

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE
FOTOCELDAS PROGRAMABLES PARA REDUCIR CONSUMO DE ENERGIA EN UN
SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO

WILLIAM GOMEZ BASTO
ADRIANA CATALINA PRADA ARCINIEGAS
LINDERMAN RODRIGUEZ GERENA
ALFREDO SERRANO RUEDA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE RECURSOS ENERGETICOS
BUCARAMANGA
2014



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE
FOTOCELDAS PROGRAMABLES PARA REDUCIR CONSUMO DE ENERGIA EN UN
SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO

WILLIAM GOMEZ BASTO
ADRIANA CATALINA PRADA ARCINIEGAS
LINDERMAN RODRIGUEZ GERENA
ALFREDO SERRANO RUEDA

Monografía de Grado para optar al título de Especialista en Gerencia de Recursos
Energéticos

Director: Ing. César Acevedo Arenas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE RECURSOS ENERGETICOS
BUCARAMANGA
2014

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité Curricular del Programa de Ingeniería en Energía en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Bucaramanga para optar al Título de Especialista en Gerencia de Recursos Energéticos.

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Abril 30 de 2014

DEDICATORIAS

A Dios, por ser fuente facilitadora de vida, salud e inteligencia, y por haberme permitido alcanzar un sueño, a mi familia por tolerar mi ausencia y respaldar mi deseo de superación.

William Gómez Basto

Doy infinitas gracias a Dios, por permitirme culminar esta etapa de mi vida, a mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil, a todas las personas quienes me han ayudado durante este camino para convertirme en una profesional; a Fernando Mantilla por sembrar en mi la hermosa semilla del amor, respeto y lealtad.

Adriana Catalina Prada Arciniegas

A mis padres, ya que con su amor, dedicación y educación permitieron que lograra esta meta. Ellos son ejemplo de vida.

Linderman Rodríguez Gerena

A mi padre Josué Serrano Santamaría (QEPD) por su apoyo y amistad incondicional, a mis hijos Juan Camilo y Diana Paola y a mí nieto Martín por haberse convertido en la prolongación de mí existencia y a Laura por ser mi compañía y el motor que mueve mí vida.

Alfredo Serrano Rueda

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Al cuerpo docente y administrativo de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA - UNAB y en especial los de la facultad de Ingenierías Físico - Mecánicas, ya que sin su concurso éste logro no hubiese sido posible.

A los doctores Germán Oliveros Villamizar, director de la Facultad, por su apoyo permanente, Cesar Yobany Acevedo Arenas por su transferencia de conocimientos y a María Eugenia Castillo Díaz por su acompañamiento y dedicación en la entrega de material para la especialización.

CONTENIDO

GLOSARIO	11
INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	17
2. MARCOS DE REFERENCIA.....	19
2.1 MARCO LEGAL Y REGULATORIO	19
2.2 MARCO CONTEXTUAL	26
3. ESTUDIO TECNICO	31
3.1 ANALISIS PRELIMINARES.....	31
3.1.1 Disminución de potencia y ahorro de energía	32
3.1.2 Medición de parámetros del circuito	32
3.1.3 Análisis de armónicos	33
3.1.4 Luminosidad Comparativa	346
3.1.5 Ahorro de energía esperado	40
3.2 SELECCIÓN Y EVALUCION TECNICA DEL SISTEMA PROPUESTO	40
3.3 PROGRAMACION.....	42
3.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS	43
3.4.1 Instalación de las fotoceldas	44
4. ESTUDIO FINANCIERO APLICADO AL INVENTARIO TOTAL.....	45
4.1 ESTABLECIMIENTO DE LINEA BASE.....	45
4.2 COSTOS Y BENEFICIO ASOCIADOS AL PROYECTO	46
4.3 GASTOS OPERACIONALES	48
4.4 INVERSIÓN FIJA	49
4.5 INVERSIÓN PREOPERATIVA	49
4.6 INVERSIÓN CAPITAL DE TRABAJO	50
4.7 INVERSIÓN TOTAL	50
4.8 FINANCIACIÓN Y WACC	51
4.9 FLUJO DE CAJA.....	52
4.10 DETERMINACIÓN DEL PERÍODO DEL PROYECTO	53
5. IMPACTO AMBIENTAL.....	55
5.1 SIMULACIÓN PARA UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA.....	56
5.2 SIMULACIÓN PARA CENTRAL TERMOELÉCTRICA (Fuel – Oil)	56
5.3 SIMULACIÓN PARA UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA (Carbón)	56

5.4	SIMULACIÓN PARA CENTRAL TERMOELÉCTRICA (Gas natural)	57
5.5	EMISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO POR KWH EN UNA CENTRAL TERMOELÉCTR... 57	57
5.6	EMISION DE CO2	58
6.	CONCLUSIONES	60
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	61

