

**UNIVERSIDAD EAN**

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN**

**ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE PROYECTOS  
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA EN PROCESOS DE CALIDAD E INNOVACIÓN**

**ESTUDIO PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD DE LA SUSTITUCIÓN DE  
LUMINARIAS SODIO Y OTRAS TECNOLOGÍAS POR LUMINARIAS TECNOLOGÍA  
LED PARA EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE  
ANSERMA CALDAS**

**AUTORES**

**JUAN C. BARBOSA T.  
JUAN D. MARULANDA A.  
JACKELIN NIÑO CHACON  
JOHN F. RODRIGUEZ A.**

**TUTOR**

**MAGLE VIRGINIA SANCHEZ**

**GUÍA 3.**

**ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**BOGOTÁ, D.C. 30 DE MAYO DE 2021**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	3
1. Resumen.....	5
1.1 Palabras Claves.....	5
2. Abstract.....	6
2.1 Keywords.....	6
3. Problema de Investigación.....	7
3.1 Pregunta de Investigación.....	8
4. Objetivo General.....	13
4.1 Objetivos Específicos.....	13
5. Justificación.....	14
6. Marco Teórico.....	15
7. Marco Institucional.....	20
8. Enfoque, diseño de la investigación y alcance o tipo de estudio.....	21
9. Definición de Variables.....	24
9.1 Definición Conceptual.....	25
9.2 Definición operacional.....	26
9.3 Solicitud de información directa.....	26
9.4 Resultados recopilación de la información.....	27
10. Análisis Información Sistema de Alumbrado Público - SALP.....	27
10.1 Estado actual de la prestación del servicio de alumbrado público.....	28
10.2 Inventario físico del SALP y su estado actual.....	31
10.3 Estimación eficiencia energética lograda por el cambio de tecnología....	33
10.4 Resultados de ahorros de energía por el cambio de tecnología.....	36
10.5 Costo por el suministro de energía eléctrica destinada al servicio de alumbrado público:.....	40
10.6 Aplicación del método:.....	41
10.7 Aspectos ambientales:.....	43
11. Expansión del Sistema de Alumbrado Público.....	45
11.1 Programa expansión y modernización del alumbrado público del municipio	45
11.2 Calculo consumo de energía incluida modernización y expansión.....	46

11.3	Costos prestación del servicio de alumbrado público CSE-CAOM-CINV.	47
11.4	Costos estimados modernización SALP.	48
11.5	Remuneración Actividad Inversión del SALP.	49
11.6	Costo máximo actividad administración, operación y mantenimiento SALP	52
11.7	Costo Estimado Suministro de Energía del SALP.	55
12.	Proyección de la información del informe final.	57
	Conclusiones	61
	Recomendaciones	63
	Referencias	66
	Anexos	69

### ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1.	Marco normativo prestación servicio de alumbrado público en Colombia	17
Tabla 2.	Marco normativo aspectos ambientales alumbrado público Colombia	18
Tabla 3.	Consumo de energía alumbrado público actual	33
Tabla 4.	Total, luminarias y consumo de energía proyectado mes 2021	36
Tabla 5	Estimado consumo de energía SALP Anserma Caldas tecnologías convencionales	37
Tabla 6.	Cálculo del margen combinado. Cálculo del Factor de Emisión de CO2 del SIN	44
Tabla 7.	Reducción emisiones CO2 2021-2035	44
Tabla 8.	Costos modernización SALP Anserma Caldas	45
Tabla 9.	Proyección consumo de energía SALP modernizado	46
Tabla 10.	Costos estimados modernización SALP Anserma	48
Tabla 11.	Remuneración CINV	52
Tabla 12.	Estimación VCEE	54

Tabla 13. Consumo de energía kWh mes modernizado .....	56
Tabla 14. Tarifas Operador de Red.....	57

### ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estado actual infraestructura del SALP. Carrera 5 .....	29
Ilustración 2. Sectores con deficiencia iluminación municipio. Variante .....	30
Ilustración 3. Sectores con bajos niveles de iluminación y encendidas fuera de horario	30
Ilustración 4. Composición de luminarias de alumbrado público municipio de Anserma Caldas.....	32
Ilustración 5. Comparativo alumbrado público tecnologías convencionales y LED.....	40
Ilustración 6. Reducción de emisiones de CO2 .....	43

## 1. Resumen

La investigación tiene como objetivo realizar un estudio que permita determinar la viabilidad de la sustitución de luminarias de sodio y otras tecnologías por luminarias de tecnología LED en el sistema de alumbrado público del municipio de Anserma, Caldas (Colombia), dando a conocer criterios y resultados relacionados con la eficiencia energética y reducción emisiones de CO<sub>2</sub>. Las actividades necesarias para la prestación del servicio como lo son el suministro, administración, operación, mantenimiento, expansión y modernización de los servicios de energía eléctrica.

La indagación documental de antecedentes, otros estudios, avances y experiencias exitosas, que permitan ilustrar y realizar procesos comparativos entre las tecnologías de iluminación convencionales y las LED. Si la sustitución de luminarias del alumbrado público es viable en el municipio se brindarán aportes en temas relacionados con el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del municipio, la gestión de la administración pública en aspectos ambientales, financieros, de desarrollo urbano y rural, generación de condiciones de seguridad, equidad y desarrollo de programas turísticos.

Uno de los factores de mayor impacto será la reducción en el consumo de energía eléctrica y a su vez la reducción de los niveles de emisiones de CO<sub>2</sub>, generando un impacto ambiental positivo para el municipio, el país y el planeta, contemplando que la vida útil del proyecto a partir de su implementación se estima a 15 años.

### 1.1 Palabras Claves

Desarrollo sostenible, dióxido de carbono, economía ambiental, energías alternativas, energía eléctrica, impacto ambiental, tecnología LED.

## 2. Abstract

The objective of the research is to carry out a study to determine the feasibility of replacing sodium luminaires and other technologies with LED technology luminaires in the public lighting system of the municipality of Anserma, Caldas (Colombia), revealing criteria and results related to energy efficiency and reduction of CO<sub>2</sub> emissions. The activities necessary for the provision of the service such as the supply, administration, operation, maintenance, expansion and modernization of electric power services

The documentary investigation of antecedents, other studies, advances and successful experiences, which allow to illustrate and carry out comparative processes between conventional lighting technologies and LEDs. If the replacement of street lighting luminaires is feasible in the municipality, contributions will be provided on issues related to improving the quality of life of the inhabitants of the municipality, the management of public administration in environmental, financial, urban and rural development aspects, generation of conditions of security, equity and development of tourism programs.

One of the factors with the greatest impact will be the reduction in the consumption of electrical energy and in turn the reduction of the levels of CO<sub>2</sub> emissions, generating a positive environmental impact for the municipality, the country and the planet, considering that the useful life of the project from its implementation is estimated to 15 years.

### 2.1 Keywords

Sustainable development, carbon dioxide, environmental economy, alternative energies, electric energy, environmental impact, led technology.

### 3. Problema de Investigación

Los retos actuales de la prestación del servicio de alumbrado público están asociados a la modernización, lo que se pretende es operar el servicio con iniciativas económicas y ambientales sostenibles que permitan a los municipios generar ahorros derivados de unos menores costos en el suministro de energía, su administración, operación y mantenimiento.

El servicio de alumbrado público es un servicio público, no domiciliario que se presta, con el objeto de proporcionar exclusivamente, la iluminación de los bienes públicos y demás espacios de libre circulación, con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural del respectivo municipio o distrito; siendo la administración municipal, el ente responsable de velar y garantizar su prestación en condiciones óptimas

En Colombia, el servicio de alumbrado público se viene prestando a través de diferentes modalidades; de manera directa cuando la administración municipal lo asume, por medio de una Empresa de Economía Mixta o descentralizada del municipio o a través de un operador externo mediante la suscripción de una concesión u otras figuras contractuales.

Actualmente en Colombia existe normatividad vigente por medio de las cuales se dictan disposiciones que definen, fundamentan y regulan la prestación del servicio de alumbrado público, no solo a nivel nacional sino del orden municipal instancia en la que son adoptadas, expedidas y reglamentadas por las autoridades competentes que intervienen en la prestación del servicio público, tanto en la forma de financiación como en la sostenibilidad e implementación; siendo uno de los principales retos a superar, los altos costos del proceso y propender por la prestación de un servicio eficaz y eficiente.

Para atender esta necesidad uno de los caminos más recomendables está asociado a la modernización y a la implementación de tecnologías eficientes, económicas y ambientalmente sostenibles; que permitan a municipios como el de Anserma Caldas, generar ahorros derivados del suministro de energía y que a su vez aporten a la reducción de factores y causas negativas del Cambio climático.

La operación actual del Sistema de Alumbrado Público del municipio de Anserma Caldas presenta grandes retos, entre los cuales se deben estimar los costos actuales de operación, no solo desde el punto de vista económico, sino también técnico y ambiental, con alternativas de operación más eficientes y sostenibles. También son recurrentes los cuestionamientos y posiciones que se resisten a la implementación de nuevas tecnologías, influenciados por actores que no conocen los beneficios que ofrecen los cambios tecnológicos o están interesados en operar bajo los estándares actuales ya obsoletos. De allí, que la generación de nuevas alternativas de operación eficiente tiene valores agregados más allá de los evidentes ahorros, los cuales ya fueron referidos anteriormente, convirtiéndose de manera conjunta en una posibilidad de cambio para los municipios que opten por modernizar su infraestructura.

### **3.1 Pregunta de Investigación.**

¿Como realizar una operación más eficiente del servicio de alumbrado público en el municipio de Anserma Caldas, bajo de criterios de viabilidad técnica, financiera, ambiental y legal; cumpliendo las disposiciones legales determinadas por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia?

Con esta pregunta general de investigación se busca establecer las ventajas en aspectos: técnicos, financieros, ambientales y legales, para llevar intervenciones en la infraestructura de

alumbrado público del municipio de Anserma Caldas, que conlleven a la sustitución de las luminarias de que operan con tecnologías convencionales a luminarias en tecnología Led.

Igualmente se pretende dar respuesta a los planteamientos tendientes a determinar de manera previa la viabilidad técnica, financiera, ambiental y legal que sustente la ejecución de un proyecto de estas características desde el campo de investigación de ciencia, tecnología e innovación; basándose en proyectos, metodologías e instrumentos para la gestión ambiental, incluyendo aspectos como la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como, identificando experiencias exitosas de otros municipios de Colombia que sean más competitivos y en los cuales se tengan valores agregados y se modifiquen las tendencias de detrimento en la prestación del servicio por desconocimiento técnico, por falta de planeación y renuencia a la utilización de nuevas tecnologías.

El impacto que se genera al ambiente por las actividades humanas han tomado cada vez más fuerza por las implicaciones negativas que éstas traen, las actuales condiciones y los flujos migratorios hacia las ciudades han generado procesos de crecimiento acelerado y demandas importantes de energía eléctrica, evidenciando en la actualidad un alto consumo de recursos con lo cual se afectan el ambiente de manera negativa con la liberación de CO<sub>2</sub> ; con lo expresado, se hace necesario tomar medidas urgentes que mitiguen el cambio climático. Es de vital importancia considerar la utilización y producción de luminarias LED con el fin de poder mejorar la eficiencia y eficacia de este tipo de instrumentos en pro, no solo del ambiente sino además del impacto económico que este trae consigo. “El mercado mundial está demandando con mayor intensidad la transformación de las fuentes de iluminación convencional a soluciones más eficientes y duraderas basadas en sistemas de iluminación LED” (Serrano, Martínez, Guarddon y Santolaya, 2015, p. 231).

En ese mismo orden de ideas, el cambio de luminarias convencionales a luminarias LED es un punto a considerar a la hora de buscar soluciones para mitigar la producción de CO<sub>2</sub> llamando la atención a las empresas y el enfoque de sus productos, a la hora de suplir las necesidades básicas de las actividades humanas. De allí que el futuro de los Sistemas de Alumbrado Público (SALP), están basados en la modernización tecnológica mediante la implementación de tecnologías LED, en el cuidado al ambiente y en la reducción de CO<sub>2</sub>, desafortunadamente los costos actuales de operación son similares a los costos incorporados en las nuevas tecnologías y hace falta la concientización y la preparación de los municipios para enfocarse en el desarrollo de estos proyectos. (Benjumea, 2009) (Sbrugnera, 2016).

En la actualidad mundial, la contaminación se debe a diversos factores, entre ellos las emisiones de gases como los de efecto invernadero generados por las fábricas y el transporte movido con propulsores de combustibles fósiles, así como la contaminación generada por los sistemas de iluminación que concentran el 20% de la energía producida en el planeta y que liberan una gran cantidad de CO<sub>2</sub> a la atmosfera (Benavides y León, 2007).

La Agencia Internacional de Energía (AIE) “estima que el consumo de energía en la región de América Latina y el Caribe aumentará entre un 50% y un 54% para el año 2030, esto generará una alta presión en la capacidad energética de la región” (Balza, Espinasa, y Serebrisky, 2016, p. 7). Para países como Colombia y Ecuador se estima que el consumo asociado al abastecimiento de energía para el alumbrado público está estimado en el 3% y el 6% respectivamente. “El alumbrado público es una fuente de consumo de energía importante en los países de esta región” (Orellana y Sarango, 2015).

En el caso específico de Colombia y con el fin de darle cumplimiento al Acuerdo de París de 2015, el país está enfocado en reducir aproximadamente entre 18% y 22 % del CO<sub>2</sub> emitido

para el año 2030, por esta razón debe darle prioridad, entre otros aspectos, a la modernización de los sistemas públicos de iluminación, compromiso que igualmente quedo plasmado bajo la expedición del Decreto 943 de 2018.

Para los municipios del país, la modernización de los sistemas de alumbrado público les permitirá no solo ampliar la cobertura existente sino también reducir el consumo de energía entre un 50 y 60%, generando por consiguiente la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

La región actualmente opera sus sistemas de alumbrado público bajo tecnologías convencionales principalmente abastecido con lámparas de alta presión de vapor de sodio, lámparas de vapor de mercurio, proyectores Metal Halide y lámparas incandescentes. Es importante considerar que estas tecnologías convencionales tienden a generar un gasto elevado de energía eléctrica pero no se evidencia calidad en la iluminación que ofrece para las vías públicas, es por esta razón el gran interés de los gobiernos de la región en realizar la transición a las lámparas de diodos emisores de las cuales generan amplias ventajas como son un menor consumo de energía, aumentan la calidad de la iluminación y tienen una vida útil hasta de 100.000 horas generando amplias ventajas frente a la operación con tecnologías convencionales.

