



**Análisis Costo-Beneficio Simplificado del Proyecto**

**ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LA 3ª ETAPA DE  
LA REHABILITACIÓN INTEGRAL SISTEMA DE  
ALUMBRADO PÚBLICO, LEÓN GTO.**

2019

ÍNDICE

<b>I. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>1</b>
<b>II. SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI .....</b>	<b>9</b>
A) DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	9
B) ANÁLISIS DE LA OFERTA EXISTENTE .....	17
C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL.....	26
D) INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA .....	28
<b>III. SITUACIÓN SIN EL PPI .....</b>	<b>35</b>
A) OPTIMIZACIONES .....	35
B) ANÁLISIS DE LA OFERTA .....	36
C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....	38
D) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	40
E) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....	49
<b>IV. SITUACIÓN CON EL PPI .....</b>	<b>55</b>
A) DESCRIPCIÓN GENERAL .....	55
B) ALINEACIÓN ESTRATÉGICA .....	58
C) LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	59
D) CALENDARIO DE ACTIVIDADES .....	61
E) MONTO TOTAL DE INVERSIÓN .....	62
F) FUENTES DE FINANCIAMIENTO.....	63
G) CAPACIDAD INSTALADA.....	63
H) METAS ANUALES Y TOTALES DE PRODUCCIÓN .....	64
I) VIDA ÚTIL.....	64
J) DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES.....	64
K) ANÁLISIS DE LA OFERTA .....	65
L) ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....	67
M) INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	69
<b>V. EVALUACIÓN DEL PPI .....</b>	<b>79</b>
A) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PPI .....	85
B) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PPI.....	91
C) CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD .....	101
D) ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	104
E) ANÁLISIS DE RIESGOS.....	111
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>112</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>113</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>114</b>

# Análisis Costo-Beneficio<sup>1</sup>

## 3ª ETAPA DE LA REHABILITACIÓN INTEGRAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO, LEÓN GTO.

### I. Resumen Ejecutivo

#### Problemática, objetivo y descripción del PPI

#### Objetivo del PPI

El programa de 3ª ETAPA DE LA REHABILITACIÓN INTEGRAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO, LEÓN GTO, tiene como principal objetivo el contribuir a consumo eficiente de energía eléctrica en el sistema de alumbrado público mediante la instalación de luminarias tipo LED, sustituyendo sistemas de vapor de sodio, lo cual permitirá al ayuntamiento reducir los altos costos de operación y mantenimiento del sistema de alumbrado público, disminuyendo sus gastos en pago de suministro de energía eléctrica, reduciendo los gastos en el mantenimiento de las luminarias y contribuyendo al aumento en la utilización de energías alternativas que sean sustentables.

Al mismo tiempo, el proyecto contribuirá al logro de los siguientes objetivos

- Dar cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM-013-Ener-2013 sobre eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades, ofreciendo una iluminancia adecuada

<sup>1</sup>Para facilitar la elaboración y presentación del análisis costo-beneficio y costo-beneficio simplificado, la Unidad de Inversiones de la SHCP pone a disposición de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal el presente formato, de conformidad con el numeral 23 de los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión

- Disminuir los costos de sistema de alumbrado público por concepto de consumo de energía eléctrica
- Disminuir los costos del sistema de alumbrado público por concepto de operación y mantenimiento
- Disminuir los riesgos de delitos nocturnos y accidentes por falta de iluminación (intangibles)

Problemática Identificada

Los gobiernos municipales son responsables de proveer el servicio de alumbrado público a la ciudadanía, como lo señala la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 115, fracción III, inciso b). Cumplir con esta responsabilidad impacta en el gasto corriente de los ayuntamientos, principalmente por el costo relacionado con el consumo de energía eléctrica, aunque también debido a los costos de operación y mantenimiento del sistema. Esto provoca problemas económicos para las finanzas públicas de los ayuntamientos y, consecuentemente, impacta en la calidad del servicio que se ofrece a la ciudadanía.

Por lo mismo, la prestación del servicio de alumbrado público exige un esfuerzo importante para el pago de la energía eléctrica a la Comisión Federal de Electricidad, pero también implica invertir recursos en el mantenimiento de la infraestructura actual, la cual es obsoleta y sin la eficiencia energética y sustentabilidad propias de las nuevas tecnologías, lo cual genera aumento en los costos de mantenimiento preventivo y correctivo.

De acuerdo a información del Municipio de León, en 2017 el 90% de luminarias correspondían a tecnología ineficientes, de alto consumo energético u obsoletas, y que se ha convertido en la principal causa de los altos costos relacionados con el servicio de alumbrado público, implicando una carga financiera a las administraciones municipales que parece insostenible en el mediano plazo.

Con la realización de la primera y segunda etapa de la rehabilitación del sistema de alumbrado público se atendieron las vialidades primarias de la ciudad de León durante 2017 y 2018. En la actualidad, al año 2019, el 100% de las vialidades secundarias cuentan con luminarias ineficientes.

En las 69 zonas en análisis, que corresponden a vialidades secundarias residenciales tipo A, se cuenta con 6,064 PDL de vapor de sodio de alta presión (VSAP) con un consumo anual de 4,899,148 kwh, lo que representa un monto de \$18.55 mdp pesos al año más IVA. Sumando los costos de energía y otros costos de mantenimiento, el costo por PDL (punto de luz) se estima en un costo social de \$3,811 pesos por año, el cual se considera alto dado que con otras tecnologías como la LED, podría reducirse en un 50%. Además, en términos de eficiencia energética las zonas en análisis utilizan para su iluminación un 37.5% más energía del máximo permitido por la NOM-013-Ener-2013, por lo que se incumple la normatividad.

Asimismo, dichas vialidades ofrecen una iluminancia de 62,273 Lux (promedio ponderado de 10.27 lux/PDL), en tanto que de acuerdo a los requerimientos mínimos establecidos en el proyecto ejecutivo se define una demanda de 104,970 lux (15.09 lux /PDL), presentándose un déficit de iluminación de 42,697 lux (4.82 lux/PDL) que representa un 69% de déficit de iluminación (62,273 /104,970 -1). Ubicándose en el mínimo establecido por la NOM-013-Ener-2013.

Considerando los altos costos que representa el alumbrado público y el déficit que se ostenta en términos de iluminancia se concluye que el problema central es un SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO DEFICIENTE PARA VIALIDADES SECUNDARIAS DEL MUNICIPIO DE LEÓN.

En el mismo sentido, se detectaron puntos de muy baja iluminancia por el crecimiento normal de los árboles obstruye la luminosidad, y la polución que opaca los cristales y grupo óptico de las luminarias que constituyen 3,638 PDL (60% del

total en análisis). Además, se generan fugas de energía por errores de apagado de 606 PDL, así como 177 ml de cableado en mal estado.

Asimismo, el mayor consumo de energía eléctrica implica mayores emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, afectando el medio ambiente. Se calcula que en la producción de cada watt emiten 0.527 kg<sup>2</sup> de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, lo que implica que los 6,064 PDL que operan actualmente, producen 2,581 ton de CO<sub>2</sub> al año, que podrían reducirse con el uso de otras tecnologías de alumbrado más eficientes.

Ante la problemática señalada, y considerando el panorama de recursos financieros insuficientes para hacer frente a los costos que genera al ayuntamiento proveer de alumbrado público, es necesario transitar hacia la instalación de un sistema de alumbrado moderno, sustentable y financieramente viable que garantice su funcionabilidad ante las necesidades actuales y futuras de la población, reduciendo sus costos de operación y mantenimiento.

Por otro lado, se reconoce que la falta de una iluminación adecuada en las vialidades puede incrementar riesgos de seguridad de los usuarios. Sin embargo, por la falta de datos contundentes que permitan valorar los beneficios, estos efectos se consideran intangibles.

### Breve descripción del PPI

Duran 2017 y 2018 se atendieron las vialidades primarias de la ciudad de León, con la ejecución de la primera y la segunda etapas de la rehabilitación del sistema de alumbrado público.

La 3ª ETAPA DE LA REHABILITACIÓN INTEGRAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO, LEÓN GTO en análisis comprende un total de 69 colonias del municipio de León, abarcando la

<sup>2</sup> [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso\\_Factor\\_de\\_Emisiones\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso_Factor_de_Emisiones_2018.pdf)

iluminación de las vialidades secundarias o vialidades interiores de la colonia.

La propuesta consiste en la sustitución de las 6,064 PDL actuales que son de vapor de sodio de alta presión (VSAP), además de agregar las 893 PDL faltantes para cumplir con las condiciones de iluminancia. En total se instalarán 6,957 PDL con tecnología LED (6,849 PDL de 74 w y 108 PDL de 120 w). Los trabajos de obra comprenden 628 postes, 354 mil ml de cableado, instalaciones eléctricas y componentes electrónicos.

### Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

Horizonte de Evaluación

El horizonte de evaluación se estimó en 21 años, 1 año de ejecución de la inversión más 20 años de vida útil de las luminarias.

Descripción de los principales costos del PPI

Entre los principales costos asociados al proyecto, se encuentran los que se enlistan a continuación:

**TABLA 1.** PRINCIPALES COSTOS DEL PPI (SIN IVA)

CONCEPTO	MONTO (PESOS)
	TOTAL
Inversión (año 0)	\$79,848,620.72
Costos de mantenimiento mayor del sistema de alumbrado LED (año 5 y 15)	\$1,115,518.97
Reinversiones de LED (año 10)	\$3,298,577.59
Costos por Molestias (año 0)	Intangible

**Fuente:** Información del Proyecto Ejecutivo

La inversión se registra en el año Cero, mientras que el resto de los costos son anuales (a menos que se indique lo contrario).

Descripción de los principales beneficios del PPI

Los beneficios que se podrán obtener gracias a la operación del proyecto son:

**TABLA 2.** PRINCIPALES BENEFICIOS DEL PPI

CONCEPTO	MONTO (PESOS)
	TOTAL
Ahorro de costos de operación y mantenimiento del sistema de alumbrado, incluyendo reducción de emisiones de CO2 (anual)	\$11,109,974.90
Mayor consumo de iluminación (anual)	\$6,447,478.95
Liberación de recursos por luminarias LED nuevas (año 20)	\$1,596,972.41
Liberación de recursos por luminarias actuales VSAP (año 1)	\$246,986.72
Reinversiones requeridas en la situación sin proyecto para VSAP (año 3, 4, 11 y 13)	\$12,349,336.00
Reducción del riesgo de incidencia delictiva y del riesgo de accidentes por falta de iluminación	Intangible
Mejora de la Imagen urbana	Intangible

**Fuente:** Elaboración propia con base en el resultado de la evaluación

Como se observa, se identificaron 2 beneficios que se consideran de efecto positivo, pero que no pudieron ser valorados, por lo que se consideran como intangibles, los cuales son:

- Disminución del riesgo de accidentes y disminución del riesgo de incidencia delictiva (o una mejor percepción de seguridad debido a una mejora en la iluminación)
- Recuperación de espacios públicos y mejora de la imagen urbana

Monto total de inversión

El programa tendrá el costo de inversión de \$92,624,400.04 pesos incluyendo IVA para el total de 69 zonas de intervención

(con IVA)

que se muestra a continuación:

**TABLA 3.** MONTO DE INVERSIÓN DEL PPI POR COMPONENTES

CONCEPTO	MONTO (PESOS 2019)
Luminarias LED 74 W	\$52,707,358.75
Luminarias LED 120 W	\$900,965.44
Postes	\$3,820,485.45
Componentes electrónicos y partes estructurales	\$21,544,265.82
Gastos Generales (planos eléctricos y registro georeferenciado)	\$875,545.26
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>\$79,848,620.72</b>
IVA	\$12,775,779.32
<b>TOTAL</b>	<b>\$92,624,400.04</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Proyecto Ejecutivo

Riesgos asociados al PPI

- Problemas técnicos en obra que ocasionen retrasos y sobrecostos.
- Fenómenos inflacionarios o macroeconómicos adversos.
- Retrasos debido a fenómenos meteorológicos.
- Problemas de operación por actos de rapiña.
- Problemas de operación por vandalismo.

### Indicadores de Rentabilidad del PPI

Se presenta el indicador de rentabilidad global de VIALIDADES Y SUPERPOSTES a continuación:

Valor Presente Neto (VPN)

\$81,129,178.52

Tasa Interna de Retorno (TIR)

23.52%<sup>3</sup>

Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)

22.30%<sup>3</sup>

El indicador para cada una de las zonas de intervención se presenta en el capítulo V y en el anexo H.

### Conclusión

Conclusión del Análisis del PPI

Como consecuencia de la realización del proyecto, se generarán ahorros en el consumo de Energía Eléctrica, además de que los habitantes en lo general, y los usuarios de sus vialidades en lo particular, podrán hacer uso de la infraestructura vial en mejores condiciones de seguridad. Por otro lado, el proyecto permitirá la recuperación de espacios públicos y contribuirá a mejorar la imagen urbana.

Con la realización del Análisis Costo-Beneficio, se concluye que el total de **69 colonias de intervención son rentables social y económicamente**, ya que su ejecución genera un **Valor Presente Neto (VPN) de \$81.13 millones de pesos (mdp)**, por lo que se recomienda su ejecución. Debido a que la TRI es mayor al 10%, se ha rebasado el momento óptimo de construcción, por lo que el proyecto debería de iniciarse a la brevedad.

Se estimaron indicadores de rentabilidad para cada colonia de forma independiente, los cuales presentan una rentabilidad positiva (se presentan en el capítulo V).

<sup>3</sup> La TIR y la TRI presentan una tasa superior a lo tradicionalmente esperado en un proyecto de inversión, esto se debe al alto grado de déficit de iluminación (69%) y el importante ahorro de costos que implican las nuevas tecnologías (50%).

## II. Situación Actual del PPI

### a) Diagnóstico de la Situación Actual

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE)<sup>4</sup> define alumbrado público de la siguiente manera:

<<Definición:

*El concepto de **alumbrado público** se refiere a un servicio que consiste en proveer la iluminación mínima necesaria en los **espacios públicos y vialidades**, de forma que se garantice la seguridad de peatones y vehículos.*

*Función:*

*La iluminación en vialidades y espacios públicos es una medida indispensable de seguridad, que se utiliza tanto para **prevenir accidentes** como para **impedir actos delictivos**. En ocasiones, el alumbrado público también es empleado con fines de ornamento.>>*

Con base en dicha definición, se entiende que es parte del sistema de alumbrado público la iluminación de los distintos espacios públicos como vialidades urbanas, incluyendo la iluminación puentes peatonales, explanadas, monumentos sobre la vía pública y pasos peatonales que se ubican dentro de los espacios públicos de las vialidades urbanas. Por lo tanto, el mercado en análisis corresponde al **servicio de alumbrado público en espacios públicos en vialidades secundarias**, particularmente en las vialidades interiores de las 69 colonias del municipio de León.

El programa de rehabilitación de alumbrado público obliga a realizar un análisis de las características de un sistema de alumbrado público. Si bien el alumbrado público es un servicio imprescindible para poder continuar con el actual estilo de vida, es importante considerar que éste representa un gasto muy elevado para la mayoría de las administraciones municipales, por lo que un sistema de iluminación pública bien diseñado puede no sólo satisfacer una necesidad social, sino que, al mismo tiempo, puede generar ahorros importantes para los gobiernos locales, y desde el punto de vista socioeconómico, importantes ahorros para el país.

Un sistema de alumbrado público bien diseñado debe emplear tecnología eficiente que

<sup>4</sup> <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/estados-y-municipios-alumbrado-publico>

cumpla con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, además de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para cada tipo de vialidad o área en general, consumiendo la menor cantidad de energía eléctrica posible.

En la mayoría de los municipios en el país, la tecnología con base en la cual operan los sistemas de alumbrado público datan de 1950, considerando que a partir de esa fecha se utilizan las primeras lámparas con mayor eficacia, mayor flujo luminoso, mayor vida útil y que operan bajo un principio basado en la descarga eléctrica de alta intensidad a través de un gas en alta presión y las cuales se incorporan en posición horizontal dentro de los primeros luminarios para alumbrado público vial totalmente autobalastados con conjuntos ópticos integrados por un reflector y un refractor, dando comienzo de esta forma a un largo recorrido tecnológico en la evolución de las diferentes lámparas y luminarios que se han utilizado para el alumbrado público vial en México, y prácticamente hasta inicios de la década de 2010.

Actualmente, en la mayoría de los sistemas de alumbrado público predominan las lámparas de vapor de sodio, tanto de alta como de baja presión. Recientemente se han venido incorporando sistemas de alumbrado público con base en lámparas de aditivo metálico, precursoras de un sistema más eficiente como lo son los sistemas de aditivo metálico cerámico. El problema es que esta tecnología se ha quedado en obsolescencia, motivo por el cual en algunas de las principales ciudades del país se están incorporando de forma gradual nuevas tecnologías de lámparas con modernos diseños de luminarios para alumbrado público vial, que se están instalando para reducir el consumo de energía eléctrica y mejorar su eficiencia energética, lo que a su vez está permitiendo mantener los niveles de iluminación requeridos en el alumbrado público vial.

El alumbrado público vial es un sistema de iluminación exterior utilizado para zonas públicas con tránsito vehicular y peatonal, el cual “debería” proporcionar una visión confortable, agudeza visual, rapidez de percepción y capacidad de visibilidad a los conductores y peatones que hacen uso de calles, calzadas, ejes viales, vías primarias, carreteras, bulevares y autopistas, además de puentes peatonales y corredores peatonales.

Dicha capacidad de iluminación se conoce como ILUMINANCIA, y se define como el flujo luminoso que recibe una superficie y se mide en LUX o lumens por centímetro cuadrado. Debido a que una mayor iluminancia implica la instalación de lámparas de mayor potencia y que, por ende, consumen más energía eléctrica, el costo por el servicio se incrementa. Esta es la razón por la que muchos municipios instalan luminarios de menor potencia,

incumpliendo la Norma Oficial Mexicana que regula la eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades (NOM-013-Ener-2013).

De acuerdo a la CONUEE, se presentan tecnologías de alumbrado público ineficientes o que representan altos costos por consumo de energía eléctrica, y por otro lado, tecnologías eficientes o de bajo consumo energético. Por ejemplo, una lámpara de Vapor de Sodio de 150 W puede ser sustituida por una de LED de 74 W, ofreciendo la misma iluminancia y mayor vida útil. De esta manera, con un cambio de tecnología se pueden presentar ahorros en consumos de energía.

**TABLA 4.** TECNOLOGÍAS EFICIENTES PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO DE ACUERDO A LA CONUEE

TECNOLOGÍA	EFICACIA PROMEDIO (LM/W)	VIDA ÚTIL PROMEDIO (HRS)
LED	85	50,000 – 150,000 (a)
Aditivos metálicos cerámicos	100	18,000 - 30,000 (b)
Vapor de sodio alta presión cerámico	100	22,000 - 36,000

**Fuente:** Conuee<sup>5</sup>. (a) La mediana es de 81 mil horas, dato considerado en este análisis.

Al 2017, sólo el 10% de las luminarias del municipio de León correspondía a tecnologías de bajo consumo energético. Al año 2019 se estima que se ha llegado al 50%, sin embargo, el 100% de las luminarias de las vialidades secundarias en análisis utilizan VSAP (Vapor de Sodio de Alta Presión). Esto implica **altos costos en la operación y mantenimiento del alumbrado público** en el municipio, lo cual representa una carga financiera importante para la administración pública.

Por otro lado, la eficiencia energética del alumbrado se mide en el número de watts utilizados para iluminar un m<sup>2</sup> de espacio público, y la NOM-013-ENER-2013 establece un parámetro MÁXIMO de Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA) 0.64 w/m<sup>2</sup> para vialidades secundarias, de manera que si se utilizan más w de lo establecido, el sistema es ineficiente. En esta caso, las **zonas en análisis presentan un DPEA de 0.88 w/m<sup>2</sup>, de forma que se incumple la norma y se rebasa en un 37.5%.**

<sup>5</sup>[www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/estados-y-municipios-tecnologia-eficiente-para-el-alumbrado-publico?state=published](http://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/estados-y-municipios-tecnologia-eficiente-para-el-alumbrado-publico?state=published), noviembre 2018.

La ciudad de León de los Aldama es parte de una zona metropolitana que concentra el 36% de la población del estado, y representa la séptima urbe más poblada del país, con todos los beneficios y grandes desigualdades que esto provoca. Considerando que la necesidad de servicios públicos aumenta con el crecimiento de su población, al ser un municipio que registra altas tasas de inmigración.

A efecto de determinar las acciones a ejecutar, la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León, cumpliendo con sus atribuciones, definió las vialidades secundarias y espacios prioritarios a atender, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Se validaron las colonias, verificando la existencia de infraestructura que permita agilizar las labores de modernización.
- Se analizó la factibilidad administrativa, basado en cuestiones logísticas y operativas, para el levantamiento de datos y ejecución de las obras de modernización.

El área de estudio comprende 69 colonias ubicadas en el municipio de León, que se agrupa en 13 áreas administrativas. Sin embargo, el análisis se realizará a nivel colonia.

**TABLA 5. COLONIAS EN ANÁLISIS**

CLAVE	ÁREA	COLONIA	PDL
A01-01	Área 01	Presidentes de México	149
A01-02		Benito Juárez	88
A01-03		Unidad Deportiva II	115
A02-04	Área 02	Ampliación León I	79
A02-05		Prado Hermoso	90
A03-06	Área 03	Paseos del Molino	262
A03-07		Agua Azul	206
A03-08		Agua Azul III	33
A03-09		Brisas del Carmen	160
A03-10		Brisas de San Nicolás	74
A03-11		Villas de Nuestra Señora de la Luz, secciones II y III	296
A04-12	Área 04	San Francisco	49
A05-13	Área 05	La Brisa	99
A05-14		San Agustín	91
A05-15		El Retiro	116
A05-16		Popular Anaya	86

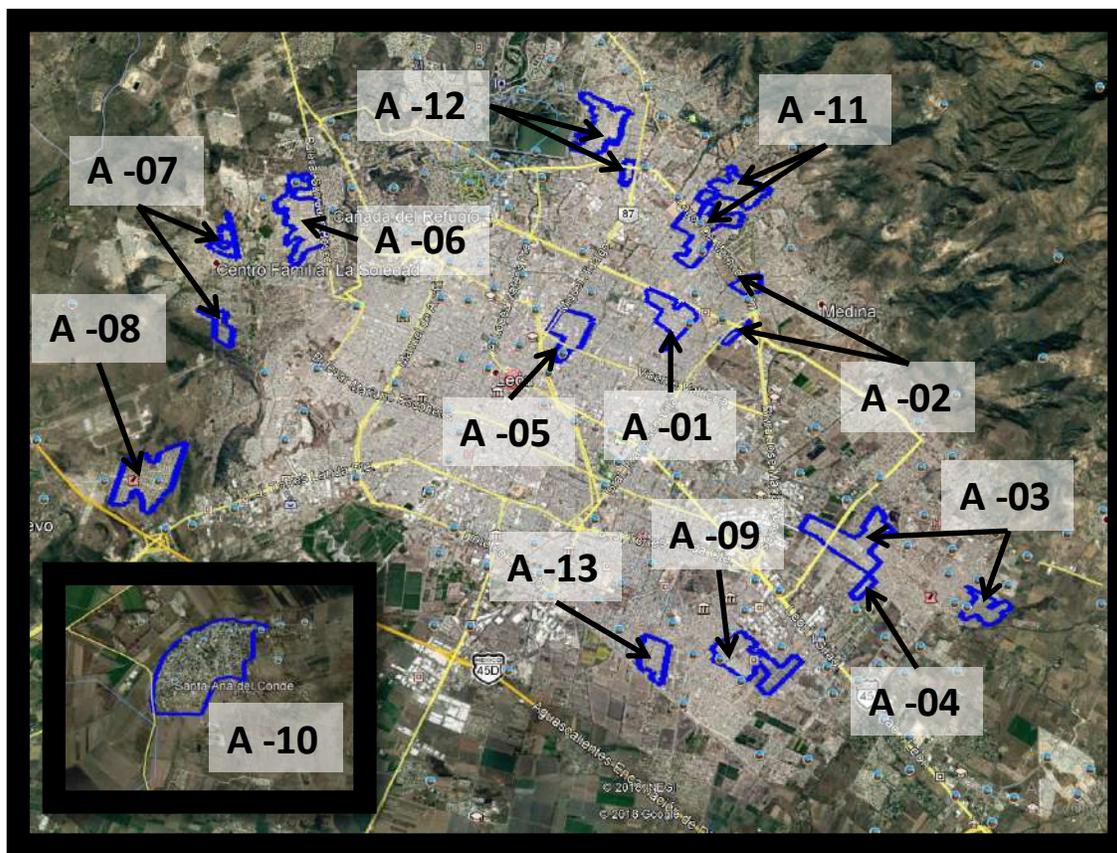
CLAVE	ÁREA	COLONIA	PDL
A06-17	Área 06	La Ermita	213
A06-18		Fraccionamiento Lomas del Mirador	9
A06-19		Lomas del Mirador	168
A06-20		Paseos del Country	103
A06-21		Colinas de la Fragua	76
A06-22		Observatorio dos	118
A07-23	Área 07	Sinarquistas	154
A07-24		Convive	102
A07-25		Colinas la Hacienda	52
A07-26		La Fragua	46
A08-27	Área 08	Jacinto López (Incluye Periodistas mexicanos)	374
A09-28	Área 09	Valle Real I	135
A09-29		Valle Real II	61
A09-30		Real de Jerez	38
A09-31		Real Delta	131
A09-32		Delta Dosmil	119
A09-33		Paseos de la Castellana	88
A09-34		Mezquital 2000	67
A09-35		Valle de Maguey	47
A10-36	Área 10	Comunidad Santa Ana del Conde	85
A10-37		Comunidad Benito Juárez	54
A10-38		Comunidad Miguel Hidalgo	55
A11-39	Área 11	Valle de Señora II	28
A11-40		San José del Consuelo II	117
A11-41		Real de San José	33
A11-42		C H. San José	14
A11-43		Misión de San José	63
A11-44		Los Manantiales	62
A11-45		Habitacional Coecillo	57
A11-46		Los Murales I	59
A11-47		Los Murales II	38
A11-48		El Condado	106
A11-49		El Consuelo	32
A11-50		Valle del Consuelo II	10
A11-51		El Valladolid (Incluye Col. Antenas de Arriba)	47
A11-52		Las Presitas del Consuelo	33
A11-53		Las Presitas I	20
A11-54		Las Presitas II	3
A11-55		Lomas de Presitas	15
A11-56		8 de Marzo (Incluye Col. San Nicolás de los Reyes)	44
A11-57		San Pablo	75
A12-58		Área 12	Ciudad Aurora
A12-59	Ribera de la Presa		124
A12-60	Privada Echeveste		14
A12-61	Canteritas de Echeveste		32
A12-62	Echeveste dos mil		43
A12-63	Jardines de Echeveste		60

CLAVE	ÁREA	COLONIA	PDL
A12-64		Ribera de la Presa Country	47
A12-65		Valle Hermoso II, III Y IV	126
A12-66		Valle Hermoso I y V	45
A12-67		San Nicolás del Palote I y II	30
A13-68	Área 13	La Moreña	111
A13-69		Villas de León	155
		<b>TOTAL</b>	<b>6,064</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Proyecto Ejecutivo

La ubicación de dichas colonias se puede observar en la siguiente imagen.

**Figura 1. UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO**

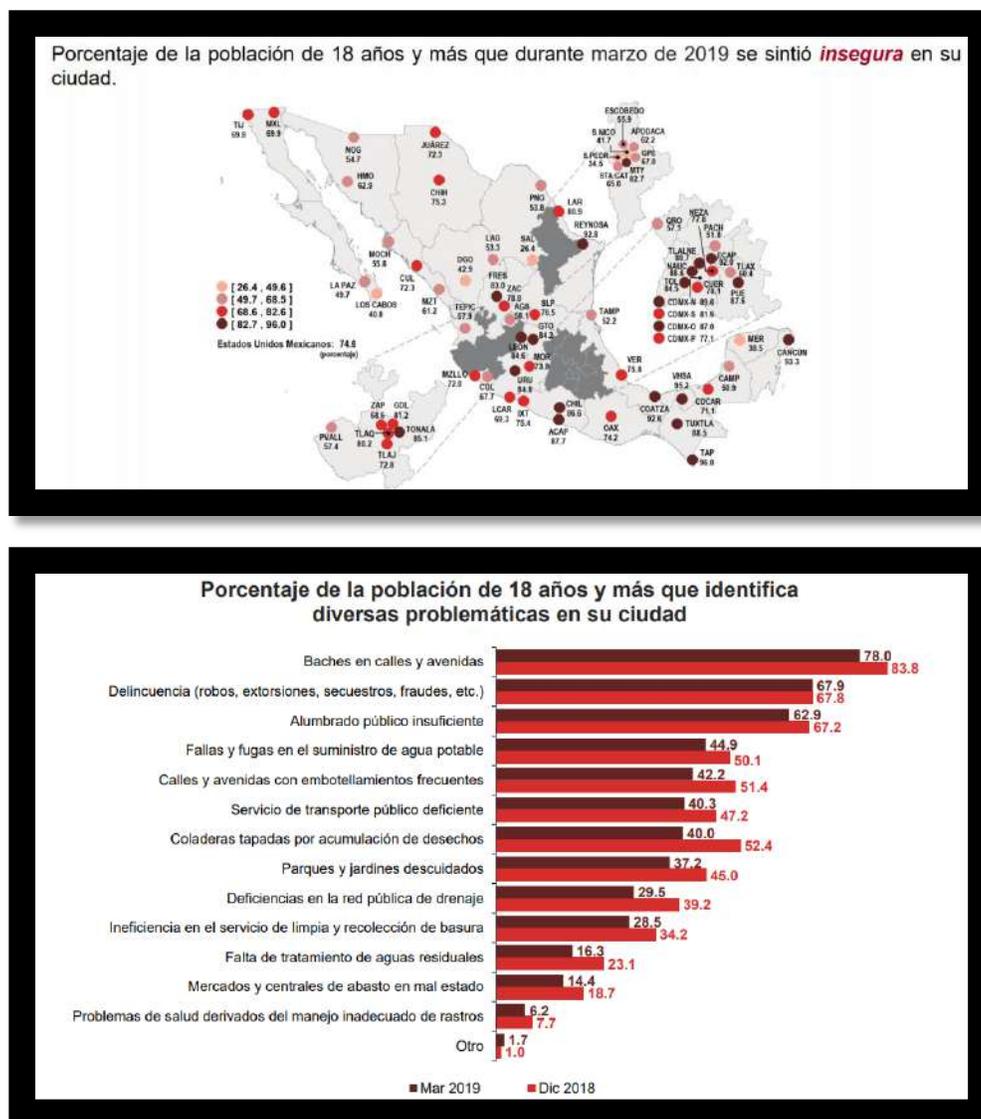


Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth y proyecto ejecutivo

Por otro lado, la contribución de un eficiente sistema de alumbrado público como elemento que permite reducir riesgos de seguridad pública y de seguridad de operación

de los usuarios de vialidades. Este punto no es irrelevante considerando que la ciudad de León está considerada como entre las 17 ciudades del país donde más del 82% de los habitantes mayores de edad perciben inseguridad en la zona urbana<sup>6</sup>. Además, que más del 67.9% de los habitantes mayores de edad manifestaron que el **3er principal problema en las ciudades es la falta de alumbrado público**, por debajo de baches y delincuencia.

**Figura 2. PRINCIPAL PROBLEMÁTICA EN LAS CIUDADES**



**Fuente:** Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana, 1trim 2019, Inegi.

<sup>6</sup> Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana, 1trim 2019, Inegi.

En este sentido, el problema central es un **SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO DEFICIENTE PARA VIALIDADES SECUNDARIAS DEL MUNICIPIO DE LEÓN**, que implica principalmente como efectos:

- Altos costos del servicio de alumbrado público
  - El 50% de las luminarias del municipio y 100% de las luminarias de vialidades secundarias son de tecnologías de alto consumo energético
  - En las colonias en análisis se cuenta con 6,064 PDL con un consumo anual de 4,899,148 kwh, lo que representa un costo de energía \$18.55 mdp pesos al año más IVA.
  - En las zonas en análisis presentan un DPEA de 0.88 w/m<sup>2</sup>, superior al máximo establecido en la normatividad de 0.64 w/me, de forma que se incumple la NOM-013-Ener-2013 en un 37.5%. Y se concluye que el sistema de VSAP es ineficiente.
  - Sumando los costos de energía y otros costos de mantenimiento, el costo social por PDL se estima en \$ 3,811 pesos por año, el cual se considera alto dado que con otras tecnologías como la LED, podría reducirse en un 50%.
  - Errores de apagado en 606 PDL y cableado en muy mal estado en 177,122 ml, lo que provoca pérdidas de energía estimadas en 18% de acuerdo a la Dirección de Mantenimiento Urbano de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León.
- Bajos niveles de iluminación de espacios públicos
  - Las zonas en estudio ofrecen una iluminancia de 62,273 Lux (promedio ponderado de 10.27 lux/PDL), en tanto que de acuerdo a los requerimientos mínimos establecidos por la NOM-013-ENER-2013 y el proyecto ejecutivo se define una demanda de 104,970 lux (15.09 lux /PDL), presentándose un déficit de iluminación de 42,697 lux (4.82 lux/PDL).
  - En el 60% de la infraestructura actual de alumbrado público en análisis presenta baja iluminación derivado de 2 factores, a) los árboles obstruyen los luminarios o su flujo luminoso; b) la polución opaca los cristales y el grupo óptico de las luminarias.
- Mayores emisiones de CO<sub>2</sub> por el uso de tecnologías de alto consumo energético
  - Se calcula que en la producción de cada watt emiten 0.527 kg<sup>7</sup> de CO<sub>2</sub> a la

---

<sup>7</sup> [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso\\_Factor\\_de\\_Emisiones\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso_Factor_de_Emisiones_2018.pdf)

atmósfera, afectando el medio ambiente.

