

Análisis Costo-Beneficio Simplificado del Proyecto

**AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO
PÚBLICO CON TECNOLOGÍA LED EN COLONIAS Y
COMUNIDADES DE LAS DELEGACIONES DE LEÓN,
GTO. 2DA ETAPA.**

2023

ÍNDICE

I.	RESUMEN EJECUTIVO.....	3
II.	SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI.....	12
	A) DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	12
	B) ANÁLISIS DE LA OFERTA EXISTENTE.....	22
	C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL.....	31
	D) INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA.....	34
III.	SITUACIÓN SIN EL PPI.....	44
	A) OPTIMIZACIONES.....	44
	B) ANÁLISIS DE LA OFERTA.....	45
	C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	50
	D) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	53
	E) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	62
IV.	SITUACIÓN CON EL PPI.....	68
	A) DESCRIPCIÓN GENERAL.....	68
	B) ALINEACIÓN ESTRATÉGICA.....	70
	C) LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	71
	D) CALENDARIO DE ACTIVIDADES.....	75
	E) MONTO TOTAL DE INVERSIÓN.....	75
	F) FUENTES DE FINANCIAMIENTO.....	77
	G) CAPACIDAD INSTALADA.....	77
	H) METAS ANUALES Y TOTALES DE PRODUCCIÓN.....	78
	I) VIDA ÚTIL.....	78
	J) DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES.....	78
	K) ANÁLISIS DE LA OFERTA.....	79
	L) ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	82
	M) INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	85
V.	EVALUACIÓN DEL PPI.....	98
	A) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PPI.....	101
	B) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PPI.....	108
	C) CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	117
	D) ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	120
	E) ANÁLISIS DE RIESGOS.....	125
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	126
VII.	ANEXOS.....	127
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	128

Análisis Costo-Beneficio¹

AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGÍA LED EN COLONIAS Y COMUNIDADES DE LAS DELEGACIONES DE LEÓN, GTO. 2DA ETAPA.

I. Resumen Ejecutivo

Problemática, objetivo y descripción del PPI

Objetivo del PPI

La “Ampliación del Sistema de Alumbrado Público con Tecnología LED en Colonias y Comunidades de las Delegaciones de León, Gto. 2da etapa”, tiene como objetivo el de :

“Contribuir al 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

¹Para 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

Problemática Identificada

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

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.

En el periodo del 2017 al 2022 el Municipio de León rehabilitó el sistema de alumbrado, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 100% de las vialidades primarias de la ciudad en materia de alumbrado público atendidas.
- 85% de las vialidades secundarias de la ciudad en materia de alumbrado público atendidas

Del párrafo anterior podemos afirmar que existe un 15% de vialidades secundarias que aún cuentan con tecnología deficiente.

En las 80 colonias /comunidades en análisis, que corresponden a vialidades secundarias residenciales tipo A, se cuenta con 6,717 PDL de vapor de sodio de alta presión (VSAP) con un consumo anual de 6,003,000 kwh, lo que representa un monto de \$24.3 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 \$4,197.22 pesos por año, el cual se considera alto ya que, con otras tecnologías como la LED, podría reducirse en un 50%.

Asimismo, dichas vialidades ofrecen una iluminancia de 60,453 Lux (promedio de 9 lux/PDL), en tanto que de acuerdo a los requerimientos mínimos establecidos en el proyecto ejecutivo se define una demanda de 97,086 lux (13.2 lux /PDL), presentándose un déficit de iluminación de 36,633 lux (4.2 lux/PDL) que representa un 37.7% de déficit de iluminación $(60,453/97,086 - 1)$. 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 el 10% DE VIALIDADES SECUNDARIAS DEL MUNICIPIO DE LEÓN.

En el mismo sentido, se detectaron puntos de muy baja iluminancia por el crecimiento normal de los árboles que obstruye la luminosidad, y la polución que opaca los cristales y grupo óptico de las luminarias que constituyen 4,030 PDL (60% del total en análisis).

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 kg² de CO₂ a la atmósfera, lo que implica que los **6,717 PDL** que operan actualmente, producen 3,163 ton de CO₂ 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 Municipio proveer de alumbrado público, es necesario 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.

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

Para modernizar el Sistema de Alumbrado Público el Municipio de León está proyectando la "Ampliación del Sistema de Alumbrado Público con Tecnología LED en Colonias y Comunidades de las

² https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso_Factor_de_Emisiones_2018.pdf

Delegaciones de León, Gto. 2da etapa” este proyecto comprende un total de 80 colonias/comunidades (58 colonias y 22 comunidades) del Municipio de León, abarcando la iluminación de las vialidades secundarias o vialidades interiores de la colonia y /o comunidad.

La propuesta consiste en la sustitución de las 6,717 PDL actuales que son de vapor de sodio de alta presión (VSAP), además de agregar las 638 PDL faltantes para cumplir con las condiciones de iluminancia. En total se instalarán 7,355 PDL con tecnología LED

Los trabajos de obra comprenden 478 postes, 180,519 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 SIN IVA)
	TOTAL
Inversión (año 0)	\$86,206,803.91
Costos de operación y mantenimiento	\$2,803,048.36
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)	\$15,858,117.78
Mayor consumo de iluminación (anual)	\$7,315,004.46
Liberación de recursos por luminarias LED nuevas (año 20)	\$1,724,136.08
Liberación de recursos por luminarias actuales VSAP (año 1)	\$366,626.89
Reinversiones requeridas en la situación sin proyecto para VSAP (año 3, 4, 11 y 13)	\$18,331,344.55
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 \$99,999,892.54 pesos incluyendo IVA para el total de 80 colonias / comunidades

(con IVA)

a intervenir, los componentes de la inversión se presentan a continuación:

TABLA 3. MONTO DE INVERSIÓN DEL PPI POR COMPONENTES

CONCEPTO	MONTO (PESOS 2019)
Suministro y colocación de luminario para vialidad tipo led de no mayor a 80 watts 130 watts y punta poste, con características acorde a la normatividad vigente y con una garantía no menor a 7 años	\$44,203,955.76
Suministro y colocación de brazo alto y corto, de fierro galv.	\$2,000,421.95
Suministro y colocación de poste cónico circular de 9.00 mts. y 8.00 mts, y poste de concreto de 9 metros	\$2,806,081.50
Suministro y colocación de: abrazaderas, Obs, 1bs y 2bs, de brazos, de cable para distribución área, de estructuras "IP3", "IR3", de bajantes atierra, de equipos de control y medición, y flejes, conforme a la normativa aplicable	\$26,016,190.84
Demolición de banquetas, excavación a mano, acarreo, instalación de tepetate, banqueta de concreto	\$10,680,253.61
Elaboración de planos eléctricos as built, y georeferencia de puntos de luz, para la solicitud de ahorros ante CFE	\$499,900.26
SUB-TOTAL	\$86,206,803.91
IVA	\$13,793,088.63
TOTAL	\$99,999,892.54

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

Los indicadores de rentabilidad son los siguientes:

Valor Presente
Neto (VPN)

\$129,996,480

Tasa Interna de
Retorno (TIR)

29.26%

Tasa de
Rentabilidad
Inmediata (TRI)

27.31%

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 **80 colonias / comunidades de intervención son rentables social** y económicamente, ya que su ejecución genera un **Valor Presente Neto (VPN) de \$129.9 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).

II. Situación Actual del PPI

a) Diagnóstico de la Situación Actual

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE)³ 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 80 colonias / comunidades 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.

³ <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/estados-y-municipios-alumbrado-publico>

Un sistema de alumbrado público bien diseñado debe emplear tecnología eficiente que 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 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 80 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 MÍNIMA (LM/W)	VIDA ÚTIL PROMEDIO (HRS)
LED	105	50,000 – 150,000 (a)
Aditivos metálicos cerámicos	96	18,000 - 30,000 (b)
Vapor de sodio alta presión cerámico	83	22,000 - 36,000

Fuente: Conuee⁴. (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 2022 se estima que se ha llegado al 85% 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 m² de espacio público, y la NOM-013-ENER-2013 establece un parámetro MÁXIMO de Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA) 0.64 w/m² para vialidades secundarias, de manera que, si se utilizan más w de lo establecido, el sistema es ineficiente.

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.

⁴www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/estados-y-municipios-tecnologia-eficiente-para-el-alumbrado-publico?state=published, noviembre 2018.

A efecto de determinar las acciones a ejecutar, la Dirección General de Obra Pública 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 80 colonias / comunidades (58 colonias y 22 comunidades) ubicadas en el municipio de León, que se agrupa en 7 áreas administrativas. Sin embargo, el análisis se realizará a nivel colonia.

TABLA 5. COLONIAS EN ANÁLISIS

No.	CLAVE	Nombre	PDL existentes	Colonia / comunidad
1	ZCJ-1	Barretos	77	COMUNIDAD
2	ZCJ-2	Capellanía De Loera	81	COMUNIDAD
3	ZCJ-3	Guadalupe Victoria	48	COMUNIDAD
4	ZCJ-4	La Arcina	63	COMUNIDAD
5	ZCJ-5	La Sandia	78	COMUNIDAD
6	ZCJ-6	Los Ramírez	119	COMUNIDAD
7	ZCJ-7	Mayorazgo (solo vías públicas)	86	COLONIA
8	ZCJ-8	Providencia	47	COMUNIDAD
9	ZCJ-9	San José Del Resplandor	47	COMUNIDAD
10	ZCJ-10	San Juan De Abajo	377	COMUNIDAD
11	ZCJ-11	Villas De San Isidro	17	COLONIA
12	ZCG-1	Cañada del refugio	563	COLONIA
13	ZCG-2	Condominio Los Cárcamos (Solo vías públicas)	26	COLONIA

No.	CLAVE	Nombre	PDL existentes	Colonia / comunidad
14	ZCG-3	Ex Hacienda Arriba (Incluye Camino Que Conecta A Carr. A San Felipe)	27	COMUNIDAD
15	ZCG-4	Hacienda Del Campestre	168	COLONIA
16	ZCG-5	Hacienda Del Carmen	13	COLONIA
17	ZCG-6	La Patiña	30	COMUNIDAD
18	ZCG-7	Puerta Horizonte	18	COLONIA
19	ZCG-8	Real Del Campestre (Solo Vías Públicas)	8	COLONIA
20	ZCG-9	Residencias Del Moral II	32	COLONIA
21	ZCG-10	Rinconada De Echeveste	14	COLONIA
22	ZCG-11	Valle Del Moral	63	COLONIA
23	ZCG-12	Valle Jacarandas	20	COLONIA
24	ZCG-13	Villas Del Campestre	114	COLONIA
25	ZCO-1	Anturios	77	COLONIA
26	ZCO-2	Cayetana	25	COLONIA
27	ZCO-3	Cibeles	25	COLONIA
28	ZCO-4	La Toscana	17	COLONIA
29	ZCO-5	Los Naranjos (Club de Golf)	160	COLONIA
30	ZCO-6	Los Portones	11	COLONIA
31	ZCO-7	Maravillas III	8	COLONIA
32	ZCO-8	Oasis (Solo Acceso Principal)	28	COLONIA
33	ZCO-9	Punta Nogal Morelos	48	COLONIA
34	ZCO-10	Quinta Hilario Medina	14	COLONIA
35	ZCO-11	Quinta Los Naranjos	63	COLONIA

No.	CLAVE	Nombre	PDL existentes	Colonia / comunidad
36	ZCO-12	Tres Cantos	87	COLONIA
37	ZDC-1	Brisas Del Campo	75	COLONIA
38	ZDC-2	Brisas Del Campo II	136	COLONIA
39	ZDC-3	Diosas Del Hogar	10	COLONIA
40	ZDC-4	El Carmen Y Camino Al Potrero	57	COMUNIDAD
41	ZDC-5	El Dorado	278	COLONIA
42	ZDC-6	Héroes De León	180	COLONIA
43	ZDC-7	Industrial Santa Julia	5	COLONIA
44	ZDC-8	Jardines De Los Reyes	27	COLONIA
45	ZDC-9	La Laborcita	59	COMUNIDAD
46	ZDC-10	La Vigatta	64	COLONIA
47	ZDC-11	Loza de los padres (Ampliación parte norte)	30	COMUNIDAD
48	ZDC-12	Lucio Blanco	80	COMUNIDAD
49	ZDC-13	Nuevo Valle De Moreno	46	COMUNIDAD
50	ZDC-14	Paraíso Real	135	COLONIA
51	ZDC-15	Pedregal Del Gigante	104	COLONIA
52	ZDC-16	Pedregal San Carlos	24	COLONIA
53	ZDC-17	Piamonte	29	COLONIA
54	ZDC-18	Residencial San Ángel	111	COLONIA
55	ZDC-19	San Juan De Otates	130	COMUNIDAD
56	ZDC-20	San Nicolás De Los González	44	COMUNIDAD
57	ZDC-21	Sierra Nogal	295	COLONIA

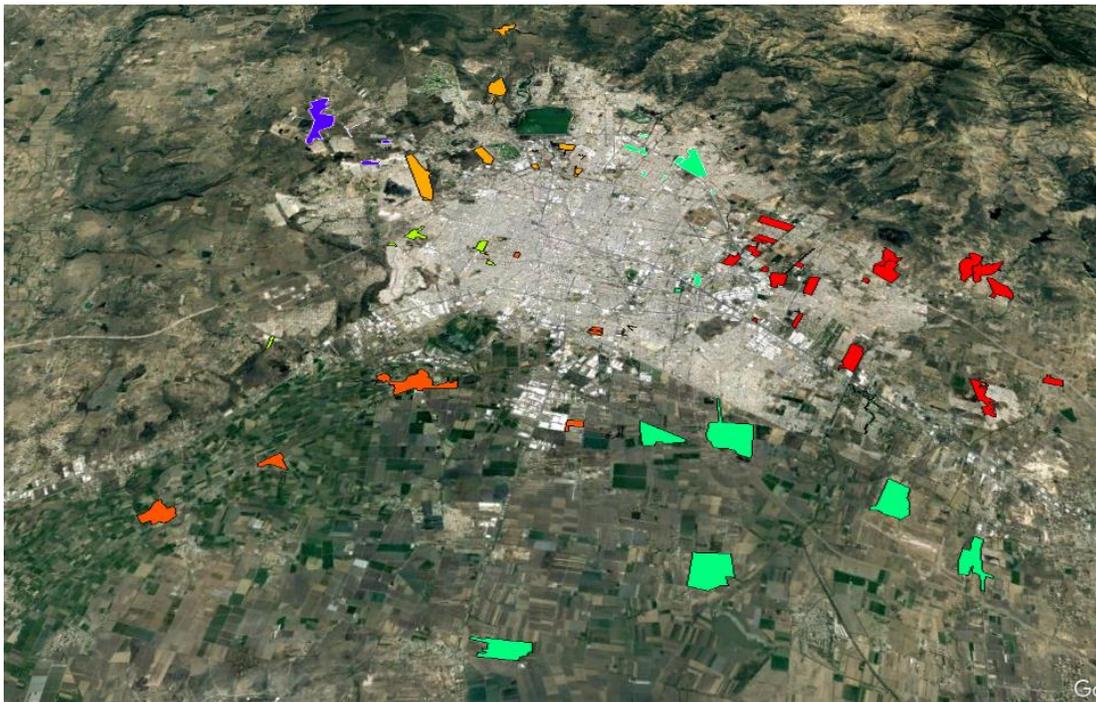
No.	CLAVE	Nombre	PDL existentes	Colonia / comunidad
58	ZDC-22	Soberna	132	COLONIA
59	ZDC-23	Terracota	15	COLONIA
60	ZLJ-1	Brisas Del Campestre	934	COLONIA
61	ZLJ-2	Cordillera	95	COLONIA
62	ZLJ-3	La Querencia	33	COLONIA
63	ZLJ-4	Villas De Palermo	121	COLONIA
64	ZSJB-1	Lomas De Arbide	42	COLONIA
65	ZSJB-2	Paseos De Andalucía	18	COLONIA
66	ZSJB-3	Paseos De La Cima Plus	19	COLONIA
67	ZSJB-4	Valle Antigua	92	COLONIA
68	ZSJB-5	Valle De Arbide	14	COLONIA
69	ZSJB-6	Villas De La Gloria	31	COLONIA
70	ZSJB-7	Villas La Gloria II	9	COLONIA
71	ZSM-01	Condominio Villas Jacaranda (Solo Las Vías Públicas)	13	COLONIA
72	ZSM-02	Las Sendas	28	COLONIA
73	ZSM-03	Malagana (San Antonio Del Monte)	58	COMUNIDAD
74	ZSM-04	Puerta De San German	55	COMUNIDAD
75	ZSM-05	Rivera Del Rio	24	COLONIA
76	ZSM-06	San Alfonso	12	COLONIA
77	ZSM-07	Santa Ana A.C.	82	COMUNIDAD
78	ZSM-08	Santa Rosa Plan De Ayala	229	COMUNIDAD
79	ZSM-09	Valle Del Sur	24	COLONIA

No.	CLAVE	Nombre	PDL existentes	Colonia / comunidad
80	ZSM-10	Villa Residencial Arbide	19	COLONIA

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Proyecto Ejecutivo

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

Figura 1. UBICACIÓN DE LAS COLONIAS DE ESTUDIO

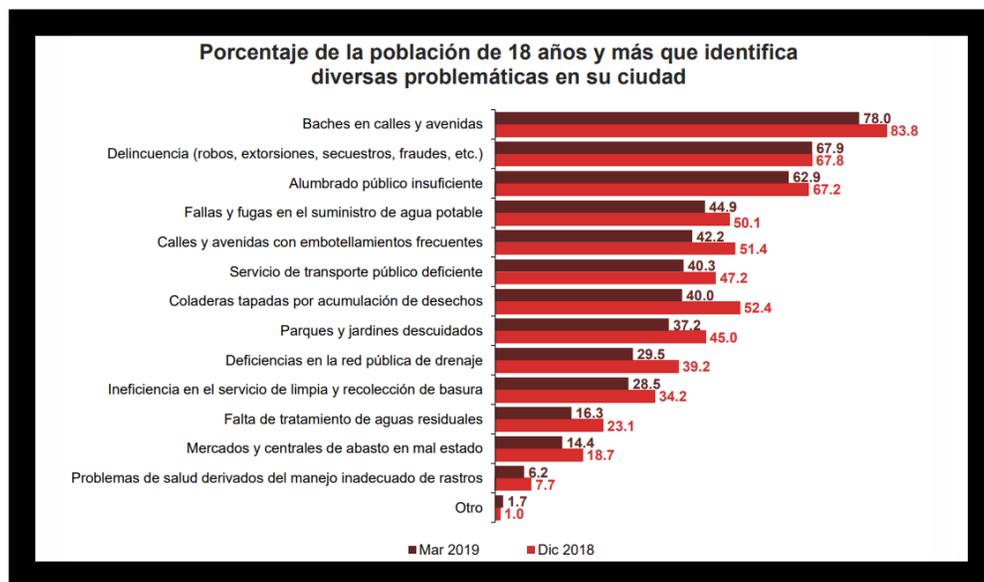
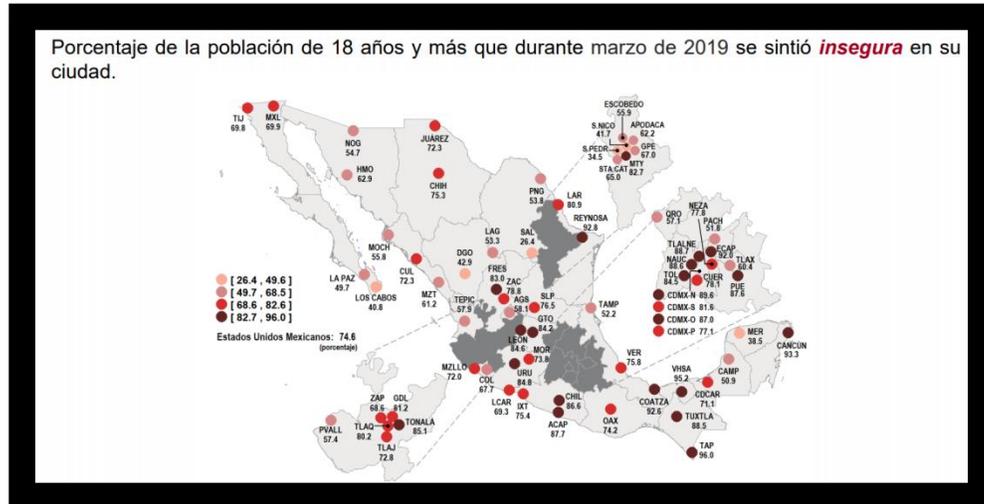


Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth y proyecto ejecutivo

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 urbana⁵. 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.

⁵ Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana, 1trim 2019, Inegi.

Figura 2. PRINCIPAL PROBLEMÁTICA EN LAS CIUDADES



Fuente: 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 **15%** de las luminarias de vialidades secundarias son de tecnologías de alto consumo energético

- En las colonias y comunidades en análisis se cuenta con **6,717 PDL** con un consumo anual de **6,003,000 kwh**, lo que representa un costo de energía **\$24.3** mdp pesos al año más IVA.
- En las colonias en análisis presentan un **DPEA de 1.16 w/m2**, superior al máximo establecido en la normatividad de 0.64 w/m2, de forma que se incumple la NOM-013-Ener-2013, 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 \$4,197.22** pesos por año, el cual se considera alto dado que, con otras tecnologías como la LED, podría reducirse en un 50%.
- Bajos niveles de iluminación de espacios públicos
 - Las zonas en estudio ofrecen una iluminancia de **60,453 Lux (promedio ponderado de 9 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 **97,086 lux (13.2 lux /PDL)**, presentándose un **déficit de iluminación de 36,663 lux (4.2 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 CO2 por el uso de tecnologías de alto consumo energético
 - Se calcula que en la producción de cada watt emiten **0.527 kg⁶** de CO2 a la atmósfera, afectando el medio ambiente.
 - En la zona en análisis, la energía requerida para los 6,717 PDL de vapor de sodio de alta presión generan **3,163 toneladas al año de CO2**, 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 COLONIAS Y COMUNIDADES 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

⁶ https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso_Factor_de_Emisiones_2018.pdf

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).