Los diodos tipo LED (por sus siglas en inglés Light Emitting Diode) y los drivers que conforman este tipo de luminarias permiten alcanzar una alta eficiencia energética. Además, contienen una fotocelda para encendido y apagado de forma autónoma, que son la base para las fotoceldas de siete pines, borneras de conexión, cables de conexión interna, supresores de pico, brazo metálico para fijación a poste con sus respectivas abrazaderas, conectores, stickers reflectivos de marcación. Información adicional en [ANEXO 1. CONCEPTOS TÉCNICOS Y NORMATIVOS REFERENTES A ILUMINACIÓN PÚBLICA.docx](#)

## ANEXO 2. CRITERIOS GENERALES PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE

### ALUMBRADO PÚBLICO.docx

Según el Informe Tecnologías y Normatividad de Iluminación Eficiente en Alumbrado Público (2016) algunas de las ventajas que presenta las tecnologías LED son: la alta eficacia luminosa, el bajo consumo, el tiempo de vida útil, la calidad de la luz emitida, la baja emisión de calor, adicional el uso de luminarias tipo LED proporciona otros beneficios a nivel económico y ambiental ya que estas son regulables, ecológicas, resistentes, aplicables en sistemas de emergencia, son versátiles, generan menos emisiones de CO<sub>2</sub> y aumenta el ahorro en cableado de instalación (López, 2015).

También es importante resaltar que las nuevas tecnologías pueden funcionar a través de una plataforma de operación remota es decir un sistema de tele gestión por medio de controladores avanzados que permiten el encendido y apagado, la dimerización, la lectura remota del consumo de energía, así como la recepción de alertas en aspectos relacionados con su funcionamiento, las luminarias tele gestionables permiten a su vez realizar casos de uso para el desarrollo de ciudades inteligentes convirtiéndose en una herramienta de desarrollo para los municipios.

Este trabajo busca aportar al municipio de Anserma Caldas, un modelo donde se cuente con las condiciones necesarias para desarrollar e implementar proyectos de estas características en otros municipios del país (Labán, 2018) (Flores, 2016). El proyecto de modernización de la infraestructura del alumbrado público del municipio de Montenegro con el cambio de luminarias convencionales a luminarias con tecnología LED es un referente técnico y conceptual para la transformación que deben realizar los municipios en la infraestructura de alumbrado público conforme lo establece el Decreto 943 de 2018, buscando la aplicación de actividades que

garanticen el uso racional y eficiente de energía, la eliminación de la liberación de CO<sub>2</sub>, la disposición adecuada de residuos contaminantes que permitan enfocar las perspectivas hacia municipios comprometidos en el desarrollo sostenible (Rojas y Montenegro, 2018).

Por lo tanto, se pretende determinar la viabilidad técnica, financiera, ambiental y legal para la ejecución del proyecto de modernización del Sistema de Alumbrado Público del municipio de Anserma en el departamento de Caldas, realizando la reconversión de luminarias tecnologías convencionales por luminarias tecnología Led, incluyendo las actividades correspondientes a la prestación del servicio como son: suministro, administración, operación, mantenimiento, expansión y modernización de los servicios de energía eléctrica; enfocados en la revisión documental que posibilite reconocer dichos parámetros.

#### **4. Objetivo General.**

Determinar la viabilidad técnica, financiera, ambiental y legal, que permita sustentar la ejecución del proyecto de modernización del Sistema de Alumbrado Público del municipio de Anserma Caldas; realizando la sustitución de luminarias de tecnologías convencionales a luminarias de tecnología LED. Información adicional en [ANEXO INICIAL. MAPA DE LA INVESTIGACIÓN MODERNIZACIÓN SALP ASERMA CALDAS.docx](#)

##### **4.1 Objetivos Específicos.**

Revisar la normatividad colombiana que rige a la prestación del servicio de alumbrado público en los niveles municipales, regionales y nacionales, para definir la aplicabilidad y la viabilidad legal del proyecto de modernización de alumbrado público del municipio de Anserma Caldas, basados en experiencias exitosas similares.

Identificar mediante trabajo de campo y análisis de la documentación existente, la situación actual de la prestación del servicio; mediante la identificación y valoración de variables administrativas, operativas, de mantenimiento del servicio, así como su impacto financiero y de costos en el suministro de energía.

Mostrar los beneficios financieros, ambientales y el impacto que se puede obtener con la ejecución del proyecto de modernización de luminarias de alumbrado público el municipio de Anserma Caldas, mediante la implementación de tecnologías LED.

Revisar aspectos generales de la tecnología de iluminación LED, que permitan sustentar técnicamente la sustitución de las luminarias convencionales actualmente instaladas en el sistema de alumbrado público del municipio de Anserma Caldas.

Presentar viabilidad del proyecto para la modernización tecnológica del Alumbrado Público en el municipio de Anserma Caldas, analizando las condiciones técnicas, financieras, ambientales y legales; que le permitan al municipio tener elementos para la toma de decisiones y mejorar los niveles de eficiencia y eficacia en la prestación del servicio, conforme a los lineamientos del Ministerio de Minas y Energía de Colombia.

## **5. Justificación**

La Agencia Internacional de Energía estima que el consumo de energía en la región de América Latina y el Caribe aumentará entre un 50% y un 54% para el 2030, lo que creará una fuerte presión en su capacidad energética. El alumbrado público es una fuente de consumo de energía importante en los países de esta región, en Colombia se estima en aproximadamente el 3% de la demanda total de energía.

El Gobierno Nacional está interesado en promover la modernización de los Sistemas de Alumbrado Público del país mediante el uso de nuevas tecnologías. La Ley 1715 de 2014 le da

un impulso fundamental a los requerimientos de modernización tecnológica con incentivos financieros que permiten adquirir las luminarias Led a unos menores costos, con una eficiencia superior a 100.000 horas de funcionamiento que permiten viabilizar su ejecución en el país.

La Gerencia de Proyectos para la transición energética de Colombia, que permita estructurar conforme a las metodologías establecidas por el Gobierno Nacional para la formulación, evaluación y ejecución de ellos mismos, alcanzando las metas establecidas en los Planes de Desarrollo de los municipios.

La ciencia, tecnología, innovación y los aspectos de investigación relacionados con la adecuada gestión ambiental en proyectos de desarrollo del sector público, son de vital importancia por la alta demanda de energía eléctrica del país, basada en hidroeléctricas y termoeléctricas principalmente así como plantas que operan con combustibles líquidos, bajo este estudio se va a poder determinar la baja sensible en el consumo de energía, unos menores costos derivados del menor consumo eléctrico, el cual se estima hasta de un 60% para costo de suministro de energía frente a la operación con tecnologías de Alumbrado Público convencionales.

## **6. Marco Teórico**

Actualmente en Colombia la modernización de los Sistemas de Alumbrado Público no se llevan a cabo de manera eficiente, en mayor porcentaje los municipios operan con tecnologías convencionales casi el 97% y solo el 3% con luminarias tecnología Led, sin embargo se resaltan casos exitosos de reconversión tecnológica es la ciudad de Barranquilla en el departamento de Atlántico en la cual se instalaron alrededor de 63.000 luminarias con potencias que van de los 35 a los 160 Watts en sustitución a las convencionales luces de vapor de sodio de 70-400 Watts,

generando un ahorro hasta de un 44%, enfocando las de más alta potencia en las vías principales y de mayor tráfico vehicular.

Otro caso exitoso es la ciudad de Bogotá que ha venido avanzando desde el año 2014 en la modernización de su sistema de alumbrado público por medio de una inversión de \$58.000 millones de pesos, mediante la cual se reemplazaron 80.000 luminarias convencionales a luminarias tecnología Led a través del operador ENEL – CODENSA.

De acuerdo a los reportes, informes y noticias publicadas por la Alcaldía Mayor de Bogotá a través de su página oficial y redes sociales, en el año 2019: “las 80.000 luminarias Led instaladas en Bogotá tienen características tecnológicas similares a las implementadas en Nueva York. Gracias a esta gestión, el Distrito ahora podrá ahorrar energía, contribuir con el cuidado del medio ambiente y mejorar la seguridad de los habitantes de Bogotá., este procesos fue liderado por la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, haciendo especial énfasis en sitios estratégicos con alto flujo peatonal, vehicular y económico como vías, parques, ciclorrutas, espacios de libre circulación, zonas escolares, turísticas y comerciales de las diferentes zonas de Bogotá, entre las que se destacan: El Restrepo, el barrio Policarpa, la Avenida Calle 26 y Calle 63, así como el Parque Simón Bolívar, el Parque El Virrey y las zonas aledañas de la Universidad Libre., este de modernización del sistema de alumbrado público es uno de los más importantes que se están haciendo en Colombia y en América Latina”.

Otra ciudad que busca modernizar la infraestructura de alumbrado público es Cartagena, quien a través de la administración municipal, a través de su página oficial y redes sociales informo que: “... firmó contrato que busca modernizar el 100% del alumbrado a tecnología LED, reponiendo las luminarias de sodio existentes, dentro de las proyecciones de corto plazo tiene establecida la expansión vegetativa un total de 21.340 luminarias nuevas, con lo que al

finalizar el contrato las luminarias crecerían un 41% sobre las existentes actualmente dando como resultado la modernización total del sistema de alumbrado público de esta ciudad, el contrato firmado prevé igualmente a garantizar el funcionamiento, conservación, operación, reposición, mantenimiento, diseño, construcción, instalación del sistema de alumbrado público en todo el Distrito de Cartagena, que comprende la revisión periódica del estado y calidad del sistema de iluminación, como es el estado de las luminarias, postes, redes, transformadores, dispositivos de encendido, requerimientos de limpieza y niveles de iluminación, así como la limpieza de las bombillas”.

Teniendo en cuenta las experiencias exitosas mencionadas, es fundamental comprender y analizar la perspectiva que se tiene desde la normativa colombiana sobre este aspecto. En la tabla 1. se puede observar, como en Colombia se ha ido regulando el suministro de energía eléctrica y la forma en como esta desde ser suministrado con el fin de poder abarcar y favorecer a la mayor parte del país. A continuación, se presenta el marco normativo del servicio de alumbrado público de Colombia en la tabla 1

Tabla 1. Marco normativo prestación servicio de alumbrado público en Colombia

Norma	Descripción
DECRETOS	
Decreto 2424 de 2006	Reglamenta la prestación del servicio de Alumbrado público.
Decreto 943 de 2018	"Por el cual se modifica y adiciona la Sección 1, Capítulo 6 del Título /11 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, relacionado con la prestación del servicio de alumbrado público"
REFORMA TRIBUTARIA	
Ley 1819 de 2006	Art. 349 – 353. Establece las condiciones de la prestación del servicio de alumbrado público, facturación y recaudo, determina que: “El servicio o actividad de facturación y recaudo del impuesto no tendrá ninguna contraprestación a quien lo preste”

Fuente. Elaboración propia.

Por otro lado, no solo las disposiciones legales frente al suministro de dicho servicio público se han preocupado por los impactos y factores ambientales que esto conlleva tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Marco normativo aspectos ambientales alumbrado público Colombia

Ley	Descripción
DECRETOS	
Decreto 4741 de 2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
Decreto 2501 de 2007.	Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas y se adoptan otras disposiciones.
Decreto 3450 de 2008.	Por el cual se dictan medidas tendientes al uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

Fuente. Fuente. Elaboración propia a partir del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

En aspectos ambientales, las normas actuales en Colombia están enfocadas en la reducción del consumo de energía, la reducción de la liberación de CO<sub>2</sub>, así como la disposición final de los elementos retirados de la infraestructura de alumbrado público de los municipios. Por esta razón de disponen de diversas normativas como la Resolución 18-1331 de 2009, el Ministerio de Minas y Energía expidió el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), sustentado en la utilización de fuentes que utilizan la energía eléctrica, el cual fue modificado mediante la Resolución 18-0540 de 2010, cuyo objeto fundamental es "Establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar: los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos

originados, por la instalación y uso de sistemas de iluminación” En ese orden de ideas, es necesario comprender como desde la normativa colombiana se ha pensado y estructurado una serie de normativas que buscan no solo la protección y cuidado del ambiente sino que además plasma dentro de sus Decretos la necesidad cada vez mayor de poder mitigar el impacto ambiental y el económico desde la misma perspectiva.

El servicio de alumbrado público es un servicio público, no domiciliario que se presta, con el objeto de proporcionar exclusivamente, la iluminación de los bienes públicos y demás espacios de libre circulación, con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural del respectivo municipio o distrito, que es el responsable directo de velar y garantizar su prestación en condiciones óptimas.

En Colombia actualmente el servicio de alumbrado público se viene suministrando, bajo diferentes modalidades ya sea por prestación directa por parte del municipio o por medio de una Empresa de Economía Mixta, contratos interadministrativos o descentralizada del municipio o por medio de una concesión.

Actualmente las normas que fundamentan la prestación del servicio de alumbrado público, son variadas y permiten varias definiciones con la ejecución del servicio, no solo en cuanto a las autoridades competentes para intervenir en las diferentes actividades que involucra la prestación de este servicio y su carácter de ser o no un servicio público domiciliario, sino también, en cuanto a la forma de financiación, implementada en los diferentes municipios para atender los altos costos generados a partir de las diferentes actividades ejecutadas para una eficiente prestación.

Los retos actuales de la prestación del servicio están asociados a la modernización buscando operar con iniciativas económicas y ambientales sostenibles que permitan a los

municipios generar ahorros derivados de unos menores costos de suministro de energía y administración, operación y mantenimiento. Información adicional en [ANEXO 3](#)  
[NORMATIVIDAD VIGENTE ALUMBRADO PÚBLICO COLOMBIA.docx](#)

## 7. Marco Institucional

Anserma, este municipio se encuentra ubicado en el sector occidental del departamento de Caldas, enmarcado por los valles de los ríos Cauca y Risaralda sobre la zona montañosa de la cordillera de Belalcázar con coordenadas 05° 14" Norte 75° 47" Occidente, con una altura de 1.768 metros sobre el nivel del mar. Su precipitación anual promedio es de 1.660 mm, y la temperatura promedio es de 19°C.