- En la zona en análisis, la energía requerida para los 6,064 PDL de vapor de sodio de alta presión generan 2,581 toneladas al año de CO<sub>2</sub>, las cuales podrían reducirse en un 50% con el uso de otras tecnologías.

Considerando los altos costos que representan el alumbrado público y el déficit de que se presenta en términos de iluminancia se concluye que el problema central es un SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO DEFICIENTE EN LAS ZONAS EN ANÁLISIS.

Ante el escenario anteriormente descrito, es necesario un esfuerzo del gobierno municipal a fin de resolver la problemática y transitar hacia la instalación de un sistema de alumbrado moderno, sustentable y financieramente viable que garantice su funcionalidad ante las necesidades actuales y futuras de la población, reduciendo sus costos de operación y mantenimiento.

## b) Análisis de la Oferta Existente

Los actuales sistemas de alumbrado público utilizan lámparas de alto consumo energético, y que generalmente son lámparas de vapor de sodio de alta presión.

Sin embargo, en el caso de la modernización de alumbrado público, la oferta no se limita a la cantidad y calidad de las luminarias utilizadas, debido a que existe una Norma Oficial Mexicana de eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades. Dicha norma hace referencia a la unidad que en temas de iluminación se conoce como Lux (lx).

La luz es una forma de energía y, como tal, debería medirse en Joules (J) en el Sistema Internacional de medidas; no obstante, dado que no toda la luz emitida por una fuente produce sensación luminosa, ni toda la energía que consume se convierte en luz, para cuantificar la radiación a la que es sensible el ojo humano es necesario definir nuevas magnitudes y sus unidades de medida.

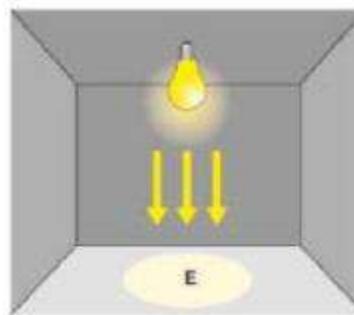
- Flujo luminoso (F), su unidad de medida es el lumen (lm).
- Intensidad Luminosa (I), su unidad es la candela (cd).
- **Iluminancia (E), su unidad de medida es el lux (lx).**
- Luminancia (L), su unidad es candela/m<sup>2</sup> (cd/m<sup>2</sup>).

- Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa ( $\eta$ ), su unidad de medida es lumen/watio (lm/watt).

Debido a que la norma que se debe cumplir en materia de alumbrado público es la NOM-013-Ener-2013 sobre eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades, se debe analizar el impacto que produce un haz luminoso sobre una determinada superficie, y por definición, sabemos que:

**ILUMINANCIA (E):** Es el flujo luminoso recibido por una superficie

**Figura 3.** ILUSTRACIÓN SOBRE EL CONCEPTO DE ILUMINANCIA



Fuente: [www.iguzzini.es](http://www.iguzzini.es)

La unidad de medida es el lux (lx), la cual es el resultado del cociente entre lúmenes (flujo luminoso en lm) por unidad de superficie ( $m^2$ ), de manera que:

$$lx = \frac{lm}{m^2} = \frac{lumen}{superficie}$$

**Figura 4.** CONCEPTO DE ILUMINANCIA



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>

Por lo tanto, la eficiencia de un sistema de alumbrado público dependerá de la capacidad para iluminar una superficie de rodamiento, en el caso de las vialidades, o de caminamientos, en el caso de banquetas o andadores y puentes peatonales, así como de

la capacidad de la superficie sobre la que se proyecta el haz luminoso para absorber o reflejar la luz. Al respecto, sabemos que los cuerpos claros reflejan la luz, mientras que los cuerpos oscuros la absorben.

Esto cobra relevancia debido a que las vialidades de las zonas urbanas o tienen una superficie de rodamiento oscura, como en el caso de las vialidades construidas con asfalto, o una superficie clara, como en el caso de las vialidades construidas con concreto hidráulico. En este sentido, la NOM-013-Ener-2013 establece características de diferentes superficies de rodamiento, pero para el caso que nos ocupa, en el área de análisis sólo se distinguen dos tipos de superficie, r1 y r2, las cuales son definidas en la Norma como:

**r1:** Superficie de concreto, cemento portland, superficie de asfalto difuso con un mínimo de 15% de agregados brillantes artificiales. Coeficiente de iluminancia media 0,10.

**r2:** Superficie de asfalto con un agregado compuesto de un mínimo de 60% de grava de tamaño mayor que 10 mm. Superficie de asfalto con 10 a 15% de abrillantador artificial en la mezcla agregada. Coeficiente de iluminancia media 0.07.

Básicamente, r1 sería una superficie de concreto hidráulico, mientras que r2 sería una superficie de asfalto, para las que la Norma marca los siguientes parámetros:

**TABLA 6.** RANGOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA POR TIPO DE VIALIDAD EN SUPERFICIE R1

CLASIFICACIÓN DE VIALIDAD	ILUMINANCIA MÍNIMA PROMEDIO (lx) RELACION DE UNIFORMIDAD PROMEDIO MÁXIMA $E_{norm}/E_{min}$	DPEA (W/m <sup>2</sup> )				
		ANCHO DE VIALIDAD (m)				
		< 9.0	≥ 9.0 y < 10.5	≥ 10.5 y < 12.0	≥ 12.0	
Autopistas y carreteras	4	3 a 1	0.32	0.028	0.26	0.23
Vías de acceso controlado y vías rápidas	10	3 a 1	0.71	0.66	0.61	0.56
Vías rápidas y ejes viales	12	3 a 1	0.86	0.81	0.74	0.69
Vías primarias y colectoras	8	4 a 1	0.56	0.52	48	0.44
Vías secundarias residencial tipo A	6	6 a 1	0.41	0.38	0.35	0.31
Vías secundarias residencial tipo B	5	6 a 1	0.35	0.33	0.3	0.28
Vías secundarias residencial tipo C	3	6 a 1	0.26	0.23	0.19	0.17

Fuente: NOM-013-Ener-2013

DPEA significa Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado y se expresa en unidades de potencia (watts) por unidad de área (m<sup>2</sup>).

**TABLA 7.** RANGOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA POR TIPO DE VIALIDAD EN SUPERFICIE R2

CLASIFICACIÓN DE VIALIDAD	ILUMINANCIA MÍNIMA PROMEDIO (lx) RELACION DE UNIFORMIDAD PROMEDIO MÁXIMA $E_{norm}/E_{min}$	DPEA (W/m <sup>2</sup> )				
		ANCHO DE VIALIDAD (m)				
		< 9.0	≥ 9.0 y < 10.5	≥ 10.5 y < 12.0	≥ 12.0	
Autopistas y carreteras	6	3 a 1	0.41	0.38	0.35	0.31
Vías de acceso controlado y vías rápidas	14	3 a 1	1.01	0.95	0.86	0.81
Vías rápidas y ejes viales	17	3 a 1	1.17	1.12	1.03	0.97
Vías primarias y colectoras	12	4 a 1	0.86	0.81	0.74	0.69
Vías secundarias residencial tipo A	9	6 a 1	0.64	0.59	0.54	0.2
Vías secundarias residencial tipo B	7	6 a 1	0.49	0.45	0.42	0.37
Vías secundarias residencial tipo C	4	6 a 1	0.32	0.28	0.26	0.23

Fuente: NOM-013-Ener-2013

Con base en lo anterior, las condiciones de oferta se expresarán en Lux, mientras que, de ahora en adelante, nos referiremos a las lámparas o luminarias con el nombre Puntos de

Luz (PDL). El análisis se centrará en determinar los Lux emitidos por cada PDL, y debido a que las vialidades de la zona de estudio entran en la categoría de <<**vialidades residenciales tipo A**>>, para estar en cumplimiento de la norma la iluminancia debe ser de al menos 9 Lux para el caso de vialidades tipo R2.

De los Datos Generales que deben ser tomados en consideración para efectos de evaluación, se estima que en la Situación Actual las luminarias operan los 365 días del año durante un promedio de 11 horas con 4 min al día (11.07 horas diarias). El horario de operaciones es de 11 horas con 51 minutos en verano (de 18:54 a 6:45) y de 10 horas con 24 minutos en invierno (de 20:33 a 06:57), lo cual representa un promedio anual de 11.07 horas de operación.

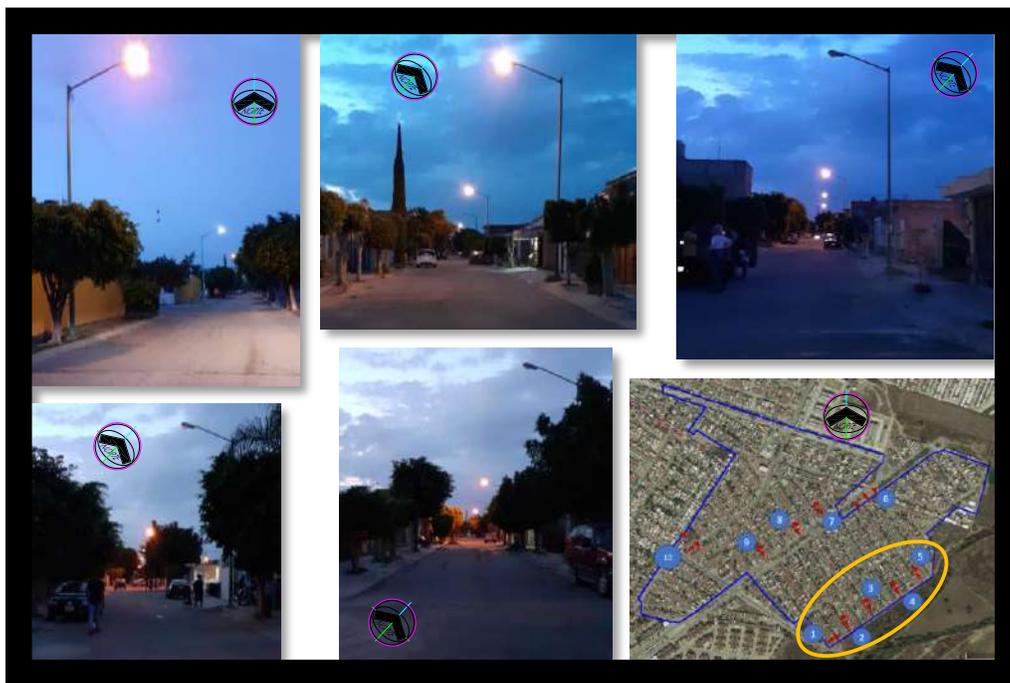
De acuerdo a la Dirección de Mantenimiento Urbano de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León, se considera que en total la situación actual presenta pérdidas del 33% =  $((1.13 \times 1.18) - 1)$  integrada por 2 condiciones:

- a) Los balastos de las lámparas de VSAP consumen 13% adicional a la potencia de la lámpara, y
- b) Pérdidas en el sistema del 18% sobre la potencia instalada, derivado de que 606 luminarias presenta problemas de apagado, lo que provoca que trabaje durante más horas de lo requerido y las malas condiciones del cableado actual. Así como la mala condición del cableado.

Las luminarias en el área en análisis son el tipo tradicional de alumbrado público, luminarias montadas sobre un poste que normalmente cuenta con uno o dos brazos, las cuales se encuentra el 40% se encuentran en condiciones malas y el 60% en condiciones regulares. La mayoría del pavimento es asfáltico, y aunque en algunas partes es hidráulico, la mayoría cuenta con una carpeta superior de asfalto.

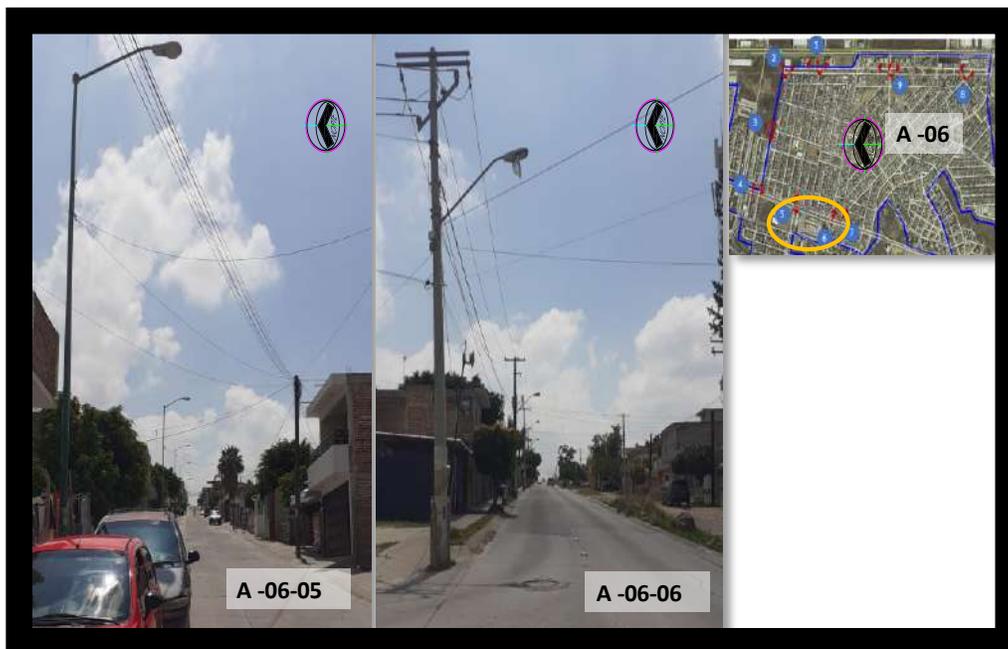
En las siguientes fotografías se pueden observar luminarias con error de encendido de vapor de sodio de alta presión en vialidades interiores de 2 carriles.

**Figura 5.** LUMINARIA DE VSAP EN ÁREA 03 VILLAS DE NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ, SECCIONES II Y III



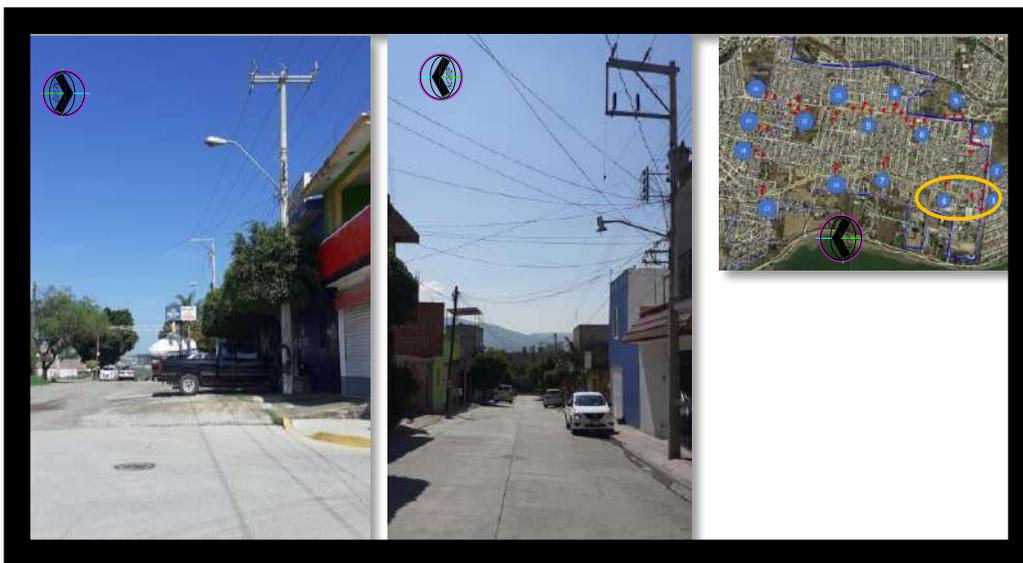
**Fuente:** Reporte Fotográfico de Proyecto Ejecutivo  
Vialidad Tajo de Sta Ana Coordenadas (Inicio 21.091055, -101.579591) y (fin 21.092576, -101.577252)

**Figura 6.** LUMINARIA DE VSAP EN ÁREA 06 LOMAS DEL MIRADOR



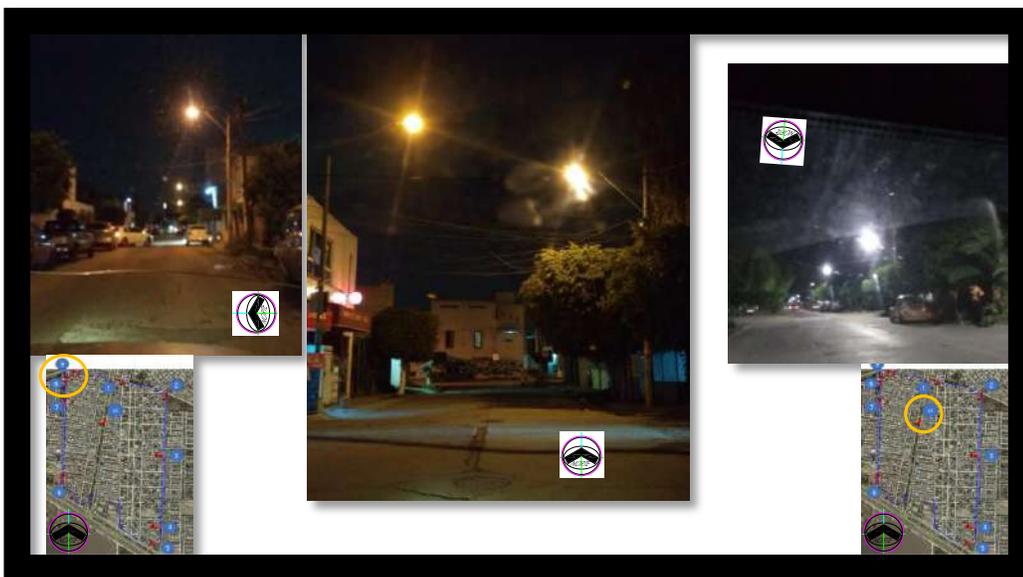
**Fuente:** Reporte Fotográfico de Proyecto Ejecutivo  
Coordenadas A-06-06 (21.151357, -101.736199) y A-06-05 (21.154773, -101.736310)

**Figura 7. LUMINARIA DE VSAP EN ÁREA 12 RIBERA DE LA PRESA**



**Fuente:** Reporte Fotográfico de Proyecto Ejecutivo  
Vialidad Paseo de la Presa A12-01 (21.174970, -101.676214) y A12-04 (21.176683, -101.675665)

**Figura 8. LUMINARIA DE VSAP EN ÁREA 13 LA MOREÑA**



**Fuente:** Reporte Fotográfico de Proyecto Ejecutivo  
A13-08 (21.078869, -101.646766), A13-09 (21.079698, -101.646672) y A13-10 (21.077440, -101.644779)

De acuerdo al diagnóstico realizado por la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León, el inventario físico de las luminarias en vialidades y su potencia se aprecian a continuación. Las vialidades comprende superficie de asfalto, con 2 carriles de 3.5 m cada uno, de manera que el ancho de vía corresponde a 7 m, por lo que corresponden a la clasificación de vialidades secundarias.

**TABLA 8.** CARACTERÍSTICAS DE LA OFERTA EN LA SITUACIÓN ACTUAL

CLAVE	COLONIA	PDL	PDL FALTANTES	POTENCIA (W)	ANCHO DE VÍA (m)	TIPO LUM	OFERTA (LUX PROMEDIO POR PDL)
A01-01	Presidentes de México	149	22	150	7	VSAP	9
A01-02	Benito Juárez	88	13	150	7	VSAP	9
A01-03	Unidad Deportiva II	115	17	150	7	VSAP	10.1
A02-04	Ampliación León I	79	12	150	7	VSAP	10.1
A02-05	Prado Hermoso	90	14	150	7	VSAP	10.8
A03-06	Paseos del Molino	262	39	150	7	VSAP	10.8
A03-07	Agua Azul	206	31	150	7	VSAP	10.1
A03-08	Agua Azul III	33	5	150	7	VSAP	10.1
A03-09	Brisas del Carmen	160	24	150	7	VSAP	10.1
A03-10	Brisas de San Nicolás	74	10	150	7	VSAP	10.8
A03-11	Villas de Nuestra Señora de la Luz, secciones II y III	296	44	150	7	VSAP	10.8
A04-12	San Francisco	49	7	150	7	VSAP	9
A05-13	La Brisa	99	15	150	7	VSAP	10.1
A05-14	San Agustín	91	14	150	7	VSAP	10.1
A05-15	El Retiro	116	17	150	7	VSAP	10.1
A05-16	Popular Anaya	86	13	150	7	VSAP	10.1
A06-17	La Ermita	213	32	150	7	VSAP	10.1
A06-18	Fraccionamiento Lomas del Mirador	9	-	150	7	VSAP	10.8
A06-19	Lomas del Mirador	168	25	150	7	VSAP	10.8
A06-20	Paseos del Country	103	15	150	7	VSAP	10.8
A06-21	Colinas de la Fragua	76	10	150	7	VSAP	10.8
A06-22	Observatorio dos	118	14	150	7	VSAP	10.1
A07-23	Sinarquistas	154	23	150	7	VSAP	9
A07-24	Convive	102	15	150	7	VSAP	9
A07-25	Colinas la Hacienda	52	8	150	7	VSAP	9
A07-26	La Fragua	46	7	150	7	VSAP	10.1
A08-27	Jacinto López (Incluye Periodistas mexicanos)	374	56	150	7	VSAP	9
A09-28	Valle Real I	135	20	150	7	VSAP	10.8
A09-29	Valle Real II	61	8	150	7	VSAP	10.8
A09-30	Real de Jerez	38	6	150	7	VSAP	10.1
A09-31	Real Delta	131	12	150	7	VSAP	10.8
A09-32	Delta Dosmil	119	18	150	7	VSAP	11.4
A09-33	Paseos de la Castellana	88	13	150	7	VSAP	10.8
A09-34	Mezquital 2000	67	10	150	7	VSAP	10.8

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

CLAVE	COLONIA	PDL	PDL FALTANTES	POTENCIA (W)	ANCHO DE VÍA (m)	TIPO LUM	OFERTA (LUX PROMEDIO POR PDL)
A09-35	Valle de Maguey	47	7	150	7	VSAP	10.8
A10-36	Comunidad Santa Ana del Conde	85	13	150	7	VSAP	9
A10-37	Comunidad Benito Juárez	54	8	150	7	VSAP	9
A10-38	Comunidad Miguel Hidalgo	55	8	150	7	VSAP	9
A11-39	Valle de Señora II	28	4	150	7	VSAP	11.4
A11-40	San José del Consuelo II	117	18	150	7	VSAP	10.8
A11-41	Real de San José	33	5	150	7	VSAP	11.4
A11-42	C H. San José	14	2	150	7	VSAP	11.4
A11-43	Misión de San José	63	9	150	7	VSAP	10.8
A11-44	Los Manantiales	62	9	150	7	VSAP	10.8
A11-45	Habitacional Coecillo	57	9	150	7	VSAP	10.8
A11-46	Los Murales I	59	9	150	7	VSAP	11.4
A11-47	Los Murales II	38	6	150	7	VSAP	11.4
A11-48	El Condado	106	16	150	7	VSAP	10.8
A11-49	El Consuelo	32	5	150	7	VSAP	10.8
A11-50	Valle del Consuelo II	10	2	150	7	VSAP	10.1
A11-51	El Valladito (Incluye Col. Antenas de Arriba)	47	7	150	7	VSAP	10.1
A11-52	Las Presitas del Consuelo	33	5	150	7	VSAP	10.1
A11-53	Las Presitas I	20	3	150	7	VSAP	10.8
A11-54	Las Presitas II	3	-	150	7	VSAP	10.8
A11-55	Lomas de Presitas	15	2	150	7	VSAP	10.1
A11-56	8 de Marzo (Incluye Col. San Nicolás de los Reyes)	44	7	150	7	VSAP	10.1
A11-57	San Pablo	75	11	150	7	VSAP	10.8
A12-58	Ciudad Aurora	133	20	150	7	VSAP	10.8
A12-59	Ribera de la Presa	124	19	150	7	VSAP	10.8
A12-60	Privada Echeveste	14	2	150	7	VSAP	11.4
A12-61	Canteritas de Echeveste	32	5	150	7	VSAP	10.8
A12-62	Echeveste dos mil	43	6	150	7	VSAP	10.8
A12-63	Jardines de Echeveste	60	9	150	7	VSAP	10.8
A12-64	Ribera de la Presa Country	47	7	150	7	VSAP	9
A12-65	Valle Hermoso II, III Y IV	126	19	150	7	VSAP	10.1
A12-66	Valle Hermoso I y V	45	7	150	7	VSAP	10.1
A12-67	San Nicolás del Palote I y II	30	5	150	7	VSAP	10.1
A13-68	La Moreña	111	17	150	7	VSAP	10.8
A13-69	Villas de León	155	23	150	7	VSAP	10.8
	<b>TOTAL</b>	<b>6,064</b>	<b>893</b>	<b>150*</b>	<b>7</b>	<b>VSAP</b>	<b>10.27*</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León  
\*Valores Promedio

Como ya se comentó, la Norma Oficial Mexicana que establece las condiciones de operación de los sistemas de alumbrado público se basa en los LUX que producen los PDL

(punto de luz). En este sentido, se cuenta con 6,064 PDL que en promedio ofrecen 10.27 lux, o un total de 62,273 lux. Asimismo, 1,209 PDL (20%) están en el mínimo de 9 establecido por la NOM, de forma que en 2 años ya se ubicarán por debajo del mínimo requerido.

### c) Análisis de la Demanda Actual

La demanda de alumbrado público en las vialidades en análisis está determinada de acuerdo al diseño del proyecto ejecutivo, considerando las características físicas de la vialidad, a la vez de respetar la Norma Oficial Mexicana NOM-013-Ener-2013 que establece la cantidad de iluminación o iluminancia mínima que debe existir en vialidades de este tipo, por lo que la iluminancia debe ser de mínimo de 9 Lux.

Asimismo, el número de PDL requeridos fue estimado por especialistas técnicos con base al proyecto ejecutivo. La estimación de la demanda de Lux y PDL se realizó conforme al proyecto ejecutivo, estimando un total de 6,957 PDL y un promedio de 15.09 lux.

**TABLA 9.** DEMANDAD DE PDL E ILUMINANCIA EN LUX EN LA SITUACIÓN ACTUAL

CLAVE	DEMANDA	
	PDL	LUX (PROMEDIO POR PDL)
A01-01	171	13.20
A01-02	101	13.20
A01-03	132	14.80
A02-04	91	14.80
A02-05	104	15.90
A03-06	301	15.90
A03-07	237	14.80
A03-08	38	14.80
A03-09	184	14.80
A03-10	84	15.90
A03-11	340	15.90
A04-12	56	13.20
A05-13	114	14.80
A05-14	105	14.80
A05-15	133	14.80
A05-16	99	14.80
A06-17	245	14.80
A06-18	9	15.90
A06-19	193	15.90
A06-20	118	15.90

CLAVE	DEMANDA	
	PDL	LUX (PROMEDIO POR PDL)
A06-21	86	15.90
A06-22	132	14.80
A07-23	177	13.20
A07-24	117	13.20
A07-25	60	13.20
A07-26	53	14.80
A08-27	430	13.20
A09-28	155	15.90
A09-29	69	15.90
A09-30	44	14.80
A09-31	143	15.90
A09-32	137	16.80
A09-33	101	15.90
A09-34	77	15.90
A09-35	54	15.90
A10-36	98	13.20
A10-37	62	13.20
A10-38	63	13.20
A11-39	32	16.80
A11-40	135	15.90
A11-41	38	16.80
A11-42	16	16.80
A11-43	72	15.90
A11-44	71	15.90
A11-45	66	15.90
A11-46	68	16.80
A11-47	44	16.80
A11-48	122	15.90
A11-49	37	15.90
A11-50	12	14.80
A11-51	54	14.80
A11-52	38	14.80
A11-53	23	15.90
A11-54	3	15.90
A11-55	17	14.80
A11-56	51	14.80
A11-57	86	15.90
A12-58	153	15.90
A12-59	143	15.90
A12-60	16	16.80
A12-61	37	15.90
A12-62	49	15.90

CLAVE	DEMANDA	
	PDL	LUX (PROMEDIO POR PDL)
A12-63	69	15.90
A12-64	54	13.20
A12-65	145	14.80
A12-66	52	14.80
A12-67	35	14.80
A13-68	128	15.90
A13-69	178	15.90
<b>TOTAL</b>	<b>6957</b>	<b>15.09*</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León  
\*Valores Promedio Ponderado por PDL

## d) Interacción de la Oferta-Demanda

A continuación, se aprecia la interacción Oferta-Demanda tanto del número de puntos de luz como de iluminancia en la Situación Actual. En la siguiente tabla se presenta el déficit de iluminancia en términos de 893 PDL y de 4.82 lux por PDL para las vialidades.

**TABLA 10.** INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA DE PDL E ILUMINANCIA

CLAVE	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
A01-01	149	171	-22	9.00	13.20	-4.20
A01-02	88	101	-13	9.00	13.20	-4.20
A01-03	115	132	-17	10.10	14.80	-4.70
A02-04	79	91	-12	10.10	14.80	-4.70
A02-05	90	104	-14	10.80	15.90	-5.10
A03-06	262	301	-39	10.80	15.90	-5.10
A03-07	206	237	-31	10.10	14.80	-4.70
A03-08	33	38	-5	10.10	14.80	-4.70
A03-09	160	184	-24	10.10	14.80	-4.70
A03-10	74	84	-10	10.80	15.90	-5.10
A03-11	296	340	-44	10.80	15.90	-5.10
A04-12	49	56	-7	9.00	13.20	-4.20
A05-13	99	114	-15	10.10	14.80	-4.70
A05-14	91	105	-14	10.10	14.80	-4.70
A05-15	116	133	-17	10.10	14.80	-4.70
A05-16	86	99	-13	10.10	14.80	-4.70
A06-17	213	245	-32	10.10	14.80	-4.70
A06-18	9	9	0	10.80	15.90	-5.10
A06-19	168	193	-25	10.80	15.90	-5.10
A06-20	103	118	-15	10.80	15.90	-5.10

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

CLAVE	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
A06-21	76	86	-10	10.80	15.90	-5.10
A06-22	118	132	-14	10.10	14.80	-4.70
A07-23	154	177	-23	9.00	13.20	-4.20
A07-24	102	117	-15	9.00	13.20	-4.20
A07-25	52	60	-8	9.00	13.20	-4.20
A07-26	46	53	-7	10.10	14.80	-4.70
A08-27	374	430	-56	9.00	13.20	-4.20
A09-28	135	155	-20	10.80	15.90	-5.10
A09-29	61	69	-8	10.80	15.90	-5.10
A09-30	38	44	-6	10.10	14.80	-4.70
A09-31	131	143	-12	10.80	15.90	-5.10
A09-32	119	137	-18	11.40	16.80	-5.40
A09-33	88	101	-13	10.80	15.90	-5.10
A09-34	67	77	-10	10.80	15.90	-5.10
A09-35	47	54	-7	10.80	15.90	-5.10
A10-36	85	98	-13	9.00	13.20	-4.20
A10-37	54	62	-8	9.00	13.20	-4.20
A10-38	55	63	-8	9.00	13.20	-4.20
A11-39	28	32	-4	11.40	16.80	-5.40
A11-40	117	135	-18	10.80	15.90	-5.10
A11-41	33	38	-5	11.40	16.80	-5.40
A11-42	14	16	-2	11.40	16.80	-5.40
A11-43	63	72	-9	10.80	15.90	-5.10
A11-44	62	71	-9	10.80	15.90	-5.10
A11-45	57	66	-9	10.80	15.90	-5.10
A11-46	59	68	-9	11.40	16.80	-5.40
A11-47	38	44	-6	11.40	16.80	-5.40
A11-48	106	122	-16	10.80	15.90	-5.10
A11-49	32	37	-5	10.80	15.90	-5.10
A11-50	10	12	-2	10.10	14.80	-4.70
A11-51	47	54	-7	10.10	14.80	-4.70
A11-52	33	38	-5	10.10	14.80	-4.70
A11-53	20	23	-3	10.80	15.90	-5.10
A11-54	3	3	0	10.80	15.90	-5.10
A11-55	15	17	-2	10.10	14.80	-4.70
A11-56	44	51	-7	10.10	14.80	-4.70
A11-57	75	86	-11	10.80	15.90	-5.10
A12-58	133	153	-20	10.80	15.90	-5.10
A12-59	124	143	-19	10.80	15.90	-5.10
A12-60	14	16	-2	11.40	16.80	-5.40
A12-61	32	37	-5	10.80	15.90	-5.10
A12-62	43	49	-6	10.80	15.90	-5.10
A12-63	60	69	-9	10.80	15.90	-5.10
A12-64	47	54	-7	9.00	13.20	-4.20
A12-65	126	145	-19	10.10	14.80	-4.70
A12-66	45	52	-7	10.10	14.80	-4.70

CLAVE	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
A12-67	30	35	-5	10.10	14.80	-4.70
A13-68	111	128	-17	10.80	15.90	-5.10
A13-69	155	178	-23	10.80	15.90	-5.10
<b>TOTALES</b>	<b>6,064</b>	<b>6,957</b>	<b>-893</b>	<b>10.27*</b>	<b>15.09*</b>	<b>-4.82</b>

**Fuente:** Estudio de Eficiencia Energética del Proyecto realizado a través de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León. \*Valores Promedio

La NOM-013-ENER-2013 establece los valores mínimos de iluminancia y máximos de uso de energía. En cuanto al uso máximo de energía se utiliza la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que indica la carga conectada para alumbrado por superficie iluminada y que se expresa en Watts/m<sup>2</sup>. De manera que cada una de las 69 colonias está utilizando más energía que la permitida por la norma.

Considerando el número de carriles con un ancho de 3.5m c/u, sin banquetas, se estimó una superficie mínima a iluminar. Y analizando la relación entre el consumo de energía en W de cada vialidad y la superficie en m<sup>2</sup>, se observa que en el 100% de las zonas en análisis se supera dicho parámetro en la situación actual.

