniformidad en la Relación de Uniformidad Máxima, las cuales obtendremos por medio de la Imagen 3.83 que se muestra a continuación.

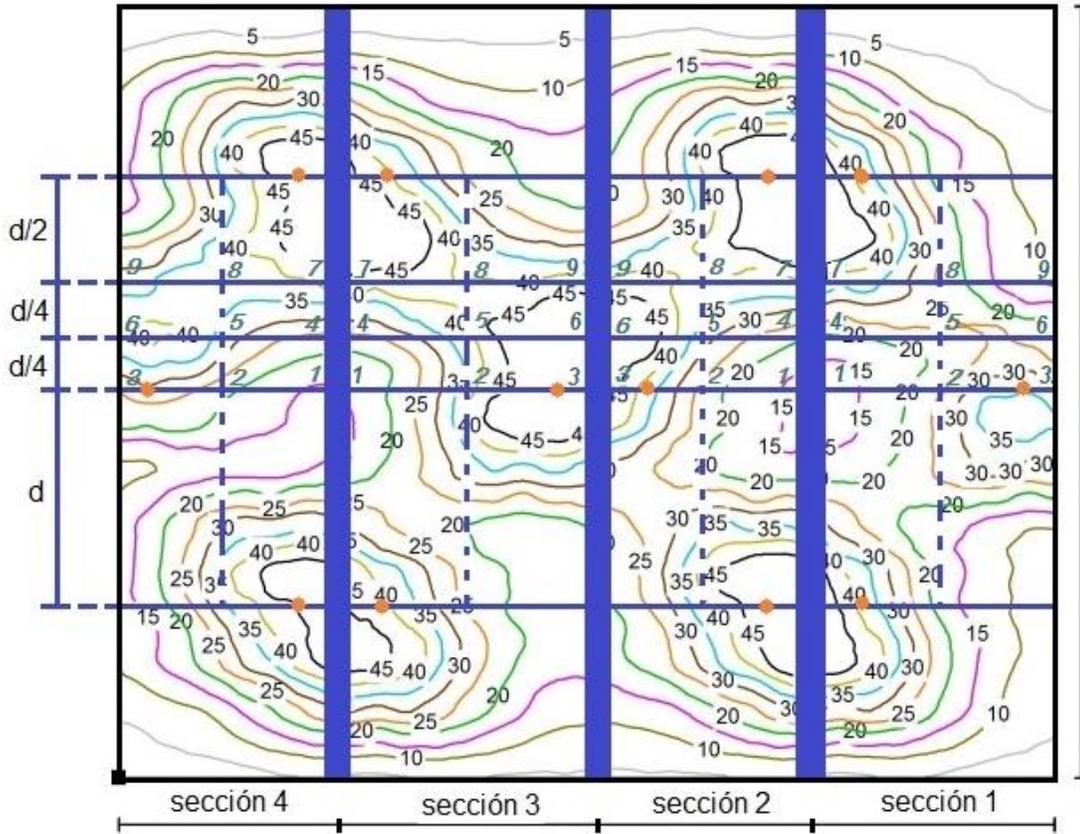


Imagen 3.83 Evaluación de los 9 punto de la NOM-013-ENER-2013 por medio de las ISO líneas obtenidas por medio del software DIALUX (Véase Anexo 12).

De la anterior Imagen obtenemos los 9 puntos en cada una de las secciones que se muestran a continuación en la tabla 3.44

Puntos	Iluminancia (Lux)
Sección 1	
1	15
2	25

3	25
4	25
5	25
6	20
7	40
8	25
9	15
E. Prom.	24.06

Sección 2

1	15
2	25
3	40
4	20
5	40
6	45
7	35
8	35
9	35
E. Prom	33.43

Sección 3

1	20
2	40
3	45
4	30
5	40
6	35
7	45
8	35
9	35
E. Prom	35.93

Sección 4

1	15
2	20
3	25
4	25
5	40
6	40
7	35
8	40
9	30
E. Prom	32.18

Tabla 3. 46 Tabla de Iluminancias obtenidas por los 9 puntos de acuerdo a la NOM-013-ENER-2013.

De acuerdo a las anteriores iluminancias obtenidas de la tabla 3.46 podemos determinar si el estacionamiento cumple con la NOM-013-ENER-2013.

Sección	E Prom.	E min.	Relación de Uniformidad (E Prom. / E min.)	Relación de Uniformidad Máxima Permitida de (4 a 1) Cumple
1	24.06	15	1.60	Si
2	33.46	15	2.23	Si
3	35.93	20	1.79	Si
4	32.18	15	2.14	Si

Tabla 3. 47 Relación de Uniformidad de las secciones del Estacionamiento 1.

De acuerdo a la NOM-013-ENER-2013, nuestra Propuesta de Alumbrado Exterior para el Estacionamiento 4 de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco cumple con la normativa.

3.6. Cálculo del Factor de Mantenimiento para la Instalación de Luminarias en Vapor de Sodio en Alta Presión o Mercurio en Alta Presión ocupado para

Para poder realizar una comparación técnica de las luminarias actuales contra las luminarias LED nos dimos a la tarea de buscar una luminaria similar a las que existen en los estacionamientos instaladas, ya que con esto podemos conocer el periodo necesaria mínimo que se debe dar mantenimiento a este tipo de luminarias para que desempeñen su función adecuadamente.

De la Imagen 3.18 de este capítulo podemos conocer las medidas de la cuarta sección del primer estacionamiento para poder determinar el coeficiente de utilización de la instalación actual, se buscó una luminaria con las mismas características de las que se encuentran en la instalación actual, el cual es un luminario Road Axis HID.

Como se mencionó en los cálculos de iluminación primero debemos conocer las relaciones en lado casa y lado calle, con respecto a la altura de montaje para después poder graficarlas como se muestra a continuación.

$$\textit{Relación lado casa} = \frac{\textit{Distancia Transversal}}{\textit{Altura del Montaje}} = \frac{1}{9.14} = 0.10$$

El valor calculado en la anterior relación lado casa se grafica en la curva de utilización lado acera de la Imagen 3.84.

$$\text{Relación lado calle} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura del Montaje}} = \frac{13.22}{9.14} = 1.44$$

La relación lado calle se grafica en la curva de calzada de la gráfica de utilización de la Imagen 3.84, que se muestra a continuación.

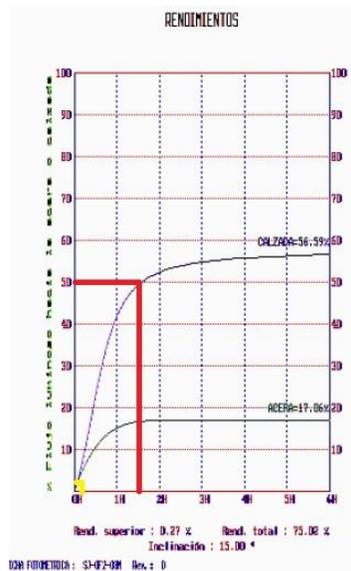


Imagen 3.84 Curva de utilización Road Axis.

De la anterior obtenemos un valor de utilización en lado de la calzada de 0.5 y un valor de utilización de lado acera de 0.01, por lo tanto podemos conocer el coeficiente de utilización por medio de la ecuación 2.4 que se presentó en el anterior capítulo.

$$\text{C.U. TOTAL} = 0.51 + 0.01 = 0.51$$

Con el anterior valor ya podemos determinar el factor de mantenimiento despejándolo de la ecuación 2.3, teniendo la siguiente ecuación.

$$F. M. = \frac{E x S x A}{\text{Lumenes luminario} x C.U.} \quad \text{Ecuación 3. 3}$$

Sustituyendo los valores de la anterior ecuación (véase Imagen 3.18) tenemos:

$$F. M. = \frac{25 x 31 x 14.4}{25000 x 0.52} = 0.85$$

Como se explicó en la ecuación 2.3, el factor de mantenimiento es resultado de la multiplicación del L.L.D. (Depreciación de lúmenes por lámpara el cual tiene un valor de 0.9) y la depreciación de la lámpara por polvo L.D.D. que no conocemos y despejaremos de esta ecuación, obteniendo:

$$L. D. D. = \frac{F.M.}{L.L.D.} \quad \text{Ecuación 3. 4}$$

Sustituyendo en la anterior ecuación obtenemos la depreciación por polvo del luminario.

$$L. D. D. = \frac{0.85}{0.9} = 0.94$$

Graficando en la Imagen 3.85 de las curvas de depreciación luminosa para luminarios IESNA en un ambiente sucio, podemos conocer el periodo de mantenimiento que necesita la instalación actual.