La cabecera municipal se encuentra situado en la cima de una cuchilla, que se orienta en la dirección Norte - Noreste. El relieve del municipio es en general quebrado, y sus pendientes alcanzan el 26%. Anserma (Caldas), se encuentra en un punto intermedio entre los grandes polos de desarrollo industrial del país, sobre la carretera troncal de Occidente, como son Cali y Medellín, 250 y 197 Kms. respectivamente, y de las capitales del Eje cafetero; 68 Kms a Manizales por vía departamental y 60 Kms. a Pereira sobre la misma troncal de Occidente.

Esta ubicación geográfica ubica a Anserma (Caldas) como un centro de desarrollo regional y le facilita un ágil intercambio comercial con los municipios de Riosucio, Risaralda, San José y Viterbo en el departamento de Caldas; y Guática, Quinchía, Belén de Umbría y Mistrató del departamento de Risaralda. Sus límites son: Anserma (Caldas), limita al norte con los municipios de Quinchía y Guática por el río Oprima y las quebradas de la Bendecida y Tamarbía. Por el sur limita con el municipio de Risaralda con la montaña de Carboneral, la cuchilla de los limones y la quebrada de Palo-Gordo. Por el este limita con los municipios de

Manizales y Neira a través el río Cauca, y por el oeste con los municipios de Belén de Umbría y Viterbo por el río Risaralda. b) Extensión y Población: Anserma (Caldas), Posee una extensión de 206.4 Km<sup>2</sup>, de los cuales 1.80 Km<sup>2</sup> comprende la zona urbana con 33 barrios, y 204.6 Km<sup>2</sup> la zona rural, dividida ésta en 64 veredas. El Municipio ocupa el 2,75% de área total del Departamento de Caldas.

Posee todos los climas. Predomina la topografía montañosa que ocupa entre el 65% y el 70% de su área, zonas cálidas planas y onduladas abarcan entre el 30% y el 35% del territorio. Todos estos factores permiten disfrutar grandes posibilidades de diversificación en la producción agropecuaria, la población total del municipio es de 33.792 habitantes de los cuales la población urbana corresponde a 21.425 habitantes y la población rural a 12.367 habitantes.

#### **8. Enfoque, diseño de la investigación y alcance o tipo de estudio.**

La investigación por realizar está definida en el campo de investigación de ciencia, tecnología e innovación, dentro del grupo de investigación de gestión ambiental y en la línea de investigación correspondiente a las metodologías e instrumentos para la gestión ambiental, desarrollo sostenible. La investigación está enfocada básicamente en recolección y análisis de la información necesaria para determinar la estructura y costos de la operación actual de la infraestructura de alumbrado público del municipio de Anserma en el departamento de Caldas, conforme a las normas vigentes que en materia de prestación del servicio de alumbrado público rigen en Colombia. Al tratarse de información con un alto componente técnico, financiero, ambiental y legal, se realizarán actividades de campo y de recolección de información documental con el fin de determinar la situación actual de la operación del sistema de alumbrado público en el municipio, incluidos todos los componentes de las actividades que se desarrollan y sobre esta información primaria recolectada, proceder a realizar el análisis y los supuestos de la transformación de la tecnología

actual de luminarias convencionales a la tecnología de luminarias Led, con las implicaciones técnicas, y económicas y de mejora del servicio que esto conlleva.

También se realizará recopilación y documentación de campo con fotografías en horario diurno y nocturno que permitan tener evidencia de la ejecución de la prestación del servicio de alumbrado público en la actualidad en el municipio.

La información para recolectar reposa principalmente en la Alcaldía de Anserma, específicamente en la Secretaria de Planeación, por ser la responsable de la prestación del servicio. En esta dependencia se tiene delegada la supervisión a la prestación del servicio de alumbrado público.

La información principal para recolectar es la siguiente, la cual deberá ser validada una vez sea recopilada:

- Información general del municipio, área, población tanto urbana como rural.
- Presupuesto de rentas y gastos del municipio, así como valores determinados para la prestación del servicio de alumbrado público incorporado en rentas y gastos y la verificación de la suficiencia de los mismos para la prestación del servicio.
- Impuesto de alumbrado público vigente con tarifas por usos y sectores, así como verificación de valores asignados para el cobro por parte del operador de Red.
- Censo actual de luminarias del Sistema de alumbrado público tanto en zona urbana como rural. En este censo se debe detallar la infraestructura para la prestación del servicio, así como el tipo de luminaria existente y tipo de tecnología utilizada.
- Consumo actual de energía y contrato de compra de energía, así como costo por kWh facturado para la prestación del servicio de alumbrado público en el municipio, consumo de energía correspondiente a kWh por tecnología de luminaria, por horas de uso.

- Facturación del impuesto alumbrado público y recaudo, para lo cual se verifica el número de sujetos activos del pago del impuesto de alumbrado público, los valores facturados, los valores pagados y los posibles rezagos en los pagos y los mecanismos para hacer efectivo el recaudo del impuesto.
- Situación actual de la prestación del servicio de alumbrado público, para lo cual se deben realizar vistas de campo y se deben realizar tomas fotográficas que permitan conocer las luminarias y su estado.
- Revisión de los aspectos técnicos de la prestación del servicio de alumbrado público del municipio, como luminarias actuales en funcionamiento, estado de las mismas, brazos, apoyos, fotoceldas, componentes eléctricos de las mismas, etc.
- Verificación de la estructura técnica, económica y operacional para la prestación actual del servicio y los costos en los cuales el municipio incurre para la misma, así como los valores aforados para expansión prioritaria del servicio en el municipio.
- Detalle de los principales problemas de operación del alumbrado público actualmente en el municipio.
- Revisión al Plan de Desarrollo del municipio de Anserma Caldas y las actividades inherentes a la prestación del servicio de alumbrado público.
- Identificación de información técnica de las luminarias tecnología Led, características de operación, duración y consumo frente a luminarias convencionales de otras tecnologías y estudio de valores de luminarias Led para alumbrado público actualmente en el mercado colombiano frente a luminarias convencionales.

Lo que se pretende con la investigación es establecer una pauta para la ejecución de las obras de reposición del alumbrado público en Anserma Caldas, buscando la eficiencia del servicio de

iluminación de zonas públicas como vías, parques, y demás espacios de libre circulación, garantizando una apropiada visibilidad en horas nocturnas, ampliando así los horarios productivos, las opciones comerciales y la seguridad.

El estudio que se desarrollará es de tipo no experimental, con alcance descriptivo que recolectan los datos en una sola ocasión a través de una encuesta, que indaga las dimensiones de las variables de una población. Información adicional [ANEXO 5. ENCUESTA SITUACIÓN ACTUAL PRESTACIÓN DEL SERVICIO-ANÁLISI RESULTADOS.docx](#)

El número de luminarias del municipio de Anserma, las cifras de recaudo que constituyen la fuente de recursos de operación de la solución y las cifras de consumo que dan soporte a la justificación, en aras de satisfacer el objetivo de establecer la factibilidad de la modernización del sistema de alumbrado público, el enfoque cuantitativo (no probabilísticos), serán las que determinen aspectos como costos de implementación y operación, tasas de retorno, ahorro para el municipio, entre otras que se ven más adelante.

Es de considerar también que hay variables cualitativas evaluadas en la investigación, como por ejemplo los impactos sociales de la modernización del alumbrado público.

## **9. Definición de Variables**

Una vez identificada la recopilación de información mediante trabajo de campo y análisis de la documentación existente, la situación actual de la prestación del servicio; mediante la identificación y valoración de variables administrativas, operativas, de mantenimiento del servicio, así como su impacto financiero y de costos en el suministro de energía. Se construye el diagnóstico correspondiente a la situación actual de la prestación de servicio de alumbrado público en Anserma. Dicha variable se subdivide en aspectos determinantes que incluyen aspectos administrativos (estructura gubernamental, capacidad de recaudo), operativas (talento

humano disponible, calidad de suministro, instalaciones necesarias, infraestructura existente), financieras.

### 9.1 Definición Conceptual

Para la identificación de la situación actual de la prestación de servicio a través de un conjunto de datos y recopilación de información con respecto a la operación del SALP y las posibles mejoras en la prestación del servicio de AP. Para ello se realizará por separado cada una de las actividades inherentes a la prestación del servicio, en aspectos técnicos, financieros y legales así:

- Validación de la existencia del acuerdo de Alumbrado Público en el municipio de Anserma.
- Verificación de la incorporación de esta información de manera adecuada en la base de datos del Operador de red.
- Ajuste anual y cobro mensualizado del impuesto conforme la normatividad, vigente y cobros realizados a deudores morosos, porcentaje de valores facturados y recaudados mensualmente.
- Costos relacionados con el costo del suministro de energía del alumbrado público y contrato de energía o compra a precios mercado regulado alumbrado público.
- Aforo de la infraestructura del alumbrado público, conciliación con el operador de red, valores facturados y pagados.
- Valores asumidos para la ejecución de la administración, Operación y mantenimiento de la Infraestructura del Sistema de Alumbrado Público del municipio.

- Valores asumidos para la modernización y expansión de la Infraestructura de Alumbrado Público del municipio.

## 9.2 Definición operacional

Se elabora el plan de trabajo dividiendo la información requerida en dos partes, la primera de ellas la que debe ser suministrada directamente por el municipio la cual corresponde a información que se debe entregar de manera directa por la administración municipal la cual es la referenciada conforme la selección de la técnica y construcción de instrumentos, correspondiente a la recopilación y análisis de la información necesaria para poder determinar cada una de las variables que influyen en la prestación del servicio de alumbrado público del municipio, en aspectos técnicos, financieros y jurídicos.

La segunda será recopilada de manera directa a través de una encuesta en el municipio, para determinar los principales aspectos inherentes a la percepción de la prestación del servicio de alumbrado público. Información adicional [ANEXO 5. ENCUESTA SITUACIÓN ACTUAL PRESTACIÓN DEL SERVICIO-ANÁLISI RESULTADOS.docx](#)

## 9.3 Solicitud de información directa.

- a. Impuesto de alumbrado público vigente con tarifas por usos y sectores, así como verificación de valores asignados para el cobro por parte del operador de Red.
- b. Censo actual de luminarias del Sistema de alumbrado público tanto en zona urbana como rural, en este censo se debe detallar la infraestructura para la prestación del servicio, así como el tipo de luminaria existente y tipo de tecnología utilizada
- c. Consumo de actual energía y contrato de compra de energía, así como costo por kWh facturado para la prestación del servicio de alumbrado público en el

municipio, consumo de energía correspondiente a kWh por tecnología de luminaria, por horas de uso.

- d. Facturación del impuesto alumbrado público y recaudo, para lo cual se verifica el número de sujetos activos del pago del impuesto de alumbrado público, los valores facturados, los valores pagados y los posibles rezagos en los pagos y los mecanismos para hacer efectivo el recaudo del impuesto.
- e. Situación actual de la prestación del servicio de alumbrado público, para lo cual se deben realizar vistas de campo y se deben realizar tomas fotográficas que permitan conocer las luminarias y su estado.

#### **9.4 Resultados recopilación de la información.**

Conforme lo que estaba planteado se procedió a recopilar la información del municipio en lo correspondiente a la información de la facturación y recaudo del impuesto de alumbrado público, así como los costos de administración, operación y mantenimiento del Sistema de Alumbrado público del municipio de Anserma Caldas.

#### **10. Análisis Información Sistema de Alumbrado Público - SALP.**

La normativa colombiana del servicio de alumbrado público que adicionalmente se puede ver en

[ANEXO 3 NORMATIVIDAD VIGENTE ALUMBRADO PÚBLICO COLOMBIA.docx](#)

- Resolución CREG 123 de 2011: Regula la forma de remunerar a los prestadores del servicio.
- Leyes 142 y 143 de 1994: Régimen de servicios públicos y comercio de energía eléctrica.
- Decreto 2424 de 2006: Regulación de la prestación del servicio de alumbrado público.

- Resoluciones CREG 122, 123 de 2011: Regula el contrato y el costo de facturación y recaudo conjunto con el servicio de energía del impuesto creado por la Ley 97 de 1913 y 84 de 1915 con destino a la financiación del servicio de alumbrado público.
- Resolución MME No 181294 de 2008: Reglamento técnico de instalaciones eléctricas.
- Resoluciones MME No. 181331 2009 y 180265, 180540 y 181568 de 2010, Decreto Único reglamentario 1073 de 2015, 40122 del 8 de febrero de 2016 y 943 del 30 de mayo de 2018: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público -RETILAP.

#### **10.1 Estado actual de la prestación del servicio de alumbrado público**

El Sistema de Alumbrado Público del Municipio de Anserma Caldas tiene un alto número de luminarias de sodio y otras tecnologías que se encuentran terminando su vida útil, las cuales para cumplir con los niveles lumínicos exigidos en el RETILAP consumen gran cantidad de energía que encarecen la prestación del servicio y de esta manera cada vez el municipio tiene menos recursos para realizar expansión y modernización del sistema de alumbrado público, para lo cual la administración municipal busca dar solución mediante la implementación de tecnologías de iluminación Led con lo que se busca disminuir el consumo de energía en el sistema de alumbrado público del municipio, disminuir el impacto ambiental utilizando tecnología limpia, mejorar la luminosidad de las principales avenidas, calles y carreras del sector residencial con luz blanca LED. Información adicionalmente en [ANEXO 2. CRITERIOS GENERALES PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO.docx](#)

Actualmente el Sistema de Alumbrado Público del Municipio de Anserma Caldas no está concesionado a ninguna empresa, cuenta con 1576 luminarias de las cuales 24 son de tecnología Led y se encuentran ubicadas en el Sector Urbano, lo que equivale al 1,5% del SALP. Estas luminarias LED no son de última generación, impidiendo igualmente la conectividad y otros servicios. Cuenta también con 1.549 luminarias en Sodio equivalentes al 98% del SALP, de las cuales 976 encuentran en el Sector Urbano y 573 en el sector rural. Lo mismo hay 2 luminarias de mercurio equivalentes al 0.13% las cuales, por su alta contaminación, deben ser las primeras en ser Modernizadas a Led. La ilustración 1 con la visual del estado anteriormente descrito.