Por otro lado, la distancia interpostal promedio se calculó considerando el número de PDL y la longitud de cada vialidad en análisis, de forma general un parámetro aceptable sería entre 30 y 40 m de distancia interpostal. Este parámetro se estima inadecuado en un total de 3,779 PDL (62%). Es por ello que se considera que la distancia interpostal es un parámetro general que debe analizarse de acuerdo al diseño específico de cada vialidad y cada luminaria, **no es un parámetro obligatorio, sólo de referencia para el análisis.**

Sin embargo, en cuanto a la iluminancia, puede apreciarse que en el 20% de los PDL se ubica en el límite inferior de lo señalado en la normatividad de 9 lux. Por lo que es cuestión de 1 o 2 años para que se ubique fuera de norma.

**TABLA 11.** COMPARACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS

CLAVE	SUPERFICIE ILUMINAD APROMEDIO (m2/PDL)	DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA w/m2)	DISTANCIA INTERPOSTAL PROMEDIO (m)	ILUMINANCIA MÍNIMA PROMEDIO (LUX)
A01-01	190	1.05	45	9
A01-02	190	1.05	45	9
A01-03	230	0.87	42	10.1
A02-04	230	0.87	43	10.1

CLAVE	SUPERFICIE ILUMINAD APROMEDIO (m2/PDL)	DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA w/m2)	DISTANCIA INTERPOSTAL PROMEDIO (m)	ILUMINANCIA MÍNIMA PROMEDIO (LUX)
A02-05	245	0.82	39	10.8
A03-06	240	0.83	40	10.8
A03-07	230	0.87	42	10.1
A03-08	230	0.87	42	10.1
A03-09	230	0.87	42	10.1
A03-10	240	0.83	40	10.8
A03-11	240	0.83	40	10.8
A04-12	190	1.05	45	9
A05-13	230	0.87	43	10.1
A05-14	230	0.87	42	10.1
A05-15	230	0.87	42	10.1
A05-16	230	0.87	43	10.1
A06-17	230	0.87	43	10.1
A06-18	240	0.83	41	10.8
A06-19	240	0.83	41	10.8
A06-20	245	0.82	39	10.8
A06-21	240	0.83	41	10.8
A06-22	230	0.87	43	10.1
A07-23	190	1.05	45	9
A07-24	170	1.18	48	9
A07-25	170	1.18	46	9
A07-26	230	0.87	42	10.1
A08-27	160	1.25	48	9
A09-28	240	0.83	41	10.8
A09-29	240	0.83	41	10.8
A09-30	230	0.87	42	10.1
A09-31	240	0.83	40	10.8
A09-32	250	0.80	36	11.4
A09-33	245	0.82	39	10.8
A09-34	245	0.82	39	10.8
A09-35	230	0.87	41	10.8
A10-36	190	1.05	45	9
A10-37	190	1.05	45	9
A10-38	190	1.05	45	9
A11-39	250	0.80	37	11.4
A11-40	245	0.82	39	10.8
A11-41	250	0.80	37	11.4
A11-42	250	0.80	36	11.4
A11-43	230	0.87	41	10.8
A11-44	240	0.83	40	10.8
A11-45	230	0.87	41	10.8
A11-46	250	0.80	35	11.4
A11-47	250	0.80	35	11.4
A11-48	230	0.87	41	10.8

CLAVE	SUPERFICIE ILUMINAD APROMEDIO (m2/PDL)	DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA w/m2)	DISTANCIA INTERPOSTAL PROMEDIO (m)	ILUMINANCIA MÍNIMA PROMEDIO (LUX)
A11-49	245	0.82	38	10.8
A11-50	240	0.83	42	10.1
A11-51	230	0.87	43	10.1
A11-52	230	0.87	44	10.1
A11-53	240	0.83	41	10.8
A11-54	240	0.83	41	10.8
A11-55	230	0.87	42	10.1
A11-56	230	0.87	42	10.1
A11-57	240	0.83	41	10.8
A12-58	245	0.82	38	10.8
A12-59	245	0.82	38	10.8
A12-60	250	0.80	36	11.4
A12-61	245	0.82	38	10.8
A12-62	245	0.82	38	10.8
A12-63	245	0.82	39	10.8
A12-64	170	1.18	47	9
A12-65	230	0.87	42	10.1
A12-66	230	0.87	42	10.1
A12-67	230	0.87	42	10.1
A13-68	245	0.82	39	10.8
A13-69	245	0.82	38	10.8
<b>PROMEDIO</b>	<b>226</b>	<b>0.88</b>	<b>41.60</b>	<b>10.27</b>

**Fuente:** Estimación con información de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León y NOM

La norma establece que, para el tipo de vialidad del área de estudio, la DPEA máxima debe ser de  $0.64 \text{ w/m}^2$ , por lo que todas las colonias superan la eficiencia energética que señala la NOM, de manera que en la Situación Actual el problema más álgido es el consumo excesivo de energía, la iluminancia será un problema de los siguientes años provocado por la falta de PDL y por la calidad de la lámpara.

De manera que en promedio el DPEA es de  $0.88 \text{ w/m}^2$ , superior al máximo establecido en la normatividad de  $0.64 \text{ w/m}^2$ , de forma que **se incumple la NOM-013-Ener-2013 en un 37.5%**.

### *Costos en la Situación Actual*

La Dirección de Mantenimiento Urbano de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León tiene establecido los costos por punto de luz (PDL) a cargo del gasto corriente, conforme a lo siguiente:

- a) Costos fijos anuales por \$ \$2,004,735.34 pesos con IVA en con tecnologías de alto consumo (estimado en un prorrateo de \$285.00 por PDL más IVA para el total de luminarias en análisis). Estos conceptos incluyen sueldos y prestaciones de personal administrativo y técnico, uniformes, herramientas, insumos administrativos.
- b) Costos variables anuales de \$122.14 pesos por PDL con tecnologías de alto consumo más IVA. Material electrónico y eléctrico, combustible e insumos administrativos atribuibles a las fallas e inspecciones nocturnas.
- c) Costos de monitoreo de \$864,000.00 pesos al año con IVA.
- d) Los costos de energía eléctrica se calculan multiplicando la potencia por el número de PDL, considerando 11.07 horas al día por 365 días al año. El precio por kwh de energía eléctrica corresponde a la tarifa de CFE para alumbrado público, que no está subsidiada y presenta IVA.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) divide por zonas la tarifa AP, la tarifa utilizada corresponde a la Región Bajío a junio de 2019 sin IVA, que se determina en \$3.787 kw/h. Para estimar el consumo de energía se considera la potencia de 150w, el consumo de balastro del 13% y de pérdidas físicas del 18% y el total de 6,064 PDL. Lo cual representa un consumo de 200.01 w por PDL por hora y 4,899,148 kwh al año (=150w x 1.13 x 1.18 x 6064 pdl x 365 días x 11.07<sup>8</sup> horas al día / 1000).

En la siguiente tabla se presentan los altos costos de energía, costos de operación y mantenimiento del total de las zonas en análisis. Así como la energía eléctrica requerida para la operación de las 6,064 luminarias, la iluminancia medida en lux totales ofrecidos por el servicio de alumbrado público y la emisión de CO2 que se le atribuye a la energía consumida por las luminarias.

El costo total en la situación actual es de \$23.11 mdp a precios sociales. Esta situación implica que sólo por el costo de energía se estima un monto de \$18.55 mdp más IVA, lo cual impacta de forma considerable a las finanzas públicas.

**TABLA 12.** COSTOS TOTALES DE LA SITUACIÓN ACTUAL (CANTIDADES EN PESOS SIN IVA)

CONCEPTO	TOTAL ANUAL	COSTOS POR PDL
COSTO ANUAL DE ENERGÍA	\$18,553,075.04	\$3,060
COSTOS ANUAL DE OP Y MTTO	\$3,213,713.47	\$530

<sup>8</sup> 11:04 horas representa 664.50 min, que equivale a un factor de 11.06666 (664.50 min/60 min por h).

## Análisis Costo-Beneficio Simplificado

COSTO ANUAL DE EMISIONES CO2	\$1,343,337.19	\$222
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>	<b>\$23,110,125.70</b>	<b>\$3,811</b>
CONSUMO DE ENERGÍA (KWH/ AÑO)	4,899,148	808
ILUMINANCIA TOTAL (LUX)	62,273	10.27
EMISIONES DE CO2 (KG/AÑO)	2,581,851	426

**Fuente:** Estimación con datos de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

Con las consideraciones presentadas, el costo de operación por luminaria se estima en **\$3,811 pesos en promedio** donde predomina el uso de lámparas de vapor de sodio de alta presión, el cual se considera elevado, dado que existen otras tecnologías de mayor eficiencia que podría reducir dicho costo entre un 48% y un 62%.

De esta manera se deduce que actualmente se pagan altos costos de energía por un servicio de iluminación deficiente. Asimismo, con la tecnología actual no sería posible ofrecer un servicio de alumbrado público que cumpliera con los mínimos requeridos de iluminancia.

### III. Situación sin el PPI

La Situación Sin Proyecto es igual a la Situación Actual Optimizada, entendiendo como optimización cualquier medida de bajo costo, particularmente una cuyo costo sea de hasta un 10 % del costo total del proyecto, y que en la mayoría de los casos termina siendo una medida administrativa. Con base en esta definición se realizó el siguiente análisis, tratando de captar parte de los beneficios que se pretende generar con el proyecto, pero con menores montos de inversión.

#### a) Optimizaciones

De acuerdo al diagnóstico realizado por la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León se identifican 4 medidas de administrativas de bajo costo que pueden mejorar la problemáticas, las cuales son:

- **PODA Y LIMPIEZA** .- El 60% de la infraestructura actual de alumbrado público, que representa 3,638 PDL, producen baja iluminación derivado de 2 factores, a) los árboles obstruyen los luminarios o su flujo luminoso; b) la polución opaca los cristales y el grupo óptico de las luminarias. De manera que con la limpieza de los cristales y del grupo óptico, así como la poda de árboles, se mejorarán las condiciones de iluminación en un 10%. Además, estas medidas permitirán ampliar la vida útil de las lámparas actuales a 2 o 3 años máximo.
- **REEMPLAZO DE CABLEADO Y REEMPLAZO DE CONTROLADORES**.- Por lo general, las luminarias permanecen encendidas por un periodo de 11.07 horas al día, los 365 días del año. Sin embargo, se registran fugas de energía eléctrica por errores de apagado en luminarias que se mantienen encendidas más de 11 horas al día y por las malas condiciones del cableado. Se estima que con estas condiciones las pérdidas de energía son del 18% y podrían reducirse al 12% con el reemplazo de cableado en 177,112 ml y de 606 controladores o fotoceldas.

**TABLA 13.** MEDIDAS DE OPTIMIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	\$/PDL	MONTO (PESOS AL AÑO CON IVA)
LIMPIEZA	Limpieza de cristales y grupo óptico	3,638 PDL	\$250.00	\$1,055,136.00
PODA	Poda de árboles que	3,638 PDL	\$400.00	\$1,688,217.60

	cubren parte de luminario			
CONTROLADORES	Reemplazo de controladores	606 PZA	\$380.00	\$267,124.80
CABLEADO	Reemplazo de cableado	177,112 ml	\$28.57	\$5,868,914.23
<b>MONTO TOTAL</b>				<b>\$8,879,392.63</b>

**Fuente:** Elaboración con base en el Estudio de Eficiencia Energética del Proyecto realizado a través de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

Estas medidas de optimización representan un monto de \$8.88 mdp con IVA, que corresponde a 9.6% de la inversión propuesta para el proyecto, por lo que se considera válida como medida de optimización. Gracias a estas medidas de optimización, se espera que en la Situación Sin Proyecto la pérdida por fuga de fluido eléctrico se reduzca a 12% y mejoren las condiciones de iluminación en 10%.

## b) Análisis de la Oferta

La medida de optimización propuesta modifica en un pequeño grado las condiciones de oferta, aunque la oferta de PDL es la misma que se describe en la Situación Actual pero se modifica la iluminancia, como se muestra a continuación:

**TABLA 14.** ILMINANCIA MODIFICADA Y CARACTERÍSTICAS EN LA SITUACIÓN SIN PROYECTO

CLAVE	COLONIA	PDL	PDL FALTANTES	POTENCIA (W)	ANCHO DE VÍA (m)	TIPO LUM	OFERTA (LUX PROMEDIO POR PDL)
A01-01	Presidentes de México	149	22	150	7	VSAP	9.9
A01-02	Benito Juárez	88	13	150	7	VSAP	9.9
A01-03	Unidad Deportiva II	115	17	150	7	VSAP	11.11
A02-04	Ampliación León I	79	12	150	7	VSAP	11.11
A02-05	Prado Hermoso	90	14	150	7	VSAP	11.88
A03-06	Paseos del Molino	262	39	150	7	VSAP	11.88
A03-07	Agua Azul	206	31	150	7	VSAP	11.11
A03-08	Agua Azul III	33	5	150	7	VSAP	11.11
A03-09	Brisas del Carmen	160	24	150	7	VSAP	11.11
A03-10	Brisas de San Nicolás	74	10	150	7	VSAP	11.88
A03-11	Villas de Nuestra Señora de la Luz, secciones II y III	296	44	150	7	VSAP	11.88
A04-12	San Francisco	49	7	150	7	VSAP	9.9
A05-13	La Brisa	99	15	150	7	VSAP	11.11
A05-14	San Agustín	91	14	150	7	VSAP	11.11
A05-15	El Retiro	116	17	150	7	VSAP	11.11

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

CLAVE	COLONIA	PDL	PDL FALTANTES	POTENCIA (W)	ANCHO DE VÍA (m)	TIPO LUM	OFERTA (LUX PROMEDIO POR PDL)
A05-16	Popular Anaya	86	13	150	7	VSAP	11.11
A06-17	La Ermita	213	32	150	7	VSAP	11.11
A06-18	Fraccionamiento Lomas del Mirador	9	-	150	7	VSAP	11.88
A06-19	Lomas del Mirador	168	25	150	7	VSAP	11.88
A06-20	Paseos del Country	103	15	150	7	VSAP	11.88
A06-21	Colinas de la Fragua	76	10	150	7	VSAP	11.88
A06-22	Observatorio dos	118	14	150	7	VSAP	11.11
A07-23	Sinarquistas	154	23	150	7	VSAP	9.9
A07-24	Convive	102	15	150	7	VSAP	9.9
A07-25	Colinas la Hacienda	52	8	150	7	VSAP	9.9
A07-26	La Fragua	46	7	150	7	VSAP	11.11
A08-27	Jacinto López (Incluye Periodistas mexicanos)	374	56	150	7	VSAP	9.9
A09-28	Valle Real I	135	20	150	7	VSAP	11.88
A09-29	Valle Real II	61	8	150	7	VSAP	11.88
A09-30	Real de Jerez	38	6	150	7	VSAP	11.11
A09-31	Real Delta	131	12	150	7	VSAP	11.88
A09-32	Delta Dosmil	119	18	150	7	VSAP	12.54
A09-33	Paseos de la Castellana	88	13	150	7	VSAP	11.88
A09-34	Mezquital 2000	67	10	150	7	VSAP	11.88
A09-35	Valle de Maguey	47	7	150	7	VSAP	11.88
A10-36	Comunidad Santa Ana del Conde	85	13	150	7	VSAP	9.9
A10-37	Comunidad Benito Juárez	54	8	150	7	VSAP	9.9
A10-38	Comunidad Miguel Hidalgo	55	8	150	7	VSAP	9.9
A11-39	Valle de Señora II	28	4	150	7	VSAP	12.54
A11-40	San José del Consuelo II	117	18	150	7	VSAP	11.88
A11-41	Real de San José	33	5	150	7	VSAP	12.54
A11-42	C H. San José	14	2	150	7	VSAP	12.54
A11-43	Misión de San José	63	9	150	7	VSAP	11.88
A11-44	Los Manantiales	62	9	150	7	VSAP	11.88
A11-45	Habitacional Coecillo	57	9	150	7	VSAP	11.88
A11-46	Los Murales I	59	9	150	7	VSAP	12.54
A11-47	Los Murales II	38	6	150	7	VSAP	12.54
A11-48	El Condado	106	16	150	7	VSAP	11.88
A11-49	El Consuelo	32	5	150	7	VSAP	11.88
A11-50	Valle del Consuelo II	10	2	150	7	VSAP	11.11
A11-51	El Valladolid (Incluye Col. Antenas de Arriba)	47	7	150	7	VSAP	11.11
A11-52	Las Presitas del Consuelo	33	5	150	7	VSAP	11.11
A11-53	Las Presitas I	20	3	150	7	VSAP	11.88
A11-54	Las Presitas II	3	-	150	7	VSAP	11.88
A11-55	Lomas de Presitas	15	2	150	7	VSAP	11.11
A11-56	8 de Marzo (Incluye Col. San Nicolás de los Reyes)	44	7	150	7	VSAP	11.11

CLAVE	COLONIA	PDL	PDL FALTANTES	POTENCIA (W)	ANCHO DE VÍA (m)	TIPO LUM	OFERTA (LUX PROMEDIO POR PDL)
A11-57	San Pablo	75	11	150	7	VSAP	11.88
A12-58	Ciudad Aurora	133	20	150	7	VSAP	11.88
A12-59	Ribera de la Presa	124	19	150	7	VSAP	11.88
A12-60	Privada Echeveste	14	2	150	7	VSAP	12.54
A12-61	Canteritas de Echeveste	32	5	150	7	VSAP	11.88
A12-62	Echeveste dos mil	43	6	150	7	VSAP	11.88
A12-63	Jardines de Echeveste	60	9	150	7	VSAP	11.88
A12-64	Ribera de la Presa Country	47	7	150	7	VSAP	9.9
A12-65	Valle Hermoso II, III Y IV	126	19	150	7	VSAP	11.11
A12-66	Valle Hermoso I y V	45	7	150	7	VSAP	11.11
A12-67	San Nicolás del Palote I y II	30	5	150	7	VSAP	11.11
A13-68	La Moreña	111	17	150	7	VSAP	11.88
A13-69	Villas de León	155	23	150	7	VSAP	11.88
	<b>TOTAL</b>	<b>6,064</b>	<b>893</b>	<b>150*</b>	<b>7</b>	<b>VSAP</b>	<b>11.30*</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León  
\*Valores Promedio

Se mantienen los 6,064 PDL presentados en la Situación Actual en las 69 colonias en análisis, las vialidades corresponden a vialidades interiores o secundarias con una superficie de rodamiento de asfalto y un ancho de vialidad de 7 m en promedio. La iluminancia ofrecida en las zonas en análisis corresponde a 11.30 lux en promedio por PDL, con una mejora del 10% con respecto a los 10.27 lux/PDL de la situación actual.

### c) Análisis de la demanda

La demanda es la misma que en la situación actual, estimando un total de 6,957 PDL y un promedio de 15.09 lux. Y se vuelve a reproducir a continuación:

**TABLA 15.** DEMANDAD DE PDL Y ILUMINANCIA EN LUX EN LA SITUACIÓN SIN PROYECTO

CLAVE	DEMANDA	
	PDL	LUX (PROMEDIO POR PDL)
A01-01	171	13.20
A01-02	101	13.20
A01-03	132	14.80
A02-04	91	14.80
A02-05	104	15.90
A03-06	301	15.90
A03-07	237	14.80

CLAVE	DEMANDA	
	PDL	LUX (PROMEDIO POR PDL)
A03-08	38	14.80
A03-09	184	14.80
A03-10	84	15.90
A03-11	340	15.90
A04-12	56	13.20
A05-13	114	14.80
A05-14	105	14.80
A05-15	133	14.80
A05-16	99	14.80
A06-17	245	14.80
A06-18	9	15.90
A06-19	193	15.90
A06-20	118	15.90
A06-21	86	15.90
A06-22	132	14.80
A07-23	177	13.20
A07-24	117	13.20
A07-25	60	13.20
A07-26	53	14.80
A08-27	430	13.20
A09-28	155	15.90
A09-29	69	15.90
A09-30	44	14.80
A09-31	143	15.90
A09-32	137	16.80
A09-33	101	15.90
A09-34	77	15.90
A09-35	54	15.90
A10-36	98	13.20
A10-37	62	13.20
A10-38	63	13.20
A11-39	32	16.80
A11-40	135	15.90
A11-41	38	16.80
A11-42	16	16.80
A11-43	72	15.90
A11-44	71	15.90
A11-45	66	15.90
A11-46	68	16.80
A11-47	44	16.80
A11-48	122	15.90
A11-49	37	15.90

CLAVE	DEMANDA	
	PDL	LUX (PROMEDIO POR PDL)
A11-50	12	14.80
A11-51	54	14.80
A11-52	38	14.80
A11-53	23	15.90
A11-54	3	15.90
A11-55	17	14.80
A11-56	51	14.80
A11-57	86	15.90
A12-58	153	15.90
A12-59	143	15.90
A12-60	16	16.80
A12-61	37	15.90
A12-62	49	15.90
A12-63	69	15.90
A12-64	54	13.20
A12-65	145	14.80
A12-66	52	14.80
A12-67	35	14.80
A13-68	128	15.90
A13-69	178	15.90
<b>TOTAL</b>	<b>6957</b>	<b>15.09*</b>

**Fuente:** Estimación con datos de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León. \* Valores promedio ponderado por PDL

### d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

Debido a que los PDL en las condiciones de oferta y demanda en la Situación Sin Proyecto son iguales en la Situación Actual, dicho análisis se obvia en este punto. Sin embargo, ya se vio que la oferta de iluminancia si sufrió modificaciones, por lo que dichas condiciones cambian al realizar el análisis de interacción, aunque se sigue presentando un déficit en materia de iluminancia, el cual se puede apreciar a continuación:

**TABLA 16.** INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA DE PDL E ILUMINANCIA

CLAVE	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
A01-01	149	171	-22	9.90	13.20	-3.30
A01-02	88	101	-13	9.90	13.20	-3.30
A01-03	115	132	-17	11.11	14.80	-3.69

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

CLAVE	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
A02-04	79	91	-12	11.11	14.80	-3.69
A02-05	90	104	-14	11.88	15.90	-4.02
A03-06	262	301	-39	11.88	15.90	-4.02
A03-07	206	237	-31	11.11	14.80	-3.69
A03-08	33	38	-5	11.11	14.80	-3.69
A03-09	160	184	-24	11.11	14.80	-3.69
A03-10	74	84	-10	11.88	15.90	-4.02
A03-11	296	340	-44	11.88	15.90	-4.02
A04-12	49	56	-7	9.90	13.20	-3.30
A05-13	99	114	-15	11.11	14.80	-3.69
A05-14	91	105	-14	11.11	14.80	-3.69
A05-15	116	133	-17	11.11	14.80	-3.69
A05-16	86	99	-13	11.11	14.80	-3.69
A06-17	213	245	-32	11.11	14.80	-3.69
A06-18	9	9	0	11.88	15.90	-4.02
A06-19	168	193	-25	11.88	15.90	-4.02
A06-20	103	118	-15	11.88	15.90	-4.02
A06-21	76	86	-10	11.88	15.90	-4.02
A06-22	118	132	-14	11.11	14.80	-3.69
A07-23	154	177	-23	9.90	13.20	-3.30
A07-24	102	117	-15	9.90	13.20	-3.30
A07-25	52	60	-8	9.90	13.20	-3.30
A07-26	46	53	-7	11.11	14.80	-3.69
A08-27	374	430	-56	9.90	13.20	-3.30
A09-28	135	155	-20	11.88	15.90	-4.02
A09-29	61	69	-8	11.88	15.90	-4.02
A09-30	38	44	-6	11.11	14.80	-3.69
A09-31	131	143	-12	11.88	15.90	-4.02
A09-32	119	137	-18	12.54	16.80	-4.26
A09-33	88	101	-13	11.88	15.90	-4.02
A09-34	67	77	-10	11.88	15.90	-4.02
A09-35	47	54	-7	11.88	15.90	-4.02
A10-36	85	98	-13	9.90	13.20	-3.30
A10-37	54	62	-8	9.90	13.20	-3.30
A10-38	55	63	-8	9.90	13.20	-3.30
A11-39	28	32	-4	12.54	16.80	-4.26
A11-40	117	135	-18	11.88	15.90	-4.02
A11-41	33	38	-5	12.54	16.80	-4.26
A11-42	14	16	-2	12.54	16.80	-4.26
A11-43	63	72	-9	11.88	15.90	-4.02
A11-44	62	71	-9	11.88	15.90	-4.02
A11-45	57	66	-9	11.88	15.90	-4.02
A11-46	59	68	-9	12.54	16.80	-4.26
A11-47	38	44	-6	12.54	16.80	-4.26
A11-48	106	122	-16	11.88	15.90	-4.02
A11-49	32	37	-5	11.88	15.90	-4.02

CLAVE	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
A11-50	10	12	-2	11.11	14.80	-3.69
A11-51	47	54	-7	11.11	14.80	-3.69
A11-52	33	38	-5	11.11	14.80	-3.69
A11-53	20	23	-3	11.88	15.90	-4.02
A11-54	3	3	0	11.88	15.90	-4.02
A11-55	15	17	-2	11.11	14.80	-3.69
A11-56	44	51	-7	11.11	14.80	-3.69
A11-57	75	86	-11	11.88	15.90	-4.02
A12-58	133	153	-20	11.88	15.90	-4.02
A12-59	124	143	-19	11.88	15.90	-4.02
A12-60	14	16	-2	12.54	16.80	-4.26
A12-61	32	37	-5	11.88	15.90	-4.02
A12-62	43	49	-6	11.88	15.90	-4.02
A12-63	60	69	-9	11.88	15.90	-4.02
A12-64	47	54	-7	9.90	13.20	-3.30
A12-65	126	145	-19	11.11	14.80	-3.69
A12-66	45	52	-7	11.11	14.80	-3.69
A12-67	30	35	-5	11.11	14.80	-3.69
A13-68	111	128	-17	11.88	15.90	-4.02
A13-69	155	178	-23	11.88	15.90	-4.02
<b>TOTALES</b>	<b>6,064</b>	<b>6,957</b>	<b>-893</b>	<b>11.30</b>	<b>15.09</b>	<b>-3.79</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

La NOM-013-ENER-2013 establece los valores mínimos de iluminancia y máximos de uso de energía. En cuanto al uso máximo de energía se utiliza la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que indica la carga conectada para alumbrado por superficie iluminada y que se expresa en Watts/m<sup>2</sup>. En cada una de las colonias se supera el máximo permitido por la norma.

Considerando el número de carriles con un ancho de 3.5m c/u, sin banquetas, se estimó una superficie mínima a iluminar. Y analizando la relación entre el consumo de energía en W de cada vialidad y la superficie en m<sup>2</sup>, se observa que en el 100% de las zonas en análisis supera dicho parámetro en la situación sin proyecto, aunque se presenta una mejoría respecto a la situación actual.

Por otro lado, la distancia interpostal promedio se calculó considerando el número de PDL y la longitud de cada vialidad en análisis, de forma general un parámetro aceptable sería entre 30 y 40 m de distancia interpostal. Este parámetro se estima inadecuado en el 62% de las zonas en análisis. Este es un parámetro general que debe analizarse de acuerdo al

diseño específico de cada vialidad y cada luminaria, no es un parámetro obligatorio, sólo de referencia para el análisis. Sin embargo, en cuanto a la iluminancia, puede apreciarse que se presenta una mejoría con las medidas de optimización.

**TABLA 17.** COMPARACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS

CLAVE	SUPERFICIE ILUMINADA PROMEDIO (m <sup>2</sup> /PDL)	DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA w/m <sup>2</sup> )	DISTANCIA INTERPOSTAL PROMEDIO (m)	ILUMINANCIA MÍNIMA PROMEDIO (LUX)
A01-01	190	1.00	45	9.90
A01-02	190	1.00	45	9.90
A01-03	230	0.83	42	11.11
A02-04	230	0.83	43	11.11
A02-05	245	0.77	39	11.88
A03-06	240	0.79	40	11.88
A03-07	230	0.83	42	11.11
A03-08	230	0.83	42	11.11
A03-09	230	0.83	42	11.11
A03-10	240	0.79	40	11.88
A03-11	240	0.79	40	11.88
A04-12	190	1.00	45	9.90
A05-13	230	0.83	43	11.11
A05-14	230	0.83	42	11.11
A05-15	230	0.83	42	11.11
A05-16	230	0.83	43	11.11
A06-17	230	0.83	43	11.11
A06-18	240	0.79	41	11.88
A06-19	240	0.79	41	11.88
A06-20	245	0.77	39	11.88
A06-21	240	0.79	41	11.88
A06-22	230	0.83	43	11.11
A07-23	190	1.00	45	9.90
A07-24	170	1.12	48	9.90
A07-25	170	1.12	46	9.90
A07-26	230	0.83	42	11.11
A08-27	160	1.19	48	9.90
A09-28	240	0.79	41	11.88
A09-29	240	0.79	41	11.88
A09-30	230	0.83	42	11.11
A09-31	240	0.79	40	11.88
A09-32	250	0.76	36	12.54
A09-33	245	0.77	39	11.88
A09-34	245	0.77	39	11.88
A09-35	230	0.83	41	11.88
A10-36	190	1.00	45	9.90
A10-37	190	1.00	45	9.90
A10-38	190	1.00	45	9.90

CLAVE	SUPERFICIE ILUMINAD A PROMEDIO (m2/PDL)	DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA w/m2)	DISTANCIA INTERPOSTAL PROMEDIO (m)	ILUMINANCIA MÍNIMA PROMEDIO (LUX)
A11-39	250	0.76	37	12.54
A11-40	245	0.77	39	11.88
A11-41	250	0.76	37	12.54
A11-42	250	0.76	36	12.54
A11-43	230	0.83	41	11.88
A11-44	240	0.79	40	11.88
A11-45	230	0.83	41	11.88
A11-46	250	0.76	35	12.54
A11-47	250	0.76	35	12.54
A11-48	230	0.83	41	11.88
A11-49	245	0.77	38	11.88
A11-50	240	0.79	42	11.11
A11-51	230	0.83	43	11.11
A11-52	230	0.83	44	11.11
A11-53	240	0.79	41	11.88
A11-54	240	0.79	41	11.88
A11-55	230	0.83	42	11.11
A11-56	230	0.83	42	11.11
A11-57	240	0.79	41	11.88
A12-58	245	0.77	38	11.88
A12-59	245	0.77	38	11.88
A12-60	250	0.76	36	12.54
A12-61	245	0.77	38	11.88
A12-62	245	0.77	38	11.88
A12-63	245	0.77	39	11.88
A12-64	170	1.12	47	9.90
A12-65	230	0.83	42	11.11
A12-66	230	0.83	42	11.11
A12-67	230	0.83	42	11.11
A13-68	245	0.77	39	11.88
A13-69	245	0.77	38	11.88
<b>PROMEDIO</b>	<b>226</b>	<b>0.84</b>	<b>41.60</b>	<b>11.30</b>

Fuente: Estimación con información de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León y NOM

De manera que en promedio el DPEA es de 0.84 w/m2, superior al máximo establecido en la normatividad de 0.64 w/me, de forma que se incumple la NOM-013-Ener-2013 en un 31.25%.

### *Costos en la Situación sin Proyecto*

La Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León tiene establecido los costos por punto de luz (PDL) a cargo del gasto corriente de los municipios, conforme a lo siguiente:

- a) Costos fijos anuales por \$2,004,735.34 pesos con IVA en con tecnologías de alto consumo (estimado en un prorrateo de \$285.00 por PDL más IVA para el total de luminarias en análisis). Estos conceptos incluyen sueldos y prestaciones de personal administrativo y técnico, uniformes, herramientas, insumos administrativos.
- b) Costos variables anuales de \$122.14 pesos por PDL con tecnologías de alto consumo más IVA. Material electrónico y eléctrico, combustible e insumos administrativos atribuibles a las fallas e inspecciones nocturnas.
- c) Costos de monitoreo de \$864,000.00 pesos al año con IVA.
- d) Los costos de energía eléctrica se calculan multiplicando la potencia por el número de PDL, considerando 11.07 horas al día por 365 días al año. El precio por kwh de energía eléctrica corresponde a la tarifa de CFE para alumbrado público, que no está subsidiada y presenta IVA.

Además, las pérdidas del flujo luminoso se reducen del 18% al 12% con el reemplazo de cableado y de controladores. De manera que el consumo de energía se considera la potencia de 150w, el consumo de balastro de 13% y de pérdidas físicas del 12% y el total de 6,064 PDL. Lo cual representa un consumo de 189.84 w por PDL por hora y 4,650,039 kwh al año ( $=150w \times 1.13 \times 1.12 \times 6064 \text{ pdl} \times 365 \text{ días} \times 11:04^9 \text{ horas al día} / 1000$ ).

Con las medidas de optimización disminuye el consumo de energía y aumenta de forma marginal la iluminación ofrecida. En la siguiente tabla se presentan los altos costos de energía, costos de operación y mantenimiento del área de estudio. Así como la energía eléctrica requerida para la operación de las 6,064 luminarias, la iluminancia medida en lux totales ofrecidos por el servicio de alumbrado público y la emisión de CO2 que se le atribuye a la energía consumida por las luminarias.

---

<sup>9</sup> 11:04 horas representa 664.50 min, que equivale a un factor de 11.06666 (664.50 min/60 min por h).

**TABLA 18.** COSTOS TOTALES DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO (CANTIDADES EN PESOS SIN IVA)

CONCEPTO	TOTAL ANUAL	COSTOS POR PDL
COSTO ANUAL DE ENERGÍA	\$17,609,698.34	\$2,904
COSTOS ANUAL DE OP Y MTTO	\$3,213,713.47	\$530
COSTO ANUAL DE EMISIONES CO2	\$1,275,031.91	\$210
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>	<b>\$22,098,443.72</b>	<b>\$3,644</b>
CONSUMO DE ENERGÍA (KWH/ AÑO)	4,650,039	767
ILUMINANCIA TOTAL (LUX)	68,500	11.30
EMISIONES DE CO2 (KG/AÑO)	2,450,571	404

**Fuente:** Estimación con datos de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

El costo social de operación por luminaria se estima en **\$3,644 pesos en promedio** en lámparas de vapor de sodio de alta presión, el cual se considera elevado, dado que existen otras tecnologías de mayor eficiencia que podría reducir dicho costo entre un 48% y un 62% dependiendo de la potencia.