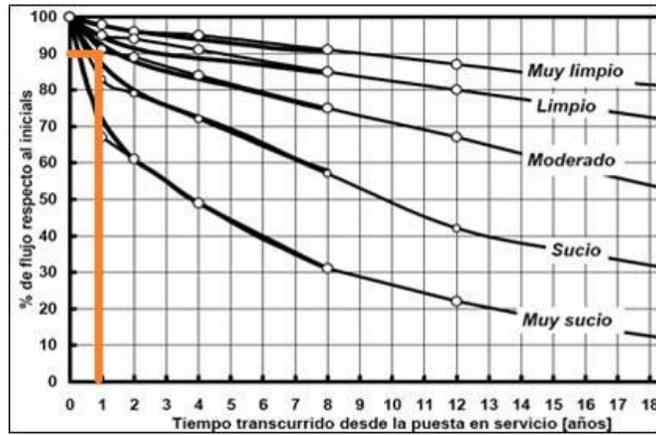


Imagen 3.85 Factor de Mantenimiento de Luminaria Actual del Estacionamiento.

Se puede observar que el mantenimiento que requiere la instalación es de 1 año para poder mantener la iluminancia promedio requerida en la instalación.

3.7. Análisis Técnico entre Luminarias de Alta Presión y Luminarias LED.

La siguiente tabla compara las luminarias del sistema actual contra las luminarias propuestas. (Véase Tabla 3.48)

Características	Luminarios con lámparas en Alta Presión Actuales en los Estacionamientos	Luminarios LED General Electric Propuestos para los Estacionamientos
Total de luminarios	44 luminarios	66 luminarios
Potencia por luminario	312 Watts	130 Watts
Pérdida de energía de Balastro o Driver.	25 %	0 %
Potencia Instalada	13,750 Watts	8,580 Watts

Flujo Luminoso	25,000 lúmenes	11,300 lúmenes
Rendimiento luminoso	80 lm/ Watt	86 lm/ Watt
Iluminancia mínima promedio ofrecida	Menor a 10 lux promedio	20-25 lux promedio
Uniformidad ofrecida por la instalación	Nula	4 > Uniformidad >1
Vida de balastro o Driver	20,000 horas	25,000 horas
Iluminancia máxima ofrecida por el sistema	9.75 Lux	25 Lux
Vida útil de la lámpara IRC	20,000 horas	50,000 horas
Temperatura de Color	20 %	70%
Tensión de operación	Menor a 4000 K	5700 K
Protección contra picos de voltaje	220 V	220 V
Tiempo de Maduración	No	Si
Ignición tras falla eléctrica	Mayor a 10 minutos	Instantáneo
Mantenimiento preventivo en un periodo estimado	Mayor a 10 minutos	Instantáneo
Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado promedio	1 año	5 años
	Menor al valor máximo permitido	Menor al valor máximo permitido

Tabla 3. 48 Comparación del Sistema de Alumbrado Actual contra el Sistema de Alumbrado Propuesto por medio de Tecnología LED.

Como se observa en la anterior tabla los luminarios LED tienen mayor rendimiento luminoso en comparación a las luminarias en Alta Presión. La distribución del flujo

luminoso es más uniforme con el Sistema de Alumbrado Exterior de los Estacionamientos con tecnología LED. A pesar de que proponen mayor número de luminarias el consumo de energía eléctrica es menor.

Capítulo 4

Estudio- Económico.

4.1.1 Instalación Eléctrica Requerida para Propuesta de Alumbrado Exterior en Estacionamientos de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco por medio de tecnología LED.

Esta propuesta requiere una nueva remodelación, la cual consiste en colocar postes bilaterales en los camellones centrales y en los laterales de los estacionamientos, en los cuales se montara el luminario de la General Electric LED Roadway Lighting Cobrahead Escalables ERS2, con el cual se diseñó la nueva propuesta.

Para la instalación se requiere incorporar unos registros para las nuevas conexiones eléctricas y para ellas un ranurado para introducir el conductor, el cual estará protegido por un tubo conduit de PVC. Para todo esto en la tabla 4.1 se registran los precios unitarios y totales de los materiales y mano de obra de actividades.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe
Luminario LED	Pza.	66	\$ 10,169.00	\$ 671,154.00
Poste Cónico Circular (Rojo-Oxido)	Pza.	16	\$ 2,153.00	\$ 34,448.00
Brazo de 1.5 m con Precha	Pza.	66	\$ 215.00	\$ 14,190.00
Marco de Solera (Registro)	Pza.	27	\$ 190.00	\$ 5,130.00
Excavación Manual (Registro)	Días	2.6	\$ 52.11	\$ 135.49
Ranurado de Concreto	Días	760	\$ 10.04	\$ 7,630.40
Cable Calibre No. 12 AWG "Negro"	100 m	30	\$ 427.56	\$ 12,826.80
Cable Calibre No. 12 AWG "Rojo"	100 m	30	\$ 427.56	\$ 12,826.80

Cable Calibre No. 12 AWG "Verde"	100 m	30	\$ 427.56	\$ 12,826.80
Pavimento	m ²	16.15	\$ 280.50	\$ 4,530.08
Tubería de PVC 13 mm	3 m	100	\$ 15.87	\$ 1,587.00
Cinta de Aislar	Pza.	30	\$ 15.00	\$ 450.00
Anclaje de Poste	Pza.	16	\$ 284.00	\$ 4,544.00
Renta de Grúa Canastilla	Maniobra	5	\$ 1,100.00	\$ 5,500.00
Salario Albañil	Días	25	\$ 250.00	\$ 6,250.00
Salario Ayudante de Albañil	Días	25	\$ 150.00	\$ 3,750.00
Salario Electricista	Días	25	\$ 250.00	\$ 6,250.00
Salario Ayudante de Electricista	Días	25	\$ 150.00	\$ 3,750.00
Supervisor	Días	25	\$ 300.00	\$ 7,500.00
TOTAL DE GASTOS				\$ 815,279.36
GANANCIA				\$ 203,819.84
TOTAL S/IVA				\$ 1,019,099.20
IVA 16%				\$ 163,055.87
TOTAL C/IVA				\$ 1,182,155.07

Tabla 4. 1 Precios Unitarios de Costos.

Para este proyecto se está proponiendo a 25 días hábiles con la ayuda de 2 albañiles, 2 electricistas y 1 supervisores; en la tabla de salarios mínimos del 2015 el albañil esta con \$ 102.20, al cual se le darán un salario de \$ 250.00. El electricista tiene \$ 99.90, al cual se le otorgara un salario de \$ 250.00. A los supervisores un se le proporcionará un salario mínimo de \$ 300.00, por encima de los mínimos.

4.2 Análisis del Consumo Energético.

Para poder determinar si un sistema de iluminación propuesto en cualquier área de trabajo se debe comparar económicamente y técnicamente, con otro tipo de tecnología o con el sistema actual para poder determinar si la propuesta es rentable.

4.2.1. Calculo de Tarifa Eléctrica para la E.S.I:M.E. en Alumbrado Exterior.

Al realizar una instalación que disminuya el consumo energético se busca obtener beneficios en el ahorro de energía eléctrica por ende disminuir los gastos producidos por el consumo de esta. El costo de esta energía se ve clasificado por las tarifas que existen en México, las cuales las regula CFE y la Secretaria de Energía.

4.2.1.1. Primer Periodo del Año Enero - Marzo.

Para este periodo comprenden los costos y horarios de la tabla 2.13 previamente mostrada. En la tabla 4.2 se describe el periodo intermedio.

Periodo Intermedio			
Evento	Tiempo (horas)	No. De Eventos	Total de horas por evento
Lunes a Viernes (por día)	4 horas	62 días	248 horas
Sábado	5 horas	14 días	70 horas
Domingo	5 horas	14 días	70 horas
Total de horas consumidas			388 horas

Tabla 4. 2 Periodo Intermedio “Primer Periodo”.

En la tabla 4.3 se describe el periodo punta.

Periodo Punta			
Evento	Tiempo (horas)	No. De Eventos	Total de horas por evento
Lunes a Viernes (por día)	2 horas	62 días	124 horas
Total de horas consumidas			124 horas

Tabla 4. 3 Periodo Punta “Primer Periodo”.

En la tabla 4.4 se describe el periodo Base.

Periodo Base			
Evento	Tiempo (horas)	No. De Eventos	Total de horas por evento
Lunes a Viernes (por día)	6 horas	62 días	372 horas
Sábado	7 horas	14 días	98 horas
Domingo	7 horas	14 días	98 horas
Total de horas consumidas			568 horas

Tabla 4. 4 Periodo Base “Primer Periodo”.

4.2.1.2. Para el Segundo Periodo del Año Abril-Octubre.

Este periodo está regido por la tabla 2.12 previamente mostrada en el Capítulo 2. En la tabla 4.5 se describe el periodo Intermedio.

Periodo Intermedio			
Evento	Tiempo (horas)	No. De Eventos	Total de horas por evento
Lunes a Viernes (por día)	4 horas	153 días	612 horas
Sábado	3 horas	31 días	93 horas
Domingo	5 horas	30 días	150 horas
Total de horas consumidas			855 horas

Tabla 4. 5 Periodo Intermedio “Segundo Periodo”.

En la tabla 4.5 se describe el periodo punta.

Periodo Punta			
Evento	Tiempo (horas)	No. De Eventos	Total de horas por evento
Lunes a Viernes (por día)	2 horas	153 días	306 horas
Sábado	2 horas	31 días	62 horas
Total de horas consumidas			368 horas

Tabla 4. 6 Periodo Punta “Segundo Periodo”.