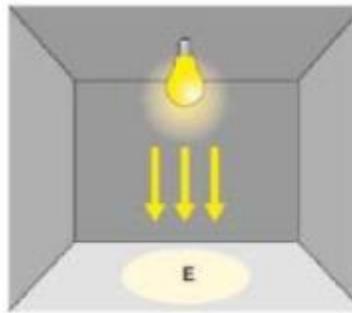
La luz es una forma de energía y, como tal, debería medirse en Joules (J) en el Sistema Internacional de medidas; no obstante, dado que no toda la luz emitida por una fuente produce sensación luminosa, ni toda la energía que consume se convierte en luz, para cuantificar la radiación a la que es sensible 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/m² (cd/m²).
- Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa (η), 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

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)	RELACIÓN DE UNIFORMIDAD PROMEDIO MÁXIMA	DPEA (W/m ²)			
			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 (m²).

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

CLASIFICACIÓN DE VIALIDAD	ILUMINANCIA MÍNIMA PROMEDIO (lx)	RELACIÓN DE UNIFORMIDAD PROMEDIO MÁXIMA	DPEA (W/m ²)			
			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 General de Obra Pública 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.

b) Pérdidas en el sistema del 18% sobre la potencia instalada, derivado de que las luminarias presentan problemas de apagado, lo que provoca que trabaje durante más horas de lo requerido y las malas condiciones del cableado actual.

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 que se encuentran 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 de VSAP, que no ofrecen iluminación acorde a los requerimientos de la sociedad.

Figura 5. LUMINARIA DE VSAP EN LA COLONIA RIVERA DEL RÍO



Fuente: Trabajo de Campo

Colonia Rivera del Río 21.08966,-101.6692

En la imagen se observa una luminaria de VSAP, la cual no alumbró en la totalidad de la vialidad, por lo que los niveles de iluminación no son los adecuados.

En la siguiente imagen se observa una luminaria que no alumbró en gran parte de la vialidad lo que aumenta riesgos de asaltos y posibles accidentes de automovilistas o peatones.

Figura 6. LUMINARIA DE VSAP EN VALLE DEL SUR



Fuente: Trabajo de campo

Coordenadas de la colonia Valle del Sur Valle21.08966,-101.6692

De acuerdo al diagnóstico realizado por la Dirección General de Obra Pública del Municipio de León, el inventario físico de las luminarias en vialidades y su potencia se aprecian a continuación. Las vialidades comprenden 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

ID	Colonia	PDL	PDL FALTANTES	Potencia (w)	TECNOLOGÍA	CARRILES PROMEDIO (NO.)	ANCHO DE VÍA (m)	ESTADO FÍSICO	Iluminancia por luminaria (lux prom)
ZCJ-1	Barretos	77	12	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCJ-2	Capellanía De Loera	81	12	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCJ-3	Guadalupe Victoria	48	7	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCJ-4	La Arcina	63	13	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCJ-5	La Sandia	78	23	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCJ-6	Los Ramírez	119	18	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCJ-7	Mayorazgo (solo vías públicas)	86	3	150	VSAP	2	7	Regular	9

ID	Colonia	PDL	PDL FALTANTES	Potencia (w)	TECNOLOGÍA	CARRILES PROMEDIO (NO.)	ANCHO DE VÍA (m)	ESTADO FÍSICO	Iluminancia por luminaria (lux prom)
ZCJ-8	Providencia	47	15	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCJ-9	San José Del Resplandor	47	7	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCJ-10	San Juan De Abajo	377	55	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCJ-11	Villas De San Isidro	17	3	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-1	Cañada del refugio	563	0	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-2	Condominio Los Cárcamos (Solo vías públicas)	26	4	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-3	Ex Hacienda Arriba (Incluye Camino Que Conecta A Carr. A San Felipe)	27	4	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-4	Hacienda Del Campestre	168	5	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-5	Hacienda Del Carmen	13	7	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-6	La Patiña	30	5	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-7	Puerta Horizonte	18	3	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-8	Real Del Campestre (Solo Vías Públicas)	8	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-9	Residencias Del Moral II	32	5	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-10	Rinconada De Echeveste	14	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-11	Valle Del Moral	63	9	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-12	Valle Jacarandas	20	3	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCG-13	Villas Del Campestre	114	6	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCO-1	Anturios	77	3	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCO-2	Cayetana	25	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCO-3	Cibeles	25	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCO-4	La Toscana	17	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCO-5	Los Naranjos (Club de Golf)	160	8	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCO-6	Los Portones	11	2	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCO-7	Maravillas III	8	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCO-8	Oasis (Solo Acceso Principal)	28	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCO-9	Punta Nopal Morelos	48	2	150	VSAP	2	7	Regular	9

ID	Colonia	PDL	PDL FALTANTES	Potencia (w)	TECNOLOGÍA	CARRILES PROMEDIO (NO.)	ANCHO DE VÍA (m)	ESTADO FÍSICO	Iluminancia por luminaria (lux prom)
ZCO-10	Quinta Hilario Medina	14	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCO-11	Quinta Los Naranjos	63	0	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZCO-12	Tres Cantos	87	4	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-1	Brisas Del Campo	75	11	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-2	Brisas Del Campo II	136	20	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-3	Diosas Del Hogar	10	0	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-4	El Carmen Y Camino Al Potrero	57	14	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-5	El Dorado	278	13	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-6	Héroes De León	180	9	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-7	Industrial Santa Julia	5	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-8	Jardines De Los Reyes	27	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-9	La Laborcita	59	25	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-10	La Vigatta	64	3	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-11	Loza de los padres (Ampliación parte norte)	30	5	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-12	Lucio Blanco	80	12	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-13	Nuevo Valle De Moreno	46	53	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-14	Paraíso Real	135	20	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-15	Pedregal Del Gigante	104	5	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-16	Pedregal San Carlos	24	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-17	Piamonte	29	0	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-18	Residencial San Ángel	111	0	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-19	San Juan De Otates	130	20	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-20	San Nicolás De Los González	44	7	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-21	Sierra Nogal	295	14	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-22	Soberna	132	6	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZDC-23	Terracota	15	0	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZLJ-1	Brisas Del Campestre	934	43	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZLJ-2	Cordillera	95	3	150	VSAP	2	7	Regular	9

ID	Colonia	PDL	PDL FALTANTES	Potencia (w)	TECNOLOGÍA	CARRILES PROMEDIO (NO.)	ANCHO DE VÍA (m)	ESTADO FÍSICO	Iluminancia por luminaria (lux prom)
ZLJ-3	La Querencia	33	2	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZLJ-4	Villas De Palermo	121	6	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSJB-1	Lomas De Arbide	42	6	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSJB-2	Paseos De Andalucía	18	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSJB-3	Paseos De La Cima Plus	19	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSJB-4	Valle Antigua	92	5	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSJB-5	Valle De Arbide	14	2	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSJB-6	Villas De La Gloria	31	2	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSJB-7	Villas La Gloria II	9	0	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSM-01	Condominio Villas Jacaranda (Solo Las Vías Públicas)	13	2	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSM-02	Las Sendas	28	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSM-03	Malagana (San Antonio Del Monte)	58	9	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSM-04	Puerta De San German	55	11	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSM-05	Rivera Del Rio	24	4	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSM-06	San Alfonso	12	1	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSM-07	Santa Ana A.C.	82	12	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSM-08	Santa Rosa Plan De Ayala	229	34	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSM-09	Valle Del Sur	24	4	150	VSAP	2	7	Regular	9
ZSM-10	Villa Residencial Arbide	19	3	150	VSAP	2	7	Regular	9
	TOTALES /PROMEDIO	6,717	638	150		2	7		9

Fuente: Elaboración propia con base en datos Dirección General de Obra Pública 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 6,717 PDL que en promedio ofrecen 9 lux**, o un total de **60,453 lux**. Asimismo, el total de las luminarias en análisis están en el mínimo de 9 establecido por la NOM, de forma que en 2 años debido a la depreciación lumínica 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 7,355 PDL y un **promedio de 13.2 lux**.

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

ID	Colonia	PDL ACTUALES	PDL FALTANTES	Iluminancia por luminaria (lux prom)
ZCJ-1	Barretos	77	12	13.2
ZCJ-2	Capellanía De Loera	81	12	13.2
ZCJ-3	Guadalupe Victoria	48	7	13.2
ZCJ-4	La Arcina	63	13	13.2
ZCJ-5	La Sandia	78	23	13.2
ZCJ-6	Los Ramírez	119	18	13.2
ZCJ-7	Mayorazgo (solo vías públicas)	86	3	13.2
ZCJ-8	Providencia	47	15	13.2
ZCJ-9	San José Del Resplendor	47	7	13.2
ZCJ-10	San Juan De Abajo	377	55	13.2
ZCJ-11	Villas De San Isidro	17	3	13.2
ZCG-1	Cañada del refugio	563	0	13.2
ZCG-2	Condominio Los Cárcamos (Solo vías públicas)	26	4	13.2
ZCG-3	Ex Hacienda Arriba (Incluye Camino Que Conecta A Carr. A San Felipe)	27	4	13.2
ZCG-4	Hacienda Del Campestre	168	5	13.2

ID	Colonia	PDL ACTUALES	PDL FALTANTES	Iluminancia por luminaria (lux prom)
ZCG-5	Hacienda Del Carmen	13	7	13.2
ZCG-6	La Patiña	30	5	13.2
ZCG-7	Puerta Horizonte	18	3	13.2
ZCG-8	Real Del Campestre (Solo Vías Públicas)	8	1	13.2
ZCG-9	Residencias Del Moral II	32	5	13.2
ZCG-10	Rinconada De Echeveste	14	1	13.2
ZCG-11	Valle Del Moral	63	9	13.2
ZCG-12	Valle Jacarandas	20	3	13.2
ZCG-13	Villas Del Campestre	114	6	13.2
ZCO-1	Anturios	77	3	13.2
ZCO-2	Cayetana	25	1	13.2
ZCO-3	Cibeles	25	1	13.2
ZCO-4	La Toscana	17	1	13.2
ZCO-5	Los Naranjos (Club de Golf)	160	8	13.2
ZCO-6	Los Portones	11	2	13.2
ZCO-7	Maravillas III	8	1	13.2
ZCO-8	Oasis (Solo Acceso Principal)	28	1	13.2
ZCO-9	Punta Nogal Morelos	48	2	13.2
ZCO-10	Quinta Hilario Medina	14	1	13.2
ZCO-11	Quinta Los Naranjos	63	0	13.2
ZCO-12	Tres Cantos	87	4	13.2
ZDC-1	Brisas Del Campo	75	11	13.2
ZDC-2	Brisas Del Campo II	136	20	13.2
ZDC-3	Diosas Del Hogar	10	0	13.2
ZDC-4	El Carmen Y Camino Al Potrero	57	14	13.2
ZDC-5	El Dorado	278	13	13.2
ZDC-6	Héroes De León	180	9	13.2
ZDC-7	Industrial Santa Julia	5	1	13.2
ZDC-8	Jardines De Los Reyes	27	1	13.2

ID	Colonia	PDL ACTUALES	PDL FALTANTES	Iluminancia por luminaria (lux prom)
ZDC-9	La Laborcita	59	25	13.2
ZDC-10	La Vigatta	64	3	13.2
ZDC-11	Loza de los padres (Ampliación parte norte)	30	5	13.2
ZDC-12	Lucio Blanco	80	12	13.2
ZDC-13	Nuevo Valle De Moreno	46	53	13.2
ZDC-14	Paraíso Real	135	20	13.2
ZDC-15	Pedregal Del Gigante	104	5	13.2
ZDC-16	Pedregal San Carlos	24	1	13.2
ZDC-17	Piamonte	29	0	13.2
ZDC-18	Residencial San Ángel	111	0	13.2
ZDC-19	San Juan De Otates	130	20	13.2
ZDC-20	San Nicolás De Los González	44	7	13.2
ZDC-21	Sierra Nogal	295	14	13.2
ZDC-22	Soberna	132	6	13.2
ZDC-23	Terracota	15	0	13.2
ZLJ-1	Brisas Del Campestre	934	43	13.2
ZLJ-2	Cordillera	95	3	13.2
ZLJ-3	La Querencia	33	2	13.2
ZLJ-4	Villas De Palermo	121	6	13.2
ZSJB-1	Lomas De Arbide	42	6	13.2
ZSJB-2	Paseos De Andalucía	18	1	13.2
ZSJB-3	Paseos De La Cima Plus	19	1	13.2
ZSJB-4	Valle Antigua	92	5	13.2
ZSJB-5	Valle De Arbide	14	2	13.2
ZSJB-6	Villas De La Gloria	31	2	13.2
ZSJB-7	Villas La Gloria II	9	0	13.2
ZSM-01	Condominio Villas Jacaranda (Solo Las Vías Públicas)	13	2	13.2
ZSM-02	Las Sendas	28	1	13.2

ID	Colonia	PDL ACTUALES	PDL FALTANTES	Iluminancia por luminaria (lux prom)
ZSM-03	Malagana (San Antonio Del Monte)	58	9	13.2
ZSM-04	Puerta De San German	55	11	13.2
ZSM-05	Rivera Del Rio	24	4	13.2
ZSM-06	San Alfonso	12	1	13.2
ZSM-07	Santa Ana A.C.	82	12	13.2
ZSM-08	Santa Rosa Plan De Ayala	229	34	13.2
ZSM-09	Valle Del Sur	24	4	13.2
ZSM-10	Villa Residencial Arbide	19	3	13.2
	TOTALES /PROMEDIO	6,717	638	13.2

Fuente: Elaboración propia con base en datos Dirección General de Obra Pública del Municipio de León

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 638 PDL y de 4.2 lux por PDL para las vialidades.

TABLA 10. INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA DE PDL E ILUMINANCIA

ID	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
ZCJ-1	77	89	-12	9.00	13.20	-4.20
ZCJ-2	81	93	-12	9.00	13.20	-4.20
ZCJ-3	48	55	-7	9.00	13.20	-4.20
ZCJ-4	63	76	-13	9.00	13.20	-4.20
ZCJ-5	78	101	-23	9.00	13.20	-4.20
ZCJ-6	119	137	-18	9.00	13.20	-4.20
ZCJ-7	86	89	-3	9.00	13.20	-4.20
ZCJ-8	47	62	-15	9.00	13.20	-4.20
ZCJ-9	47	54	-7	9.00	13.20	-4.20
ZCJ-10	377	432	-55	9.00	13.20	-4.20

ID	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
ZCJ-11	17	20	-3	9.00	13.20	-4.20
ZCG-1	563	563	0	9.00	13.20	-4.20
ZCG-2	26	30	-4	9.00	13.20	-4.20
ZCG-3	27	31	-4	9.00	13.20	-4.20
ZCG-4	168	173	-5	9.00	13.20	-4.20
ZCG-5	13	20	-7	9.00	13.20	-4.20
ZCG-6	30	35	-5	9.00	13.20	-4.20
ZCG-7	18	21	-3	9.00	13.20	-4.20
ZCG-8	8	9	-1	9.00	13.20	-4.20
ZCG-9	32	37	-5	9.00	13.20	-4.20
ZCG-10	14	15	-1	9.00	13.20	-4.20
ZCG-11	63	72	-9	9.00	13.20	-4.20
ZCG-12	20	23	-3	9.00	13.20	-4.20
ZCG-13	114	120	-6	9.00	13.20	-4.20
ZCO-1	77	80	-3	9.00	13.20	-4.20
ZCO-2	25	26	-1	9.00	13.20	-4.20
ZCO-3	25	26	-1	9.00	13.20	-4.20
ZCO-4	17	18	-1	9.00	13.20	-4.20
ZCO-5	160	168	-8	9.00	13.20	-4.20
ZCO-6	11	13	-2	9.00	13.20	-4.20
ZCO-7	8	9	-1	9.00	13.20	-4.20
ZCO-8	28	29	-1	9.00	13.20	-4.20
ZCO-9	48	50	-2	9.00	13.20	-4.20
ZCO-10	14	15	-1	9.00	13.20	-4.20
ZCO-11	63	63	0	9.00	13.20	-4.20
ZCO-12	87	91	-4	9.00	13.20	-4.20
ZDC-1	75	86	-11	9.00	13.20	-4.20
ZDC-2	136	156	-20	9.00	13.20	-4.20
ZDC-3	10	10	0	9.00	13.20	-4.20
ZDC-4	57	71	-14	9.00	13.20	-4.20
ZDC-5	278	291	-13	9.00	13.20	-4.20
ZDC-6	180	189	-9	9.00	13.20	-4.20
ZDC-7	5	6	-1	9.00	13.20	-4.20
ZDC-8	27	28	-1	9.00	13.20	-4.20
ZDC-9	59	84	-25	9.00	13.20	-4.20
ZDC-10	64	67	-3	9.00	13.20	-4.20
ZDC-11	30	35	-5	9.00	13.20	-4.20

ID	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
ZDC-12	80	92	-12	9.00	13.20	-4.20
ZDC-13	46	99	-53	9.00	13.20	-4.20
ZDC-14	135	155	-20	9.00	13.20	-4.20
ZDC-15	104	109	-5	9.00	13.20	-4.20
ZDC-16	24	25	-1	9.00	13.20	-4.20
ZDC-17	29	29	0	9.00	13.20	-4.20
ZDC-18	111	111	0	9.00	13.20	-4.20
ZDC-19	130	150	-20	9.00	13.20	-4.20
ZDC-20	44	51	-7	9.00	13.20	-4.20
ZDC-21	295	309	-14	9.00	13.20	-4.20
ZDC-22	132	138	-6	9.00	13.20	-4.20
ZDC-23	15	15	0	9.00	13.20	-4.20
ZLJ-1	934	977	-43	9.00	13.20	-4.20
ZLJ-2	95	98	-3	9.00	13.20	-4.20
ZLJ-3	33	35	-2	9.00	13.20	-4.20
ZLJ-4	121	127	-6	9.00	13.20	-4.20
ZSJB-1	42	48	-6	9.00	13.20	-4.20
ZSJB-2	18	19	-1	9.00	13.20	-4.20
ZSJB-3	19	20	-1	9.00	13.20	-4.20
ZSJB-4	92	97	-5	9.00	13.20	-4.20
ZSJB-5	14	16	-2	9.00	13.20	-4.20
ZSJB-6	31	33	-2	9.00	13.20	-4.20
ZSJB-7	9	9	0	9.00	13.20	-4.20
ZSM-01	13	15	-2	9.00	13.20	-4.20
ZSM-02	28	29	-1	9.00	13.20	-4.20
ZSM-03	58	67	-9	9.00	13.20	-4.20
ZSM-04	55	66	-11	9.00	13.20	-4.20
ZSM-05	24	28	-4	9.00	13.20	-4.20
ZSM-06	12	13	-1	9.00	13.20	-4.20
ZSM-07	82	94	-12	9.00	13.20	-4.20
ZSM-08	229	263	-34	9.00	13.20	-4.20
ZSM-09	24	28	-4	9.00	13.20	-4.20
ZSM-10	19	22	-3	9.00	13.20	-4.20
TOTALES	6,717	7,355	-638	9.00	13.20	-4.20

Fuente: Estudio de Eficiencia Energética del Proyecto realizado a través de la Dirección General de Obra Pública 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/m². De manera que cada una de las 80 colonias /comunidades están utilizando más energía que de lo que sugiere 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 m², 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 el total de las 80 colonias / comunidades en análisis, lo cual refleja que es necesario la instalación de más PDL para reforzar la iluminación en puntos oscuros.

Con respecto a la iluminancia, puede apreciarse que el 100% 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

ID	Colonia / comunidad	Superficie iluminada promedio por luminaria (m2/punto de luz)	Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA / m2)	Distancia interpostal promedio (m)	Iluminancia por luminaria (lux promedio)
ZCJ-1	Barretos	190	1.16	45	9
ZCJ-2	Capellanía De Loera	190	1.16	45	9
ZCJ-3	Guadalupe Victoria	190	1.16	45	9
ZCJ-4	La Arcina	190	1.16	45	9
ZCJ-5	La Sandia	190	1.16	45	9
ZCJ-6	Los Ramírez	190	1.16	45	9
ZCJ-7	Mayorazgo (solo vías públicas)	190	1.16	45	9
ZCJ-8	Providencia	190	1.16	45	9
ZCJ-9	San José Del Resplandor	190	1.16	45	9

ID	Colonia / comunidad	Superficie iluminada promedio por luminaria (m2/punto de luz)	Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA / m2)	Distancia interpostal promedio (m)	Iluminancia por luminaria (lux promedio)
ZCJ-10	San Juan De Abajo	190	1.16	45	9
ZCJ-11	Villas De San Isidro	190	1.16	45	9
ZCG-1	Cañada del refugio	190	1.16	45	9
ZCG-2	Condominio Los Cárcamos (Solo vías públicas)	190	1.16	45	9
ZCG-3	Ex Hacienda Arriba (Incluye Camino Que Conecta A Carr. A San Felipe)	190	1.16	45	9
ZCG-4	Hacienda Del Campestre	190	1.16	45	9
ZCG-5	Hacienda Del Carmen	190	1.16	45	9
ZCG-6	La Patiña	190	1.16	45	9
ZCG-7	Puerta Horizonte	190	1.16	45	9
ZCG-8	Real Del Campestre (Solo Vías Públicas)	190	1.16	45	9
ZCG-9	Residencias Del Moral II	190	1.16	45	9
ZCG-10	Rinconada De Echeveste	190	1.16	45	9
ZCG-11	Valle Del Moral	190	1.16	45	9
ZCG-12	Valle Jacarandas	190	1.16	45	9
ZCG-13	Villas Del Campestre	190	1.16	45	9
ZCO-1	Anturios	190	1.16	45	9
ZCO-2	Cayetana	190	1.16	45	9
ZCO-3	Cibeles	190	1.16	45	9
ZCO-4	La Toscana	190	1.16	45	9

ID	Colonia / comunidad	Superficie iluminada promedio por luminaria (m2/punto de luz)	Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA / m2)	Distancia interpostal promedio (m)	Iluminancia por luminaria (lux promedio)
ZCO-5	Los Naranjos (Club de Golf)	190	1.16	45	9
ZCO-6	Los Portones	190	1.16	45	9
ZCO-7	Maravillas III	190	1.16	45	9
ZCO-8	Oasis (Solo Acceso Principal)	190	1.16	45	9
ZCO-9	Punta Nogal Morelos	190	1.16	45	9
ZCO-10	Quinta Hilario Medina	190	1.16	45	9
ZCO-11	Quinta Los Naranjos	190	1.16	45	9
ZCO-12	Tres Cantos	190	1.16	45	9
ZDC-1	Brisas Del Campo	190	1.16	45	9
ZDC-2	Brisas Del Campo II	190	1.16	45	9
ZDC-3	Diosas Del Hogar	190	1.16	45	9
ZDC-4	El Carmen Y Camino Al Potrero	190	1.16	45	9
ZDC-5	El Dorado	190	1.16	45	9
ZDC-6	Héroes De León	190	1.16	45	9
ZDC-7	Industrial Santa Julia	190	1.16	45	9
ZDC-8	Jardines De Los Reyes	190	1.16	45	9
ZDC-9	La Laborcita	190	1.16	45	9
ZDC-10	La Vigatta	190	1.16	45	9
ZDC-11	Loza de los padres (Ampliación parte norte)	190	1.16	45	9
ZDC-12	Lucio Blanco	190	1.16	45	9
ZDC-13	Nuevo Valle De Moreno	190	1.16	45	9
ZDC-14	Paraíso Real	190	1.16	45	9
ZDC-15	Pedregal Del Gigante	190	1.16	45	9

