

**VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA PARA LA INSTALACION DE UN  
SISTEMAS DE MEDICION ELÉCTRICA DEL SERVICIO DE ALUMBRADO  
PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE GÜEPSA SANTANDER.**

**JORGE EDGAR BLANCO  
CARLOS JOSÉ PATIÑO SERRANO  
OSCAR ESTEBAN**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS  
GERENCIA DE RECURSOS ENERGETICOS  
BUCARAMANGA**

**2015**

**VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA PARA LA INSTALACION DE UN  
SISTEMAS DE MEDICION ELÉCTRICA DEL SERVICIO DE ALUMBRADO  
PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE GÜEPSA SANTANDER.**

**JORGE EDGAR BLANCO  
CARLOS JOSÉ PATIÑO SERRANO  
OSCAR ESTEBAN**

**Trabajo para optar el título de Especialista en gerencia de recursos energéticos**

**Director  
Ing. Carlos Alberto Rey Soto  
Docente facultad de ingenierías fisicomecánicas Universidad Autónoma de  
Bucaramanga**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS  
GERENCIA DE RECURSOS ENERGETICOS  
BUCARAMANGA  
2015**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

**Director Ing. Carlos Alberto Rey Soto**

**Bucaramanga. 04 de Septiembre de 2015**

## **DEDICATORIA**

A todas las personas que brindaron su apoyo y colaboración incondicional, para alcanzar esta meta tan importante en esta etapa de la vida.

A nuestros padres, hermanos y familiares por su confianza incondicional e inagotable, este logro personal no hubiese sido posible sin el constante apoyo por parte de ellos a lo largo de nuestros estudios.

CARLOS JOSE PATIÑO SERRANO

JORGE EDGAR BLANCO

OSCAR ESTEBAN.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ingeniero Carlos Alberto Rey, director de este trabajo de grado por su apoyo y dedicación, como también a todas aquellas personas que nos prestaron su colaboración a lo largo de este trabajo de grado.

A los funcionarios del municipio de Güepsa – Santander, por su incondicional ayuda durante el desarrollo del proyecto.

A la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Decano Dr. Germán Oliveros Villamizar, cuerpo docente y administrativo de la facultad de ingenierías fisicomecánicas UNAB, fundamentales en el desarrollo de nuestros nuevos conocimientos adquiridos.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	8
ABSTRACT .....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	11
1.2 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION .....	12
1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	12
1.4 OBJETIVOS .....	13
1.1.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	13
CAPITULO 2: FUNDAMENTACION BIBLIOGRAFICA.....	14
2.1 MARCO TEORICO .....	14
2.2 MARCO LEGAL .....	16
2.3 CONCEPTOS FUNDAMENTALES .....	18
CAPITULO 3: ESTUDIO TECNICO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO .....	22
3.1. ANÁLISIS PRELIMINAR.....	22
3.2 REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	23
3.2.1 Fotometría .....	24
3.2.2 Reproducción cromatografía y temperatura de color. ....	27
3.2.3 Uso racional y eficiente de energía en iluminación.....	28
3.2.4. Cantidad y calidad de luz. ....	29
3.2.5. Comodidad visual. ....	29
3.2.6 Niveles mínimos exigidos. ....	29
3.2.7 Programa de mantenimiento para alumbrado público. ....	30
CAPITULO 4. ESTRATEGIA DE LA MODERNIZACION DEL ALUMBRADO PÚBLICO. ...	32
4.1 Ingeniería básica del proyecto. ....	34
4.1.1 Medidor electrónico Bifásico. ....	35
4.1.2 Bombillas de sodio 70 W.....	37

4.1.3 Condensador.....	38
4.1.4 Arrancador.....	39
4.1.5 Refractor o cubierta.....	40
4.1.6 Fococelda.....	40
4.1.7 Balastro.....	41
CAPITULO 5: ANALISIS FINANCIERO .....	43
5.1 ESTABLECIMIENTO DE LINEA DE BASE. ....	43
5.1.1 Análisis del proyecto. ....	46
5.2 DETERMINACION DE COSTOS. ....	47
5.2.1 Costos directos diseño.....	47
5.2.2 Costos directos montaje. ....	47
5.2.3 Costos indirectos diseño. ....	47
5.2.4 Costos indirectos montaje. ....	47
5.3 ESTABLECIMIENTO DE ESCENARIOS. ....	49
5.3.1 Sin proyecto. ....	49
5.3.2 Con proyecto sin financiación. ....	44
5.3.3 Con proyecto con financiación.....	46
5.4 FLUJO DE CAJA INCREMENTAL. ....	50
5.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD. ....	52
5.5.1 Sensibilidad a la inversión.....	52
5.5.2 Sensibilidad a los costos y gastos. ....	53
5.5.3 Sensibilidad al tiempo del proyecto.....	54
RESULTADOS .....	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	57
ANEXOS.....	59
INDICE DE FIGURAS.....	67
INDICE DE TABLAS .....	68

## RESUMEN

La necesidad de reducir la incertidumbre del alumbrado público del municipio de Güepa, Santander en Colombia mediante la modernización del sistema de medición actual, permiten detectar y corregir irregularidades en el sistema de distribución eléctrica de las zonas comunes del municipio, a través de la actualización de los mismos.

La incertidumbre en la medición eléctrica hace referencia a la energía eléctrica que es consumida, pero que se factura mediante aforo por inventario, lo que representa un reto la creación de estrategias encaminadas a reformar el modelo actual y transformarlo en un modelo energético basado en el uso eficiente de la energía, permitiendo a la administración municipal saber con exactitud la energía consumida por los sistemas de alumbrado público.

El contenido del presente estudio técnico, determina la implementación de una mejora en el sistema de medición en el alumbrado público del municipio, mediante la instalación de medidores, que permite optimizar la comercialización de energía, a través del estudio de factibilidad técnica y económica, evaluando financieramente la viabilidad del proyecto, generando escenarios para la toma de decisiones administrativas, logrando así un cambio en la metodología de medición de las áreas comunes, produciendo una mejora significativa tanto en la modernización de la infraestructura de medición, como también en la optimización de los recursos energéticos públicos.

## **ABSTRACT**

The reduction in the uncertainty of the current public lightning measurement system in the township of Güepsa, Santander (Colombia) will significantly aid in the performance of the electric distribution system throughout the community.

This uncertainty refers to the electric energy that is consumed and it is invoiced by capacity of inventory. This poses a challenge to develop new strategies to reform the actual model into an energy model based on the efficient use of energy. The implementation of these new models will allow the municipal administration of Güepsa to accurately record the quantity of energy consumed by the public lightning system.

In this work, we present a technical study showing the implementation of the measurement system in Güepsa's public lightning system, which optimizes the commercialization of electrical energy. We analyze the financial feasibility of the project based on several scenarios from which the public administration can draw from in order to improve their decision making process.

## INTRODUCCIÓN

El consumo de energía eléctrica representa un bien común que satisface las necesidades de una población, siendo un servicio público esencial para cualquier comunidad. La implementación de un sistema de medición en el sistema de alumbrado público hace referencia a la optimización en el servicio de distribución por parte de la empresa comercializadora. La incorporación de nuevas tecnologías en la infraestructura eléctrica actual, permite reducir los ambientes de incertidumbre pertenecientes a la metodología en el cobro de este consumo público, y tener un control efectivo sobre el consumo exacto de la administración del municipio.

La instalación de medidores brinda garantías que permiten controlar la medición con el usuario final, optimizando el cobro que se viene generando mediante un aforo por parte del comercializador, el cual no trasmite confiabilidad a la hora de realizar toma de decisiones administrativas. Como expectativa de los sistemas de distribución en Colombia, se requiere aumentar la eficiencia, incrementando al máximo las inversiones de infraestructuras de carácter público que permitan sustituir progresivamente los sistemas, mediante la actualización de los equipos y la implementación de medición centralizada.

Desde la perspectiva energética, la medición de energía se considera necesaria para realizar los balances energéticos tanto en la red eléctrica como a nivel del usuario final. Esto conduce al aumento de la eficiencia energética, permitiendo verificar la reducción del consumo energético y cuantificarlo.

En este capítulo, se tratarán los modelos factibles técnicos y económicos, que permitan la implementación de nuevos sistemas de medición eléctrica por parte de la empresa ESSA. Electrificadora de Santander S.A. E.S.P, en el municipio de Güepsa – Santander.

## CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El control de medición en áreas comunes y la necesidad de emplear métodos que permitan garantizar un valor real de consumo bajo una perspectiva de ahorro energético, son las razones principales para la modernización de la infraestructura eléctrica actual, mediante la instalación de medidores en los sectores de áreas comunes pertenecientes al municipio.

Actualmente, el acuerdo 008 de 2014, faculta al concejo municipal del municipio de Güepsa, generar impuestos y/o contribuciones para el sistema de alumbrado público<sup>1</sup> y así incluirlo dentro de la factura que emite el comercializador ESSA. Sin embargo, formas de combatir el fraude, como son el programa buena energía para todos PBEPT, cuyo objetivo es el de reducir y controlar las pérdidas de energía, mediante la creación de una cultura de pago. Este programa involucra revisiones técnicas periódicas en las zonas de alta concentración de fraudes a la infraestructura de la ESSA y proyección social a las comunidades de influencia. Actualmente, los indicadores de pérdidas no técnicas se encuentran en un 10.57% a diciembre de 2014<sup>2</sup>. Es por ello, que la medición en los sistemas de alumbrado público, permite tener un control efectivo de las pérdidas no técnicas asociadas al fraude.

La incertidumbre generada por la facturación actual del sistema de alumbrado público del municipio, establece un punto de partida para evaluar los beneficios, considerando los recursos invertidos y proyectando una recuperación de la inversión a mediano plazo. Esta investigación abarcará los aspectos técnico-económicos que hacen parte en el estudio de pre factibilidad y factibilidad al momento de desarrollar el estudio teórico.

---

<sup>1</sup> Acuerdo No. 008 de 2014, por medio del cual se modifica acuerdo 028 de 2009 en lo referente al cobro, facturación, recaudo del impuesto de alumbrado público – Alcaldía de Güepsa - Santander

<sup>2</sup> Plan de negocio 2013 – 2027 , Comportamiento de los indicadores de pérdidas - Electrificadora de Santander S.A E.S.P

## **1.2 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION**

Debido a la falta de un sistema de medición que permita realizar un cobro real del consumo de energía eléctrica en los sistemas de alumbrado público en el municipio de Güepsa Santander, se genera un ambiente de incertidumbre en el momento de liquidar los cobros generados a través un aforo o inventario.

Como solución, se propone la implementación de un sistema de medición independiente a la infraestructura de alumbrado público, analizando las tecnologías disponibles para que este servicio sea confiable al momento de realizar el cobro por parte del comercializador. Los cobros realizados por la prestación del servicio de alumbrado público con la implementación de la medida, se pretende pagar por un consumo real por parte del cliente final al comercializador de energía del municipio.

## **1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES**

El alcance del proyecto refiere al municipio de Güepsa, perteneciente a la provincia de Vélez, en Santander – Colombia.

El presente estudio se limita dentro de un tiempo establecido de ejecución y duración del proyecto de 5 años, ya que se plantea un escenario de largo plazo, donde se obtiene un tiempo adecuado para el desarrollo del proyecto.

Como avance del proyecto se tienen los sistemas de información necesarios para la realización del estudio, ya que se entiende como punto de partida, la información del comercializador como una herramienta fundamental para el desarrollo del proyecto.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL**

Estudiar la viabilidad de implementación de la medición para el registro del consumo energía activa del alumbrado público en el municipio de Güepsa Santander.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Evaluar técnicamente el sistema de alumbrado público del municipio de Güepsa-Santander.
2. Determinar las estrategias que permitan modernizar los recursos energéticos del municipio mediante el uso de herramientas financieras.
3. Realizar el análisis financiero que permita establecer escenarios para la toma de decisiones.

## CAPITULO 2: FUNDAMENTACION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 MARCO TEORICO

El alumbrado público juega un papel importante en el desarrollo de una comunidad, siendo este, un servicio no domiciliario con el cual se proporciona iluminación en los sectores o espacio públicos, carreteras de tránsito vehicular, peatonal, parques, senderos, perímetros urbanos, rurales de un municipio o una ciudad, que permite disminuir los índices de delincuencia en la zona de influencia.

Los sistemas de alumbrado por medios artificiales se remonta milenios atrás, donde en la época de las cavernas el hombre ha intentado vencer la oscuridad de la noche y de los recintos cerrados y profundos. La antorcha fue la solución más adecuada y posible, utilizada hasta el siglo XIX, con algunos desarrollos y mejoras, hasta cuando pudo establecerse un sistema de conducción de gas, cuyo empleo cesó con el comienzo de la era de la electricidad hacia finales de ese siglo. Para nuestra época, el responsable de la prestación de este servicio público es el municipio o distrito, el cual se realiza directa o indirectamente o a través de empresas de servicios públicos que actúan como comercializadores del servicio.

Con el fin de cubrir los costos por la prestación se crea el impuesto de alumbrado público, cuyo objeto es mantener y expandir el servicio a lo largo de la cabecera urbana y rural de cada población, impuesto que es aprobado por los consejos municipales para la financiación de las deudas por alumbrado público que generen y que son facturados a los predios del municipio. La administración municipal puede recaudar el impuesto de alumbrado público o a través de una empresa de servicio público con la que deberá suscribir un contrato de facturación y recaudo según lo establece la ley<sup>3</sup>. No hace parte del alumbrado público la iluminación de zonas comunes dentro de edificios o conjunto residenciales, la iluminación de carreteras que no estén en el inventario de los municipios y que deberán cubrir las concesiones viales. Adicional a esto También se incluirán los

---

<sup>3</sup> Unidad de planeación minero energética UPME. Alumbrado público exterior. Guía didáctica para el buen uso de la energía. Bogotá D.C. Poligrama. 2007. 28p. ISBN.978-958-8363-01-1

sistemas de semaforización y relojes electrónicos instalados por el Municipio. Por vías públicas se entienden los senderos peatonales y públicos, calles y avenidas de tránsito vehicular.”<sup>4</sup>

Cerca del 3 % del consumo energético en Colombia, pertenece al alumbrado público<sup>5</sup>, pese a que es un número relativamente bajo con respecto al consumo actual del país, los sistemas de iluminación pública, juegan un papel importante en temas de seguridad ciudadana, seguridad vial y crecimiento económico.