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Normatividad de alumbrado público	22
Tabla 2. Variación clases de iluminación por tipo de vía y complejidad de circulación	28
Tabla 3. Ahorro de energía	32
Tabla 4. Inventario total de Luminarias	38
Tabla 5. Luminarias incluidas en el proyecto	40
Tabla 6. Energía sin y con proyecto.....	40
Tabla 7. Especificaciones técnicas fotocelda programable	43
Tabla 8. Consumo promedio de alumbrado público	45
Tabla 9: Costo de la energía – sin y con proyecto	45
Tabla 10. Ahorros estimados	46
Tabla 11. Nomina mensual	47
Tabla 12. Costos estimados del proyecto	47
Tabla 13. Gastos operacionales	48
Tabla 14: Inversión fija.....	49
Tabla 15. Inversión preoperativa.....	50
Tabla 16. Inversión capital de trabajo	50
Tabla 17: Inversión total del proyecto	51
Tabla 18: Tasa de descuento del proyecto	51
Tabla 19: Flujo de caja del inversionista	52
Tabla 20: Plazo para la evaluación del proyecto	53
Tabla 21. Emisión de co2 por combustible.....	58
Tabla 22. Emisión de co2 por central termica	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Ubicación municipio de San Gil	26
Figura 2: Salida San Gil-Barichara.....	27
Figura 3: Ahorro de energía con la configuración del piloto	31
Figura 4: Medidor Elster A1800	33
Figura 5: Onda de entrada No. 1	34
Figura 6: Onda de corriente No. 2.....	34
Figura 7: Potencia de bombilla.....	34
Figura 8: Tension de bombilla.....	34
Figura 9: Luminosidad inicial	37
Figura 10: Luminosidad Final.....	37
Figura 11: Fotocelda y su programación.....	43
Figura 12: Instalación de la Fotocelda Programable	44
Figura 13. Determinación del período del proyecto.....	54
Figura 14. Impacto ambiental.....	55
Figura 15. Centrales termoeléctricas.....	57

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Consumo días típicos del plan piloto.....	64
Anexo 2. Datos arrojados por el medidor.....	65

GLOSARIO

APROVECHAMIENTO ÓPTIMO: consiste en buscar la mayor relación beneficio costo en todas las actividades que involucren el uso eficiente de la energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

BIOMASA: es cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico y toda materia vegetal originada por el proceso de fotosíntesis, así como de los procesos metabólicos de los organismos heterótrofos.

CADENA ENERGÉTICA: es el conjunto de todos los procesos y actividades tendientes al aprovechamiento de la energía que comienza con la fuente energética misma y se extiende hasta su uso final.

CANTIDAD DE LUZ: de forma análoga a la energía eléctrica que se determina por la potencia eléctrica en la unidad de tiempo, la cantidad de luz o energía luminosa se determina por la potencia luminosa o flujo luminoso emitido en la unidad de tiempo. La unidad es el lumen por hora (lm/h).

DESARROLLO SOSTENIBLE: se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

EFICIENCIA ENERGÉTICA: es la relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y, los recursos naturales renovables.

ENERGÍA EÓLICA: llámese energía eólica, a la energía que puede obtenerse de las corrientes de viento.

ENERGÍA SOLAR: llámese energía solar, a la energía transportada por las ondas electromagnéticas provenientes del sol.

FOTÓMETRO: instrumento para medir las cantidades fotométricas: tales como luminancia, intensidad luminosa, flujo luminoso e iluminancia.

FOTOMETRÍA: medición de cantidades asociadas con la luz. La fotometría puede ser visual cuando se usa el ojo para hacer una comparación, o física, cuando las mediciones se hacen mediante receptores físicos

FUENTE ENERGÉTICA: todo elemento físico del cual podemos obtener energía, con el objeto de aprovecharla. Se dividen en fuentes energéticas convencionales y no convencionales.

FUENTES CONVENCIONALES DE ENERGÍA: para efectos de la presente ley son fuentes convencionales de energía aquellas utilizadas de forma intensiva y ampliamente comercializadas en el país.

FUENTE LUMINOSA: dispositivo que emite energía radiante capaz de excitar la retina y producir una sensación visual.

FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA: para efectos de la presente ley son fuentes no convencionales de energía, aquellas fuentes de energía disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente.

FLUJO LUMINOSO (Potencia Luminosa): la energía transformada por los manantiales luminosos no se puede aprovechar totalmente para la producción de luz. Por ejemplo, una lámpara incandescente consume una determinada energía eléctrica que transforma en energía radiante, de la cual sólo una pequeña parte (alrededor del 10%) es percibida por el ojo humano en forma de luz, mientras que el resto se pierde en calor.

El flujo luminoso que produce una fuente de luz es la cantidad total de luz emitida o radiada, en un segundo, en todas las direcciones. De una forma más precisa, se llama flujo luminoso de una fuente a la energía radiada que recibe el ojo medio humano según su curva de sensibilidad y que transforma en luz durante un segundo. El flujo luminoso se representa por la letra griega F y su unidad es el lumen (lm). El lumen es el flujo luminoso de la radiación monocromática que se caracteriza por una frecuencia de valor $540 \cdot 10^{12}$ Hz. y por un flujo de energía radiante de 1/683 W. Un watio de energía radiante de longitud de onda de 555 nm. en el aire equivale a 683 lm aproximadamente.

La medida del flujo luminoso se realiza en el laboratorio por medio de un fotoelemento ajustado según la curva de sensibilidad fotópica del ojo a las radiaciones monocromáticas, incorporado a una esfera hueca a la que se le da el nombre de Esfera de Ulbricht, y en cuyo interior se coloca la fuente a medir. Los fabricantes dan el flujo de las lámparas en lúmenes para la potencia nominal.

GEOTÉRMICA: es la energía que puede obtenerse del calor del subsuelo terrestre.

ILUMINACIÓN: acción o efecto de iluminar. Este término no debe ser utilizado para referirse a la densidad de flujo luminoso en una superficie.

ILUMINANCIA (Nivel de iluminación): la iluminancia o nivel de iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su área. Se simboliza por la letra E, y su unidad es el lux (lx). Se deduce de la fórmula que cuanto mayor sea el flujo luminoso incidente sobre una superficie, mayor será su iluminancia, y que, para un mismo flujo luminoso incidente, la iluminancia será tanto mayor en la medida en que disminuya la superficie. Según el S.I., el lux se define como la iluminancia de una superficie que recibe un flujo luminoso de un lumen, repartido sobre un metro cuadrado de superficie.