En la tabla 4.7 se describe el periodo punta.

Periodo Base			
Evento	Tiempo (horas)	No. De Eventos	Total de horas por evento
Lunes a Viernes (por día)	6 horas	153 días	918 horas
Sábado	7 horas	31 días	217 horas
Domingo	7 horas	30 días	210 horas
Total de horas consumidas			1345 horas

Tabla 4. 7 Periodo Base “Segundo Periodo”.

4.2.1.3. Para el Tercer Periodo del Año Noviembre-Diciembre.

Este último periodo es un complemento del primero ya que sus horarios y tarifas se rigen con tabla 2.13 previamente mostrada. En la tabla 4.8 se describe el periodo Intermedio.

Periodo Intermedio			
Evento	Tiempo (horas)	No. De Eventos	Total de horas por evento
Lunes a Viernes (por día)	4 horas	44 días	176 horas
Sábado	5 horas	8 días	40 horas
Domingo	5 horas	9 días	45 horas
Total de horas consumidas			261 horas

Tabla 4. 8 Periodo Intermedio “Tercer Periodo”.

En la tabla 4.9 se describe el periodo punta.

Periodo Punta			
Evento	Tiempo (horas)	No. De Eventos	Total de horas por evento
Lunes a Viernes (por día)	2 horas	44 días	88 horas
Total de horas consumidas			88 horas

Tabla 4. 9 Periodo Punta “Tercer Periodo”.

En la tabla 4.10 se describe el periodo base.

Periodo Base			
Evento	Tiempo (horas)	No. De Eventos	Total de horas por evento
Lunes a Viernes (por día)	6 horas	44 días	264 horas
Sábado	7 horas	8 días	56 horas
Domingo	7 horas	9 días	63 horas
Total de horas consumidas			383 horas

Tabla 4. 10 Periodo Base “Tercer Periodo”.

4.2.1.4. Clasificación De Horas De Consumo Eléctrico De Acuerdo A Su Periodo En Las Que Fueron Consumidas, Y Tarifas Para Cada Periodo.

En la tabla 4.11 se muestra el consumo total por horas, en un año de acuerdo al tipo horario donde es consumido.

Periodo	Total de horas consumidas
Intermedio	1504
Base	2296
Punta	580

Tabla 4. 11 Consumo de Horas Totales por Periodo.

La tarifa para este tipo de periodos es proporcionada por CFE, manejando los en la tabla 4.12.

Cargo por kW / h		
Intermedio	Base	Punta
\$ 1.15	\$0.96	\$2.04

Tabla 4. 12 Tarifas según el Periodo.

4.2.2. Calculo de Costos de Energía Eléctrica en la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco

Con el desglose de número de horas en que se consume la energía eléctrica facilita el cálculo del capital gastado en un año por el sistema actual y el propuesto, a continuación se desarrollara este cálculo.

4.2.2.1. Comparación del costo de Energía Eléctrica en el Periodo Intermedio en el lapso de un año.

En la tabla 4.13 se da el costo de la energía eléctrica para el periodo intermedio.

Luminarias	Horas de trabajo	Potencia Instalada (kW)	Costo de kW/h	Costo total
General Electric	1504 horas	8.58 kW	1.157 \$/ (kW*h)	\$14,930.29
Alta Presión	1504 horas	13.75 kW	1.157 \$/ (kW*h)	\$23,926.76

Tabla 4. 13 Costo de Energía “Periodo Intermedio”.

4.2.2.2. Comparación del Costo de la Energía Eléctrica en el Periodo Punta en el Lapso de un Año.

En la tabla 4.14 se da el costo de la energía eléctrica para el periodo punta.

Luminarias	Horas de trabajo	Potencia Instalada (kW)	Costo de kW/h	Costo total
General Electric	580 horas	8.58 kW	2.04 \$/ (kW*h)	\$10,151.85
Alta Presión	580 horas	13.75 kW	2.04 \$/ (kW*h)	\$16,269.00

Tabla 4. 14 Costo de Energía “Periodo Punta”.

4.2.2.3. Comparación del costo de la Energía Eléctrica en el Periodo Base en un lapso de un año.

En la tabla 4.15 se da el costo de la energía eléctrica para el periodo base.

Luminarias	Horas de trabajo	Potencia Instalada (kW)	Costo de kW/h	Costo total
General Electric	2296 horas	8.58 kW	0.9682 \$/ (kW*h)	\$19,073.23
Alta Presión	2296 horas	13.75 kW	0.9682 \$/ (kW*h)	\$30,566.07

Tabla 4. 15 Costo de Energía “Periodo Base”.

4.2.3. Comparativa de Gastos del Consumo Energético.

En la tabla 4.16 se muestra el desglose de los gastos producidos por el consumo energético que existe en el sistema actual y el propuesto.

Luminarias	Periodo Base	Periodo Intermedio	Periodo Punta	Costo total anual
General Electric	\$19,073.23	\$14,930.29	\$ 10,151.85	\$44,155.37
Alta Presión	\$30,566.74	\$23,926.76	\$ 16,269.00	\$70,761.83
Ahorro				\$26,606.46

Tabla 4. 16 Comparativa de Gastos en Consumo Energético.

4.3 Análisis por Gastos Producidos por Costos de Mantenimiento en el Sistema de Alumbrado Exterior Actual contra el Propuesto.

En el subtema 3.6 del anterior capítulo se realizó un cálculo de factor de mantenimiento para conocer la frecuencia con la que se debe realizar el mantenimiento preventivo para que la instalación actual pueda cumplir con la iluminancia requerida por la NOM-025-STPS-2008.

4.3.1.1. Mantenimiento Preventivo de Limpieza.

Este tipo de mantenimiento consta de la limpieza del luminario con jabón líquido de uso industrial, por medio de una esponjilla y trapos para la limpieza de este. El promedio de tiempo aproximado de limpieza por luminaria es de treinta minutos, realizando 16 luminarias por jornada laboral, el cual está calculado para la instalación con luminarias LED y HID. En la tabla 4.17 se muestra la actividad y costos por el mantenimiento preventivo de limpieza.

Actividad u articulo	Unidad	Precio Unitario	Cantidad (Tiempo o Unidades)	Precio
Salario de ayudante general de electricista	Día	\$ 200.00	4	\$ 800.00
Grúa con canastilla y operador	Día	\$800.00	4	\$ 3,200.00
Jabón de uso industrial 4 lts.	Pieza	\$129.50	1	\$ 129.50
Trapo de limpieza	Metro	\$12.00	10	\$ 120.00
Supervisor	Día	\$250.00	4	\$ 1,000.00
Costo Total por Maniobra S/IVA				\$ 5,249.50
IVA 16%				\$ 839.92
Costo Total por Maniobra C/IVA				\$ 6,089.42

Tabla 4. 17 Costos del Mantenimiento Preventivo Limpieza.

4.3.1.2. Mantenimiento Preventivo Eléctrico para Instalaciones HID y LED.

El mantenimiento eléctrico consta del cambio de la lámpara y balastro, en el caso de las luminarias con Lámparas de Alta Descarga, el cual está calculado con un tiempo promedio por luminaria de treinta minutos en una jornada laboral de 8 horas. En la tabla 4.18 se muestra la actividad y costos por el mantenimiento preventivo eléctrico para una luminaria de Alta Descarga.

Actividad u articulo	Unidad	Precio Unitario	Cantidad (Tiempo o Unidades)	Precio
Salario de ayudante general de electricista	Día	\$200.00	4	\$ 800.00
Grúa con canastilla y operador	Día	\$800.00	4	\$ 3,200.00
Lámpara de Sodio en Alta Presión 250 Watts	Pieza	\$181.15	44	\$ 7,970.60
Balastro 250 Watts	Pieza	\$653.20	44	\$28,740.80
Supervisor	Día	\$250.00	4	\$ 1,000.00
Costo Total por Maniobra S/IVA				\$41,711.40
IVA 16%				\$ 6,673.82
Costo Total C/IVA				\$48,385.22

Tabla 4. 18 Costos del Mantenimiento Preventivo Eléctrico “Luminaria de Alta Descarga.

El mantenimiento eléctrico para una instalación con luminarios LED, solo consta del cambio de driver, el cual está calculado con un tiempo promedio por luminaria de treinta minutos en una jornada laboral de 8 horas. En la tabla 4.19 se muestra la actividad y costos por el mantenimiento preventivo eléctrico para una luminaria LED.

Actividad u articulo	Unidad	Precio Unitario	Cantidad (Tiempo o Unidades)	Precio
Salario de ayudante general de electricista	Día	\$200.00	4	\$ 800.00
Grúa con canastilla y operador	Día	\$800.00	4	\$ 3,200.00
Driver General Electric	Pieza	\$650.00	66	\$42,900.00
Supervisor	Día	\$250.00	4	\$ 1,000.00
Costo Total por Maniobra S/IVA				\$47,900.00
IVA 16%				\$ 7,664.00
Costo Total por Maniobra C/IVA				\$55,564.00

Tabla 4. 19 Costos del Mantenimiento Preventivo Eléctrico “Luminario LED”.