Las responsabilidades sobre el alumbrado público, se definen hacia los actores principales, los cuales intervienen en la ejecución del sistema. En cabeza del alcalde, quien suscribe un contrato de suministro de energía eléctrica para alumbrado público con el operador de red local o comercializador para la prestación y facturación del servicio. Adicional, la alcaldía, se obliga a realizar actividades de alumbrado público y de expansión, bajo los criterios de plan de ordenamiento territorial del municipio. El concejo municipal, aprueba el proyecto presentado por la alcaldía y mediante decreto, se realiza el cobro máximo autorizado como tributo, es decir, se crea un impuesto a la ciudadanía para el pago equitativo en cada predio del alumbrado público, siempre y cuando exista consumo de energía activa en el predio.

Los elementos básicos de un sistema de alumbrado público, hacen referencia al uso de un poste en concreto que soporta una unidad de luminaria, que contiene una carcasa metálica, y que en su interior posee una bombilla, arrancadores, balastos, condensadores y demás componentes eléctricos y ópticos, que permiten el funcionamiento del sistema de iluminación pública.

En algunos municipios, se tienen redes abiertas en el alumbrado público, que facilitan el acceso a personal no autorizado a realizar fraudes y con ello, producir pérdidas no técnicas dentro del sistema de distribución eléctrica.

---

<sup>4</sup> Comisión de regulación de energía y gas CREG. Resolución 043 de 1995.

<sup>5</sup> Unidad de planeación minero energética UPME. Alumbrado público exterior. Guía didáctica para el buen uso de la energía. Bogotá D.C. Poligrama. 2007. 28p. ISBN.978-958-8363-01-1

La implementación de adicionarle un sistema de medición al alumbrado público, como solución a la incertidumbre que genera el cobro de consumo por parte del comercializador hacia la administración municipal, así como también el beneficio que obtiene el operador de red, de tener centralizada la medida del usuario, el cual permite realizar balances energéticos para identificar las posibles pérdidas no técnicas pertenecientes a fraudes, hace atractivo el uso de medición a los sistemas de alumbrado público.

## **2.2 MARCO LEGAL**

Para abordar el tema se hace necesario remitirse a la normatividad general de alumbrado público, las cuales establecen un punto de partida del proyecto y enfocan su aplicación sobre las áreas comunes. Entre las leyes que rigen, se encuentran:

- Ley 97 de 1913. Faculta para crear un impuesto sobre el alumbrado público para Bogotá.
- Ley 84 de 1915. Se amplía la facultad asignada para Bogotá hacia todos los municipios del país.
- Ley 136 de 1994. Establece en el numeral 1 de artículo 3 donde le corresponde al municipio prestar los servicios públicos que determine la ley.
- Ley 697 de 2001. Fomenta el uso racional y eficiente de la energía URE.
- Ley 1150 de 2007. Artículo 29 reglamenta el contrato de concesión de alumbrado público.

A su vez, mediante resoluciones, el ministerio de minas y energía, establece parámetros para la regulación de los sistemas de alumbrado público, y crea el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público, RETILAP. (Ministerio de minas y energía, Resolución 181331 de 2009).

Como resultado de las intervenciones del ministerio se tienen las resoluciones:

- Ministerio de Minas y Energía R. 181331 de 2009. Expidió el reglamento técnico de iluminación y Alumbrado Público, RETILAP.
- Ministerio de Minas y Energía R. 180265 de 2010. Modifica Resolución MME. 181331 de 2009.
- Ministerio de Minas y Energía R. 180540 de 2010. Modifica Resolución MME. 181331 de 2009.
- Ministerio de Minas y Energía R. 181568 de 2010. Modifica Resolución MME. 181331 de 2009.
- Ministerio de Minas y Energía R. 182544 de 2010. Modifica Resolución MME. 181331 de 2009.

Para la aplicación de estas resoluciones, la CREG regula que se cumplan a cabalidad lo establecido por el gobierno, y a su vez, determina los costos asociados al consumo eléctrico de nivel público. Entre las intervenciones de la Comisión de regulación de energía y gas CREG, se destacan:

- Resolución CREG 123 de 2011. Se aprueba la forma para determinar los costos que aplicaran los municipios o distritos, para pagar a los prestadores del servicio de energía eléctrica el consumo y el uso de la infraestructura eléctrica utilizada para el alumbrado público.
- Resolución CREG 122 de 2011. Esta resolución indica como es el costo de facturación conjunta con el servicio de energía eléctrica y el cobro del impuesto de alumbrado público creado por la ley 97 de 1913 y 84 de 1915, que nos indica la forma de financiación del alumbrado público.
- Resolución CREG 005 de 2012. Modifica la Resolución 122 de 2011, donde se corrige la fórmula para el cálculo de costos de facturación y recaudo a través de la factura de energía.

Si bien, la falta de proyectos de optimización de los servicios públicos esenciales, en donde la visión de ahorro en el sector eléctrico se inclina cada vez más, hace atractiva la inversión de proyectos encaminados a utilizar la medición e implementar luminarias más eficientes. Bajo estos parámetros legales, se rigen los sistemas de alumbrado público en Colombia basados en leyes y resoluciones. Sin embargo, se resalta la importancia de los reglamentos técnicos, que permiten estandarizar los sistemas eléctricos a nivel nacional, permitiendo a los encargados de instalar nuevos sistemas, garantizar los niveles y calidades de la energía lumínica y a su vez, fomentar el uso eficiente y racional de la energía en iluminación.

**Tabla 2.1. Resumen referencias de normas para alumbrado público.**

No.	REFERENCIA DE NORMAS
1	Ley 697 de 2001. Fomenta el uso racional y eficiente de la energía URE.
2	Ley 1150 de 2007. Artículo 29 reglamenta el contrato de concesión de alumbrado público.
3	Ministerio de Minas y Energía R. 181331 de 2009. Expedió el reglamento técnico de iluminación y Alumbrado Público, RETILAP.
4	Resolución CREG 123 de 2011. Se aprueba la forma para determinar los costos que aplicaran los municipios o distritos, para pagar a los prestadores del servicio de energía eléctrica el consumo y el uso de la infraestructura eléctrica utilizada para el alumbrado público.
5	Resolución CREG 122 de 2011. Esta resolución indica como es el costo de facturación conjunta con el servicio de energía eléctrica y el cobro del impuesto de alumbrado público creado por la ley 97 de 1913 y 84 de 1915, que nos indica la forma de financiación del alumbrado público.

Fuente: Autores.

### 2.3 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Actualmente, el municipio de Güepsa, cuenta con alumbrado público en su totalidad, tanto en la parte rural, como en el casco urbano. Sin embargo, se presenta un aforo o inventario por parte del operador de red o comercializador como soporte para el cobro mensual, teniendo como resultado una baja confiabilidad en el sistema.

La administración municipal realiza el proyecto de repotenciación del alumbrado público del municipio de Güepsa el cual se moderniza al ahorro de energía de luminarias de

mercurio 150w a sodio 70w, las cuales se encontraban en un estado de cambio. Bajo este parámetro, se aplica la viabilidad del proyecto financiero, ya que el alumbrado público de este municipio no cuenta con un sistema de medida de respaldo a la facturación realizada por el comercializador. En el contexto se cuenta con un inventario de transformadores y luminarias por transformador, así como número de postes utilizados dentro del contrato de alumbrado público (Véase tabla 2.2).

Para el inventario de los transformadores, se reúne información por parte del comercializador, donde se encuentran los circuitos ramales del municipio y donde se detalla la carga que se tienen en alumbrado público. Existen actualmente, 15 transformadores de diferente potencia nominal que prestan el servicio de distribución de energía eléctrica a los diferentes barrios del municipio, pero también, permite que el alumbrado público se alimente de dichos equipos.

En la tabla No. 2.3 se detallan las capacidades nominales de cada transformador, como también la cantidad de luminarias que existen en cada circuito ramal. (Véase tabla 2.3).

Adicional a los aforos que se tienen, en los contratos que suscriban los municipios con los comercializadores deberán establecer la forma de actualizar permanentemente la potencia que suministran las luminarias cuando entran en funcionamiento en cada nivel de tensión incluyendo todos los elementos para su funcionamiento, todo ello para que los costos por las luminarias que están encendidas en vez de estar apagadas las asumirá el prestador del servicio de alumbrado público.

**Tabla 2.2. Resumen inventario de alumbrado público Güepsa.**

RESUMEN INVENTARIO DE CARGA INSTALADA MUNICIPIO DE GUEPSA												
Urbano y Rural	Descripción	Luminarias georefer.	Luminarias sin georefer.	Luminarias repo, exp, mant.	Total	Potencia (w)	Perdidas Balastro (w)	Perdidas arrancador (w)	Perdidas condens (w)	Potencia con pérdidas (w)	potencia ins.(kw)	
	halógeno	14				500 1000 1500				500 1000 1500	14	
	Mixta					125 160 500				125 160 500		
	Metal Halide	1				70	11			1	82	0,082
		35				150	19			1	170	
						250	19			1	270	9,45
						400	27			1	428	
						1000	120			1	1121	
					1500	120			1	1621		
	Incandescente					100 150				100 150		
	Fluorescente					24					24	
						45					45	
					80					80		
Mercurio	12				125	12			1	138	1,66	
	13				250	19			1	270	3,51	
					400	27			1	428	0	
					1000	120			1	1121		
Sodio	196				70	11		0,05	0,4	81,45	15,96	
	12				150	19		0,12	0,4	169,52	2,034	
	34				250	29		0,12	1	280,12	9,524	
					400	40		0,12	1	441,12		
					1000	120		0,12	1	1121,12		
Subtotal luminarias					317	Subtotal carga Instalada (KW)					56,22	
Cantidad luminarias con foto control exclusivo					225	Subtotal carga instalada con foto control exclusivo(kw)					0,54	
Total carga instalada											56,76	

Fuente: Electrificadora de Santander ESSA 2015.

En el casco urbano y rural del municipio se cuenta con 15 Transformadores de potencia que varían de los 15 a 75 KVA, en la tabla No 2.3 se especifican las características relevantes del cuadro de carga de cada uno de los transformadores utilizados para implementación de la medida.

**Tabla 2.3. Resumen inventario de transformadores Güepsa.**

Transformador	Potencia KVA	Código	Luminarias	N usuarios/Predios	Luminaria sodio 70 W	Luminaria sodio 150 W	Luminaria sodio 250 W	Halogeno	Mercurio 125 W	Mercurio 250 W	Metalhide 70	Metalhide 250
1	45	500252	23	71	20	-	1	1	-	-	-	1
2	30	500242	21	68	21	-	-	-	-	-	-	-
3	45	500247	26	95	18	-	1	-	-	1	-	6
4	15	500506	8	25	8	-	-	-	-	-	-	-
5	30	501650	10	51	3	-	1	-	-	2	-	4
6	45	739611	17	7	4	-	-	13	-	-	-	-
7	75	500274	25	76	21	-	1	-	-	1	1	1
8	30	500235	17	111	16	-	1	-	-	-	-	-
9	30	500276	26	73	24	-	1	-	-	1	-	-
10	30	500227	32	84	19	6	1	-	-	2	-	4
11	30	500267	28	44	17	3	-	-	6	2	-	-
12	15	501402	17	32	-	3	7	-	-	-	-	7
13	15	501222	25	34	4	-	10	-	1	2	-	8
14	30	500258	27	68	12	-	6	-	5	-	-	4
15	30	772092	6	5	9	-	4	-	-	2	-	-
TOTALES			317	844	196	12	34	14	12	13	1	35

Fuente: Electrificadora de Santander ESSA 2015.

Dentro del estudio se tiene que actualmente, el comercializador le factura al municipio, mediante el total de la carga instalada de alumbrado público, bajo la fórmula (1) para el cálculo de demanda del mes suministrado por alumbrado público:

$$E = N. de horas día * N. días del mes * Factor. \quad (1)$$

Para saber el valor del consumo mensual en pesos de la energía consumida en el mes se multiplica la anterior formula por el valor del kilovatio que aplique para el respectivo periodo de facturación<sup>6</sup>, para esto se utiliza la formula (2) que permite calcular el valor en pesos por concepto de alumbrado público.

$$E = N. de horas día * N. días del mes * Factor.* Valor KW. \quad (2)$$

<sup>6</sup> COLOMBIA. COMISION DE REGULACION DE ENERGÍA Y GAS CREG. Resolución 123 (8, Septiembre, 2011). Por la cual se aprueba la metodología para la determinación de los costos máximos que deberán aplicar los municipios o distritos, para remunerar a los prestadores del servicio así como el uso de los activos vinculados al sistema de alumbrado público. Bogotá D.C. 2011. 30 p.

### **CAPITULO 3: ESTUDIO TECNICO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO**

La implementación de la medida en el alumbrado público se realizará en el municipio de Güepsa, el proyecto surge de la necesidad de tener bajo medida todas las luminarias del casco urbano de este municipio con la modernización en sus redes, con la medida se busca también optimizar el consumo, reduciendo de luminarias de mercurio a sodio 70 w. El municipio cuenta con un sistema de redes eléctricas en normales condiciones de uso las redes de alumbrado público presentan una vida útil cumplida en la parte de luminarias y cableado dependiente a las redes de ESSA.