ID	Colonia / comunidad	Superficie iluminada promedio por luminaria (m2/punto de luz)	Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA / m2)	Distancia interpostal promedio (m)	Iluminancia por luminaria (lux promedio)
ZDC-16	Pedregal San Carlos	190	1.16	45	9
ZDC-17	Piamonte	190	1.16	45	9
ZDC-18	Residencial San Ángel	190	1.16	45	9
ZDC-19	San Juan De Otates	190	1.16	45	9
ZDC-20	San Nicolás De Los González	190	1.16	45	9
ZDC-21	Sierra Nogal	190	1.16	45	9
ZDC-22	Soberna	190	1.16	45	9
ZDC-23	Terracota	190	1.16	45	9
ZLJ-1	Brisas Del Campestre	190	1.16	45	9
ZLJ-2	Cordillera	190	1.16	45	9
ZLJ-3	La Querencia	190	1.16	45	9
ZLJ-4	Villas De Palermo	190	1.16	45	9
ZSJB-1	Lomas De Arbide	190	1.16	45	9
ZSJB-2	Paseos De Andalucía	190	1.16	45	9
ZSJB-3	Paseos De La Cima Plus	190	1.16	45	9
ZSJB-4	Valle Antigua	190	1.16	45	9
ZSJB-5	Valle De Arbide	190	1.16	45	9
ZSJB-6	Villas De La Gloria	190	1.16	45	9
ZSJB-7	Villas La Gloria II	190	1.16	45	9
ZSM-01	Condominio Villas Jacaranda (Solo Las Vías Públicas)	190	1.16	45	9
ZSM-02	Las Sendas	190	1.16	45	9
ZSM-03	Malagana (San Antonio Del Monte)	190	1.16	45	9

ID	Colonia / comunidad	Superficie iluminada promedio por luminaria (m2/punto de luz)	Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA / m2)	Distancia interpostal promedio (m)	Iluminancia por luminaria (lux promedio)
ZSM-04	Puerta De San German	190	1.16	45	9
ZSM-05	Rivera Del Rio	190	1.16	45	9
ZSM-06	San Alfonso	190	1.16	45	9
ZSM-07	Santa Ana A.C.	190	1.16	45	9
ZSM-08	Santa Rosa Plan De Ayala	190	1.16	45	9
ZSM-09	Valle Del Sur	190	1.16	45	9
ZSM-10	Villa Residencial Arbide	190	1.16	45	9
TOTALES /PROMEDIO		190	1.16	45.00	9.00

Fuente: Estimación con información de la Dirección General de Obra Pública 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 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 1.16 w/m^2 , superior al máximo establecido en la normatividad de 0.64 w/me , de forma que **se incumple la NOM-013-Ener-2013**

Costos en la Situación Actual

La Dirección General de Obra Pública 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 \$2,420,717.92 pesos con IVA (estimado en un prorrateo de \$310.68 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 \$133.15 pesos más IVA por PDL más IVA. material electrónico y eléctrico, combustible e insumos administrativos atribuibles a las fallas e inspecciones nocturnas.

c) Costos de monitoreo de \$1,043,280.00 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.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) divide por zonas la tarifa AP, la tarifa utilizada corresponde a la Región Bajío a febrero de 2023, que se determina **en \$4.050 kw/h**. Para estimar el consumo de energía se considera la potencia de 150w, el consumo de balastro y de pérdidas físicas del 18% y el total **de 6,717 PDL**. Lo cual representa un consumo de 6,003,000 kwh, lo que representa un monto de **\$24.3 mdp** pesos al año más IVA.

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 6,717 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 \$28.2 mdp a precios sociales. Esta situación implica que sólo por el costo de energía se estima un monto de \$24.3 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	PROMEDIO POR PDL
COSTO ANUAL DE ENERGÍA	\$24,312,148.75	\$3,619
COSTOS ANUAL DE OP Y MTTO	\$3,880,559.02	\$578
COSTO ANUAL DE EMISIONES CO2	\$6,015,895.69	\$896
COSTO TOTAL ANUAL	\$34,208,603.47	\$5,093
CONSUMO DE ENERGÍA (KWH/ AÑO)	6,003,000	894
ILUMINANCIA TOTAL (LUX)	60,453	9.00
EMISIONES DE CO2 (KG/AÑO)	3,163,581	471

Fuente: Estimación con datos de la Dirección General de Obra Pública del Municipio de León

Con las consideraciones presentadas, **el costo de operación** por luminaria se estima en **\$4,197.22 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 50% y 60%.

De esta manera se deduce que actualmente se pagan altos costos de energía por un servicio de iluminación deficiente. Asimismo, con la tecnología actual en el corto plazo 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 20 % 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 Obra Pública del Municipio de León se identifican 4 medidas de administrativas de bajo costo que pueden mejorar las problemáticas, las cuales son:

- **PODA Y LIMPIEZA.** - El 60% de la infraestructura actual de alumbrado público, que representa 4,030 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 ml 201,510 y de 672 controladores o fotoceldas.

TABLA 13. MEDIDAS DE OPTIMIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	MONTO (PESOS AL AÑO CON IVA)	MONTO (PESOS AL AÑO SIN IVA)	UNIDAD	CANTIDAD	\$/PDL
LIMPIEZA	Limpieza de cristales y grupo óptico	\$973,965.00	\$839,625.00	PDL	3,359	\$250.00
PODA	Poda de árboles que cubren parte de luminario	\$1,558,344.00	\$1,343,400.00	PDL	3,359	\$400.00
CONTROLADORES	Reemplazo de controladores	\$296,217.60	\$255,360.00	PDL	672	\$380.00
CABLEADO	Reemplazo de cableado	\$9,983,530.84	\$8,606,492.10	Metros	201,510	\$42.71
TOTAL		\$12,812,057.44	\$11,044,877.10			

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

Estas medidas de optimización representan un monto de \$11.04 mdp sin IVA, que corresponde al 11% 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 el número de PDL es el mismo que se describe en la Situación Actual) pero se cambia la iluminancia en menos de un lux, lo que resulta imperceptible al ojo humano, esto debido a las características actuales de las luminarias de VSAP

TABLA 14. ILUMINANCIA MODIFICADA Y CARACTERÍSTICAS EN LA SITUACIÓN SIN PROYECTO

Id	Colonia	PDL actuales	PDL demandados	Potencia (watts)	Tecnología	Ancho de vía (m)	Iluminancia por luminaria optimizada (lux promedio)
ZCJ-1	Barretos	77.00	89	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCJ-2	Capellanía De Loera	81.00	93	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCJ-3	Guadalupe Victoria	48.00	55	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCJ-4	La Arcina	63.00	76	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCJ-5	La Sandia	78.00	101	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCJ-6	Los Ramírez	119.00	137	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCJ-7	Mayorazgo (solo vías públicas)	86.00	89	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCJ-8	Providencia	47.00	62	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCJ-9	San José Del Resplandor	47.00	54	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCJ-10	San Juan De Abajo	377.00	432	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCJ-11	Villas De San Isidro	17.00	20	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCG-1	Cañada del refugio	563.00	563	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCG-2	Condominio Los Cárcamos (Solo vías públicas)	26.00	30	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCG-3	Ex Hacienda Arriba (Incluye Camino Que Conecta A Carr. A San Felipe)	27.00	31	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCG-4	Hacienda Del Campestre	168.00	173	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCG-5	Hacienda Del Carmen	13.00	20	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCG-6	La Patiña	30.00	35	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCG-7	Puerta Horizonte	18.00	21	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCG-8	Real Del Campestre	8.00	9	150.00	VSAP	7.00	9.9

Id	Colonia	PDL actuales	PDL demandados	Potencia (watts)	Tecnología	Ancho de vía (m)	Iluminancia por luminaria optimizada (lux promedio)
	(Solo Vías Públicas)						
ZCG-9	Residencias Del Moral II	32.00	37	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCG-10	Rinconada De Echeveste	14.00	15	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCG-11	Valle Del Moral	63.00	72	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCG-12	Valle Jacarandas	20.00	23	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCG-13	Villas Del Campestre	114.00	120	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCO-1	Anturios	77.00	80	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCO-2	Cayetana	25.00	26	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCO-3	Cibeles	25.00	26	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCO-4	La Toscana	17.00	18	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCO-5	Los Naranjos (Club de Golf)	160.00	168	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCO-6	Los Portones	11.00	13	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCO-7	Maravillas III	8.00	9	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCO-8	Oasis (Solo Acceso Principal)	28.00	29	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCO-9	Punta Nogal Morelos	48.00	50	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCO-10	Quinta Hilario Medina	14.00	15	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCO-11	Quinta Los Naranjos	63.00	63	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZCO-12	Tres Cantos	87.00	91	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-1	Brisas Del Campo	75.00	86	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-2	Brisas Del Campo II	136.00	156	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-3	Diosas Del Hogar	10.00	10	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-4	El Carmen Y Camino Al Potrero	57.00	71	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-5	El Dorado	278.00	291	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-6	Héroes De León	180.00	189	150.00	VSAP	7.00	9.9

Id	Colonia	PDL actuales	PDL demandados	Potencia (watts)	Tecnología	Ancho de vía (m)	Iluminancia por luminaria optimizada (lux promedio)
ZDC-7	Industrial Santa Julia	5.00	6	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-8	Jardines De Los Reyes	27.00	28	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-9	La Laborcita	59.00	84	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-10	La Vigatta	64.00	67	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-11	Loza de los padres (Ampliación parte norte)	30.00	35	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-12	Lucio Blanco	80.00	92	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-13	Nuevo Valle De Moreno	46.00	99	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-14	Paraíso Real	135.00	155	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-15	Pedregal Del Gigante	104.00	109	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-16	Pedregal San Carlos	24.00	25	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-17	Piamonte	29.00	29	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-18	Residencial San Ángel	111.00	111	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-19	San Juan De Otates	130.00	150	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-20	San Nicolás De Los González	44.00	51	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-21	Sierra Nogal	295.00	309	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-22	Soberna	132.00	138	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZDC-23	Terracota	15.00	15	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZLJ-1	Brisas Del Campestre	934.00	977	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZLJ-2	Cordillera	95.00	98	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZLJ-3	La Querencia	33.00	35	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZLJ-4	Villas De Palermo	121.00	127	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSJB-1	Lomas De Arbide	42.00	48	150.00	VSAP	7.00	9.9

Id	Colonia	PDL actuales	PDL demandados	Potencia (watts)	Tecnología	Ancho de vía (m)	Iluminancia por luminaria optimizada (lux promedio)
ZSJB-2	Paseos De Andalucía	18.00	19	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSJB-3	Paseos De La Cima Plus	19.00	20	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSJB-4	Valle Antigua	92.00	97	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSJB-5	Valle De Arbide	14.00	16	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSJB-6	Villas De La Gloria	31.00	33	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSJB-7	Villas La Gloria II	9.00	9	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSM-01	Condominio Villas Jacaranda (Solo Las Vías Públicas)	13.00	15	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSM-02	Las Sendas	28.00	29	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSM-03	Malagana (San Antonio Del Monte)	58.00	67	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSM-04	Puerta De San German	55.00	66	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSM-05	Rivera Del Rio	24.00	28	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSM-06	San Alfonso	12.00	13	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSM-07	Santa Ana A.C.	82.00	94	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSM-08	Santa Rosa Plan De Ayala	229.00	263	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSM-09	Valle Del Sur	24.00	28	150.00	VSAP	7.00	9.9
ZSM-10	Villa Residencial Arbide	19.00	22	150.00	VSAP	7.00	9.9
	TOTALES /PROMEDIO	6,717 pza	7,355			7	9.90

Fuente: Elaboración propia con base en datos Dirección General de Obra Pública del Municipio de León
*Valores Promedio

Se mantienen los 6,717 PDL presentados en la Situación Actual en las 80 colonias /

comunidades 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.

c) Análisis de la demanda

La demanda es la misma que en la situación actual, estimando un total de 7,355 PDL y un promedio de 13.2 lux., lo que se expresa en la siguiente tabla:

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

ID	Colonia	PDL DEMANDADOS	Iluminancia por luminaria demandada (lux promedio)
ZCJ-1	Barretos	89	13.2
ZCJ-2	Capellanía De Loera	93	13.2
ZCJ-3	Guadalupe Victoria	55	13.2
ZCJ-4	La Arcina	76	13.2
ZCJ-5	La Sandía	101	13.2
ZCJ-6	Los Ramírez	137	13.2
ZCJ-7	Mayorazgo (solo vías públicas)	89	13.2
ZCJ-8	Providencia	62	13.2
ZCJ-9	San José Del Resplandor	54	13.2
ZCJ-10	San Juan De Abajo	432	13.2
ZCJ-11	Villas De San Isidro	20	13.2
ZCG-1	Cañada del refugio	563	13.2
ZCG-2	Condominio Los Cárcamos (Solo vías públicas)	30	13.2
ZCG-3	Ex Hacienda Arriba (Incluye Camino Que Conecta A Carr. A San Felipe)	31	13.2
ZCG-4	Hacienda Del Campestre	173	13.2
ZCG-5	Hacienda Del Carmen	20	13.2
ZCG-6	La Patiña	35	13.2
ZCG-7	Puerta Horizonte	21	13.2
ZCG-8	Real Del Campestre (Solo Vías Públicas)	9	13.2
ZCG-9	Residencias Del Moral II	37	13.2
ZCG-10	Rinconada De Echeveste	15	13.2

ID	Colonia	PDL DEMANDADOS	Iluminancia por luminaria demandada (lux promedio)
ZCG-11	Valle Del Moral	72	13.2
ZCG-12	Valle Jacarandas	23	13.2
ZCG-13	Villas Del Campestre	120	13.2
ZCO-1	Anturios	80	13.2
ZCO-2	Cayetana	26	13.2
ZCO-3	Cibeles	26	13.2
ZCO-4	La Toscana	18	13.2
ZCO-5	Los Naranjos (Club de Golf)	168	13.2
ZCO-6	Los Portones	13	13.2
ZCO-7	Maravillas III	9	13.2
ZCO-8	Oasis (Solo Acceso Principal)	29	13.2
ZCO-9	Punta Nogal Morelos	50	13.2
ZCO-10	Quinta Hilario Medina	15	13.2
ZCO-11	Quinta Los Naranjos	63	13.2
ZCO-12	Tres Cantos	91	13.2
ZDC-1	Brisas Del Campo	86	13.2
ZDC-2	Brisas Del Campo II	156	13.2
ZDC-3	Diosas Del Hogar	10	13.2
ZDC-4	El Carmen Y Camino Al Potrero	71	13.2
ZDC-5	El Dorado	291	13.2
ZDC-6	Héroes De León	189	13.2
ZDC-7	Industrial Santa Julia	6	13.2
ZDC-8	Jardines De Los Reyes	28	13.2
ZDC-9	La Laborcita	84	13.2
ZDC-10	La Vigatta	67	13.2
ZDC-11	Loza de los padres (Ampliación parte norte)	35	13.2
ZDC-12	Lucio Blanco	92	13.2
ZDC-13	Nuevo Valle De Moreno	99	13.2
ZDC-14	Paraíso Real	155	13.2

ID	Colonia	PDL DEMANDADOS	Iluminancia por luminaria demandada (lux promedio)
ZDC-15	Pedregal Del Gigante	109	13.2
ZDC-16	Pedregal San Carlos	25	13.2
ZDC-17	Piamonte	29	13.2
ZDC-18	Residencial San Ángel	111	13.2
ZDC-19	San Juan De Otates	150	13.2
ZDC-20	San Nicolás De Los González	51	13.2
ZDC-21	Sierra Nogal	309	13.2
ZDC-22	Soberna	138	13.2
ZDC-23	Terracota	15	13.2
ZLJ-1	Brisas Del Campestre	977	13.2
ZLJ-2	Cordillera	98	13.2
ZLJ-3	La Querencia	35	13.2
ZLJ-4	Villas De Palermo	127	13.2
ZSJB-1	Lomas De Arbide	48	13.2
ZSJB-2	Paseos De Andalucía	19	13.2
ZSJB-3	Paseos De La Cima Plus	20	13.2
ZSJB-4	Valle Antigua	97	13.2
ZSJB-5	Valle De Arbide	16	13.2
ZSJB-6	Villas De La Gloria	33	13.2
ZSJB-7	Villas La Gloria II	9	13.2
ZSM-01	Condominio Villas Jacaranda (Solo Las Vías Públicas)	15	13.2
ZSM-02	Las Sendas	29	13.2
ZSM-03	Malagana (San Antonio Del Monte)	67	13.2
ZSM-04	Puerta De San German	66	13.2
ZSM-05	Rivera Del Rio	28	13.2
ZSM-06	San Alfonso	13	13.2

ID	Colonia	PDL DEMANDADOS	Iluminancia por luminaria demandada (lux promedio)
ZSM-07	Santa Ana A.C.	94	13.2
ZSM-08	Santa Rosa Plan De Ayala	263	13.2
ZSM-09	Valle Del Sur	28	13.2
ZSM-10	Villa Residencial Arbide	22	13.2
TOTALES /PROMEDIO		7,355	13.2

Fuente: Estimación con datos de la Dirección General de Obra Pública 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. Es preciso mencionar que 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

ID	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
ZCJ-1	77	89	-12	9.90	13.20	-3.30
ZCJ-2	81	93	-12	9.90	13.20	-3.30
ZCJ-3	48	55	-7	9.90	13.20	-3.30
ZCJ-4	63	76	-13	9.90	13.20	-3.30
ZCJ-5	78	101	-23	9.90	13.20	-3.30
ZCJ-6	119	137	-18	9.90	13.20	-3.30
ZCJ-7	86	89	-3	9.90	13.20	-3.30
ZCJ-8	47	62	-15	9.90	13.20	-3.30
ZCJ-9	47	54	-7	9.90	13.20	-3.30
ZCJ-10	377	432	-55	9.90	13.20	-3.30
ZCJ-11	17	20	-3	9.90	13.20	-3.30
ZCG-1	563	563	0	9.90	13.20	-3.30
ZCG-2	26	30	-4	9.90	13.20	-3.30

ID	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
ZCG-3	27	31	-4	9.90	13.20	-3.30
ZCG-4	168	173	-5	9.90	13.20	-3.30
ZCG-5	13	20	-7	9.90	13.20	-3.30
ZCG-6	30	35	-5	9.90	13.20	-3.30
ZCG-7	18	21	-3	9.90	13.20	-3.30
ZCG-8	8	9	-1	9.90	13.20	-3.30
ZCG-9	32	37	-5	9.90	13.20	-3.30
ZCG-10	14	15	-1	9.90	13.20	-3.30
ZCG-11	63	72	-9	9.90	13.20	-3.30
ZCG-12	20	23	-3	9.90	13.20	-3.30
ZCG-13	114	120	-6	9.90	13.20	-3.30
ZCO-1	77	80	-3	9.90	13.20	-3.30
ZCO-2	25	26	-1	9.90	13.20	-3.30
ZCO-3	25	26	-1	9.90	13.20	-3.30
ZCO-4	17	18	-1	9.90	13.20	-3.30
ZCO-5	160	168	-8	9.90	13.20	-3.30
ZCO-6	11	13	-2	9.90	13.20	-3.30
ZCO-7	8	9	-1	9.90	13.20	-3.30
ZCO-8	28	29	-1	9.90	13.20	-3.30
ZCO-9	48	50	-2	9.90	13.20	-3.30
ZCO-10	14	15	-1	9.90	13.20	-3.30
ZCO-11	63	63	0	9.90	13.20	-3.30
ZCO-12	87	91	-4	9.90	13.20	-3.30
ZDC-1	75	86	-11	9.90	13.20	-3.30
ZDC-2	136	156	-20	9.90	13.20	-3.30
ZDC-3	10	10	0	9.90	13.20	-3.30
ZDC-4	57	71	-14	9.90	13.20	-3.30
ZDC-5	278	291	-13	9.90	13.20	-3.30
ZDC-6	180	189	-9	9.90	13.20	-3.30
ZDC-7	5	6	-1	9.90	13.20	-3.30
ZDC-8	27	28	-1	9.90	13.20	-3.30
ZDC-9	59	84	-25	9.90	13.20	-3.30
ZDC-10	64	67	-3	9.90	13.20	-3.30
ZDC-11	30	35	-5	9.90	13.20	-3.30
ZDC-12	80	92	-12	9.90	13.20	-3.30
ZDC-13	46	99	-53	9.90	13.20	-3.30
ZDC-14	135	155	-20	9.90	13.20	-3.30

ID	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
ZDC-15	104	109	-5	9.90	13.20	-3.30
ZDC-16	24	25	-1	9.90	13.20	-3.30
ZDC-17	29	29	0	9.90	13.20	-3.30
ZDC-18	111	111	0	9.90	13.20	-3.30
ZDC-19	130	150	-20	9.90	13.20	-3.30
ZDC-20	44	51	-7	9.90	13.20	-3.30
ZDC-21	295	309	-14	9.90	13.20	-3.30
ZDC-22	132	138	-6	9.90	13.20	-3.30
ZDC-23	15	15	0	9.90	13.20	-3.30
ZLJ-1	934	977	-43	9.90	13.20	-3.30
ZLJ-2	95	98	-3	9.90	13.20	-3.30
ZLJ-3	33	35	-2	9.90	13.20	-3.30
ZLJ-4	121	127	-6	9.90	13.20	-3.30
ZSJB-1	42	48	-6	9.90	13.20	-3.30
ZSJB-2	18	19	-1	9.90	13.20	-3.30
ZSJB-3	19	20	-1	9.90	13.20	-3.30
ZSJB-4	92	97	-5	9.90	13.20	-3.30
ZSJB-5	14	16	-2	9.90	13.20	-3.30
ZSJB-6	31	33	-2	9.90	13.20	-3.30
ZSJB-7	9	9	0	9.90	13.20	-3.30
ZSM-01	13	15	-2	9.90	13.20	-3.30
ZSM-02	28	29	-1	9.90	13.20	-3.30
ZSM-03	58	67	-9	9.90	13.20	-3.30
ZSM-04	55	66	-11	9.90	13.20	-3.30
ZSM-05	24	28	-4	9.90	13.20	-3.30
ZSM-06	12	13	-1	9.90	13.20	-3.30
ZSM-07	82	94	-12	9.90	13.20	-3.30
ZSM-08	229	263	-34	9.90	13.20	-3.30
ZSM-09	24	28	-4	9.90	13.20	-3.30
ZSM-10	19	22	-3	9.90	13.20	-3.30
TOTALES	6,717	7,355	-638	9.90	13.20	-3.30

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección General de Obra Pública 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/m². 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 m², 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 100% 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.