ÍNDICE DE DESLUMBRAMIENTO UNIFICADO (UGR): es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación.

INTENSIDAD LUMINOSA: esta magnitud se entiende únicamente referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido w . Al igual que a una magnitud de superficie corresponde un ángulo plano que se mide en radianes, a una magnitud de volumen le corresponde un ángulo sólido o estéreo que se mide en estereorradianes. El radián se define como el ángulo plano que corresponde a un arco de circunferencia de longitud igual al radio. La intensidad luminosa de una fuente de luz es igual al flujo emitido en una dirección por unidad de ángulo sólido en esa dirección. Su unidad es la candela (cd). La candela se define como la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereorradián (sr). Según el S.I.*, también se define candela como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática y cuya intensidad energética en dicha dirección es 1/683 vatios por estereorradián.

LUMINANCIA: se llama Luminancia al efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo, tanto si procede de una fuente primaria que produce luz, como si procede de una fuente secundaria o superficie que refleja luz. La luminancia mide el brillo de las de las fuentes luminosas primarias y de las fuentes que constituyen los objetos iluminados. Este término ha sustituido a los conceptos de brillo y densidad de iluminación, aunque como concepto nos interesa recordar que el ojo no ve colores sino brillo, como atributo del color. La percepción de la luz es realmente la percepción de diferencias de luminancias. Se puede decir, por lo tanto, que el ojo ve diferencias de luminancias y no de iluminación (a igual iluminación, diferentes objetos tienen luminancia distinta porque tienen distinto poder de reflexión). La luminancia de una superficie iluminada es el cociente entre la intensidad luminosa de una fuente de luz, en una dirección, y la superficie de la fuente proyectada según dicha dirección

LUMINARIA: aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más bombillas o fuentes luminosas y que incluye todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las bombillas, pero no las bombillas mismas y, donde sea necesario, los circuitos auxiliares con los medios para conectarlos a la fuente de alimentación.

LUX (LX): Unidad de medida de iluminancia en el Sistema Internacional (SI). Un lux es igual a un lúmen por metro cuadrado ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$).

MEDIDA DE LA LUMINANCIA: la medida de la luminancia se realiza por medio de un aparato especial llamado luminancímetro o nitómetro. Se basa en dos sistemas ópticos, uno de dirección y otro de medición.

MEDIDA DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN: la medida del nivel de iluminación se realiza por medio de un aparato especial denominado luxómetro, que consiste en una célula fotoeléctrica que, al incidir la luz sobre su superficie, genera una débil corriente eléctrica que aumenta en función de la luz incidente. Dicha corriente se mide con un miliamperímetro, de forma analógica o digital, calibrado directamente en luxes

PEQUEÑOS APROVECHAMIENTOS HIDROENERGÉTICOS: es la energía potencial de un caudal hidráulico en un salto determinado que no supere el equivalente a los 10 MW.

RENDIMIENTO LUMINOSO (Eficacia luminosa): el rendimiento luminoso de una fuente de luz, indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención. La unidad el lumen/watio (lm/W).

URE: es el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades, de la cadena el desarrollo sostenible.

USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA: es la utilización de la energía, de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia energética, bien sea de una forma original de energía y/o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad, vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

RESUMEN

El objeto de esta monografía, es hacer un estudio del comportamiento y funcionamiento de un sistema de fotoceldas programables que aparte de ofrecer el control de la luminaria (Encendido/apagado), ofrezca una reducción adicional en el consumo de energía. La instalación de una fotocelda programable sobre la luminaria permite ir reduciendo de manera gradual el consumo de energía en intervalos de tiempo comprendidos entre las 23:00 y las 06:00 horas de cada día, sin arriesgar la iluminación de los sitios públicos.

Inicialmente se realizará un estudio técnico del circuito 79502 en el municipio de San Gil, en la cual se toma un tramo de red de baja tensión con el fin de desarrollar un proyecto piloto y determinar el ahorro que se puede lograr con la instalación de dichas fotoceldas, posteriormente se realiza el análisis financiero para el total de las luminarias de alumbrado público seleccionadas (3.085 luminarias) del municipio de San Gil.

Para la inversión financiera el municipio cuenta con los recursos necesarios para la implementación del proyecto sin necesidad de acudir a préstamos bancarios o inversión de terceros, además el municipio reconoce que la recuperación de esta inversión será a largo plazo.

La propuesta es lograr un ahorro hasta del 20% en la compra de energía que mensualmente realiza el municipio de San Gil y contribuir con la reducción del impacto ambiental que produce la generación de energía.

PALABRAS CLAVE: Energía, Iluminación, fotocelda, luminaria, proyecto.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el principal tema en el sector energético es la optimización del uso de la energía eléctrica mediante el uso racional de la misma. El alumbrado público como servicio de gran demanda en todo el territorio nacional, representa un actor importante dentro de los grandes consumidores de energía.

El proyecto “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE FOTOCELDA PROGRAMABLES PARA REDUCIR CONSUMO DE ENERGIA EN UN SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO” tiene como objeto la reducción de energía consumida (kWh/mes) por el sistema de Alumbrado Público, bajando el costo de la energía, traducido en mayores excedentes para inversión de infraestructura de Alumbrado Público en los municipios. (Valor recaudo impuesto de A.P. menos un menor valor del costo de la energía.).