**Asimismo, el déficit de iluminancia total se reduce de 42,697 lux a 36,470 lux, de forma que el déficit se estima en 53%. Si se analiza el promedio por PDL, los lux en la situación sin proyecto se estiman en 11.30 lux/PDL, que mejora en comparación con los 10.27 lux/PDL de la situación actual.** Estos valores son datos promedios, lo que implica que habrá puntos en lo particular que no cumplan con los requerimientos mínimos de la normatividad.

De esta manera se deduce que actualmente se pagan altos costos de energía por un servicio de iluminación deficiente. Asimismo, con la tecnología actual no sería posible ofrecer un servicio de alumbrado público que cumpliera con los mínimos requeridos de iluminancia, puesto que implicaría mayores costos que no son alcanzables para las administraciones públicas.

Por otro lado, para la proyección de la Situación Sin Proyecto se consideran 2 conceptos que se modificarán a lo largo del horizonte, conforme al desgaste natural de la infraestructura de Vapor de Sodio de Alta Presión:

- i. Evolución de las **pérdidas del flujo de energía**.- Se refiere a las pérdidas de energía del sistema derivado del desgaste natural del cableado y de los componentes eléctricos, el grado deterioro está asociado al mantenimiento preventivo y predictivo que se realice. Sin embargo, aun con un buen programa de mantenimiento de forma natural las pérdidas del flujo luminoso incrementarán en el tiempo.

- ii. **Depreciación luminosa** de la lámpara.- La iluminancia inicial proporcionada por la instalación disminuye de manera gradual con el tiempo debido al uso, disminución de los lúmenes de las lámparas, a la suciedad del sistema, variaciones de temperatura, cambios en el voltaje, fallos de instalación y simplemente al envejecimiento de la lámpara. A pesar de contar con un buen programa de mantenimiento, las lámparas presentarán un deterioro normal del flujo luminoso.

Las **pérdidas del flujo de energía** en un sistema de VSAP se estiman que presentan un incremento del 4% cada 5 años con respecto al valor inicial<sup>10</sup>. Actualmente, con las medidas de optimización se ubican en 12% y se incrementarían 0.80% anualmente. Las pérdidas impactan en el consumo de energía, sus costos y en las emisiones de CO<sub>2</sub>, conforme a lo siguiente.

**TABLA 19.** ESTIMACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DEL FLUJO DE ENERGÍA Y COSTOS TOTALES EN LA SITUACIÓN SIN PROYECTO

AÑO	CONSUMO EE	PÉRDIDAS DEL SISTEMA	COSTOS DE ENERGÍA	COSTOS ANUAL DE OP Y MTTO	COSTO ANUAL DE EMISIONES CO <sub>2</sub>	TOTAL COSTOS
	(kwh AL AÑO)	%	(\$/AÑO)	(\$/AÑO)	(\$/AÑO)	(\$/AÑO)
2019	4,650,039.17	12.00%	\$17,609,698.34	\$3,213,713.47	\$1,275,031.91	<b>\$22,098,443.72</b>
2020*	4,650,039.17	12.00%	\$17,609,698.34	\$3,213,713.47	\$1,275,031.91	<b>\$22,098,443.72</b>
2021	4,687,239.48	12.10%	\$17,750,575.93	\$3,213,713.47	\$1,285,232.16	<b>\$22,249,521.56</b>
2022	4,724,737.40	12.19%	\$17,892,580.53	\$3,213,713.47	\$1,295,514.02	<b>\$22,401,808.03</b>
2023	4,762,535.30	12.29%	\$18,035,721.18	\$3,213,713.47	\$1,305,878.13	<b>\$22,555,312.78</b>
2024	4,800,635.58	12.39%	\$18,180,006.95	\$3,213,713.47	\$1,316,325.16	<b>\$22,710,045.58</b>
2025	4,839,040.67	12.49%	\$18,325,447.00	\$3,213,713.47	\$1,326,855.76	<b>\$22,866,016.23</b>
2026	4,877,752.99	12.59%	\$18,472,050.58	\$3,213,713.47	\$1,337,470.60	<b>\$23,023,234.65</b>
2027	4,916,775.02	12.69%	\$18,619,826.98	\$3,213,713.47	\$1,348,170.37	<b>\$23,181,710.82</b>
2028	4,956,109.22	12.79%	\$18,768,785.60	\$3,213,713.47	\$1,358,955.73	<b>\$23,341,454.80</b>
2029	4,995,758.09	12.89%	\$18,918,935.88	\$3,213,713.47	\$1,369,827.38	<b>\$23,502,476.73</b>
2030	5,035,724.15	13.00%	\$19,070,287.37	\$3,213,713.47	\$1,380,786.00	<b>\$23,664,786.84</b>
2031	5,076,009.95	13.10%	\$19,222,849.67	\$3,213,713.47	\$1,391,832.28	<b>\$23,828,395.43</b>
2032	5,116,618.03	13.20%	\$19,376,632.47	\$3,213,713.47	\$1,402,966.94	<b>\$23,993,312.88</b>
2033	5,157,550.97	13.31%	\$19,531,645.53	\$3,213,713.47	\$1,414,190.68	<b>\$24,159,549.68</b>
2034	5,198,811.38	13.42%	\$19,687,898.69	\$3,213,713.47	\$1,425,504.20	<b>\$24,327,116.37</b>

<sup>10</sup> Supuesto de evaluación, basado en

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/179572/161202 Informe de Labores Proyecto Nacion al.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/179572/161202_Informe_de_Labores_Proyecto_Nacion_al.pdf), 2019

2035	5,240,401.87	13.52%	\$19,845,401.88	\$3,213,713.47	\$1,436,908.24	<b>\$24,496,023.59</b>
2036	5,282,325.08	13.63%	\$20,004,165.10	\$3,213,713.47	\$1,448,403.50	<b>\$24,666,282.07</b>
2037	5,324,583.69	13.74%	\$20,164,198.42	\$3,213,713.47	\$1,459,990.73	<b>\$24,837,902.62</b>
2038	5,367,180.35	13.85%	\$20,325,512.00	\$3,213,713.47	\$1,471,670.66	<b>\$25,010,896.13</b>
2039	5,410,117.80	13.96%	\$20,488,116.10	\$3,213,713.47	\$1,483,444.02	<b>\$25,185,273.59</b>

**Fuente:** Estimación propia. **Nota\*:** de 2019 a 2020 no se presenta incrementos de pérdidas considerando que en 2019 se realizan las optimizaciones.

Con las condiciones presentadas, los costos de operación del sistema de alumbrado público en las 60 colonias en análisis incrementarían año con año en una tasa creciente conforme a la estimación de pérdidas que varía entre el 0.68% anual en los años hasta el 0.70% anual.

En cuanto a la **depreciación luminosa**, o disminución de la iluminancia por deterioro normal debido a la exposición al medio ambiente. Se estima que la eficiencia luminosa de las lámparas de VSAP estaría en la situación actual en 75% y en la situación sin proyecto en 82.5%, considerando las medidas de optimización entre las que se ubican la limpieza de cuerpos ópticos, la cual deberá realizarse anualmente. La depreciación luminosa seguirá avanzando en el horizonte de análisis, conforme a lo siguiente.

**TABLA 20.** ESTIMACIÓN DE LA DEPRECIACIÓN LUMINOSA E ILUMINANCIA EN LA SITUACIÓN SIN PROYECTO

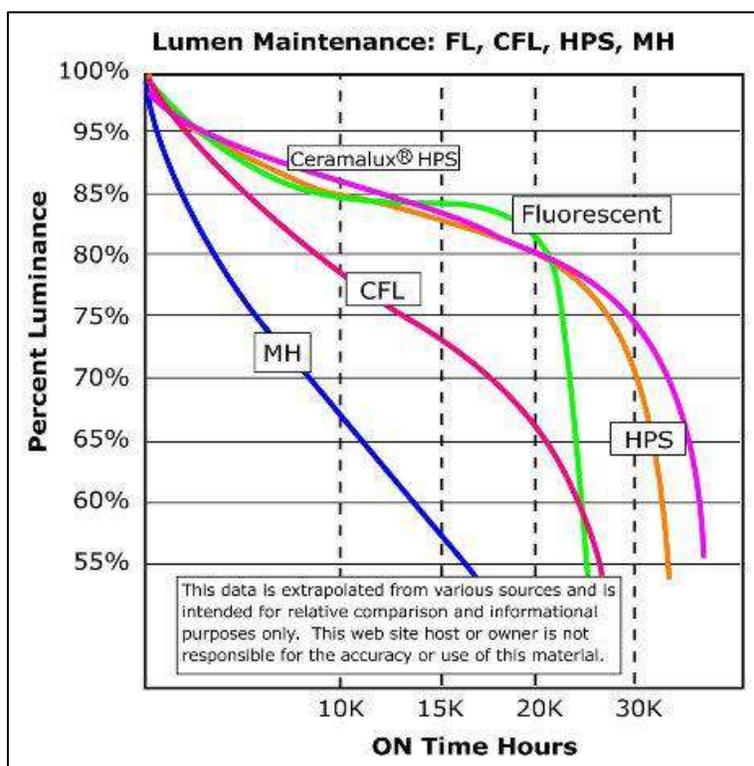
AÑO	SITUACIÓN SIN PROYECTO		BALANCE O-D (lux / PDL)		
	LUX PROMEDIO	EFICIENCIA LUMINOSA VSAP	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	BALANCE LUX
2019	11.30	<b>82.50%</b>	11.30	15.09	<b>-3.79</b>
2020	11.30	<b>82.50%</b>	11.30	15.09	<b>-3.79</b>
2021	11.21	<b>81.84%</b>	11.21	15.09	<b>-3.88</b>
2022	11.10	<b>81.10%</b>	11.10	15.09	<b>-3.98</b>
2023	10.99	<b>80.28%</b>	10.99	15.09	<b>-4.10</b>
2024	10.87	<b>79.37%</b>	10.87	15.09	<b>-4.22</b>
2025	10.73	<b>78.38%</b>	10.73	15.09	<b>-4.36</b>
2026	10.57	<b>77.22%</b>	10.57	15.09	<b>-4.52</b>
2027	10.40	<b>75.99%</b>	10.40	15.09	<b>-4.68</b>
2028	10.20	<b>74.50%</b>	10.20	15.09	<b>-4.89</b>
2029	10.20	<b>74.50%</b>	10.20	15.09	<b>-4.89</b>
2030	10.20	<b>74.50%</b>	10.20	15.09	<b>-4.89</b>
2031	10.11	<b>73.84%</b>	10.11	15.09	<b>-4.98</b>
2032	10.01	<b>73.10%</b>	10.01	15.09	<b>-5.08</b>
2033	9.90	<b>72.27%</b>	9.90	15.09	<b>-5.19</b>
2034	9.77	<b>71.37%</b>	9.77	15.09	<b>-5.32</b>
2035	9.64	<b>70.38%</b>	9.64	15.09	<b>-5.45</b>

2036	9.49	69.34%	9.49	15.09	-5.59
2037	9.35	68.27%	9.35	15.09	-5.74
2038	9.20	67.16%	9.20	15.09	-5.89
2039	9.04	66.00%	9.04	15.09	-6.05

Fuente: Estimación con datos de [www.electriciantalk.com/](http://www.electriciantalk.com/)

La depreciación luminosa de lámparas de VSAP se estima de acuerdo a la siguiente gráfica (ver líneas naranja y rosa denominadas HPS). De seguir la tendencia normal, al año 10 se llegaría a un 55%, sin embargo, con las medidas de optimización, el mantenimiento adecuado y limpieza programada se llegaría al 66% en 20 años.

FIGURA 9. DEPRECIACIÓN LUMINOSA DE VSAP (HPS)



Fuente: [www.electriciantalk.com/](http://www.electriciantalk.com/)

### e) Alternativas de solución

Definida la Situación Sin Proyecto, se proponen dos alternativas de solución que pudieran atender el problema en seguimiento a la metodología para el Análisis Costo Beneficio. Para este caso, se propone cambiar la tecnología de alumbrado público por:

- Luminarios de LED, como alternativa 1
- Luminarios Solares, como alternativa 2

Las dos alternativas propuestas presentan ahorros de energía diferentes. La diferencia entre las 2 alternativas propuestas radica en sus costos de inversión, costos de energía y los costos por emisiones de CO2. Por tanto, el presente análisis se realiza con base en el criterio de Valor Actual de los Costos, considerando que las dos propuestas presentan la misma vida útil.

**TABLA 21.** COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS (SIN IVA)

CONCEPTO	AÑO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
		LED	SOLAR
		\$/AÑO	\$/AÑO
INVERSION	AÑO 0	\$79,848,620.72	\$275,141,558.16
CONSUMO DE ENERGÍA	ANUAL	\$8,746,257.55	\$0.00
EMISIONES DE CO2	ANUAL	\$633,273.62	\$0.00
OP Y MTTO (EXCEPTO ENERGÍA)	ANUAL	\$1,608,937.65	\$1,608,937.65
MONITOREO	ANUAL	\$744,827.59	\$744,827.59
MTTO MAYOR LED	AÑO 5 Y 15	\$1,115,518.97	\$13,757,077.91
REINVERSIONES LED	AÑO 10	\$3,298,577.59	\$27,514,155.82
VALOR DE DESECHO*	AÑO 20	-\$1,596,972.41	-\$5,502,831.16

**Fuente:** Estimación propia con datos de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León con respecto a costos de operación y mantenimiento de alumbrado público. \*Nota: se presenta con valor negativo puesto que NO es un COSTO, sino un beneficio.

**ALTERNATIVA 1:** Lámparas LED

La tecnología LED permite ahorros de hasta el 50% en comparación con las lámparas de vapor de sodio alta presión, con una inversión menor en comparación con la tecnología solar y tiene una vida útil de 20 años.

Se estima un monto de inversión de \$79.85 mdp. Los costos de energía se estiman en \$8.74 mdp anuales que incrementan conforme a las pérdidas del flujo eléctrico, los costos de operación y mantenimiento se estiman en \$1.61 mdp y los costos de monitoreo en \$744 mil pesos al año. Mantenimiento mayor en el año 5 y 10 por \$1.11 mdp. Y reinversiones en el año 10 por \$3.29 mdp.

Aunado a los costos de energía, como gran parte de la producción de la energía nacional es producto del uso de combustibles fósiles, su producción implica emisiones de CO2. La

relación a la cual se modifica la emisión de estos gases es de 0.527 kg de CO<sub>2</sub> por kwh<sup>11</sup>, por lo que al año se estarían generando 1,217 ton de CO<sub>2</sub>, este costo se valora con el precio de bonos de carbono estimado en 23.65 euros/ton<sup>12</sup> y un valor de conversión del Euro de 22.0 \$/MX, por lo que se estaría generando un valor adquirido de \$633 mil pesos al año.

**TABLA 22.** FLUJO DE COSTOS SOCIALES DE LA ALTERNATIVA 2: LED

AÑO	CONCEPTO	COSTO ANUAL
2019	INVERSIÓN	79,848,620.72
2020	Operación y Mtto	11,733,296.40
2021	Operación y Mtto	11,808,332.65
2022	Operación y Mtto	11,883,969.19
2023	Operación y Mtto	11,960,210.82
2024	Operación y Mtto, Mtto mayor	13,152,581.35
2025	Operación y Mtto	12,114,528.76
2026	Operación y Mtto	12,192,614.87
2027	Operación y Mtto	12,271,325.67
2028	Operación y Mtto	12,350,666.15
2029	Operación, Mtto y Reinversión	15,729,218.95
2030	Operación y Mtto	12,511,256.37
2031	Operación y Mtto	12,592,516.30
2032	Operación y Mtto	12,674,426.31
2033	Operación y Mtto	12,756,991.59
2034	Operación y Mtto, Mtto mayor	13,955,736.37
2035	Operación y Mtto	12,924,109.02
2036	Operación y Mtto	13,008,671.77
2037	Operación y Mtto	13,093,911.03
2038	Operación y Mtto	13,179,832.19
2039	Operación y Mtto y valor de desecho	11,669,468.31

**Fuente:** Elaboración propia

<sup>11</sup> [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso\\_Factor\\_de\\_Emisiones\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso_Factor_de_Emisiones_2018.pdf)

<sup>12</sup> <https://es.investing.com/commodities/carbon-emissions>, JUN 2019

**ALTERNATIVA 2: Solar**

La gran ventaja de las lámparas solares es que no consumen energía eléctrica producida por medios tradicionales, sino que la toma directamente del sol a través de celdas fotovoltaicas, lo que representa ahorros considerables por concepto de energía eléctrica.

Se estima un costo unitario por luminaria de \$39,548.88 más IVA, de acuerdo a los COSTOS PARAMÉTRICOS POR OBRA Y CONCEPTOS FUNCIONALES 2019 de la SHCP, para un total de 6, 597 PDL, lo que representa un monto de inversión de \$275.14 mdp. Los costos de energía son nulos, dado que la energía utilizada es solar. Y los costos de operación y mantenimiento se estiman en \$1.61 mdp anuales, los costos de monitoreo en \$744 mil pesos anuales, mantenimiento mayor por \$13.76 mdp cada 10 años.

Se considera un monto de reinversión del 10% del valor de las luminarias en el año 10 como un supuesto de evaluación. Y finalmente, un valor de desecho del 2% al final de su vida útil.

Su principal desventaja su elevado costo que representa una inversión muy elevada. Sus costos son los que se muestran a continuación:

**TABLA 23.** FLUJO DE COSTOS SOCIALES DE LA ALTERNATIVA 1: SOLAR

AÑO	CONCEPTO	FLUJO DE COSTOS
2019	INVERSIÓN	275,141,558.16
2020	Operación y Mtto	2,353,765.23
2021	Operación y Mtto	2,353,765.23
2022	Operación y Mtto	2,353,765.23
2023	Operación y Mtto	2,353,765.23
2024	Operación y Mtto, Mtto mayor	16,110,843.14
2025	Operación y Mtto	2,353,765.23
2026	Operación y Mtto	2,353,765.23
2027	Operación y Mtto	2,353,765.23
2028	Operación y Mtto	2,353,765.23
2029	Operación, Mtto y Reinversión	29,867,921.05
2030	Operación y Mtto	2,353,765.23
2031	Operación y Mtto	2,353,765.23
2032	Operación y Mtto	2,353,765.23
2033	Operación y Mtto	2,353,765.23
2034	Operación y Mtto, Mtto mayor	16,110,843.14

AÑO	CONCEPTO	FLUJO DE COSTOS
2035	Operación y Mtto	2,353,765.23
2036	Operación y Mtto	2,353,765.23
2037	Operación y Mtto	2,353,765.23
2038	Operación y Mtto	2,353,765.23
2039	Operación y Mtto y valor de desecho	-3,149,065.93

Fuente: Elaboración propia

Con base en los cálculos de cada una de las alternativas, se presenta la siguiente tabla comparativa entre ambas tecnologías:

**TABLA 24.** RESULTADOS DEL ANÁLISIS VAC

CONCEPTO	ALTERNATIVA 1 LED	ALTERNATIVA 2 SOLAR
Inversión	\$79,848,620.72	\$275,141,558.16
Costos de Operación y mtto	\$11,733,296.40	\$2,353,765.23
<b>Valor Actual de los Costos (VAC)</b>	<b>\$186,060,466.94</b>	<b>\$316,805,823.89</b>
Costo Anual Equivalente (CAE)	\$21,854,592.63	\$37,211,893.20
Vida en horas	81,000	81,000
Vida en años	20	20

Fuente: Elaboración propia

**Nota:** \*Los costos de energía se estiman iguales en las dos alternativas.

Como resulta evidente, es más conveniente la tecnología LED de la alternativa 1, ya que el VAC de \$186.06 mdp es mucho menor que la de la tecnología Solar.

Complementando el análisis económico, hay razones físicas y técnicas por las que se prefiere la utilización de la tecnología LED, como las siguientes:

- En el caso de las luces LED, estas reducen el gas de efecto invernadero (GEI) ya que gastan, como promedio, un 70 % menos que las ampolletas tradicionales.
- Las luminarias LED permiten focalizar las zonas que lo necesitan, lo que impide que se produzca lo que se conoce como contaminación lumínica.
- La iluminación LED permite utilizar un sistema telegestionado que brinda una atención remota por cada poste de luz, en que cada uno de ellos se regula de manera independiente.

- Los luminarios LED tienen en su interior un driver dimerizable y programable que puede ser ajustado según los parámetros eléctricos de funcionamiento, ofreciendo un control del flujo luminoso y un consiguiente ahorro en el consumo de la luminaria. La opción de programación previa permite que trabaje a diferentes potencias durante el día, dependiendo del flujo vehicular y peatonal, sin la necesidad de intervenirla una vez instalada.

## IV. Situación con el PPI

### a) Descripción general

Según los LINEAMIENTOS para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, existen diferentes tipos de programas y proyectos de inversión, y se denominan Proyectos de Infraestructura Social, “cuando se trate, de la construcción, adquisición y/o ampliación de activos fijos para llevar a cabo funciones en materia de... urbanización...”, entre otros.

Tipo de PPI	
Proyecto de infraestructura económica	<input type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura social	<input checked="" type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura gubernamental	<input type="checkbox"/>
Proyecto de inmuebles	<input type="checkbox"/>
Programa de adquisiciones	<input type="checkbox"/>
Programa de mantenimiento	<input type="checkbox"/>
Otros proyectos de inversión	<input type="checkbox"/>
Otros programas de inversión	<input type="checkbox"/>

El programa de 3ª ETAPA DE LA REHABILITACIÓN INTEGRAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO, LEÓN GTO comprende un total de 69 colonias del municipio de León, abarcando la iluminación de las vialidades secundarias o vialidades interiores de la colonia. La propuesta consiste en la sustitución de las 6,069 PDL existentes de vapor de sodio de alta presión (VSAP), además de agregar las 893 PDL faltantes, con lámparas de tecnología LED de menor consumo de energía eléctrica.

En total se instalarán 6,957 PDL (6,849 PDL de 74 w y 108 PDL de 120 w). Los trabajos de obra comprenden 628 postes, 354 mil ml de cableado, instalaciones eléctricas y componentes electrónicos.

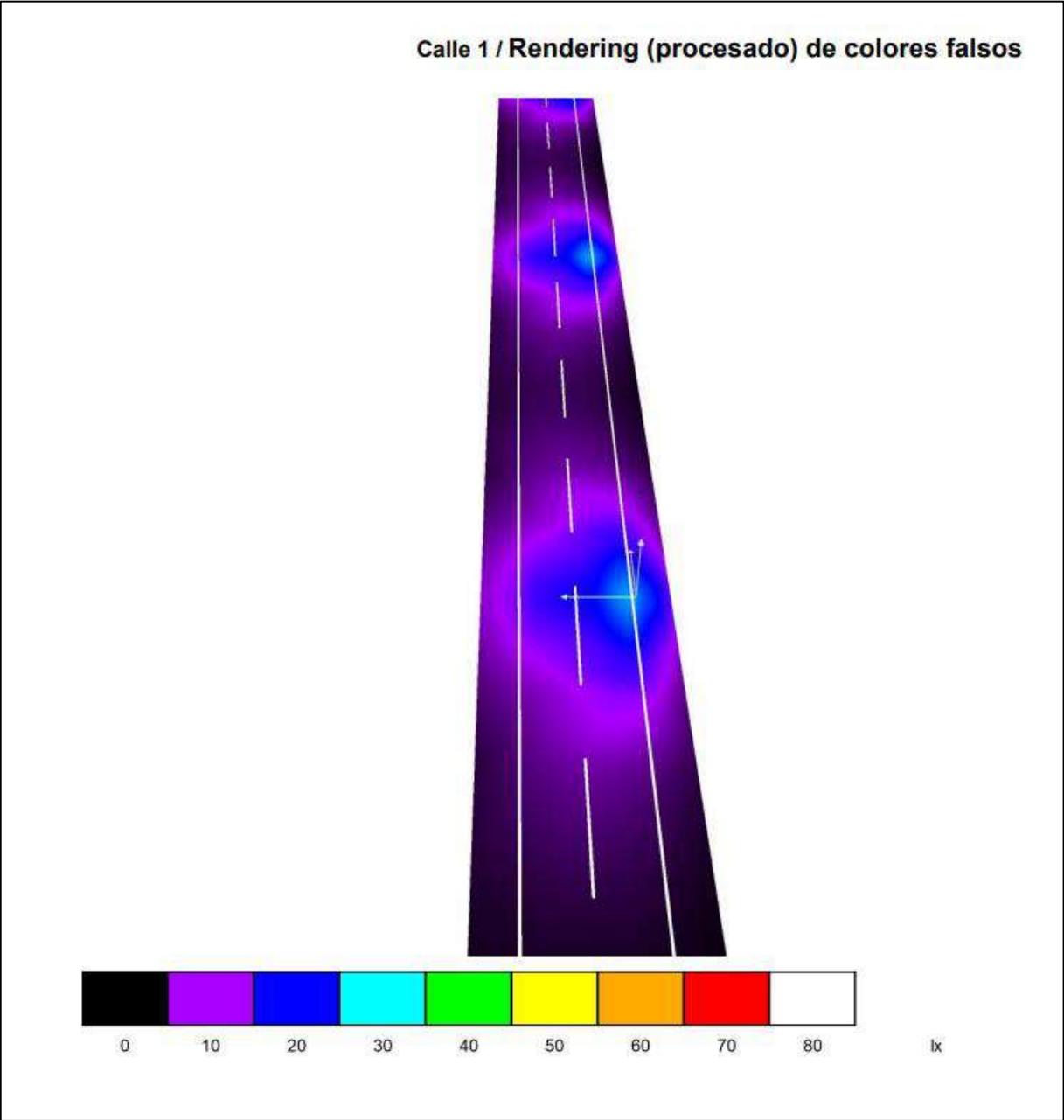
Estos trabajos de obra serán realizados por Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León y la operación y mantenimiento del sistema de alumbrado público está a cargo de la Dirección de Mantenimiento Urbano de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León. Las características de cada uno de los componentes se describen a continuación.

**TABLA 25.** COMPONENTES DEL PROGRAMA DE INVERSIÓN

COMPONENTES /SUBCOMPONENTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Luminarias LED 74 W	SUMINISTRO Y COLOCACION EN JORNADA NOCTURNA DE LUMINARIO PARA VIALIDAD TIPO LED DE 74 WATTS, CAPSULA DE FUNDICIÓN DE ALUMINIO ACABADO EN PINTURA POLIESTER, APLICADA ELECTROSTÁTICAMENTE, CON PROTECCIÓN IP65 COMPLETAMENTE SELLADO A PRUEBA DE POLVO Y HUMEDAD, EQUIPADO CON LEDS DE ALTA EFICIENCIA, CON UNA EFICACIA DE AL MENOS 105 Lm/W Y CON 50,000 HRS. DE VIDA, IRC 70, TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA (TCC) SE ACEPTARÁ EN SU VALOR NOMINAL ENTRE 4000K Y 5000K CON LOS INTERVALOS DE TOLERANCIA QUE ESTABLECE LA NOM-031-ENER-2012, DRIVER INTEGRADO, DISTRIBUCIÓN TIPO ROADWAY ASIMÉTRICA CURVA 2, Y CONTROLADOR MULTIVOLTAJE (120-277) ATENUABLE DE 0 A 10, INCLUYE RECEPTÁCULO DE 7 PINES PARA FOTOCELDA CON TAPA CORTACIRCUITO, CON BLOQUE DE TERMINALES DE CONEXIÓN DENTRO DE LA CARCASA PARA CABLE CALIBRE 10 AWG, CON PROTECCION CONTRA SOBRES TENSIONES DE 10 KA Y 10 K	6,849
Luminarias LED 120 W	SUMINISTRO Y COLOCACION EN JORNADA NOCTURNA DE LUMINARIO PARA VIALIDAD TIPO LED DE 120 WATTS, CAPSULA DE FUNDICIÓN DE ALUMINIO ACABADO EN PINTURA POLIESTER, APLICADA ELECTROSTÁTICAMENTE, CON PROTECCIÓN IP65 COMPLETAMENTE SELLADO A PRUEBA DE POLVO Y HUMEDAD, EQUIPADO CON LEDS DE ALTA EFICIENCIA, CON UNA EFICACIA LUMÍNICA DE AL MENOS 105 Lm/W, Y CON 50,000 HRS. DE VIDA, IRC 70 TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA (TCC) SE ACEPTARÁ EN SU VALOR NOMINAL ENTRE 4000K Y 5000K CON LOS INTERVALOS DE TOLERANCIA QUE ESTABLECE LA NOM-031-ENER-2012, DRIVER INTEGRADO, DISTRIBUCIÓN TIPO ROADWAY ASIMÉTRICA CURVA 2, Y CONTROLADOR MULTIVOLTAJE (120-277) ATENUABLE DE 0 A 10, INCLUYE RECEPTÁCULO DE 7 PINES PARA FOTOCELDA CON TAPA CORTACIRCUITO, CON BLOQUE DE TERMINALES DE CONEXIÓN DENTRO DE LA CARCASA PARA CABLE CALIBRE 10 AWG, CON PROTECCION CONTRA SOBRES TENSIONES DE 10 KA Y 10 KV	108
Postes	SUMINISTRO Y COLOCACION DE POSTE CONICO CIRCULAR DE 5.00 MTS. FABRICADO CON LAMINA CALIBRE 11 MARCA POLESA O SIMILAR EN CALIDAD Y PRECIO	628
Componentes electrónicos y partes estructurales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ABRAZADERA 1BS Y 2 BS CON PROTOCOLO DE LAPEM, NORMA CFE</li> <li>- BRAZO DE FIERRO GALV. POR INMERSION EN CALIENTE DE 1.5m DE ALTO POR 1.8m DE LARGO, DE 38 MM DE DIAMETRO</li> <li>- CABLE MÚLTIPLE DE DISTRIBUCIÓN AÉREA TIPO AAC-ACSR (2+1) CAL. 4 AWG, CABLE DE COBRE THW CAL. 10 AWG</li> <li>- ESTRUCTURA PARA ALUMBRADO TIPO "1P3" e "1R3"</li> <li>- BAJANTE A TIERRA EN TERMINACION DE CIRCUITO DE ALUMBRADO PUBLICO</li> <li>- BAJANTE A TIERRA EN TERMINACION DE CIRCUITO DE ALUMBRADO PUBLICO</li> <li>- EQUIPO DE CONTROL DE ALUMBRADO PÚBLICO</li> <li>- EQUIPO DE MEDICIÓN DE C.F.E. PARA ALUMBRADO PÚBLICO</li> <li>- FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4" CAL. 22</li> </ul>	394,874
Gastos Generales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- JUEGOS DE PLANOS ELECTRICOS AS BUILT</li> <li>- UBICACIÓN GEOREFERENCIADA DE CADA UNO DE LOS LUMINARIOS Y EQUIPOS DE CONTROL INSTALADOS</li> </ul>	7,026

Fuentes: Proyecto ejecutivo

Figura 10. ILUMINACIÓN EN VIALIDADES



Fuente: Renders y planos del proyecto Ejecutivo

## b) Alineación estratégica

**TABLA 26.** ALINEACIÓN ESTRATÉGICA DEL PROYECTO

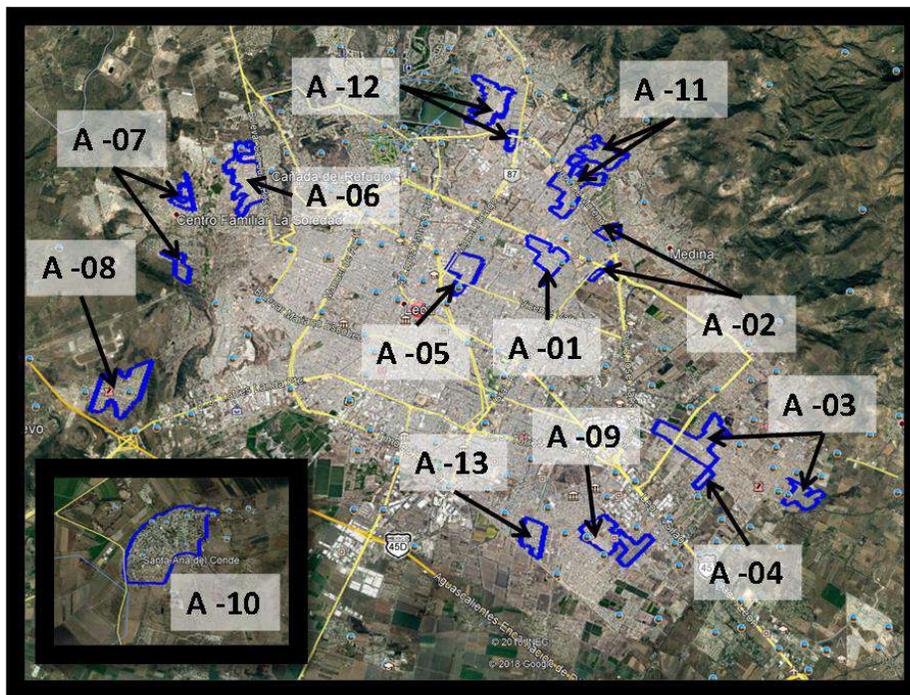
PROGRAMA(S) RELACIONADO(S)	OBJETIVO(S)	PROGRAMAS
<p><b>Plan Nacional de Desarrollo: 2019-2024</b></p>	<p><b>II. POLÍTICA SOCIAL</b></p> <p><b>Construir un país con bienestar</b></p> <p>Para edificar el bienestar de las mayorías se requería de una <b>fuerte presencia del sector público</b> en la economía, de enérgicas políticas recaudatorias y de una intervención estatal que moderara las enormes desigualdades sociales.</p> <p><b>Desarrollo sostenible</b></p> <p>El gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar. Se le define como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.</p>	<p><b>8. Desarrollo Urbano y Vivienda.</b> Se realizarán obras de <b>rehabilitación y/o mejoramiento de espacios públicos.</b></p> <p>La vivienda social será una prioridad y se realizarán <b>miles de acciones de mejoramiento</b>, ampliación y sustitución de vivienda.</p>
<p><b>Programa Sectorial de Energía 2013-2018 (vigente a la fecha)</b></p>	<p><b>Estrategia 5.2</b></p> <p>Promover el <b>aprovechamiento sustentable de la energía</b> en todos sus procesos y actividades desde la exploración hasta el consumo.</p>	<p>5.2.2 Desarrollar y establecer programas, <b>proyecto</b> y actividades de <b>transición y eficiencia energética</b>, para ahorrar energía y reducir emisiones.</p>
<p><b>Programa de Gobierno Municipal de León, Guanajuato 2018-2021</b></p>	<p><b>NODO 1:</b> León Seguro e Incluyente</p> <p><b>ESTRATEGIA:</b> Desarrollo social y comunitario en un entorno seguro</p>	<p><b>PROGRAMA ALUMBRA LÉON</b></p> <p>Favorecer la seguridad del entorno con mayor iluminación, mediante la ampliación y rehabilitación del sistema de alumbrado público en las vialidades y espacios públicos del municipio.</p> <p>Indicadores: Porcentaje de modernización del alumbrado público existente en la zona urbana</p>

**Fuentes:** Elaboración propia con base en información pública

### c) Localización geográfica

El programa de modernización de alumbrado comprende un total de 13 áreas geográficas integradas por 69 colonias. Estas acciones se realizarán geográficamente en el municipio de León de los Aldama, en el estado de Guanajuato.