Costos en la Situación sin Proyecto

La Dirección General de Obra Pública 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 \$2,420,717.92 pesos con IVA (estimado en un prorrateo de \$310.68 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 \$133.15 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 \$1,043,280.00 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.

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 6,717 PDL. Lo cual representa un consumo de 23.07 mdp anuales.

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 6,717 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.

TABLA 17. COSTOS TOTALES DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO (CANTIDADES EN PESOS SIN IVA)

CONCEPTO	TOTAL ANUAL	COSTOS POR PDL
COSTO ANUAL DE ENERGÍA	\$23,075,937.80	\$3,435
COSTOS ANUAL DE OP Y MTTO	\$3,880,559.02	\$578
COSTO ANUAL DE EMISIONES CO2	\$5,710,002.69	\$850
COSTO TOTAL ANUAL	\$32,666,499.51	\$4,863
CONSUMO DE ENERGÍA (KWH/ AÑO)	5,697,762	848
ILUMINANCIA TOTAL (LUX)	66,498	9.90
EMISIONES DE CO2 (KG/AÑO)	3,002,721	447

Fuente: Estimación con datos de la Dirección General de Obra Pública del Municipio de León

El costo social de operación por luminaria se estima en **\$4,013.17 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 50% y un 60%.

Derivado de lo anterior 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 de deterioro está asociado al mantenimiento preventivo y predictivo que se realice. Sin embargo, aun con un buen programa de mantenimiento de forma normal 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 inicial⁷. 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 CO₂, conforme a lo siguiente.

⁷ Supuesto de evaluación, basado en

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/179572/161202_Informe_de_Labores_Proyecto_Nacion_al.pdf, 2019

TABLA 18. 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 CO2	TOTAL COSTOS
	(kwh AL AÑO)	%	(\$/AÑO)	(\$/AÑO)	(\$/AÑO)	(\$/AÑO)
2023	32,666,500	12.00%	\$24,312,148.75	\$3,880,559.02	\$6,015,895.69	\$34,208,603.47
2024	5,697,762	12.00%	\$23,075,937.80	\$3,880,559.02	\$5,710,002.69	\$32,666,499.51
2025	5,697,762	12.00%	\$23,075,937.80	\$3,880,559.02	\$5,710,002.69	\$32,666,499.51
2026	5,743,345	12.10%	\$23,260,545.30	\$3,880,559.02	\$5,755,682.71	\$32,896,787.04
2027	5,789,291	12.19%	\$23,446,629.67	\$3,880,559.02	\$5,801,728.17	\$33,128,916.86
2028	5,835,606	12.29%	\$23,634,202.70	\$3,880,559.02	\$5,848,142.00	\$33,362,903.72
2029	5,882,290	12.39%	\$23,823,276.32	\$3,880,559.02	\$5,894,927.14	\$33,598,762.48
2030	5,929,349	12.49%	\$24,013,862.54	\$3,880,559.02	\$5,942,086.55	\$33,836,508.11
2031	5,976,784	12.59%	\$24,205,973.44	\$3,880,559.02	\$5,989,623.24	\$34,076,155.70
2032	6,024,598	12.69%	\$24,399,621.22	\$3,880,559.02	\$6,037,540.23	\$34,317,720.47
2033	6,072,795	12.79%	\$24,594,818.19	\$3,880,559.02	\$6,085,840.55	\$34,561,217.77
2034	6,121,377	12.89%	\$24,791,576.74	\$3,880,559.02	\$6,134,527.28	\$34,806,663.04
2035	6,170,348	13.00%	\$24,989,909.35	\$3,880,559.02	\$6,183,603.50	\$35,054,071.87
2036	6,219,711	13.10%	\$25,189,828.63	\$3,880,559.02	\$6,233,072.32	\$35,303,459.97
2037	6,269,468	13.20%	\$25,391,347.26	\$3,880,559.02	\$6,282,936.90	\$35,554,843.18
2038	6,319,624	13.31%	\$25,594,478.03	\$3,880,559.02	\$6,333,200.40	\$35,808,237.45
2039	6,370,181	13.42%	\$25,799,233.86	\$3,880,559.02	\$6,383,866.00	\$36,063,658.88
2040	6,421,143	13.52%	\$26,005,627.73	\$3,880,559.02	\$6,434,936.93	\$36,321,123.68
2041	6,472,512	13.63%	\$26,213,672.75	\$3,880,559.02	\$6,486,416.42	\$36,580,648.19

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)
2042	6,524,292	13.74%	\$26,423,382.13	\$3,880,559.02	\$6,538,307.75	\$36,842,248.91
2043	6,576,486	13.85%	\$26,634,769.19	\$3,880,559.02	\$6,590,614.22	\$37,105,942.43
2044	6,629,098	13.96%	\$26,847,847.34	\$3,880,559.02	\$6,643,339.13	\$37,371,745.49

Fuente: Estimación propia. Nota*: de 2024 a 2025 no se presenta incrementos de pérdidas considerando que en 2023 se realizan las optimizaciones.

Con las condiciones presentadas, los costos de operación del sistema de alumbrado público en las 80 colonias / comunidades en análisis incrementarían año con año pasando de un 12% en el año 2025 a un 13.96% en el año 2044.

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 19. ESTIMACIÓN DE LA DEPRECIACIÓN LUMINOSA E ILUMINANCIA EN LA SITUACIÓN SIN PROYECTO

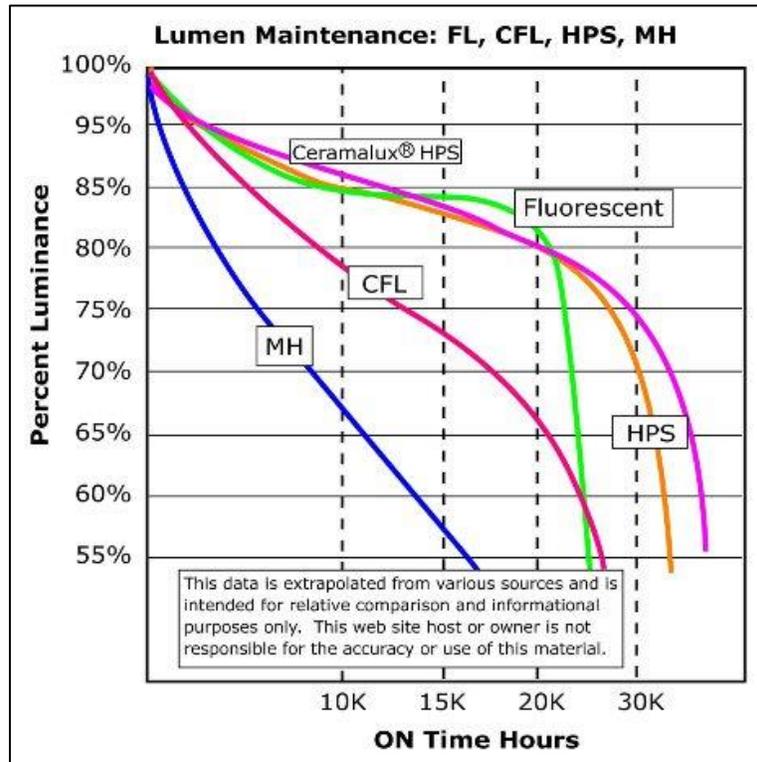
AÑO	SITUACIÓN SIN PROYECTO		BALANCE O-D (lux / PDL)		
	LUX PROMEDIO	EFICIENCIA LUMINOSA VSAP	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	BALANCE LUX
2023	9.00	75.00%	9.00		
2024	9.90	82.50%	9.90	13.20	-3.30
2025	9.90	82.50%	9.90	13.20	-3.30
2026	9.82	81.84%	9.82	13.20	-3.38
2027	9.73	81.10%	9.73	13.20	-3.47
2028	9.63	80.28%	9.63	13.20	-3.57

AÑO	SITUACIÓN SIN PROYECTO		BALANCE O-D (lux / PDL)		
	LUX PROMEDIO	EFICIENCIA LUMINOSA VSAP	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	BALANCE LUX
2029	9.52	79.37%	9.52	13.20	-3.68
2030	9.41	78.38%	9.41	13.20	-3.80
2031	9.27	77.22%	9.27	13.20	-3.93
2032	9.12	75.99%	9.12	13.20	-4.08
2033	8.94	74.50%	8.94	13.20	-4.26
2034	8.94	74.50%	8.94	13.20	-4.26
2035	8.94	74.50%	8.94	13.20	-4.26
2036	8.86	73.84%	8.86	13.20	-4.34
2037	8.77	73.10%	8.77	13.20	-4.43
2038	8.67	72.27%	8.67	13.20	-4.53
2039	8.56	71.37%	8.56	13.20	-4.64
2040	8.45	70.38%	8.45	13.20	-4.75
2041	8.32	69.34%	8.32	13.20	-4.88
2042	8.19	68.27%	8.19	13.20	-5.01
2043	8.06	67.16%	8.06	13.20	-5.14

Fuente: Estimación con datos de 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 7. DEPRECIACIÓN LUMINOSA DE VSAP (HPS)



Fuente: 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 20. COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS (SIN IVA)

CONCEPTO	AÑO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
		LED	SOLAR
		\$/AÑO	\$/AÑO
INVERSION	AÑO 0	\$86,206,803.91	\$339,043,970.44
CONSUMO DE ENERGÍA	ANUAL	\$11,227,224.00	\$0.00
EMISIONES DE CO2	ANUAL	\$2,778,109.38	\$0.00
OP Y MTTO (EXCEPTO ENERGÍA)	ANUAL	\$2,803,048.36	\$2,803,048.36
MONITOREO	ANUAL	\$899,379.31	\$899,379.31
MTTO MAYOR LED	AÑO 5 Y 15	\$1,115,518.97	\$16,952,198.52
REINVERSIONES LED	AÑO 10	\$3,298,577.59	\$33,904,397.04
VALOR DE DESECHO*	AÑO 20	-\$1,724,136.08	-\$6,780,879.41

Fuente: Estimación propia con datos de la Dirección General de Obra Pública 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 \$86.2 mdp sin IVA. Los costos de energía se estiman en \$11.2 mdp anuales que incrementan conforme a las pérdidas del flujo eléctrico, los costos de operación y mantenimiento se estiman en \$2.8 mdp y los costos de monitoreo en \$899,379.31 mil pesos al año. Los costos asociados al Mantenimiento mayor en el año 5 y 10 por \$1.11 mdp., con lo que respecta a las 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 CO₂ por kwh⁸, por lo que al año se estarían generando 1,460 ton de CO₂, este costo se valora con el precio de

⁸ https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso_Factor_de_Emisiones_2018.pdf

bonos de carbono estimado en 97.12 euros/ton⁹ y un valor de conversión del Euro de 19.58 \$/MX, por lo que se estaría generando un valor adquirido de \$2.77 mdp pesos al año.

Los flujos de los costos sociales atribuibles a la Alternativa 1 incluyen las erogaciones de Inversión y de operación y mantenimiento, en la siguiente tabla se presentan los datos:

TABLA 21. FLUJO DE COSTOS SOCIALES DE LA ALTERNATIVA 1: LED

AÑO	CONCEPTO	COSTO ANUAL
2023	INVERSIÓN	\$86,206,803.91
2024	Operación y Mtto	\$ 17,707,761.04
2025	Operación y Mtto	\$ 17,819,803.71
2026	Operación y Mtto	\$ 17,932,742.72
2027	Operación y Mtto	\$ 18,046,585.24
2028	Operación y Mtto, Mtto mayor	\$ 19,276,857.47
2029	Operación y Mtto	\$ 18,277,009.79
2030	Operación y Mtto	\$ 18,393,606.44
2031	Operación y Mtto	\$ 18,511,135.87
2032	Operación y Mtto	\$ 18,629,605.54
2033	Operación, Mtto y Reinversión	\$ 22,047,600.55
2034	Operación y Mtto	\$ 18,869,395.73
2035	Operación y Mtto	\$ 18,990,731.47
2036	Operación y Mtto	\$ 19,113,037.90
2037	Operación y Mtto	\$ 19,236,322.78
2038	Operación y Mtto, Mtto mayor	\$ 20,476,112.91
2039	Operación y Mtto	\$ 19,485,859.27
2040	Operación y Mtto	\$ 19,612,126.73

⁹ <https://es.investing.com/commodities/carbon-emissions>, JUN 2019

AÑO	CONCEPTO	COSTO ANUAL
2041	Operación y Mtto	\$ 19,739,404.32
2042	Operación y Mtto	\$ 19,867,700.13
2043	Operación y Mtto y valor de desecho	\$ 18,272,886.23

Fuente: Elaboración propia

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 \$50,475.51 más IVA, de acuerdo a los COSTOS PARAMÉTRICOS POR OBRA Y CONCEPTOS FUNCIONALES 2019 de la SHCP actualizados con la inflación, para un total de 6, 717 PDL, lo que representa un monto de inversión de \$339,043,97, los costos de energía son nulos, dado que la energía utilizada es solar, los costos de operación y mantenimiento se estiman en \$2,803,048.36 anuales, los costos de monitoreo en \$899,379.31 anuales, mantenimiento mayor por \$16,952,198.52 cada en los años 5 y 15.

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 es una inversión muy elevada. Sus costos son los que se muestran a continuación:

TABLA 22. FLUJO DE COSTOS SOCIALES DE LA ALTERNATIVA 2: SOLAR

AÑO	CONCEPTO	COSTO ANUAL
2023	INVERSIÓN	\$339,043,970.44
2024	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2025	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2026	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2027	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2028	Operación y Mtto, Mtto mayor	\$ 20,654,626.19

AÑO	CONCEPTO	COSTO ANUAL
2029	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2030	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2031	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2032	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2033	Operación, Mtto y Reinversión	\$ 37,606,824.71
2034	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2035	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2036	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2037	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2038	Operación y Mtto, Mtto mayor	\$ 20,654,626.19
2039	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2040	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2041	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2042	Operación y Mtto	\$ 3,702,427.67
2043	Operación y Mtto y valor de desecho	-\$ 3,078,451.74

Fuente: Elaboración propia

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

TABLA 23. RESULTADOS DEL ANÁLISIS VAC

CONCEPTO	ALTERNATIVA 1 LED	ALTERNATIVA 2 SOLAR
Inversión	\$86,206,803.91	\$339,043,970.44
Costos de Operación y mtto	\$17,707,761.04	\$3,702,427.67
Valor Actual de los Costos (VAC)	\$245,397,044.65	\$397,212,705.65
Costo Anual Equivalente (CAE)	\$28,824,244.78	\$46,656,455.36

CONCEPTO	ALTERNATIVA 1 LED	ALTERNATIVA 2 SOLAR
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 \$245.3 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:

- 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.

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"/>

La “Ampliación del Sistema de Alumbrado Público con Tecnología LED en Colonias y Comunidades de las Delegaciones de León, Gto. 2da etapa comprende la intervención en 58 colonias y 22 comunidades 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 6,717 PDL existentes de vapor de sodio de alta presión (VSAP), además de agregar las 638 PDL faltantes, con lámparas de tecnología LED de menor consumo de energía eléctrica.

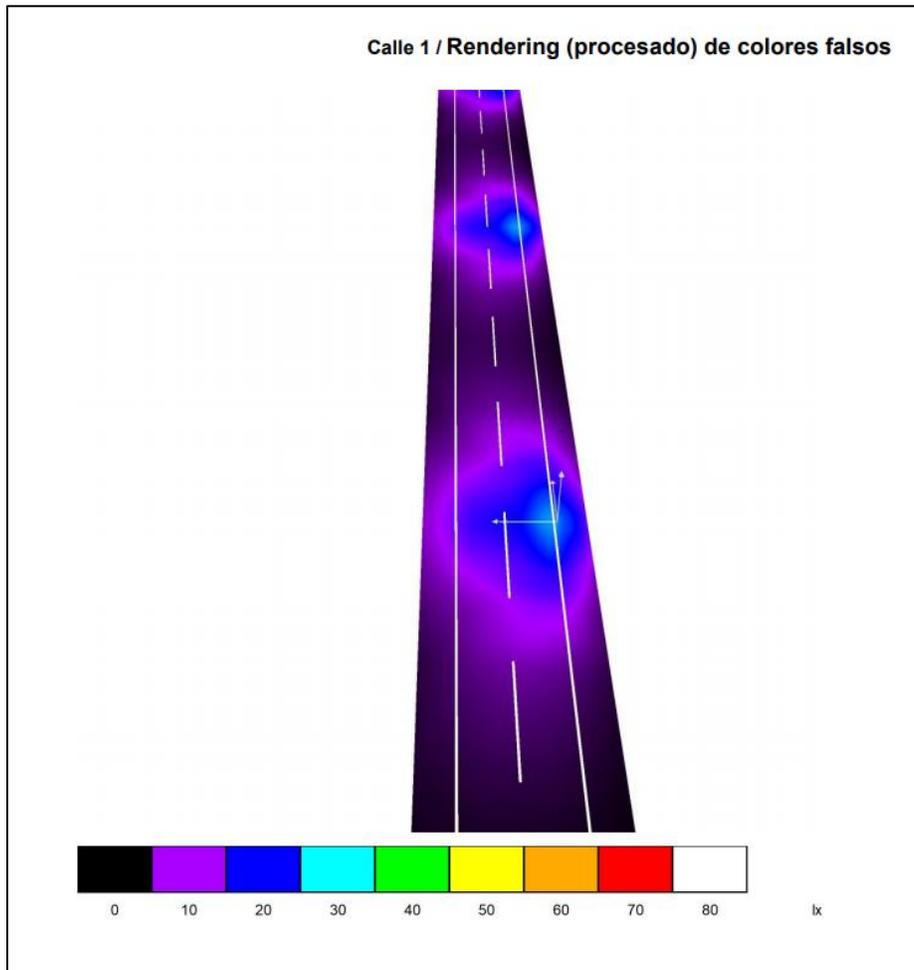
En total se instalarán 7,355 PDL con tecnología LED, los trabajos de obra comprenden 409 postes, 180,519 ml de cableado, instalaciones eléctricas y componentes electrónicos. Estos trabajos de obra serán realizados por Dirección General de Obra Pública del Municipio de León. Las características de cada uno de los componentes se describen a continuación.

TABLA 24. COMPONENTES DEL PROGRAMA DE INVERSIÓN

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Suministro e Instalación de Luminarias	SUMINISTRO Y COLOCACION DE LUMINARIO PARA VIALIDAD TIPO LED DE NO MAYOR A 80 WATTS 130 WATTS Y PUNTA POSTE, CON CARACTERÍSTICAS ACORDE A LA NORMATIVIDAD VIGENTE Y CON UNA GARANTÍA NO MENOR A 7 AÑOS	PZA	7,355.00
Suministro y colocación de brazos	SUMINISTRO Y COLOCACION DE BRAZO ALTO Y CORTO, DE FIERRO GALV.	PZA	2,975.00
Suministro y colocación de postes	SUMINISTRO Y COLOCACION DE POSTE CONICO CIRCULAR DE 9.00 MTS. y 8.00 MTS, Y POSTE DE CONCRETO DE 9 METROS	PZA	478.00
Suministro y colocación de componentes eléctricos y estructurales	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE: ABRAZADERAS, OBS, 1BS Y 2BS, DE BRAZOS, DE CABLE PARA DISTRBUCCIÓN ÁREA, DE ESTRUCTURAS "IP3", "IR3", DE BAJANTES ATIERRA, DE EQUIPOS DE CONTROL Y MEDICIÓN, Y FLEJES, CONFORME A LA NORMATIVA APLICABLE	JGO	7,355.00
Detallado y acabados en obra para la instalación de postes subterráneos	DEMOLICIÓN DE BANQUETAS, EXCAVACIÓN A MANO, ACARREOS, INSTALACIÓN DE TEPETATE, BANQUETA DE CONCRETO	Lote	947.00
Elaboración de planos y georreferencias para reconocimiento de ahorros ante CFE	ELABORACIÓN DE PLANOS ELÉCTRICOS AS BUILT, Y GEOREFERENCIA DE PUNTOS DE LUZ, PARA LA SOLICITUD DE AHORROS ANTE CFE	JGO	6,248.75

Fuentes: Proyecto ejecutivo

Figura 8. ILUMINACIÓN EN VIALIDADES



Fuente: Renders y planos del proyecto Ejecutivo

b) Alineación estratégica

TABLA 25. ALINEACIÓN ESTRATÉGICA DEL PROYECTO

PROGRAMA(S) RELACIONADO(S)	OBJETIVO(S)	PROGRAMAS
Plan Nacional de Desarrollo: 2019-2024	<p>II. POLÍTICA SOCIAL</p> <p>Construir un país con bienestar</p> <p>Para edificar el bienestar de las mayorías se requería de una fuerte presencia del sector público en la economía, de enérgicas políticas</p>	<p>8. Desarrollo Urbano y Vivienda. Se realizarán obras de rehabilitación y/o mejoramiento de espacios públicos.</p>

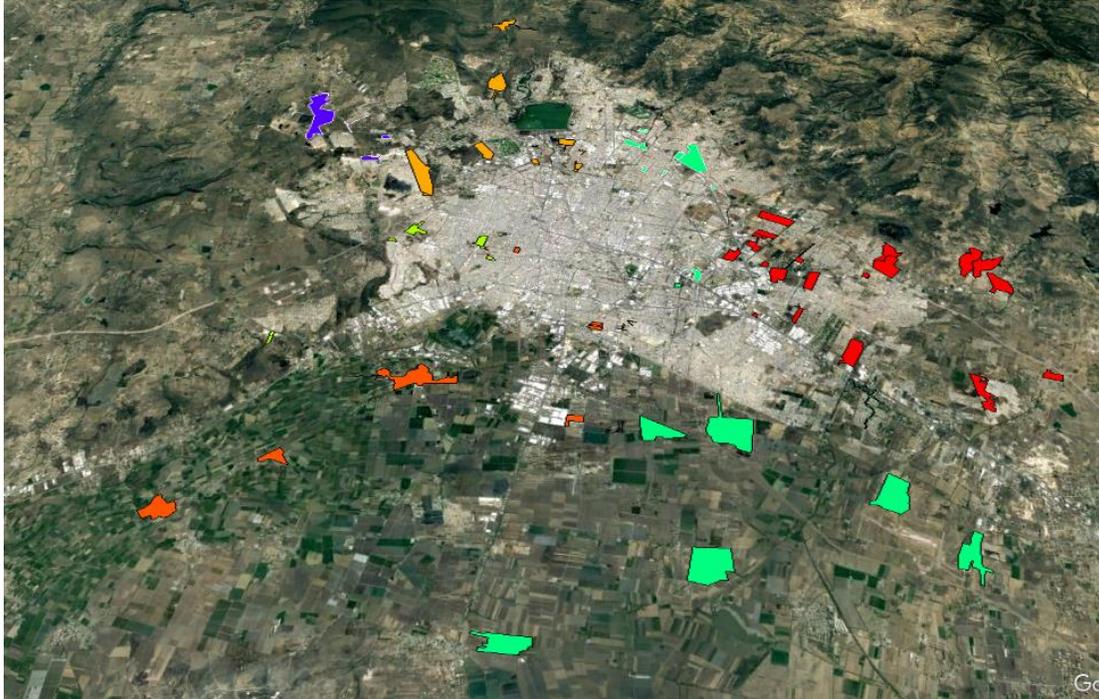
PROGRAMA(S) RELACIONADO(S)	OBJETIVO(S)	PROGRAMAS
	<p>recaudatorias y de una intervención estatal que moderara las enormes desigualdades sociales.</p> <p>Desarrollo sostenible</p> <p>El gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado 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>La vivienda social será una prioridad y se realizarán miles de acciones de mejoramiento, ampliación y sustitución de vivienda.</p>
<p>Programa de Gobierno Municipal de León, Guanajuato 2021-2024</p>	<p>VT. 2.5 Urbanismo Táctico Propósito u objetivo del proyecto Atender los principales problemas de la infraestructura urbana de movilidad, realizando acciones tácticas que maximicen las inversiones públicas en todas los componentes del sistema, con énfasis en la seguridad, la economía de operación, la accesibilidad y la inclusión social</p>	<p>VT. 2.5.11 Realizar la siguiente etapa de Modernización del Alumbrado Público.</p>

Fuentes: Elaboración propia con base en información pública

c) Localización geográfica

El programa de modernización de alumbrado comprende un total de 58 colonias y 22 comunidades. Estas acciones se realizarán geográficamente en el municipio de León de los Aldama, en el estado de Guanajuato.