Ilustración 1. Estado actual infraestructura del SALP. Carrera 5

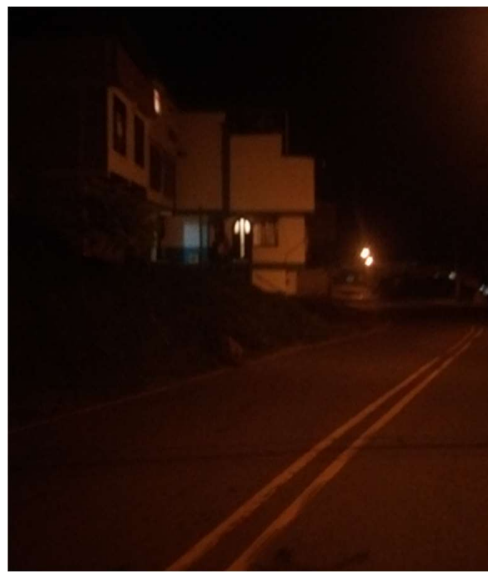


Fuente. Propia

Algunos sectores presentan deficiencia en la iluminación, problemas que corresponden a pérdida de flujo lumínico y luminarias apagadas con fallo en la operación.

Por ejemplo, en el sector urbano, en la Variante con deficiencias de iluminación, luminaria sin difusor, el bombillo cumplió su vida útil. En la vereda Marapra vía Anserma como lo podemos corroborar en la ilustración 2 y 3

Ilustración 2. Sectores con deficiencia iluminación municipio. Variante



Fuente. Propia

Ilustración 3. Sectores con bajos niveles de iluminación y encendidas fuera de horario



Fuente. Propia

## 10.2 Inventario físico del SALP y su estado actual

Para la elaboración del presente se trabajó sobre la base del levantamiento físico del universo de luminarias, postes, redes, en fin, de todas y cada una de las UNIDADES CONSTRUCTIVAS DE ALUMBRADO PUBLICO (UCAPS) del municipio de ANSERMA CALDAS, toda vez que el Inventario del SALP del Municipio se encontraba actualizado y fue suministrado por la Administración Municipal. La tabla 2 contiene el resumen del inventario de luminarias y su estado.

Tabla 2. Inventario actual luminarias SALP

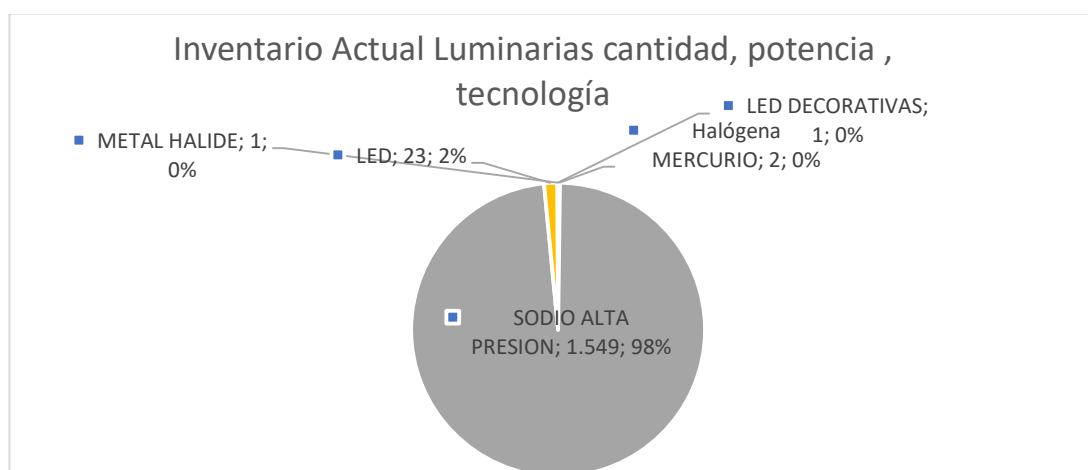
Tipo de Luminaria	Potencia	Cantidad
Metal halide	400	1
Mercurio	125	2
Sodio	70	1.244
Sodio	150	265
Sodio	250	40
Decorativa LED	100	1
LED	58	23
<b>TOTAL</b>		<b>1.576</b>

Fuente. Elaboración propia

El municipio de Anserma Caldas tiene un total de 1.576 luminarias las cuales en su mayoría son de tecnología Sodio de 70W y 150 W, el estado actual de la infraestructura es regular, pero se requiere modernizar la infraestructura para generar ahorros en el costo de suministro de energía, e igualmente el municipio requiere llevar a cabo proyectos de expansión en sectores que a la fecha no tienen cobertura del servicio de alumbrado público.

Una vez recibidos por parte del Municipio los Indicadores mensuales de Disponibilidad de los últimos 3 años, se puede evidenciar que se opera el Sistema de Alumbrado con una Disponibilidad igual o superior al 90%, lo que evidencia que a pesar de que el sistema opera con un buen indicador de disponibilidad es necesario iniciar la reposición de las luminarias que ya cumplieron su vida útil y que en cumplimiento de la ley 697 de 2001 que fomenta el uso racional y eficiente de la energía se debe llevar a cabo la modernización de luminarias con tecnología led. En la ilustración 4 se observa esta información.

Ilustración 4. Composición de luminarias de alumbrado público municipio de Anserma Caldas



Fuente. Elaboración propia

En la tabla 3 se observan los consumos de energía proyectados vigencia 2021 alumbrado público convencional como se encuentra actualmente con la tecnología de sodio.

Tabla 3. Consumo de energía alumbrado público actual

ALUMBRADO PÚBLICO ANSERMA ALUMBRADO PUBLICO DE ANSERMA CUADRO RESUMEN DEL INVENTARIO DE LUMINARIAS MES DE ENERO DE 2021								
DESCRIPCION DE LA FUENTE LUMINOSA	TIPO	POTENCIA DEL BOMBILLO [W]	POTENCIA CONSUMIDA POR LUMINARIA [W]	CANTIDAD MES ANTERIOR	CANTIDAD REPARADA MENSUAL	TOTAL DE LAMPARAS MENSUAL FUNCIONANDO	TOTAL POTENCIA [KW]	TOTAL ENERGIA [KWH]
METAL HALIDE	LUMINARIA	70	81	0	0	0	0,000	0,000
		150	168	0	0	0	0,000	0,000
		250	276	0	0	0	0,000	0,000
		400	479	1	0	1	0,479	178,188
Halógena	MERCURIO	125	137	2	0	2	0,274	101,928
		70	81	1,244	0	1,244	100,764	37,484,208
SODIO ALTA PRESION	LUMINARIA	100	115	0	0	0	0,000	0,000
		150	169	265	0	265	44,785	16,660,020
		250	279	40	0	40	11,160	4,151,520
		400	440	0	0	0	0,000	0,000
		1000	1100	0	0	0	0,000	0,000
LED	LUMINARIA	58	58	23	0	23	1,334	496,248
	DECORATIVAS	100	100	1	0	1	0,100	37,200
TOTALES				1,576	0	1,576	158,896	59,109,312
TOTAL POTENCIA ACTUAL EN LUMINARIAS INSTALADAS (KW)							158,90	59.109,312
EFICIENCIA DEL SISTEMA EN PORCENTAJE %							98,00%	
CANTIDAD TOTAL DE HORAS MES 'T' = T x Fu = 30*24 * 50 %					# Dias mes	31	372	
TOTAL CONSIDERANDO EL FACTOR DE EFICIENCIA							155,72	57.927,13

Fuente. Elaboración propia

### 10.3 Estimación eficiencia energética lograda por el cambio de tecnología.

“La Eficiencia Energética (EE) es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Ser eficientes con el uso de la energía significa “hacer más con menos o al menos con lo mismo”, es aprovechar en forma más completa y funcional la energía sin disminuir la calidad de vida de los usuarios finales.

Casi el 65% de la electricidad que se produce en el mundo es generada a partir de combustibles fósiles. En Colombia, el sector eléctrico, dominado principalmente por generación de energía hidráulica (65% de la producción) y generación térmica de gas y carbón (35%), enfrenta una serie de desafíos toda vez que el consumo de energía va de la mano con el crecimiento económico, ejerciendo presión para que se aumenten las capacidades de generación, transmisión y distribución, con el fin de asegurar continuidad en la disponibilidad de energía.

Esta situación conduce a implementar políticas para la eficiencia energética y pese a que Colombia cuenta con lineamientos al respecto, hoy no se materializan estrategias para su desarrollo.

Para abordar la eficiencia energética se requiere hacer cambios de carácter normativo y reenfocar la forma como los usuarios finales y sus redes gestionan el uso de la energía. Es preciso adoptar modelos de distribución cuyos ejes fundamentales sean las energías renovables y las tecnologías de ahorro y eficiencia. Estos conceptos requieren un nuevo sistema de distribución que responda con mayor precisión y flexibilidad a los cambios de la gestión de la demanda de energía y un cambio en el concepto de la red unidireccional, es decir, lograr que las redes sean “más inteligentes”.

Muchos son los beneficios tangibles de la implementación de proyectos de eficiencia, entre los cuales se destaca la contribución a la seguridad energética y alivio de precios; mejora de la competitividad de la economía; introducción de nuevas tecnologías; creación de nuevos empleos; reducción de las facturas de energía de los usuarios finales y de los subsidios del gobierno a la energía; reducción de los costos de generación mediante la reducción de la carga de punta y la inversión diferida en generación de energía y reducción de las emisiones de GEI.

Entre muchos estudios y propuestas, se propone que la Eficiencia Energética en los municipios puede ser impulsada por:

- a. Imposición de normas restrictivas o incentivos.
- b. Mejora en la movilidad urbana.
- c. Etiquetado de los equipos electrodomésticos.
- d. Modernización de edificios viejos.
- e. Modernización de equipos e instalaciones de alumbrado público y saneamiento.

f. Tratamiento de residuos sólidos.

Por otra parte, el Banco Interamericano de Desarrollo insta a que las ciudades de la región consideren las siguientes estrategias para adoptarlas en un plan de eficiencia energética:

- Proporcionar incentivos para el desarrollo de proyectos de eficiencia energética en hogares de bajos ingresos. En América Latina y el Caribe, el 40% de la población se encuentra por debajo del umbral de la pobreza. Por ello, es importante que los países ofrezcan programas para promover la eficiencia energética para los residentes de bajos ingresos.
- Instalar alumbrado público eficiente. En muchas ciudades de América Latina, el alumbrado público representa un porcentaje importante del consumo total de energía.
- Según el Banco Interamericano de Desarrollo promover medidas de eficiencia energética para los edificios públicos, hoteles y otros negocios. Los costos de energía pueden representar el 10 al 15% del presupuesto de los edificios públicos y los hoteles, lo cual se traduce en una cantidad significativa de energía desperdiciada en el ámbito nacional. La instalación de tecnología de eficiencia energética y otras tecnologías de energía renovable puede reducir drásticamente estos costos.

Estas tres estrategias han probado ser exitosas en promover la eficiencia energética y son ejemplos de cómo las ciudades pueden avanzar hacia las metas para duplicar la eficiencia energética de nuestros países.” (BID, 2014)

El Municipio de Anserma Caldas comprometido con el Medio Ambiente, y en cumplimiento de las normas de eficiencia energética en Colombia aplicará a Modernización de

equipos e instalaciones de alumbrado público para impulsar la Eficiencia Energética en las ciudades y disminuir la liberación de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Consumos de energía proyectados vigencia 2021 alumbrado público tecnología LED con la modernización del sistema. En la tabla 4 se relaciona el resumen de total luminarias y consumo:

Tabla 4. Total, luminarias y consumo de energía proyectado mes 2021

ALUMBRADO PÚBLICO ANSERMA ALUMBRADO PUBLICO DE ANSERMA CUADRO RESUMEN LUMINARIAS MODERNIZADAS A LED MES DE ENERO DE 2021						
DESCRIPCION DE LA FUENTE LUMINOSA	TIPO	POTENCIA DEL BOMBILLO [W]	POTENCIA CONSUMIDA POR LUMINARIA [W]	TOTAL DE LAMPARAS MENSUAL FUNCIONANDO	TOTAL POTENCIA [KW]	TOTAL ENERGIA [KWH]
METAL HALIDE	LUMINARIA	70	81	0	0,000	0,000
		150	168	0	0,000	0,000
		250	276	0	0,000	0,000
		400	479	0	0,000	0,000
Halógena	MERCURIO	125	137	0	0,000	0,000
LED	LUMINARIA	30	30	1.268	38,040	14.150,880
		70	70	0	0,000	0,000
		100	100	265	26,500	9.858,000
		150	150	43	6,450	2.399,400
		400	440	0	0	0,000
1000	1100	0	0	0,000		
LED	LUMINARIA	58	58	0	0	0,000
TOTALES				1.576	70,990	26.408,280
TOTAL POTENCIA ACTUAL EN LUMINARIAS INSTALADAS (kW)					70,99	26.408,280
EFICIENCIA DEL SISTEMA EN PORCENTAJE %					98,00%	
CANTIDAD TOTAL DE HORAS MES' T' = T x Fu = 30*24 * 50 %				31	372	
TOTAL CONSIDERANDO EL FACTOR DE EFICIENCIA					69,57	25.880,11

Fuente. Elaboración propia

#### 10.4 Resultados de ahorros de energía por el cambio de tecnología.

La proyección que se tiene del consumo de energía cuando se utiliza las luminarias convencionales para los próximos 15 años, es decir, se calcula cuál será el consumo que se tendrá para cada uno de los niveles y el total durante cada periodo, así se podrá realizar la

comparación con la misma proyección realizada para los mismos 15 años, pero utilizando luminarias con tecnología LED.