4.3.2. Costos por Poda de Árboles.

Solo se eliminaran las ramas que obstruyan el flujo luminoso de las luminarias, de acuerdo a la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-001-RNAT-2006, el cual se realizara el aclareo de copa, el cual lo describe en el artículo 6.4.2.1.3 de dicha norma que consta de la remoción selectiva de ramas con la finalidad de permitir el paso de luz y movimiento del aire, disminuyendo la cantidad de follaje y reduciendo el peso de ramas grandes sin alterar la estructura y la forma natural del árbol. En la tabla 4.20 se muestra la actividad y costos por la poda de árboles.

Actividad u articulo	Unidad	Precio Unitario	Cantidad (Tiempo o Unidades)	Precio
Salario de ayudante general (Peón)	Día	\$ 200.00	5	\$1,000.00
Costo del trámite para la autorización de poda	Día	\$241.00	4	\$964.00
Supervisor	Día	\$250.00	6	\$1,500.00
Costo Total por Maniobra S/IVA				\$3,464.00
IVA 16%				\$ 554.40
Costo Total por Maniobra C/IVA				\$4,018.24

Tabla 4. 20 Costos de la Poda de Árboles.

4.4 Análisis Costo – Beneficio Entre la Instalación Actual y la Propuesta por Medio de Tecnología LED.

En la tabla 4.21 se muestra el costo beneficio de la tecnología LED y la instalada actualmente.

AÑOS	SISTEMA ACTUAL		PROPUESTA LED	
1	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42	INSTA. ELECTRICA	\$ 1,182,155.07
	LUNINARIA NUEVAS	\$ 87,431.00		
	COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 70,761.83	COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 44,155.37
	MANTO. ELECTRICO	\$ 48,385.22		
	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24
2	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42	MANTENIMIENTO SENCILLO	-
	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	\$ 70,761.83	COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 44,155.37
	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24
3	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42	MANTENIMIENTO SENCILLO	-
	COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 70,761.83	COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 44,155.37
	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24
4	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ -
	MANTO. ELECTRICO	\$ 48,385.22	MANTO. ELECTRICO	\$ -
	COSTO DE ENERGÍA	\$ 0,761.83	COSTO DE ENERGÍA	\$ 44,155.37

	ELÉCTRICA		ELÉCTRICA	
	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24
5	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42
	COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 70,761.83	COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 44,155.37
	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24
			MANTENIMIENTO ELECTRICO	\$ 55,564.00
6	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42		
	COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 70,761.83	COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 44,155.37
	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24	SERVICIO DE PODA	\$ 3,464.00
7	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42		
	COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 70,761.83	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	\$ 44,155.37
	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24
8	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42		
	MANTENIMIENTO ELECTRICO	\$ 48,385.22		
	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	\$ 70,761.83	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	\$ 44,155.37
	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24
9	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42		
	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	\$ 70,761.83	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	\$ 44,155.37
	SERVICIO DE PODA	\$ 3,464.00	SERVICIO	\$ 4,018.24

			DE PODA	
10	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42
	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	\$ 70,761.83	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	\$ 44,155.37
	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24
			MANTENIMIENTO ELECTRICO	\$ 55,564.00
11	MANTENIMIENTO SENCILLO	\$ 6,089.42		
	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	\$ 70,761.83	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	\$ 44,155.37
	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24	SERVICIO DE PODA	\$ 4,018.24
	TOTAL C/IVA	\$ 1,121,596.81	TOTAL C/IVA	\$ 1,853,039.00

Tabla 4. 21 Costo – Beneficio de la tecnología LED y la Instalada Actualmente.

Capítulo 5.

Conclusiones y

Recomendaciones.

5.1. Conclusiones

Actualmente las instalaciones de los estacionamientos de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco no cumplen con los valores de iluminancia necesarios para brindar la seguridad que los usuarios requieren como se mostró en la tabla 3.33 de este trabajo, ningún estacionamiento está por encima de los 20 lux reglamentarios de la NOM-025-STPS-2008. En la mayoría de las luminarias que se encuentran actualmente instaladas no tienen una uniformidad en cuanto a piezas, ya que en gran parte de estas aun cuentan con Lámparas de Vapor de Mercurio en Alta Presión , las cuales se han recomendado dejar de utilizar por su alto nivel toxico que tienen los elementos que la forman. (Véase *Imagen 5.1*), mientras que en otras existen luminarias de Vapor de Sodio en Alta Presión.



Imagen 5.1 Luminaria con Lámpara de Vapor de Mercurio en Alta Presión en una percha mientras que en la otra se encuentra una luminaria con Lámpara de Vapor de Sodio en Alta Presión.

Para la evaluación técnica de los estacionamientos se ocupó el procedimiento de la NOM-025-STPS-2008, ya que para hacerlo por medio del método de evaluación de la NOM-013-ENER-2013, se requerían de una disposición con una cantidad mínima de 3 luminario a evaluar.

Cuando lo estacionamientos fueron diseñados no existían las normas de eficiencia energética para alumbrado público, por lo tanto solo requerían cumplir con la NOM-025 de la Secretaria de Trabajo y Previsión Social, pero en el año 2013 se presentó en el Diario Oficial de la Federación la NOM-013-ENER-2013, la cual regula todas las instalaciones nuevas de Iluminación, uno de los objetivos de esta norma es utilizar de forma eficiente la energía eléctrica consumida para el alumbrado, poniendo coeficientes de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA), limitando el uso excesivo de energía eléctrica en una determinada área, para este punto la instalación actual cumple con esta norma respecto a DPEA, ya que se encuentra por debajo aunque muy cercano al valor límite como se puede observar en la tabla 3.33, con nuestra propuesta de Alumbrado Exterior para los estacionamientos de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco nos encontramos por debajo de la mitad de estos coeficientes, demostrando que tenemos un uso eficiente de la energía por medio del tipo de luminarias propuesto, pero cabe destacar que se cuidó la Relación Máxima de Uniformidad permitida por esta norma, ya que se distribuyó de forma estratégica nuevas luminarias que ayudaran a cuidar esta parte (*Véase subtema 3.5*). La uniformidad en la instalación que actualmente se encuentra en los estacionamientos no cumple con este requisito, ya que concentra su mayor flujo luminoso en las partes externas del estacionamiento, debido a que su distancia interpostal es elevada teniendo Relaciones de Uniformidad mayores a 4.

Respecto al ahorro de energía nuestra propuesta disminuye el consumo eléctrico en un cuarenta por ciento, lo cual reduce la carga del sistema eléctrico, utilizando esa energía eléctrica para otros fines o inclusive para reducir la energía generada por el suministrador, lo cual disminuiría el bióxido de carbono producido por este consumo de energía.

Al momento de hacer la comparación económica del sistema actual con el propuesto, nuestro sistema es más caro al inicio lo cual es un factor clave en la recuperación económica, ya que actualmente no se cuenta con la infraestructura necesaria para poder brindar la uniformidad como se mencionó en el capítulo tercero. Además que las luminarias con tecnología LED tienen mayor costo que las luminarias de Alta Presión convencionales, por lo cual a largo plazo no se obtiene un retorno económico, su gran beneficio de la tecnología LED es su bajo consumo energético, existen otro tipo de luminarias destinadas para el ahorro de Energía como lo son las lámparas de inducción, las cuales tienen un costo similar a las luminarias LED pero su consumo energético de estas es aún mayor que la de nuestra propuesta, en cuanto ahorro de energía la tecnología se encuentra por encima de las demás, cabe destacar que desde la aparición de la tecnología LED hasta la etapa actual, sus precios se han ido reduciendo, lo cual lo convierte cada vez más en una tecnología viable para su utilización.

Otro beneficio de nuestra propuesta es que reduce el mantenimiento de las luminarias, lo cual implica menor número de gastos ocasionados por el mantenimiento a este sistema, ya que en nuestra propuesta está diseñada para un mantenimiento en un lapso de cinco años mientras que el actual está diseñado para mantenimientos en lapsos de un año, lo cual en un periodo largo refleja que el sistema actual es más caro de mantener que el sistema propuesto como se muestra en la siguiente imagen.



Imagen 5.2 Gastos ocasionados por el mantenimiento a Sistemas de Alumbrado convencionales respecto a Sistemas de Alumbrado Exterior con Luminarias LED.

En la Imagen 5.3 se muestran los gastos de operación de los dos sistemas respecto al consumo de energía, las luminarias LED se encuentran por debajo de los gastos producidos por el sistema convencional, debido a que los gastos generados por el consumo de energía eléctrica del sistema actual es mucho mayor.