Figura 9. 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 26. GEORREFERENCIACIÓN DE ZONAS EN ANÁLISIS

ID	Delegación	COLONIA	COLONIA / COMUNIDAD
ZCJ-1	CERRITO DE JEREZ	Barretos	COMUNIDAD
ZCJ-2	CERRITO DE JEREZ	Capellanía De Loera	COMUNIDAD
ZCJ-3	CERRITO DE JEREZ	Guadalupe Victoria	COMUNIDAD
ZCJ-4	CERRITO DE JEREZ	La Arcina	COMUNIDAD
ZCJ-5	CERRITO DE JEREZ	La Sandía	COMUNIDAD
ZCJ-6	CERRITO DE JEREZ	Los Ramírez	COMUNIDAD
ZCJ-7	CERRITO DE JEREZ	Mayorazgo (solo vías públicas)	COLONIA
ZCJ-8	CERRITO DE JEREZ	Providencia	COMUNIDAD
ZCJ-9	CERRITO DE JEREZ	San José Del Resplandor	COMUNIDAD

ID	Delegación	COLONIA	COLONIA / COMUNIDAD
ZCJ-10	CERRITO DE JEREZ	San Juan De Abajo	COMUNIDAD
ZCJ-11	CERRITO DE JEREZ	Villas De San Isidro	COLONIA
ZCG-1	CERRO GORDO	Cañada del refugio	COLONIA
ZCG-2	CERRO GORDO	Condominio Los Cárcamos (Solo vías públicas)	COLONIA
ZCG-3	CERRO GORDO	Ex Hacienda Arriba (Incluye Camino Que Conecta A Carr. A San Felipe)	COMUNIDAD
ZCG-4	CERRO GORDO	Hacienda Del Campestre	COLONIA
ZCG-5	CERRO GORDO	Hacienda Del Carmen	COLONIA
ZCG-6	CERRO GORDO	La Patiña	COMUNIDAD
ZCG-7	CERRO GORDO	Puerta Horizonte	COLONIA
ZCG-8	CERRO GORDO	Real Del Campestre (Solo Vías Públicas)	COLONIA
ZCG-9	CERRO GORDO	Residencias Del Moral II	COLONIA
ZCG-10	CERRO GORDO	Rinconada De Echeveste	COLONIA
ZCG-11	CERRO GORDO	Valle Del Moral	COLONIA
ZCG-12	CERRO GORDO	Valle Jacarandas	COLONIA
ZCG-13	CERRO GORDO	Villas Del Campestre	COLONIA
ZCO-1	COECILLO	Anturios	COLONIA
ZCO-2	COECILLO	Cayetana	COLONIA
ZCO-3	COECILLO	Cibeles	COLONIA
ZCO-4	COECILLO	La Toscana	COLONIA
ZCO-5	COECILLO	Los Naranjos (Club de Golf)	COLONIA
ZCO-6	COECILLO	Los Portones	COLONIA
ZCO-7	COECILLO	Maravillas III	COLONIA
ZCO-8	COECILLO	Oasis (Solo Acceso Principal)	COLONIA
ZCO-9	COECILLO	Punta Nogal Morelos	COLONIA
ZCO-10	COECILLO	Quinta Hilario Medina	COLONIA
ZCO-11	COECILLO	Quinta Los Naranjos	COLONIA
ZCO-12	COECILLO	Tres Cantos	COLONIA
ZDC-1	DEL CARMEN	Brisas Del Campo	COLONIA

ID	Delegación	COLONIA	COLONIA / COMUNIDAD
ZDC-2	DEL CARMEN	Brisas Del Campo II	COLONIA
ZDC-3	DEL CARMEN	Diosas Del Hogar	COLONIA
ZDC-4	DEL CARMEN	El Carmen Y Camino Al Potrero	COMUNIDAD
ZDC-5	DEL CARMEN	El Dorado	COLONIA
ZDC-6	DEL CARMEN	Héroes De León	COLONIA
ZDC-7	DEL CARMEN	Industrial Santa Julia	COLONIA
ZDC-8	DEL CARMEN	Jardines De Los Reyes	COLONIA
ZDC-9	DEL CARMEN	La Laborcita	COMUNIDAD
ZDC-10	DEL CARMEN	La Vigatta	COLONIA
ZDC-11	DEL CARMEN	Loza de los padres (Ampliación parte norte)	COMUNIDAD
ZDC-12	DEL CARMEN	Lucio Blanco	COMUNIDAD
ZDC-13	DEL CARMEN	Nuevo Valle De Moreno	COMUNIDAD
ZDC-14	DEL CARMEN	Paraíso Real	COLONIA
ZDC-15	DEL CARMEN	Pedregal Del Gigante	COLONIA
ZDC-16	DEL CARMEN	Pedregal San Carlos	COLONIA
ZDC-17	DEL CARMEN	Piamonte	COLONIA
ZDC-18	DEL CARMEN	Residencial San Ángel	COLONIA
ZDC-19	DEL CARMEN	San Juan De Otates	COMUNIDAD
ZDC-20	DEL CARMEN	San Nicolás De Los González	COMUNIDAD
ZDC-21	DEL CARMEN	Sierra Nogal	COLONIA
ZDC-22	DEL CARMEN	Soberna	COLONIA
ZDC-23	DEL CARMEN	Terracota	COLONIA
ZLJ-1	LAS JOYAS	Brisas Del Campestre	COLONIA
ZLJ-2	LAS JOYAS	Cordillera	COLONIA
ZLJ-3	LAS JOYAS	La Querencia	COLONIA
ZLJ-4	LAS JOYAS	Villas De Palermo	COLONIA
ZSJB-1	SAN JUAN BOSCO	Lomas De Arbide	COLONIA
ZSJB-2	SAN JUAN BOSCO	Paseos De Andalucía	COLONIA
ZSJB-3	SAN JUAN BOSCO	Paseos De La Cima Plus	COLONIA
ZSJB-4	SAN JUAN BOSCO	Valle Antigua	COLONIA

ID	Delegación	COLONIA	COLONIA / COMUNIDAD
ZSJB-5	SAN JUAN BOSCO	Valle De Arbide	COLONIA
ZSJB-6	SAN JUAN BOSCO	Villas De La Gloria	COLONIA
ZSJB-7	SAN JUAN BOSCO	Villas La Gloria II	COLONIA
ZSM-01	SAN MIGUEL	Condominio Villas Jacaranda (Solo Las Vías Públicas)	COLONIA
ZSM-02	SAN MIGUEL	Las Sendas	COLONIA
ZSM-03	SAN MIGUEL	Malagana (San Antonio Del Monte)	COMUNIDAD
ZSM-04	SAN MIGUEL	Puerta De San German	COMUNIDAD
ZSM-05	SAN MIGUEL	Rivera Del Rio	COLONIA
ZSM-06	SAN MIGUEL	San Alfonso	COLONIA
ZSM-07	SAN MIGUEL	Santa Ana A.C.	COMUNIDAD
ZSM-08	SAN MIGUEL	Santa Rosa Plan De Ayala	COMUNIDAD
ZSM-09	SAN MIGUEL	Valle Del Sur	COLONIA
ZSM-10	SAN MIGUEL	Villa Residencial Arbide	COLONIA

Fuentes: Elaboración Propia con base en proyecto ejecutivo

d) Calendario de actividades

Para la ejecución del proyecto se tiene contemplado un plazo de 4 meses. Los trabajos de obra serán realizados por Dirección General de Obra Pública del Municipio de León en el año 2023.

TABLA 27. CALENDARIO DEL PROYECTO (AVANCE FINANCIERO CON IVA INCLUIDO)

AVANCE\MES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
FÍSICO	20%	30%	30%	20%
FINANCIERO	\$19,999,978.51	\$29,999,967.76	\$ 29,999,967.76	\$ 19,999,978.51
Total				\$ 99,999,892.54

Fuentes: Elaboración Propia con base en proyecto ejecutivo

e) Monto total de inversión

El monto total de inversión es de \$99.99 mdp (IVA incluido) incluyendo la inversión en luminarias, postes, cableado, componentes eléctricos y gastos generales.

TABLA 28. MONTO TOTAL DE INVERSIÓN (MONTO CON IVA A PESOS)

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PU	MONTO
Suministro e Instalación de Luminarias	SUMINISTRO Y COLOCACION DE LUMINARIO PARA VIALIDAD TIPO LED DE NO MAYOR A 80 WATTS 130 WATTS Y PUNTA POSTE, CON CARACTERÍSTICAS ACORDE A LA NORMATIVIDAD VIGENTE Y CON UNA GARANTÍA NO MENOR A 7 AÑOS	PZA	7,355.00	\$ 6,010.06	\$44,203,955.76
Suministro y colocación de brazos	SUMINISTRO Y COLOCACION DE BRAZO ALTO Y CORTO, DE FIERRO GALV.	PZA	2,975.00	\$ 672.41	\$2,000,421.95
Suministro y colocación de postes	SUMINISTRO Y COLOCACION DE POSTE CONICO CIRCULAR DE 9.00 MTS. y 8.00 MTS, Y POSTE DE CONCRETO DE 9 METROS	PZA	478.00	\$ 5,870.46	\$2,806,081.50
Suministro y colocación de componentes eléctricos y estructurales	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE: ABRAZADERAS, OBS, 1BS Y 2BS, DE BRAZOS, DE CABLE PARA DISTRBUCCIÓN ÁREA, DE ESTRUCTURAS "IP3", "IR3", DE BAJANTES ATIERRA, DE EQUIPOS DE CONTROL Y MEDICIÓN, Y FLEJES, CONFORME A LA NORMATIVA APLICABLE	JGO	7,355.00	\$ 3,537.21	\$26,016,190.84
Detallado y acabados en obra para la instalación de postes subterráneos	DEMOLICIÓN DE BANQUETAS, EXCAVACIÓN A MANO, ACARREOS, INSTALACIÓN DE TEPETATE, BANQUETA DE CONCRETO	Lote	947.00	\$ 11,277.99	\$10,680,253.61
				SUB TOTAL	\$86,206,803.91
				IVA	\$13,793,088.63
				TOTAL	\$99,999,892.54

Fuentes: Elaboración propia con base en datos del proyecto Ejecutivo

f) Fuentes de financiamiento

TABLA 29. DESGLOSE DE LA INVERSIÓN (PESOS CON IVA)

FUENTE DE LOS RECURSOS	PROCEDENCIA	MONTO	PORCENTAJE
1. Federales			
2. Estatales			
3. Municipales	Ramo 33	\$99,999,892.54	100%
4. Fideicomisos			
5. Otros			
Total		\$99,999,892.54	100%

Fuentes: Elaboración propia con base en datos del proyecto Ejecutivo

g) Capacidad instalada

En la zona en análisis se han contabilizado un total de 6,717 luminarias que utilizan vapor de sodio de alta presión, así como un faltante de 638 lámparas.

Se identifica que en la situación sin proyecto se tiene una potencia promedio ponderada por PDL de 150 W con 6,717 PDL de vapor de sodio de alta presión (VSAP) con un consumo anual de 5,697,762 kwh, lo que representa un monto de \$23.07 mdp pesos al año más IVA.

Con el proyecto, se instalarán 7,355 PDL con tecnología LED (6,645 PDL de 80 w y 710 PDL de 130 w). lo que implica una reducción del consumo a 2,772,154 kwh al año, con una capacidad de iluminancia de 97,086 lux, como se puede apreciar a continuación.

TABLA 30. COMPARATIVA DE CAPACIDAD INSTALADA CON Y SIN PROYECTO

SITUACIÓN	PDL	POTENCIA PROMEDIO* (W)	CONSUMO ANUAL (kwh al año)	ILUMINANCIA (LUX)
SITUACIÓN SIN PROYECTO	6,717	150	5,697,762	66,498
SITUACIÓN CON PROYECTO	7,355	80	2,772,154	97,086
DIFERENCIAS	-638	70	2,925,608	-30,588

Fuente: Estimación a partir de información de la Dirección General de Obra Pública del Municipio de León.

Nota: *Potencia promedio ponderado por PDL

De manera que con el proyecto aumentará el número de PDL en 9.8%, se reducirá el consumo de energía en 51,7 % y la iluminancia incrementará en un 46%.

h) Metas anuales y totales de producción

TABLA 31. Metas Totales de Producción por Tipo de Proyecto

TIPO DE COMPONENTE	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	AÑO
LED 80 y 130 W	pdl	7,355	2023
POSTE	Pza.	478	2023
COMPONENTES ELECTRÓNICOS	Pza.	7,355	2023

Fuentes: Elaboración propia

i) Vida útil

TABLA 32. 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 incluyeron además estudios luxométricos con los cálculos lumínicos realizados con el programa Dialux.

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 58 colonias y 22 comunidades, donde se instalarán 7,355 PDL tipo LED en vialidades secundarias con 2 carriles y un ancho de arroyo vehicular de 7 m. en promedio. Con ello, los lux incrementarán a 13.2 en promedio por PDL.

TABLA 33. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA OFERTA EN LA SITUACIÓN CON PROYECTO

ID	Colonia	PDL (w)	PDL (w)	TOTAL PDL	Potencia	Iluminancia por luminaria
		80	130		(w)	(lux prom)
ZCJ-1	Barretos	89	0	89	80.0	13.2
ZCJ-2	Capellanía De Loera	93	0	93	80.0	13.2
ZCJ-3	Guadalupe Victoria	55	0	55	80.0	13.2
ZCJ-4	La Arcina	76	0	76	80.0	13.2
ZCJ-5	La Sandía	101	0	101	80.0	13.2
ZCJ-6	Los Ramírez	137	0	137	80.0	13.2
ZCJ-7	Mayorazgo (solo vías públicas)	0	89	89	130.0	13.2
ZCJ-8	Providencia	44	18	62	94.5	13.2
ZCJ-9	San José Del Resplandor	54	0	54	80.0	13.2

ID	Colonia	PDL (w)	PDL (w)	TOTAL PDL	Potencia	Iluminancia por luminaria
		80	130		(w)	(lux prom)
ZCJ-10	San Juan De Abajo	399	33	432	83.8	13.2
ZCJ-11	Villas De San Isidro	20	0	20	80.0	13.2
ZCG-1	Cañada del refugio	563	0	563	80.0	13.2
ZCG-2	Condominio Los Cárcamos (Solo vías públicas)	30	0	30	80.0	13.2
ZCG-3	Ex Hacienda Arriba (Incluye Camino Que Conecta A Carr. A San Felipe)	31	0	31	80.0	13.2
ZCG-4	Hacienda Del Campestre	173	0	173	80.0	13.2
ZCG-5	Hacienda Del Carmen	20	0	20	80.0	13.2
ZCG-6	La Patiña	35	0	35	80.0	13.2
ZCG-7	Puerta Horizonte	21	0	21	80.0	13.2
ZCG-8	Real Del Campestre (Solo Vías Públicas)	9	0	9	80.0	13.2
ZCG-9	Residencias Del Moral II	37	0	37	80.0	13.2
ZCG-10	Rinconada De Echeveste	15	0	15	80.0	13.2
ZCG-11	Valle Del Moral	72	0	72	80.0	13.2
ZCG-12	Valle Jacarandas	23	0	23	80.0	13.2
ZCG-13	Villas Del Campestre	120	0	120	80.0	13.2
ZCO-1	Anturios	51	29	80	98.1	13.2
ZCO-2	Cayetana	26	0	26	80.0	13.2
ZCO-3	Cibeles	26	0	26	80.0	13.2
ZCO-4	La Toscana	18	0	18	80.0	13.2
ZCO-5	Los Naranjos (Club de Golf)	168	0	168	80.0	13.2
ZCO-6	Los Portones	13	0	13	80.0	13.2
ZCO-7	Maravillas III	6	3	9	96.7	13.2
ZCO-8	Oasis (Solo Acceso Principal)	29	0	29	80.0	13.2
ZCO-9	Punta Nogal Morelos	40	10	50	90.0	13.2
ZCO-10	Quinta Hilario Medina	15	0	15	80.0	13.2

ID	Colonia	PDL (w)	PDL (w)	TOTAL PDL	Potencia	Iluminancia por luminaria
		80	130		(w)	(lux prom)
ZCO-11	Quinta Los Naranjos	63	0	63	80.0	13.2
ZCO-12	Tres Cantos	75	16	91	88.8	13.2
ZDC-1	Brisas Del Campo	86	0	86	80.0	13.2
ZDC-2	Brisas Del Campo II	156	0	156	80.0	13.2
ZDC-3	Diosas Del Hogar	5	5	10	105.0	13.2
ZDC-4	El Carmen Y Camino Al Potrero	43	28	71	99.7	13.2
ZDC-5	El Dorado	237	54	291	89.3	13.2
ZDC-6	Héroes De León	189	0	189	80.0	13.2
ZDC-7	Industrial Santa Julia	6	0	6	80.0	13.2
ZDC-8	Jardines De Los Reyes	28	0	28	80.0	13.2
ZDC-9	La Laborcita	84	0	84	80.0	13.2
ZDC-10	La Vigatta	67	0	67	80.0	13.2
ZDC-11	Loza de los padres (Ampliación parte norte)	35	0	35	80.0	13.2
ZDC-12	Lucio Blanco	92	0	92	80.0	13.2
ZDC-13	Nuevo Valle De Moreno	99	0	99	80.0	13.2
ZDC-14	Paraíso Real	155	0	155	80.0	13.2
ZDC-15	Pedregal Del Gigante	104	5	109	82.3	13.2
ZDC-16	Pedregal San Carlos	25	0	25	80.0	13.2
ZDC-17	Piamonte	29	0	29	80.0	13.2
ZDC-18	Residencial San Ángel	111	0	111	80.0	13.2
ZDC-19	San Juan De Otates	146	4	150	81.3	13.2
ZDC-20	San Nicolás De Los González	51	0	51	80.0	13.2
ZDC-21	Sierra Nogal	245	64	309	90.4	13.2
ZDC-22	Soberna	110	28	138	90.1	13.2
ZDC-23	Terracota	15	0	15	80.0	13.2
ZLJ-1	Brisas Del Campestre	751	226	977	91.6	13.2
ZLJ-2	Cordillera	0	98	98	130.0	13.2
ZLJ-3	La Querencia	35	0	35	80.0	13.2

ID	Colonia	PDL (w)	PDL (w)	TOTAL PDL	Potencia	Iluminancia por luminaria
		80	130		(w)	(lux prom)
ZLJ-4	Villas De Palermo	127	0	127	80.0	13.2
ZSJB-1	Lomas De Arbide	48	0	48	80.0	13.2
ZSJB-2	Paseos De Andalucía	19	0	19	80.0	13.2
ZSJB-3	Paseos De La Cima Plus	20	0	20	80.0	13.2
ZSJB-4	Valle Antigua	97	0	97	80.0	13.2
ZSJB-5	Valle De Arbide	16	0	16	80.0	13.2
ZSJB-6	Villas De La Gloria	33	0	33	80.0	13.2
ZSJB-7	Villas La Gloria II	9	0	9	80.0	13.2
ZSM-01	Condominio Villas Jacaranda (Solo Las Vías Públicas)	15	0	15	80.0	13.2
ZSM-02	Las Sendas	29	0	29	80.0	13.2
ZSM-03	Malagana (San Antonio Del Monte)	67	0	67	80.0	13.2
ZSM-04	Puerta De San German	66	0	66	80.0	13.2
ZSM-05	Rivera Del Rio	28	0	28	80.0	13.2
ZSM-06	San Alfonso	13	0	13	80.0	13.2
ZSM-07	Santa Ana A.C.	94	0	94	80.0	13.2
ZSM-08	Santa Rosa Plan De Ayala	263	0	263	80.0	13.2
ZSM-09	Valle Del Sur	28	0	28	80.0	13.2
ZSM-10	Villa Residencial Arbide	22	0	22	80.0	13.2
TOTALES /PROMEDIO		6,645 pza	710 pza	7,355 pza		13.20