La operación del SALP del municipio de Anserma proyectado a 15 años y con una modernización (cambio a tecnología LED), genera ahorros importantes como los derivados del consumo de energía que corresponden a 6.978.655 kW/h, también se producirían cambios en la calidad de vida de la población y en la reducción de emisiones 123,21 toneladas de CO<sub>2</sub> en el primer año y un total de reducción de 2.658,87 Toneladas de CO<sub>2</sub> en el tiempo estimado de proyección. La tabla 5 y 6 presenta en comparativo del consumo de energía convencional y led por año:

Tabla 5 Estimado consumo de energía SALP Anserma Caldas tecnologías convencionales.

ESTIMADO CONSUMO DE ENERGÍA TECNOLOGÍA CONVENCIONAL ALUMBRADO PÚBLICO ANSERMA CALDAS 2021-2035			
AÑO	CONSUMO NIVEL 1 kWh	CONSUMO NIVEL 2 kWh	VALOR TOTAL
2021	683.914	743.870	\$ 376.440.209
2022	718.109	781.063	\$ 395.262.219
2023	754.015	820.116	\$ 415.025.330
2024	791.716	861.122	\$ 435.776.597
2025	831.302	904.178	\$ 457.565.427
2026	872.867	949.387	\$ 480.443.698
2027	916.510	996.857	\$ 504.465.883
2028	962.335	1.046.699	\$ 529.689.177
2029	1.010.452	1.099.034	\$ 556.173.636
2030	1.060.975	1.153.986	\$ 583.982.318
2031	1.114.024	1.211.685	\$ 613.181.434

2032	1.169.725	1.272.270	\$ 643.840.505
2033	1.228.211	1.335.883	\$ 676.032.531
2034	1.289.621	1.402.677	\$ 709.834.157
2035	1.354.103	1.472.811	\$ 745.325.865
TOTAL	14.757.878	16.051.640	\$ 8.123.038.988

Fuente: Construcción propia.

Tabla 6. Estimado consumo tecnología Led alumbrado público de Anserma Caldas Tecnología

LED

ESTIMADO CONSUMO DE ENERGÍA LED ALUMBRADO PÚBLICO ANSERMA CALDAS 2021-2035			
AÑO	CONSUMO NIVEL 1 kWh	CONSUMO NIVEL 2 kWh	VALOR TOTAL
2021	305.552	420.463	\$ 176.300.205
2022	320.830	441.486	\$ 185.115.215
2023	336.871	463.560	\$ 194.370.976
2024	353.715	486.738	\$ 204.089.524
2025	371.401	511.075	\$ 214.294.001
2026	389.971	536.629	\$ 225.008.701
2027	409.469	563.460	\$ 236.259.136
2028	429.943	591.633	\$ 248.072.093
2029	451.440	621.215	\$ 260.475.697
2030	474.012	652.276	\$ 273.499.482
2031	497.713	684.890	\$ 287.174.456
2032	522.598	719.134	\$ 301.533.179
2033	548.728	755.091	\$ 316.609.838
2034	576.164	792.845	\$ 332.440.330

ESTIMADO CONSUMO DE ENERGÍA LED ALUMBRADO PÚBLICO			
ANSERMA CALDAS 2021-2035			
AÑO	CONSUMO NIVEL 1 kWh	CONSUMO NIVEL 2 kWh	VALOR TOTAL
2035	604.973	832.488	\$ 349.062.346
TOTAL	6.593.380	9.072.984	\$ 3.804.305.177

Fuente: Construcción propia.

En concordancia con lo anterior, el proyecto trae mejoras a la calidad de vida de la población ya que proporcionará una iluminación en horarios nocturnos y, además, la modernización de la infraestructura permite implementar tecnologías como Wifi gratis para la población, instalación de cámaras de seguridad, alertas ambientales y en general aplicaciones y el uso de redes inteligentes que generan desarrollo para el municipio.

El proyecto de modernización del alumbrado público del municipio de Anserma logra una disminución en el consumo de energía eléctrica, ya que al utilizar luminarias con una eficiencia superior a los 120 lúmenes por vatio y al utilizar ópticas que dirigen la luz directamente a las vías sin utilizar pantallas reflectoras ni vidrios difusores, se logra un ahorro considerable en el consumo energético alrededor del 50%. El consumo actual es en promedio de 743.870 kW-h/año y considerando el consumo posible en un proyecto de modernización en el momento en que se reemplacen por luminarias Led, el consumo será de 420.463 kW-h/año, por lo que el ahorro directo es de en el primer año es de 323.407 kW-h/año y así durante los 15 años de vida útil del proyecto, y los gases efecto invernadero del Sistema Interconectado Nacional (SIN) es de 0.381 toneladas de CO<sub>2</sub>/kW.h para realizar el cálculo de las reducciones de emisiones de gases efecto invernadero de los proyectos aplicables al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

## 10.5 Costo por el suministro de energía eléctrica destinada al servicio de alumbrado público:

El costo máximo de suministro de energía eléctrica para el Servicio de Alumbrado Público se determinará así:

Ecuación 1.

$$CSEE = \sum_{n=1}^z (TEEn * CEE_n)$$

Dónde:

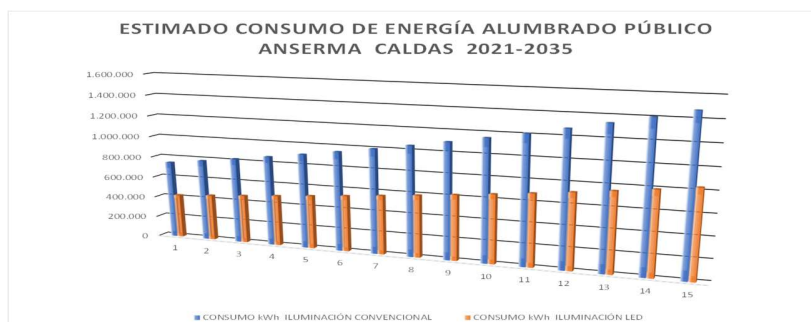
n: Nivel de tensión 1 o 2.

CSEE: Valor costo del suministro de energía eléctrica para el Servicio de Alumbrado. Público en pesos.

TEEn: Tarifa del suministro de energía eléctrica para el Servicio de Alumbrado Público en el nivel de tensión n en \$/kWh.

CEEn: Consumo de energía eléctrica del Servicio de Alumbrado Público en el nivel de tensión n en kWh.

Ilustración 5. Comparativo alumbrado público tecnologías convencionales y LED



Fuente. Elaboración propia

Los costos actuales de operación de la infraestructura convencional están determinados en la información aportada por el municipio en la cual se determina los valores asociados a las actividades de administración, operación, mantenimiento, expansión y suministro de energía al

sistema de alumbrado público en las condiciones actuales de prestación del servicio. Información adicional en [ANEXO 4. METODOLOGÍA DETERMINACIÓN COSTOS MÁXIMOS OPERACIÓN SALP.docx](#)

Actualmente, el municipio de Anserma, Caldas opera su sistema de alumbrado público para poder operar con tecnología Led el municipio debe definir un nuevo modelo de operación, por esta razón es necesario establecer la posibilidad de generar una nueva alternativa para que el municipio pueda acceder a la modernización de su sistema de sistema de alumbrado público y hacer la transición de luminarias de tecnología convencional a luminarias con tecnología LED, lo cual mejoraría la calidad de vida de la población, igualmente el municipio requiere expandir la infraestructura actual, en lo posible implementar desarrollos tecnológicos asociado al sistema. Estimación reducción emisiones de CO<sub>2</sub> por el cambio de tecnología.

### **Cumplimiento de la normatividad legal**

En Colombia las normas de uso racional y eficiente de energía establecen la necesidad de regular condiciones que permitan operar los Sistemas de Alumbrado Público (SALP) de una mejor manera, es decir, que no generen pérdidas de energía, las luminarias convencionales generan múltiples pérdidas en su gran mayoría asociadas a la reactancia del balasto y a la operación deficiente del sistema que pueden incrementar los consumos de energía de manera recurrente, es común observar en los municipios de nuestro país. Método empleado y cuantificación de la reducción del consumo de energía y de CO<sub>2</sub> durante la vida útil del proyecto.

#### **10.6 Aplicación del método:**

El consumo total de energía durante la vida útil del proyecto sin modernizar es de 16.051.640 kWh durante un periodo de 15 años.

El consumo total de energía durante la vida útil del proyecto con el alumbrado público modernizado a Led es de 9.072.984 kWh durante un periodo de 15 años con un ahorro de 6.978.655 kWh. Hacen parte de los beneficios financieros del proyecto.

En lo correspondiente a la reducción de CO<sub>2</sub>, se realizan los cálculos basados en el ahorro de energía generado, el cual en Colombia está determinado conforme lo establecido por el Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) y XM, generando un el país valor unificado del factor de emisión de energía para inventarios de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

De acuerdo con XM, en Colombia el factor de emisión de CO<sub>2</sub> por generación eléctrica del Sistema Interconectado es de 0.381ton de CO<sub>2</sub> por megavatio hora (MWh).

Con este factor de emisión de la matriz energética colombiana los sistemas de alumbrado público pueden calcular su huella de carbono asociada al consumo de energía eléctrica, y determinar los menores valores de liberación de CO<sub>2</sub>.

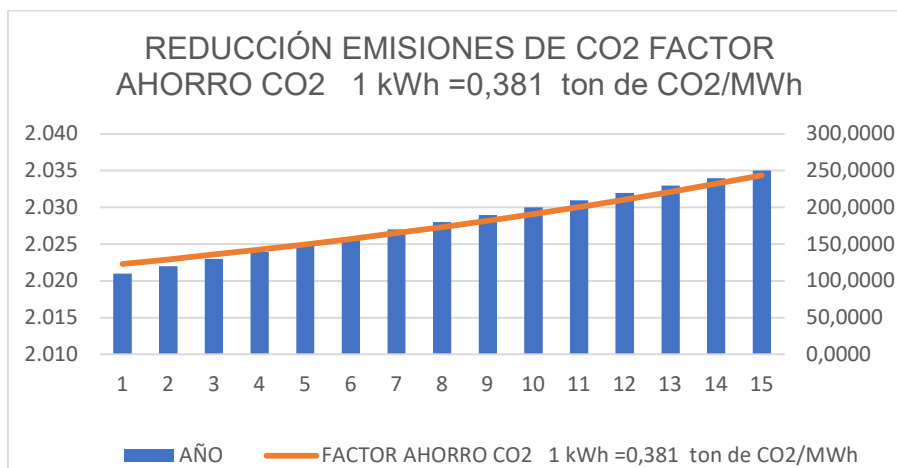
Con respecto a la estimación de los menores valores de liberación de CO<sub>2</sub> como consecuencia del cambio de luminarias tecnología convencional por luminarias tecnología LED para el municipio de Anserma, teniendo en cuenta el crecimiento proyectado de la infraestructura del SALP se establecen las diferencias en el consumo de energía y liberación de CO<sub>2</sub>.

Resultados de la evaluación de la cuantificación de la reducción del consumo de energía y de CO<sub>2</sub> durante la vida útil del proyecto.

El análisis de la información permite determinar las diferencias reales en consumo de energía, así como en reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, la metodología se basa en la establecida por el Gobierno Nacional para el consumo de energía de los sistemas de alumbrado público, así como el factor definido por XM y la UPME para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al

consumo de energía. En la ilustración 6 podemos evidenciar la reducción de las emisiones de CO2 proyectadas:

Ilustración 6. Reducción de emisiones de CO2



Fuente. Elaboración propia

### 10.7 Aspectos ambientales:

Conforme la normatividad establecida por la UPME para inventarios de emisiones de gases efecto invernadero (GEI), huella de carbono o factor de emisión de la generación eléctrica (FEG) el Factor de Emisión del Sistema Interconectado Nacional (SIN) la cual se emplea para proyectos y mediciones específicas de emisiones de GEI, por consumo de energía eléctrica, para calcular inventarios de emisiones de GEI y para calcular la huella de carbono mediante la cual se cuantifican las emisiones de GEI y se identifican las acciones específicas con el fin de mejorar la gestión de los GEI. Todo esto en concordancia con lo establecido en la norma ISO 14067, el Protocolo GHG y la cuantificación de emisiones GEI por unidad generada promedio.

El FEG presenta ventajas significativas en comparación con otros métodos, dado que, por una parte, opera un leguaje de cálculo sencillo y se emplea usualmente para estimar la intensidad de emisiones y por otra parte está ampliamente disponible en fuentes públicas nacionales e

internacionales. En cuanto al cálculo aritmético del FEG, éste es determinado a partir de la relación de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del consumo de combustible y la cantidad de electricidad generada.

Para calcular el Margen Combinado MC del Factor de Emisión, la herramienta establece se utiliza el Cálculo del Margen Combinado FE del SIN 2018 Simple Ajustado así:

Tabla 6. Cálculo del margen combinado. Cálculo del Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> del SIN

Cálculo del Margen Combinado FE del SIN 2018 Simple Ajustado		
EF <sub>grid</sub> MO y	0.578	t CO <sub>2</sub> /MWh
Total, generación	68,949,475	MWh
EF <sub>grid</sub> MC 2018	0.183	tCO <sub>2</sub> /MWh
W <sub>OM</sub>	0,5	-
W <sub>BM</sub>	0,5	-
EF <sub>grid</sub> MC 2018	0.381	tCO <sub>2</sub> /MWh

Fuente: Elaboración propia

El resultado de esta operación para el SALP de Anserma en lo referente a reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> es la siguiente tabla 8:

Tabla 7. Reducción emisiones CO<sub>2</sub> 2021-2035

AÑO	CONSUMO kWh ILUMINACIÓN CONVENCIONAL	CONSUMO kWh ILUMINACIÓN LED	DIFERENCIA CONSUMO ENERGÍA KWH	FACTOR AHORRO CO <sub>2</sub> 1 kWh =0,381 gr de CO <sub>2</sub> /kWh
2.021	743.870	420.463	323.407	123.218
2.022	781.063	441.486	339.577	129.379
2.023	820.116	463.560	356.556	135.848
2.024	861.122	486.738	374.384	142.640
2.025	904.178	511.075	393.103	149.772
2.026	949.387	536.629	412.758	157.261
2.027	996.857	563.460	433.396	165.124
2.028	1.046.699	591.633	455.066	173.380
2.029	1.099.034	621.215	477.819	182.049
2.030	1.153.986	652.276	501.710	191.152
2.031	1.211.685	684.890	526.796	200.709
2.032	1.272.270	719.134	553.135	210.745
2.033	1.335.883	755.091	580.792	221.282
2.034	1.402.677	792.845	609.832	232.346
2.035	1.472.811	832.488	640.323	243.963
TOTAL	16.051.640	9.072.984	6.978.655	2.658.868

Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo a los datos obtenidos sobre el nivel de emisiones generadas en el municipio de Anserma correspondientes a la operación del alumbrado público convencional comparado con la iluminación tecnología Led en esta investigación al realizar las comparaciones de liberación de CO<sub>2</sub> en el primer año con el que se producirá con la modernización a tecnología Led, se logra una disminución de en la reducción de emisiones 123,21 toneladas de CO<sub>2</sub> en el primer año y un total de reducción de 2.658,8Toneladas de CO<sub>2</sub> en el tiempo estimado de proyección en los quince años del proyecto, en los cuales se operaría el SALP bajo las nueva tecnología.