Además da la posibilidad de llevar a cabo proyectos de expansión de Alumbrado Público y reducción del impuesto e impacto ambiental que produce la generación de energía eléctrica. La disminución de cartera en las empresas operadores de red que suministran la energía a estos sistemas de Alumbrado Público, especialmente en aquellos municipios deficitarios en estos sistemas.

En este estudio se propone realizar básicamente un análisis financiero sobre la factibilidad de hacer una inversión en la instalación de fotoceldas programables a las luminarias del Alumbrado Público “vs” la reducción del pago de energía.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Actualmente el principal tema en el sector energético es la optimización del uso de la energía eléctrica mediante el uso racional de la misma. El alumbrado público como servicio de gran demanda en todo el territorio nacional, representa un actor importante dentro de los grandes consumidores de energía.

Inicialmente y con el fin de controlar el consumo de alumbrado público de una manera eficaz, se diseñaron sistemas de control a través del famoso “quinto hilo” en las redes de distribución de los operadores de red, desde donde a través de cajas concentradoras donde se alojaba una fotocelda y un contactor, se controlaba el encendido/apagado de un grupo de hasta 12 luminarias. Problemas en daños de estos elementos permitía que se quedaran sectores completos sin iluminación, lo que evolucionó en un modelamiento de luminarias cada una con su fotocelda, con lo cual cualquier daño en la misma ocasionaba el apagado de una sola luminaria y no un grupo de las mismas. Posteriormente el gobierno nacional ordenó por allá en los años 98 y 99 y con el fin de reducir el consumo de energía, el cambio de todas las luminarias de mercurio por luminarias de sodio, reduciendo con ello el consumo de energía hasta en un 30% y contribuyendo de manera significativa en el cuidado del medio ambiente.

Una vez cumplido este cometido en gran parte del país, se requiere seguir implementando metodologías que propicien la reducción de energía mediante el uso eficiente de la misma, ya que los municipios se han quedado sin recursos para llevar a cabo planes de expansión que demanda el crecimiento de las ciudades, ni tampoco han podido reducir los niveles de impuesto de alumbrado público cobrado a los usuarios del sistema.

A través de la implementación de un programa URE solicitado por el gobierno nacional a los Municipios Colombianos en los inicios del año 2000, se hizo repotenciación a los sistemas de alumbrado público (AP), cambiando las luminarias de mercurio por luminarias de sodio, logrando con este proyecto reducir los consumos de energía hasta en un 30%.

No obstante lo anterior, los ingresos por el recaudo del impuesto de AP, no han permitido que los municipios puedan llevar a cabo planes de expansión que demanda el crecimiento de las ciudades, ni tampoco han podido reducir los niveles de impuesto de alumbrado público cobrado a los usuarios del sistema.

La implementación del proyecto propuesto permitiría entre otras cosas lo siguiente:

- ✓ Reducción de la energía consumida por el sistema de A.P. hasta en un 20%
- ✓ Mayores excedentes (Valor recaudo impuesto de AP - Valor costo de la energía)
- ✓ Posibilidad de llevar a cabo proyectos de expansión de A.P.
- ✓ Reducción del impuesto de AP

Adicionalmente para las empresas Operadores de red que suministran la energía a estos sistemas de Alumbrado Público, se tendrá una menor cartera, especialmente en aquellos municipios deficitarios en estos sistemas.

Se ha elegido el municipio de San Gil dado que la Electrificadora de Santander S.A ESP actualmente cuenta con la concesión del mantenimiento de Alumbrado Público de este municipio y la posibilidad de llevar a cabo proyectos de expansión de A.P. Adicionalmente buscar una reducción del impuesto de Alumbrado Público que actualmente se encuentra entre el 10 y 18%. La demanda turística de este municipio ha aumentado en gran manera y el crecimiento del mismo requiere estas expansiones. La selección del circuito 79502, es en razón, a que ese sector es comercial (actualmente se cuentan con 717 clientes comerciales, 268 industriales, además de otros residenciales).

2. MARCOS DE REFERENCIA

2.1 MARCO LEGAL Y REGULATORIO

Como se planteó en las líneas precedentes, el servicio de alumbrado público viene siendo regulado, desde el siglo XIX, según lo estipulado en la ley del 11 de marzo de 1825, la cual consagraba que “toca a las municipalidades procurar la comodidad de los pueblos y para ello cuidarán: (...) cuarto: que estén enlosadas las aceras, empedradas y alumbradas las calles en las ciudades y poblados en que pudiere verificarse (...)”¹.

Posteriormente, la Ley de 18 de abril de 1826 y la Ley del 3 de junio de 1848, son reiterativas al señalar como “atribuciones y deberes exclusivos de la cámara provincial: Dar reglas generales para la construcción de nuevas poblaciones y para el arreglo de las plazas, calles, paseos, fuentes y alumbrado público de las mismas poblaciones y de las existentes”². Con la ley 84, de 1915, se faculta a los concejos municipales de todo el país, a crear el impuesto de alumbrado público, organizar su cobro y su recaudo, pues dicha facultad sólo la tenía Bogotá, en virtud de la ley 97, del 24 de noviembre de 1913³.

Hasta el año 1995, el manejo energético del país, que comprendía la generación, la distribución y la administración de la misma, estuvo a cargo del Estado. Pero, en virtud de los impactos negativos generados por los cambios climáticos y por las circunstancias políticas, económicas y culturales que atravesaba el país, se dificultó la capacidad del Estado para atender un servicio que demandaba ingentes esfuerzos. Por este motivo, el gobierno de turno impuso fuertes medidas de racionamiento, que impulsaron la creación de diferentes reformas de carácter político, económico, administrativo y burocrático, que produjeron como consecuencia, la expedición de las leyes de servicios públicos domiciliarios y de energía eléctrica, es decir, la ley 142 y 143 de 1994.