Fuente: Proyecto ejecutivo realizado a través de la Dirección General de Obra Pública 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 34. DEMANDAD DE PDL E ILUMINANCIA EN LUX EN LA SITUACIÓN CON PROYECTO

ID	Colonia	PDL ACTUALES	PDL FALTANTES	Iluminancia por luminaria (lux prom)
ZCJ-1	Barretos	77	12	13.2
ZCJ-2	Capellanía De Loera	81	12	13.2
ZCJ-3	Guadalupe Victoria	48	7	13.2
ZCJ-4	La Arcina	63	13	13.2
ZCJ-5	La Sandia	78	23	13.2
ZCJ-6	Los Ramírez	119	18	13.2
ZCJ-7	Mayorazgo (solo vías públicas)	86	3	13.2
ZCJ-8	Providencia	47	15	13.2
ZCJ-9	San José Del Resplandor	47	7	13.2
ZCJ-10	San Juan De Abajo	377	55	13.2
ZCJ-11	Villas De San Isidro	17	3	13.2
ZCG-1	Cañada del refugio	563	0	13.2
ZCG-2	Condominio Los Cárcamos (Solo vías públicas)	26	4	13.2
ZCG-3	Ex Hacienda Arriba (Incluye Camino Que Conecta A Carr. A San Felipe)	27	4	13.2
ZCG-4	Hacienda Del Campestre	168	5	13.2
ZCG-5	Hacienda Del Carmen	13	7	13.2
ZCG-6	La Patiña	30	5	13.2
ZCG-7	Puerta Horizonte	18	3	13.2
ZCG-8	Real Del Campestre (Solo Vías Públicas)	8	1	13.2
ZCG-9	Residencias Del Moral II	32	5	13.2
ZCG-10	Rinconada De Echeveste	14	1	13.2
ZCG-11	Valle Del Moral	63	9	13.2
ZCG-12	Valle Jacarandas	20	3	13.2
ZCG-13	Villas Del Campestre	114	6	13.2
ZCO-1	Anturios	77	3	13.2
ZCO-2	Cayetana	25	1	13.2
ZCO-3	Cibeles	25	1	13.2
ZCO-4	La Toscana	17	1	13.2

ID	Colonia	PDL ACTUALES	PDL FALTANTES	Iluminancia por luminaria (lux prom)
ZCO-5	Los Naranjos (Club de Golf)	160	8	13.2
ZCO-6	Los Portones	11	2	13.2
ZCO-7	Maravillas III	8	1	13.2
ZCO-8	Oasis (Solo Acceso Principal)	28	1	13.2
ZCO-9	Punta Nogal Morelos	48	2	13.2
ZCO-10	Quinta Hilario Medina	14	1	13.2
ZCO-11	Quinta Los Naranjos	63	0	13.2
ZCO-12	Tres Cantos	87	4	13.2
ZDC-1	Brisas Del Campo	75	11	13.2
ZDC-2	Brisas Del Campo II	136	20	13.2
ZDC-3	Diosas Del Hogar	10	0	13.2
ZDC-4	El Carmen Y Camino Al Potrero	57	14	13.2
ZDC-5	El Dorado	278	13	13.2
ZDC-6	Héroes De León	180	9	13.2
ZDC-7	Industrial Santa Julia	5	1	13.2
ZDC-8	Jardines De Los Reyes	27	1	13.2
ZDC-9	La Laborcita	59	25	13.2
ZDC-10	La Vigatta	64	3	13.2
ZDC-11	Loza de los padres (Ampliación parte norte)	30	5	13.2
ZDC-12	Lucio Blanco	80	12	13.2
ZDC-13	Nuevo Valle De Moreno	46	53	13.2
ZDC-14	Paraíso Real	135	20	13.2
ZDC-15	Pedregal Del Gigante	104	5	13.2
ZDC-16	Pedregal San Carlos	24	1	13.2
ZDC-17	Piamonte	29	0	13.2
ZDC-18	Residencial San Ángel	111	0	13.2
ZDC-19	San Juan De Otates	130	20	13.2
ZDC-20	San Nicolás De Los González	44	7	13.2
ZDC-21	Sierra Nogal	295	14	13.2
ZDC-22	Soberna	132	6	13.2
ZDC-23	Terracota	15	0	13.2
ZLJ-1	Brisas Del Campestre	934	43	13.2

ID	Colonia	PDL ACTUALES	PDL FALTANTES	Iluminancia por luminaria (lux prom)
ZLJ-2	Cordillera	95	3	13.2
ZLJ-3	La Querencia	33	2	13.2
ZLJ-4	Villas De Palermo	121	6	13.2
ZSJB-1	Lomas De Arbide	42	6	13.2
ZSJB-2	Paseos De Andalucía	18	1	13.2
ZSJB-3	Paseos De La Cima Plus	19	1	13.2
ZSJB-4	Valle Antigua	92	5	13.2
ZSJB-5	Valle De Arbide	14	2	13.2
ZSJB-6	Villas De La Gloria	31	2	13.2
ZSJB-7	Villas La Gloria II	9	0	13.2
ZSM-01	Condominio Villas Jacaranda (Solo Las Vías Públicas)	13	2	13.2
ZSM-02	Las Sendas	28	1	13.2
ZSM-03	Malagana (San Antonio Del Monte)	58	9	13.2
ZSM-04	Puerta De San German	55	11	13.2
ZSM-05	Rivera Del Rio	24	4	13.2
ZSM-06	San Alfonso	12	1	13.2
ZSM-07	Santa Ana A.C.	82	12	13.2
ZSM-08	Santa Rosa Plan De Ayala	229	34	13.2
ZSM-09	Valle Del Sur	24	4	13.2
ZSM-10	Villa Residencial Arbide	19	3	13.2
	TOTALES /PROMEDIO	6,717	638	13.2

Fuente: Proyecto ejecutivo o realizado a través de la Dirección General de Obra Pública del Municipio de León

m) Interacción Oferta-Demanda

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

TABLA 35. INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA DE PDL E ILUMINANCIA EN LUX CON PROYECTO

ID	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
ZCJ-1	89	89	-	13.20	13.20	-
ZCJ-2	93	93	-	13.20	13.20	-
ZCJ-3	55	55	-	13.20	13.20	-
ZCJ-4	76	76	-	13.20	13.20	-
ZCJ-5	101	101	-	13.20	13.20	-
ZCJ-6	137	137	-	13.20	13.20	-
ZCJ-7	89	89	-	13.20	13.20	-
ZCJ-8	62	62	-	13.20	13.20	-
ZCJ-9	54	54	-	13.20	13.20	-
ZCJ-10	432	432	-	13.20	13.20	-
ZCJ-11	20	20	-	13.20	13.20	-
ZCG-1	563	563	-	13.20	13.20	-
ZCG-2	30	30	-	13.20	13.20	-
ZCG-3	31	31	-	13.20	13.20	-
ZCG-4	173	173	-	13.20	13.20	-
ZCG-5	20	20	-	13.20	13.20	-
ZCG-6	35	35	-	13.20	13.20	-
ZCG-7	21	21	-	13.20	13.20	-
ZCG-8	9	9	-	13.20	13.20	-
ZCG-9	37	37	-	13.20	13.20	-
ZCG-10	15	15	-	13.20	13.20	-
ZCG-11	72	72	-	13.20	13.20	-
ZCG-12	23	23	-	13.20	13.20	-
ZCG-13	120	120	-	13.20	13.20	-
ZCO-1	80	80	-	13.20	13.20	-
ZCO-2	26	26	-	13.20	13.20	-
ZCO-3	26	26	-	13.20	13.20	-
ZCO-4	18	18	-	13.20	13.20	-
ZCO-5	168	168	-	13.20	13.20	-
ZCO-6	13	13	-	13.20	13.20	-
ZCO-7	9	9	-	13.20	13.20	-
ZCO-8	29	29	-	13.20	13.20	-
ZCO-9	50	50	-	13.20	13.20	-
ZCO-10	15	15	-	13.20	13.20	-
ZCO-11	63	63	-	13.20	13.20	-

ID	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
ZCO-12	91	91	-	13.20	13.20	-
ZDC-1	86	86	-	13.20	13.20	-
ZDC-2	156	156	-	13.20	13.20	-
ZDC-3	10	10	-	13.20	13.20	-
ZDC-4	71	71	-	13.20	13.20	-
ZDC-5	291	291	-	13.20	13.20	-
ZDC-6	189	189	-	13.20	13.20	-
ZDC-7	6	6	-	13.20	13.20	-
ZDC-8	28	28	-	13.20	13.20	-
ZDC-9	84	84	-	13.20	13.20	-
ZDC-10	67	67	-	13.20	13.20	-
ZDC-11	35	35	-	13.20	13.20	-
ZDC-12	92	92	-	13.20	13.20	-
ZDC-13	99	99	-	13.20	13.20	-
ZDC-14	155	155	-	13.20	13.20	-
ZDC-15	109	109	-	13.20	13.20	-
ZDC-16	25	25	-	13.20	13.20	-
ZDC-17	29	29	-	13.20	13.20	-
ZDC-18	111	111	-	13.20	13.20	-
ZDC-19	150	150	-	13.20	13.20	-
ZDC-20	51	51	-	13.20	13.20	-
ZDC-21	309	309	-	13.20	13.20	-
ZDC-22	138	138	-	13.20	13.20	-
ZDC-23	15	15	-	13.20	13.20	-
ZLJ-1	977	977	-	13.20	13.20	-
ZLJ-2	98	98	-	13.20	13.20	-
ZLJ-3	35	35	-	13.20	13.20	-
ZLJ-4	127	127	-	13.20	13.20	-
ZSJB-1	48	48	-	13.20	13.20	-
ZSJB-2	19	19	-	13.20	13.20	-
ZSJB-3	20	20	-	13.20	13.20	-
ZSJB-4	97	97	-	13.20	13.20	-
ZSJB-5	16	16	-	13.20	13.20	-
ZSJB-6	33	33	-	13.20	13.20	-
ZSJB-7	9	9	-	13.20	13.20	-
ZSM-01	15	15	-	13.20	13.20	-
ZSM-02	29	29	-	13.20	13.20	-

ID	OFERTA PDL	DEMANDA PDL	INTERACCIÓN	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	INTERACCIÓN
ZSM-03	67	67	-	13.20	13.20	-
ZSM-04	66	66	-	13.20	13.20	-
ZSM-05	28	28	-	13.20	13.20	-
ZSM-06	13	13	-	13.20	13.20	-
ZSM-07	94	94	-	13.20	13.20	-
ZSM-08	263	263	-	13.20	13.20	-
ZSM-09	28	28	-	13.20	13.20	-
ZSM-10	22	22	-	13.20	13.20	-
TOTALES	7,355	7,355	-	13.20	13.20	-

Fuente: Elaboración con información del Proyecto Ejecutivo realizado a través de la Dirección General de Obra Pública 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 m², se observa dicho parámetro en la situación sin proyecto es de 1.11, superando el máximo establecido por la norma de 0.64 w/m². En tanto, en la situación con proyecto estos parámetros son adecuados, ubicándose en 0.32 w/m².

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 45 m de distancia interpostal. Este parámetro se estima adecuado para la situación con proyecto. De igual forma se observa que, en cuanto a la iluminancia, en la situación con proyecto se rebasa el mínimo requerido, lo cual es un beneficio.

TABLA 36. COMPARACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS

Colonia	Superficie iluminada promedio por luminaria	Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado	Distancia interpostal promedio	Iluminancia por luminaria	CONSUMO ENERGÍA	ILUMINANCIA
	(m ² /punto de luz)	(DPEA w/m ²)	(m)	(lux prom)	(kwh AL AÑO)	LUX AL AÑO
Barretos	285	0.31	38.93	13.2	31,636	1,175
Capellanía De Loera	285	0.31	39.19	13.2	33,058	1,228

Colonia	Superficie iluminada promedio por luminaria	Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado	Distancia interpostal promedio	Iluminancia por luminaria	CONSUMO ENERGÍA	ILUMINANCIA
	(m ² /punto de luz)	(DPEA w/m ²)	(m)	(lux prom)	(kwh AL AÑO)	LUX AL AÑO
Guadalupe Victoria	285	0.31	39.27	13.2	19,550	726
La Arcina	285	0.31	37.30	13.2	27,015	1,003
La Sandia	285	0.31	34.75	13.2	35,902	1,333
Los Ramírez	285	0.31	39.09	13.2	48,698	1,808
Mayorazgo (solo vías públicas)	285	0.50	43.48	13.2	51,409	1,175
Providencia	285	0.36	34.11	13.2	26,038	818
San José Del Resplandor	285	0.31	39.17	13.2	19,195	713
San Juan De Abajo	285	0.32	39.27	13.2	160,891	5,702
Villas De San Isidro	285	0.31	38.25	13.2	7,109	264
Cañada del refugio	285	0.31	45.00	13.2	200,125	7,432
Condominio Los Cárcamos (Solo vías públicas)	285	0.31	39.00	13.2	10,664	396
Ex Hacienda Arriba (Incluye Camino Que Conecta A Carr. A San Felipe)	285	0.31	39.19	13.2	11,019	409
Hacienda Del Campestre	285	0.31	43.70	13.2	61,495	2,284
Hacienda Del Carmen	285	0.31	29.25	13.2	7,109	264
La Patiña	285	0.31	38.57	13.2	12,441	462
Puerta Horizonte	285	0.31	38.57	13.2	7,465	277
Real Del Campestre (Solo Vías Públicas)	285	0.31	40.00	13.2	3,199	119
Residencias Del Moral II	285	0.31	38.92	13.2	13,152	488
Rinconada De Echeveste	285	0.31	42.00	13.2	5,332	198
Valle Del Moral	285	0.31	39.38	13.2	25,593	950
Valle Jacarandas	285	0.31	39.13	13.2	8,176	304
Villas Del Campestre	285	0.31	42.75	13.2	42,655	1,584
Anturios	285	0.38	43.31	13.2	34,880	1,056
Cayetana	285	0.31	43.27	13.2	9,242	343
Cibeles	285	0.31	43.27	13.2	9,242	343

Colonia	Superficie iluminada promedio por luminaria	Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado	Distancia interpostal promedio	Iluminancia por luminaria	CONSUMO ENERGÍA	ILUMINANCIA
	(m ² /punto de luz)	(DPEA w/m ²)	(m)	(lux prom)	(kwh AL AÑO)	LUX AL AÑO
La Toscana	285	0.31	42.50	13.2	6,398	238
Los Naranjos (Club de Golf)	285	0.31	42.86	13.2	59,718	2,218
Los Portones	285	0.31	38.08	13.2	4,621	172
Maravillas III	285	0.37	40.00	13.2	3,866	119
Oasis (Solo Acceso Principal)	285	0.31	43.45	13.2	10,308	383
Punta Nogal Morelos	285	0.35	43.20	13.2	19,995	660
Quinta Hilario Medina	285	0.31	42.00	13.2	5,332	198
Quinta Los Naranjos	285	0.31	45.00	13.2	22,394	832
Tres Cantos	285	0.34	43.02	13.2	35,902	1,201
Brisas Del Campo	285	0.31	39.24	13.2	30,570	1,135
Brisas Del Campo II	285	0.31	39.23	13.2	55,452	2,059
Diosas Del Hogar	285	0.41	45.00	13.2	4,665	132
El Carmen Y Camino Al Potrero	285	0.38	36.13	13.2	31,458	937
El Dorado	285	0.34	42.99	13.2	115,436	3,841
Héroes De León	285	0.31	42.86	13.2	67,182	2,495
Industrial Santa Julia	285	0.31	37.50	13.2	2,133	79
Jardines De Los Reyes	285	0.31	43.39	13.2	9,953	370
La Laborcita	285	0.31	31.61	13.2	29,859	1,109
La Vigatta	285	0.31	42.99	13.2	23,816	884
Loza de los padres (Ampliación parte norte)	285	0.31	38.57	13.2	12,441	462
Lucio Blanco	285	0.31	39.13	13.2	32,702	1,214
Nuevo Valle De Moreno	285	0.31	20.91	13.2	35,191	1,307
Paraíso Real	285	0.31	39.19	13.2	55,097	2,046
Pedregal Del Gigante	285	0.32	42.94	13.2	39,856	1,439
Pedregal San Carlos	285	0.31	43.20	13.2	8,887	330
Piamonte	285	0.31	45.00	13.2	10,308	383

Colonia	Superficie iluminada promedio por luminaria	Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado	Distancia interpostal promedio	Iluminancia por luminaria	CONSUMO ENERGÍA	ILUMINANCIA
	(m2/punto de luz)	(DPEA w/m2)	(m)	(lux prom)	(kwh AL AÑO)	LUX AL AÑO
Residencial San Ángel	285	0.31	45.00	13.2	39,456	1,465
San Juan De Otates	285	0.31	39.00	13.2	54,208	1,980
San Nicolás De Los González	285	0.31	38.82	13.2	18,129	673
Sierra Nogal	285	0.35	42.96	13.2	124,056	4,079
Soberna	285	0.35	43.04	13.2	55,274	1,822
Terracota	285	0.31	45.00	13.2	5,332	198
Brisas Del Campestre	285	0.35	43.02	13.2	397,495	12,896
Cordillera	285	0.50	43.62	13.2	56,607	1,294
La Querencia	285	0.31	42.43	13.2	12,441	462
Villas De Palermo	285	0.31	42.87	13.2	45,144	1,676
Lomas De Arbide	285	0.31	39.38	13.2	17,062	634
Paseos De Andalucía	285	0.31	42.63	13.2	6,754	251
Paseos De La Cima Plus	285	0.31	42.75	13.2	7,109	264
Valle Antigua	285	0.31	42.68	13.2	34,480	1,280
Valle De Arbide	285	0.31	39.38	13.2	5,687	211
Villas De La Gloria	285	0.31	42.27	13.2	11,730	436
Villas La Gloria II	285	0.31	45.00	13.2	3,199	119
Condominio Villas Jacaranda (Solo Las Vías Públicas)	285	0.31	39.00	13.2	5,332	198
Las Sendas	285	0.31	43.45	13.2	10,308	383
Malagana (San Antonio Del Monte)	285	0.31	38.96	13.2	23,816	884
Puerta De San German	285	0.31	37.50	13.2	23,460	871
Rivera Del Rio	285	0.31	38.57	13.2	9,953	370
San Alfonso	285	0.31	41.54	13.2	4,621	172
Santa Ana A.C.	285	0.31	39.26	13.2	33,413	1,241
Santa Rosa Plan De Ayala	285	0.31	39.18	13.2	93,486	3,472
Valle Del Sur	285	0.31	38.57	13.2	9,953	370
Villa Residencial Arbide	285	0.31	38.86	13.2	7,820	290

Colonia	Superficie iluminada promedio por luminaria	Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado	Distancia interpostal promedio	Iluminancia por luminaria	CONSUMO ENERGÍA	ILUMINANCIA
	(m ² /punto de luz)	(DPEA w/m ²)	(m)	(lux prom)	(kwh AL AÑO)	LUX AL AÑO
TOTALES /PROMEDIO	285.00	0.32	41.10	13.20	2,772,154	97,086

Fuente: Estimación con información de la Dirección General de Obra Pública del Municipio de León y NOM

De manera que en promedio el DPEA es de 0.32 w/m², superior al máximo establecido en la normatividad de 0.64 w/m², 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 General de Obra Pública 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 \$2,086,825.80 pesos con IVA en con tecnologías de bajo consumo (estimado en un prorrateo de \$244.59 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 \$35.25 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 \$744,827.59 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.

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.

Con la realización del proyecto disminuye de forma importante el consumo de energía y aumenta la iluminación ofrecida. 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 7,355 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 \$16.8 mdp. Esta situación implica que sólo por el costo de energía se estima un monto de \$11.2 mdp en las colonias en análisis y comunidades en análisis.

TABLA 37. COSTOS TOTALES DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO (EN PESOS SIN IVA)

CONCEPTO	TOTAL ANUAL	COSTOS POR PDL
COSTO ANUAL DE ENERGÍA	\$11,227,224.00	\$1,526
COSTOS ANUAL DE OP Y MTTTO	\$2,803,048.36	\$381
COSTO ANUAL DE EMISIONES CO2	\$2,778,109.38	\$378
COSTO TOTAL ANUAL	\$16,808,381.73	\$2,285
CONSUMO DE ENERGÍA (KWH/ AÑO)	2,772,154	377
ILUMINANCIA TOTAL (LUX)	97,086	13.20
EMISIONES DE CO2 (KG/AÑO)	1,460,925	199

Fuente: Estimación con datos de la Dirección General de Obra Pública del Municipio de León

Con las consideraciones presentadas, el costo de operación promedio por luminaria en la situación con proyecto se estima en \$1,907.58 pesos más IVA, presentando un ahorro del 52% en comparación a los **\$4,013.17** pesos de la situación sin proyecto.

Asimismo, el déficit de iluminancia total se reduce 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 13.2 lux/PDL, que mejora en comparación con los 9.9 lux/PDL de la situación sin proyecto.