## 11. Expansión del Sistema de Alumbrado Público.

La modernización de las luminarias actualmente instaladas en Anserma representa una mejora significativa en la calidad de vida de los habitantes del municipio, pero es evidente que se requiere ampliar la cobertura de dicho sistema, generando nuevos espacios de desarrollo social, económico y productivo. Las consideraciones de esa expansión se presentan a continuación y con información adicional en [ANEXO 4. METODOLOGÍA DETERMINACIÓN COSTOS MÁXIMOS OPERACIÓN SALP.docx](#)

### 11.1 Programa expansión y modernización del alumbrado público del municipio

En el municipio de ANSERMA CALDAS en tienen establecidos los requerimientos de expansión de la infraestructura de su sistema de alumbrado público, según tabla 9.

Tabla 8. Costos modernización SALP Anserma Caldas

MUNICIPIO DE ANSERMA - CALDAS		
LUMINARIAS EXPANSIÓN		
SECTOR	LUMINARIAS	CANTIDAD
URBANO	LUMINARIAS 30, 60, 80, 120 y 160 W	323
RURAL	LUMINARIAS 30-40 W	120
PARQUES	LUMINARIAS 30, 60, 80, 120 y 160 W	39
<b>TOTAL LUMINARIAS EXPANSIÓN</b>		<b>482</b>

Fuente. Elaboración propia

## 11.2 Cálculo consumo de energía incluida modernización y expansión.

Se procede a modificar el cálculo del aforo de luminarias y consumo del sistema de alumbrado público modernizado más la expansión, para proceder a realizar el modelo financiero conforme lo establece la Resolución CREG 123 de 2011 incluyendo la nueva infraestructura instalada.

Con los nuevos requerimientos de expansión de la infraestructura del sistema de alumbrado público, el municipio tiene un aforo total de las 2.058 luminarias. Ver tabla 10.

Tabla 9. Proyección consumo de energía SALP modernizado.

ALUMBRADO PÚBLICO ANSERMA ALUMBRADO PUBLICO DE ANSERMA CUADRO RESUMEN LUMINARIAS MODERNIZADAS Y CON EXPANSIÓN A LED MES DE ENERO DE 2021							
DESCRIPCION DE LA FUENTE LUMINOSA	TIPO	POTENCIA DEL BOMBILLO [W]	POTENCIA CONSUMIDA POR LUMINARIA [W]	CANTIDAD REPARADA MENSUAL	TOTAL DE LAMPARAS MENSUAL FUNCIONANDO	TOTAL POTENCIA [KW]	TOTAL ENERGIA [KWH]
METAL HALIDE	LUMINARIA	70	81	0	0	0,000	0,000
		150	168	0	0	0,000	0,000
		250	276	0	0	0,000	0,000
		400	479	0	0	0,000	0,000
Halógena	MERCURIO	125	137	0	0	0,000	0,000
LED	LUMINARIA	30	30	0	1,750	52,500	19.530,000
		60	60	0	262	15,720	5.847,840
		80	80	0	40	3,200	1.190,400
		120	120	0	3	0,360	133,920
		160	160	0	3	0,480	178,560
TOTALES				0	2.058	72,260	26.880,720
TOTAL POTENCIA ACTUAL EN LUMINARIAS INSTALADAS (kW)						72,26	26.880,720
EFICIENCIA DEL SISTEMA EN PORCENTAJE %						98,00%	
CANTIDAD TOTAL DE HORAS MES ' T ' = T x Fu = 30*24 * 50 %				# Días mes	31	372	
TOTAL CONSIDERANDO EL FACTOR DE EFICIENCIA						70,81	26.343,11

Fuente. Elaboración propia.

El consumo total de energía del SALP del municipio de Anserma Caldas incluida la modernización y expansión del SALP a luminarias tecnología Led es de 26.343kWh mes. Este

consumo relativamente bajo incorporando los requerimientos de expansión prioritaria del SALP se logra debido a la utilización de luminarias tecnología Led ahorradoras de energía

### **11.3 Costos prestación del servicio de alumbrado público CSE-CAOM-CINV.**

Para determinar los costos desagregados de la prestación del servicio de alumbrado público en el Municipio de ANSERMA – CALDAS y para cumplir con lo establecido en el artículo 2.2.3.6.1.8. del Decreto 1073 de 2015 modificado por el decreto 943 de 2018, hemos aplicado la metodología reglamentada en la Resolución 123 de 2011 de la CREG toda vez que de conformidad con lo registrado en el párrafo de dicho artículo "mientras el Ministerio de Minas y Energía o la entidad que para estos efectos sea delegada, no establezca la metodología para la determinación de los costos por la prestación del servicio de alumbrado público, se seguirá aplicando la metodología establecida en la resolución CREG 123 de 2011 y todas aquellas resoluciones que la modifiquen, adicionen o complementen que para los efectos se entienden vigentes", para remunerar a los prestadores del servicio, así como el uso de los activos de terceros vinculados al sistema de alumbrado público, incluida la modernización del sistema con luminarias Leds y la expansión del mismo. Ampliación de la información en [ANEXO 4. METODOLOGÍA DETERMINACIÓN COSTOS MÁXIMOS OPERACIÓN SALP.docx](#)

Se ha tenido en cuenta, además de las definiciones establecidas en las Leyes 142 y 143 de 1994, el Decreto 2424 de 2006, resoluciones CREG 122, 123 de 2011 Y 005 de 2012, la Resolución MME No 181294 de 2008, modificada mediante Resolución MME No. 180195 de 2009, que contienen el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas-RETIE-, y las Resoluciones MME No. 181331 2009 y 180265, 180540 y 181568 de 2010, Decreto Único reglamentario 1073 de 2015, 40122 del 8 de Febrero de 2016 y 943 del 30 de Mayo de 2018 que contienen el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público -RETILAP, o aquellas

que las modifiquen, adicionan o complementan. Ampliación de la información en [ANEXO 3](#)  
[NORMATIVIDAD VIGENTE ALUMBRADO PÚBLICO COLOMBIA.docx](#)

#### 11.4 Costos estimados modernización SALP.

El valor estimado de la inversión a realizar en el municipio de Anserma Caldas para la modernización y expansión del Sistema de Alumbrado Público es de dos mil ciento dieciséis millones seiscientos treinta y dos mil setecientos tres pesos correspondientes a la instalación de un total de 1.576 luminarias tecnología Led Ahorradoras de energía. Las cifras se condensan en la tabla 11.

Tabla 10. Costos estimados modernización SALP Anserma

MUNICIPIO DE ANSERMA - CALDAS			
RESUMEN INVERSIÓN			
MODERNIZACIÓN Y EXPANSIÓN DEL SALP			
ITEM UCAP	CANTIDAD	VR. UCAP	TOTAL
LUMINARIA LED 30W	1.750	1.400.306	2.450.535.533
LUMINARIA LED 60W	262	1.541.971	403.996.459
LUMINARIA LED 80W	40	2.015.242	80.609.678
LUMINARIA LED 120W	3	2.269.368	6.808.103
LUMINARIA LED 160W	3	2.460.071	7.380.212
TELEGESTIÓN	300	720.341	216.102.153
			<b>\$ 3.165.432.139</b>

Fuente. Elaboración propia

Las cantidades planteadas corresponden a 1576 luminarias que se deben modernizar y 482 luminarias requeridas para la expansión prioritaria del Sistema de Alumbrado Público del municipio, para un total de 2.058 luminarias nuevas tecnología Led ahorradoras de energía a instalar junto con los componentes necesarios para su correcto funcionamiento correspondientes a brazos, cableados, fotoceldas y collarines para garantizar la correcta prestación del servicio, la

ampliación de la cobertura actual y el ahorro de energía conforme lo establecido en el Decreto 943 de 2018.

Se proyecta también efectuar un protocolo de 300 luminarias tele gestionadas.

### 11.5 Remuneración Actividad Inversión del SALP.

Costo máximo de la actividad de inversión del sistema de alumbrado público:

Artículo 20. Costo máximo de la Actividad de Inversión del Sistema de Alumbrado Público. Con el fin de remunerar el costo máximo de la Actividad de Inversión del Sistema de Alumbrado Público se aplicará la siguiente expresión:

$$CINV = \sum_{n=1}^2 (CAAn * ID)$$

Donde:

n: Nivel de tensión 1 o 2.

CINV: Costo máximo de la Actividad de Inversión del SALP en pesos constantes.

CAAn: Costos anual equivalente de los activos del SALP del nivel de tensión n en pesos constantes.

ID: Índice de disponibilidad de las luminarias del SALP, calculado de acuerdo con el artículo 22 de la presente Resolución.

Parágrafo 1. Los municipios o distritos son libres de pactar con los prestadores del servicio de alumbrado público la periodicidad del pago de la remuneración del costo máximo de esta actividad.

Parágrafo 2. La remuneración de la inversión no aplica a la infraestructura de propiedad del municipio o distrito entregada al prestador del Servicio de Alumbrado Público. Para esta infraestructura sólo se reconocen la modernización y reposición.

Artículo 21. Costo anual equivalente de los activos del Sistema de Alumbrado Público. El costo anual equivalente de los activos del Sistema de Alumbrado Público del nivel de tensión “n”, se determinará de conformidad con las siguientes disposiciones:

- a. Los inventarios de activos construidos en desarrollo de la Actividad de Inversión, puestos en uso, serán valorados según metodología establecida en el Anexo de la presente Resolución.
- b. Los terrenos asociados con cada subestación construidos por el prestador del Servicio de Alumbrado Público, indicando para cada terreno su área (m<sup>2</sup>) y valor catastral total.
- c. Los activos no eléctricos, necesarios para la prestación del Servicio de Alumbrado Público.

De acuerdo con lo anterior el Costo anual equivalente de la infraestructura de cada nivel de tensión n se determinará así:

$$CAAn = CAAEn + CATn + CAANEn$$

Donde:

n: Nivel de tensión 1 o 2

CAAn: Costo anual equivalente de todos los activos del nivel de tensión n en pesos constantes.

CAAEn: Costo anual equivalente de los activos eléctricos en el Nivel de Tensión n en pesos constantes.

CATn: Costo anual de terrenos de subestaciones en el nivel de Tensión n en pesos constantes.

CAANEn: Costo anual equivalente de los activos no eléctricos asignable al Nivel de Tensión n en pesos constantes.

Costo anual equivalente de los activos eléctricos para el Nivel de Tensión n se determinará así:

$$CAAEn = \sum_{i=1}^{NRn} \left( CR_i * \frac{r}{1 - (1+r)^{-vi}} \right)$$

Donde:

n: Nivel de tensión 1 o 2.

CAAEn: Costo anual equivalente de los activos del SALP en el Nivel de Tensión n en pesos.

NRn: Número total de UC que conforman cada activo, instalado y puesto en operación en el Nivel de Tensión n por el prestador de la Actividad de Inversión.

CRi: Costo de Reposición a nuevo de la UC i que conforma cada activo de alumbrado público, instalado y puesto en operación en el nivel de tensión n, en pesos contantes del mes de presentación de la oferta por parte del prestador de la Actividad de Inversión, o del mes de actualización de precios.

r: Tasa de Retorno establecida para la actividad de distribución de energía eléctrica para los sistemas que se remuneran con la Metodología de Precio Máximo.

Vi: Vida útil en años, reconocida para la UCAP<sub>i</sub> conforme a lo establecido en el Anexo de la presente Resolución.

Parágrafo 1. El Costo de reposición a nuevo de un activo se obtiene de los procesos de compra efectuados por el municipio o distrito o por el prestador de la actividad de inversión.

Parágrafo 2. El Costo de reposición a nuevo de un activo no varía durante toda su vida útil.

Parágrafo 3. Los costos de las Unidades Constructivas del Sistema de Alumbrado Público podrán actualizarse conforme a la variación de los precios de mercado de las UCAP, y dichos costos actualizados solo podrán aplicarse a las UCAP nuevas que se instalen, para lo cual deberá ajustarse la remuneración de las actividades de inversión y de AOM del respectivo activo de alumbrado público.

Para el cálculo inicial se tomarán los valores bases obtenidos de la aplicación de las fórmulas de la Resolución CREG 123-2011 para el periodo después de efectuar la modernización, condensados en la tabla 12.

Tabla 11. Remuneración CINV

CINV	
CRI	\$ 3.165.432.132
R	0,1164
Vi	15
CAAE	\$457.243803
fM	0,08
CAT	\$ -
NE	0,041
CAAE	\$36.501.983
CAANE	\$ 1496.581
ID	99,74%
	1,010
TOTAL, CINV	\$ 37.609.535

Fuente. Elaboración propia.

CINV= \$451.314.420 Año o un promedio de 37.609.535 mes en promedio después de modernizado el SALP

Este valor mensualizado, la proyección año y la prospectiva se podrán apreciar en el modelo financiero, es de destacar que este valor es dinámico y susceptible a cambios en el IPC, el crecimiento vegetativo y las condiciones macroeconómicas.