Adicional a esto, el municipio de Güepsa está en un rápido desarrollo urbano se debe al incremento de la población que se ha dado en los últimos años de este modo surge la necesidad de modernización del alumbrado público y así mejorar la cobertura de las zonas rurales del municipio. La modernización de las redes de alumbrado público del municipio buscan optimizar el servicio mejorando redes y cambiando luminarias de más bajo consumo para tener un ahorro considerable a la hora de pagar por el servicio a la empresa comercializadora, el municipio cuenta con la infraestructura de postes que generan un adelanto por encontrarse en buen estado y en los sitios de mejor ubicación para la prestación del servicio.

#### **3.1. ANÁLISIS PRELIMINAR.**

La ubicación de las luminarias del municipio hace parte de las redes de la Electrificadora de Santander, ESSA. La implementación del proyecto se realizara en postes existente en el casco urbano del municipio donde se realizara el tendido de red trenzada por cada transformador de distribución.

Para ubicar estas luminarias, se utiliza el apoyo de la base de datos de la electrificadora de Santander llamada *ENERGIS* (Ver figura 3.1), la cual incluye el inventario actualizado del municipio y la geo referencia de las luminarias.

Actualmente el municipio cuenta con 317 luminarias instaladas, de las cuales se encuentran luminarias de sodio a alta presión, mercurio, melahide y halógenas, siendo las luminarias de sodio a alta presión de potencia 70 W la mayoría de las mismas (196 Unidades), por lo cual se considera conveniente realizar la estandarización a este tipo de luminaria. La figura 3.1 permite obtener la información necesaria para el detalle de materiales a utilizar, como lo son las distancias entre luminarias, coordenadas exactas de ubicación y carga de luminarias por transformador.



Figura 3.1. Güepsa ubicación de luminarias en postes ESSA tomado programa ENERGIS ESSA.

### 3.2 REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO DE ALUMBRADO PÚBLICO.

Para los proyectos de iluminación, se hace necesario conocer los requerimientos de iluminación para su uso final. Si bien, las condiciones físicas del proyecto corresponden a uso exterior, se deben tomar decisiones que conllevan a mejorar y optimizar los sistemas existentes tanto en la parte técnica, como en la parte medioambiental, ya que todos los aspectos deben conducir a reducir el consumo de energía garantizando los flujos de energía lumínica dentro de los niveles permitidos. Para el diseño de sistemas de iluminación, se deben tener en cuenta los siguientes criterios de selección para la luminaria:

- Fotometría.
- Características del entorno.

- El tipo de fuente de luz o bombilla.
- Dimensiones y forma de la luminaria.
- Índice de protección IP
- Tipo de superficie reflectora de su conjunto óptico

Según el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público donde expresan que “En todos los proyectos de iluminación, se deben elegir las luminarias y fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color de la fuente, duración y vida útil de la fuente, tipo y características de la luminaria, todo esto acorde con las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como de consideraciones arquitectónicas, ambientales y económicas”.<sup>7</sup> La modernización de las luminarias actuales en Güepsa y la implementación de un sistema de medición permiten aumentar la eficiencia energética, lo que se traduce en ahorros significativos al momento de realizar un balance costo de la inversión vs consumo energético.

### **3.2.1 Fotometría**

La fotometría hace referencia al estudio de la medición de la luz mediante la capacidad de percepción por el ojo humano. Los parámetros de la fotometría se pueden describir como:

- Una matriz de intensidades
- Un Diagrama isolux
- Diagrama polar de intensidad luminosa
- Curvas de coeficiente de iluminación

Donde la primera, hace referencia a la distribución de la intensidad lumínica, presente en todas las luminarias y el segundo representa las escalas de los niveles lumínicos sobre un plano horizontal, en relación a una altura de trabajo o de montaje.

---

<sup>7</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP. Bogotá D.C. 2010. 227 p.

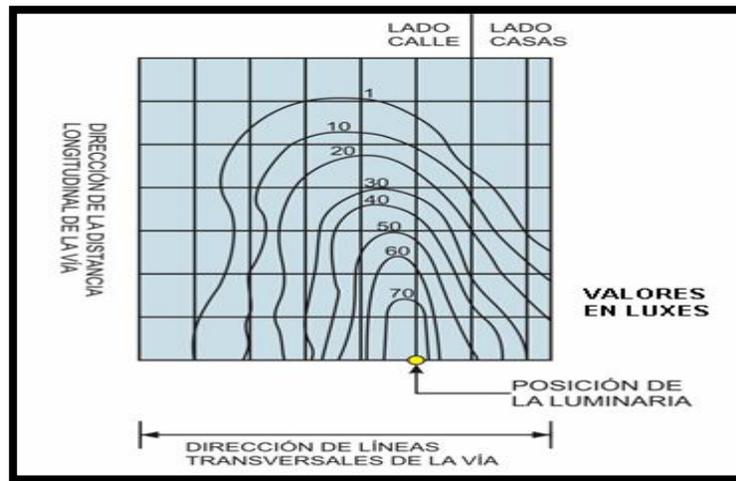


Figura 3.2. Diagrama Isolux.

En el diagrama de Isolux de la Figura 3.2, las curvas expresan en unidad de luxes los valores mínimos requeridos para los niveles lumínicos de un proyecto de alumbrado público, siendo la curva de mínimo valor isolux en el diagrama de valor de 1 lux<sup>8</sup>.

Al momento de utilizar curvas preestablecidas, se deben relacionar a unos factores de corrección con respecto a la altura de montaje estableciéndose en términos de:

$$\left(\frac{h_0}{h_m}\right)^2 \quad (3)$$

Donde,

$h_m$  = Altura de montaje del proyecto [m]

$h_0$  = Altura del diagrama Isolux [m]

La ecuación (3) permite entonces realizar un factor de corrección por altura de montaje del proyecto.

<sup>8</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP. Bogotá D.C. 2010. 227 p.

Adicional a la corrección con respecto a la altura, se debe realizar una segunda corrección con respecto a los lúmenes de la bombilla, para ello se utiliza la ecuación (4).

$$\left(\frac{\phi_1}{\phi_0}\right) \quad (4)$$

Donde,

$\phi_1$  = Lúmenes del proyecto [lm]

$\phi_0$  = Lúmenes del diagrama Isolux [lm]

Como tercer parámetro se establecen planos específicos en un diagrama isocandela, basados en un modelo de CIE<sup>9</sup> y por la IESNA<sup>10</sup>, además de permitir estandarizar mediante sistemas de coordenadas también.

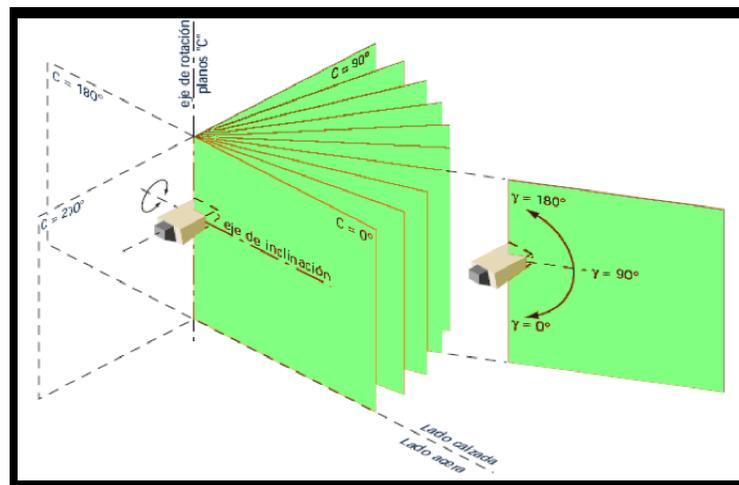


Figura 3.3. Diagrama Isocandela.

Para el último parámetro se utiliza en porcentaje de flujo luminoso emitido por la luminaria reflejada sobre el área de utilización, es decir, en alumbrado público será la superficie de la

<sup>9</sup> COMMISSION INTERNATIONALE DE L' ECLAIRAGE – CIE.

<sup>10</sup> ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA – IESNA-

calzada o calle. Una vez conocidos los lugares a iluminar y la curva del coeficiente de utilización, se puede determinar el tipo de luminaria que se requiere para el proyecto.

### 3.2.2 Reproducción cromatografía y temperatura de color.

Las luminarias se clasifican a su vez, en función del índice de reproducción de cromatografía. Estos valores se representan en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1. Índices de reproducción de calor.**

INDICE DE REPRODUCCION DE COLOR	CLASE
>90	1A
80 a 89	1B
70 a 79	2A
60 a 69	2B
40 a 59	3
<20	4

Fuente: Guía de iluminación CEI. Segunda edición.

Los estándares de iluminación y las características de reproducción cromáticos y la temperatura de color se encuentran dentro de las especificaciones de cada sistema de iluminación.

Si bien, para alumbrado público se requieren durante 12 horas continuas una iluminación eficiente pero con la cantidad de lúmenes adecuados, los índices cromáticos deberán estar dentro del rango de 80 a 89 como mínimo, es decir, en la clase 1B.

Estos factores pueden incidir en las condiciones externas de algún trabajo específico, así como también, en las condiciones físicas de la persona que es sometida a un sistema de iluminación de manera permanente, ya que la influencia de la luz ejerce sobre el estado de ánimo y sensaciones de seguridad sobre las personas.

### 3.2.3 Uso racional y eficiente de energía en iluminación.

En los proyectos de iluminación y alumbrado público se incorporan y aplican los conceptos de uso racional y eficiente de energía por sus siglas URE, con el fin de conseguir una iluminación eficiente sin desatender las demandas visuales.

Para la aplicación de los sistemas de iluminación exterior y de alumbrado público, el uso eficiente y racional se puede caracterizar como:

- Luminarias con fotometrías que le permitan hacer diseños con la mayor interdistancia y menor altura de montaje.
- Usar conjuntos ópticos con el mejor factor de utilización y la mejor eficacia lumínica.
- Usar equipos de control automático de encendido y apagado.
- Usar equipos para el conjunto eléctrico con bajas pérdidas o que permitan la reducción de potencia.
- Elegir correctamente los ángulos de apertura para los proyectores.
- Realizar un mantenimiento programado en el sistema de iluminación

Según la guía de alumbrado público exterior de la UPME<sup>11</sup> se tiene como solución para la contribución del uso racional y eficiente de la energía, el cambio de tecnología, pasando de bombillas de mercurio a bombillas de sodio a alta presión, las cuales son de bajo consumo de potencia y mayor eficiencia.

Además de contribuir con la disminución del consumo de la energía en el municipio de Güepsa, el cambio de tecnología permite obtener un beneficio asociado a los temas ambientales, ya que el cambio de mercurio a sodio reduce en los riesgos para la salud y sanitarios, puesto que según la regulación colombiana, establece el cambio progresivo de las luminarias que contengan mercurio a partir del 1 de enero de 2013.

---

<sup>11</sup> UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICA. Guía de alumbrado público. Guía didáctica para el buen uso de la energía. 2007. ISBN 978-958-8363-01-1

### 3.2.4. Cantidad y calidad de luz.

Como requisito general del estudio, se hace necesario que las luminarias y la medición permitan a los usuarios ver los bordes, las aceras, los separadores y la vía con el fin de tener seguridad en horas de la noche. Adicional se hace necesario que el sistema de iluminación exterior permita ver obstáculos y otros vehículos sin riesgo de error o deslumbramiento, esto aplica igual con respecto a los peatones. La iluminación calculada, debe comportarse como una guía de visibilidad en la que están comprometidas de una manera conjunta la confiabilidad de la percepción y la comodidad visual.

### 3.2.5. Comodidad visual.

Este ítem hace referencia a la característica que redundará en la seguridad del tráfico vehicular. Se requieren sistemas de iluminación que logre una uniformidad en su luminancia. Como consecuencia de sistemas de iluminación deficientes con esta característica, se produce que los conductores pierdan la concentración y aumento en el cansancio de los ojos<sup>12</sup>.

### 3.2.6 Niveles mínimos exigidos.

En los sistemas de alumbrado público el cálculo de diseño y construcción se basan en los valores fotométricos de la tabla 3.2. Se deben considerar no solamente las calzadas vehiculares, sino ciclo rutas y los andenes adyacentes, como componente del espacio público del municipio de Güepsa.

**Tabla 3.2. Iluminación para vías y adyacentes.**

Tipo de vía	Calzadas vehiculares				Ciclo-rutas adyacentes	Relación de alrededores			
	$L_{prom}$ cd/m <sup>2</sup>	$U_o$ ≥ %	$U_i$ ≥ %	TI ≤ %		$E_{prom}$ luxes	$U_o$ ≥ %	En andenes adyacentes $E_{prom}$ luxes	Alrededor sin andenes $U_o$ ≥ %
M1	2,0	40	50	10	20	40	13	33	50
M2	1,5	40	50	10	20	40	10	33	50
M3	1,2	40	50	10	15	40	9	33	50
M4	0,8	40	N.R.	15	10	40	6	33	N.R.
M5	0,6	40	N.R.	15	7,5	40	5	33	N.R.

Fuente: Guía de iluminación CEI. Segunda edición.

<sup>12</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP. Bogotá D.C. 2010. 227 p.

### **3.2.7 Programa de mantenimiento para alumbrado público.**

Siguiendo los estándares para lograr el uso racional y eficiente de la energía, en todas las instalaciones de alumbrado público se debe contar con un plan de mantenimiento que garantice el mantenimiento de los niveles de eficiencia energética y los parámetros de iluminación.

Para este plan de mantenimiento se debe incluir el periodo de limpieza del conjunto óptico de las luminarias, la revisión de los elementos de control, la revisión del medidor de energía y de cambio de las bombillas.