**Figura 11.** UBICACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO



**Fuente:** Elaboración propia con base en Google Maps y proyecto ejecutivo

La ubicación del centroide de cada colonia se presenta en la siguiente tabla.

**TABLA 27.** GEORREFERENCIACIÓN DE ZONAS EN ANÁLISIS

CLAVE	ÁREA	COLONIA	COORDENADAS EN GRADOS DECIMALES
A01-01	Área 01	Presidentes de México	21.142757, -101.650365
A01-02		Benito Juárez	21.140750, -101.648919

CLAVE	ÁREA	COLONIA	COORDENADAS EN GRADOS DECIMALES
A01-03		Unidad Deportiva II	21.145794, -101.654650
A02-04	Área 02	Ampliación León I	21.150586, -101.636449
A02-05		Prado Hermoso	21.141165, -101.637471
A03-06	Área 03	Paseos del Molino	21.099990, -101.609481
A03-07		Agua Azul	21.104254, -101.614952
A03-08		Agua Azul III	21.105101, -101.616138
A03-09		Brisas del Carmen	21.108023, -101.602757
A03-10		Brisas de San Nicolás	21.103706, -101.605023
A03-11		Villas de Nuestra Señora de la Luz, secciones II y III	21.094082, -101.580307
A04-12	Área 04	San Francisco	21.094667, -101.604583
A05-13	Área 05	La Brisa	21.132237, -101.674233
A05-14		San Agustín	21.137085, -101.674756
A05-15		El Retiro	21.138869, -101.670579
A05-16		Popular Anaya	21.137015, -101.668860
A06-17	Área 06	La Ermita	21.153089, -101.733559
A06-18		Fraccionamiento Lomas del Mirador	21.154805, -101.734125
A06-19		Lomas del Mirador	21.155440, -101.735560
A06-20		Paseos del Country	21.158414, -101.736559
A06-21		Colinas de la Fragua	21.153461, -101.738639
A06-22		Observatorio dos	21.145061, -101.731076
A07-23	Área 07	Sinarquistas	21.144102, -101.748199
A07-24		Convive	21.125055, -101.743366
A07-25		Colinas la Hacienda	21.128045, -101.744922
A07-26		La Fragua	21.141789, -101.750463
A08-27	Área 08	Jacinto López (Incluye Periodistas mexicanos)	21.092826, -101.752809
A09-28	Área 09	Valle Real I	21.078730, -101.616868
A09-29		Valle Real II	21.074126, -101.620772
A09-30		Real de Jerez	21.078867, -101.632068
A09-31		Real Delta	21.080987, -101.625471
A09-32		Delta Dosmil	21.075802, -101.627006
A09-33		Paseos de la Castellana	21.078555, -101.626219
A09-34		Mezquital 2000	21.085977, -101.620763
A09-35	Valle de Maguey	21.078941, -101.622371	
A10-36	Área 10	Comunidad Santa Ana del Conde	20.958008, -101.580107
A10-37		Comunidad Benito Juárez	20.959832, -101.575690
A10-38		Comunidad Miguel Hidalgo	20.953212, -101.579125
A11-39	Área 11	Valle de Señora II	21.157645, -101.649459
A11-40		San José del Consuelo II	21.154325, -101.650180
A11-41		Real de San José	21.160394, -101.649236
A11-42		C H. San José	21.160488, -101.647709

CLAVE	ÁREA	COLONIA	COORDENADAS EN GRADOS DECIMALES	
A11-43		Misión de San José	21.161891, -101.645917	
A11-44		Los Manantiales	21.164905, -101.641012	
A11-45		Habitacional Coecillo	21.165000, -101.644364	
A11-46		Los Murales I	21.165654, -101.648003	
A11-47		Los Murales II	21.169035, -101.648881	
A11-48		El Condado	21.161278, -101.651238	
A11-49		El Consuelo	21.162066, -101.652132	
A11-50		Valle del Consuelo II	21.174669, -101.642794	
A11-51		El Valladito (Incluye Col. Antenas de Arriba)	21.173912, -101.642025	
A11-52		Las Presitas del Consuelo	21.171778, -101.639903	
A11-53		Las Presitas I	21.172051, -101.636805	
A11-54		Las Presitas II	21.172223, -101.635004	
A11-55		Lomas de Presitas	21.171272, -101.635652	
A11-56		8 de Marzo (Incluye Col. San Nicolás de los Reyes)	21.169498, -101.638381	
A11-57		San Pablo	21.171195, -101.645438	
A12-58		Área 12	Ciudad Aurora	21.171180, -101.666407
A12-59			Ribera de la Presa	21.176391, -101.674143
A12-60	Privada Echeveste		21.178193, -101.669504	
A12-61	Canteritas de Echeveste		21.181845, -101.669897	
A12-62	Echeveste dos mil		21.181135, -101.665867	
A12-63	Jardines de Echeveste		21.184513, -101.669687	
A12-64	Ribera de la Presa Country		21.178846, -101.676431	
A12-65	Valle Hermoso II, III Y IV		21.182834, -101.673704	
A12-66	Valle Hermoso I y V		21.186796, -101.677050	
A12-67	San Nicolás del Palote I y II		21.187093, -101.675699	
A13-68	Área 13	La Moreña	21.076052, -101.645812	
A13-69		Villas de León	21.074723, -101.642967	

Fuentes: Elaboración Propia con base en proyecto ejecutivo

## d) Calendario de actividades

Para la ejecución del proyecto se tiene contemplado un plazo de 6 meses. Los trabajos de obra serán realizados por Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León en el año 2019.

**TABLA 28.** CALENDARIO DEL PROYECTO (AVANCE FINANCIERO CON IVA INCLUIDO)

AVANCE\MES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
FÍSICO	5%	10%	20%	30%	32%	3%
FINANCIERO	\$4,631,220.00	\$9,262,440.00	\$18,524,880.01	\$27,787,320.01	\$29,639,808.01	\$2,778,732.00
AVANCE\MES	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
FÍSICO						
FINANCIERO						
<b>Total</b>						<b>\$92,624,400.04</b>

Fuentes: Elaboración Propia con base en proyecto ejecutivo

### e) Monto total de inversión

El monto total de inversión es de \$92.62 mdp (IVA incluido) incluyendo la inversión en luminarias, postes, cableado, componente eléctricos y gastos generales.

**TABLA 29.** MONTO TOTAL DE INVERSIÓN (MONTO CON IVA A PESOS)

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PU	MONTO
LED 74 W	PZA	6,849	\$7,695.63	\$52,707,358.75
LED 120 W	PZA	108	\$8,342.27	\$900,965.44
POSTE	PZA	628	\$6,083.58	\$3,820,485.45
<b>COMPONENTES ELECTRÓNICOS</b>				
ABRAZADERA	PZA	3,891	\$111.32	\$433,154.38
BRAZO	PZA	3,892	\$508.71	\$1,979,915.60
CABLE	ML	354,224	\$28.57	\$10,118,817.63
ESTRUCTURA	PZA	6,454	\$652.71	\$4,212,586.19
BAJANTE A TIERRA	PZA	1,765	\$1,002.21	\$1,768,896.81
CONECTORES	PZA	22,295	\$36.27	\$808,536.31
EQUIPO DE CONTROL	JGO	354	\$4,259.50	\$1,507,863.00
EQUIPO DE MEDICIÓN	JGO	354	\$1,953.94	\$691,694.76
FLEJE	PZA	1,645	\$13.86	\$22,801.14
<b>GASTOS GENERALES</b>				
PLANOS ELECTRICOS	PZA	69	\$10,500.00	\$724,500.00
REGISTRO GEOREFERENCIADO	PZA	6,957	\$21.71	\$151,045.26
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$79,848,620.72</b>
IVA				\$12,775,779.32
<b>TOTAL</b>				<b>\$92,624,400.04</b>

Fuentes: Elaboración propia con base en datos del proyecto Ejecutivo

## f) Fuentes de financiamiento

**TABLA 30.** DESGLOSE DE LA INVERSIÓN (PESOS CON IVA)

FUENTE DE LOS RECURSOS	PROCEDENCIA	MONTO	PORCENTAJE
1. Federales			
2. Estatales			
3. Municipales	Fondo de Aportaciones para el Fortalecimiento de los Municipios (FORTAMUN)	\$92,624,400.04	100%
4. Fideicomisos			
5. Otros			
<b>Total</b>		<b>\$92,624,400.04</b>	<b>100%</b>

**Fuentes:** Elaboración propia con base en datos del proyecto Ejecutivo

## g) Capacidad instalada

En la zona en análisis se han contabilizado un total de 6,064 luminarias que utilizan vapor de sodio de alta presión, así como un faltante de 893 lámparas.

Se identifica que en la situación sin proyecto se tiene una potencia promedio ponderada por PDL de 150 W con el total de 6,064 luminarias, con un consumo de 4,650 megawatts al año. Y con una capacidad de iluminancia de 68,500 lux.

Con el proyecto, la capacidad del sistema será de 6,957 luminarias y una potencia promedio ponderada por PDL de 76 W, lo que implica una reducción del consumo a 2,309 megawatts al año, con una capacidad de iluminancia de 104,970 lux, como se puede apreciar a continuación.

**TABLA 31.** COMPARATIVA DE CAPACIDAD INSTALADA CON Y SIN PROYECTO

SITUACIÓN	PDL	POTENCIA PROMEDIO* (W)	CONSUMO ANUAL (kwh al año)	ILUMINANCIA (LUX)
SITUACIÓN SIN PROYECTO	6,064	150	4,650,039	68,500
SITUACIÓN CON PROYECTO	6,957	76	2,309,548	104,970
<b>DIFERENCIAS</b>	<b>893</b>	<b>-74</b>	<b>-2,340,491</b>	<b>36,470</b>

**Fuente:** Estimación a partir de información de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León. Nota: \*Potencia promedio ponderado por PDL

De manera que con el proyecto aumentará el número de PDL en 15%, se reducirá el consumo de energía en 50% y la iluminancia incrementará en un 53%.

## h) Metas anuales y totales de producción

**TABLA 32.** Metas Totales de Producción por Tipo de Proyecto

TIPO DE COMPONENTE	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	AÑO
LED 74 W	pdl	6,849	2019
LED 120 W	pdl	108	2019
POSTE	Pza	628	2019
COMPONENTES ELECTRÓNICOS	Pza	394,874	2019

Fuentes: Elaboración propia

## i) Vida útil

**TABLA 33.** VIDA ÚTIL DEL PROYECTO

VIDA ÚTIL DEL PPI	
Vida útil en años	20

Fuentes: Elaboración propia

## j) Descripción de los aspectos más relevantes

### *Estudios técnicos*

Los estudios técnicos se encuentran realizados y validados. Se realizó el Diseño, Gerenciamiento y Asesoría para el proyecto de la 3ª Etapa de la Rehabilitación Integral Sistema de Alumbrado Público, León Gto.

Se incluyeron además estudios luxométricos con los cálculos lumínicos realizados con el programa Dialux.

Con fecha 20 de junio de 2018, mediante oficio DGOP/DMU/OF-108/2018, la Dirección de Mantenimiento Urbano del Municipio de León validaron los estudios técnicos.

### *Estudios legales*

La obra se realiza sobre las vialidades urbanas, de esta forma, no es necesario adquirir derechos de vía, ni de realizar ningún tipo de expropiación de demanda algún análisis jurídico.

### ***Estudios ambientales***

Debido a que el proyecto consiste en la sustitución de tecnología de alumbrado público, y a que el servicio ya se ha venido ofreciendo durante muchos años, no se requiere de algún estudio de impacto ambiental o estudio técnico justificativo. Por el contrario, y dado que según datos del CFE alrededor del 52% de la energía producida en México proviene de plantas termoeléctricas o de ciclo combinado que requiere de la combustión de fuentes fósiles, el proyecto contribuirá a una disminución de dichos contaminantes.

### ***Estudios de mercado***

El programa de modernización se realiza sobre la infraestructura existente de alumbrado de cada municipio, con cifras de acuerdo al Censo de Alumbrado Público realizado por la Comisión Federal de Electricidad en Noviembre de 2017.

### ***Estudios Específicos***

No se cuenta con otro tipo de estudios.

## **k) Análisis de la Oferta**

En la Situación Sin Proyecto se identificaba un faltante de PDL y que se subsana gracias al proyecto. Con el proyecto se instalarán luminarias LED que permitirán mejorar las condiciones de iluminación, es decir, incrementan los Lux.

Las zonas en análisis son 69 colonias, donde se instalarán 6,957 PDL led en vialidades secundarias con 2 carriles y un ancho de arroyo vehicular de 7 m. en promedio. Con ello, los lux incrementarán a 15.09 en promedio por PDL.

**TABLA 34.** CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA OFERTA EN LA SITUACIÓN CON PROYECTO

CLAVE	COLONIA	PDL 74W	PDL 120 W	ANCHO DE VÍA (m)	TIPO LUM	OFERTA (LUX PROMEDIO POR PDL)
A01-01	Presidentes de México	171	0	7	LED	13.2
A01-02	Benito Juárez	101	0	7	LED	13.2
A01-03	Unidad Deportiva II	132	0	7	LED	14.8
A02-04	Ampliación León I	91	0	7	LED	14.8
A02-05	Prado Hermoso	104	0	7	LED	15.9
A03-06	Paseos del Molino	301	0	7	LED	15.9
A03-07	Agua Azul	237	0	7	LED	14.8
A03-08	Agua Azul III	38	0	7	LED	14.8
A03-09	Brisas del Carmen	184	0	7	LED	14.8
A03-10	Brisas de San Nicolás	77	7	7	LED	15.9
A03-11	Villas de Nuestra Señora de la Luz, secciones II y III	340	0	7	LED	15.9
A04-12	San Francisco	56	0	7	LED	13.2
A05-13	La Brisa	114	0	7	LED	14.8
A05-14	San Agustín	105	0	7	LED	14.8
A05-15	El Retiro	133	0	7	LED	14.8
A05-16	Popular Anaya	99	0	7	LED	14.8
A06-17	La Ermita	243	2	7	LED	14.8
A06-18	Fraccionamiento Lomas del Mirador	9	0	7	LED	15.9
A06-19	Lomas del Mirador	193	0	7	LED	15.9
A06-20	Paseos del Country	118	0	7	LED	15.9
A06-21	Colinas de la Fragua	74	12	7	LED	15.9
A06-22	Observatorio dos	104	28	7	LED	14.8
A07-23	Sinarquistas	177	0	7	LED	13.2
A07-24	Convive	117	0	7	LED	13.2
A07-25	Colinas la Hacienda	60	0	7	LED	13.2
A07-26	La Fragua	53	0	7	LED	14.8
A08-27	Jacinto López (Incluye Periodistas mexicanos)	430	0	7	LED	13.2
A09-28	Valle Real I	155	0	7	LED	15.9
A09-29	Valle Real II	64	5	7	LED	15.9
A09-30	Real de Jerez	44	0	7	LED	14.8
A09-31	Real Delta	89	54	7	LED	15.9
A09-32	Delta Dosmil	137	0	7	LED	16.8
A09-33	Paseos de la Castellana	101	0	7	LED	15.9
A09-34	Mezquital 2000	77	0	7	LED	15.9
A09-35	Valle de Maguey	54	0	7	LED	15.9
A10-36	Comunidad Santa Ana del Conde	98	0	7	LED	13.2
A10-37	Comunidad Benito Juárez	62	0	7	LED	13.2
A10-38	Comunidad Miguel Hidalgo	63	0	7	LED	13.2
A11-39	Valle de Señora II	32	0	7	LED	16.8
A11-40	San José del Consuelo II	135	0	7	LED	15.9

CLAVE	COLONIA	PDL 74W	PDL 120 W	ANCHO DE VÍA (m)	TIPO LUM	OFERTA (LUX PROMEDIO POR PDL)
A11-41	Real de San José	38	0	7	LED	16.8
A11-42	C H. San José	16	0	7	LED	16.8
A11-43	Misión de San José	72	0	7	LED	15.9
A11-44	Los Manantiales	71	0	7	LED	15.9
A11-45	Habitacional Coecillo	66	0	7	LED	15.9
A11-46	Los Murales I	68	0	7	LED	16.8
A11-47	Los Murales II	44	0	7	LED	16.8
A11-48	El Condado	122	0	7	LED	15.9
A11-49	El Consuelo	37	0	7	LED	15.9
A11-50	Valle del Consuelo II	12	0	7	LED	14.8
A11-51	El Valladito (Incluye Col. Antenas de Arriba)	54	0	7	LED	14.8
A11-52	Las Presitas del Consuelo	38	0	7	LED	14.8
A11-53	Las Presitas I	23	0	7	LED	15.9
A11-54	Las Presitas II	3	0	7	LED	15.9
A11-55	Lomas de Presitas	17	0	7	LED	14.8
A11-56	8 de Marzo (Incluye Col. San Nicolás de los Reyes)	51	0	7	LED	14.8
A11-57	San Pablo	86	0	7	LED	15.9
A12-58	Ciudad Aurora	153	0	7	LED	15.9
A12-59	Ribera de la Presa	143	0	7	LED	15.9
A12-60	Privada Echeveste	16	0	7	LED	16.8
A12-61	Canteritas de Echeveste	37	0	7	LED	15.9
A12-62	Echeveste dos mil	49	0	7	LED	15.9
A12-63	Jardines de Echeveste	69	0	7	LED	15.9
A12-64	Ribera de la Presa Country	54	0	7	LED	13.2
A12-65	Valle Hermoso II, III Y IV	145	0	7	LED	14.8
A12-66	Valle Hermoso I y V	52	0	7	LED	14.8
A12-67	San Nicolás del Palote I y II	35	0	7	LED	14.8
A13-68	La Moreña	128	0	7	LED	15.9
A13-69	Villas de León	178	0	7	LED	15.9
	<b>TOTAL</b>	<b>6,849</b>	<b>108</b>	<b>7</b>	<b>LED</b>	<b>15.09*</b>

**Fuente:** Proyecto ejecutivo realizado a través de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

## I) Análisis de la Demanda

Las condiciones de demanda en la Situación Con Proyecto, son las mismas de la Situación Actual, y se pueden apreciar a continuación:

TABLA 35. DEMANDAD DE PDL E ILUMINANCIA EN LUX EN LA SITUACIÓN CON PROYECTO

CLAVE	DEMANDA	
	PDL	LUX (PROMEDIO POR PDL)
A01-01	171	13.20
A01-02	101	13.20
A01-03	132	14.80
A02-04	91	14.80
A02-05	104	15.90
A03-06	301	15.90
A03-07	237	14.80
A03-08	38	14.80
A03-09	184	14.80
A03-10	84	15.90
A03-11	340	15.90
A04-12	56	13.20
A05-13	114	14.80
A05-14	105	14.80
A05-15	133	14.80
A05-16	99	14.80
A06-17	245	14.80
A06-18	9	15.90
A06-19	193	15.90
A06-20	118	15.90
A06-21	86	15.90
A06-22	132	14.80
A07-23	177	13.20
A07-24	117	13.20
A07-25	60	13.20
A07-26	53	14.80
A08-27	430	13.20
A09-28	155	15.90
A09-29	69	15.90
A09-30	44	14.80
A09-31	143	15.90
A09-32	137	16.80
A09-33	101	15.90
A09-34	77	15.90
A09-35	54	15.90
A10-36	98	13.20
A10-37	62	13.20
A10-38	63	13.20
A11-39	32	16.80
A11-40	135	15.90

CLAVE	DEMANDA	
	PDL	LUX (PROMEDIO POR PDL)
A11-41	38	16.80
A11-42	16	16.80
A11-43	72	15.90
A11-44	71	15.90
A11-45	66	15.90
A11-46	68	16.80
A11-47	44	16.80
A11-48	122	15.90
A11-49	37	15.90
A11-50	12	14.80
A11-51	54	14.80
A11-52	38	14.80
A11-53	23	15.90
A11-54	3	15.90
A11-55	17	14.80
A11-56	51	14.80
A11-57	86	15.90
A12-58	153	15.90
A12-59	143	15.90
A12-60	16	16.80
A12-61	37	15.90
A12-62	49	15.90
A12-63	69	15.90
A12-64	54	13.20
A12-65	145	14.80
A12-66	52	14.80
A12-67	35	14.80
A13-68	128	15.90
A13-69	178	15.90
<b>TOTAL</b>	<b>6957</b>	<b>15.09*</b>

**Fuente:** Proyecto ejecutivo o realizado a través de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

### m) Interacción Oferta-Demanda

El balance Oferta Demanda es el que se aprecia a continuación:

TABLA 36. INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA DE PDL E ILUMINANCIA EN LUX CON PROYECTO

CLAVE	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
A01-01	171	171	-	13.20	13.20	-
A01-02	101	101	-	13.20	13.20	-
A01-03	132	132	-	14.80	14.80	-
A02-04	91	91	-	14.80	14.80	-
A02-05	104	104	-	15.90	15.90	-
A03-06	301	301	-	15.90	15.90	-
A03-07	237	237	-	14.80	14.80	-
A03-08	38	38	-	14.80	14.80	-
A03-09	184	184	-	14.80	14.80	-
A03-10	84	84	-	15.90	15.90	-
A03-11	340	340	-	15.90	15.90	-
A04-12	56	56	-	13.20	13.20	-
A05-13	114	114	-	14.80	14.80	-
A05-14	105	105	-	14.80	14.80	-
A05-15	133	133	-	14.80	14.80	-
A05-16	99	99	-	14.80	14.80	-
A06-17	245	245	-	14.80	14.80	-
A06-18	9	9	-	15.90	15.90	-
A06-19	193	193	-	15.90	15.90	-
A06-20	118	118	-	15.90	15.90	-
A06-21	86	86	-	15.90	15.90	-
A06-22	132	132	-	14.80	14.80	-
A07-23	177	177	-	13.20	13.20	-
A07-24	117	117	-	13.20	13.20	-
A07-25	60	60	-	13.20	13.20	-
A07-26	53	53	-	14.80	14.80	-
A08-27	430	430	-	13.20	13.20	-
A09-28	155	155	-	15.90	15.90	-
A09-29	69	69	-	15.90	15.90	-
A09-30	44	44	-	14.80	14.80	-
A09-31	143	143	-	15.90	15.90	-
A09-32	137	137	-	16.80	16.80	-
A09-33	101	101	-	15.90	15.90	-
A09-34	77	77	-	15.90	15.90	-
A09-35	54	54	-	15.90	15.90	-
A10-36	98	98	-	13.20	13.20	-
A10-37	62	62	-	13.20	13.20	-
A10-38	63	63	-	13.20	13.20	-
A11-39	32	32	-	16.80	16.80	-
A11-40	135	135	-	15.90	15.90	-
A11-41	38	38	-	16.80	16.80	-
A11-42	16	16	-	16.80	16.80	-
A11-43	72	72	-	15.90	15.90	-
A11-44	71	71	-	15.90	15.90	-

CLAVE	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
A11-45	66	66	-	15.90	15.90	-
A11-46	68	68	-	16.80	16.80	-
A11-47	44	44	-	16.80	16.80	-
A11-48	122	122	-	15.90	15.90	-
A11-49	37	37	-	15.90	15.90	-
A11-50	12	12	-	14.80	14.80	-
A11-51	54	54	-	14.80	14.80	-
A11-52	38	38	-	14.80	14.80	-
A11-53	23	23	-	15.90	15.90	-
A11-54	3	3	-	15.90	15.90	-
A11-55	17	17	-	14.80	14.80	-
A11-56	51	51	-	14.80	14.80	-
A11-57	86	86	-	15.90	15.90	-
A12-58	153	153	-	15.90	15.90	-
A12-59	143	143	-	15.90	15.90	-
A12-60	16	16	-	16.80	16.80	-
A12-61	37	37	-	15.90	15.90	-
A12-62	49	49	-	15.90	15.90	-
A12-63	69	69	-	15.90	15.90	-
A12-64	54	54	-	13.20	13.20	-
A12-65	145	145	-	14.80	14.80	-
A12-66	52	52	-	14.80	14.80	-
A12-67	35	35	-	14.80	14.80	-
A13-68	128	128	-	15.90	15.90	-
A13-69	178	178	-	15.90	15.90	-
<b>TOTALES</b>	<b>6,957</b>	<b>6,957</b>	<b>-</b>	<b>15.09</b>	<b>15.09</b>	<b>-</b>

**Fuente:** Elaboración con información del Proyecto Ejecutivo realizado a través de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

La NOM-013-ENER-2013 establece los valores mínimos de iluminancia y máximos de uso de energía. Considerando el número de carriles con un ancho de 3.5m c/u, sin banquetas, se estimó una superficie mínima a iluminar. Y analizando la relación entre el consumo de energía en w de cada vialidad y la superficie en m<sup>2</sup>, se observa dicho parámetro en la situaciones sin proyecto es de 0.84, superando el máximo establecido por la norma de 0.64 w/m<sup>2</sup>. En tanto, en la situación con proyecto estos parámetros son adecuados, ubicándose en 0.29 w/m<sup>2</sup>.

Por otro lado, la distancia interpostal promedio se calculó considerando el número de PDL y la longitud de cada vialidad en análisis, de forma general un parámetro aceptable sería entre 30 y 40 m de distancia interpostal. Este parámetro se estima adecuado para la situación con proyecto.

Y se observa que en cuanto a la iluminancia, en la situación con proyecto se rebasa el mínimo requerido, lo cual es un beneficio.

**TABLA 37.** COMPARACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS

CLAVE	SUPERFICIE ILUMINAD APROMEDIO (m2/PDL)	DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA w/m2)	DISTANCIA INTERPOSTAL PROMEDIO (m)	ILUMINANCIA MÍNIMA PROMEDIO (LUX)
A01-01	315	0.26	31	13.2
A01-02	315	0.26	31	13.2
A01-03	294	0.28	29	14.8
A02-04	280	0.29	30	14.8
A02-05	312	0.26	27	15.9
A03-06	280	0.29	28	15.9
A03-07	294	0.28	29	14.8
A03-08	294	0.28	29	14.8
A03-09	294	0.28	29	14.8
A03-10	280	0.31	28	15.9
A03-11	280	0.29	28	15.9
A04-12	306	0.27	32	13.2
A05-13	280	0.29	30	14.8
A05-14	273	0.30	29	14.8
A05-15	273	0.30	29	14.8
A05-16	280	0.29	30	14.8
A06-17	301	0.27	30	14.8
A06-18	287	0.28	33	15.9
A06-19	287	0.28	29	15.9
A06-20	273	0.30	27	15.9
A06-21	287	0.31	29	15.9
A06-22	301	0.31	31	14.8
A07-23	315	0.26	31	13.2
A07-24	336	0.24	33	13.2
A07-25	322	0.25	32	13.2
A07-26	294	0.28	29	14.8
A08-27	336	0.24	33	13.2
A09-28	287	0.28	29	15.9
A09-29	287	0.30	29	15.9
A09-30	294	0.28	29	14.8
A09-31	280	0.36	29	15.9
A09-32	252	0.32	25	16.8
A09-33	273	0.30	27	15.9
A09-34	273	0.30	27	15.9
A09-35	287	0.28	29	15.9

CLAVE	SUPERFICIE ILUMINADA PROMEDIO (m2/PDL)	DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA w/m2)	DISTANCIA INTERPOSTAL PROMEDIO (m)	ILUMINANCIA MÍNIMA PROMEDIO (LUX)
A10-36	288	0.28	31	13.2
A10-37	288	0.28	31	13.2
A10-38	288	0.28	31	13.2
A11-39	259	0.31	26	16.8
A11-40	273	0.30	27	15.9
A11-41	259	0.31	26	16.8
A11-42	216	0.38	25	16.8
A11-43	267	0.30	29	15.9
A11-44	280	0.29	28	15.9
A11-45	279	0.29	28	15.9
A11-46	245	0.33	24	16.8
A11-47	245	0.33	24	16.8
A11-48	287	0.28	28	15.9
A11-49	266	0.31	26	15.9
A11-50	294	0.28	28	14.8
A11-51	284	0.29	30	14.8
A11-52	308	0.26	31	14.8
A11-53	275	0.30	29	15.9
A11-54	275	0.30	33	15.9
A11-55	281	0.29	30	14.8
A11-56	294	0.28	29	14.8
A11-57	279	0.29	29	15.9
A12-58	266	0.31	26	15.9
A12-59	266	0.31	26	15.9
A12-60	223	0.37	25	16.8
A12-61	258	0.32	26	15.9
A12-62	266	0.31	27	15.9
A12-63	273	0.30	27	15.9
A12-64	329	0.25	33	13.2
A12-65	277	0.29	29	14.8
A12-66	277	0.29	29	14.8
A12-67	277	0.29	29	14.8
A13-68	273	0.30	27	15.9
A13-69	266	0.31	26	15.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>287.88</b>	<b>0.29</b>	<b>29.01</b>	<b>15.09</b>

Fuente: Estimación con información de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León y NOM

De manera que en promedio el DPEA es de 0.29 w/m<sup>2</sup>, superior al máximo establecido en la normatividad de 0.64 w/m<sup>2</sup>, de forma que **se cumple la NOM-013-Ener-2013 en cuanto a eficiencia energética e iluminancia (lux).**

### *Costos en la Situación con Proyecto*

La Dirección de Mantenimiento Urbano de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León tiene establecido los costos por punto de luz (PDL) a cargo del gasto corriente, conforme a lo siguiente:

- a) Costos fijos anuales por \$701,657.37 pesos con IVA en con tecnologías de bajo consumo (estimado en un prorrateo de \$86.95 por PDL más IVA para el total de luminarias en análisis). Estos conceptos incluyen sueldos y prestaciones de personal administrativo y técnico, uniformes, herramientas, insumos administrativos. Con una tecnología LED estos costos se reducen los costos, considerando que las herramientas presentan menor desgaste, se evitan horas extras al reducir las fallas.
- b) Costos variables anuales de \$37.26 pesos por PDL con tecnologías LED más IVA. Material electrónico y eléctrico, combustible e insumos administrativos atribuibles a las fallas e inspecciones nocturnas. Con una tecnología LED estos costos se reducen los costos considerando que la vida útil es mayor y las inspecciones nocturnas serían mínimas.
- c) Costos de monitoreo de \$864,000.00 pesos al año con IVA.
- d) Los costos de energía eléctrica se calculan multiplicando la potencia por el número de PDL, considerando 11.07 horas al día por 365 días al año. El precio por kwh de energía eléctrica corresponde a la tarifa de CFE para alumbrado público, que no está subsidiada y presenta IVA.

Además, las pérdidas del flujo de energía se reducen del 12% al 10% con la nueva infraestructura, y no se requiere el consumo de energía para el balastro. De manera que el consumo de energía se considera la potencia de 74 w para 6,849 PDL y 120 w para 108 PDL, así como pérdidas físicas del 10%. Lo cual representa un consumo de 82.19 w por PDL por hora y 2,309,457.81 kwh al año  $\{(6849 \text{ PDL} \times 74\text{w} + 108 \text{ PDL} \times 120\text{w}) \times 1.10 \times 365 \text{ días} \times 11:04^{13} \text{ horas al día} / 1000\}$ .

---

<sup>13</sup> 11:04 horas representa 664.50 min, que equivale a un factor de 11.06666 (664.50 min/60 min por h).

Con la realización del proyecto disminuye de forma importante el consumo de energía en 50% y aumenta la iluminación ofrecida en 53%. En la siguiente tabla se presentan los costos de energía, costos de operación y mantenimiento del área de estudio. Así como la energía eléctrica requerida para la operación de las 6,957 luminarias, la iluminancia medida en lux totales ofrecidos por el servicio de alumbrado público y la emisión de CO2 que se le atribuye a la energía consumida por las luminarias. El costo total en la situación con proyecto es de \$10.98 mdp. Esta situación implica que sólo por el costo de energía se estima un monto de \$8.74 mdp en el área de análisis.

**TABLA 38.** COSTOS TOTALES DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO (EN PESOS SIN IVA)

CONCEPTO	TOTAL ANUAL	COSTOS POR PDL
COSTO ANUAL DE ENERGÍA	\$8,746,257.55	\$1,257
COSTOS ANUAL DE OP Y MTTO	\$1,608,937.65	\$231
COSTO ANUAL DE EMISIONES CO2	\$633,273.62	\$91
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>	<b>\$10,988,468.81</b>	<b>\$1,579</b>
CONSUMO DE ENERGÍA (KWH/ AÑO)	2,309,548	332
ILUMINANCIA TOTAL (LUX)	104,970	15.09
EMISIONES DE CO2 (KG/AÑO)	1,217,132	175

**Fuente:** Estimación con datos de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

Con las consideraciones presentadas, el costo de operación promedio por luminaria en la situación con proyecto se estima en **\$1,579** pesos más IVA, presentando un ahorro del 50% en comparación a los **\$3.644** pesos de la situación sin proyecto.