Para la actividad de suministro de energía la Resolución CREG 123 de 2011 establece:

#### 11.6 Costo máximo actividad administración, operación y mantenimiento SALP

Para la remuneración máxima de los gastos en CAOM al prestador de servicio, la resolución calcula una tasa de 0,103 como Fracción máxima del costo de reposición (FAOM) a

nuevo CRTA n (Costo de reposición a nuevo de todos los activos del SALP del nivel de tensión n. Incluye el costo de la infraestructura entregada por el municipio y/o distrito y resultado de la expansión, modernización y reposición en pesos constantes del mes de presentación de la oferta por parte del prestador del Servicio de Alumbrado Público, o del mes de actualización de precios).

Se determinará así:

$$CAOM = \sum_{n=1}^2 [(CRTAn * (FAOM + FAOMS) * ID) - VCEEIn]$$

Donde:

n: Nivel de tensión 1 o 2

CAOM: Costos de administración, operación y mantenimiento de la infraestructura en pesos

CRTAn: Costo de reposición a nuevo de todos los activos del SALP del nivel de tensión n.

Incluye el costo de la infraestructura entregada por el municipio y/o distrito y aquel resultado de la expansión, modernización y reposición en pesos constantes del mes de presentación de la oferta por parte del prestador del Servicio de Alumbrado Público, o del mes de actualización de precios.

FAOM: Fracción máxima del costo de reposición a nuevo CRTAn que reconoce los gastos de AOM. Su valor es 0,103

FAOMS: Fracción máxima del costo de reposición a nuevo CRTAn que reconoce los gastos AOM adicionales en zonas de contaminación salina. Su valor es 0,005.

ID: Índice de disponibilidad de las luminarias del SALP. Sólo se considera la indisponibilidad de aquellas luminarias reportadas al SIAP como prendidas cuando deben estar apagadas.

VCEEIn: Valor en pesos del consumo de energía eléctrica por indisponibilidad de luminarias en el nivel de tensión n. Sólo se consideran aquellas luminarias que están reportadas al SIAP como prendidas cuando deben estar apagadas.

Parágrafo 1. El costo de reposición a nuevo de cada activo del SALP del nivel de tensión n, se obtiene como la suma de los costos de reposición a nuevo de cada una de las UC que componen cada activo, en pesos constantes del mes de presentación de la oferta por parte del prestador del Servicio de Alumbrado Público, o del mes de actualización de precios.

Parágrafo 2. Los municipios o distritos son libres de pactar con los prestadores del servicio de alumbrado público la periodicidad del pago de la remuneración del costo máximo de esta actividad.

Para el cálculo inicial se tomarán los valores bases obtenido de la aplicación de las fórmulas de la Resolución CREG 123-2011 para el periodo después de efectuar la modernización. Ver tabla 13.

Tabla 12. Estimación VCEE.

CRTA	\$3.361.469.527
FAOM	10,3%
FAOMS	0,0%
ID	99,74%
VCEE	\$37.225

Fuente. Elaboración propia

CAOM=  $3.361.469.527 * (0.103+0) * 0.9974 - 37.225 = \$345.293.935$  Año o  $\$28.774.495$  mes en promedio después de modernizado el SALP

### 11.7 Costo Estimado Suministro de Energía del SALP.

Valor del consumo de energía eléctrica por indisponibilidad de luminarias

El valor del consumo de energía eléctrica debido a indisponibilidad de luminarias en cada nivel de tensión  $n$ , se calculará así:

$$VCEEI_n = TEE_n * \sum_{j=1}^m (Q_{I,j,n} * TI_{j,n})$$

Donde:

$VCEEI_n$ : Valor en pesos del consumo de energía eléctrica debido a indisponibilidad de luminarias del Sistema de Alumbrado Público, en el nivel de tensión  $n$ . Sólo se consideran aquellas luminarias que están reportadas al SIAP como prendidas cuando deben estar apagadas.

$n$ : Nivel de tensión 1 o 2

$TEE_n$ : Tarifa del suministro de energía eléctrica para el Servicio de Alumbrado Público en el nivel de tensión  $n$  en \$/kWh.

$Q_{I,j,n}$ : Carga de la luminaria  $j$  en kW, reportada con indisponibilidad en el SIAP de Servicio de Alumbrado Público en el nivel de tensión  $n$ . Incluye la carga de la bombilla de la luminaria y de los demás elementos internos para su funcionamiento.

$TI_{j,n}$ : Número total de horas de indisponibilidad de la luminaria  $j$ , reportada en el SIAP en el nivel de tensión  $n$ . Son las horas desde el momento que se reporta la anomalía, hasta cuando el prestador del Servicio de Alumbrado Público la reporta en servicio normal.

$m$ : Número total de luminarias del nivel de tensión  $n$ , reportadas al registro de quejas y reclamos del SIAP, del municipio o distrito durante el periodo de remuneración.

Conforme las tarifas presentadas por el Operado de Red se proceden a estimar el valor del consumo de energía del SALP del municipio modernizando las 1576 luminarias y realizando la expansión prioritaria del SALP de 482 luminarias con lo cual se presenta un consumo estimado de energía así:

Conforme lo anterior el consumo de energía estimado de la expansión más la modernización para un mes de 30 días se recoge en la tabla 14.

Tabla 13. Consumo de energía kWh mes modernizado

ALUMBRADO PUBLICO DE ANSERMA						
CUADRO RESUMEN LUMINARIAS MODERNIZADAS Y CON EXPANSIÓN A LED						
AÑO 2021 MES PROMEDIO DE 30 DÍAS						
DESCRIPCION DE LA FUENTE LUMINOSA	TIPO	POTENCIA DEL BOMBILLO [W]	POTENCIA CONSUMIDA POR LUMINARIA [W]	TOTAL DE LAMPARAS MENSUAL FUNCIONANDO	TOTAL POTENCIA [KW]	TOTAL ENERGIA [KWH]
METAL HALIDE	LUMINARIA	70	81	0	0,000	0,000
		150	168	0	0,000	0,000
		250	276	0	0,000	0,000
		400	479	0	0,000	0,000
Halógena	MERCURIO	125	137	0	0,000	0,000
LED	LUMINARIA	30	30	1.750	52,500	18.900,000
		60	60	262	15,720	5.659,200
		80	80	40	3,200	1.152,000
		120	120	3	0,360	129,600
		160	160	3	0,480	172,800
TOTALES				2.058	72,260	26.013,600
TOTAL POTENCIA ACTUAL EN LUMINARIAS INSTALADAS (kW)					72,26	26.013,600
EFICIENCIA DEL SISTEMA EN PORCENTAJE %					98,00%	
CANTIDAD TOTAL DE HORAS MES ' T ' = T x Fu = 30*24 * 50 % # Días mes				30	360	
TOTAL CONSIDERANDO EL FACTOR DE EFICIENCIA					70,81	25.493,33

Fuente. Elaboración propia

Conforme lo anterior se procedió a verificar el costo actual del kWh suministrado por el Operador de Red en el municipio de Anserma Caldas y registrado en la tabla 15.

Tabla 14. Tarifas Operador de Red

AGOSTO-2020							
MERCADO DE COMERCIALIZACION CHEC							
NIVELES DE TENSIÓN							
COMPONENTES MONOMIOS DEL COSTO UNITARIO DE PRESTACION DEL SERVICIO	Nivel 1 Activos Propiedad CHEC	Nivel 1 Activos Propiedad del Cliente con AOM	Nivel 1 Activos Propiedad del Cliente sin AOM	Nivel 1 Activos Compartidos	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Gm.J,j COSTOS DE COMPRA DE ENERGIA	211.7805	211.7805	211.7805	211.7805	211.7805	211.7805	211.7805
Tm CARGOS POR USO DEL STN	38.0955	38.0955	38.0955	38.0955	38.0955	38.0955	38.0955
Dn,m CARGOS DE DISTRIBUCION	216.8834	168.0717	155.3966	192.4776	141.3624	58.0165	26.7932
Cvm,l,j COSTOS DE COMERCIALIZACION	82.5091	82.5091	82.5091	82.5091	82.5091	82.5091	82.5091
PRn,m,l,j COSTO DE PÉRDIDAS DE ENERGIA	47.8202	47.8202	47.8202	47.8202	25.0580	20.1508	16.5326
Rm,i COSTO DE RESTRICCIONES	19.5617	19.5617	19.5617	19.5617	19.5617	19.5617	19.5617
CUVn,m,l,j Res CREG 119/2007	616.6507	567.8390	585.1658	592.2448	518.3674	430.1143	395.2728
CUVn,m,l,j Op. Tarifaria Res CREG 012/2020	602.9363	552.0815	539.0947	577.5089	507.3797	422.2520	385.8016
CUFm,j	0	0	0	0	0	0	0
TARIFAS SUBSIDIADAS (Consumo de Subsistencia) - RANGO DE CONSUMO 0-173 kWh/MES PARA ALTURAS INFERIORES A 1000m Y 0-130 kWh/MES PARA ALTURAS SUPERIORES O IGUALES A 1000m							
CLASE DE SERVICIO	Nivel 1 Activos Propiedad CHEC	Nivel 1 Activos Propiedad del Cliente con AOM	Nivel 1 Activos Propiedad del Cliente sin AOM	Nivel 1 Activos Compartidos	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Residencial Estrato 1	245.8728	223.3355	217.1416	234.6042	N.A.	N.A.	N.A.
Residencial Estrato 2	303.5702	277.9656	271.4270	290.7681	N.A.	N.A.	N.A.
Residencial Estrato 3	512.4959	469.2693	458.2305	490.8826	N.A.	N.A.	N.A.
TARIFA PLENA PARA CONSUMO SUPERIOR A 173 kWh/MES PARA ALTURAS INFERIORES A 1000m Y CONSUMO SUPERIOR A 130 kWh/MES PARA ALTURAS IGUALES O SUPERIORES A 1000m							
CLASE DE SERVICIO	Nivel 1 Activos Propiedad CHEC	Nivel 1 Activos Propiedad del Cliente con AOM	Nivel 1 Activos Propiedad del Cliente sin AOM	Nivel 1 Activos Compartidos	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Residencial Estrato 1-2-3	602.9363	552.0815	539.0947	577.5089	507.3797	422.2520	385.8016
TARIFAS SIN CONTRIBUCION TODO CONSUMO							
CLASE DE SERVICIO	Nivel 1 Activos Propiedad CHEC	Nivel 1 Activos Propiedad del Cliente con AOM	Nivel 1 Activos Propiedad del Cliente sin AOM	Nivel 1 Activos Compartidos	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Residencial Estrato 4 - ESPECIAL-OFICIAL-ALUMBRADO PUBLICO	602.9363	552.0815	539.0947	577.5089	507.3797	422.2520	385.8016
TARIFAS CON CONTRIBUCION TODO CONSUMO							
CLASE DE SERVICIO	Nivel 1 Activos Propiedad CHEC	Nivel 1 Activos Propiedad del Cliente con AOM	Nivel 1 Activos Propiedad del Cliente sin AOM	Nivel 1 Activos Compartidos	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Residencial Estrato 5 y 6 - INDUSTRIAL-COMERCIAL-PROVISIONAL	723.5236	662.4978	646.9136	693.0107	608.8556	506.7024	462.9619

El valor del kWh establecido es de 539,09 y el consumo es de 25.493,33 lo que nos da un resultado estimado del costo del suministro de energía para un mes de 30 días incluida la modernización y expansión del SALP a Led es de \$13.743.199,3.

## 12. Proyección de la información del informe final.

Los documentos para anexarse para el informe final están basados principalmente en el marco normativo, ambiental la documentación necesaria que respalda la ejecución del proyecto desde el punto de vista técnico, los beneficios financiero, ambiental y legal.

El proyecto por sus características busca generar las alternativas necesarias para realizar la modernización y expansión de la infraestructura del municipio cumpliendo con los parámetros legales basados en criterios de responsabilidad ambiental y de eficiencia energética.

En la primera parte el informe final abordará todo el marco normativo y legal, lo establecido en el Decreto 943 de 2018 Artículo 2.2.3.6.1.2. Prestación del Servicio. Parágrafo 1

que determina que la modernización, expansión y reposición del sistema de alumbrado público debe buscar la optimización de los costos anuales de inversión, suministro de energía y los gastos de administración, operación, mantenimiento e interventoría, así como la incorporación de desarrollos tecnológicos. Las mayores eficiencias logradas en la prestación del servicio que se generen por la reposición, mejora, o modelización del sistema, deberán reflejarse en el estudio técnico de referencia.

Posteriormente abordara los beneficios financieros, los cuales garantizan el repago de la inversión con los menores costos por concepto de suministro de energía y costos de administración, operación y mantenimiento, en el mismo también se incorporan alternativas de compra de energía en bolsa para ayudar a el repago de la inversión en el modelo financiero, e igualmente a disminuir los costos de la prestación del servicio.

La información principal por tratarse de un proyecto de responsabilidad ambiental se basará en la normatividad existente en Colombia para la prestación del servicio de alumbrado público enfocándose principalmente en lo establecido en el Decreto 2424 de 2006 Artículo segundo definición del servicio de alumbrado público como el servicio público no domiciliario que se presta con el objeto de proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes de uso público y demás espacios de libre circulación con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un Municipio o Distrito, en el artículo 4 que hace referencia a la prestación del servicio en la cual se establece que los municipios o distritos son los responsables de la prestación del servicio de alumbrado público. El Municipio o Distrito lo podrá prestar directa o indirectamente, a través de empresas de servicios públicos domiciliarios u otros prestadores del servicio de alumbrado público y en lo que corresponde a los criterios para definir

la metodología los cuales se basan en la eficiencia económica, la eficiencia financiera, la simplicidad, transparencia e integralidad.

El Artículo 2.2.3.6.1.3. Estudio Técnico de Referencia De conformidad con lo dispuesto en el artículo 351 de la Ley 1819 de 2016, los municipios y distritos deberán realizar, dentro de un plazo razonable, un estudio técnico de referencia de determinación de costos estimados de prestación en cada actividad del servicio de alumbrado público, que deberá mantenerse público en la página web del ente territorial.

Y el Artículo 2.2.3.6.1.8 Metodología para la determinación de los costos por la prestación del servicio de alumbrado público el cual establece que:

- 1) Costos totales y discriminados por unidades constructivas asociados a la inversión, modernización, expansión y reposición del sistema de alumbrado público.
- 2) Los costos de referencia asociados a la administración, operación, mantenimiento y desarrollo tecnológico del sistema de alumbrado público.
- 3) Los costos de las interventorías de los contratos para la prestación del servicio de alumbrado público.
- 4) Los costos de la actividad de suministro de energía.
- 5) Los costos asociados a la gestión ambiental de los residuos del alumbrado público.