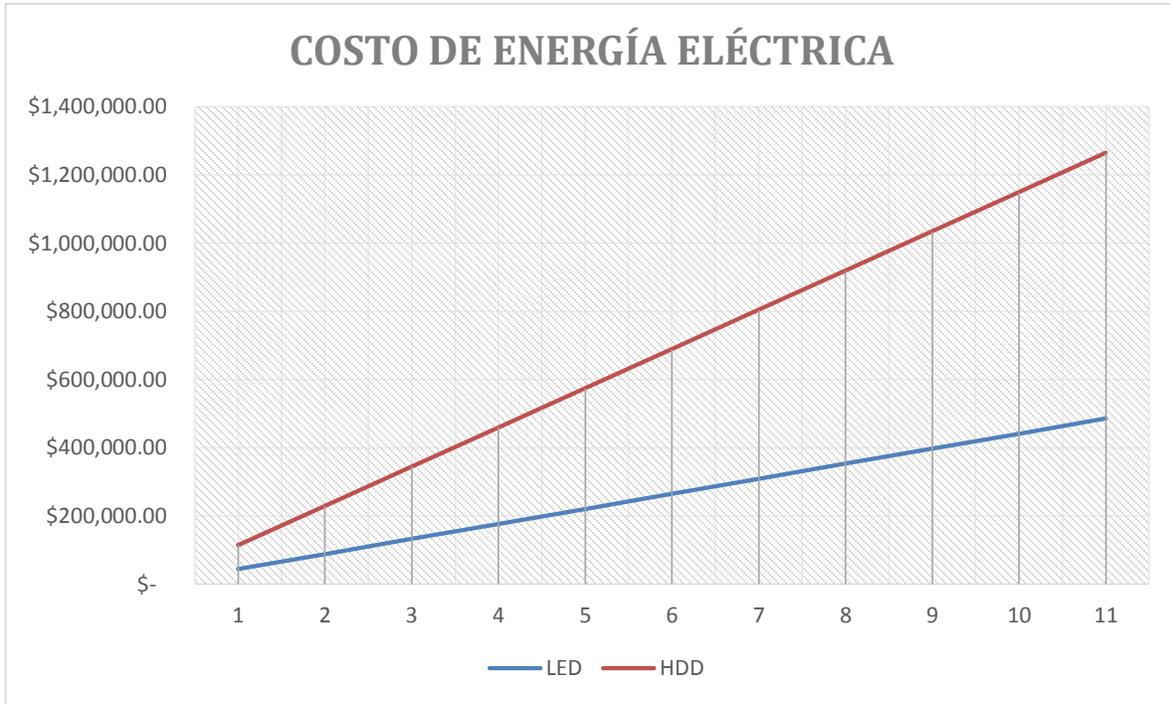


Imagen 5.3 Costos con la Instalación Actual y LED del Mantenimiento sencillo y Consumo de Energía.

Actualmente la instalación para alumbrado de los estacionamientos no es eficiente debido a que tiene un consumo alto de energía eléctrica y no ofrece la iluminación indicada por las normas antes mencionadas, generando una sensación de inseguridad en los usuarios, como se muestra en la Imagen 5.3.



Imagen 5.1 Condiciones de Iluminación del Sistema de Alumbrado Exterior funcionando con todas las luminarias.

Nuestra propuesta ofrece mejor calidad de iluminación, ya que evita espacios oscuros como se observan en la Imagen 5.4 en la parte central del estacionamiento, además de que generara mayor sensación de seguridad en los usuarios, los cuales podrán circular por el estacionamiento sin preocupaciones de que algún conductor no los vea transitar, en la Imagen 5.5. Se puede observar la iluminación propuesta.



Imagen 5. 2 Condiciones de Iluminación del Sistema de Alumbrado Exterior por medio de Luminarias LED.

Nuestro proyecto es viable, debido a que se cumple con la normativa que regula a las condiciones de Iluminancia necesarias además de que proporciona un ahorro de energía eléctrica ayudando a reducir el calentamiento global de nuestro planeta.

5.2. Recomendaciones

5.2.1. Ahorro de Energía

El Sistema de Generación eléctrica en México depende principalmente de los combustibles fósiles, ya que alrededor de un ochenta por ciento proviene de estos de acuerdo al Balance Nacional de Energía 2013, como se puede observar en la Imagen 5.4.

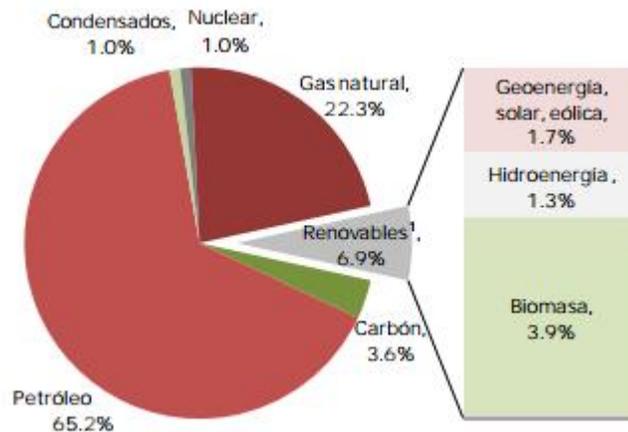


Imagen 5. 4 Estructura de la producción de Energía Primaria en México. Recuperado de SENER del Balance Nacional de Energía 2012.

Actualmente no todas las plantas generadoras de electricidad cuentan con equipos de medición para los Gases de Efecto Invernadero, los valores que se conocen son aproximados. De acuerdo a la Secretaria de Energía en México el 30% de los Gases Efecto Invernadero son producidos por la generación de electricidad (Véase Imagen 5.5), los cuales son Bióxido de Carbono, Metano, Dióxido de Azufre entre otros.

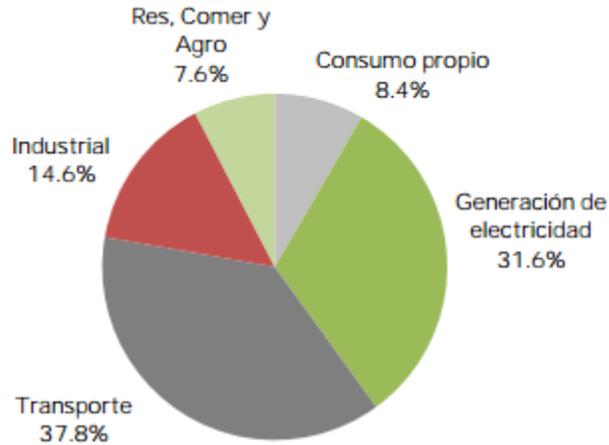


Imagen 5. 5 Estructura de las Emisiones GEI asociadas al consumo de combustible por sector. . Recuperado de SENER del Balance Nacional de Energía 2012.

Un estudio que se realizó en España en una central termoeléctrica, proporciona valores aproximados de emisión de CO₂ por kilowatt producido (Véase Tabla 5.1), con dichos valores realizamos un aproximado de cuanto CO₂ evitaríamos producir al proponer un Sistema de Alumbrado Exterior que produzca un ahorro de Energía, como se muestra a continuación.

Combustible	Emisión de CO₂ ($\frac{Kg}{kWh}$)
<i>Gas Natural ciclo combinado</i>	0.35
<i>Gas natural</i>	0.44
Combustóleo	0.71
<i>Biomasa</i>	0.82
<i>Carbón</i>	1.45

Tabla 5. 1 Emisiones de CO₂ a la atmosfera en una Central Térmica. Recuperado: http://proyectodescartes.org/Newton-problemas/materiales_didacticos/energia_termica-JS/problema.pdf . [2015]

De acuerdo a la tabla 3.48 del presente trabajo, la Propuesta de Alumbrado Exterior para los Estacionamientos de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco por medio

de tecnología LED tendrá un consumo de 8.58 kWh mientras que la instalación actual tiene un consumo de 13.75 kWh, lo que nos producirá un ahorro de energía de 5.17 kWh, tomando como referencia que la energía en México en gran parte es producida por combustóleo, tomaremos como valor 0.71 kg de CO₂ producido por kilowatt hora, ocupando la siguiente ecuación se conocerá la cantidad de Bióxido de Carbono que se evitaría producir.

$$(5.17 \text{ kWh}) * \left(0.71 \frac{\text{Kg}}{\text{kWh}}\right) = 3.67 \text{ Kg de CO}_2 \text{ producido en una hora}$$

En un lapso de operación de 12 horas se evitaría la producción de CO₂ de:

$$\left(3.67 \frac{\text{Kg CO}_2}{\text{hora}}\right) * (12 \text{ horas}) = 44.04 \text{ Kg de CO}_2$$

Mientras que un año se evitaría:

$$\left(3.67 \frac{\text{Kg CO}_2}{\text{hora}}\right) * \left(1480 \frac{\text{horas}}{\text{año}}\right) = 5,431 \frac{\text{Kg}}{\text{Año}}$$

Y en un periodo de 11 años:

$$\left(5,431 \frac{\text{Kg CO}_2}{\text{año}}\right) * (11 \text{ años}) = 59,741 \text{ Kg CO}_2$$

La cantidad de emisiones de CO₂ que se evitaría producir es significativa con nuestra Propuesta de Alumbrado Exterior, lo cual sería un factor que ayudara evitar el calentamiento global en nuestro planeta.