**Asimismo, el déficit de iluminancia total se reduce de 36,470 lux a CERO lux, de manera que se abate el déficit por completo. Si se analiza el promedio por PDL, los lux en la situación con proyecto se estiman en 15.091 lux/PDL, que mejora en comparación con los 11.30 lux/PDL de la situación sin proyecto.**

**De igual forma, la emisión de CO2 se reduce de 2,450 ton/año a 1,217 ton/año.**

De esta manera se observa que en la situación con proyecto se presentarían condiciones adecuadas de iluminancia y de eficiencia energética, reduciendo de forma considerable los costos de operación y mantenimiento de alumbrado.

Por otro lado, para la proyección de la Situación Con Proyecto se consideran 2 elementos:  
a) las **pérdidas del flujo de energía** y b) la **depreciación luminosa**.

Las **pérdidas del flujo de energía** se estiman que presentan un incremento del 4% cada 5 años con respecto al valor inicial<sup>14</sup>. De manera que con el proyecto las pérdidas se ubican en 10% y se incrementarían 0.80% anualmente. Las pérdidas impactan en el consumo de energía, sus costos y en las emisiones de CO2, conforme a lo siguiente.

**TABLA 39.** ESTIMACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DEL FLUJO DE ENERGÍA Y COSTOS TOTALES EN LA SITUACIÓN CON PROYECTO

AÑO	CONSUMO EE	PÉRDIDAS DEL SISTEMA	COSTOS DE ENERGÍA	COSTOS ANUAL DE OP Y MTTO	COSTO ANUAL DE EMISIONES CO2	TOTAL COSTOS
	(kwh AL AÑO)	%	(\$/AÑO)	(\$/AÑO)	(\$/AÑO)	(\$/AÑO)
2019*						
2020	2,309,547.81	10.00%	\$8,746,257.55	\$1,608,937.65	\$633,273.62	<b>\$10,988,468.81</b>
2021	2,328,024.19	10.08%	\$8,816,227.61	\$1,608,937.65	\$638,339.81	<b>\$11,063,505.06</b>
2022	2,346,648.38	10.16%	\$8,886,757.43	\$1,608,937.65	\$643,446.53	<b>\$11,139,141.60</b>
2023	2,365,421.57	10.24%	\$8,957,851.49	\$1,608,937.65	\$648,594.10	<b>\$11,215,383.23</b>
2024	2,384,344.94	10.32%	\$9,029,514.30	\$1,608,937.65	\$653,782.85	<b>\$11,292,234.80</b>
2025	2,403,419.70	10.41%	\$9,101,750.41	\$1,608,937.65	\$659,013.12	<b>\$11,369,701.18</b>
2026	2,422,647.06	10.49%	\$9,174,564.42	\$1,608,937.65	\$664,285.22	<b>\$11,447,787.29</b>
2027	2,442,028.24	10.57%	\$9,247,960.93	\$1,608,937.65	\$669,599.50	<b>\$11,526,498.08</b>
2028	2,461,564.46	10.66%	\$9,321,944.62	\$1,608,937.65	\$674,956.30	<b>\$11,605,838.57</b>
2029	2,481,256.98	10.74%	\$9,396,520.18	\$1,608,937.65	\$680,355.95	<b>\$11,685,813.77</b>
2030	2,501,107.03	10.83%	\$9,471,692.34	\$1,608,937.65	\$685,798.80	<b>\$11,766,428.78</b>
2031	2,521,115.89	10.92%	\$9,547,465.88	\$1,608,937.65	\$691,285.19	<b>\$11,847,688.71</b>
2032	2,541,284.82	11.00%	\$9,623,845.60	\$1,608,937.65	\$696,815.47	<b>\$11,929,598.72</b>
2033	2,561,615.10	11.09%	\$9,700,836.37	\$1,608,937.65	\$702,389.99	<b>\$12,012,164.01</b>
2034	2,582,108.02	11.18%	\$9,778,443.06	\$1,608,937.65	\$708,009.11	<b>\$12,095,389.82</b>
2035	2,602,764.88	11.27%	\$9,856,670.60	\$1,608,937.65	\$713,673.19	<b>\$12,179,281.44</b>
2036	2,623,587.00	11.36%	\$9,935,523.97	\$1,608,937.65	\$719,382.57	<b>\$12,263,844.19</b>
2037	2,644,575.70	11.45%	\$10,015,008.16	\$1,608,937.65	\$725,137.63	<b>\$12,349,083.44</b>
2038	2,665,732.30	11.54%	\$10,095,128.23	\$1,608,937.65	\$730,938.73	<b>\$12,435,004.61</b>
2039	2,687,058.16	11.63%	\$10,175,889.25	\$1,608,937.65	\$736,786.24	<b>\$12,521,613.14</b>

Fuente: Estimación propia. \*2019 corresponde al periodo de inversión.

<sup>14</sup> Supuesto de evaluación, basado en

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/179572/161202 Informe de Labores Proyecto Nacion al.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/179572/161202_Informe_de_Labores_Proyecto_Nacion_al.pdf), 2019

Con las condiciones presentadas, los costos de operación del sistema de alumbrado público en las 60 colonias en análisis incrementarían año con año en una tasa creciente conforme a la estimación de pérdidas que varía entre el 0.68% anual en los años hasta el 0.70% anual.

En cuanto a la depreciación luminosa o la disminución de iluminancia por la exposición al medio ambiente de las lámparas de LED empiezan con una eficiencia luminoso del 100%, y este porcentaje disminuirá en el horizonte de análisis, al año 10 se detiene un poco con las reinversiones y sigue disminuyendo conforme a lo siguiente.

**TABLA 40.** ESTIMACIÓN DE LA DEPRECIACIÓN LUMINOSA E ILUMINANCIAS EN LA SITUACIÓN CON PROYECTO (LUX/PDL))

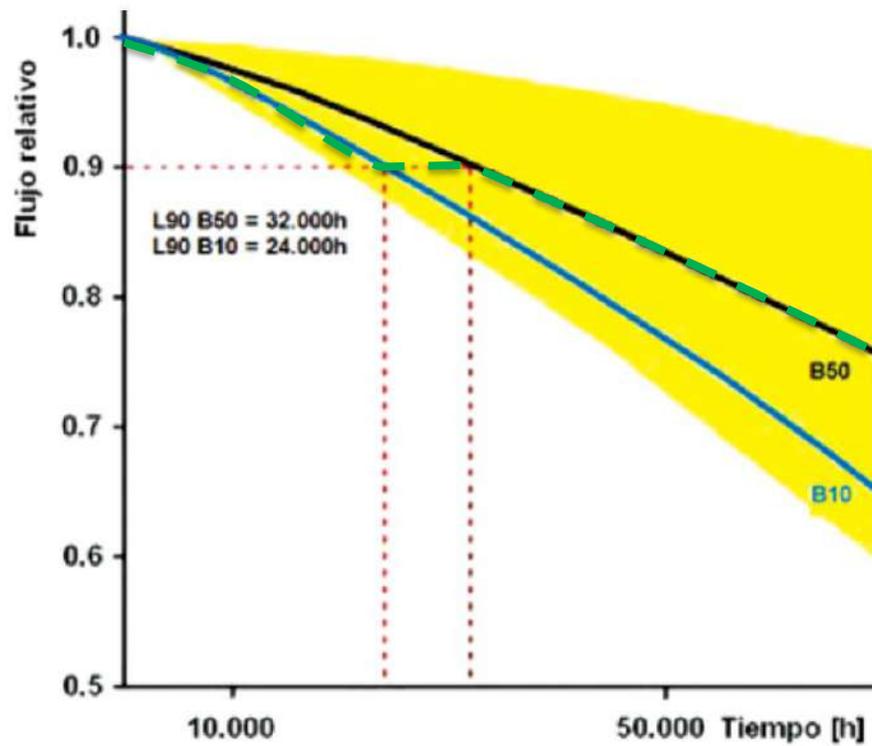
AÑO	SITUACIÓN SIN PROYECTO		BALANCE O-D (lux / PDL)		
	LUX PROMEDIO	EFICIENCIA LUMINOSA VSAP	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	BALANCE LUX
2019	15.09	100.00%	15.09	15.09	0.00
2020	15.09	100.00%	15.09	15.09	0.00
2021	14.97	99.20%	14.97	15.09	-0.12
2022	14.83	98.30%	14.83	15.09	-0.26
2023	14.68	97.30%	14.68	15.09	-0.41
2024	14.52	96.20%	14.52	15.09	-0.57
2025	14.33	95.00%	14.33	15.09	-0.75
2026	14.12	93.60%	14.12	15.09	-0.97
2027	13.90	92.10%	13.90	15.09	-1.19
2028	13.62	90.30%	13.62	15.09	-1.46
2029	13.62	90.30%	13.62	15.09	-1.46
2030	13.62	90.30%	13.62	15.09	-1.46
2031	13.50	89.50%	13.50	15.09	-1.58
2032	13.37	88.60%	13.37	15.09	-1.72
2033	13.22	87.60%	13.22	15.09	-1.87
2034	13.05	86.50%	13.05	15.09	-2.04
2035	12.87	85.30%	12.87	15.09	-2.22
2036	12.68	84.05%	12.68	15.09	-2.41
2037	12.49	82.75%	12.49	15.09	-2.60
2038	12.28	81.40%	12.28	15.09	-2.81
2039	12.07	80.00%	12.07	15.09	-3.02

Fuente: Estimación con datos de [www.electriciantalk.com/](http://www.electriciantalk.com/)

Se observa en el balance que el déficit de lux se abate completamente en los primeros años, y después vuelve a generarse debido al desgaste normal por el paso del tiempo. En el año 20 llega a un 80%.

La depreciación luminosa de lámparas de LED se estima de acuerdo a la siguiente gráfica (ver línea verde discontinua). Al año 10 baja a un 90%, y de seguir la tendencia llegaría al 80% en el año 13, pero con las reinversiones es posible llegar al 80% hasta el año 20.

**FIGURA 12.** DEPRECIACIÓN LUMINOSA DE LED



Fuente: [www.electriciantalk.com/](http://www.electriciantalk.com/)

## V. Evaluación del PPI

Considerando el problema que da origen al proyecto es el punto de partida de un análisis de evaluación, de acuerdo a la GUÍA GENERAL PARA LA PRESENTACIÓN DE EVALUACIONES COSTO Y BENEFICIO DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSIÓN 2018 que señala en la página 6:

*<<El segundo elemento que conforma la definición del proyecto tiene que ver con el objetivo que persigue, en estricto sentido, lo que **da origen al proyecto**. Un proyecto se propone para dar atención a un tema que se ha convertido en un **asunto de interés público**, por ejemplo, **un problema que involucra a uno o varios grupos de la sociedad**, una necesidad que requiere ser satisfecha, una oportunidad que podría aprovecharse mediante la utilización de un recurso subutilizado o, para mitigar o eliminar una pérdida potencial derivada de la exposición a un riesgo.>>*

De manera que el punto de partida es un problema que ha tomado relevancias como un asunto de interés público, formalizándose a través de instrumentos de planeación gubernamental. En este caso, un sistema de alumbrado público deficiente **en el Estado de México**.

Si bien existe una GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE CAMBIO DE LUMINARIAS publicada en 2012 por el Cepep (Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyecto de la SHCP), dicha guía no es completamente aplicable a este programa de inversiones considerando que,

- La guía es de referencia y no tiene un carácter obligatorio, como se indica en el tercer párrafo de la página 2:  
*<<En cada uno de los anteriores puntos, se precisarán los principales conceptos que deberán ser considerados para elaborar un estudio de evaluación sobre PPI de cambio de luminarias. Cabe señalar, que **cada PPI puede tener características específicas que provoquen la necesidad de aplicar otros métodos en la realización de los estudios de evaluación**, por lo que se recomienda considerar a este documento sólo como una guía.>>*
- Dicha guía es indicativa solamente para <<CAMBIO>> de luminarias y el programa en análisis busca cumplir con los requerimientos de iluminación, por lo que incluyen nuevos puntos de luz (PDL), puesto que se CAMBIARÁN 6,064 PDL y se instalarán 893 PDL nuevos. La guía en cuestión solo aplica para CAMBIOS y no considera nuevos puntos de iluminación.

De esta manera, el método que se emplea para la evaluación económica es mediante el <<Análisis Costo-Beneficio>>. La evaluación económica de un proyecto de modernización de alumbrado público se basa en la determinación de las ventajas que ofrecerá al Estado de México, en términos de mejorar la iluminación en vialidades urbanas y zonas peatonales; ahorros en costos del consumo de energía eléctrica para el sistema de alumbrado público al implementar nueva tecnología, entre otros.

En este sentido, se analizarán los beneficios que recibirá la colectividad con la realización del proyecto y los costos en que incurrirá la nación para proporcionarlos. De esta forma, la evaluación económica se basa en la comparación de dos escenarios: Con Proyecto y Sin Proyecto, de donde se obtienen los beneficios buscados.

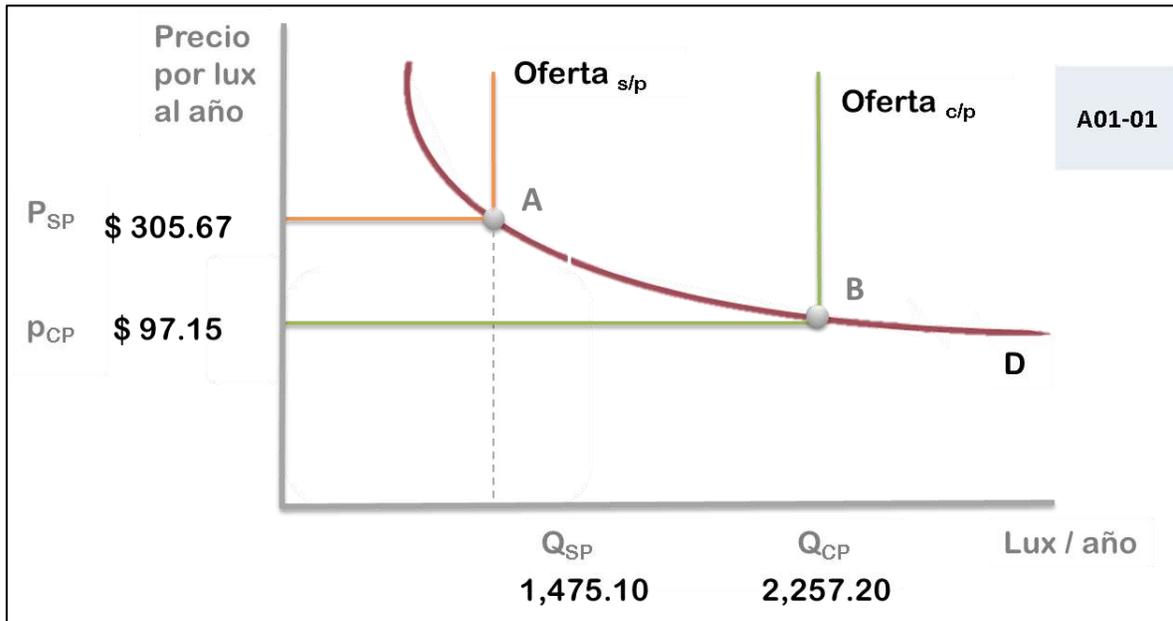
La comparación de ambos escenarios implica el análisis de las relaciones entre la oferta y la demanda de la infraestructura. La oferta se refiere a la superficie de vialidades que el alumbrado público cubre y que, para el caso de la situación Sin Proyecto, la constituyen las luminarias existentes con propiedades lumínicas que estas aporten, mientras que en la situación con proyecto considera las luminarias existentes con una tecnología más eficiente y la incorporación de nuevas luminarias para alcanzar los parámetros establecidos en la normativa.

Se parte de la premisa de que la iluminación es, desde un punto de vista económico, como cualquier otro bien, y por tanto se puede comprar y vender. Es decir, existe un mercado de la iluminación, particularmente en ese caso, un mercado de la iluminación de las vialidades urbanas.

Por tanto, se presenta una demanda por consumo de iluminación que representa la cantidad máxima a consumir a un determinado precio y que representan, además, el beneficio marginal por consumir una unidad del bien. Asimismo, una curva de oferta por producir ese bien, la cual representa la cantidad máxima a ofrecer por parte de los productores, a un precio determinado y representa el costo marginal de proveer dicho bien.

En la gráfica siguiente se presenta un ejercicio para el caso de la Colonia Presidentes de México (A01-01) y que refleja el comportamiento del **mercado de iluminación de vialidades secundarias en colonias urbanas**, en donde D representa la curva de Demanda y refleja el beneficio de consumir dicho bien. "O" representa la oferta; la Oferta en la Situación Sin Proyecto (Oferta *s/p*) representa el costo de proveer dicho bien a través de tecnologías tradicionales como el vapor de sodio, lo que implica un mayor costo.

Figura 13. MERCADO DE ILUMINACIÓN DE VIALIDADES



Fuente: Elaboración propia con base en principios metodológicos

Dicha colonia cuenta con 149 PDL en la situación Sin Proyecto (S/P) y con 171 PDL en la Situación Con Proyecto (C/P). S/P la potencia promedio de las luminarias es de 150 W, mientras que C/P es de 74 W. Finalmente, S/P y C/P la iluminancia es de 9.90 y 13.20 Lux, respectivamente.

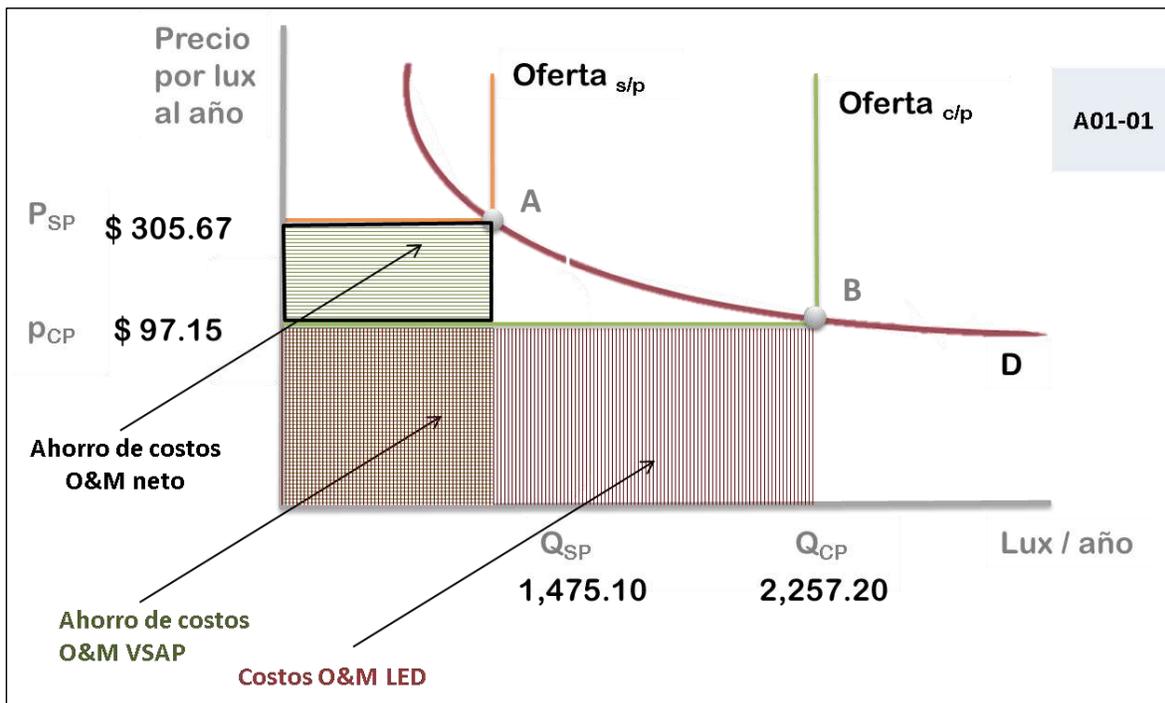
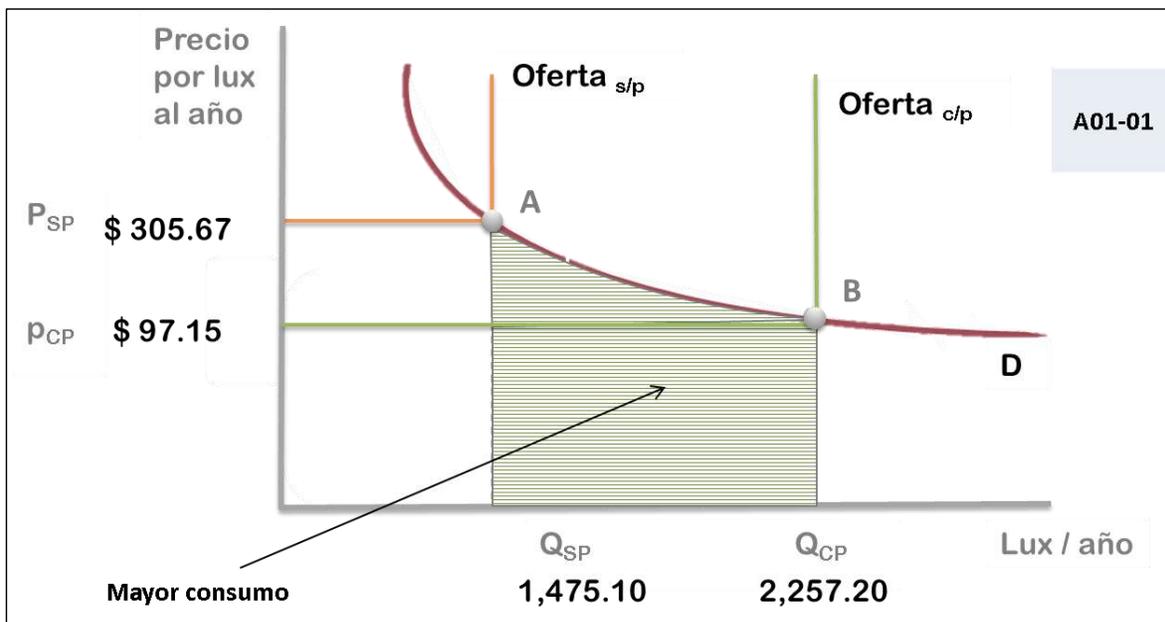
La Oferta<sub>s/p</sub> está limitada hasta la capacidad de iluminación del sistema ( $Q_{s/p}$ ). En la Situación Con Proyecto, la oferta reduce su costo utilizando la tecnología LED y el sistema amplía su capacidad de iluminación (hasta  $Q_{c/p}$ ) que es la cantidad óptima señalada por el proyecto ejecutivo y los estudios luxométricos.

Con estas consideraciones, se identifican 2 efectos directos del proyecto de modernización de alumbrado público en vialidades:

- Beneficio por mayor consumo de iluminación
- Ahorros de costos de operación y mantenimiento que deriva de la diferencia de:
  - costos de operación y mantenimiento de los luminarios de VSAP y
  - costos de operación y mantenimiento de los luminarios LED

Estos efectos se pueden apreciar gráficamente a continuación:

Figura 14. Efectos directos del proyecto en el mercado de iluminación de vialidades



Fuente: Elaboración propia con base en principios metodológicos

De forma tradicional se describe el **beneficio de mayor consumo** como el área bajo la curva de la demanda (línea que une los puntos A y B) hasta coincidir con el eje X (segmento que va de  $Q_{SP}$  a  $Q_{CP}$ ), el cual está marcado con un área verde.

Por otro lado, está el **ahorro de costos de operación y mantenimiento**, representado por la diferencia de los costos de O&M de VSAP (área verde PSP-A-QSP-Origen 0,0) y los costos de O&M de LED (área roja PCP-B-QCP-Origen 0,0). El ahorro de costos de O&M neto atribuible al proyecto sería el área que forma el segmento de recta que va del punto A al eje Y, y del alto del segmento de recta de PSP hasta PCP, marcado con el recuadro negro.

Para el caso particular de la Colonia Presidentes de México, identificada con el número A01-01, los efectos directos se calculan de la siguiente manera:

- Beneficio por **mayor consumo de iluminación** =  $(305.66823 + 97.15412) / 2 \times (2\ 257.20 - 1\ 475.10) =$  **\$ 157,523.68 pesos al año** (ver Anexo G, hoja 11. ILUM, celda K6).
- Beneficio por **ahorro de costos de operación y mantenimiento neto**<sup>15</sup> = **\$275,097.93 pesos al año 2020** (Anexo G, hoja 12. IND, celda G8), de la diferencia de
  - Ahorro de los luminarios de VSAP= **\$ 542,968.17 pesos al año 2020** (Anexo G, hoja 6. SP, celda X6)
  - Costos de los luminarios LED = **\$267,888.23 pesos al año** (Anexo G, hoja 7. CP, celda Z6)

Este análisis se realiza para cada una de las colonias en análisis. Así, en suma se estiman los costos del programa, considerando los costos de inversión, reinversiones, costos de operación y mantenimiento de las luminarias LED (como se indicó en la gráfica anterior). Así como costos por molestias que se consideran mínimos (pues los trabajos se realizan de noche).

Los costos de inversión corresponden al cálculo en obra física, sea sustitución de luminaria y/o nuevos puntos de luz conforme a los requerimientos. Los costos de operación están compuestos por los gastos programados para su futuro para operación y mantenimiento incluyendo la energía eléctrica.

---

<sup>15</sup> Este beneficio no se puede medir en su totalidad las gráficas de la figura 14 porque las curvas de oferta son sólo de costos variables, y los ahorros corresponden a costos fijos y variables.

La vida útil de las luminarias LED se estima en 81,000 horas como un promedio. Se estima que la vida útil teórica de una LED es de 100,000 horas, aunque en la práctica puede ser mayor, pero con un número mayor de horas pueden disminuir el flujo luminoso y/o la eficiencia energética. De esta manera se considera una vida útil de 20 años, considerando 81,000 horas ya que al año 10 se presentará una reinversión en las luminarias.

Entre los beneficios se consideran el ahorro de costos de operación y mantenimiento de las luminarias de VSAP, que se realizaban en la situación sin proyecto, el mayor consumo de iluminación descrito en la gráfica anterior, la disminución de emisiones de gases contaminantes, la liberación de recursos del valor de deshecho de las luminarias actuales, así como mejorar la imagen urbana y reducir riesgos por la falta de iluminación.

Finalmente, en virtud de que los efectos del proyecto se manifiestan a lo largo de su vida útil, se generan flujos de beneficios y costos con diferente valor en el tiempo, por lo que, para hacer comparables los valores de dichos flujos, es necesario emplear una tasa de descuento que refleje las preferencias por el consumo inmediato o diferido. En este caso se utilizó una tasa de descuento del 10%, que refleja el costo de oportunidad de los fondos públicos para infraestructura. La rentabilidad del proyecto se midió en términos de los indicadores: Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Neto (VPN) y Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI).

De esta manera, considerando una metodología Costo Beneficio se calcularon los indicadores para cada zona de intervención. Los beneficios y costos considerandos para cada uno de los tipos de proyectos enlistados, se presentan a continuación:

**Tabla 41.-** BENEFICIOS Y COSTOS

EFECTO	69 COLONIAS
<b>BENEFICIOS</b>	
Ahorro de costos de operación y mantenimiento del sistema de alumbrado, incluyendo reducción de emisiones de CO2	Cuantificado y valorado
Mayor consumo de iluminación	Cuantificado y valorado
Liberación de recursos de luminarias LED nuevas	Cuantificado y valorado
Liberación de recursos de luminarias actuales	Cuantificado y valorado
Reinversiones requeridas en la situación sin proyecto para VSAP	Cuantificado y valorado
Reducción del riesgo de incidencia delictiva y del riesgo de accidentes por falta de iluminación	Intangible
Mejora de la imagen urbana	Intangible

COSTOS	
Inversión	Cuantificado y valorado
Costos de mantenimiento mayor del sistema de alumbrado LED	Cuantificado y valorado
Reinversiones en LED	Cuantificado y valorado
Costos por molestias	Intangible
INDICADORES	VPN, TIR y TRI

Fuente: Elaboración propia

## a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

Los costos considerandos para cada uno de los tipos de proyectos enlistados, se presentan a continuación:

**TABLA 42.** RESUMEN DE COSTOS DEL PROYECTO (PRECIOS SOCIALES)

COSTOS	MONTO EN PESOS
Inversión (año 0)	\$79,848,620.72
Costos de mantenimiento mayor del sistema de alumbrado LED (año 5 y 15)	\$1,115,518.97
Reinversiones de LED (año 10)	\$3,298,577.59
Costos por molestias	Intangible

Fuente: Elaboración propia

### *COSTOS DE INVERSIÓN*

Los costos del proyecto corresponden a la inversión de 6,957 PDL (puntos de luz), de los cuales 6,849 de 74w y 108 de 120w, lo cual suma un monto de \$92.62 mdp, que representa en términos sociales un **costo de \$79.85 mdp**.

**TABLA 43.** MONTO DE INVERSIÓN SOCIAL POR TIPO DE PROYECTO (PESOS DE 2019)

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PU	MONTO
LED 74 W	PZA	6,849	\$7,695.63	\$52,707,358.75
LED 120 W	PZA	108	\$8,342.27	\$900,965.44

POSTE	PZA	628	\$6,083.58	\$3,820,485.45
<b>COMPONENTES ELECTRÓNICOS</b>				
ABRAZADERA	PZA	3,891	\$111.32	\$433,154.38
BRAZO	PZA	3,892	\$508.71	\$1,979,915.60
CABLE	ML	354,224	\$28.57	\$10,118,817.63
ESTRUCTURA	PZA	6,454	\$652.71	\$4,212,586.19
BAJANTE A TIERRA	PZA	1,765	\$1,002.21	\$1,768,896.81
CONECTORES	PZA	22,295	\$36.27	\$808,536.31
EQUIPO DE CONTROL	JGO	354	\$4,259.50	\$1,507,863.00
EQUIPO DE MEDICIÓN	JGO	354	\$1,953.94	\$691,694.76
FLEJE	PZA	1,645	\$13.86	\$22,801.14
<b>GASTOS GENERALES</b>				
PLANOS ELECTRICOS	PZA	69	\$10,500.00	\$724,500.00
REGISTRO GEOREFERENCIADO	PZA	6,957	\$21.71	\$151,045.26
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$79,848,620.72</b>
IVA				\$12,775,779.32
<b>TOTAL</b>				<b>\$92,624,400.04</b>

**Fuentes:** Elaboración propia con base en datos del proyecto Ejecutivo

La inversión de cada una de las 69 colonias se presentan en el anexo G, hoja 3.INVxC. Básicamente se realiza un desglose de los trabajos por PDL, por poste y los gastos generales se prorratean.

### **COSTOS DE MANTENIMIENTO MAYOR DE LED**

Con la instalación de la tecnología LED, se generan costos de mantenimiento mayor que corresponden a la Situación Con Proyecto, los cuales se realizarán durante el año 5 y el año 15 del horizonte de evaluación y comprenden la sustitución de componentes electrónicos.

Se estima un monto de \$1.29 mdp, incluyendo IVA de acuerdo a información proporcionada por la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León, lo que representa un **costo social de \$160.34 pesos por PDL**. De esta manera se realizó el cálculo para cada una de las zonas en análisis que se presenta a continuación.

**TABLA 44.** COSTOS DE MANTENIMIENTO MAYOR DE LED (PESOS SIN IVA)

CLAVE	COLONIA	PDL 74W	PDL 120 W	MANTENIMIENTO MAYOR (AÑO 5 Y 15)
A01-01	Presidentes de México	171	0	<b>\$27,418.97</b>
A01-02	Benito Juárez	101	0	<b>\$16,194.83</b>
A01-03	Unidad Deportiva II	132	0	<b>\$21,165.52</b>
A02-04	Ampliación León I	91	0	<b>\$14,591.38</b>

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

CLAVE	COLONIA	PDL 74W	PDL 120 W	MANTENIMIENTO MAYOR (AÑO 5 Y 15)
A02-05	Prado Hermoso	104	0	\$16,675.86
A03-06	Paseos del Molino	301	0	\$48,263.79
A03-07	Agua Azul	237	0	\$38,001.72
A03-08	Agua Azul III	38	0	\$6,093.10
A03-09	Brisas del Carmen	184	0	\$29,503.45
A03-10	Brisas de San Nicolás	77	7	\$13,468.97
A03-11	Villas de Nuestra Señora de la Luz, secciones II y III	340	0	\$54,517.24
A04-12	San Francisco	56	0	\$8,979.31
A05-13	La Brisa	114	0	\$18,279.31
A05-14	San Agustín	105	0	\$16,836.21
A05-15	El Retiro	133	0	\$21,325.86
A05-16	Popular Anaya	99	0	\$15,874.14
A06-17	La Ermita	243	2	\$39,284.48
A06-18	Fraccionamiento Lomas del Mirador	9	0	\$1,443.10
A06-19	Lomas del Mirador	193	0	\$30,946.55
A06-20	Paseos del Country	118	0	\$18,920.69
A06-21	Colinas de la Fragua	74	12	\$13,789.66
A06-22	Observatorio dos	104	28	\$21,165.52
A07-23	Sinarquistas	177	0	\$28,381.03
A07-24	Convive	117	0	\$18,760.34
A07-25	Colinas la Hacienda	60	0	\$9,620.69
A07-26	La Fragua	53	0	\$8,498.28
A08-27	Jacinto López (Incluye Periodistas mexicanos)	430	0	\$68,948.28
A09-28	Valle Real I	155	0	\$24,853.45
A09-29	Valle Real II	64	5	\$11,063.79
A09-30	Real de Jerez	44	0	\$7,055.17
A09-31	Real Delta	89	54	\$22,929.31
A09-32	Delta Dosmil	137	0	\$21,967.24
A09-33	Paseos de la Castellana	101	0	\$16,194.83
A09-34	Mezquital 2000	77	0	\$12,346.55
A09-35	Valle de Maguey	54	0	\$8,658.62
A10-36	Comunidad Santa Ana del Conde	98	0	\$15,713.79
A10-37	Comunidad Benito Juárez	62	0	\$9,941.38
A10-38	Comunidad Miguel Hidalgo	63	0	\$10,101.72
A11-39	Valle de Señora II	32	0	\$5,131.03
A11-40	San José del Consuelo II	135	0	\$21,646.55
A11-41	Real de San José	38	0	\$6,093.10
A11-42	C H. San José	16	0	\$2,565.52
A11-43	Misión de San José	72	0	\$11,544.83
A11-44	Los Manantiales	71	0	\$11,384.48
A11-45	Habitacional Coecillo	66	0	\$10,582.76
A11-46	Los Murales I	68	0	\$10,903.45

CLAVE	COLONIA	PDL 74W	PDL 120 W	MANTENIMIENTO MAYOR (AÑO 5 Y 15)
A11-47	Los Murales II	44	0	\$7,055.17
A11-48	El Condado	122	0	\$19,562.07
A11-49	El Consuelo	37	0	\$5,932.76
A11-50	Valle del Consuelo II	12	0	\$1,924.14
A11-51	El Valladito (Incluye Col. Antenas de Arriba)	54	0	\$8,658.62
A11-52	Las Presitas del Consuelo	38	0	\$6,093.10
A11-53	Las Presitas I	23	0	\$3,687.93
A11-54	Las Presitas II	3	0	\$481.03
A11-55	Lomas de Presitas	17	0	\$2,725.86
A11-56	8 de Marzo (Incluye Col. San Nicolás de los Reyes)	51	0	\$8,177.59
A11-57	San Pablo	86	0	\$13,789.66
A12-58	Ciudad Aurora	153	0	\$24,532.76
A12-59	Ribera de la Presa	143	0	\$22,929.31
A12-60	Privada Echeveste	16	0	\$2,565.52
A12-61	Canteritas de Echeveste	37	0	\$5,932.76
A12-62	Echeveste dos mil	49	0	\$7,856.90
A12-63	Jardines de Echeveste	69	0	\$11,063.79
A12-64	Ribera de la Presa Country	54	0	\$8,658.62
A12-65	Valle Hermoso II, III Y IV	145	0	\$23,250.00
A12-66	Valle Hermoso I y V	52	0	\$8,337.93
A12-67	San Nicolás del Palote I y II	35	0	\$5,612.07
A13-68	La Moreña	128	0	\$20,524.14
A13-69	Villas de León	178	0	\$28,541.38
	<b>TOTAL</b>	<b>6,849</b>	<b>108</b>	<b>\$1,115,518.97</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

### ***COSTOS DE REINVERSIONES EN LED***

La Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León estima que al año 10 de operación del proyecto se requiere reinvertir en un monto equivalente a \$3.82 mdp incluyendo IVA, para reemplazar los bulbos o luminarias dañadas. El costo social de las reinversiones equivale a **\$474.14 pesos por PDL**.