Con la información anterior y el marco normativo el trabajo se basará en la formulación de la propuesta de modernización de la infraestructura del alumbrado público del municipio de Anserma abordando los costos definitivos, la comparación de la infraestructura convencional

actual con la infraestructura modernizada, las emisiones de CO<sub>2</sub> y los beneficios medioambientales de la ejecución del proyecto para el municipio.

## Conclusiones

Se evidencia la importancia de implementar el proyecto lo antes posible con el fin de dar cumplimiento al Decreto 943 de 2018 y con ello garantizar la expansión prioritaria de la infraestructura de alumbrado público (482 luminarias) que en la actualidad se requiere para garantizar la correcta prestación del servicio. Este estudio le permite al municipio ajustarse a la normas y regulación vigente como el Estatuto de Contratación Pública colombiano, la Regulación CREG 123 de 2011 y el Decreto 943 de 2018 y a las disposiciones del Ministerio de Minas y Energía de Colombia

Con el trabajo de campo y la documentación obtenida la modernización de alumbrado público tratada en este estudio, se logra una reducción en el consumo de energía del 50% y entre 50% y 60% en gastos de operación y mantenimiento. La modernización de la infraestructura del alumbrado público del municipio de Anserma se convierte en una posibilidad de desarrollo para el municipio aprovechando las ventajas competitivas y comparativas que generan este tipo de proyectos y convirtiéndolo en un municipio más incluyente enfocado al desarrollo sostenible en un entorno de responsabilidad ambiental.

Se establece que los beneficios del proyecto financieros, ambientales y de impacto social con reducción del 50% en los costos de operación. La cuantificación reducción del consumo de energía se realizó conforme a la Resolución CREG 123 de 2011 dando como resultado una reducción de 4.001.360 KWH en el periodo establecido de quince años. La cuantificación de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, se utilizó la metodología establecida por la UPME

correspondiente Factor de Emisión del Sistema Interconectado Nacional (SIN), generando una reducción de 5.334,51 Toneladas de CO2 en los quince años.

La tecnología LED permite prestar el servicio no domiciliario de alumbrado públicos de manera eficiente, brindando seguridad. Debido a la modernización se generan herramientas para evitar el alza en tarifas por concepto de alumbrado público. La infraestructura será en su totalidad propiedad del municipio, gracias a esto se genera una viabilidad financiera de 15 años según este estudio.

### Recomendaciones

El municipio debe identificar a otros Contribuyentes e incorporar a su base tributaria del impuesto de alumbrado público los clientes de Actividades Económicas Especiales de los operadores de red eléctrica diferentes a CHEC S.A E.S.P. según la recomendación aportada por este estudio y hacerlo aprobar mediante un Acuerdo Municipal modificando el Estatuto tributario para darle aplicabilidad al Acuerdo Municipal

Implementando los Diseños de Iluminación LED conforme lo determinado en este estudio, el municipio de Anserma Caldas bajo estándares de eficiencia energética podría amortizar y financiar su propio proyecto de modernización y expansión en tecnología LED y mejorar considerablemente la calidad de vida nocturna de sus habitantes.

El Artículo 29 de la Ley 1150 de 2007, "Elementos que se deben cumplir en los contratos estatales de alumbrado público", establece que "...Todos los contratos en que los municipios o distritos entreguen en concesión la prestación del servicio de alumbrado público a terceros, deberán sujetarse en todo a la Ley 80 de 1993, contener las garantías exigidas en la misma, incluir la cláusula de reversión de toda la infraestructura administrada, construida o modernizada, hacer obligatoria la modernización del Sistema, incorporar en el modelo financiero y contener el plazo correspondiente en armonía con ese modelo financiero. Así mismo, tendrán una interventoría idónea, con esto se garantiza la correcta ejecución del modelo contractual establecido.

El municipio de Anserma Caldas no busque concesionar con un operador privado el servicio de alumbrado público, tampoco podría desligarse de esta disposición legal que lo obliga a cumplir con los principios de la contratación pública estatal consagrados en la Ley 80 de 1993

y a diferenciar claramente entre otros el contrato de operación, administración, modernización, y mantenimiento de aquel a través del cual se adquiera la energía eléctrica.

Con este proyecto de modernización y expansión de la infraestructura de alumbrado público en el municipio Anserma Caldas podrá garantizar la prestación del servicio por los próximos 15 realizando contratos a largo plazo de los siguientes servicios:

- a. Contrato de Suministro de Energía Eléctrica.
- b. Contralto de Interventoría
- c. Efectuar el acuerdo o contrato de Facturación y Recaudo.

De acuerdo con este estudio y una vez analizadas las diferentes posibilidades para dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 943 de 2018, se recomienda al municipio de Anserma Caldas, como la mejor alternativa para operación del alumbrado público del municipio bajo los siguientes aspectos:

1. Estudiar la posibilidad de realizar en el mediano plazo la actualización del impuesto de alumbrado público sin efectuar incrementos a los usuarios residenciales y a los comerciales catalogados como tiendas, establecimientos de comercio al por menor y otros que no generan grandes ingresos derivados de las actividades económicas que realizan.
2. Realizar un contrato interadministrativo el cual como se pudo evidenciar y evaluar es la mejor forma para que el municipio no comprometa recursos propios ni endeudamiento que pueden ser empleados en otras obligaciones de mayor importancia como la salud, la educación el fortalecimiento de las instituciones, el turismo y demás actividades que requieren ser impulsadas.

El proyecto igualmente requiere la contratación de una entidad financiera organizada como sociedad fiduciaria, debidamente vigilada por Superintendencia Financiera de Colombia, con el fin de constituir encargo fiduciario que tenga por finalidad la administración y pagos derivados de la operación de la sociedad, particularmente lo relacionado con recibir el valor recaudado por los responsables del Impuesto de alumbrado público conforme la cesión que autorice el respectivo acto administrativo que emane el municipio.

Esto con el fin de administrar los recursos y darle continuidad a la operación del sistema en cumplimiento a los compromisos derivados de la ejecución de su objeto, principalmente a quienes pueden ser considerados beneficiarios privilegiados de pagos como son los proveedores de energía, arrendatarios de tecnología y la firma interventora del sistema de alumbrado público entre otros.

El contrato interadministrativo deberá ser el encargo de asesorar al municipio en la Compra de energía para el sistema de alumbrado público, administrar operar y mantener el sistema de alumbrado público, igualmente deberá efectuar la modernizaciones y expansiones requeridas para operar bajo las premisas de suficiencia financiera y eficiencia técnica garantizando la correcta operación del servicio y adoptando nuevas tecnologías basadas en el uso racional y eficiente de la energía y cumplir con lo establecido en el decreto 943 de 2018. Las anteriores recomendaciones son basadas y cumplen con El Plan de Desarrollo del Municipio de Anserma 2020-2023 “CIUDAD REGIÓN 500 AÑOS” en lo que corresponde al alumbrado público y a la mejora de las condiciones de la población.

## Referencias

- Argüelles, D. (2013). Guía para la presentación de trabajos científicos bajo estándar APA en la Universidad EAN. Bogotá: Publicaciones EAN. Disponible en <https://bit.ly/2SfSiEI>.
- Gerencia de Investigaciones. (2019). Campos, grupos y líneas de investigación en la Universidad EAN. Bogotá: Universidad EAN. Disponible en <https://bit.ly/2PLnD0j>.
- Hernández, R. y Mendoza, C.P. (2018). Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Bogotá, McGraw-Hill, primera edición. Disponible en <https://bit.ly/35MmICD>.
- Astier, G. (2018). Alumbrado público con tecnología Led. Coordinación de protecciones en zona rural. Determinación de ubicación de puestos aéreos de transformación en la ciudad de Avellaneda. (Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Nacional) Repositorio institucional abierto. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12272/2734>.
- Balza, L., Espinasa, R., y Serebrisky, T. (2016). Necesidades de Energía para América Latina y el Caribe al 2040. BID Banco Interamericano de Desarrollo.
- Benavides-Ballesteros, H. O., León-Aristizábal, G. E. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Subdirección de meteorología.
- Benjumea-Mesa, M. S. (2009). *Propuesta para la implementación del sistema “LED” para la iluminación pública en Antioquia*. (Tesis de pregrado, Escuela de ingeniería de Antioquia). Repositorio institucional E. I. A.
- Briñón, M. E., Cardona, H. A. (2015). Diseño de iluminación LED de alta eficiencia en el proyecto Microred de la Universidad Pontificia Bolivariana. *Vol., 1*, 1-14.
- De la Fuente, J., D’Onofrio, S., Natale, M. (2019). *Alimentación eléctrica y alumbrado público con energía renovable y eficiencia energética de un conjunto habitacional de 530 viviendas unifamiliares*. (Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Nacional) Repositorio institucional abierto. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12272/3865>.
- Decreto Único Reglamentario 1073 de la Republica de Colombia, Bogotá, Colombia, 26 de mayo de 2015. Sector Minas y Energía.

- Decreto 943, Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural de la República de Colombia, Colombia, mayo 30 de 2018.
- Flores Fueres, G. A. (2016). *Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando luminarias LED y alimentación solar fotovoltaica*. (Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana). Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12213>.
- Gómez Carrillo, G. F. (2015). *Análisis técnico para la implementación de procesos de interventoría de alumbrado público en el municipio de Pamplona, Norte de Santander*. (Tesis de especialización, Universidad Santo Tomás) Repositorio institucional. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/11634/880>.
- Hernández Moreno, S. (2015). Análisis comparativo por ciclo de vida de tres tipos de luminarias empleadas en los interiores de edificios. *Nova scientia*, 7(14), 538-559.
- Labán Hajar, J. H. (2018). *Análisis, diseño y selección de alternativas de iluminación para alumbrado público con nuevas tecnologías*. (Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú) Repositorio institucional. Recuperado de: <http://146.20.92.109/handle/UTP/972>
- León Rojas, M. A., y Segura Montenegro, M. C. (2018). Legalidad de la adopción del impuesto de alumbrado público previo a la expedición del Decreto 943 de 2018. *Revista del Instituto Colombiano de Derecho Tributario*, 79(55), 339-345. Recuperado de [https://revistaicdt.icdt.co/wp-content/Revista%2079/PUB\\_ICDT\\_Revista%20ICDT%2079\\_Bogota\\_18.pdf#page=339](https://revistaicdt.icdt.co/wp-content/Revista%2079/PUB_ICDT_Revista%20ICDT%2079_Bogota_18.pdf#page=339).
- Lizano Rojas, J. P. (2016). *Propuesta de un sistema de gestión de activos para el negocio de generación de energía eléctrica de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia SA*. (Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica) Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/67745038.pdf>.
- López Arias, S. (2015). *Iluminación y alumbrado público*. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia) Repositorio institucional UN. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/54043/1053814558.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Montes, F. H., y Figueroa, S. B. (2018). Tensiones entre el contrato de concesión y las asociaciones público-privadas para la prestación del servicio de alumbrado público. *Derectum*, 3(2), 49-71.

- Navas Amaya, Ó. D., y Amaya Arias, M. M. (2017). Aspectos ambientales de la prestación de los Servicios Públicos Domiciliarios. Colombia, Bogotá. Universidad Externado de Colombia.
- Orellana Lalangui, A. G., y Sarango Chamba, J. F. (2015). *Estudio de factibilidad para el uso de energía solar y eólica en sistemas de alumbrado público para la vía de Integración Barrial, sector El Plateado servido por Empresa Eléctrica Regional del Sur*. (Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana). Repositorio institucional. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7872/1/UPS-CT004708.pdf>.
- Latina, A., & el Caribe, U. N. E. S. C. O. (2014). Banco Interamericano de desarrollo. *Ministerio de*.
- Peña Guzmán, C. A., Melgarejo Moreno, J., & Prats Rico, D. (2016). El ciclo urbano del agua en Bogotá, Colombia: estado actual y desafíos para la sostenibilidad. *Tecnología y Ciencias del agua*, 7(6), 57-71.
- Pinto, G. A. O., Plata, G. O., Duarte, L. Y. A., & Mejía, R. V. (2014). Control of a Hybrid Illumination System in a Tropical Zone. *Applied Mechanics and Materials*, 704, 368–372. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.704.368>.
- Sepúlveda Jaramillo, J. J. (2015). *Acciones de adaptación y mitigación al cambio climático en la planificación de la ciudad de Medellín: de la sostenibilidad a la resiliencia urbana*. (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia) Escuela de Planeación Urbano-Regional. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55419>.
- Sbrugnera, G. A. (2016). *Eficiencia energética en empresas de agua y saneamiento. Desarrollo sostenible de servicio y tarifa* (Tesis de maestría, Universidad Empresarial Siglo 21). Repositorio institucional UESiglo21.
- Serrano-Tierz, A., Martínez-Iturbe, A. M., Guarddon-Muñoz, O. y Santolaya-Sáenz, J. L. S. (2015). Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. *Dyna*, 82(191), 231-239.
- Valle González, L. (2015) *Análisis y Evaluación de los servicios de alumbrado público y calles en la delegación de San Pablo Autopan* (Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México) Repositorio institucional. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/67883>.

## Anexos

ANEXO INICIAL. MAPA DE LA INVESTIGACIÓN MODERNIZACIÓN SALP ASERMA  
CALDAS

ANEXO 1. CONCEPTOS TÉCNICOS Y NORMATIVOS REFERENTES A ILUMINACIÓN  
PÚBLICA

ANEXO 2. CRITERIOS GENERALES PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ALUMBRADO  
PÚBLICO

ANEXO 3. NORMATIVIDAD VIGENTE ALUMBRADO PÚBLICO COLOMBIA

ANEXO 4. METODOLOGÍA DETERMINACIÓN COSTOS MÁXIMOS OPERACIÓN  
SALP

ANEXO 5. ENCUESTA SITUACIÓN ACTUAL PRESTACIÓN DEL SERVICIO-ANÁLISI  
RESULTADOS.