Uno de los factores novedosos que se reportaron, fue la participación del sector privado en el mercado energético. La pretensión era lograr una mayor eficiencia y promover la sana competencia en condiciones de calidad bajo la vigilancia, el control y la regulación del Estado, que como mandato constitucional debe hacer cumplir, mediante la implementación de mecanismos que propendan por la materialización de los fines estatales, buscando siempre⁴:

- ✓ Garantizar la calidad del bien, objeto del servicio público, y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios.

¹ MONSALVE, Yenni. La prestación y el cobro del servicio de alumbrado público, desde una perspectiva jurídica y económica. En: Economía Autónoma. 2009. Edición virtual. ISSN solicitada N° 3.p.1.

² COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 18 (18, abril, 1826) Gran Colombia. Por la cual se da el proceso de organización civil y política del país. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1826. No. 41148. P. 1-168.

³ COLOMBIA. COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Por la cual se reforman y adicionan las Leyes 4 y 97 de 1913. Ley 84 (30, Noviembre, 1915). Diario Oficial No 15.667, de 13 de diciembre de 1915. P. 58.

⁴ ATEHORTÚA Ríos, Carlos Alberto. Servicios Públicos Domiciliarios. Medellín, Biblioteca jurídica Díké, 2003.p.12.

- ✓ La ampliación permanente de la cobertura mediante sistemas que compensen la insuficiencia de la capacidad de pago de los usuarios.
- ✓ La prestación continua, e ininterrumpida, de los servicios, sin excepción alguna, salvo cuando existan razones, de fuerza mayor o caso fortuito o de orden técnico o económico, que así lo exijan.
- ✓ La prestación eficiente del servicio.
- ✓ La libertad de competencia sin la utilización abusiva de la posición dominante.
- ✓ La obtención de economías de escala comprobables.
- ✓ La generación de mecanismos que garanticen, a los usuarios, el acceso a los servicios y su participación en la gestión y fiscalización de su prestación.

En ese sentido, a partir de la expedición de las precitadas leyes, se dispuso la creación de un órgano, encargado de regular todos los aspectos relacionados con los servicios públicos domiciliarios. Fue así como se creó la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CRAG), como una Unidad Administrativa Especial, adscrita al Ministerio de Minas y Energía. Actualmente, es la CREG la competente para regular los servicios públicos, en aspectos eminentemente técnicos. En esto se busca lograr una mayor cobertura, en la prestación del servicio, al menor costo posible, y con una adecuada remuneración para las empresas de servicios públicos (ESP) permitiendo con ello garantizar la calidad, la cobertura, la expansión, la eficiencia, entre otros.

La CREG, en el ejercicio de sus funciones, ha emitido importantes resoluciones que rigen el servicio de alumbrado público. Entre ellas, se destacan las siguientes:

Resolución 043 de 1995⁵. Regula el suministro y el cobro, que efectúan las empresas de servicios públicos domiciliarios a los municipios, por el servicio de energía eléctrica que se destina para el alumbrado público. Adicionalmente, define y amplía el concepto de servicio de alumbrado público y algunas expresiones relacionadas con el mismo.

Resolución 043 de 1996⁶. Regula la metodología que se debe aplicar, cuando no exista medida de consumo del servicio de alumbrado público, determinando que "(...) el contrato entre la empresa distribuidora y el municipio, contemplará la metodología para ajustar la carga instalada en luminarias, de acuerdo con la capacidad efectivamente utilizada, de modo que pueda descontarse aquella parte de la carga instalada, que corresponda a luminarias fuera de servicio. En tal caso el contrato podrá incluir la periodicidad de revisión de esa metodología, según el mantenimiento real que el municipio haga de las redes destinadas a ese servicio".

⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 043 (23, octubre, 1995). Por la cual se regula de manera general el suministro y el cobro que efectúen las empresas de servicios públicos domiciliarios a municipios por el servicio de energía eléctrica que se destine para alumbrado público. P.74.

⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 043 de 1.996. Por la cual se establece la metodología para la evaluación de la viabilidad empresarial de las empresas prestadoras de servicios públicos de telecomunicaciones reguladas por la CRT. p.12.

Resolución 089 de 1996⁷. Fija el régimen de libertad de tarifas, para la venta de energía eléctrica que las empresas distribuidoras y/o comercializadoras, suministren a los municipios y distritos, con destino al alumbrado público.

Resolución 076 de 1997⁸. Complementa las normas contenidas en las resoluciones 043, de 1995, 043 y 089, de 1996 sobre el suministro y cobro que efectúen las empresas de energía eléctrica a los municipios, por el servicio de electricidad que destinan para alumbrado público.

Resolución 070 de 1998⁹. Establece el reglamento de distribución de energía eléctrica, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.

Es pertinente aclarar que el servicio de alumbrado público, se rige por las disposiciones de la Ley de Servicios Públicos Domiciliarios en cuanto al suministro de energía. Pero la prestación del mismo, que comprende las actividades de administración, operación, mantenimiento, modernización, reposición y expansión del sistema, se rige por las disposiciones propias del alumbrado público¹⁰.

En el año 2001, se expide la ley 697, mediante la cual se declara el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) y se promueve la utilización de energías alternativas.