La frecuencia de la limpieza del conjunto óptico de la luminaria y del cambio de las bombillas debe ser tal que garanticen que la instalación de alumbrado público no va a estar funcionando con valores de iluminancia promedio por debajo de los mínimos mantenidos. Se debe resaltar, que en el mantenimiento hay factores que son no controlables, como la depreciación de la luminaria debido al envejecimiento y a la degradación de sus materiales, que producen un aumento de la opacidad y/o reducción de reflectividad en los materiales del conjunto óptico de la luminaria. A medida que pasa el tiempo, el valor de iluminancia promedio de la instalación se va alejando del valor inicial de iluminancia promedio (100%), hasta llegar al final de la vida útil de las luminarias. Un caso extremo sería cuando las luminarias con bombillas nuevas, escasamente produzcan el valor de iluminancia mínimo mantenido. Se recomienda en todos los casos, la contratación de una cuadrilla de mantenimiento que permita optimizar el sistema de alumbrado.

Para el mantenimiento de los contadores de energía, se requiere una intervención más avanzada, ya que estos elementos no permiten mantenimientos rutinarios como una luminaria y en caso de encontrar un desbalance de la medición, se hace necesario el reemplazo del mismo.

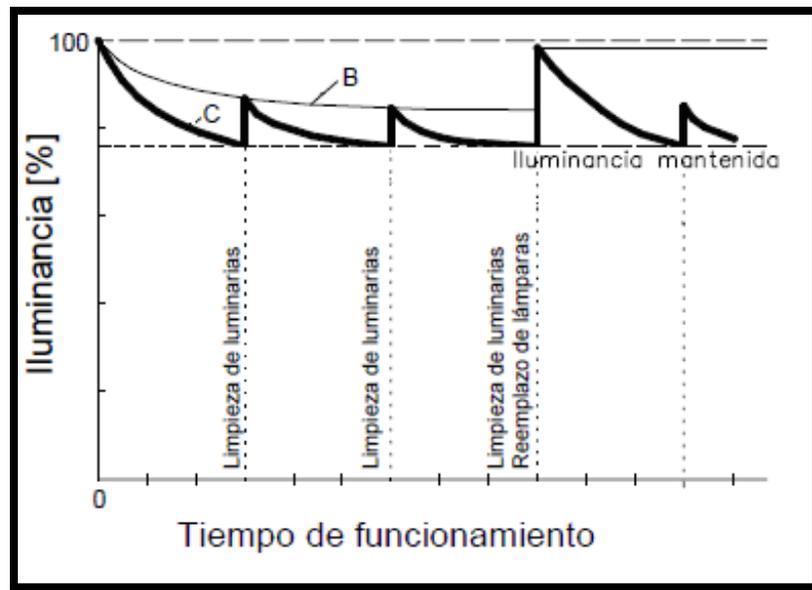


Figura 3.4. Iluminancia vs tiempo de funcionamiento.

El mantenimiento periódico permite que la luminaria tenga una iluminancia casi del 100 %, sin embargo, al pasar las horas de servicio esta llega a su deterioro natural y se hace necesario el reemplazo de las bombillas. Los sistemas alternos como fotoceldas, arrancadores y condensadores, están diseñados para no hacerles mantenimiento, es decir, se deben reemplazar una vez se detecten irregularidades.

Para le red de medición no se requiere mantenimiento, ya que estas redes se encuentran diseñadas para trabajar en intemperie y en caso de falla, se debe reponer dicho tramo.

## CAPITULO 4. ESTRATEGIA DE LA MODERNIZACION DEL ALUMBRADO PÚBLICO.

Adicional a la ubicación de las luminarias, se requiere realizar un estudio de regulación para calcular la caída de tensión a lo largo de la distribución del municipio. Se deben especificar las distancias entre luminarias y el cuadro regulación por transformador.

Donde se muestra el número de luminarias con su respectiva regulación, se toman distancias requeridas y con ello, se realiza el inventario de materiales utilizados en los 15 transformadores de distribución. Estas tablas de regulación se adicionan como anexo al presente estudio.

Actualmente el municipio cuenta con alumbrado público, lo que permite establecer que el actual diseño sirve como punto de partida para la instalación del sistema de medida. Utilizando cotizaciones solicitadas a diferentes proveedores de insumos eléctricos a modo de elegir los más convenientes para el proyecto en cuanto a calidad, garantía, costo, entrega entre otros, en la adquisición de los materiales para así responder con lo planeado para el proyecto.



Figura 4.1. Medidores electrónicos trifilares marca METER.

Si bien el municipio de Güepsa, presenta una cultura de pago eficiente, la implementación de un sistema de medición, permite controlar de manera eficiente su consumo. Para ello, un

contador Meter óptico, se presenta como una alternativa económica y fiable, para el manejo de la facturación mediante lectura por parte del comercializador.

Existen en el mercado contadores mucho más modernos y con tecnología para el envío de datos por medio de tele medida mediante operador celular, pero esta sería viable, si el municipio tuviera una extensión más amplia, es decir, cuando la lectura se torna difícil, debido a las largas distancias que debe recorrer el comercializador para tomar lecturas del contador, además, de que se encarece el proyecto de manera significativa.

Al inicio del año 2014, la administración municipal decidió modernizar la mayoría de sus luminarias, pasando de tener mercurio 250 W en su mayoría, a luminarias de sodio 70 W.

Para estandarizar estas luminarias, se consideran cambiar las que no sean sodio 70 W, es decir, de las 317 que actualmente se encuentran instaladas, solo 196 se encuentran bajo la tecnología de Sodio 70 W. Esto trae beneficios asociados al ahorro energético, así como también para los ahorros en disminución de inventarios, y la facilidad a la hora de realizar mantenimientos al alumbrado público.



Figura 4.2. Luminarias de sodio 70 Watt instaladas en Güepsa.

#### 4.1 Ingeniería básica del proyecto.

Se presenta la totalidad de elementos requeridos para el tendido de la nueva red de alumbrado público, en cable trenzado para reducir pérdidas negras en la red y optimizar en buen funcionamiento del servicio.

El total de red trenzada tendida en el casco urbano del municipio de Güepesa fue de 7798.55 metros para el cubrimiento total. Se implementaron 121 luminarias de sodio 70 W para estandarizar las luminarias en una sola tecnología, además de reducir consumo general del sistema, entre otros elementos complementarios que se evidencian en la tabla No. 4.1, para un total en la inversión de materiales de millones de pesos donde se emplearon cotizaciones de diferentes empresas especializadas en el sector eléctrico.

**Tabla 4.1. Resumen materiales a utilizar en el proyecto.**

DESCRIPCION DEL PRODUCTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
LAMPARA DE 70W	Un	121
BALASTRO DE 70W	Un	121
CONDENSADOR 24 MFD	Un	121
ARRANCADOR 70W	Un	121
BOMBILLO DE 70W SODIO	Un	121
PORTALAMPARA E.27	Un	121
REGLETA CONEXIÓN 20A	Un	121
BASE PARA FOTOCELDA	Un	121
FOTOCELDA DE 1000W	Un	121
METROS DE ALAMBRE No. 14	METROS	550
RED TRENZADA 2X4 XLPE+4	METROS	8798,55
CONTADOR MONOFASICO METER	Un	15
CAJA POLIMERICA MONOFASICA	Un	15
METROS DE ALAMBRE No. 8	METROS	90
VARILLA COBRE COBRE 1,50 CON CONECTOR	Un	15
PIN DE CORTE 2X40 RIEL	Un	15
METROS CABLE BIFASICO 2X8+8	METROS	300

Fuente: Autores.

Para realizar este proyecto se utiliza medidores de potencia, utilizados para optimizar y registrar la energía consumida por un sistema de alumbrado público, adicional se instala un medidor por transformador en la red de distribución en cable concéntrico N.4 con medidores electrónico trifilares Meter, para el registro de la energía facturada por el sistema.

#### 4.1.1 Medidor electrónico Bifásico.

La tecnología implementada para la medición de la energía consumida por el alumbrado público del municipio es el *Meter® electrónico Bifásico*, de industria Colombiana, con representación en todo el país<sup>13</sup>.



Figura 4.3. Medidor Bifásico para alumbrado instalado en el  
Municipio de la Paz - Santander.

---

<sup>13</sup> Medidor electrónico Bifásico METER®. MTE MEDIDORES - TÉCNICA - EQUIPOS S.A. - C.I.  
<http://www.verifylab.com/>

Como antecedentes, se tiene que el municipio de La Paz en Santander instaló en el primer semestre de 2015 la infraestructura de medición de alumbrado público, sin embargo, la alcaldía de ese municipio no ha legalizado ante el comercializador ESSA, dicha instalación. El conexionado del medidor se detalla en la Figura 4.4, donde se explica de manera gráfica, las conexiones internas del medidor y sus bobinas. La cantidad de estos medidores son 15 a lo largo del municipio, tanto en el casco urbano como en el rural.

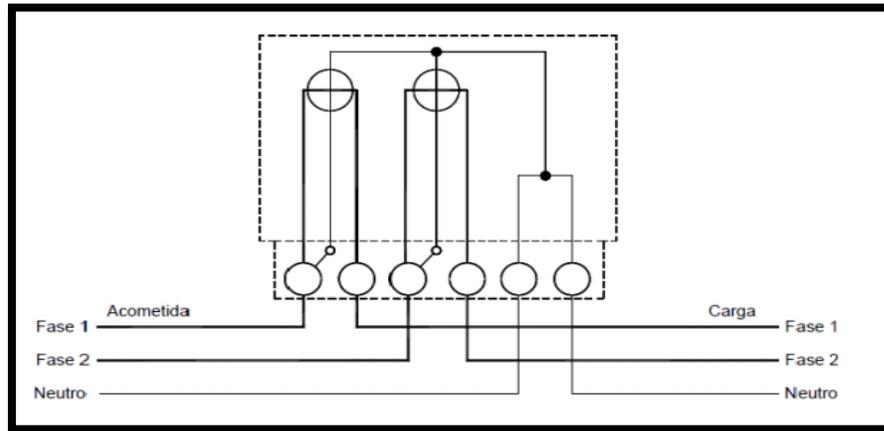


Figura 4.4. Conexión medidor bifásico trifilar.

Las características principales de este tipo de medidor son:

- Marca: Meter®; Fabricante: MTE S.A C.I., (Made in Colombia).
- Normas internacionales Reg. Particulares y condiciones de ensayo: IEC62053-21 y IEC62052-11. Norma Nacional: NTC 4052/2003.
- Tipo de conexión: Directa.
- Mecanismo registrador: Ciclo métrico, 5 enteros 1 decimal (99999.9).
- Sistema antifraude unidireccional.
- Registro: Siempre positivo.
- Unidad de lectura: KWh.
- Principio de funcionamiento: Procesamiento de señales digitales.
- Sistema de ajuste: Red resistiva.
- Corriente de arranque: 0.05% de la corriente nominal  $I_n$ .
- Tipo de energía medida: Activa.
- Protección contra sobretensiones: Varistor.

- Tipo de material de la base y la tapa del medidor: Acrilonitrilo Butadieno, estireno o ABS.
- Excelente nivel de linealidad en todo el rango de medición.
- Alta exactitud de medida y repetitividad metrológica.
- Alta sensibilidad a las corrientes bajas.

#### 4.1.2 Bombillas de sodio 70 W.

Para la selección de esta lámpara, se toma como criterio la facilidad para estandarizar las actuales bombillas en el municipio, ya que actualmente se encuentran instaladas 196 luminarias bajo esta tecnología. Se propone modernizar las restantes 121. Estas las lámparas a vapor de sodio de alta presión de ampolla tubular clara, se destacan por su emisión de luz cálida y una elevada eficiencia luminosa. Su vida útil según fabricante oscila entre las 28.000 horas<sup>14</sup>. Debido a que se van a utilizar solo 12 horas al día, traduce una vida útil en años de 6,39 años.

mismos equipos que las lámparas de sodio standard obteniendo 33% mayor vida útil y hasta un 20% mayor flujo luminoso con mejor mantenimiento.



Tipo	Potencia (W)	Ignitor externo	Cap/base	Acabado	Tensión de la lámpara (V)	Corriente de la lámpara (A)	Flujo luminoso (lm)	Eficiencia del sistema (lm/W)	Temperatura de color correlacionada (K)	Vida Útil (Hs)
<b>SON-T PLUS</b>										
SON-T PLUS	70W	Externo	E27	CLARA	90	1.00	6600	94	2000	28000
SON-T PLUS	100W	Externo	E40	CLARA	100	1.20	10500	105	2000	32000
SON-T PLUS	150W	Externo	E40	CLARA	100	1.80	16500	110	2000	32000
SON-T PLUS	250W	Externo	E40	CLARA	100	3.00	32000	128	2000	32000
SON-T PLUS	400W	Externo	E40	CLARA	100	4.50	55000	138	2000	32000
<b>SON PLUS</b>										
SON PLUS	100W	Externo	E40	ARGENTA	100	1.20	10000	100	2000	32000
SON PLUS	150W	Externo	E40	ARGENTA	100	1.80	16000	107	2000	32000
SON PLUS	250W	Externo	E40	ARGENTA	105	2.85	31000	120	2000	32000
SON PLUS	400W	Externo	E40	ARGENTA	105	4.50	55500	135	2000	32000

Figura 4.5. Tabla de características Bombilla sodio 70 w.

<sup>14</sup> Tiempo de vida estimado por el fabricante Philips.

Las características principales de este tipo de bombilla son:

- Marca: Philips®<sup>15</sup>
- Potencia 70 W
- Base E27
- Tensión nominal: 90 V
- Corriente nominal: 1 A
- Flujo luminoso: 6600 Lumen
- Eficacia: 94lm/W
- Temperatura K: 2000
- Vida útil : 28000 Hrs

#### 4.1.3 Condensador.

Para aplicaciones de alumbrado público, se requiere la instalación de condensadores que permiten la corrección del factor de potencia, ya que los balastos que utilizan estos elementos son reactivos, produciendo un factor de potencia bajo. Para estas instalaciones, se recomienda circuitos con condensadores de tipo seco, con tolerancia cerca del 5 %.