De esta manera se realizó el cálculo para cada una de las zonas en análisis que se presenta a continuación.

TABLA 45. REINVERSIONES DE LED (PESOS SIN IVA)

CLAVE	COLONIA	PDL 74W	PDL 120 W	REINVERSIONES (AÑO 10)
A01-01	Presidentes de México	171	0	\$81,077.59
A01-02	Benito Juárez	101	0	\$47,887.93
A01-03	Unidad Deportiva II	132	0	\$62,586.21
A02-04	Ampliación León I	91	0	\$43,146.55
A02-05	Prado Hermoso	104	0	\$49,310.34
A03-06	Paseos del Molino	301	0	\$142,715.52
A03-07	Agua Azul	237	0	\$112,370.69
A03-08	Agua Azul III	38	0	\$18,017.24
A03-09	Brisas del Carmen	184	0	\$87,241.38
A03-10	Brisas de San Nicolás	77	7	\$39,827.59
A03-11	Villas de Nuestra Señora de la Luz, secciones II y III	340	0	\$161,206.90
A04-12	San Francisco	56	0	\$26,551.72
A05-13	La Brisa	114	0	\$54,051.72
A05-14	San Agustín	105	0	\$49,784.48
A05-15	El Retiro	133	0	\$63,060.34
A05-16	Popular Anaya	99	0	\$46,939.66
A06-17	La Ermita	243	2	\$116,163.79
A06-18	Fraccionamiento Lomas del Mirador	9	0	\$4,267.24
A06-19	Lomas del Mirador	193	0	\$91,508.62
A06-20	Paseos del Country	118	0	\$55,948.28
A06-21	Colinas de la Fragua	74	12	\$40,775.86
A06-22	Observatorio dos	104	28	\$62,586.21
A07-23	Sinarquistas	177	0	\$83,922.41
A07-24	Convive	117	0	\$55,474.14
A07-25	Colinas la Hacienda	60	0	\$28,448.28
A07-26	La Fragua	53	0	\$25,129.31
A08-27	Jacinto López (Incluye Periodistas mexicanos)	430	0	\$203,879.31
A09-28	Valle Real I	155	0	\$73,491.38
A09-29	Valle Real II	64	5	\$32,715.52
A09-30	Real de Jerez	44	0	\$20,862.07
A09-31	Real Delta	89	54	\$67,801.72
A09-32	Delta Dosmil	137	0	\$64,956.90
A09-33	Paseos de la Castellana	101	0	\$47,887.93
A09-34	Mezquital 2000	77	0	\$36,508.62
A09-35	Valle de Maguey	54	0	\$25,603.45
A10-36	Comunidad Santa Ana del Conde	98	0	\$46,465.52
A10-37	Comunidad Benito Juárez	62	0	\$29,396.55
A10-38	Comunidad Miguel Hidalgo	63	0	\$29,870.69
A11-39	Valle de Señora II	32	0	\$15,172.41
A11-40	San José del Consuelo II	135	0	\$64,008.62

CLAVE	COLONIA	PDL 74W	PDL 120 W	REINVERSIONES (AÑO 10)
A11-41	Real de San José	38	0	\$18,017.24
A11-42	C H. San José	16	0	\$7,586.21
A11-43	Misión de San José	72	0	\$34,137.93
A11-44	Los Manantiales	71	0	\$33,663.79
A11-45	Habitacional Coecillo	66	0	\$31,293.10
A11-46	Los Murales I	68	0	\$32,241.38
A11-47	Los Murales II	44	0	\$20,862.07
A11-48	El Condado	122	0	\$57,844.83
A11-49	El Consuelo	37	0	\$17,543.10
A11-50	Valle del Consuelo II	12	0	\$5,689.66
A11-51	El Valladito (Incluye Col. Antenas de Arriba)	54	0	\$25,603.45
A11-52	Las Presitas del Consuelo	38	0	\$18,017.24
A11-53	Las Presitas I	23	0	\$10,905.17
A11-54	Las Presitas II	3	0	\$1,422.41
A11-55	Lomas de Presitas	17	0	\$8,060.34
A11-56	8 de Marzo (Incluye Col. San Nicolás de los Reyes)	51	0	\$24,181.03
A11-57	San Pablo	86	0	\$40,775.86
A12-58	Ciudad Aurora	153	0	\$72,543.10
A12-59	Ribera de la Presa	143	0	\$67,801.72
A12-60	Privada Echeveste	16	0	\$7,586.21
A12-61	Canteritas de Echeveste	37	0	\$17,543.10
A12-62	Echeveste dos mil	49	0	\$23,232.76
A12-63	Jardines de Echeveste	69	0	\$32,715.52
A12-64	Ribera de la Presa Country	54	0	\$25,603.45
A12-65	Valle Hermoso II, III Y IV	145	0	\$68,750.00
A12-66	Valle Hermoso I y V	52	0	\$24,655.17
A12-67	San Nicolás del Palote I y II	35	0	\$16,594.83
A13-68	La Moreña	128	0	\$60,689.66
A13-69	Villas de León	178	0	\$84,396.55
	<b>TOTAL</b>	<b>6,849</b>	<b>108</b>	<b>\$3,298,577.59</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

### ***COSTOS POR MOLESTIAS***

Los costos por molestias durante la ejecución del proyecto se consideran mínimos, puesto que la mayoría de los trabajos se ejecutarán por la noche y sólo entorpecerá un carril de circulación. Por ello, sólo se identifican, no se cuantifican ni valoran.

## b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del PPI

Los beneficios considerados en la evaluación socioeconómica son los siguientes.

**Tabla 46.** RESUMEN DE BENEFICIOS DE VIALIDADES Y SÚPER POSTES (PRECIOS SOCIALES)

BENEFICIOS	MONTO EN PESOS
Ahorro de costos de operación y mantenimiento del sistema de alumbrado, incluyendo reducción de emisiones de CO2 (anual)	\$11,109,974.90
Mayor consumo de iluminación (anual)	\$6,447,478.95
Liberación de recursos por luminarias LED nuevas (año 20)	\$1,596,972.41
Liberación de recursos por luminarias actuales VSAP (año 1)	\$246,986.72
Reinversiones requeridas en la situación sin proyecto para VSAP (año 3, 4, 11 y 13)	\$12,349,336.00
Reducción del riesgo de incidencia delictiva y del riesgo de accidentes por falta de iluminación	Intangible
Mejora de la Imagen urbana	Intangible

**Fuente:** Elaboración propia

### **AHORRO DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Con la instalación de la tecnología LED, los costos de operación y mantenimiento de la Situación Sin Proyecto, que corresponden a las lámparas de VSAP, ya no se realizarían. Y los costos de operación y mantenimiento de LED son menores a los de VSAP, por ello, se presenta en términos netos, un beneficio por ahorro de costos.

Dentro de los costos de operación se consideran las emisiones de gases de efecto invernadero. La relación a la cual se modifica la emisión de estos gases es de 0.527 kg de CO2 por kwh<sup>16</sup>, por lo que al año se estarían evitando 1,233 ton de CO2 (2450 ton en la situación sin proyecto y 1217 ton en la situación con proyecto); éste beneficio se valora con el precio de bonos de carbono estimado en 19.12 euros/ton<sup>17</sup> y un valor de conversión del Euro de 23.0 \$/MX, por lo que se estaría generando un valor adquirido de **\$641,758.28 pesos al año 2020.**

<sup>16</sup> [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso\\_Factor\\_de\\_Emisiones\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso_Factor_de_Emisiones_2018.pdf)

<sup>17</sup> <https://es.investing.com/commodities/carbon-emissions-2018>, NOV 2018

Por ejemplo, en el **proyecto A01-01** se considera un **ahorro de \$275,097.93 pesos al año 2020**, conforme a lo siguiente:

- **Situación Sin Proyecto.-** Costos de energía por \$432,692.13, costos de Mtto \$78,964.93, costos por emisiones \$31,329.12, que en suma representan **un total de \$542,986.17 pesos.**
- **Situación Con Proyecto.-** Costos de energía por \$212,924.44, costos de Mtto \$39,546.98, costos por emisiones \$15,416.81, que en suma representan **un total de \$267,888.23 pesos.**

**TABLA 47. AHORRO EN COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO AL 2020 (PESOS SIN IVA)**

CLAVE	COLONIA	COSTOS DE OP & MTTTO SIN PROYECTO (VSAP)	COSTOS DE OP & MTTTO CON PROYECTO (LED)	AHORRO DE COSTOS POR COLONIA (AÑO 2020)
A01-01	Presidentes de México	\$542,986.17	\$267,888.23	\$275,097.93
A01-02	Benito Juárez	\$320,689.82	\$158,226.38	\$162,463.43
A01-03	Unidad Deportiva II	\$419,083.28	\$206,790.92	\$212,292.37
A02-04	Ampliación León I	\$287,891.99	\$142,560.41	\$145,331.59
A02-05	Prado Hermoso	\$327,978.22	\$162,926.18	\$165,052.04
A03-06	Paseos del Molino	\$954,781.04	\$471,545.96	\$483,235.09
A03-07	Agua Azul	\$750,705.71	\$371,283.69	\$379,422.01
A03-08	Agua Azul III	\$120,258.68	\$59,530.72	\$60,727.96
A03-09	Brisas del Carmen	\$583,072.39	\$288,254.01	\$294,818.39
A03-10	Brisas de San Nicolás	\$269,670.98	\$137,404.71	\$132,266.28
A03-11	Villas de Nuestra Señora de la Luz, secciones II y III	\$1,078,683.93	\$532,643.27	\$546,040.66
A04-12	San Francisco	\$178,565.92	\$87,729.48	\$90,836.44
A05-13	La Brisa	\$360,776.04	\$178,592.16	\$182,183.89
A05-14	San Agustín	\$331,622.42	\$164,492.78	\$167,129.65
A05-15	El Retiro	\$422,727.49	\$208,357.52	\$214,369.97
A05-16	Popular Anaya	\$313,401.41	\$155,093.19	\$158,308.22
A06-17	La Ermita	\$776,215.12	\$385,476.61	\$390,738.51
A06-18	Fraccionamiento Lomas del Mirador	\$32,797.82	\$14,099.38	\$18,698.44
A06-19	Lomas del Mirador	\$612,226.01	\$302,353.39	\$309,872.63
A06-20	Paseos del Country	\$375,352.85	\$184,858.55	\$190,494.31
A06-21	Colinas de la Fragua	\$276,959.39	\$144,688.25	\$132,271.14
A06-22	Observatorio dos	\$430,015.89	\$230,032.86	\$199,983.03
A07-23	Sinarquistas	\$561,207.18	\$277,287.82	\$283,919.36
A07-24	Convive	\$371,708.65	\$183,291.95	\$188,416.70
A07-25	Colinas la Hacienda	\$189,498.53	\$93,995.87	\$95,502.66

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

CLAVE	COLONIA	COSTOS DE OP & MTTTO SIN PROYECTO (VSAP)	COSTOS DE OP & MTTTO CON PROYECTO (LED)	AHORRO DE COSTOS POR COLONIA (AÑO 2020)
A07-26	La Fragua	\$167,633.31	\$83,029.69	\$84,603.63
A08-27	Jacinto López (Incluye Periodistas mexicanos)	\$1,362,931.72	\$673,637.08	\$689,294.64
A09-28	Valle Real I	\$491,967.33	\$242,822.67	\$249,144.66
A09-29	Valle Real II	\$222,296.35	\$112,245.60	\$110,050.75
A09-30	Real de Jerez	\$138,479.69	\$68,930.31	\$69,549.39
A09-31	Real Delta	\$477,390.52	\$268,847.24	\$208,543.28
A09-32	Delta Dosmil	\$433,660.09	\$214,623.91	\$219,036.19
A09-33	Paseos de la Castellana	\$320,689.82	\$158,226.38	\$162,463.43
A09-34	Mezquital 2000	\$244,161.56	\$120,628.04	\$123,533.53
A09-35	Valle de Maguey	\$171,277.52	\$84,596.28	\$86,681.23
A10-36	Comunidad Santa Ana del Conde	\$309,757.21	\$153,526.59	\$156,230.62
A10-37	Comunidad Benito Juárez	\$196,786.93	\$97,129.07	\$99,657.87
A10-38	Comunidad Miguel Hidalgo	\$200,431.14	\$98,695.67	\$101,735.47
A11-39	Valle de Señora II	\$102,037.67	\$50,131.13	\$51,906.54
A11-40	San José del Consuelo II	\$426,371.69	\$211,490.71	\$214,880.98
A11-41	Real de San José	\$120,258.68	\$59,530.72	\$60,727.96
A11-42	C H. San José	\$51,018.83	\$25,065.57	\$25,953.27
A11-43	Misión de San José	\$229,584.75	\$112,795.05	\$116,789.71
A11-44	Los Manantiales	\$225,940.55	\$111,228.45	\$114,712.10
A11-45	Habitacional Coecillo	\$207,719.54	\$103,395.46	\$104,324.08
A11-46	Los Murales I	\$215,007.95	\$106,528.65	\$108,479.29
A11-47	Los Murales II	\$138,479.69	\$68,930.31	\$69,549.39
A11-48	El Condado	\$386,285.46	\$191,124.94	\$195,160.52
A11-49	El Consuelo	\$116,614.48	\$57,964.12	\$58,650.36
A11-50	Valle del Consuelo II	\$36,442.02	\$18,799.17	\$17,642.85
A11-51	El Valladito (Incluye Col. Antenas de Arriba)	\$171,277.52	\$84,596.28	\$86,681.23
A11-52	Las Presitas del Consuelo	\$120,258.68	\$59,530.72	\$60,727.96
A11-53	Las Presitas I	\$72,884.05	\$36,031.75	\$36,852.30
A11-54	Las Presitas II	\$10,932.61	\$4,699.79	\$6,232.81
A11-55	Lomas de Presitas	\$54,663.04	\$26,632.16	\$28,030.87
A11-56	8 de Marzo (Incluye Col. San Nicolás de los Reyes)	\$160,344.91	\$79,896.49	\$80,448.42
A11-57	San Pablo	\$273,315.18	\$134,727.42	\$138,587.77
A12-58	Ciudad Aurora	\$484,678.93	\$239,689.47	\$244,989.45
A12-59	Ribera de la Presa	\$451,881.11	\$224,023.49	\$227,857.61
A12-60	Privada Echeveste	\$51,018.83	\$25,065.57	\$25,953.27
A12-61	Canteritas de Echeveste	\$116,614.48	\$57,964.12	\$58,650.36
A12-62	Echeveste dos mil	\$156,700.71	\$76,763.30	\$79,937.41
A12-63	Jardines de Echeveste	\$218,652.15	\$108,095.25	\$110,556.90
A12-64	Ribera de la Presa Country	\$171,277.52	\$84,596.28	\$86,681.23
A12-65	Valle Hermoso II, III Y IV	\$459,169.51	\$227,156.69	\$232,012.82
A12-66	Valle Hermoso I y V	\$163,989.11	\$81,463.09	\$82,526.02

CLAVE	COLONIA	COSTOS DE OP & MTTTO SIN PROYECTO (VSAP)	COSTOS DE OP & MTTTO CON PROYECTO (LED)	AHORRO DE COSTOS POR COLONIA (AÑO 2020)
A12-67	San Nicolás del Palote I y II	\$109,326.07	\$54,830.93	\$54,495.15
A13-68	La Moreña	\$404,506.47	\$200,524.53	\$203,981.95
A13-69	Villas de León	\$564,851.38	\$278,854.42	\$285,996.96
	<b>TOTAL 2020</b>	\$22,098,443.72	\$10,988,468.81	\$11,109,974.90

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

En total, para el primer año de operación del proyecto, el año 2020, los ahorros representan **\$11.11 mdp**, incluyendo costos de energía, operación, mantenimiento y emisiones de CO<sub>2</sub>. Estos ahorros se modificarán a lo largo del horizonte de análisis conforme a las pérdidas del flujo eléctrico en el sistema, comparando las situaciones Sin y Con Proyecto.

**TABLA 48.** ESTIMACIÓN DE LOS AHORROS DE CTOS DE OP & MTTTO (PESOS SIN IVA)

AÑO	SIN PROYECTO			CON PROYECTO			DIFERENCIA
	CONSUMO EE	PÉRDIDAS DEL SISTEMA	TOTAL COSTOS	CONSUMO EE	PÉRDIDAS DEL SISTEMA	TOTAL COSTOS	AHORRO DE COSTOS
	(kwh AL AÑO)	%	(\$/AÑO)	(kwh AL AÑO)	%	(\$/AÑO)	(\$/AÑO)
2019*	4,650,039	12.00%	\$22,098,443.72				
2020	4,650,039	12.00%	\$22,098,443.72	2,309,548	10.00%	\$10,988,468.81	\$11,109,974.90
2021	4,687,239	12.10%	\$22,249,521.56	2,309,548	10.08%	\$11,063,505.06	\$11,186,016.50
2022	4,724,737	12.19%	\$22,401,808.03	2,328,024	10.16%	\$11,139,141.60	\$11,262,666.42
2023	4,762,535	12.29%	\$22,555,312.78	2,346,648	10.24%	\$11,215,383.23	\$11,339,929.55
2024	4,800,636	12.39%	\$22,710,045.58	2,365,422	10.32%	\$11,292,234.80	\$11,417,810.78
2025	4,839,041	12.49%	\$22,866,016.23	2,384,345	10.41%	\$11,369,701.18	\$11,496,315.06
2026	4,877,753	12.59%	\$23,023,234.65	2,403,420	10.49%	\$11,447,787.29	\$11,575,447.37
2027	4,916,775	12.69%	\$23,181,710.82	2,422,647	10.57%	\$11,526,498.08	\$11,655,212.74
2028	4,956,109	12.79%	\$23,341,454.80	2,442,028	10.66%	\$11,605,838.57	\$11,735,616.24
2029	4,995,758	12.89%	\$23,502,476.73	2,461,564	10.74%	\$11,685,813.77	\$11,816,662.96
2030	5,035,724	13.00%	\$23,664,786.84	2,481,257	10.83%	\$11,766,428.78	\$11,898,358.06
2031	5,076,010	13.10%	\$23,828,395.43	2,501,107	10.92%	\$11,847,688.71	\$11,980,706.72
2032	5,116,618	13.20%	\$23,993,312.88	2,521,116	11.00%	\$11,929,598.72	\$12,063,714.16
2033	5,157,551	13.31%	\$24,159,549.68	2,541,285	11.09%	\$12,012,164.01	\$12,147,385.67
2034	5,198,811	13.42%	\$24,327,116.37	2,561,615	11.18%	\$12,095,389.82	\$12,231,726.55
2035	5,240,402	13.52%	\$24,496,023.59	2,582,108	11.27%	\$12,179,281.44	\$12,316,742.15
2036	5,282,325	13.63%	\$24,666,282.07	2,602,765	11.36%	\$12,263,844.19	\$12,402,437.88
2037	5,324,584	13.74%	\$24,837,902.62	2,623,587	11.45%	\$12,349,083.44	\$12,488,819.18
2038	5,367,180	13.85%	\$25,010,896.13	2,644,576	11.54%	\$12,435,004.61	\$12,575,891.53

2039	5,410,118	13.96%	\$25,185,273.59	2,665,732	11.63%	\$12,521,613.14	\$12,663,660.45
------	-----------	--------	-----------------	-----------	--------	-----------------	-----------------

**Fuente:** Estimación propia. **Nota\*:** de 2019 a 2020 no se presenta incrementos de pérdidas considerando que en 2019 se realizan las optimizaciones.

### MAYOR CONSUMO DE ILUMINACIÓN

Para la estimación de este beneficio, se ubican precios y cantidades para la iluminación, se estima el excedente del mayor consumo, se calcula a partir de la diferencia en precios del sin y con proyecto, y multiplicando por el incremento de la cantidad sin y con proyecto. Este cálculo se realiza para cada una de las vialidades.

Por ejemplo, en el proyecto A01-01 (ubicado Anexo G, hoja 11.ILUM , fila 6 en la hoja 3. vialidades) se considera lo siguiente:

**TABLA 49.** PRECIO Y CANTIDAD EN EL MERCADO DE ILUMINACIÓN DE A01-01

SITUACIÓN	PDL	POTENCIA (W)	COSTOS VARIABLES (\$/AÑO)	LUX POR LUMINARIA PROM	Q (LUX AL AÑO)	P (\$/LUX)
Sin Proyecto	149	150	\$450,891.20	9.9	= 149 x 9.9 = 1475.10	= \$450,891.20/ 1475.10 = \$305.67
Con Proyecto	171	74	\$219,296.27	13.2	= 171 x 13.2 = 2,257.20	= \$219,296.27/ 2,257.20 = \$97.15

**Fuente:** Elaboración a partir de información del Proyecto ejecutivo

El **beneficio por mayor consumo** se calcula a partir del promedio de los precios del sin y con proyecto, y multiplicando por el incremento de la cantidad sin y con proyecto, lo cual **se calcula en \$ 157,523.68 pesos al año** =  $(305.66823 + 97.15412) / 2 \times (2\,257.20 - 1\,475.10)$ . Este mismo cálculo se realizó para cada una de las zonas en análisis, el cual se presenta a continuación.

**TABLA 50.** BENEFICIO POR MAYOR CONSUMO DE ILUMINACIÓN EN 2020 (PESOS SIN IVA)

CLAVE	COLONIA	SIN PROYECTO		CON PROYECTO		BENEFICIO POR MAYOR CONSUMO (AÑO 2020)
		LUX AL AÑO	\$/LUX	LUX AL AÑO	\$/LUX	
A01-01	Presidentes de	1,475.10	\$305.67	2,257.20	\$97.15	\$157,523.68

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

CLAVE	COLONIA	SIN PROYECTO		CON PROYECTO		BENEFICIO POR MAYOR CONSUMO (AÑO 2020)
		LUX AL AÑO	\$/LUX	LUX AL AÑO	\$/LUX	
	México					
A01-02	Benito Juárez	871.20	\$305.67	1,333.20	\$97.15	<b>\$93,051.96</b>
A01-03	Unidad Deportiva II	1,277.65	\$272.38	1,953.60	\$86.65	<b>\$121,342.69</b>
A02-04	Ampliación León I	877.69	\$272.38	1,346.80	\$86.65	<b>\$84,211.95</b>
A02-05	Prado Hermoso	1,069.20	\$254.72	1,653.60	\$80.66	<b>\$97,997.97</b>
A03-06	Paseos del Molino	3,112.56	\$254.72	4,785.90	\$80.66	<b>\$280,602.19</b>
A03-07	Agua Azul	2,288.66	\$272.38	3,507.60	\$86.65	<b>\$218,817.16</b>
A03-08	Agua Azul III	366.63	\$272.38	562.40	\$86.65	<b>\$35,143.51</b>
A03-09	Brisas del Carmen	1,777.60	\$272.38	2,723.20	\$86.65	<b>\$169,748.72</b>
A03-10	Brisas de San Nicolás	879.12	\$254.72	1,335.60	\$84.71	<b>\$77,472.99</b>
A03-11	Villas de Nuestra Señora de la Luz, secciones II y III	3,516.48	\$254.72	5,406.00	\$80.66	<b>\$316,853.39</b>
A04-12	San Francisco	485.10	\$305.67	739.20	\$97.15	<b>\$51,178.58</b>
A05-13	La Brisa	1,099.89	\$272.38	1,687.20	\$86.65	<b>\$105,430.54</b>
A05-14	San Agustín	1,011.01	\$272.38	1,554.00	\$86.65	<b>\$97,474.47</b>
A05-15	El Retiro	1,288.76	\$272.38	1,968.40	\$86.65	<b>\$122,005.10</b>
A05-16	Popular Anaya	955.46	\$272.38	1,465.20	\$86.65	<b>\$91,505.62</b>
A06-17	La Ermita	2,366.43	\$272.38	3,626.00	\$87.08	<b>\$226,379.70</b>
A06-18	Fraccionamiento Lomas del Mirador	106.92	\$254.72	143.10	\$80.66	<b>\$6,067.02</b>
A06-19	Lomas del Mirador	1,995.84	\$254.72	3,068.70	\$80.66	<b>\$179,907.77</b>
A06-20	Paseos del Country	1,223.64	\$254.72	1,876.20	\$80.66	<b>\$109,427.71</b>
A06-21	Colinas de la Fragua	902.88	\$254.72	1,367.40	\$87.45	<b>\$79,472.97</b>
A06-22	Observatorio dos	1,310.98	\$272.38	1,953.60	\$97.74	<b>\$118,924.01</b>
A07-23	Sinarquistas	1,524.60	\$305.67	2,336.40	\$97.15	<b>\$163,505.59</b>
A07-24	Convive	1,009.80	\$305.67	1,544.40	\$97.15	<b>\$107,674.41</b>
A07-25	Colinas la Hacienda	514.80	\$305.67	792.00	\$97.15	<b>\$55,831.18</b>
A07-26	La Fragua	511.06	\$272.38	784.40	\$86.65	<b>\$49,068.44</b>
A08-27	Jacinto López (Incluye Periodistas mexicanos)	3,702.60	\$305.67	5,676.00	\$97.15	<b>\$397,464.81</b>
A09-28	Valle Real I	1,603.80	\$254.72	2,464.50	\$80.66	<b>\$144,330.68</b>
A09-29	Valle Real II	724.68	\$254.72	1,097.10	\$84.18	<b>\$63,107.94</b>
A09-30	Real de Jerez	422.18	\$272.38	651.20	\$86.65	<b>\$41,112.36</b>
A09-31	Real Delta	1,556.28	\$254.72	2,273.70	\$99.04	<b>\$126,898.24</b>
A09-32	Delta Dosmil	1,492.26	\$241.32	2,301.60	\$76.34	<b>\$128,544.40</b>
A09-33	Paseos de la Castellana	1,045.44	\$254.72	1,605.90	\$80.66	<b>\$93,983.47</b>
A09-34	Mezquital 2000	795.96	\$254.72	1,224.30	\$80.66	<b>\$71,828.29</b>
A09-35	Valle de Maguey	558.36	\$254.72	858.60	\$80.66	<b>\$50,347.21</b>
A10-36	Comunidad Santa Ana del Conde	841.50	\$305.67	1,293.60	\$97.15	<b>\$91,057.99</b>

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

CLAVE	COLONIA	SIN PROYECTO		CON PROYECTO		BENEFICIO POR MAYOR CONSUMO (AÑO 2020)
		LUX AL AÑO	\$/LUX	LUX AL AÑO	\$/LUX	
A10-37	Comunidad Benito Juárez	534.60	\$305.67	818.40	\$97.15	\$57,160.49
A10-38	Comunidad Miguel Hidalgo	544.50	\$305.67	831.60	\$97.15	\$57,825.15
A11-39	Valle de Señora II	351.12	\$241.32	537.60	\$76.34	\$29,617.91
A11-40	San José del Consuelo II	1,389.96	\$254.72	2,146.50	\$80.66	\$126,864.11
A11-41	Real de San José	413.82	\$241.32	638.40	\$76.34	\$35,669.19
A11-42	C H. San José	175.56	\$241.32	268.80	\$76.34	\$14,808.95
A11-43	Misión de San José	748.44	\$254.72	1,144.80	\$80.66	\$66,465.56
A11-44	Los Manantiales	736.56	\$254.72	1,128.90	\$80.66	\$65,791.45
A11-45	Habitacional Coecillo	677.16	\$254.72	1,049.40	\$80.66	\$62,420.88
A11-46	Los Murales I	739.86	\$241.32	1,142.40	\$76.34	\$63,933.90
A11-47	Los Murales II	476.52	\$241.32	739.20	\$76.34	\$41,720.47
A11-48	El Condado	1,259.28	\$254.72	1,939.80	\$80.66	\$114,116.32
A11-49	El Consuelo	380.16	\$254.72	588.30	\$80.66	\$34,902.97
A11-50	Valle del Consuelo II	111.10	\$272.38	177.60	\$86.65	\$11,937.70
A11-51	El Valladito (Incluye Col. Antenas de Arriba)	522.17	\$272.38	799.20	\$86.65	\$49,730.85
A11-52	Las Presitas del Consuelo	366.63	\$272.38	562.40	\$86.65	\$35,143.51
A11-53	Las Presitas I	237.60	\$254.72	365.70	\$80.66	\$21,481.07
A11-54	Las Presitas II	35.64	\$254.72	47.70	\$80.66	\$2,022.34
A11-55	Lomas de Presitas	166.65	\$272.38	251.60	\$86.65	\$15,249.74
A11-56	8 de Marzo (Incluye Col. San Nicolás de los Reyes)	488.84	\$272.38	754.80	\$86.65	\$47,743.62
A11-57	San Pablo	891.00	\$254.72	1,367.40	\$80.66	\$79,887.46
A12-58	Ciudad Aurora	1,580.04	\$254.72	2,432.70	\$80.66	\$142,982.46
A12-59	Ribera de la Presa	1,473.12	\$254.72	2,273.70	\$80.66	\$134,249.17
A12-60	Privada Echeveste	175.56	\$241.32	268.80	\$76.34	\$14,808.95
A12-61	Canteritas de Echeveste	380.16	\$254.72	588.30	\$80.66	\$34,902.97
A12-62	Echeveste dos mil	510.84	\$254.72	779.10	\$80.66	\$44,984.49
A12-63	Jardines de Echeveste	712.80	\$254.72	1,097.10	\$80.66	\$64,443.22
A12-64	Ribera de la Presa Country	465.30	\$305.67	712.80	\$97.15	\$49,849.27
A12-65	Valle Hermoso II, III Y IV	1,399.86	\$272.38	2,146.00	\$86.65	\$133,942.80
A12-66	Valle Hermoso I y V	499.95	\$272.38	769.60	\$86.65	\$48,406.03

CLAVE	COLONIA	SIN PROYECTO		CON PROYECTO		BENEFICIO POR MAYOR CONSUMO (AÑO 2020)
		LUX AL AÑO	\$/LUX	LUX AL AÑO	\$/LUX	
A12-67	San Nicolás del Palote I y II	333.30	\$272.38	518.00	\$86.65	\$33,156.29
A13-68	La Moreña	1,318.68	\$254.72	2,035.20	\$80.66	\$120,153.16
A13-69	Villas de León	1,841.40	\$254.72	2,830.20	\$80.66	\$165,811.76
	<b>TOTAL 2020</b>					<b>\$6,447,478.95</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León y NOM

Para la proyección de la Situación Con Proyecto se considera una **depreciación luminosa dentro del beneficio de mayor consumo**. La depreciación luminosa es la disminución de la iluminancia por deterioro normal de las lámparas de LED, inicia al 100% y posteriormente disminuye a lo largo del horizonte de análisis, al año 10 se detiene un poco con las reinversiones y sigue disminuyendo conforme a lo siguiente.