Pero, dada la necesidad de establecer una normatividad propia que se encargara de regular el servicio de alumbrado público, el Ministerio de Minas y Energía, expidió el Decreto 2424 de julio 18 de 2006, el cual regula la prestación del servicio de alumbrado público y las actividades que realicen los prestadores de ese servicio. Además, reitera que los municipios, o distritos, son los responsables de la prestación del servicio de alumbrado público. Estos podrán prestar, directa o indirectamente, a través de empresas de servicios públicos domiciliarios u otros prestadores del servicio de alumbrado público. En este caso, cuando la prestación es directa, el municipio es el que asume la responsabilidad del servicio, aunque el operador sea un tercero quien lo ejecuta mediante la celebración de un contrato regido por el Estatuto General de la Contratación Pública y las demás normas que lo complementan. Cuando la prestación es indirecta, el municipio contrata con entidades públicas, privadas o mixtas. Estas, tendrán la titularidad y la responsabilidad del servicio¹¹.

⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 089 (4, abril, 1996). Por medio de la cual se complementan las normas contenidas en las resoluciones 043 de 1995, 043 y 089 de 1996 sobre el suministro y cobro que efectúen las empresas de energía eléctrica a los Municipios, por el servicio de electricidad que destinan para alumbrado público.p.25

⁸COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 076(4, abril, 1997). Por medio de la cual se complementan las normas contenidas en las resoluciones 043 de 1995, 043 y 089 de 1996 sobre el suministro y cobro que efectúen las empresas de energía eléctrica a los Municipios, por el servicio de electricidad que destinan para alumbrado público.P.11

⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 070 (28, mayo, 1998). Por la cual se establece el Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.p.5

¹⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 2424 (18, julio, 2006). Por el cual se regula la prestación del servicio de alumbrado público. P.9.

¹¹Ibíd.

En la siguiente tabla se ilustra a grosso modo, la normatividad que se ha expedido, en virtud del referido servicio:

NORMA	ENTIDAD QUE EMITE	OBJETO
Ley 97 de 1913	Congreso de la República	Otorga autorizaciones especiales al Concejo de Bogotá para la creación de impuestos y contribuciones, sin necesidad de previa autorización de la Asamblea Departamental.
Ley 84 de 1915	Congreso de la República	Extiende a los demás concejos municipales las Facultades conferidas por la Ley 97 al Concejo de Bogotá.
Ley 94 de 1931	Congreso de la República	Permite a los municipios el cobro de impuestos y contribuciones en el impuesto predial.
Ley 44 de 1990	Congreso de la República	Define los elementos del impuesto predial excluyendo el servicio de alumbrado público.
Decreto 1524 de 1994	Ministerio de Minas y Energía	Delega las funciones presidenciales de señalar políticas generales de administración y control de eficiencia en los servicios públicos domiciliarios, y dicta otras disposiciones.
Decreto 2253 de 1994	Ministerio de Minas y Energía	Delega en la Comisión de Regulación de Energía y Gas las funciones presidenciales y las disposiciones concordantes de la ley 142 de 1994.
Resolución 24 de 1995	Ministerio de Minas y Energía CREG	Por la cual se reglamentan los aspectos comerciales del mercado mayorista de energía en el sistema interconectado nacional, que hacen parte del Reglamento de Operación.
Resolución 25 de 1995	Ministerio de Minas y Energía	Establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.
Resolución CREG 043 de 1995	CREG	Regula de manera general el suministro y el cobro que efectúen las empresas de servicios públicos domiciliarios a municipios por el servicio de energía eléctrica que se destine para alumbrado público.
Resolución 043 de 1996	CREG	Fija la metodología a seguir en el contrato de alumbrado público en lo referente a la medición.
Resolución CREG 089 de 1996	CREG	Estipula la libertad tarifaria en la negociación del servicio de energía con los proveedores: generadores y comercializadores.
Resolución	CREG	Establece aspectos de periodicidad cuando

NORMA	ENTIDAD QUE EMITE	OBJETO
CREG 076 de 1997		no existe un contrato. Complementan las normas contenidas en las resoluciones anteriores sobre el suministro y cobro de la energía para el alumbrado público.
Resolución CREG 099 de 1997	CREG	Aprueba los principios generales y la metodología para el establecimiento de cargos por uso de los Sistemas de Transmisión Regional y/o Distribución Local.
Resolución 070 de 1998	CREG	Establece el Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional y hace algunas consideraciones sobre las luminarias.
Resolución CREG 080 de 2000	CREG	Somete a consideración de los agentes, usuarios y terceros interesados, los principios generales conceptuales sobre la remuneración en distribución eléctrica, que permitirían establecer con posterioridad, la metodología para determinar los cargos en dicha actividad.
Resolución CREG 013 de 2002	CREG	Establece la metodología de cálculo y ajuste para la determinación de las tasas de descuento que se utilizarán en las fórmulas tarifarias de la actividad de distribución de energía eléctrica para el siguiente período tarifario, para un escenario de regulación de precio máximo.
Decreto 2424 de 2006	Ministerio de Minas y Energía	Regula la prestación del servicio de alumbrado público y las actividades que realicen los prestadores de ese servicio. 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.
Resolución CREG 108 de 1997	CREG	Define criterios generales sobre protección de los derechos de los usuarios de los servicios públicos domiciliarios.
Sentencia del 13 de noviembre de 1998	Consejo de Estado	Define la naturaleza jurídica del alumbrado público, con referencia a los consumos de energía eléctrica de cada usuario: los sujetos activos son los municipios, antes a quienes la ley atribuyó la exigibilidad del tributo y el hecho imponible es el servicio de alumbrado