Figura 4.6. Condensador para Bombilla sodio 70 w.

<sup>15</sup> Bombilla de sodio alta presión 70 W PHILIPS®. Catálogo de referencias SON/SON-T PLUS PIA Pág. 2.  
<https://www.philips.com.co/>

Las características principales de este tipo de bombilla son:

- Marca: Aerovox®<sup>16</sup>
- Capacidad: 24  $\mu\text{f}$  +/- 3%
- Tensión nominal: 360 V
- Frecuencia: 50/60 Hz

#### 4.1.4 Arrancador.

Este dispositivo eléctrico se instala después del balastro, y como su nombre lo indica, permite generar un pulso de tensión para la puesta en servicio de la luminaria. Para luminarias de sodio 70 W se acepta únicamente la utilización de arrancadores tipo paralelo de dos terminales, los cuales no utilizan para su arranque el devanado de la bobina del balastro; los mismos deben garantizar el encendido de bombillas del tipo estándar, súper o plus.



Figura 4.7. Arrancador para Bombilla sodio 70 w.

Las características principales de este tipo de arrancador son:

- Marca: Ergon®<sup>17</sup>
- Voltaje: 220 V
- Temperatura: 90 °C

<sup>16</sup> Condensador para Bombilla sodio 70 w AEROVOX®. <http://www.aerovox.com/>

<sup>17</sup> Arrancador para bombilla de sodio 70 W marca ERGON®.

#### 4.1.5 Refractor o cubierta.

Se propone para estas aplicaciones le cubierta marca Roy Alpha®, ya que es una de las marcas de mayor comercialización en el país, disminuyendo los costos de instalación.

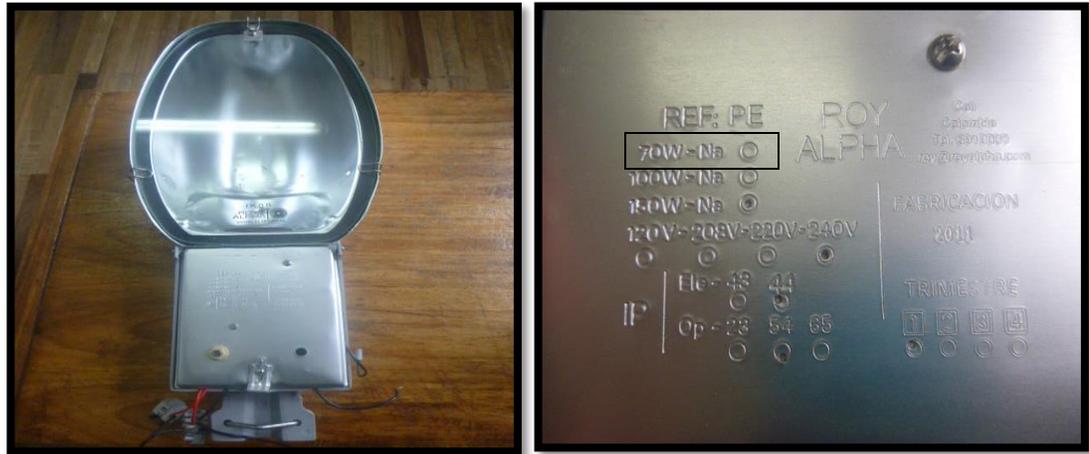


Figura 4.8. Refractor para Bombilla sodio 70 w.

#### 4.1.6 Fococelda.

Control que permite el encendido y apagado de las luminarias de alumbrado público. Consiste en un circuito integrado que detecta la ausencia de luz solar y cierra un circuito que permite el encendido de los dispositivos. A su vez, el foto sensor detecta claridad en el ambiente, abre el circuito des energizando el sistema de iluminación (ver figura 4.9).

Uno de los principales problemas con la actual medida que se tiene en el municipio, es que muchas de las luminarias han fallado en su sistema de foto control, es decir, las luminarias no encienden por la falla en estos dispositivos, sin embargo, el comercializador cobra dichas luminarias como si estuvieran consumiendo normalmente, asumiendo una operación normal del sistema, ya que actualmente se cobra mediante aforo o inventario.



Figura 4.9. Foto celda para luminaria sodio 70 w.

Las características principales de este tipo de foto celda son:

- Marca: Redes®<sup>18</sup>
- Voltaje: 108-205 V
- Frecuencia: 50/60 Hz
- Potencia: 1000 W

#### 4.1.7 Balastro.

Es una reactancia inductiva que permite mantener el flujo de corriente en las lámparas, proporcionando la tensión necesaria para el encendido de la luminaria y manteniendo constante el flujo de corriente de la misma. Para el proyecto se propone balastos marca Sylvania® referencia SHP 70 W<sup>19</sup> para luminarias de sodio 70 W.

<sup>18</sup> Fotocelda para control de iluminación marca REDES®.

<sup>19</sup> Balastro para bombilla de sodio 70 W marca PHILIPS®. Catálogo de balastos Sylvania pág. 13. <http://www.sylvaniacolombia.com/>

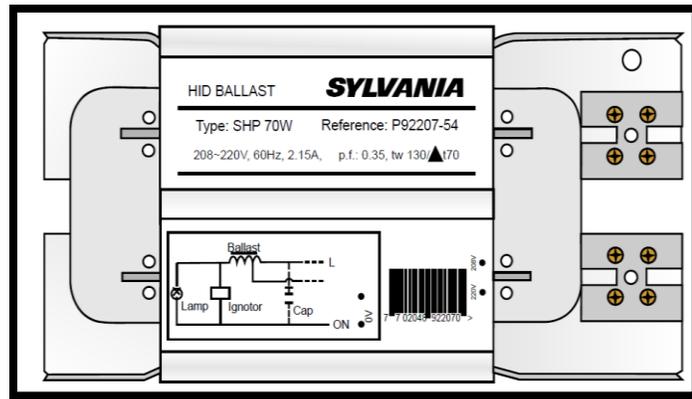


Figura 4.10. Esquema de balastro Sylvania®.

Los demás elementos y accesorios como son los pines de corte, cable trenzado, alambre para tierra, varilla para tierra y demás, permiten complementar la instalación, para la modernización del sistema de alumbrado público del municipio de Güepsa – Santander.

## **CAPITULO 5: ANALISIS FINANCIERO**

### **5.1 ESTABLECIMIENTO DE LINEA DE BASE.**

Las inversiones a la infraestructura energética pretenden reducir el consumo, optimizar y modernizar los sistemas que involucran estas tecnologías y beneficiar al económicamente al país.

El análisis económico del proyecto de inversión energético que se plantea, pretende realizar una comparación entre el costo y beneficio involucrados en la modernización de una infraestructura eléctrica existente, utilizando los escenarios de continuar con el inventario actual y modernizar para optimizar la infraestructura eléctrica del municipio.

Para el estudio financiero se deben establecer parámetros que permiten evaluar económicamente el proyecto, entre los cuales están:

1. Tasa de interés: 12 % E.A
2. Precio del kW/h sin medida: \$ 342,91<sup>20</sup>
3. Precio del kW/h con medida: \$ 370,10<sup>21</sup>
4. Periodo de análisis: Corto Plazo ( 5 años)
5. WACC: 11 %
6. Precios de los insumos de alumbrado público, cotizados a Julio de 2015 proporcionados por comercializadores especializados en eléctricos.

---

<sup>20</sup> Tarifa Electrificadora de Santander ESSA para alumbrado público. Julio 2015

<sup>21</sup> Tarifa Electrificadora de Santander ESSA para entidades oficiales. Julio 2015

Determinando estos parámetros, se establece una línea base para poder evaluar los costos asociados al cambio de tecnología de cobro de energía, así como también, los beneficios que se puedan generar al optimizar un sistema energético. Los precios del kW/h se obtienen directamente de la electrificadora de Santander ESSA, sin embargo se plantearan escenarios donde este valor incremente y decrezca para hallar las sensibilidades del mercado y evaluar todas lo relacionado a la fluctuación del mercado energético.

Los costos asociados al consumo actual de energía sin tener en cuenta una medición confiable del sistema se detalla en la tabla 5.1.

**Tabla 5.1. Resumen carga instalada actualmente en el alumbrado público de Güepsa.**

<b>Código Municipal</b>	<b>Carga [kW]</b>	<b>Energía [Kw/h]</b>	<b>Tarifa[COP]</b>	<b>Total Mensual[COP]</b>
<b>Alumbrado. Publico Güepsa</b>	56,76	22844,01	\$ 342,91	\$ 7.833.439,47
<b>TOTAL</b>				\$ 7.833.439,47

Fuente: Electrificadora de Santander ESSA 2015.

Se tiene una carga actual de 56,76 kW sumando un total de 317 luminarias de diferente potencia y referencia (Véase tabla 2.3). Como solución al problema de confiabilidad, se proyecta la estandarización de las luminarias a sodio 70 W, ya que actualmente 196 de esas 317 instaladas pertenecen a ese grupo de iluminación.

El cobro por aforos permite realizar un cobro aproximado del consumo, sin embargo muchas de las luminarias instaladas (cerca del 10 %) <sup>22</sup> presentan averías tanto en sus

<sup>22</sup> Electrificadora de Santander ESSA. Julio 2015

sistemas de control, como en su sistema de potencia, lo que permite que los cobros generados no sean los efectivamente consumidos.

Como solución, el sistema de medida presenta la certeza necesaria para generar un cobro adecuado, ya que este registra el consumo de energía activa de manera confiable. Adicional a esto, se presenta una optimización al sistema eléctrico mediante la mejora y ahorro energético del municipio.

En la tabla 5.2 se detalla el nuevo cuadro de carga realizándose los cambios anteriormente descritos.

**Tabla 5.2. Resumen nueva carga instalada en el alumbrado público de Güepsa.**

NUEVO INVENTARIO DE CARGA INSTALADA MUNICIPIO DE GUEPSA											
Urbano y Rural	Descripción	Luminarias georefer.	Luminarias sin georefer.	Luminarias repo, exp, mant.	Total	Potencia (w)	Perdidas Balastro (w)	Perdidas arrancador (w)	Perdidas condens (w)	Potencia con pérdidas (w)	potencia ins.(kw)
			317				70	11	0,05	0,4	81,45
Sodio						150	19	0,12	0,4	169,52	0,000
						250	29	0,12	1	280,12	0,000
						400	40	0,12	1	441,12	
						1000	120	0,12	1	1121,12	
	Subtotal luminarias				317	Subtotal carga Instalada (KW)					25,82
	Cantidad luminarias con foto control exclusivo				317	Subtotal carga instalada con foto control exclusivo(KW)					0,54
	Total carga instalada										26,36

Fuente: Autores.

Se observa una disminución de aproximadamente el 46 % de la carga total del sistema y adicional un ahorro de 10 % en pérdidas presentadas por los sistemas de control y potencia que presentan fallas, las cuales se corrigen mediante el sistema de medición electrónica.

Los costos asociados al nuevo consumo de energía teniendo en cuenta la medición del sistema se detalla en la tabla 5.3.

**Tabla 5.3. Resumen nueva carga en el alumbrado público de Güepsa.**

Código Municipal	Carga [kW]	Energía [Kw/h]	Tarifa[COP]	Total Mensual[COP]
Alumb. Publico Güepsa	26,36	9385,73	\$ 370,10	\$ 3.473.660,89
<b>TOTAL</b>				\$ 3.473.660,89

Fuente: Electrificadora de Santander ESSA 2015.

#### 5.1.1 Análisis del proyecto.

El precio de la facturación con las nuevas implementaciones de medición y de modernización de alumbrado público disminuye de \$ 7.833.439,47 COP a \$ 3.473.660,89 COP en el cobro mensual que realiza el comercializador a la administración municipal.

En la tabla 5.4 se resume el proyecto mediante la relación CON/SIN, que permite establecer puntos de partida para realizar los flujos de caja considerando los ingresos y los egresos atribuibles al proyecto y poder así determinar los costos asociados al proyecto.

**Tabla 5.4. Resumen proyecto relación CON/SIN.**

DESCRIPCION	CON	SIN
VALOR FACTURA	3.473.660,89 COP	7.833.439,47 COP
# LUMINARIAS	317 Unidades	317 Unidades
CARGA	26,36 k W	56,76 k W
PRECIO Kw/h	370,10 COP	342, 91 COP

Fuente: Autores

## **5.2 DETERMINACION DE COSTOS.**

### **5.2.1 Costos directos diseño.**

Se encuentran relacionados los gastos de papelería, medios magnéticos, planos, impresiones y todo tipo de materiales necesarios para el inicio del proyecto de los autores.

### **5.2.2 Costos directos montaje.**

Se relacionan los costos de ingeniería, materiales para el montaje, equipos a instalar, redes y demás materiales necesarios para el montaje del proyecto en sitio.

### **5.2.3 Costos indirectos diseño.**

En estos costos se encuentran los costos de software aplicado a alumbrado público, transporte generales, gastos de servicios administrativos, documentación y asesorías profesionales y legales.

### **5.2.4 Costos indirectos montaje.**

Se relacionan los costos indirectos en la etapa de montaje a los asociados a gastos administrativos, transporte de materiales a sitio, permisos ante las entidades municipales y comercializadores de energía, como también al combustible requerido a esta etapa para el traslado de los elementos a instalar.

En la tabla 5.5 se observan los valores por unidad de cada ítem involucrado para la realización del proyecto en el municipio de Güepsa.