5.2.2. Instalaciones

Las instalaciones actuales cumplen su función respecto a suministrar energía, pero estas tienen funcionando un lapso mayor a 20 años, el cual está por encima del máximo recomendado por los fabricantes de conductores, nuestro

sistema propuesto puede funcionar con este sistema debido a que la carga conectada es menor a la que está funcionando actualmente, aunque cabe señalar que actualmente existen caídas de tensión que afectarían al driver de las luminarias LED. En el último anexo se encuentra una propuesta de una instalación eléctrica que ayudara a aumentar el rendimiento de nuestra propuesta.

Glosario.

- 1) C.I.E. Comisión Internacional de Iluminación.
- 2) D.A.I. Descarga Alta Intensidad
- 3) E.S.I.M.E. Escuela Superior de Ingeniería Eléctrica
- 4) F.p. Factor de Potencia
- 5) I.P.N Instituto Politécnico Nacional
- 6) I.R.C. Índice de Reproducción de Color
- 7) L.E.D. Light Emission Diode (Diodo Emisor de Luz).
- 8) N.O.M. Norma Oficial Mexicana
- 9) U.N.E. Una Norma Española
- 10) Ampere: Unidad de medida de la corriente eléctrica que es equivalente al flujo de electrones por unidad de segundo su símbolo (A).
- 11) Angstrom: Unidad utilizada para la medición de longitud de ondas, distancia entre moléculas u átomos (Å).
- 12) Candela: se utiliza para medir la intensidad luminosa en una dirección dada (cd).
- 13) Kelvin: Unidad de medida para la identificación aproximada de la temperatura de color.
- 14) °Kelvin: Unidad de medida de temperatura.
- 15) Lux: Unidad de medida del flujo luminoso por unidad de medida.
- 16) Nits: Es una unidad de medida, no estándar, de la luminancia está dada por la intensidad luminosa por unidad de área.
- 17) Ohm: Unidad eléctrica utiliza para medir la resistencia del paso flujo de corriente. (Ω)
- 18) Volt: Unidad eléctrica utilizada para la medición de la diferencia de potencial eléctrica en dos puntos.
- 19) Watt: Unidad de potencia eléctrica (W).
- 20) η (eta): Rendimiento luminoso (lumen / watt).

Índice de imágenes:

Capítulo 1

IMAGEN 1.1 CONCEPTO DE ILUMINACIÓN. (MANUAL PRÁCTICO DEL ALUMBRADO, 2007, P. 19)	15
IMAGEN 1.2 LUMINANCIA. RECUPERADA DE: HTTP://IMAGES.SLIDEPLAYER.ES/2/1018354/SLIDES/SLIDE_30.JPG	17
IMAGEN 1.3 CONCEPTO DE FLUJO LUMINOSO. RECUPERADA DE: HTTP://WWW.ENQUITOECUADOR.COM/USERFILES/IMAGE/ILUMINANCIA.JPG	17
IMAGEN 1. 4 TONALIDADES A DIVERSAS TEMPERATURAS QUE SE ENCUENTRA UN CUERPO NEGRO.	21
IMAGEN 1. 5 “UNA HISTORIA PICTÓRICA DE DESARROLLO DE LA FUENTE DE LUZ Y LA EFICIENCIA” (IES LIGHTING HANDBOOK, 1947, S.6, FIG. 6.1).	23
IMAGEN 1.6 “DISEÑO DE UNA LÁMPARA DE MERCURIO. EL TUBO DEL ARCO INTERNO ESTÁ PROTEGIDO POR UN BULBO EXTERIOR LLENO DE GAS INERTE COMO EL NITRÓGENO” (SISTEMAS DE ILUMINACIÓN INDUSTRIALES, 1986, P. 37).	25
IMAGEN 1. 7 “DETALLES ELÉCTRICOS DE UNA LÁMPARA DE HALÓGENO METÁLICO” (SISTEMAS DE ILUMINACIÓN INDUSTRIALES, 1986, P. 37).....	28
IMAGEN 1. 8 “DISEÑO DE UNA LÁMPARA DE SODIO EN ALTA PRESIÓN” (SISTEMAS DE ILUMINACIÓN INDUSTRIALES, 1986, P. 341).	30
IMAGEN 1. 9 EQUIPO AUXILIAR O BALASTRO PARA LÁMPARAS DE DESCARGA.....	32
IMAGEN 1. 10 PARTES DE UNA LUMINARIA PARA ALUMBRADO PÚBLICO. RECUPERADO DE: HTTP://GRLUM.DPE.UPC.EDU/MANUAL/SISTEMASILUMINACION-LUMINARIAS-COMPONENTES.PHP . [2014].....	33
IMAGEN 1. 11 SÍMBOLO DEL LED.	35
IMAGEN 1.12 UNIÓN PN. (RECUPERADA DE HTTP://GALEON.COM/SEMICONDUCTORES/DIODOS.HTML).....	36
IMAGEN 1. 13 LED INDICADOR.	36
IMAGEN 1. 14 LED ILUMINADOR.	37
IMAGEN 1. 15: PARTES DE LED TIPO ILUMINADOR (CURSO BÁSICO DE ILUMINACIÓN LED, 2014, P. 10).	38
IMAGEN 1. 16 PARTES DE UNA LÁMPARA LED.....	42

Capítulo 2

IMAGEN 2. 1 DISTRIBUCIÓN UNILATERAL (NOM-013-2013, P.15).....	55
IMAGEN 2. 2 DISTRIBUCIÓN TRES BOLILLO (NOM-013-2013, P.15).	56
IMAGEN 2. 3 DISTRIBUCIÓN BILATERAL OPUESTA (NOM-013-2013, P.16).	56
IMAGEN 2. 4 DISTRIBUCIÓN CENTRAL DOBLE (NOM-013-2013, P.16).	57
IMAGEN 2. 5 LUMINARIO PÚBLICO CON APUNTAMIENTO VERTICAL FIJO	58
IMAGEN 2. 6 ESTACIONAMIENTO DE UN CENTRO COMERCIAL CON LUMINARIOS DE POSTE ELEVADO	59
IMAGEN 2. 7 CURVAS POLARES DE UN LUMINARIO PARA ALUMBRADO EXTERIOR TRANSVERSAL Y VERTICAL MARCA GENERAL ELECTRIC.	60
IMAGEN 2. 8 CURVA ISO-CANDELA DE UN LUMINARIO DE ALUMBRADO EXTERIOR MARCA GENERAL ELECTRIC.	60
IMAGEN 2. 9 LUMINARIO DE ALUMBRADO PÚBLICO TENIENDO COMO REFERENCIA EL CENTRO DE ESTE CONOCIDO COMO NADIR, SIENDO A2 EL LADO CASA O ACERA Y A1 LADO CALZADA O CALLE.	61
IMAGEN 2. 10 CURVA DE COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN DE UN LUMINARIO PÚBLICO, GENERAL ELECTRIC.	62
IMAGEN 2. 11 ANCHO DE ARROYO DE UNA VIALIDAD.....	64
IMAGEN 2. 12 GRÁFICA CON COCIENTES TRAZADOS DE LADO CASA Y LADO CALLE.	65
1. IMAGEN 2. 13 DEPRECIACIÓN DE LUMINARIAS DE ALUMBRADO PÚBLICO, CON CIERRE HERMÉTICO Y CINCO TIPOS DE AMBIENTES PUBLICADAS POR VAN DUSEN (TRAZO FINO) Y LA IESNA (TRAZO GRUESO).	66
IMAGEN 2. 14 DISTANCIA INTERPOSTAL DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO EXTERIOR.	68