NORMA	ENTIDAD QUE EMITE	OBJETO
		público; “los usuarios clasificados...” del servicio de energía son sujetos pasivos. La base gravable es “el consumo de energía eléctrica que utilizan los usuarios...”, esto es, el valor facturado por el consumo mensual de energía”.
Resolución CREG 070 DE 1998	CREG	Fija el Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional” (Hace referencia al Reglamento de Distribución incluyendo algunas consideraciones sobre las luminarias).
Resolución CREG 101 de 2001	CREG	Las instalaciones eléctricas y sus accesorios deben ser a prueba de agua y polvo, como mínimo una protección IP65 - IK07.
Resolución CREG 82 de 2002	CREG	Aprueban los principios generales y la metodología para el establecimiento de los cargos por uso de los Sistemas de Transmisión Regional y Distribución Local.
Norma Técnica Colombiana NTC 900 (2006-10-25) de 2006		Reglas generales y especificaciones para el Alumbrado público.
Acuerdo 6 de 2006	Departamento Nacional de Planeación	Fija los requisitos básicos y los criterios de viabilidad de los proyectos del sector eléctrico, a ser financiados con recursos del Fondo Nacional de Regalías y de reasignación de regalías y compensaciones pactadas a favor de los departamentos y municipios - escalonamiento.
Ley 1150 de Julio 16 de 2007	Congreso de la República	Introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993 y dicta otras disposiciones generales sobre la contratación con Recursos Públicos. En su artículo 29 se refiere a los Elementos que se deben cumplir en los contratos estatales de Alumbrado Público.
Resolución 18-046 de 2007	Ministerio de Minas y Energía	Define el RETIE: Reglamento técnico de instalaciones eléctricas.
Ley 316 de 1994	Congreso de la República	Por el cual se dictan normas tendientes a modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios, determina

NORMA	ENTIDAD QUE EMITE	OBJETO
		en su artículo 3 como función de los municipios la de prestar los servicios públicos que determine la ley.
Ley 697 de 2001	Congreso de la República	Mediante la cual se declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE), se promueve la utilización de energías alternativas.
Ley 142 de 1994	Congreso de la República	Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios. Esta ley se aplica al servicio de alumbrado público en lo referente al suministro de energía eléctrica.
Ley 143 de 1994	Congreso de la República	Se establece el régimen para la generación, interconexión, trasmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional. Además en su artículo 23 se establece las funciones de la CREG con relación al servicio de electricidad.
Decreto 2501 de 2007	Ministerio de Minas y Energía	Por medio de la cual se dictan disposiciones para promover el uso racional y eficiente de energía eléctrica.
Sentencia C 035 de 2003	Corte Constitucional	Determina que el alumbrado público constituye un servicio consubstancial al servicio público domiciliario de energía eléctrica.
Decreto 2474 de 2008	Departamento de Planeación Nacional	Por el cual se reglamentan parcialmente la ley 80 de 1993 y la ley 1150 de 2007 sobre las modalidades de selección, publicidad, selección objetiva, y se dictan otras disposiciones.
Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP	Ministerio de Minas y Energía	El objeto fundamental del reglamento 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.

Tabla 1. Normatividad de alumbrado público

Fuente: Autores Monografía

2.2 MARCO CONTEXTUAL

Para la elaboración de este proyecto se determinó hacer un “Plan Piloto” en el municipio de San Gil, a quien el servicio de AOM del Alumbrado Público, es prestado por la empresa de energía regional ESSA ESP.

San Gil es una ciudad intermedia colombiana, situada en el departamento de Santander, ubicada sobre el eje vial entre Bucaramanga y Bogotá (ver figura 6) y constituye el núcleo urbano más importante del sur de Santander. En el 2004 fue designada como la Capital Turística del Departamento. Actualmente San Gil, dado su desarrollo turístico, comercial, urbanístico, educativo e industrial además de la afluencia masiva de visitantes para distintos fines, viene sufriendo grandes transformaciones en su entorno urbanístico, evidenciadas en la actual construcción de nuevas vías (Avenida 19, Vía principal de la ciudadela Bella Isla, etc.), condominios, urbanizaciones campestres, grandes edificaciones, numerosos barrios, dos grandes centros comerciales (El Puente y San Gil Plaza), entre otros proyectos, lo cual causa la inversión de gran cantidad de capital en su mayor parte proveniente del sector privado que hacen del desarrollo y la proyección de la ciudad como unas de las más prometedoras del país y dinamiza la economía local y regional catalogándose como la tercera ciudad más grande e importante del departamento y con un futuro muy promisorio para sus habitantes¹². Este crecimiento trae consigo un aumento del parque lumínico y a su vez hace que este proyecto cobre mayor importancia, al presentar ahorros significativos por este concepto.



Figura 1. Ubicación del municipio de San Gil (Santander)

Fuente: Google Maps.

¹² SAN GIL, Alcaldía Municipal. Consultado en la página web <http://www.alcaldiamunicipalsangil.gov.co/> el 3 de abril de 2014.

Tal como se aprecia en la figura anterior, San Gil se encuentra ubicado a 96 kilómetros de Bucaramanga, capital del Departamento de Santander y a 327 kilómetros de la capital de la República, Bogotá. Es la capital de la provincia de Guanentá y tiene un área de 149.5 kilómetros cuadrados; en la actualidad, su área urbana supera ligeramente las 1000 [Ha] sus límites intermunicipales son por el norte con los municipios de Villanueva y Curití, por el oriente con Curití y Mogotes, por el sur con el Valle de San José y el Páramo y por el occidente con los municipios de Pinchote, Cabrera y Barichara¹³.