**Tabla 5.5. Resumen costos de materiales.**

DESCRIPCION DEL PRODUCTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
LAMPARA DE 70W	Un	121	\$ 115.700,00	\$ 13.999.700,00
RESISTENCIA DE 70W	Un	121	\$ 28.000,00	\$ 3.388.000,00
CONDENSADOR 24 MFD	Un	121	\$ 4.500,00	\$ 544.500,00
ARRANCADOR 70W	Un	121	\$ 9.000,00	\$ 1.089.000,00
BOMBILLO DE 70W SODIO	Un	121	\$ 25.000,00	\$ 3.025.000,00
PORTALAMPARA E.27	Un	121	\$ 2.500,00	\$ 302.500,00
REGLETA CONEXIÓN 20A	Un	121	\$ 2.500,00	\$ 302.500,00
BASE PARA FOTOCELDA	Un	121	\$ 3.500,00	\$ 423.500,00
FOTOCELDA DE 1000W	Un	121	\$ 22.500,00	\$ 2.722.500,00
METROS DE ALAMBRE No. 14	METROS	550	\$ 700,00	\$ 385.000,00
RED TRENADA 2X4 XLPE+4	METROS	8798,55	\$ 3.800,00	\$ 33.434.490,00
CONTADOR MONOFASICO METER	Un	15	\$ 144.444,00	\$ 2.166.660,00
CAJA POLIMERICA MONOFASICA	Un	15	\$ 38.504,00	\$ 577.560,00
METROS DE ALAMBRE No. 8	METROS	90	\$ 4.907,00	\$ 441.630,00
VARILLA COBRE COBRE 1,50 CON CONECTOR	Un	15	\$ 103.695,00	\$ 1.555.425,00
PIN DE CORTE 2X40 RIEL	Un	15	\$ 43.800,00	\$ 657.000,00
METROS CABLE BIFASICO 2X8+8	METROS	300	\$ 6.899,00	\$ 2.069.700,00
TOTAL DE MATERIALES EMPLEADOS PARA 15 TRANSFORMADORES MUNICIPIO DE GUEPSA				\$ 67.084.665,00
MANO DE OBRA				\$ 26.833.866,00
TOTAL PROYECTO DE MODERNIZACION ALUMBRADO PUBLICO				\$ 93.918.531,00
AIU				\$ 7.513.482,48
TOTAL				\$ 101.432.013,48

Fuente: Autores

En la tabla 5.5, los costos de los materiales se basan en cotizaciones realizadas por empresas comercializadoras del sector eléctrico, adicional se incluyen los costos asociados a la mano de obra y el AIU.

Se debe sumar a esto, los costos directos e indirectos tanto del diseño como del montaje en el municipio, estos valores se detallan en la tabla No. 5.6.

**Tabla 5.6. Total costos del proyecto.**

COSTOS			
DISEÑO		MONTAJE	
DIRECTOS		DIRECTOS	
Papelería	\$ 62.000,00	Mano de obra	\$ 26.833.866,00
Otros	\$ 25.000,00	AIU	\$ 7.513.482,48
		Materiales	\$ 67.084.665,00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 87.000,00</b>	<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 101.432.013,48</b>
INDIRECTOS		INDIRECTOS	
Software	\$ 0,00	Gastos administrativos	\$ 2.500.000,00
Transporte	\$ 100.000,00	Transporte material	\$ 2.000.000,00
Documentacion ESSA	\$ 350.000,00	Combustible	\$ 350.000,00
Gastos de servicios	\$ 350.000,00	<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 4.850.000,00</b>
Asesoría legal	\$ 2.500.000,00		
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 3.300.000,00</b>	<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 5.200.000,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 110.019.013,48</b>		

Fuente: Autores

El total del proyecto asociado a los costos financieros tanto directos como indirectos de las fases de diseño y montaje es de COP \$ 110.019.013.48.

### 5.3 ESTABLECIMIENTO DE ESCENARIOS.

Para el establecimiento del proyecto se deben contemplar tres escenarios que permitan obtener una comparación objetiva para poder escoger la mejor alternativa para realizar el proyecto. Los escenarios a evaluar son:

- Sin proyecto
- Proyecto con recursos propios
- Proyecto con financiación

#### 5.3.1 Sin proyecto.

Las pautas para realizar el análisis del estudio sin proyecto son:

- Tasa de interés: 0 % E.A
- Precio del kW/h sin medida: \$ 342,91<sup>23</sup>
- WACC: 11 % de la administración municipal.
- Depreciación del 8 %
- Periodo de análisis: Mediano Plazo ( 6 años)
- % de financiación activos: 0%
- Impuesto a la renta: 0% <sup>24</sup>
- Valor de salvamento: COP \$ 0
- Vida útil de los equipos: 10 años<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> Tarifa Electrificadora de Santander ESSA para alumbrado público. Julio 2015

<sup>24</sup> ESTATUTO TRIBUTARIO NACIONAL. Artículo 598. Entidades obligadas a presentar declaración.

<sup>25</sup> Equipos eléctricos se estiman en 10 años de vida útil, debido a que contablemente se deprecian hasta llegar al año 10. artículo 70 del Decreto 187 de 1975

Tabla 5.7. Flujo de caja sin proyecto.

FLUJOS DE FONDOS PROYECTO ALUMBRADO PUBLICO MUNICIPIO DE GÜEPSA SIN PROYECTO							
CONCEPTOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
n	0	1	2	3	4	5	6
INVERSION	\$0						
DEPRECIACION		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
FINANCIACION	\$0				\$0		
PAGO PRESTAMO		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
SALDO DEUDOR	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
INTERESES	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
CAPITAL							
VALOR DE SALVAMENTO							\$0
VENTAS ( AHORROS ENERGIA )		-\$4.359.779	-\$4.359.779	-\$4.359.779	-\$4.359.779	-\$4.359.779	-\$4.359.779
Venta factorizada ( AHORROS ENERGIA)		-\$4.359.779	-\$4.359.779	-\$4.359.779	-\$4.359.779	-\$4.359.779	-\$4.359.779
COSTOS Y GASTOS		-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000
Costos factorizados		-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000
Utilidad antes de depreciacion		-\$9.759.779	-\$9.759.779	-\$9.759.779	-\$9.759.779	-\$9.759.779	-\$9.759.779
Utilidad despues de depreciacion		-\$9.759.779	-\$9.759.779	-\$9.759.779	-\$9.759.779	-\$9.759.779	-\$9.759.779
IMPORENTA POR OPERACIÓN		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
IMPORENTA GANANCIA OCASIONAL		0	0	0	0	\$0	\$0
FLUJO NETO DE CAJA	\$0	-\$9.759.779	-\$9.759.779	-\$9.759.779	-\$9.759.779	-\$9.759.779	-\$9.759.779
FACTOR DE DESCUENTO	1,00	1,11	1,23	1,37	1,52	1,69	1,87
1/ factor de descuento	1,00	0,90	0,81	0,73	0,66	0,59	0,53
FLUJO NETO DE CAJA DESCONTADO	\$0	-\$8.792.593	-\$7.921.255	-\$7.136.266	-\$6.429.068	-\$5.791.954	-\$5.217.976
ACUMULADO	\$0	-\$8.792.593	-\$16.713.849	-\$23.850.115	-\$30.279.183	-\$36.071.137	-\$41.289.113

Fuente: Autores.

### 5.3.2 Con proyecto sin financiación.

Las pautas para realizar el análisis de estudio del proyecto sin financiación son:

- Tasa de interés: 0 % E.A
- Precio del kW/h con medida: \$ 370,10<sup>26</sup>
- WACC: 11 % de la administración municipal.
- Depreciación del 8 %
- Periodo de análisis: Mediano Plazo ( 6 años)
- % de financiación activos: 0%
- Impuesto a la renta: 0% <sup>27</sup>
- Valor de salvamento: 40 % de la inversión.
- Vida útil de los equipos: 10 años

---

<sup>26</sup> Tarifa Electrificadora de Santander ESSA para alumbrado público. Julio 2015

<sup>27</sup> ESTATUTO TRIBUTARIO NACIONAL. Artículo 598. Entidades obligadas a presentar declaración.

Tabla 5.8. Flujo de caja proyecto sin financiación.

FLUJOS DE FONDOS PROYECTO ALUMBRADO PUBLICO MUNICIPIO DE GÜEPSA SIN FINANCIAMIENTO							
CONCEPTOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
n	0	1	2	3	4	5	6
INVERSION	-\$110.019.013						
DEPRECIACION		-\$8.801.521	-\$8.801.521	-\$8.801.521	-\$8.801.521	-\$8.801.521	-\$8.801.521
FINANCIACION	\$0				\$0		
PAGO PRESTAMO		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
SALDO DEUDOR	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
INTERESES	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
CAPITAL							
VALOR DE SALVAMENTO							\$44.007.605
VENTAS ( AHORROS ENERGIA )		\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343
Venta factorizada ( AHORROS ENERGIA)		\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343
COSTOS Y GASTOS		-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000
Costos factorizados		-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000
Utilidad antes de depreciacion		\$46.917.343	\$46.917.343	\$46.917.343	\$46.917.343	\$46.917.343	\$46.917.343
Utilidad despues de depreciacion		\$38.115.822	\$38.115.822	\$38.115.822	\$38.115.822	\$38.115.822	\$38.115.822
IMPORENTA POR OPERACIÓN			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
IMPORENTA GANANCIA OCASIONAL						\$0	\$0
FLUJO NETO DE CAJA	-\$110.019.013	\$38.115.822	\$38.115.822	\$38.115.822	\$38.115.822	\$38.115.822	\$82.123.427
FACTOR DE DESCUENTO	1,00	1,11	1,23	1,37	1,52	1,69	1,87
1/ factor de descuento	1,00	0,90	0,81	0,73	0,66	0,59	0,53
FLUJO NETO DE CAJA DESCONTADO	-\$110.019.013	\$34.338.578	\$30.935.656	\$27.869.960	\$25.108.072	\$22.619.885	\$43.906.538
ACUMULADO	-\$110.019.013	-\$75.680.435	-\$44.744.779	-\$16.874.819	\$8.233.254	\$30.853.139	\$74.759.677

Fuente: Autores.

### 5.3.3 Con proyecto con financiación.

Las pautas para realizar el análisis de estudio del proyecto con financiación son:

- Tasa de interés: 4,7 % E.A<sup>28</sup>
- Precio del kW/h con medida: \$ 370,10<sup>29</sup>
- WACC: 11 % de la administración municipal.
- Depreciación del 8 %
- Periodo de análisis: Mediano Plazo ( 6 años)
- % de financiación activos: 100%
- Impuesto a la renta: 0% <sup>30</sup>
- Valor de salvamento: 40 % de la inversión.
- Vida útil de los equipos: 10 años

---

<sup>28</sup> Tasa para proyectos de inversión para entidades públicas. Findeter. 2015.

<sup>29</sup> Tarifa Electrificadora de Santander ESSA para alumbrado público. Julio 2015

<sup>30</sup> ESTATUTO TRIBUTARIO NACIONAL. Artículo 598. Entidades obligadas a presentar declaración.

Tabla 5.9. Flujo de caja proyecto con financiación.

FLUJOS DE FONDOS PROYECTO ALUMBRADO PUBLICO MUNICIPIO DE GÜEPSA CON FINANCIAMIENTO							
CONCEPTOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
n	0	1	2	3	4	5	6
INVERSION	-\$110.019.013						
DEPRECIACION		-\$8.801.521	-\$8.801.521	-\$8.801.521	-\$8.801.521	-\$8.801.521	-\$8.801.521
FINANCIACION	\$110.019.013				\$0		
PAGO PRESTAMO		-\$27.504.753	-\$27.504.753	-\$27.504.753	-\$27.504.753	\$0	\$0
SALDO DEUDOR	\$0	-\$82.514.260	-\$55.009.507	-\$27.504.753	\$0	\$0	\$0
INTERESES	\$0	-\$3.878.170	-\$2.585.447	-\$1.292.723	\$0	\$0	\$0
CAPITAL							
VALOR DE SALVAMENTO							\$44.007.605
VENTAS ( AHORROS ENERGIA )		\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343
Venta factorizada ( AHORROS ENERGIA)		\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343	\$52.317.343
COSTOS Y GASTOS		-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000
Costos factorizados		-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000	-\$5.400.000
Utilidad antes de depreciacion		\$43.039.173	\$44.331.896	\$45.624.620	\$46.917.343	\$46.917.343	\$46.917.343
Utilidad despues de depreciacion		\$34.237.652	\$35.530.375	\$36.823.098	\$38.115.822	\$38.115.822	\$38.115.822
IMPORENTA POR OPERACIÓN			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
IMPORENTA GANANCIA OCASIONAL						\$0	\$0
FLUJO NETO DE CAJA	\$0	-\$52.154.779	-\$22.064.578	\$8.025.622	\$38.115.822	\$38.115.822	\$82.123.427
FACTOR DE DESCUENTO	1,00	1,11	1,23	1,37	1,52	1,69	1,87
1/ factor de descuento	1,00	0,90	0,81	0,73	0,66	0,59	0,53
FLUJO NETO DE CAJA DESCONTADO	\$0	-\$46.986.287	-\$17.908.107	\$5.868.265	\$25.108.072	\$22.619.885	\$43.906.538
ACUMULADO	\$0	-\$46.986.287	-\$64.894.394	-\$59.026.129	-\$33.918.056	-\$11.298.171	\$32.608.367

Fuente: Autores.

#### 5.4 FLUJO DE CAJA INCREMENTAL.

Los criterios económicos de evaluación de proyectos hacen referencia a los indicadores de rentabilidad tienen como objetivo el establecimiento y expresión del porcentaje de la capacidad de generar ingresos en un proyecto de inversión, así como los indicadores de endeudamiento que permiten establecer periodos de recuperación y de máxima exposición.

En la tabla 5.10 se detallan los indicadores encontrados en el proyecto de inversión del presente estudio.