Capítulo 3

IMAGEN 3. 1 ESCUDO DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA	78
IMAGEN 3. 2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA E.S.I.M.E. ZACATENCO. (RECUPERADO DE GOOGLE MAPS.)	78
IMAGEN 3. 3 LUMINARIO DESCOMPUESTO LOCALIZADO EN ESTACIONAMIENTO 3	79
IMAGEN 3. 4 LUMINARIAS DE ALUMBRADO EXTERIOR DE LOS ESTACIONAMIENTOS DE LA E.S.I.M.E. UNIDAD ZACATENCO. .	145
IMAGEN 3. 5 RAMAS OBSTRUYENDO EL PASO DE FLUJO LUMINOSO DE UN LUMINARIO.	146
IMAGEN 3. 6 LUMINARIO GENERAL ELECTRIC ENVOLVE™ LED ROADWAY LIGHTING COBRAHEAD ESCALABLES ERS2.	148
IMAGEN 3. 13 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	157
IMAGEN 3. 14 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA TERCERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 1.	158
IMAGEN 3. 17 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA CUARTA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 1.	161
IMAGEN 3. 19 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	163
IMAGEN 3. 20 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA QUINTA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 1.	164
IMAGEN 3. 21 DIMENSIONES DE LA QUINTA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 1.	165
IMAGEN 3. 22 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	166
IMAGEN 3. 24 DIMENSIONES DE LA SEXTA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 1.	168
IMAGEN 3. 25 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	169
IMAGEN 3. 26 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA PRIMERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 2.	170
IMAGEN 3. 27 DIMENSIONES DE LA PRIMERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 2.	171
IMAGEN 3. 28 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	172
IMAGEN 3. 29 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA SEGUNDA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 2.	173
IMAGEN 3. 30 DIMENSIONES DE LA SEGUNDA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 2.	174
IMAGEN 3. 31 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	175
IMAGEN 3. 32 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA TERCERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 2.	176
IMAGEN 3. 33 DIMENSIONES DE LA TERCERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 2.	177
IMAGEN 3. 34 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	178
IMAGEN 3. 35 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA CUARTA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 2.	179
IMAGEN 3. 36 DIMENSIONES DE LA CUARTA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 2.	180
IMAGEN 3. 37 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	181
IMAGEN 3. 38 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA PRIMERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 3.	182
IMAGEN 3. 39 DIMENSIONES DE LA PRIMERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 3.	183
IMAGEN 3. 40 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	184
IMAGEN 3. 41 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA SEGUNDA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 3.	185
IMAGEN 3. 42 DIMENSIONES DE LA SEGUNDA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 3.	186
IMAGEN 3. 43 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	187
IMAGEN 3. 44 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA TERCERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 3.	188
IMAGEN 3. 45 DIMENSIONES DE LA TERCERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 3.	189
IMAGEN 3. 46 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	190
IMAGEN 3. 47 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA CUARTA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 3.	191
IMAGEN 3. 48 DIMENSIONES DE LA CUARTA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 3.	192
IMAGEN 3. 49 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	193
IMAGEN 3. 50 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA PRIMERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 4.	194
IMAGEN 3. 51 DIMENSIONES DE LA PRIMERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 4.	195
IMAGEN 3. 52 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	196

IMAGEN 3. 53 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA SEGUNDA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 4.....	197
IMAGEN 3. 54 DIMENSIONES DE LA SEGUNDA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 4.	198
IMAGEN 3. 55 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	199
IMAGEN 3. 56 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA TERCERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 4.....	200
IMAGEN 3. 57 DIMENSIONES DE LA TERCERA SESIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 4.	201
IMAGEN 3. 58 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	202
IMAGEN 3. 59 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA CUARTA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 4.....	203
IMAGEN 3. 60 DIMENSIONES DE LA CUARTA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 4.....	204
IMAGEN 3. 61 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	205
IMAGEN 3. 62 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA PRIMERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 5.	206
IMAGEN 3. 63 DIMENSIONES DE LA PRIMERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 5.....	207
IMAGEN 3. 64 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	208
IMAGEN 3. 65 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA SEGUNDA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 5 “PRIMER CAMELLÓN”	209
IMAGEN 3. 66 DIMENSIONES DE LA SEGUNDA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 5.	210
IMAGEN 3. 67 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	211
IMAGEN 3. 68 DISPOSICIÓN UNILATERAL PARA LA TERCERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 5 “TERCER CAMELLÓN.....	212
IMAGEN 3. 69 DIMENSIONES DE LA TERCERA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 5.....	213
IMAGEN 3. 71 DISPOSICIÓN TRES BOLITA PARA LA CUARTA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 5.....	215
IMAGEN 3. 72 DIMENSIONES DE LA CUARTA SECCIÓN DEL ESTACIONAMIENTO 5.....	216
IMAGEN 3. 73 CURVAS DE C.U DE LADO CASA Y LADO CALLE.	217
IMAGEN 3. 74 ILUMINANCIA PROMEDIO DEL ESTACIONAMIENTO 1 POR MEDIO DEL SOFTWARE (VÉASE ANEXO 12).....	221
IMAGEN 3. 75 EVALUACIÓN DE LOS 9 PUNTOS DE LA NOM-013-ENER-2013 POR MEDIO DE LAS ISO LÍNEAS OBTENIDAS POR MEDIO DEL SOFTWARE DIALUX (VÉASE ANEXO 12).....	222
IMAGEN 3. 76 ILUMINANCIA PROMEDIO DEL ESTACIONAMIENTO 2 POR MEDIO DEL SOFTWARE DIALUX (VÉASE ANEXO 12). 226	
IMAGEN 3. 77 EVALUACIÓN DE LOS 9 PUNTO DE LA NOM-013-ENER-2013 POR MEDIO DE LAS ISO LÍNEAS OBTENIDAS POR MEDIO DEL SOFTWARE DIALUX (VÉASE ANEXO 12).	227
IMAGEN 3. 79 EVALUACIÓN DE LOS 9 PUNTO DE LA NOM-013-ENER-2013 POR MEDIO DE LAS ISO LÍNEAS OBTENIDAS POR MEDIO DEL SOFTWARE DIALUX (VÉASE ANEXO 12).	231
IMAGEN 3. 80 ILUMINANCIA PROMEDIO DEL ESTACIONAMIENTO 4 POR MEDIO DEL SOFTWARE DIALUX (VÉASE ANEXO 12). 234	
IMAGEN 3. 81 EVALUACIÓN DE LOS 9 PUNTO DE LA NOM-013-ENER-2013 POR MEDIO DE LAS ISO LÍNEAS OBTENIDAS POR MEDIO DEL SOFTWARE DIALUX (VÉASE ANEXO 12).	235
IMAGEN 3. 82 ILUMINANCIA PROMEDIO DEL ESTACIONAMIENTO 5 POR MEDIO DEL SOFTWARE DIALUX (VÉASE ANEXO 12). 238	
IMAGEN 3. 83 EVALUACIÓN DE LOS 9 PUNTO DE LA NOM-013-ENER-2013 POR MEDIO DE LAS ISO LÍNEAS OBTENIDAS POR MEDIO DEL SOFTWARE DIALUX (VÉASE ANEXO 12).	239
IMAGEN 3. 84 CURVA DE UTILIZACIÓN ROAD AXIS	243
IMAGEN 3. 85 FACTOR DE MANTENIMIENTO DE LUMINARIA ACTUAL DEL ESTACIONAMIENTO.	245

Capítulo 5

IMAGEN 5. 1 LUMINARIA CON LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO EN ALTA PRESIÓN EN UNA PERCHA MIENTRAS QUE EN LA OTRA SE ENCUENTRA UNA LUMINARIA CON LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESIÓN.	268
IMAGEN 5. 2 GASTOS OCASIONADOS POR EL MANTENIMIENTO A SISTEMAS DE ALUMBRADO CONVENCIONALES RESPECTO A SISTEMAS DE ALUMBRADO EXTERIOR CON LUMINARIAS LED.	271

IMAGEN 5. 3 COSTOS CON LA INSTALACIÓN ACTUAL Y LED DEL MANTENIMIENTO SENCILLO Y CONSUMO DE ENERGÍA. 272
IMAGEN 5. 4 ESTRUCTURA DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA EN MÉXICO. RECUPERADO DE SENER DEL BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 2012. 274
IMAGEN 5. 5 ESTRUCTURA DE LAS EMISIONES GEI ASOCIADAS AL CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR SECTOR. . RECUPERADO DE SENER DEL BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 2012..... 275

Índice de Tablas:

Capítulo 1

TABLA 1. 1 CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA. RECUPERADO DE: HTTP://WWW.MCGRAW-HILL.ES/BCV/GUIDE/CAPITULO/8448171721.PDF	22
--	----

Capítulo 2

TABLA 2. 1 NIVELES DE ILUMINACIÓN PARA TAREAS VISUALES Y ÁREAS DE TRABAJO DE LA SECCIÓN 7 DE LA NOM-025-STPS-2008.....	48
TABLA 2. 2 RELACIÓN ENTRE ÍNDICE DE ÁREA Y ZONAS DE MEDICIÓN. (NOM-025-2012)	51
TABLA 2. 3 VALORES MÁXIMOS DE DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA) PARA ESTACIONAMIENTOS PÚBLICOS ABIERTOS. (NOM-013-2013)	53
TABLA 2. 4 AMBIENTES PARA DETERMINAR EL VALOR DE DEPRECIACIÓN POR POLVO DE UN LUMINARIO SEGÚN IESNA.	67