**TABLA 51.** PROYECCIÓN DEL BENEFICIO POR MAYOR CONSUMO CONSIDERANDO LA DEPRECIACIÓN LUMINOSA

AÑO	ILUMINANCIA SIN PROYECTO (LUX/PDL)	ILUMINANCIA SIN PROYECTO (LUX/PDL)	MEJORA DE ILUMINANCIA (LUX/PDL)	EFICIENCIA LUMINOSA LED	MAYOR CONSUMO (PESOS)
2019	11.30				
2020	11.30	15.09	3.79	100.00%	\$6,447,478.95
2021	11.21	14.97	3.76	99.20%	\$6,395,899.12
2022	11.10	14.83	3.73	98.30%	\$6,336,591.40
2023	10.99	14.68	3.69	97.30%	\$6,272,116.61
2024	10.87	14.52	3.65	96.20%	\$6,202,474.75
2025	10.73	14.33	3.60	95.00%	\$6,125,105.00
2026	10.57	14.12	3.55	93.60%	\$6,034,840.30
2027	10.40	13.90	3.49	92.10%	\$5,936,847.71
2028	10.20	13.62	3.42	90.30%	\$5,820,793.09
2029	10.20	13.62	3.42	90.30%	\$5,820,793.09
2030	10.20	13.62	3.42	90.30%	\$5,820,793.09
2031	10.11	13.50	3.39	89.50%	\$5,769,213.26
2032	10.01	13.37	3.36	88.60%	\$5,712,466.35
2033	9.90	13.22	3.32	87.60%	\$5,647,991.56
2034	9.77	13.05	3.28	86.50%	\$5,575,788.89
2035	9.64	12.87	3.23	85.30%	\$5,498,419.14
2036	9.49	12.68	3.19	84.05%	\$5,418,465.85
2037	9.35	12.49	3.14	82.75%	\$5,335,929.03

2038	9.20	12.28	3.09	81.40%	<b>\$5,248,247.86</b>
2039	9.04	12.07	3.03	80.00%	<b>\$5,157,983.16</b>

**Fuente:** Estudio de Eficiencia Energética del Proyecto realizado a través de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

### ***LIBERACIÓN DE LUMINARIAS LED AL FINAL DE LA VIDA ÚTIL***

Se considera como un supuesto de evaluación, que las luminarias LED al final del horizonte de evaluación tendrán un valor de desecho equivalente al 2% del costo de inversión. Por tanto, se considera que los 6,957 PDL tendrán un costo de recuperación de \$1.59 mdp sin IVA.

### ***LIBERACIÓN DE LUMINARIAS ACTUALES***

Los 6,064 PDL actuales que van a ser desinstaladas por la ejecución del proyecto presenten un valor de desecho estimado en un 2% del costo de inversión, considerando que el 40% presentan un estado malo y el 60% en estado regular.

El valor de la luminaria de vapor de sodio como producto nuevo se estima en \$4,073.00 pesos por PDL más IVA (COSTOS PARAMÉTRICOS POR OBRA Y CONCEPTOS FUNCIONALES 2018 de la SHCP, sólo luminario sin poste). Con estas consideraciones se estima un beneficio de \$246 mil pesos al año 1.

### ***AHORRO DE REINVERSIONES EN VSAP***

La Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León estima la vida útil remanente de las luminarias de VSAP conforme a lo siguiente:

- 2,414 PDL se consideran en estado malo, por lo que su vida remanente se estima de máximo 2 años, considerando las medidas de optimización, lo que implica que en año 3 del horizonte deberán ser reemplazadas. Y de igual manera, al año 12 deberán reemplazarse nuevamente.
- 3,650 PDL se consideran en estado regular, con una vida remanente de máximo 3 años, por lo que deberán ser reemplazadas al año 4, y nuevamente al año 13.
- El valor de la luminaria de vapor de sodio como producto nuevo se estima en \$4,073.00 pesos por PDL más IVA (COSTOS PARAMÉTRICOS POR OBRA Y CONCEPTOS FUNCIONALES 2018 de la SHCP, sólo luminario sin poste).

En la situación con proyecto, ya no serán necesarias las reinversiones que se presentan en la situación sin proyecto, por tanto, conforman un beneficio del proyecto. Con estas consideraciones se estima un **beneficio de \$4.91 mdp** al año 3 y al año 12; así como **\$25.04 mdp** al año 4 y al año 13 (ver Anexo G, hoja 13.FLUJO TOTAL, filas 24 a 30).

***DISMINUIR EL RIESGO DE DELITOS NOCTURNOS Y EL RIESGO DE ACCIDENTES POR MEJOR ILUMINACIÓN (INTANGIBLE)***

No existen suficientes datos para poder cuantificar y valorar este beneficio, por lo que se presenta como intangible.

***MEJORA DE IMAGEN URBANA (INTANGIBLE)***

No existen datos para cuantificar y valorar este beneficio, por lo que se considera intangible.

## c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

### VIALIDADES Y SÚPER POSTE EN VIALIDADES

Considerando un período de análisis de 21 años, los indicadores de rentabilidad se muestran en la tabla siguiente.

**TABLA 52.** INDICADORES DE RENTABILIDAD (PESOS DE 2019)

Indicador	TOTAL
Valor Presente Neto (VPN) en pesos	\$81,129,178.52
Tasa interna de retorno (TIR)	23.52%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	22.30% Momento óptimo 2019

Fuente: Elaboración Propia

Con base en estos indicadores, se observa que el proyecto es rentable desde el punto de vista económico, pues genera la rentabilidad necesaria durante 20 años de operación, en comparación con el monto de la inversión, con una tasa de descuento del 10%.

La TRI indica una tasa del 22.30% y la TIR del 23.52%, son superiores a lo tradicional en un proyecto de inversión, considerando que se incluye el beneficio por mayor consumo de iluminación. Además, el diagnóstico realizado señala un problema importante de un servicio ineficiente de alumbrado público, que implica altos costos (que pueden reducirse al 50% con nuevas tecnologías) y un gran déficit de iluminación del 53%<sup>18</sup>.

Si no se considera el beneficio por mayor consumo de iluminación, el VPN sería de \$29.84 mdp, la TRI de 14.22% y la TIR de 15.17%.

Atendiendo al principio de separabilidad de Zonas de Análisis, se presenta la rentabilidad de cada de las colonias en la tabla siguiente. Se puede observar que cada uno de las 69 zonas en análisis es rentable, con un VPN superior a “cero pesos”.

<sup>18</sup> 69% de déficit de iluminación en la Situación Actual y 53% de déficit de iluminación en la Situación Sin Proyecto.

TABLA 53. INDICADORES DE RENTABILIDAD POR ZONA DE ANÁLISIS (PESOS DE 2019)

CLAVE	COLONIA	VPN	TIR	TRI	SE ACEPTA
		PESOS	% ANUAL	% ANUAL	
A01-01	Presidentes de México	\$1,847,288.14	21.70%	20.69%	Sí
A01-02	Benito Juárez	\$1,103,023.15	21.93%	20.89%	Sí
A01-03	Unidad Deportiva II	\$1,431,727.17	21.80%	20.78%	Sí
A02-04	Ampliación León I	\$939,701.41	20.88%	19.98%	Sí
A02-05	Prado Hermoso	\$1,262,186.90	24.58%	23.26%	Sí
A03-06	Paseos del Molino	\$3,547,253.15	23.66%	22.43%	Sí
A03-07	Agua Azul	\$3,095,934.89	26.99%	25.41%	Sí
A03-08	Agua Azul III	\$491,542.16	26.66%	25.11%	Sí
A03-09	Brisas del Carmen	\$1,941,336.75	21.27%	20.32%	Sí
A03-10	Brisas de San Nicolás	\$923,608.22	22.34%	21.23%	Sí
A03-11	Villas de Nuestra Señora de la Luz, secciones II y III	\$4,096,363.49	24.25%	22.96%	Sí
A04-12	San Francisco	\$674,071.25	24.21%	22.90%	Sí
A05-13	La Brisa	\$1,214,220.64	21.47%	20.50%	Sí
A05-14	San Agustín	\$1,143,872.76	21.97%	20.94%	Sí
A05-15	El Retiro	\$1,448,131.24	21.86%	20.83%	Sí
A05-16	Popular Anaya	\$1,095,195.27	22.27%	21.20%	Sí
A06-17	La Ermita	\$3,005,503.50	24.98%	23.60%	Sí
A06-18	Fraccionamiento Lomas del Mirador	\$144,900.39	31.47%	29.17%	Sí
A06-19	Lomas del Mirador	\$2,394,111.29	25.10%	23.72%	Sí
A06-20	Paseos del Country	\$1,420,889.48	24.18%	22.89%	Sí
A06-21	Colinas de la Fragua	\$930,191.39	22.28%	21.16%	Sí
A06-22	Observatorio dos	\$1,352,367.46	21.49%	20.42%	Sí
A07-23	Sinarquistas	\$2,282,716.10	26.48%	24.95%	Sí
A07-24	Convive	\$1,382,629.82	23.78%	22.53%	Sí
A07-25	Colinas la Hacienda	\$654,211.51	21.97%	20.95%	Sí
A07-26	La Fragua	\$680,125.57	26.40%	24.87%	Sí
A08-27	Jacinto López (Incluye Periodistas mexicanos)	\$5,090,339.92	23.87%	22.62%	Sí
A09-28	Valle Real I	\$2,058,330.44	27.41%	25.79%	Sí
A09-29	Valle Real II	\$814,504.32	23.94%	22.64%	Sí
A09-30	Real de Jerez	\$459,629.12	21.17%	20.25%	Sí
A09-31	Real Delta	\$1,391,510.83	21.01%	19.93%	Sí
A09-32	Delta Dosmil	\$1,562,182.87	22.86%	21.73%	Sí
A09-33	Paseos de la Castellana	\$1,225,035.86	24.42%	23.11%	Sí
A09-34	Mezquital 2000	\$999,965.42	26.61%	25.07%	Sí
A09-35	Valle de Maguey	\$704,039.16	26.75%	25.19%	Sí
A10-36	Comunidad Santa Ana del Conde	\$1,057,033.88	21.73%	20.73%	Sí
A10-37	Comunidad Benito Juárez	\$676,278.46	21.91%	20.87%	Sí
A10-38	Comunidad Miguel Hidalgo	\$682,899.70	21.74%	20.72%	Sí
A11-39	Valle de Señora II	\$335,418.99	20.97%	20.05%	Sí
A11-40	San José del Consuelo II	\$1,539,970.77	22.93%	21.79%	Sí
A11-41	Real de San José	\$396,906.95	21.00%	20.10%	Sí
A11-42	C H. San José	\$168,471.48	21.05%	20.13%	Sí

Análisis Costo-Beneficio Simplificado

CLAVE	COLONIA	VPN	TIR	TRI	SE ACEPTA
		PESOS	% ANUAL	% ANUAL	
A11-43	Misión de San José	\$861,039.43	23.94%	22.68%	Sí
A11-44	Los Manantiales	\$913,924.90	26.22%	24.71%	Sí
A11-45	Habitacional Coecillo	\$684,560.22	20.96%	20.08%	Sí
A11-46	Los Murales I	\$899,992.09	27.35%	25.75%	Sí
A11-47	Los Murales II	\$511,606.04	23.44%	22.26%	Sí
A11-48	El Condado	\$1,381,740.71	22.71%	21.60%	Sí
A11-49	El Consuelo	\$441,330.99	24.11%	22.84%	Sí
A11-50	Valle del Consuelo II	\$129,882.04	22.46%	21.45%	Sí
A11-51	El Valladito (Incluye Col. Antenas de Arriba)	\$693,336.14	26.34%	24.82%	Sí
A11-52	Las Presitas del Consuelo	\$344,715.07	18.81%	18.19%	Sí
A11-53	Las Presitas I	\$231,158.47	20.31%	19.49%	Sí
A11-54	Las Presitas II	\$10,776.83	12.32%	12.62%	Sí
A11-55	Lomas de Presitas	\$199,774.43	23.43%	22.19%	Sí
A11-56	8 de Marzo (Incluye Col. San Nicolás de los Reyes)	\$591,466.64	23.51%	22.31%	Sí
A11-57	San Pablo	\$891,398.14	20.82%	19.93%	Sí
A12-58	Ciudad Aurora	\$1,709,196.84	22.39%	21.31%	Sí
A12-59	Ribera de la Presa	\$1,634,664.89	22.97%	21.83%	Sí
A12-60	Privada Echeveste	\$168,471.48	21.05%	20.13%	Sí
A12-61	Canteritas de Echeveste	\$405,398.85	22.05%	21.02%	Sí
A12-62	Echeveste dos mil	\$636,742.50	26.42%	24.88%	Sí
A12-63	Jardines de Echeveste	\$766,911.91	22.27%	21.21%	Sí
A12-64	Ribera de la Presa Country	\$587,221.95	21.85%	20.83%	Sí
A12-65	Valle Hermoso II, III Y IV	\$1,677,206.58	23.31%	22.12%	Sí
A12-66	Valle Hermoso I y V	\$621,287.56	24.25%	22.96%	Sí
A12-67	San Nicolás del Palote I y II	\$408,389.50	23.80%	22.58%	Sí
A13-68	La Moreña	\$1,698,850.02	27.51%	25.89%	Sí
A13-69	Villas de León	\$2,362,513.01	27.39%	25.78%	Sí
	<b>TOTAL</b>	<b>\$81,129,178.52</b>	<b>23.52%</b>	<b>22.30%</b>	<b>Sí</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de la Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

## d) Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es una herramienta que permite identificar las variables que inciden en el cálculo de los indicadores de rentabilidad, y cuya variación puede poner en riesgo la rentabilidad del proyecto. Al análisis se realiza modificando los valores de cada variable a la vez, en lo que los economistas llaman análisis *ceteris paribus*, el cual consiste en suponer que, mientras se analiza una variable, todo lo demás permanece constante. En este caso se eligieron las siguientes variables cuyo comportamiento se analiza a continuación:

**Tabla 54.** ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

VARIABLE	VARIACIÓN RESPECTO A SU VALOR ORIGINAL	IMPACTO SOBRE EL INDICADOR DE RENTABILIDAD
Monto de inversión	2.02 veces	VPN = \$0.00
Tarifa de energía eléctrica	0.37 veces	VPN = \$0.00
Ahorro de Costos de op & mtto	0.18 veces	VPN = \$0.00
Liberación luminarias	-360.32 veces	VPN = \$0.00
Mantenimiento mayor de LED	85.54 veces	VPN = \$0.00
Mayor consumo de iluminancia	-0.58 veces	VPN = \$0.00

**Fuente:** Elaboración Propia

El procedimiento consiste en modificar los valores de la variable elegida, por ejemplo, el monto de inversión, que es de hecho la primera variable analizada. La experiencia dicta que difícilmente los presupuestos se cumplen al 100%, y que casi siempre hay factores que presionan los precios al alza. Entonces se trata de identificar cómo es que varían los indicadores de rentabilidad ante diferentes aumentos al presupuesto de inversión.

En el siguiente ejemplo se pueden observar variaciones de 10 puntos porcentuales al alza hasta llegar al 140% de la inversión, o a la baja y hasta llegar al 60% de la inversión. La inversión base corresponde al 100%, y que en las siguientes tablas se muestra en el renglón que tiene variación de 1.00. Como es de esperarse, si un proyecto genera los mismos beneficios, pero termina costando menos de lo esperado, entonces la rentabilidad se va a incrementar. Por lo tanto, aunque dicho análisis no es muy relevante, se muestra para fines ilustrativos. Lo que sí resulta interesante es observar cómo va disminuyendo la rentabilidad del proyecto cuando la inversión es cada vez mayor.

En la siguiente tabla se observa que la rentabilidad expresada por el VPN disminuye ante un incremento en el monto de inversión. Debido a que se llegó al tope máximo de 140%

(1.4 de variación) y el VPN sigue siendo positivo, quiere decir que la inversión tendría que ser mayor al 140% de la originalmente propuesta para que el proyecto dejara de ser rentable.

Ahora bien, cuando el VPN es igual a cero, no significa que el proyecto no sea rentable, sino que el proyecto paga exactamente el costo de oportunidad de los recursos invertidos, y que para el caso de México es del 10%, valor que se utiliza como tasa de descuento. Por lo tanto, y dado a que en el máximo incremento que se ha decidido analizar en el caso del monto de inversión el VPN sigue siendo rentable, se procede al cálculo del valor con el que el VPN será exactamente igual a cero, no porque a ese valor el proyecto no sea rentable, sino porque el dato sirve como referencia al representar el monto de inversión, que, de ser marginalmente mayor, hará que el VPN menor que cero y, por lo tanto, no rentable.

El dato permite saber hasta que se vuelve negativo cuando la inversión aumenta más de 40% sobre la inversión base, es decir, deja de ser rentable. Eso significa que hay un monto de inversión que es mayor a 140% del valor original en que el VPN es igual a cero, es decir, cuando el proyecto paga exactamente el costo de oportunidad de los recursos.

Dicho valor se ubica en el penúltimo renglón y es 2.02 veces la inversión original, por lo que puede decirse que el monto de inversión del proyecto soporta un incremento de hasta el 150% del valor original para que el proyecto siga siendo rentable.

Por otro lado, el último renglón representa al análisis para la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) y que marca el momento óptimo de inversión. Cuando la TRI es mayor que el costo de oportunidad (10%), se dice que ha pasado el momento óptimo de inversión, Para que el proyecto se ejecute dentro del momento óptimo de inversión, la variación de la inversión debería ser 2.23 veces el monto original. Sin embargo, sabiendo que el monto máximo de inversión para que el proyecto siga siendo rentable es 2.02 veces la inversión original, se esperaría que el proyecto no fuera rentable, lo cual se aprecia en al último renglón, columna VPN, donde la pérdida sería de \$16.77 mdp.

**TABLA 55.** ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AL MONTO DE INVERSIÓN

INVERSIÓN	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
\$79,848,621	1.00	\$81,129,179	23.52%	22.30%	-
\$111,788,069	1.40	\$49,284,682	16.14%	15.93%	1
\$103,803,207	1.30	\$57,245,806	17.60%	17.15%	1

INVERSIÓN	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
<b>\$79,848,621</b>	<b>1.00</b>	<b>\$81,129,179</b>	<b>23.52%</b>	<b>22.30%</b>	<b>-</b>
\$95,818,345	1.20	\$65,206,930	19.27%	18.58%	1
\$87,833,483	1.10	\$73,168,054	21.22%	20.27%	-
\$79,848,621	1.00	\$81,129,179	23.52%	22.30%	-
\$71,863,759	0.90	\$89,090,303	26.29%	24.78%	-
\$63,878,897	0.80	\$97,051,427	29.72%	27.87%	-
\$55,894,035	0.70	\$105,012,551	34.07%	31.85%	-
\$47,909,172	0.60	\$112,973,675	39.81%	37.16%	-
\$161,219,705	2.02	\$0	10.00%	11.04%	40
\$178,044,405	2.23	-\$16,774,682	8.58%	10.00%	55

Fuentes: Elaboración propia

Como se sabe, el proyecto está integrado por 69 colonias donde el sistema de alumbrado público es un sistema tradicional. El análisis de rentabilidad se hizo colonia por colonia, por lo que la rentabilidad del programa es la suma de las rentabilidades individuales. Es probable que la suma total arroje un VPN mayor que cero pese a que algunos tramos no sean entables.

Dicho efecto se aprecia en la última columna de cada una de las tablas que se presentan en esta sección. Analizando la tabla anterior se puede apreciar que la TIR es del 16.14% cuando la inversión es 1.40 veces la original, es decir, el proyecto global es rentable, pese a que 1 colonia no es rentable. Es evidente que la rentabilidad de los 68 colonias restantes es tan elevada que compensa la no rentabilidad de este tramo.

Otra de las variables analizadas es la tarifa de energía eléctrica que impacta en los ahorros de energía que se obtiene con la tecnología LED. En una lógica similar a la del análisis del cuadro anterior, el análisis se muestra a continuación.

**TABLA 56.** ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL LA TARIFA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

TARIFA DE CFE	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
<b>\$3.787</b>	<b>1.00</b>	<b>\$81,129,179</b>	<b>23.52%</b>	<b>22.30%</b>	<b>-</b>
\$5.302	1.40	\$132,692,729	31.34%	29.85%	-
\$4.923	1.30	\$119,801,842	29.41%	27.96%	-
\$4.544	1.20	\$106,910,954	27.46%	26.07%	-
\$4.166	1.10	\$94,020,066	25.50%	24.18%	-

TARIFA DE CFE	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
<b>\$3.787</b>	<b>1.00</b>	<b>\$81,129,179</b>	<b>23.52%</b>	<b>22.30%</b>	<b>-</b>
\$3.787	1.00	\$81,129,179	23.52%	22.30%	-
\$3.408	0.90	\$68,238,291	21.51%	20.41%	-
\$3.030	0.80	\$55,347,403	19.47%	18.52%	1
\$2.651	0.70	\$42,456,516	17.38%	16.64%	1
\$2.272	0.60	\$29,565,628	15.24%	14.75%	1
\$1.404	0.37	\$0	10.00%	10.42%	40
\$1.319	0.35	-\$2,874,504	9.45%	10.00%	52

Fuentes: Elaboración propia

Se puede observar que para que el proyecto tenga un VPN=0, la tarifa de energía eléctrica debe reducirse a un 37%, implicando que en suma la inversión en 40 colonias no sería rentable. Se observa que esta variable es muy sensible, pues los indicadores de rentabilidad presentan cambios importantes ante el cambio en esta variable.

**TABLA 57.** ANÁLISIS DEL AHORRO DE COSTOS

BENEFICIO AÑO 1	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
<b>\$11,109,975</b>	<b>1.00</b>	<b>\$81,129,179</b>	<b>23.52%</b>	<b>22.30%</b>	<b>-</b>
\$15,553,964.87	1.40	\$120,716,800	29.43%	27.86%	-
\$14,442,967.38	1.30	\$110,819,895	27.97%	26.47%	-
\$13,331,969.88	1.20	\$100,922,989	26.50%	25.08%	-
\$12,220,972.39	1.10	\$91,026,084	25.02%	23.69%	-
\$11,109,974.90	1.00	\$81,129,179	23.52%	22.30%	-
\$9,998,977.41	0.90	\$71,232,273	22.00%	20.91%	-
\$8,887,979.92	0.80	\$61,335,368	20.46%	19.51%	1
\$7,776,982.43	0.70	\$51,438,462	18.90%	18.12%	1
\$6,665,984.94	0.60	\$41,541,557	17.30%	16.73%	1
\$2,002,651.90	0.18	\$0	10.00%	10.89%	37
\$1,290,396.40	0.12	-\$6,344,862	8.75%	10.00%	56

Fuentes: Elaboración propia

Se puede observar que para que el proyecto tenga un VPN=0, los ahorros pueden reducirse a un 18% del valor original, implicando que 37 colonias NO sean rentables. Se

observa que esta variable es muy sensible, pues un cambio en la variable impacta en los indicadores de rentabilidad.

**TABLA 58.** ANÁLISIS DE LA LIBERACIÓN DE LUMINARIAS ACTUALES

BENEFICIO	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
\$246,987	1.00	\$81,129,179	23.52%	22.30%	-
\$345,781	1.40	\$81,218,992	23.54%	22.42%	-
\$321,083	1.30	\$81,196,539	23.54%	22.39%	-
\$296,384	1.20	\$81,174,085	23.53%	22.36%	-
\$271,685	1.10	\$81,151,632	23.52%	22.33%	-
\$246,987	1.00	\$81,129,179	23.52%	22.30%	-
\$222,288	0.90	\$81,106,725	23.51%	22.27%	-
\$197,589	0.80	\$81,084,272	23.51%	22.24%	-
\$172,891	0.70	\$81,061,819	23.50%	22.20%	-
\$148,192	0.60	\$81,039,365	23.49%	22.17%	-
-\$88,995,110	(360.32)	\$0	10.00%	-89.47%	39
-\$9,572,592	(38.76)	\$72,202,289	21.18%	10.00%	-

Fuentes: Elaboración propia

Se puede observar que el beneficio por la liberación de las luminarias actuales no es una variable sensible al proyecto. De hecho, podría no haber liberación de recursos por este concepto y el proyecto seguiría siendo rentable.

**TABLA 59.** ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO MAYOR DE LED DEL PROYECTO

MTTO MAYOR	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
\$1,115,518.966	1.00	\$81,129,179	23.52%	22.30%	-
\$1,561,726.552	1.40	\$80,745,300	23.46%	22.30%	-
\$1,450,174.655	1.30	\$80,841,270	23.48%	22.30%	-
\$1,338,622.759	1.20	\$80,937,239	23.49%	22.30%	-
\$1,227,070.862	1.10	\$81,033,209	23.50%	22.30%	-
\$1,115,518.966	1.00	\$81,129,179	23.52%	22.30%	-
\$1,003,967.069	0.90	\$81,225,148	23.53%	22.30%	-
\$892,415.172	0.80	\$81,321,118	23.55%	22.30%	-
\$780,863.276	0.70	\$81,417,087	23.56%	22.30%	-
\$669,311.379	0.60	\$81,513,057	23.57%	22.30%	-

MTTO MAYOR	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
<b>\$1,115,518.966</b>	<b>1.00</b>	<b>\$81,129,179</b>	<b>23.52%</b>	<b>22.30%</b>	<b>-</b>
\$95,417,411	85.54	\$0	10.00%	22.30%	39
\$0	-	\$82,088,874	23.66%	22.30%	-

Fuentes: Elaboración propia

Se puede observar que los costos de mantenimiento mayor no es una variable sensible al proyecto. El cambio de los indicadores de rentabilidad son mínimos al cambio de esta variable.

**TABLA 60.** ANÁLISIS DEL MAYOR CONSUMO DE ILUMINACIÓN

MAYOR CONSUMO DE ILUMINACIÓN AÑO 1	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
<b>\$6,447,479</b>	<b>1.00</b>	<b>\$81,129,179</b>	<b>23.52%</b>	<b>22.30%</b>	<b>-</b>
\$9,026,471	1.40	\$101,644,446	26.77%	25.53%	-
\$8,381,723	1.30	\$96,515,629	25.96%	24.72%	-
\$7,736,975	1.20	\$91,386,812	25.15%	23.91%	-
\$7,092,227	1.10	\$86,257,995	24.33%	23.11%	-
\$6,447,479	1.00	\$81,129,179	23.52%	22.30%	-
\$5,802,731	0.90	\$76,000,362	22.70%	21.49%	-
\$5,157,983	0.80	\$70,871,545	21.88%	20.68%	-
\$4,513,235	0.70	\$65,742,728	21.05%	19.88%	-
\$3,868,487	0.60	\$60,613,911	20.23%	19.07%	-
-\$3,751,339	(0.58)	\$0	10.00%	9.53%	40
-\$3,372,100	(0.52)	\$3,016,757	10.54%	10.00%	33

Fuentes: Elaboración propia

Se puede observar que para que el proyecto tenga un VPN=0, los ahorros deberían ser negativos en 0.58 del valor original, implicando que 40 colonias NO sean rentables.

De las 6 variables analizadas, se identifica que las 2 variables más sensible al proyecto son la tarifa de energía eléctrica y el mayor consumo de iluminación, por lo que será importante vigilar la iluminación adecuada y las medidas de mantenimiento del proyecto,

así como monitorear el consumo de energía de las luminarias a través de un programa de mantenimiento predictivo y preventivo.

**TABLA 61.** RESULTADO DE ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

	VARIABLE	DIFERENCIA EN EL VPN	GRADO DE SENSIBILIDAD	VARIACIÓN PARA VPN = 0
1	TARIFA CFE	\$103,127,101	Sensibilidad muy alta	0.37
2	AHORRO DE COSTOS	\$79,175,243	Sensibilidad muy alta	0.18
3	INVERSIÓN	-\$63,688,993	Sensibilidad alta	2.02
4	MAYOR CONSUMO ILUM	\$41,030,535	Sensibilidad media	-0.58
5	OP & MTTO MAYOR CP	-\$767,757	Sensibilidad baja	85.54
6	DESECHO PDL ACTUALES	\$179,627	Sensibilidad baja	-360.32

**Fuente:** Elaboración Propia

Por otro lado, la tarifa de energía eléctrica puede modificarse, impactando en el ahorro de costos, con base en el supuesto de que el costo social de la energía es muy similar a la tarifa de CFE. Sin embargo, la fijación de la tarifa de está a cargo del Gobierno Federal y se presume que el cambio podría ser al alza, lo cual genera mayores ahorros al proyecto.

## e) Análisis de riesgos

TABLA 62. ANÁLISIS DE RIESGOS

DESCRIPCIÓN	IMPACTO	MITIGACIÓN	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA
Vandalismo o robo de conductores de cobre	Incremento en los costos de mantenimiento	El mismo alumbrado inhibe el pillaje o vandalismo, y pese a que la alimentación es de baja tensión, es elevado el riesgo de descarga eléctrica	5%
Retraso debido a fenómenos meteorológicos	Incremento en costos por incremento en el tiempo de ejecución	Programación de obras en periodo de baja probabilidad de afectaciones meteorológicas	5%
Problemas técnicos en obra	Incremento en costo y demoras durante la ejecución de operaciones	Identificar licitantes y constructores con el perfil adecuado para el desarrollo de las obras.	12%
Problemas de operación, por una demanda mayor, fenómenos climáticos, inadecuada planeación	Incremento en costos de conservación y mantenimiento	Crear un fondo de mantenimiento. Adquirir seguros para eventualidades climáticas.	30%
Fenómenos inflacionarios o macroeconómicos	Incremento en costos (construcción o de operación)	Adquirir seguros, instrumentos de cobertura de riesgos financieros, principalmente.	20%
Problemas de ejecución por inadecuada planeación	Incremento en los costos de mantenimiento debido a desperfectos durante la fase de operación	Establecimiento de cláusulas de contrato para corrección de vicios ocultos	8%

Fuentes: Elaboración propia

## VI. Conclusiones y Recomendaciones

Los resultados de la evaluación económica indican que el programa de 3ª ETAPA DE LA REHABILITACIÓN INTEGRAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO, LEÓN GTO es socioeconómicamente rentable con un Valor Presente Neto de \$81.13 mdp, con lo cual indica que los beneficios sociales son superiores a los costos del proyecto, a lo largo del horizonte de análisis.

La TIR se estima en 23.52%, superior a la tasa social de descuento del 10%. Y la TRI se estima en 22.30%, lo que indica que el momento óptimo ya ocurrió, y por tanto, se recomienda realizar el proyecto a la brevedad, considerando que su postergación implica dejar de obtener beneficios sociales.

Los principales beneficios gracias a la implementación del proyecto son:

- Ahorro en costos de operación y mantenimiento del sistema de alumbrado público en 50%
- Mayor iluminación en 53% (mayor consumo de iluminación)
- Liberación de recursos por luminarias actuales y las nuevas luminarias LED al final de la vida útil
- Evitar las reinversiones de VSAP cada 36,000 horas
- Disminución del riesgo de delito y del riesgo accidentes por mejorar la iluminación (intangibles)
- Mejora de imagen urbana por mejor iluminación (intangibles)

Los principales costos corresponden a la inversión, mantenimiento mayor del sistema con LED, reinversiones en LED y costos por molestias.

Se recomienda ejecutar el proyecto a la brevedad, los indicadores señalan que el proyecto es rentable.

## VII. Anexos

NÚMERO DEL ANEXO	CONCEPTO DEL ANEXO	DESCRIPCIÓN
Anexo A	Análisis de la Oferta y la Demanda	
Anexo B	Estudios Técnicos	Estudios Técnicos Oficio de validación de proyecto ejecutivo
Anexo C	Estudios Legales	
Anexo D	Estudios Ambientales	
Anexo E	Estudios de Mercado	
Anexo F	Estudios Específicos	
Anexo G	Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI	Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI
Anexo H	Análisis de Sensibilidad	Análisis de Sensibilidad (mismo archivo de Excel que anexo G)

## VIII. Bibliografía

- [http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/EstSegPub/envipe2018\\_09.pdf](http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/EstSegPub/envipe2018_09.pdf)
- [http://www.inegi.org.mx/.](http://www.inegi.org.mx/)
- [https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRENegocios/Tarifas/AlumbradoPublicoBT.aspx.](https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRENegocios/Tarifas/AlumbradoPublicoBT.aspx)
- <https://www.gob.mx/conuee/accionesyprogramas/estadosymunicipiostecnologiaeficienteparaelalumbradopublico?state=published>
- [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso\\_Factor\\_de\\_Emisiones\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso_Factor_de_Emisiones_2018.pdf), 2019.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM013ENER2013, Eficiencia Energética Para Sistemas De Alumbrado En Vialidades.
- Plan Nacional de Desarrollo: 2019-2024
- Programa Sectorial de Energía 2013-2018 (vigente a la fecha).
- Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana, 1trim 2019, Inegi.

**Responsables de la Información**

**Ramo:**

**Entidad:**

**Área Responsable:** Dirección General de Obras Públicas del Municipio de León

**Datos del Administrador del programa y/o proyecto de inversión:**

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha

Versión	Fecha
Versión	

\*El administrador del programa y/o proyecto de inversión, deberá tener como mínimo el nivel de Director de Área o su equivalente en la dependencia o entidad correspondiente, apegándose a lo establecido en el artículo 43 del Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.



León, Guanajuato, 20 de Junio de 2018  
DGOP/DMU/OF-108/2018

**AUREN BAJÍO S.C.**  
**PRESENTE**

Por este conducto le envío un cordial saludo, y en relación al contrato num. A-2510-383-61301-H/0034/2018 denominado: "Diseño, Gerenciamiento y Asesoría para el Proyecto de la 3ª Etapa de la Rehabilitación Integral Sistema de Alumbrado Público, León Gto", al respecto le comento que en base a sus entregables, esta Dirección ha realizado la revisión de los mismos, de los cuales no se tiene observaciones, por tal motivo se ha validado es estudio realizado.

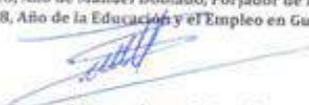
Sin otro particular por el momento, me reitero a sus órdenes para cualquier duda o aclaración al respecto.

**ATENTAMENTE**

"El Trabajo todo lo vence"

"2018, Año de Manuel Doblado, Forjador de la Patria"

"2018, Año de la Educación y el Empleo en Guanajuato"

  
**Ing. Israel Martínez Martínez**  
**Director de Mantenimiento Urbano**

c.c.p. Archivo

Blvd. Torres Candia Ota. 3781-B  
Predio El Huanuche  
León, Gto. C.P. 37126  
Tel. 252 4659  
Ext. 4329, Fax 6530  
[www.leon.gob.mx](http://www.leon.gob.mx)

**Dirección General de  
OBRA PÚBLICA**