**Tabla 5.10. Indicadores económicos del proyecto.**

DESCRIPCION	SIN PROYECTO	SIN FINANCIAMIENTO	CON FINANCIAMIENTO
<b>RENTABILIDAD</b>			
TIR	0	30%	24%
VPN	-\$ 41.289.112,73	\$ 74.759.676,76	\$ 32.608.366,84
<b>ENDEUDAMIENTO Y OTROS</b>			
PAYBACK	N/A	3	5
MAXIMO ENDEUDAMIENTO	-\$ 41.289.112,73	-\$ 110.019.013,48	-\$ 64.894.393,98
NET RETURN RATE	N/A	11,33%	8,37%

Fuente: Autores.

Como criterio de selección se entre el Valor Presente neto (*VPN*) de los tres escenarios financieros y la tasa interna de retorno (*TIR*), como también los indicadores de endeudamiento se observa que el proyecto es viable económicamente sin financiación de los bancos recuperándose la inversión en el año 3 de iniciado el proyecto.

En el Figura 15 se grafica el flujo acumulado del proyecto en ambos escenarios (con – sin). Se evidencia el máximo endeudamiento afecta desde el año 1, donde se inicia la construcción sin embargo al finalizar el año 3 de operación, se empieza a recuperar la inversión.

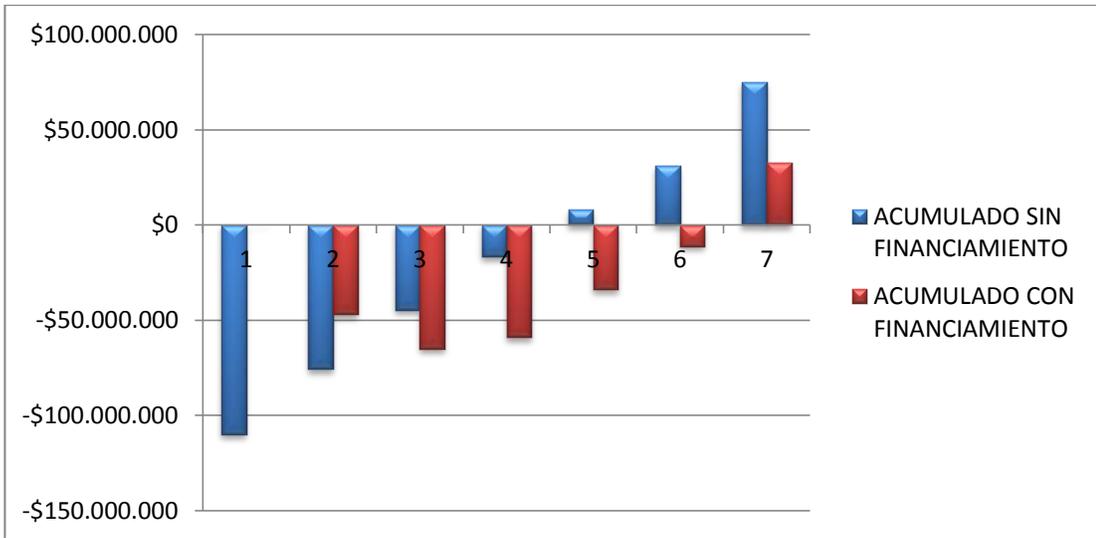


Figura 5.1. Comportamiento del flujo de caja acumulado

En el Figura 16 se grafica el flujo neto del proyecto en ambos escenarios (con- sin). Se evidencia el máximo endeudamiento afecta desde el año 1, sin embargo las ganancias se reflejan desde el primer año de operación.

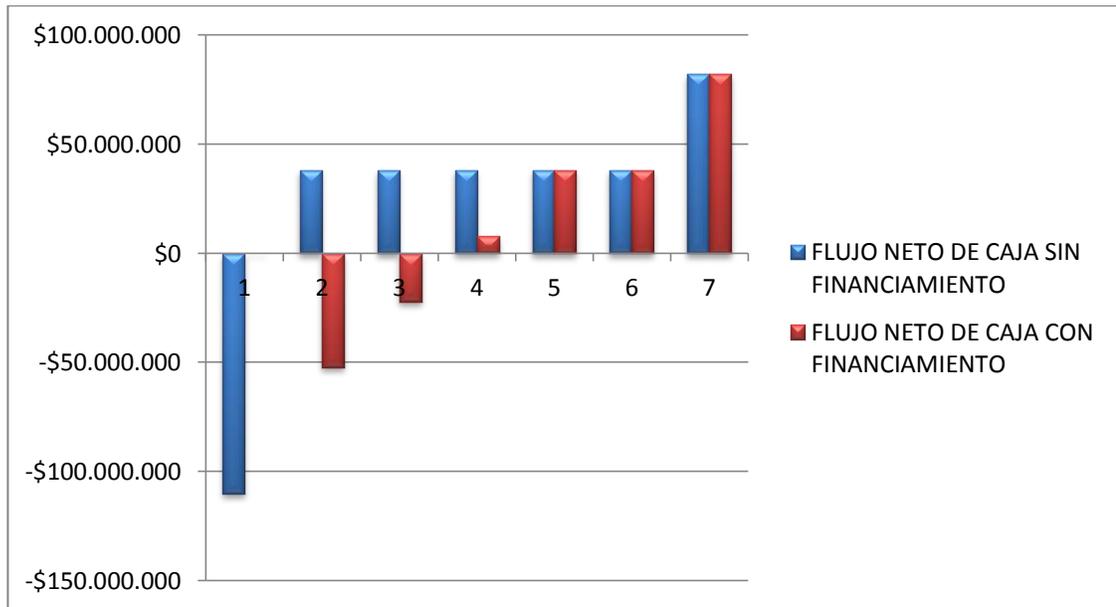


Figura 5.2. Comportamiento del flujo de caja neto.

## 5.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

El establecimiento de factores de críticos en los proyectos de inversión son determinantes ya que estos afectan al realizar una variación en sus valores iniciales y cambian el resultado de utilidad de manera significativa. El análisis de sensibilidad hace referencia a la búsqueda de debilidades del proyecto e identificación de las variables críticas. Para el estudio de caso, se realizará el análisis de sensibilidad univariable utilizando el programa Microsoft Excel ®, bajo el criterio de “*Ceteris paribus*”, donde solo se cambia una variable sin alterar las demás. Para el proyecto se establecen 3 variables a evaluar sensibilidades entre las cuales están:

- Inversión.
- Costos y gastos.
- Tiempo del proyecto

### 5.5.1 Sensibilidad a la inversión.

Se realiza sensibilidad a la inversión, incrementando y decreciendo la misma para revisar el comportamiento de los indicadores de rentabilidad del proyecto, el resumen se detalla en la tabla 5.11. Se especifica la variación en los indicadores de rentabilidad y endeudamiento, encontrando el *Switching Value*, el cual se encuentra solo si se incrementa la inversión en un 60 % (Véase Figura 5.3)

**Tabla 5.11. Análisis de sensibilidad a la inversión.**

SENSIBILIDAD A LA INVERSION							
INCREMENTO	MONTO INVERSION	VPN	TIR	MAX ENDEUDAMIENTO	N.R.R	PAYBACK	
0%	\$110.019.013	\$74.759.677	30%	-\$110.019.013	11,33%	3	
20%	\$132.022.816	\$50.014.493	22%	-\$132.022.816	6,32%	4	
40%	\$154.026.619	\$25.269.309	16%	-\$154.026.619	2,73%	5	
60%	\$176.030.422	\$524.126	11%	-\$176.030.422	0,05%	5	SWITCHING VALUE
-20%	\$88.015.211	\$99.504.860	42%	-\$88.015.211	18,84%	2	
-40%	\$66.011.408	\$124.250.044	61	-\$66.011.408	31,37%	1	
-60%	\$44.007.605	\$148.995.228	98%	-\$44.995.228	56,43%	1	

Fuente: Autores.

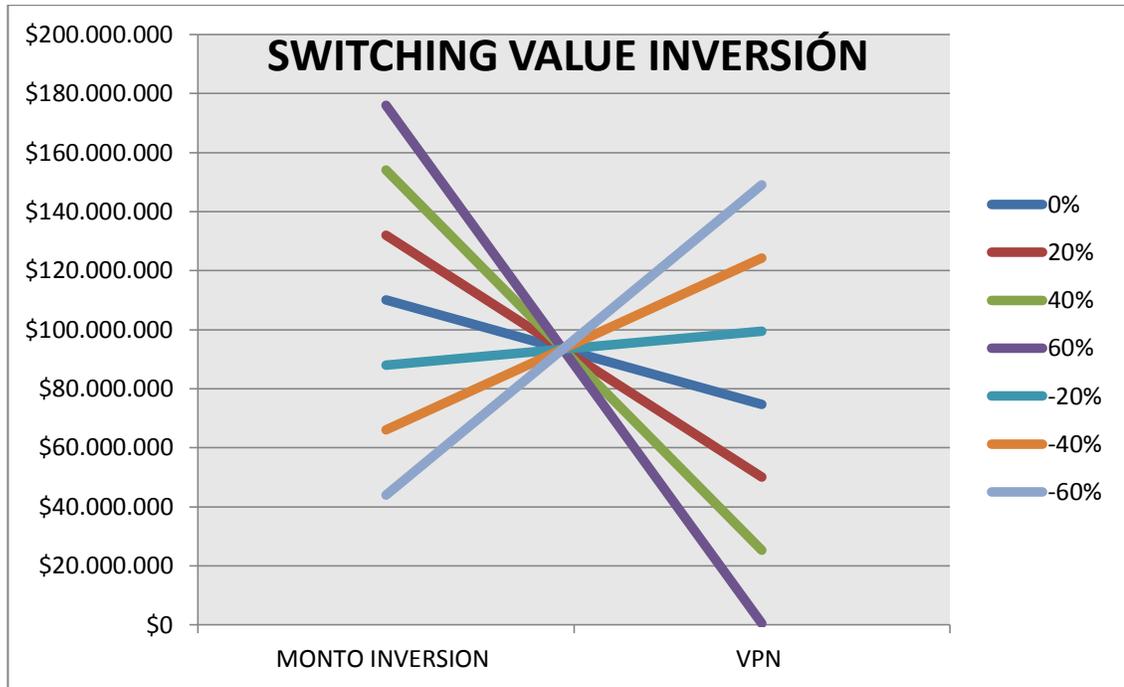


Figura 5.3. Switching Value inversión.

### 5.5.2 Sensibilidad a los costos y gastos.

Al cambiar la variable de costos y gastos para analizar el comportamiento de los indicadores de rentabilidad del proyecto, se observa una variación mínima en los indicadores de rentabilidad y endeudamiento, sin encontrar el valor de *Switching Value*, se realizan incrementos hasta un +/- 60 % de los costos y gastos del proyecto.

Tabla 5.12. Análisis de sensibilidad a costos y gastos.

SENSIBILIDAD A COSTOS Y GASTOS							
INCREMENTO	MONTO INVERSION	VPN	TIR	MAX ENDEUDAMIENTO	N.R.R	PAYBACK	
0%	\$110.019.013	\$74.759.677	30%	-\$110.019.013	11,33%	3	
20%	\$110.019.013	\$48.211.791	24%	-\$110.019.013	7,30%	3	
40%	\$110.019.013	\$44.283.738	23%	-\$110.019.013	6,71%	3	
60%	\$110.019.013	\$40.355.684	22%	-\$110.019.013	6,11%	4	
-20%	\$110.019.013	\$56.067.898	27%	-\$110.019.013	8,49%	3	
-40%	\$110.019.013	\$59.995.952	28%	-\$110.019.013	9,09%	3	
-60%	\$110.019.013	\$63.924.005	29%	-\$110.019.013	9,68%	3	

Fuente: Autores.

**5.5.3 Sensibilidad al tiempo del proyecto.**

El tiempo del proyecto es determinante a la hora de realizar análisis de sensibilidades, ya que se presenta como una variable critica en todo proyecto de inversión. Los resultados del análisis, establecen que al aumentar el periodo del proyecto trae beneficios como el incremento del VPN y TIR, por otro lado, el retraso de hasta 3 años en el periodo significaría una TIR igual a la tasa de descuento lo que se traduce en un *Switching Value* sin recuperación de la inversión a lo largo de los 6 años del proyecto.

**Tabla 5.13. Análisis de sensibilidad al periodo del proyecto.**

SENSIBILIDAD AL TIEMPO DEL PROYECTO							
INCREMENTO ( AÑOS)	MONTO INVERSION	VPN	TIR	MAX ENDEUDAMIENTO	N.R.R	PAYBACK	
0	\$110.019.013	\$74.759.677	30%	-\$110.019.013	11,33%	3	
1	\$110.019.013	\$90.786.922	31%	-\$110.019.013	14,75%	3	
2	\$110.019.013	\$105.225.826	32%	-\$110.019.013	18,18%	3	
3	\$110.019.013	\$118.233.848	33%	-\$110.019.013	17,91%	3	
-1	\$110.019.013	\$52.139.845	26%	-\$110.019.013	7,90%	3	
-2	\$110.019.013	\$27.031.763	19%	-\$110.019.013	4,10%	5	
-3	\$110.019.013	-\$838.208	11%	-\$110.019.013	-0,13%	6	SWITCHING VALUE

Fuente: Autores.