De igual forma, la emisión de CO2 se reduce de 3,002,721 kg/año a 1,460,925 kg/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 inicial¹⁰. De manera que con el proyecto las pérdidas se ubican en 10%

¹⁰ Supuesto de evaluación, basado en

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/179572/161202_Informe_de_Labores_Proyecto_Nacional.pdf, 2019

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

AÑO	CONSUMO EE (kwh AL AÑO)	PÉRDIDAS DEL SISTEMA	COSTOS DE ENERGÍA	COSTOS ANUAL DE OP Y MTTO	COSTO ANUAL DE EMISIONES CO2	TOTAL COSTOS
2024	2,772,154	10.00%	\$11,227,224.00	\$2,803,048.36	\$2,778,109.38	\$16,808,381.73
2025	2,772,154	10.00%	\$11,227,224.00	\$2,803,048.36	\$2,778,109.38	\$16,808,381.73
2026	2,794,331	10.08%	\$11,317,041.79	\$2,803,048.36	\$2,800,334.25	\$16,920,424.40
2027	2,816,686	10.16%	\$11,407,578.12	\$2,803,048.36	\$2,822,736.93	\$17,033,363.41
2028	2,839,219	10.24%	\$11,498,838.75	\$2,803,048.36	\$2,845,318.82	\$17,147,205.93
2029	2,861,933	10.32%	\$11,590,829.46	\$2,803,048.36	\$2,868,081.37	\$17,261,959.19
2030	2,884,829	10.41%	\$11,683,556.09	\$2,803,048.36	\$2,891,026.02	\$17,377,630.48
2031	2,907,907	10.49%	\$11,777,024.54	\$2,803,048.36	\$2,914,154.23	\$17,494,227.13
2032	2,931,171	10.57%	\$11,871,240.74	\$2,803,048.36	\$2,937,467.47	\$17,611,756.56
2033	2,954,620	10.66%	\$11,966,210.66	\$2,803,048.36	\$2,960,967.21	\$17,730,226.23
2034	2,978,257	10.74%	\$12,061,940.35	\$2,803,048.36	\$2,984,654.94	\$17,849,643.65
2035	3,002,083	10.83%	\$12,158,435.87	\$2,803,048.36	\$3,008,532.18	\$17,970,016.42
2036	3,026,100	10.92%	\$12,255,703.36	\$2,803,048.36	\$3,032,600.44	\$18,091,352.16
2037	3,050,308	11.00%	\$12,353,748.99	\$2,803,048.36	\$3,056,861.24	\$18,213,658.59
2038	3,074,711	11.09%	\$12,452,578.98	\$2,803,048.36	\$3,081,316.13	\$18,336,943.47
2039	3,099,309	11.18%	\$12,552,199.61	\$2,803,048.36	\$3,105,966.66	\$18,461,214.63
2040	3,124,103	11.27%	\$12,652,617.21	\$2,803,048.36	\$3,130,814.40	\$18,586,479.96
2041	3,149,096	11.36%	\$12,753,838.15	\$2,803,048.36	\$3,155,860.91	\$18,712,747.42
2042	3,174,289	11.45%	\$12,855,868.85	\$2,803,048.36	\$3,181,107.80	\$18,840,025.01
2043	3,199,683	11.54%	\$12,958,715.80	\$2,803,048.36	\$3,206,556.66	\$18,968,320.82
2044	3,225,280	11.63%	\$13,062,385.53	\$2,803,048.36	\$3,232,209.12	\$19,097,643.00

Fuente: Estimación propia.

Con las condiciones presentadas, los costos de operación del sistema de alumbrado público en las 58 colonias y 22 comunidades en análisis incrementarían año con año en una tasa creciente conforme a la estimación de pérdidas que varía el 0.08% 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 39. ESTIMACIÓN DE LA DEPRECIACIÓN LUMINOSA E ILUMINANCIAS EN LA SITUACIÓN CON PROYECTO (LUX/PDL))

AÑO	SITUACIÓN CONPROYECTO		BALANCE O-D (lux / PDL)		
	LUX PROMEDIO	EFICIENCIA LUMINOSA VSAP	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	BALANCE LUX
2024	13.20	100.00%	13.20	13.20	0.00
2025	13.20	100.00%	13.20	13.20	0.00
2026	13.09	99.20%	13.09	13.20	-0.11
2027	12.98	98.30%	12.98	13.20	-0.22
2028	12.84	97.30%	12.84	13.20	-0.36
2029	12.70	96.20%	12.70	13.20	-0.50
2030	12.54	95.00%	12.54	13.20	-0.66
2031	12.36	93.60%	12.36	13.20	-0.84
2032	12.16	92.10%	12.16	13.20	-1.04
2033	11.92	90.30%	11.92	13.20	-1.28
2034	11.92	90.30%	11.92	13.20	-1.28
2035	11.92	90.30%	11.92	13.20	-1.28
2036	11.81	89.50%	11.81	13.20	-1.39
2037	11.70	88.60%	11.70	13.20	-1.50
2038	11.56	87.60%	11.56	13.20	-1.64
2039	11.42	86.50%	11.42	13.20	-1.78
2040	11.26	85.30%	11.26	13.20	-1.94
2041	11.09	84.05%	11.09	13.20	-2.11
2042	10.92	82.75%	10.92	13.20	-2.28
2043	10.74	81.40%	10.74	13.20	-2.46

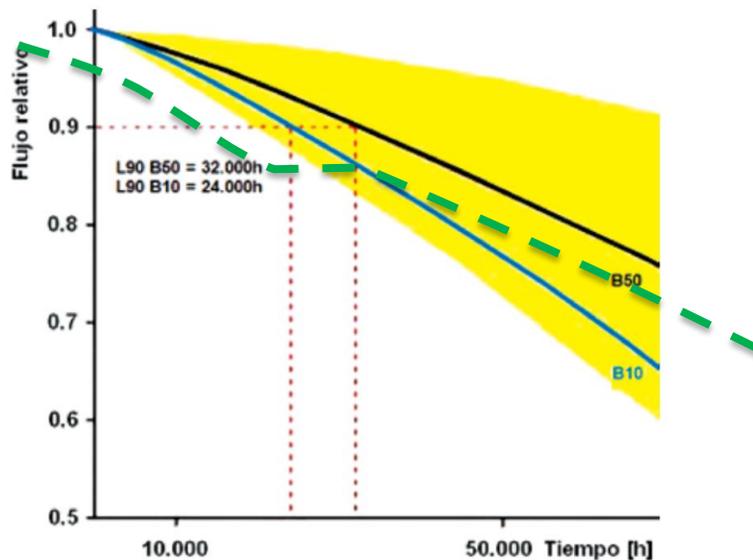
AÑO	SITUACIÓN CONPROYECTO		BALANCE O-D (lux / PDL)		
	LUX PROMEDIO	EFICIENCIA LUMINOSA VSAP	OFERTA LUX	DEMANDA LUX	BALANCE LUX
2044	10.56	80.00%	10.56	13.20	-2.64

Fuente: Estimación con datos de 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 10. DEPRECIACIÓN LUMINOSA DE LED



Fuente: 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.>>*

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 se ofrecerá a los usuarios, en términos de mejora de la iluminación en vialidades urbanas; ahorros en costos del consumo de energía eléctrica para el sistema de alumbrado público al implementar nueva tecnología.

En este sentido, se analizarán los beneficios que recibirá la sociedad con la ejecución 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, 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.

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

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.

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 40.- BENEFICIOS Y COSTOS

EFECTO	58 COLONIAS y 22 COMUNIDADES
BENEFICIOS	
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 considerados para cada uno de los tipos de proyectos enlistados, se presentan a continuación:

TABLA 41. RESUMEN DE COSTOS DEL PROYECTO (PRECIOS SOCIALES)

COSTOS	MONTO EN PESOS
Inversión (año 0)	\$86,206,803.91
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 7,355 PDL (puntos de luz), lo que representa un monto de \$99.99 mdp con IVA, que representa en términos sociales un **costo de \$86.2 mdp.**

TABLA 42. MONTO DE INVERSIÓN SOCIAL POR TIPO DE PROYECTO (PESOS DE 2023)

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PU	MONTO
Suministro e Instalación de Luminarias	SUMINISTRO Y COLOCACION DE LUMINARIO PARA VIALIDAD TIPO LED DE NO MAYOR A 80 WATTS 130 WATTS Y PUNTA POSTE, CON CARACTERÍSTICAS ACORDE A LA NORMATIVIDAD VIGENTE Y CON UNA GARANTÍA NO MENOR A 7 AÑOS	PZA	7,355.00	\$ 6,010.06	\$44,203,955.76
Suministro y colocación de brazos	SUMINISTRO Y COLOCACION DE BRAZO ALTO Y CORTO, DE FIERRO GALV.	PZA	2,975.00	\$ 672.41	\$2,000,421.95
Suministro y colocación de postes	SUMINISTRO Y COLOCACION DE POSTE CONICO CIRCULAR DE 9.00 MTS. y 8.00 MTS, Y POSTE DE CONCRETO DE 9 METROS	PZA	478.00	\$ 5,870.46	\$2,806,081.50

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PU	MONTO
Suministro y colocación de componentes eléctricos y estructurales	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE: ABRAZADERAS, OBS, 1BS Y 2BS, DE BRAZOS, DE CABLE PARA DISTRIBUCIÓN ÁREA, DE ESTRUCTURAS "IP3", "IR3", DE BAJANTES ATIERRA, DE EQUIPOS DE CONTROL Y MEDICIÓN, Y FLEJES, CONFORME A LA NORMATIVA APLICABLE	JGO	7,355.00	\$ 3,537.21	\$26,016,190.84
Detallado y acabados en obra para la instalación de postes subterráneos	DEMOLICIÓN DE BANQUETAS, EXCAVACIÓN A MANO, ACARREOS, INSTALACIÓN DE TEPETATE, BANQUETA DE CONCRETO	Lote	947.00	\$ 11,277.99	\$10,680,253.61
				SUB TOTAL	\$86,206,803.91
				IVA	\$13,793,088.63
				TOTAL	\$99,999,892.54

Fuente: Elaboración propia con base en datos del proyecto Ejecutivo

La inversión de cada una de las 58 colonias y 22 comunidades se presentan en el anexo G, hoja 3. INVxC.

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 \$2.8 mdp, sin IVA de acuerdo a información proporcionada por la Dirección General de Obra Pública del Municipio de León, lo que representa un **costo social de \$381.11 pesos por PDL**. De esta manera se realizó el cálculo para cada una de las colonias y comunidades en análisis que se presenta a continuación.

TABLA 43. COSTOS DE MANTENIMIENTO (PESOS SIN IVA)

ID	Colonia	COSTOS OP&MTTO
		\$/AÑO
ZCJ-1	Barretos	\$33,918.60
ZCJ-2	Capellanía De Loera	\$35,443.03
ZCJ-3	Guadalupe Victoria	\$20,960.93
ZCJ-4	La Arcina	\$28,964.20
ZCJ-5	La Sandía	\$38,491.89
ZCJ-6	Los Ramírez	\$52,211.78
ZCJ-7	Mayorazgo (solo vías públicas)	\$33,918.60
ZCJ-8	Providencia	\$23,628.69
ZCJ-9	San José Del Resplandor	\$20,579.82
ZCJ-10	San Juan De Abajo	\$164,638.60
ZCJ-11	Villas De San Isidro	\$7,622.16
ZCG-1	Cañada del refugio	\$214,563.73
ZCG-2	Condominio Los Cárcamos (Solo vías públicas)	\$11,433.24
ZCG-3	Ex Hacienda Arriba (Incluye Camino Que Conecta A Carr. A San Felipe)	\$11,814.34
ZCG-4	Hacienda Del Campestre	\$65,931.66
ZCG-5	Hacienda Del Carmen	\$7,622.16
ZCG-6	La Patiña	\$13,338.78
ZCG-7	Puerta Horizonte	\$8,003.27
ZCG-8	Real Del Campestre (Solo Vías Públicas)	\$3,429.97
ZCG-9	Residencias Del Moral II	\$14,100.99
ZCG-10	Rinconada De Echeveste	\$5,716.62
ZCG-11	Valle Del Moral	\$27,439.77
ZCG-12	Valle Jacarandas	\$8,765.48
ZCG-13	Villas Del Campestre	\$45,732.94
ZCO-1	Anturios	\$30,488.63
ZCO-2	Cayetana	\$9,908.80
ZCO-3	Cibeles	\$9,908.80
ZCO-4	La Toscana	\$6,859.94
ZCO-5	Los Naranjos (Club de Golf)	\$64,026.12
ZCO-6	Los Portones	\$4,954.40

ID	Colonia	COSTOS OP&MTTO
		\$/AÑO
ZCO-7	Maravillas III	\$3,429.97
ZCO-8	Oasis (Solo Acceso Principal)	\$11,052.13
ZCO-9	Punta Nogal Morelos	\$19,055.39
ZCO-10	Quinta Hilario Medina	\$5,716.62
ZCO-11	Quinta Los Naranjos	\$24,009.80
ZCO-12	Tres Cantos	\$34,680.82
ZDC-1	Brisas Del Campo	\$32,775.28
ZDC-2	Brisas Del Campo II	\$59,452.83
ZDC-3	Diosas Del Hogar	\$3,811.08
ZDC-4	El Carmen Y Camino Al Potrero	\$27,058.66
ZDC-5	El Dorado	\$110,902.39
ZDC-6	Héroes De León	\$72,029.39
ZDC-7	Industrial Santa Julia	\$2,286.65
ZDC-8	Jardines De Los Reyes	\$10,671.02
ZDC-9	La Laborcita	\$32,013.06
ZDC-10	La Vigatta	\$25,534.23
ZDC-11	Loza de los padres (Ampliación parte norte)	\$13,338.78
ZDC-12	Lucio Blanco	\$35,061.92
ZDC-13	Nuevo Valle De Moreno	\$37,729.68
ZDC-14	Paraíso Real	\$59,071.72
ZDC-15	Pedregal Del Gigante	\$41,540.76
ZDC-16	Pedregal San Carlos	\$9,527.70
ZDC-17	Piamonte	\$11,052.13
ZDC-18	Residencial San Ángel	\$42,302.97
ZDC-19	San Juan De Otates	\$57,166.18
ZDC-20	San Nicolás De Los González	\$19,436.50
ZDC-21	Sierra Nogal	\$117,762.33
ZDC-22	Soberna	\$52,592.89
ZDC-23	Terracota	\$5,716.62
ZLJ-1	Brisas Del Campestre	\$372,342.39
ZLJ-2	Cordillera	\$37,348.57
ZLJ-3	La Querencia	\$13,338.78
ZLJ-4	Villas De Palermo	\$48,400.70
ZSJB-1	Lomas De Arbide	\$18,293.18
ZSJB-2	Paseos De Andalucía	\$7,241.05

ID	Colonia	COSTOS OP&MTTO
		\$/AÑO
ZSJB-3	Paseos De La Cima Plus	\$7,622.16
ZSJB-4	Valle Antigua	\$36,967.46
ZSJB-5	Valle De Arbide	\$6,097.73
ZSJB-6	Villas De La Gloria	\$12,576.56
ZSJB-7	Villas La Gloria II	\$3,429.97
ZSM-01	Condominio Villas Jacaranda (Solo Las Vías Públicas)	\$5,716.62
ZSM-02	Las Sendas	\$11,052.13
ZSM-03	Malagana (San Antonio Del Monte)	\$25,534.23
ZSM-04	Puerta De San German	\$25,153.12
ZSM-05	Rivera Del Rio	\$10,671.02
ZSM-06	San Alfonso	\$4,954.40
ZSM-07	Santa Ana A.C.	\$35,824.14
ZSM-08	Santa Rosa Plan De Ayala	\$100,231.37
ZSM-09	Valle Del Sur	\$10,671.02
ZSM-10	Villa Residencial Arbide	\$8,384.37
	TOTALES /PROMEDIO	\$2,803,048.36

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Dirección General de Obra Pública del Municipio de León

COSTOS DE REINVERSIONES EN LED

La Dirección General de Obra Pública del Municipio de León estima que al año 10 de operación del proyecto se requiere reinvertir en un monto equivalente a \$3.29 mdp incluyendo IVA, para reemplazar las luminarias dañadas. El costo social de las reinversiones equivale a **\$448. 48 pesos por PDL.**

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

TABLA 44. REINVERSIONES DE LED (PESOS SIN IVA)

ID	PDL	INVERSION	MTTO MAYOR LED	REINVERSIONES LED
		\$/AÑO	AÑO 5 Y 15	AÑO 10
ZCJ-1	89	-\$1,023,790.11	-\$13,498.46	-\$39,914.81
ZCJ-2	93	-\$1,123,170.67	-\$14,105.13	-\$41,708.73
ZCJ-3	55	-\$658,333.26	-\$8,341.75	-\$24,666.45
ZCJ-4	76	-\$928,370.24	-\$11,526.78	-\$34,084.55
ZCJ-5	101	-\$1,216,031.37	-\$15,318.48	-\$45,296.58
ZCJ-6	137	-\$1,626,125.47	-\$20,778.53	-\$61,441.89
ZCJ-7	89	-\$1,044,824.01	-\$13,498.46	-\$39,914.81
ZCJ-8	62	-\$776,921.94	-\$9,403.42	-\$27,805.82
ZCJ-9	54	-\$669,580.38	-\$8,190.08	-\$24,217.97
ZCJ-10	432	-\$5,468,704.00	-\$65,520.62	-\$193,743.78
ZCJ-11	20	-\$236,914.64	-\$3,033.36	-\$8,969.62
ZCG-1	563	-\$7,810,058.07	-\$85,389.15	-\$252,494.79
ZCG-2	30	-\$367,077.70	-\$4,550.04	-\$13,454.43
ZCG-3	31	-\$395,467.63	-\$4,701.71	-\$13,902.91
ZCG-4	173	-\$1,900,996.99	-\$26,238.58	-\$77,587.21
ZCG-5	20	-\$220,441.13	-\$3,033.36	-\$8,969.62
ZCG-6	35	-\$422,452.97	-\$5,308.38	-\$15,696.83
ZCG-7	21	-\$248,256.94	-\$3,185.03	-\$9,418.10
ZCG-8	9	-\$123,172.95	-\$1,365.01	-\$4,036.33
ZCG-9	37	-\$443,148.23	-\$5,611.72	-\$16,593.80
ZCG-10	15	-\$155,558.66	-\$2,275.02	-\$6,727.21
ZCG-11	72	-\$858,441.56	-\$10,920.10	-\$32,290.63
ZCG-12	23	-\$268,042.87	-\$3,488.37	-\$10,315.06
ZCG-13	120	-\$1,249,461.67	-\$18,200.17	-\$53,817.72
ZCO-1	80	-\$878,019.89	-\$12,133.45	-\$35,878.48
ZCO-2	26	-\$271,453.25	-\$3,943.37	-\$11,660.51
ZCO-3	26	-\$271,453.25	-\$3,943.37	-\$11,660.51
ZCO-4	18	-\$198,850.83	-\$2,730.03	-\$8,072.66
ZCO-5	168	-\$1,732,821.21	-\$25,480.24	-\$75,344.80
ZCO-6	13	-\$161,172.27	-\$1,971.69	-\$5,830.25
ZCO-7	9	-\$128,715.66	-\$1,365.01	-\$4,036.33

ID	PDL	INVERSION	MTTO MAYOR LED	REINVERSIONES LED
		\$/AÑO	AÑO 5 Y 15	AÑO 10
ZCO-8	29	-\$297,566.10	-\$4,398.38	-\$13,005.95
ZCO-9	50	-\$556,924.87	-\$7,583.41	-\$22,424.05
ZCO-10	15	-\$155,558.66	-\$2,275.02	-\$6,727.21
ZCO-11	63	-\$807,264.37	-\$9,555.09	-\$28,254.30
ZCO-12	91	-\$986,173.87	-\$13,801.80	-\$40,811.77
ZDC-1	86	-\$1,012,823.19	-\$13,043.46	-\$38,569.36
ZDC-2	156	-\$1,846,131.61	-\$23,660.23	-\$69,963.03
ZDC-3	10	-\$123,514.79	-\$1,516.68	-\$4,484.81
ZDC-4	71	-\$866,070.90	-\$10,768.44	-\$31,842.15
ZDC-5	291	-\$3,123,480.70	-\$44,135.42	-\$130,507.96
ZDC-6	189	-\$1,954,874.42	-\$28,665.27	-\$84,762.90
ZDC-7	6	-\$91,540.10	-\$910.01	-\$2,690.89
ZDC-8	28	-\$288,742.67	-\$4,246.71	-\$12,557.47
ZDC-9	84	-\$1,014,713.43	-\$12,740.12	-\$37,672.40
ZDC-10	67	-\$689,213.78	-\$10,161.76	-\$30,048.23
ZDC-11	35	-\$429,545.96	-\$5,308.38	-\$15,696.83
ZDC-12	92	-\$1,221,913.77	-\$13,953.47	-\$41,260.25
ZDC-13	99	-\$1,155,272.94	-\$15,015.14	-\$44,399.62
ZDC-14	155	-\$1,837,787.10	-\$23,508.56	-\$69,514.55
ZDC-15	109	-\$1,126,676.50	-\$16,531.82	-\$48,884.43
ZDC-16	25	-\$261,296.11	-\$3,791.70	-\$11,212.02
ZDC-17	29	-\$365,729.09	-\$4,398.38	-\$13,005.95
ZDC-18	111	-\$1,474,080.91	-\$16,835.16	-\$49,781.39
ZDC-19	150	-\$1,977,321.48	-\$22,750.22	-\$67,272.15
ZDC-20	51	-\$629,640.74	-\$7,735.07	-\$22,872.53
ZDC-21	309	-\$3,300,897.99	-\$46,865.45	-\$138,580.62
ZDC-22	138	-\$1,481,417.58	-\$20,930.20	-\$61,890.37
ZDC-23	15	-\$177,350.33	-\$2,275.02	-\$6,727.21
ZLJ-1	977	- \$11,374,123.18	-\$148,179.75	-\$438,165.91
ZLJ-2	98	-\$1,292,166.83	-\$14,863.47	-\$43,951.14
ZLJ-3	35	-\$368,445.30	-\$5,308.38	-\$15,696.83
ZLJ-4	127	-\$1,312,692.07	-\$19,261.85	-\$56,957.08
ZSJB-1	48	-\$562,038.27	-\$7,280.07	-\$21,527.09
ZSJB-2	19	-\$207,638.32	-\$2,881.69	-\$8,521.14

ID	PDL	INVERSION	MTTO MAYOR LED	REINVERSIONES LED
		\$/AÑO	AÑO 5 Y 15	AÑO 10
ZSJB-3	20	-\$216,724.78	-\$3,033.36	-\$8,969.62
ZSJB-4	97	-\$1,019,265.35	-\$14,711.81	-\$43,502.65
ZSJB-5	16	-\$199,288.71	-\$2,426.69	-\$7,175.70
ZSJB-6	33	-\$377,448.61	-\$5,005.05	-\$14,799.87
ZSJB-7	9	-\$118,750.76	-\$1,365.01	-\$4,036.33
ZSM-01	15	-\$190,041.78	-\$2,275.02	-\$6,727.21
ZSM-02	29	-\$297,566.10	-\$4,398.38	-\$13,005.95
ZSM-03	67	-\$773,091.29	-\$10,161.76	-\$30,048.23
ZSM-04	66	-\$779,491.79	-\$10,010.10	-\$29,599.74
ZSM-05	28	-\$324,631.22	-\$4,246.71	-\$12,557.47
ZSM-06	13	-\$137,341.57	-\$1,971.69	-\$5,830.25
ZSM-07	94	-\$1,060,541.40	-\$14,256.80	-\$42,157.21
ZSM-08	263	-\$2,881,947.77	-\$39,888.71	-\$117,950.50
ZSM-09	28	-\$324,631.22	-\$4,246.71	-\$12,557.47
ZSM-10	22	-\$257,583.79	-\$3,336.70	-\$9,866.58
TOTAL	7,355	-\$86,206,803.91	\$1,115,518.97	-\$3,298,577.59

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Dirección General de Obra Pública 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 45. 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)	\$15,858,117.78
Mayor consumo de iluminación (anual)	\$7,315,004.46
Liberación de recursos por luminarias LED nuevas (año 20)	\$1,724,136.08
Liberación de recursos por luminarias actuales VSAP (año 1)	\$366,626.89
Reinversiones requeridas en la situación sin proyecto para VSAP (año 3, 4, 11 y 13)	\$18,331,344.55
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 beneficios se consideran las disminuciones de 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 kwh¹¹, por lo que al año se estarían evitando 1,541,796 kg de CO2 (**3,002,721 kg** en la situación sin proyecto y 1,460,925 kg en la situación con proyecto); éste beneficio se valora con el precio de bonos de carbono estimado en 97.12 euros/ton¹² y un valor de conversión del Euro de 19.58 \$/MX, por lo que se estaría generando un valor adquirido de **\$2.9 mdp al año**.