Capítulo 3

TABLA 3. 1 DIMENSIONES DEL ESTACIONAMIENTO 1	80
TABLA 3. 2 MEDICIÓN DE ILUMINANCIAS DEL ESTACIONAMIENTO 1 EN LA PRIMERA SECCIÓN.....	83
TABLA 3. 3 MEDICIÓN DE ILUMINANCIAS EN EL ESTACIONAMIENTO 1, SEGUNDA SECCIÓN	85
TABLA 3. 4 VALORES DE ILUMINANCIA DEL ESTACIONAMIENTO 1, TERCERA SECCIÓN	87
TABLA 3. 5: VALORES DE ILUMINANCIA DEL ESTACIONAMIENTO 1, CUARTA SECCIÓN.....	89
TABLA 3. 6 VALORES DE ILUMINANCIAS DEL ESTACIONAMIENTO 1, QUINTA SECCIÓN.	91
TABLA 3. 7 VALORES DE ILUMINANCIA DEL ESTACIONAMIENTO 1, SEXTA SECCIÓN.....	93
TABLA 3. 8 PROMEDIO DE ILUMINANCIA DEL ESTACIONAMIENTO 1.....	94
TABLA 3. 9 DIMENSIONES DEL ESTACIONAMIENTO DOS DE LA E.S.I.M.E. ZACATENCO.....	96
TABLA 3. 10 VALORES DE LAS ILUMINANCIAS DEL ESTACIONAMIENTO 2, PRIMERA SECCIÓN	99
TABLA 3. 11 VALORES DE ILUMINANCIA DEL ESTACIONAMIENTO 2, SEGUNDA SECCIÓN.....	101
TABLA 3. 12: VALORES DE ILUMINANCIA DEL ESTACIONAMIENTO 2, TERCERA SECCIÓN.	103
TABLA 3. 13 VALORES DE ILUMINANCIA EN EL ESTACIONAMIENTO 2, CUARTA SECCIÓN.....	105
TABLA 3. 14 VALORES DE ILUMINANCIA PROMEDIO EN EL ESTACIONAMIENTO DEL EDIFICIO 2 DE LA E.S.I.M.E. UNIDAD ZACATENCO.	106
TABLA 3. 15 DIMENSIONES DEL ESTACIONAMIENTO 3 DE LA E.S.I.M.E. ZACATENCO	108
TABLA 3. 16 VALORES DE LAS MEDICIONES DE ILUMINANCIA DEL ESTACIONAMIENTO 3, PRIMERA SECCIÓN.	111
TABLA 3. 17 VALORES DE LAS ILUMINANCIAS DEL ESTACIONAMIENTO 3, SEGUNDA SECCIÓN.....	113
TABLA 3. 18 VALORES DE ILUMINANCIAS DEL ESTACIONAMIENTO 3, TERCERA SECCIÓN.....	115
TABLA 3. 19 VALORES DE LAS ILUMINANCIAS DEL ESTACIONAMIENTO 3, CUARTA SECCIÓN	117
TABLA 3. 20 VALORES DE ILUMINANCIA PROMEDIO EN EL ESTACIONAMIENTO 2 DE LA E.S.I.M.E. UNIDAD ZACATENCO.	118
TABLA 3. 21 DIMENSIONES DEL ESTACIONAMIENTO 4 DE LA E.S.I.M.E. ZACATENCO	120

TABLA 3. 22 VALORES DE ILUMINANCIA DEL ESTACIONAMIENTO 4, PRIMERA SECCIÓN	123
TABLA 3. 23 VALORES DE LAS ILUMINANCIAS DEL ESTACIONAMIENTO 4, SEGUNDA SECCIÓN	125
TABLA 3. 24 VALORES DE ILUMINANCIAS DEL ESTACIONAMIENTO 4, TERCERA SECCIÓN.....	127
TABLA 3. 25 VALORES DE LAS ILUMINANCIAS DEL ESTACIONAMIENTO 4, CUARTA SECCIÓN	129
TABLA 3. 26 VALORES DE ILUMINANCIA PROMEDIO EN EL ESTACIONAMIENTO 4 DE LA E.S.I.M.E. UNIDAD ZACATENCO.	130
TABLA 3. 27 DIMENSIONES DEL ESTACIONAMIENTO 5 DE LA E.S.I.M.E. ZACATENCO	132
TABLA 3. 28 VALORES DE LAS ILUMINANCIAS DEL ESTACIONAMIENTO 5, PRIMERA SECCIÓN	135
TABLA 3. 29 VALORES DE ILUMINANCIAS DEL ESTACIONAMIENTO 5, SEGUNDA SECCIÓN	137
TABLA 3. 30 VALORES DE ILUMINANCIA DEL ESTACIONAMIENTO 5, TERCERA SECCIÓN	139
TABLA 3. 31 VALORES DE ILUMINANCIAS DEL ESTACIONAMIENTO 5, CUARTA SECCIÓN	141

Capítulo 4

TABLA 4. 1 PRECIOS UNITARIOS DE COSTOS.	250
TABLA 4. 2 PERIODO INTERMEDIO “PRIMER PERIODO”	252
TABLA 4. 3 PERIODO PUNTA “PRIMER PERIODO”	252
TABLA 4. 4 PERIODO BASE “PRIMER PERIODO”	252
TABLA 4. 5 PERIODO INTERMEDIO “SEGUNDO PERIODO”.	253
TABLA 4. 6 PERIODO PUNTA “SEGUNDO PERIODO”	253
TABLA 4. 7 PERIODO BASE “SEGUNDO PERIODO”	254
TABLA 4. 8 PERIODO INTERMEDIO “TERCER PERIODO”	255
TABLA 4. 9 PERIODO PUNTA “TERCER PERIODO”.	255
TABLA 4. 10 PERIODO BASE “TERCER PERIODO”.	255
TABLA 4. 11 CONSUMO DE HORAS TOTALES POR PERIODO.	256
TABLA 4. 12 TARIFAS SEGÚN EL PERIODO.	256
TABLA 4. 13 COSTO DE ENERGÍA “PERIODO INTERMEDIO”.	257
TABLA 4. 14 COSTO DE ENERGÍA “PERIODO PUNTA”.	258
TABLA 4. 15 COSTO DE ENERGÍA “PERIODO BASE”.	258
TABLA 4. 16 COMPARATIVA DE GASTOS EN CONSUMO ENERGÉTICO.....	259
TABLA 4. 17 COSTOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO LIMPIEZA.....	260
TABLA 4. 18 COSTOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELÉCTRICO “LUMINARIA DE ALTA DESCARGA.....	261
TABLA 4. 19 COSTOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELÉCTRICO “LUMINARIO LED”	262
TABLA 4. 20 COSTOS DE LA PODA DE ÁRBOLES.....	263
TABLA 4. 21 COSTO – BENEFICIO DE LA TECNÓLOGA LED Y LA INSTALADA ACTUALMENTE.....	264

Capítulo 5

TABLA 5. 1 EMISIONES DE CO2 A LA ATMOSFERA EN UNA CENTRAL TÉRMICA. RECUPERADO: HTTP://PROYECTODESCARTES.ORG/NEWTON-PROBLEMAS/MATERIALES_DIDACTICOS/ENERGIA_TERMICA- JS/PROBLEMA.PDF . [2015]	275
---	-----

Índice de Ecuaciones:

Capítulo 1

$Lux = Lumen/m^2$ (ECUACIÓN 1. 1).....	14
$E = Flujo luminoso/Unidad de superficie = \phi/S$ (ECUACIÓN 1. 2)	14
$1 lux = 1 lumen/1 m^2$ (ECUACIÓN 1. 3).....	16
$I = Energia de luz/Angulo Solido$ (ECUACIÓN 1. 4).....	18
$\eta = \phi/W$ (ECUACIÓN 1. 5).....	19

Capítulo 2

$IC = x(y)/h(x + y)$ ECUACIÓN 2. 1	51
DPEA = Carga Total Conectada para Alumbrado/Área total iluminada ECUACIÓN 2. 2.....	53
$S = (Lumenes luminario \times C. U. \times F. M.) / (E \times Ancho de Arroyo)$ ECUACIÓN 2. 3.....	63
$C. U. Total = C. U. L. CALLE + C. U. L. CASA$ ECUACIÓN 2. 4.....	65
$F. M = L. L. D. \times L. D. D$ ECUACIÓN 2. 5.....	67
$C. E. = P. consumida en kw \times Tarifa \$kw \times hr \times Horas de consumos hr$ ECUACIÓN 2. 6.....	75

Capítulo 3

$F. M. = 0.9 \times 0.69 = 0.621$ ECUACIÓN 3. 1.....	150
$E = Lumenes luminario \times C. U. \times F. M. S \times Ancho de Arroyo$ ECUACIÓN 3. 2.....	151
$F. M. = E \times S \times ALumenes luminario \times C. U.$ ECUACIÓN 3. 3	244
$L. D. D. = F. M. / L. L. D.$ ECUACIÓN 3. 4.....	244

Referencias

- 1) Enríquez Harper, Manual práctico de Alumbrado (2007), Editorial: Limusa S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores.
- 2) J. A Taboada, El manual de luminotecnia (2008), Editorial: Osram.
- 3) Illuminating Engineering Society (1947), N.Y., USA, Editorial: IES.
- 4) Hernández Ledesma David, Apuntes de Iluminación (2014).
- 5) Jhon P. Frier & Mary E. Gazley Frier, Sistemas de Iluminación Industriales, (1986), Editorial: Limusa.
- 6) Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades NOM-013-ENER-2013, Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos.
- 7) Norma Oficial Mexicana de Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Vialidades, NOM-013-ENER-2013.
- 8) Norma Oficial Mexicana de Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo, NOM-025-STPS-2008.
- 9) Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas (Utilización), NOM-001-SEDE-2012.
- 10) Catalogo de Luminarias para Aplicaciones Interiores y Exteriores, General Electric, (2013).