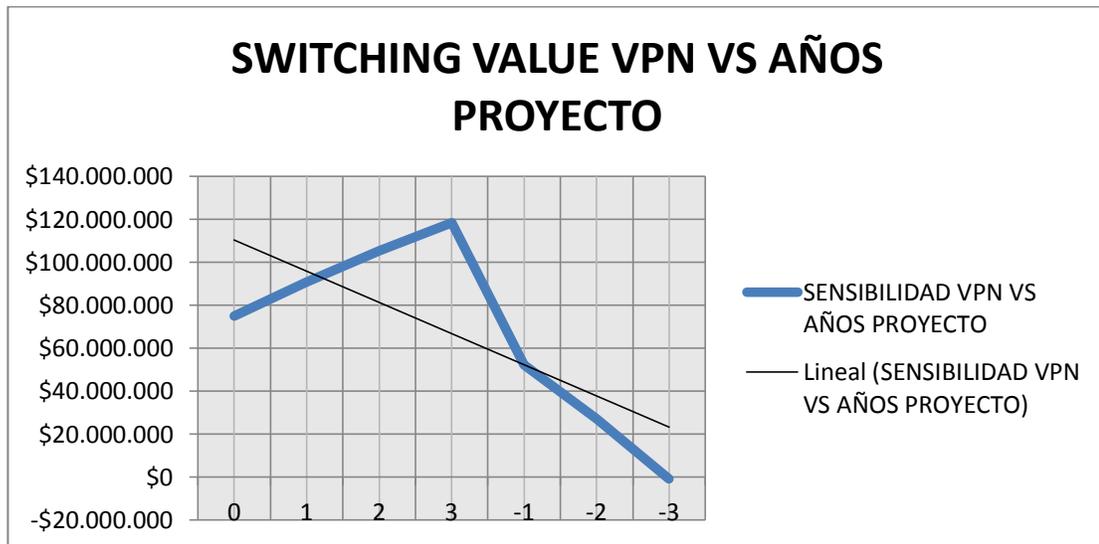


Figura 5.4. Switching Value años proyecto.

## RESULTADOS

El ahorro energético del proyecto de alumbrado público asociado a la modernización y medición de la infraestructura del municipio, permite reducir en un 46 % el consumo de energía, reduciendo los gastos en la facturación mensual.

El precio actual del KWh según la ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. ESP, en su informe del mes de julio de 2015 es de \$ 370,10 COP por kWh en para las entidades públicas. Tomando como referencia estos valores, el ahorro en el consumo de energía con el proyecto es de \$ 52.317.343 COP, con un retorno de la inversión al finalizar el año 3 de operación.

La inversión en proyectos energéticos debe estar enfocada en el uso eficiente y racional de la energía, y así obtener resultados exógenos en la parte ambiental y social.

El tiempo estimado en la ejecución del proyecto es de 6 meses de construcción y 6 años de operación, bajo una depreciación continua durante la vida del proyecto, sin embargo, los materiales y accesorios eléctricos utilizados exceptuando las bombillas, pueden tener una vida útil promedio de hasta 15 años, haciendo atractivo el proyecto a los inversionistas ya que existe un equilibrio entre la rentabilidad y el riesgo asociado al proyecto.

El valor de la inversión no podrá superar el 60 % del valor base, ya que dicho porcentaje es el límite para que el VPN sea cero, por lo tanto, se recomienda utilizar los valores base del proyecto sin financiación, para obtener el mejor resultado tanto en VPN como en TIR, N.N.R y en payback.

Los valores del kW/h en el mercado se toman como una variable exógena, que no se puede controlar por parte del inversionista, sin embargo, se estima un comportamiento estable durante los años de ejecución.<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Referencia XM de los últimos 3 años en la venta de energía en bolsa.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto de modernización del sistema de alumbrado público del municipio de Güepa, cumple con las necesidades energéticas y financieras propuestas en los objetivos iniciales. El uso racional y eficiente de la energía en los proyectos de inversión permite contribuir al desarrollo sostenible de una región, logrando un beneficio asociado tanto en la parte económica, como en la parte ambiental.

Las variables críticas que afectan directamente los resultados de rentabilidad y endeudamiento son las asociadas a la inversión, al precio del kWh y al periodo del proyecto, las cuales se encuentran en una baja probabilidad de que sus valores se vean afectados, debido a que estadísticamente el precio del kWh en comercialización se encuentra estable en el mercado energético colombiano, siendo esta variable, el único riesgo exógeno propios de la inversión.

Adicional al beneficio económico y ambiental, se podría obtener un beneficio social, siendo una recomendación a la administración municipal el transferir los ahorros económicos a los usuarios, disminuyendo progresivamente el porcentaje que establece el concejo municipal anualmente para el cobro del impuesto en las facturas de energía de cada residencia.

Como recomendación adicional, los proyectos de inversión en los municipios generan impactos positivos de desarrollo sostenible, por ello, la modernización de la infraestructura energética del país debe ser un mecanismo para el liderazgo regional del país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Acuerdo No. 008 de 2014, por medio del cual se modifica acuerdo 028 de 2009 en lo referente al cobro, facturación, recaudo del impuesto de alumbrado público – Alcaldía de Güepsa - Santander.
- [2] COMISION DE REGULACION DE ENERGÍA Y GAS CREG. Resolución 123 (8, Septiembre, 2011). Bogotá D.C. 2011. 30 p.
- [3] COMISION DE REGULACION DE ENERGÍA Y GAS CREG. CREG. Resolución 043 de 1995.
- [4] COMISION DE REGULACION DE ENERGÍA Y GAS CREG. 005 de 2012.
- [5] COMMISSION INTERNATIONALE DE L` ECLAIRAGE – CIE.
- [6] ELECTRICADORA DE SANTANDER S.A E.SP. Plan de negocio 2013 – 2027, Comportamiento de los indicadores de pérdidas
- [7] ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA – IESNA.
- [8] Ley 97 de 1913. Faculta para crear un impuesto sobre el alumbrado público para Bogotá.
- [9] Ley 84 de 1915. Se amplía la facultad asignada para Bogotá hacia todos los municipios del país.
- [10] Ley 136 de 1994. Establece en el numeral 1 de artículo 3 donde le corresponde al municipio prestar los servicios públicos que determine la ley.
- [11] Ley 697 de 2001. Fomenta el uso racional y eficiente de la energía URE.
- [12] Ley 1150 de 2007. Artículo 29 reglamenta el contrato de concesión de alumbrado público.

- [13] Ministerio de Minas y Energía R. 180265 de 2010. Modifica Resolución MME. 181331 de 2009.
- [14] Ministerio de Minas y Energía R. 180540 de 2010. Modifica Resolución MME. 181331 de 2009.
- [15] Ministerio de Minas y Energía R. 181568 de 2010. Modifica Resolución MME. 181331 de 2009.
- [16] NTC 5613:2008 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.
- [17] NTC 1486:2008 DOCUMENTACION, PRESENTACION DE TESIS, TRABAJOS DE GRADO Y OTROS TRABAJOS DE INVESTIGACION.
- [18] PMI Project Management Institute. "A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). Fourth edition". PMI. Newton Square, Penn. 2008
- [19] SAPAG CHAIN, NASSIR Y SAPAG CHAIN, REINALDO. "Preparación y Evaluación de Proyectos". McGraw-Hill. Bogotá. 1995.
- [20] UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICA UPME. Alumbrado público exterior. Guía didáctica para el buen uso de la energía. Bogotá D.C. Poligrama. 2007. 28p. ISBN.978-958-8363-01-1

## ANEXOS

## ANEXO A – TARIFAS ELECTRIFICADORA DE SANTANDER SA ESP JULIO 2015

ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. ESP.									
INFORMA A SUS USUARIOS DEL SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA DE DEPARTAMENTO DE SANTANDER Y SUR DEL CESAR									
De acuerdo con las resoluciones 119/07, 097/08, 121/09 y 172/09 expedidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, que permiten establecer los costos de la prestación del servicio a usuarios regulados, las tarifas para el mes de <b>Julio 2015</b>									
TARIFAS RESIDENCIALES									
ESTRATO		1		2		3		4	
PROPIEDAD	NIVEL MEDIDA	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh
ACTIVOS									
ESSA	I	-55.98%	180.1512	-44.97%	225.1890	-15.00%	347.8569	409.2434	409.2434
CLIENTE	I	-56.02%	162.7794	-45.02%	203.4743	-15.00%	314.5884	370.1040	370.1040
Nota: El subsidio es aplicado hasta el consumo de subsistencia.									
TARIFAS RESIDENCIALES					TARIFAS NO RESIDENCIALES				
ESTRATO		5 y 6		COMERCIAL / INDUSTRIAL		ACUEDUCTOS. ESP		OFICIAL	
PROPIEDAD	NIVEL MEDIDA	% CONTRIB.	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 20%	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 10%	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh
ACTIVOS									
ESSA	I	20.00%	491.0920	81.8487	491.0920	40.9243	450.1577	409.2434	409.2434
CLIENTE	I	20.00%	444.1248	74.0208	444.1248	37.0104	407.1144	370.1040	370.1040
	II			66.7964	400.7786	33.3982	367.3803	333.9621	333.9621
	III			55.5546	333.3273	27.7773	305.5501	277.7728	277.7728
	IV			49.4366	296.6318	24.7193	271.9125	247.1932	247.1932
COMPONENTES DEL COSTO UNITARIO VARIABLE Y FIJO DE PRESTACION DEL SERVICIO (CU) según Rec. CREG 118/2007									
NIVEL MEDIDA	G	T	D	Cv	PR	R	CÚv Calculado	CÚv Aplicado	CÚf Aplicado
	Compra Energía	Costo STN	Costo Distribución	Costo de Comercialización	Costo de Compra, transporte y reducción de pérdidas	Costo de Restricciones	Costo Unitario Variable de Prestación del Servicio	Resolución 168 de 2008 y 057 de 2014 Opción tarifaria	Costo Unitario Fijo de Prestación del Servicio
	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh
I ESSA	152.1669	22.1067	155.9070	39.9283	28.1336	11.0009	409.2434	409.2434	0.0000
I CLIENTE	152.1669	22.1067	116.7676	39.9283	28.1336	11.0009	370.1040	370.1040	0.0000
II	152.1669	22.1067	96.1657	39.9283	12.6136	11.0009	333.9621	333.9621	0.0000
III	152.1669	22.1067	42.5260	39.9283	10.0440	11.0009	277.7728	277.7728	0.0000
IV	152.1669	22.1067	18.3262	39.9283	3.6642	11.0009	247.1932	247.1932	0.0000
I 50% ESSA (Plas)	152.1669	22.1067	136.3373	39.9283	28.1336	11.0009	389.6737	389.6737	0.0000
INDICADORES DE CALIDAD (metas DES FES). Tercer trimestre 2015									
GRUPOS							VALORES MAXIMOS		
							DES	FES	
1	Cabecera Municipal, población >= 100.000 Habitantes						4	7	
2	Cabecera Municipal, población <100.000-->50.000 Habitantes						3.5	12	
3	Cabecera Municipal, población < 50.000 Habitantes						6	15	
4	Áreas rurales						12	17	
							DES: Tiempo de Interrupción de un circuito durante el último trimestre		
							FES: Número de Interrupciones de un circuito durante el último trimestre		
Según lo establecido en la Ley 820 de 2003 y su decreto reglamentario 3130 de 2003, ESSA comunica los valores correspondientes a las garantías exigidas para la denuncia del contrato de arrendamiento.					CONSUMO DE SUBSISTENCIA			Alturas inferior a 1000 Mts	Alturas superior o = a 1000 Mts
REOLUCIÓN UPME 0355 de 8 de Julio de 2004.								173 kWh	130 kWh
COSTO DE GARANTIAS PARA EL MES									
SECTOR	Valor Garantía (\$)								
ESTRATO 1	130.791								
ESTRATO 2	144.067								
ESTRATO 3	216.775								
ESTRATO 4	298.674								
ESTRATO 5	412.928								
ESTRATO 6	475.740								
					 				















## INDICE DE FIGURAS

	PAG
Figura 3.1. Güepsa ubicación de luminarias en postes ESSA tomado Programa ENERGIS ESSA	23
Figura 3.2. Diagrama Isolux	25
Figura 3.3. Diagrama Isocandela.	26
Figura 3.4. Iluminancia vs t funcionamiento	31
Figura 4.1. Medidores electrónicos trifilares marca METER	32
Figura 4.2. Luminarias de sodio 70 W instaladas en Güepsa	33
Figura 4.3. Medidor Bifásico alumbrado municipio de la Paz – Sder	35
Figura 4.4. Conexión medidor bifásico trifilar	35
Figura 4.5. Tabla de características Bombilla sodio 70 w	37
Figura 4.6. Condensador para Bombilla sodio 70 w	38
Figura 4.7. Arrancador para Bombilla sodio 70 w	39
Figura 4.8. Refractor para Bombilla sodio 70 w	39
Figura 4.9. Foto celda para luminaria sodio 70 w	40
Figura 4.10 Esquema de balastro Sylvania	41
Figura 5.1. Comportamiento del flujo de caja acumulado	55
Figura 5.2. Comportamiento del flujo de caja neto	55
Figura 5.3. Switching Value inversión	57
Figura 5.4. Switching Value años proyecto	58

## INDICE DE TABLAS

	PAG
Tabla 2.1. Resumen referencias de normas para alumbrado público	18
Tabla 2.2 Resumen inventario de alumbrado público Güepsa	20
Tabla 2.3 Resumen inventario de transformadores Güepsa	21
Tabla 3.1 Índices de reproducción de calor	27
Tabla 3.2 Iluminación para vías y adyacentes	29
Tabla 4.1 Resumen materiales a utilizar en el proyecto	34
Tabla 5.1 Resumen carga instalada actualmente en el alumbrado Público de Güepsa	43
Tabla 5.2 Resumen nueva carga instalada en el alumbrado Público de Güepsa	44
Tabla 5.3 Resumen nueva carga en el alumbrado público de Güepsa	44
Tabla 5.4 Resumen proyecto relación CON/SIN	45
Tabla 5.5 Resumen costos de materiales	46
Tabla 5.6 Total costos del proyecto	47
Tabla 5.7 Flujo de caja sin proyecto	49
Tabla 5.8 Flujo de caja proyecto sin financiación	51
Tabla 5.9 Flujo de caja proyecto con financiación	53
Tabla 5.10 Indicadores económicos del proyecto	54

Tabla 5.11 Análisis de sensibilidad a la inversión	56
Tabla 5.12 Análisis de sensibilidad a costos y gastos	57
Tabla 5.13 Análisis de sensibilidad al periodo del proyecto	58