La cuantificación de los costos de operación y mantenimiento por colonia se presentan en la siguiente tabla:

¹¹ https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442910/Aviso_Factor_de_Emisiones_2018.pdf

¹² <https://mx.investing.com/commodities/carbon-emissions-historical-data>, FEBRERO 2023

TABLA 46. AHORRO EN COSTOS AL 2023 (PESOS SIN IVA)

ID	AHORRO DE COSTOS
	\$/AÑO
ZCJ-1	\$180,722.16
ZCJ-2	\$191,467.38
ZCJ-3	\$113,704.03
ZCJ-4	\$140,936.92
ZCJ-5	\$159,462.00
ZCJ-6	\$280,485.31
ZCJ-7	\$124,597.69
ZCJ-8	\$73,398.88
ZCJ-9	\$111,017.73
ZCJ-10	\$855,965.82
ZCJ-11	\$39,136.35
ZCG-1	\$1,512,390.34
ZCG-2	\$61,136.15
ZCG-3	\$63,822.46
ZCG-4	\$440,414.67
ZCG-5	\$19,683.32
ZCG-6	\$69,704.43
ZCG-7	\$41,822.66
ZCG-8	\$19,313.50
ZCG-9	\$75,077.04
ZCG-10	\$35,431.33
ZCG-11	\$149,644.72
ZCG-12	\$47,195.27
ZCG-13	\$293,177.19
ZCO-1	\$167,765.06
ZCO-2	\$64,980.70
ZCO-3	\$64,980.70
ZCO-4	\$43,490.25
ZCO-5	\$412,393.37
ZCO-6	\$25,195.46
ZCO-7	\$15,946.29

AHORRO DE COSTOS	
ID	\$/AÑO
ZCO-8	\$73,039.62
ZCO-9	\$113,364.77
ZCO-10	\$35,431.33
ZCO-11	\$169,237.28
ZCO-12	\$207,042.39
ZDC-1	\$177,526.49
ZDC-2	\$321,798.61
ZDC-3	\$21,251.05
ZDC-4	\$91,214.87
ZDC-5	\$657,883.02
ZDC-6	\$463,942.54
ZDC-7	\$11,254.58
ZDC-8	\$70,353.31
ZDC-9	\$104,068.28
ZDC-10	\$165,392.74
ZDC-11	\$69,704.43
ZDC-12	\$188,781.07
ZDC-13	\$8,191.67
ZDC-14	\$319,112.30
ZDC-15	\$262,879.07
ZDC-16	\$62,294.40
ZDC-17	\$77,902.88
ZDC-18	\$298,179.98
ZDC-19	\$301,191.16
ZDC-20	\$102,958.81
ZDC-21	\$690,149.25
ZDC-22	\$310,103.44
ZDC-23	\$40,294.59
ZLJ-1	\$2,161,738.13
ZLJ-2	\$138,672.82
ZLJ-3	\$84,294.20
ZLJ-4	\$311,981.33
ZSJB-1	\$99,763.15
ZSJB-2	\$46,176.56
ZSJB-3	\$48,862.86

ID	AHORRO DE COSTOS
	\$/AÑO
ZSJB-4	\$236,255.41
ZSJB-5	\$33,254.38
ZSJB-6	\$78,921.59
ZSJB-7	\$24,176.75
ZSM-01	\$30,568.08
ZSM-02	\$73,039.62
ZSM-03	\$136,213.19
ZSM-04	\$123,800.37
ZSM-05	\$55,763.54
ZSM-06	\$30,058.72
ZSM-07	\$194,153.69
ZSM-08	\$541,147.76
ZSM-09	\$55,763.54
ZSM-10	\$44,508.96
TOTAL	\$15,858,117.78

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Dirección General de Obra Pública del Municipio de León

En total, para el primer año de operación del proyecto, el año 2024, los ahorros representan **\$15.8 mdp**, incluyendo costos de energía, operación, mantenimiento y emisiones de CO2. 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.

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.

Los beneficios por mayor consumo se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 47. BENEFICIO POR MAYOR CONSUMO DE ILUMINACIÓN EN 2023 (PESOS SIN IVA)

ID	MAYOR CONSUMO ILUM
	\$/AÑO
ZCJ-1	\$97,390.60
ZCJ-2	\$100,507.10
ZCJ-3	\$59,213.49
ZCJ-4	\$89,599.36
ZCJ-5	\$132,451.22
ZCJ-6	\$148,812.84
ZCJ-7	\$87,376.31
ZCJ-8	\$86,860.19
ZCJ-9	\$58,434.36
ZCJ-10	\$470,266.63
ZCJ-11	\$22,594.62
ZCG-1	\$438,647.28
ZCG-2	\$32,723.24
ZCG-3	\$33,502.37
ZCG-4	\$146,475.47
ZCG-5	\$31,944.12
ZCG-6	\$38,956.24
ZCG-7	\$23,373.74
ZCG-8	\$9,349.50
ZCG-9	\$40,514.49
ZCG-10	\$14,024.25
ZCG-11	\$77,133.36
ZCG-12	\$24,931.99
ZCG-13	\$107,519.23
ZCO-1	\$72,970.68
ZCO-2	\$22,594.62
ZCO-3	\$22,594.62
ZCO-4	\$16,361.62
ZCO-5	\$149,591.97
ZCO-6	\$14,803.37
ZCO-7	\$9,799.38
ZCO-8	\$24,931.99
ZCO-9	\$44,890.66

ID	MAYOR CONSUMO ILUM
	\$/AÑO
ZCO-10	\$14,024.25
ZCO-11	\$49,084.86
ZCO-12	\$82,286.68
ZDC-1	\$92,715.85
ZDC-2	\$168,290.96
ZDC-3	\$8,353.60
ZDC-4	\$93,053.16
ZDC-5	\$263,998.54
ZDC-6	\$168,290.96
ZDC-7	\$7,012.12
ZDC-8	\$24,152.87
ZDC-9	\$123,880.85
ZDC-10	\$59,213.49
ZDC-11	\$38,956.24
ZDC-12	\$99,727.98
ZDC-13	\$201,014.21
ZDC-14	\$167,511.84
ZDC-15	\$97,251.22
ZDC-16	\$21,815.50
ZDC-17	\$22,594.62
ZDC-18	\$86,482.86
ZDC-19	\$164,246.05
ZDC-20	\$56,096.99
ZDC-21	\$281,649.29
ZDC-22	\$125,103.40
ZDC-23	\$11,686.87
ZLJ-1	\$890,486.47
ZLJ-2	\$95,400.67
ZLJ-3	\$31,944.12
ZLJ-4	\$112,973.10
ZSJB-1	\$51,422.24
ZSJB-2	\$17,140.75
ZSJB-3	\$17,919.87
ZSJB-4	\$87,261.98
ZSJB-5	\$17,140.75

ID	MAYOR CONSUMO ILUM
	\$/AÑO
ZSJB-6	\$30,385.87
ZSJB-7	\$7,012.12
ZSM-01	\$16,361.62
ZSM-02	\$24,931.99
ZSM-03	\$73,237.73
ZSM-04	\$77,133.36
ZSM-05	\$31,164.99
ZSM-06	\$12,466.00
ZSM-07	\$101,286.23
ZSM-08	\$284,380.56
ZSM-09	\$31,164.99
ZSM-10	\$24,152.87
TOTAL	\$7,315,004.46

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Dirección General de Obra Pública 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 7,355 PDL tendrán un costo de recuperación de \$1.72 mdp sin IVA.

LIBERACIÓN DE LUMINARIAS ACTUALES

Los 6,717 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 se encuentran en estado regular.

El valor de la luminaria de vapor de sodio como producto nuevo se estima en \$5,458.19 por PDL más IVA (COSTOS PARAMÉTRICOS POR OBRA Y CONCEPTOS FUNCIONALES 2018 de la SHCP, sólo luminario sin poste, actualizados con inflación). Con estas consideraciones se estima un beneficio de \$366 mil pesos al año 1.

AHORRO DE REINVERSIONES EN VSAP

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

- 6,717 PDL se consideran en estado regular, con una vida remanente de máximo 3 años, por lo que deberán ser reemplazadas al año 3 y 4, y nuevamente al año 12 y 13.
- El valor de la luminaria de vapor de sodio como producto nuevo se estima en \$5,458.19 pesos por PDL más IVA (COSTOS PARAMÉTRICOS POR OBRA Y CONCEPTOS FUNCIONALES 2018 de la SHCP, sólo luminario sin poste actualizado con la inflación).

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 \$18.3. Mdp**, en un año de reinversión

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

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

TABLA 48. INDICADORES DE RENTABILIDAD (PESOS DE 2023)

Indicador	TOTAL
Valor Presente Neto (VPN) en pesos	129,996,480
Tasa interna de retorno (TIR)	29.26%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	27.31% Momento óptimo 2023

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 27.31% y la TIR del 29.26%, son superiores al costo de oportunidad lo que indica que el Proyecto es rentable.

Atendiendo al principio de separabilidad, se presenta la rentabilidad de cada de las colonias y comunidades en análisis, en la tabla siguiente se puede observar que cada una de las 58 colonias y 22 comunidades son rentables, con un VPN superior a “cero pesos”.

TABLA 49. INDICADORES DE RENTABILIDAD POR ZONA DE ANÁLISIS (PESOS DE 2023)

ID	VPN	TIR	TRI
	PESOS	% ANUAL	% ANUAL
ZCJ-1	\$1,551,461.44	29.40%	27.58%
ZCJ-2	\$1,582,869.26	28.12%	26.39%
ZCJ-3	\$944,666.82	28.42%	26.66%
ZCJ-4	\$1,194,890.63	26.71%	25.20%

ID	VPN	TIR	TRI
	PESOS	% ANUAL	% ANUAL
ZCJ-5	\$1,447,615.68	25.62%	24.36%
ZCJ-6	\$2,351,202.04	28.56%	26.80%
ZCJ-7	\$973,222.32	22.43%	20.74%
ZCJ-8	\$681,060.32	21.83%	20.96%
ZCJ-9	\$900,829.91	27.35%	25.69%
ZCJ-10	\$6,832,060.07	26.21%	24.63%
ZCJ-11	\$333,439.39	28.13%	26.45%
ZCG-1	\$10,580,040.46	27.29%	25.37%
ZCG-2	\$502,290.64	27.63%	25.96%
ZCG-3	\$506,608.34	26.58%	24.98%
ZCG-4	\$3,610,448.84	33.73%	31.36%
ZCG-5	\$239,444.00	24.54%	23.74%
ZCG-6	\$582,591.17	27.78%	26.11%
ZCG-7	\$354,754.04	28.38%	26.66%
ZCG-8	\$143,197.34	25.12%	23.63%
ZCG-9	\$627,203.90	28.20%	26.48%
ZCG-10	\$306,647.31	34.65%	32.28%
ZCG-11	\$1,244,538.42	28.60%	26.82%
ZCG-12	\$400,273.40	29.13%	27.32%
ZCG-13	\$2,503,410.89	34.99%	32.57%
ZCO-1	\$1,389,393.65	30.14%	27.90%
ZCO-2	\$549,952.82	35.23%	32.76%
ZCO-3	\$549,952.82	35.23%	32.76%
ZCO-4	\$361,353.54	32.83%	30.57%
ZCO-5	\$3,532,193.55	35.39%	32.94%
ZCO-6	\$208,198.94	26.74%	25.19%
ZCO-7	\$111,135.51	21.51%	20.34%
ZCO-8	\$621,787.30	35.96%	33.44%
ZCO-9	\$930,321.86	31.13%	28.89%
ZCO-10	\$306,647.31	34.65%	32.28%
ZCO-11	\$1,250,399.21	29.59%	27.47%
ZCO-12	\$1,730,645.07	32.13%	29.82%
ZDC-1	\$1,492,131.04	28.88%	27.09%
ZDC-2	\$2,696,481.41	28.73%	26.95%
ZDC-3	\$157,367.62	26.44%	24.41%

ID	VPN	TIR	TRI
	PESOS	% ANUAL	% ANUAL
ZDC-4	\$825,086.58	22.75%	21.64%
ZDC-5	\$5,533,031.07	32.32%	30.00%
ZDC-6	\$3,968,283.38	35.29%	32.84%
ZDC-7	\$76,866.45	21.20%	20.25%
ZDC-8	\$597,961.27	35.74%	33.24%
ZDC-9	\$1,038,530.20	23.67%	22.78%
ZDC-10	\$1,415,776.84	35.57%	33.10%
ZDC-11	\$575,519.27	27.31%	25.68%
ZDC-12	\$1,451,796.48	25.45%	23.97%
ZDC-13	\$614,797.54	17.64%	18.33%
ZDC-14	\$2,672,177.88	28.66%	26.88%
ZDC-15	\$2,249,478.94	34.91%	32.47%
ZDC-16	\$527,456.53	35.14%	32.69%
ZDC-17	\$581,431.94	30.07%	27.91%
ZDC-18	\$2,151,480.21	28.53%	26.51%
ZDC-19	\$2,334,799.94	25.38%	23.90%
ZDC-20	\$842,781.11	27.28%	25.64%
ZDC-21	\$5,825,628.14	32.25%	29.93%
ZDC-22	\$2,606,614.41	32.19%	29.86%
ZDC-23	\$312,525.41	32.09%	29.77%
ZLJ-1	\$17,305,858.84	29.39%	27.28%
ZLJ-2	\$937,933.11	19.83%	18.52%
ZLJ-3	\$719,253.23	34.40%	32.04%
ZLJ-4	\$2,668,731.10	35.33%	32.88%
ZSJB-1	\$839,917.89	29.13%	27.31%
ZSJB-2	\$385,215.41	33.26%	30.97%
ZSJB-3	\$408,779.20	33.62%	31.29%
ZSJB-4	\$2,010,193.49	34.63%	32.23%
ZSJB-5	\$268,065.52	27.34%	25.67%
ZSJB-6	\$645,030.22	31.56%	29.41%
ZSJB-7	\$175,211.37	28.72%	26.68%
ZSM-01	\$244,661.73	26.66%	25.07%
ZSM-02	\$621,787.30	35.96%	33.44%
ZSM-03	\$1,166,518.78	29.32%	27.50%
ZSM-04	\$1,072,304.11	27.78%	26.16%

ID	VPN	TIR	TRI
	PESOS	% ANUAL	% ANUAL
ZSM-05	\$479,364.46	28.95%	27.18%
ZSM-06	\$259,563.78	33.72%	31.44%
ZSM-07	\$1,677,935.58	30.18%	28.28%
ZSM-08	\$4,767,960.79	31.04%	29.08%
ZSM-09	\$479,364.46	28.95%	27.18%
ZSM-10	\$378,078.15	28.83%	27.06%
TOTAL	\$129,996,480.45	29.26%	27.31%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Dirección General de Obra Pública 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 50. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

VARIABLE	VARIACIÓN RESPECTO A SU VALOR ORIGINAL	IMPACTO SOBRE EL INDICADOR DE RENTABILIDAD
Monto de inversión	Incremento del 58%	VPN = \$0.00
Tarifa de energía eléctrica	Decremento del 80%	VPN = \$0.00
Ahorro de Costos de op & mtto	Decremento de 15.8 a 1.3 mdp	VPN = \$0.00
Mantenimiento mayor de LED	Incremento del 136%	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 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, este valor se traduce en un incremento del 58% de la inversión.

TABLA 51. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AL MONTO DE INVERSIÓN

INVERSIÓN	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
\$86,206,804	1.00	\$129,996,480	29.26%	27.31%	80
\$120,689,525.47	1.40	\$47,237,949	13.93%	13.93%	80
\$112,068,845	1.30	\$70,513,786	16.64%	16.16%	80
\$103,448,165	1.20	\$92,065,487	19.93%	18.96%	80
\$94,827,484	1.10	\$111,893,052	24.02%	22.57%	80
\$86,206,803.91	1.00	\$129,996,480	29.26%	27.31%	80
\$77,586,124	0.90	\$146,375,773	36.17%	33.71%	80
\$68,965,443	0.80	\$161,030,930	45.66%	42.67%	80
\$60,344,763	0.70	\$173,961,950	59.24%	55.73%	80
\$51,724,082	0.60	\$185,168,835	79.76%	75.85%	80

INVERSIÓN	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
\$86,206,804	1.00	\$129,996,480	29.26%	27.31%	80
\$136,521,771.67	1.584	\$0	10.00%	10.89%	79

Fuentes: Elaboración propia

Como se sabe, el proyecto está integrado por 53 colonias y 22 comunidades 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.

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 52. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL LA TARIFA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

TARIFA DE CFE	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
\$4.050	1.00	\$129,996,480	29.26%	27.31%	80
\$5.670	1.40	\$195,023,339	38.09%	36.08%	80
\$5.265	1.30	\$178,766,625	35.90%	33.89%	80
\$4.860	1.20	\$162,509,910	33.70%	31.69%	80
\$4.455	1.10	\$146,253,195	31.48%	29.50%	80
\$4.050	1.00	\$129,996,480	29.26%	27.31%	80
\$3.645	0.90	\$113,739,766	27.01%	25.11%	80
\$3.240	0.80	\$97,483,051	24.75%	22.92%	80
\$2.835	0.70	\$81,226,336	22.45%	20.72%	80
\$2.430	0.60	\$64,969,622	20.12%	18.53%	79
\$0.811	0.20	\$0	10.00%	9.76%	36

Fuentes: Elaboración propia

Se puede observar que para que el proyecto tenga un VPN=0, la tarifa de energía eléctrica debe reducirse a \$0.811, implicando que en suma la inversión en 36 colonias no sería

rentable. Se observa que esta variable es sensible, pues los indicadores de rentabilidad presentan cambios ante el cambio en esta variable.

TABLA 53. ANÁLISIS DEL AHORRO DE COSTOS

BENEFICIO AÑO 1	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
\$15,858,118	1.00	\$129,996,480	29.26%	27.31%	80
\$22,201,364.89	1.40	\$186,726,706	36.79%	34.66%	80
\$20,615,553.11	1.30	\$172,544,150	34.93%	32.82%	80
\$19,029,741.33	1.20	\$158,361,593	33.05%	30.99%	80
\$17,443,929.56	1.10	\$144,179,037	31.16%	29.15%	80
\$15,858,117.78	1.00	\$129,996,480	29.26%	27.31%	80
\$14,272,306.00	0.90	\$115,813,924	27.34%	25.47%	80
\$12,686,494.22	0.80	\$101,631,368	25.40%	23.63%	80
\$11,100,682.44	0.70	\$87,448,811	23.43%	21.79%	80
\$9,514,870.67	0.60	\$73,266,255	21.43%	19.95%	80
\$1,322,660.04	0.08	\$0	10.00%	10.44%	58

Fuentes: Elaboración propia

Se puede observar que para que el proyecto tenga un VPN=0, los ahorros deberán de reducir a 1.32 mdp, lo que significa que el proyecto no es sensible a estas variaciones.

TABLA 54. ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO MAYOR DE LED DEL PROYECTO

MTTO MAYOR	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
\$1,115,518.966	1.00	\$129,996,480	29.26%	27.31%	80
\$1,561,726.552	1.40	\$129,612,602	29.21%	27.31%	80
\$1,450,174.655	1.30	\$129,708,572	29.22%	27.31%	80
\$1,338,622.759	1.20	\$129,804,541	29.23%	27.31%	80

MTTO MAYOR	VARIACIÓN	VPN	TIR	TRI	ZONAS NO RENTABLES
\$1,115,518.966	1.00	\$129,996,480	29.26%	27.31%	80
\$1,227,070.862	1.10	\$129,900,511	29.25%	27.31%	80
\$1,115,518.97	1.00	\$129,996,480	29.26%	27.31%	80
\$1,003,967.069	0.90	\$129,996,480	29.26%	27.31%	80
\$892,415.172	0.80	\$130,188,420	29.28%	27.31%	80
\$780,863.276	0.70	\$130,284,389	29.29%	27.31%	80
\$669,311.379	0.60	\$130,380,359	29.30%	27.31%	80
\$152,219,157	136.46	\$0	10.00%	27.31%	36

Fuentes: Elaboración propia

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

De las variables analizadas, se identifica que cambios en las variables de tarifa de energía eléctrica y el monto de inversión tienen impacto en el proyecto por lo que es importante monitorear el consumo de energía de las luminarias a través de un programa de mantenimiento predictivo y preventivo y tener un seguimiento puntual en la etapa de ejecución del proyecto.

e) Análisis de riesgos

TABLA 55. 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 La “Ampliación del Sistema de Alumbrado Público con Tecnología LED en Colonias y Comunidades de las Delegaciones de León, Gto. 2da etapa.” es socioeconómicamente rentable con un Valor Presente Neto de \$129.9 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 29.26%, superior a la tasa social de descuento del 10%. Y la TRI se estima en 27.31%, lo que indica que el momento óptimo de inversión es en el año 2023, 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
- Mayor 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 (intangible)
- Mejora de imagen urbana por mejor iluminación (intangible)

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.inegi.org.mx/.](http://www.inegi.org.mx/)
- <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, 2019.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM013ENER2013, Eficiencia Energética Para Sistemas De Alumbrado En Vialidades.
- Plan Nacional de Desarrollo: 2019-2024
- Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana, 1trim 2019, Inegi.

Responsables de la Información

Ramo: Ramo 33

Entidad: León Guanajuato

Área Responsable: Dirección General de Obra Pública del Municipio de León

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

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha
Arq. José Solís Anguiano	Subdirector General de Ejecución de Obra y Mantenimiento		Febrero 2023

Versión	Fecha
Versión Final	Febrero 2023

*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.