La figura 2. nos muestra la ubicación del “Plan Piloto” la cual fue consultada con el señor alcalde del municipio de San Gil doctor Alvaro Josué Agón Martínez quien determinó y nos acompañó al sitio de la instalación de las luminarias, estableciéndose en la salida que va del municipio de San Gil hacia el municipio de Barichara, más exactamente frente a Protabaco.



Figura 2: Salida San Gil-Barichara

Fuente: Autores de la Monografía

2.3 MARCO TEORICO

2.3.1 Sistema de alumbrado público. El alumbrado público es el servicio público consistente en la iluminación de las vías públicas, parques y demás espacios de libre circulación que no se encuentren a cargo de ninguna persona natural o jurídica de

¹³ Ibid.

derecho privado o público, diferente del municipio, con el objetivo de proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades.

El primer aspecto a tener en cuenta en el alumbrado público es que debe ser diseñado de acuerdo al nivel de luminosidad requerido para el espacio donde va a ser instalado, es decir tener en cuenta el tamaño de las calles y el flujo de tránsito.

Al hablar de Sistema se debe tener en cuenta, que deben haber unas entradas, una transformación y por consiguiente unas salidas. Para un Sistema de alumbrado Público se puede decir que las entradas serían la energía eléctrica que se suministra a una luminaria, ésta a través de unos componentes, como un balasto, un arrancador, y una bombilla, la transforma en energía lumínica para ser aprovechada por los usuarios del sistema, que en este caso sería las personas que transitan por el sitio iluminado.

Si se tiene en cuenta el aspecto técnico, los componentes de un sistema de Alumbrado público serían: Una fuente alimentadora de energía eléctrica que en este caso puede ser una subestación, un transformador de Distribución el cual nos permite tener el voltaje adecuado para alimentar las luminarias, los postes donde van instaladas las luminarias y los conductores que distribuyen la energía entre las luminarias. Existen luminarias de diferentes tipos las cuales se deben utilizar de acuerdo a las necesidades de iluminación.

Actualmente la operación del alumbrado público es muy sencilla pues cada luminaria trae incorporada su propia fotocelda, lo cual permite que cada luminaria se conecte directamente a la redes de baja tensión, que suministra la energía a las viviendas; al terminar el día y cuando empieza a oscurecer la fotocelda se activa permitiendo el paso de la tensión a la luminaria haciendo que ésta se encienda, cuando empieza a amanecer y le llega suficiente luz a la fotocelda ésta se abre, cortando el flujo de energía a la luminaria y en consecuencia ésta se apaga.

Del inventario que se muestra en la tabla 2, se extractaron aquellos sitios y vías que por regulación no permiten el cambio del tipo de iluminación (Resolución No. 180540 de marzo 30 de 2010 – RETILAP – Capítulo V) y por ello se tomó la determinación de intervenir únicamente las luminarias de 70 vatios existentes.

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Vías de extra alta velocidad, con calzadas separadas exentas de cruces a nivel y con accesos completamente controlados (Autopistas expresas). Con densidad de tráfico y complejidad de circulación ⁽¹⁾ :	
Alta T>1000(Veh./h)	M1
Media 500< T<1000 (Veh. /h)	M2
Baja T< 500 (Veh. /h)	M3
Vías de extra alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico ⁽²⁾ y separación ⁽³⁾ de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M1
Suficiente	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M2
Bueno	M3
Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales, Vías de acceso a propiedades individuales y a otras vías conectoras más importantes. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M4
Bueno	M5

Clase de iluminación	Zona de aplicación				
	Todas las vías			Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con calzadas peatonales no iluminadas
	Luminancia promedio L_{prom} (cd/m ²) Mínimo mantenido	Factor de uniformidad U_0 Mínimo	Incremento de umbral TI % Máximo inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia U_l Mínimo	Relación de alrededores SR Mínimo
M1	2,0	0,4	10	0,5	0,5
M2	1,5	0,4	10	0,5	0,5
M3	1,2	0,4	10	0,5	0,5
M4	0,8	0,4	15	N.R	N.R
M5	0,6	0,4	15	N.R	N.R

Tabla 2: Variación en las clases de iluminación por tipo de vía, complejidad de circ. y control del tráfico.

Fuente: Electrificadora de Santander

2.3.2 Tecnologías para la eficiencia energética de sistemas de alumbrado público.

El Alumbrado público es una necesidad para las grandes ciudades. Durante las noches, estas luces guían nuestro camino, para que no demos algún mal paso, caigamos en un gran hueco y lo más importante, por la seguridad de la población. Este servicio puede significar un gasto de miles de millones de pesos, que bien se podría reducir con alternativas limpias como la energía solar, la energía eólica, el uso de fotoceldas programables o una de las mejores alternativas, el uso de bombillas tipo LED, es por eso que a continuación se relacionan algunos beneficios que trae el uso de bombillas tipo LED en los alumbrados públicos:

- Eficiencia y ahorro energético.
- Mejora de la competitividad, modernización en los sistemas de gestión.
- Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.
- Reducción de los costos ocasionados por el consumo eléctrico.
- Prevención y limitación de riesgos.
- Protección a personas, flora, fauna, bienes y medio ambiente.
- Tecnología de última generación y no, adaptación de las antiguas.
- Por su forma de funcionamiento, convierten en luz prácticamente toda la energía que consumen, por tal motivo producen muy poco calor.
- No atraen insectos.
- No hay zócalos, cables o circuitos quemados.
- No producen “carbonilla”.
- Realmente libres de mantenimiento.
- Mantienen su rendimiento luminoso para variaciones de frecuencia y de tensión de alimentación del orden del 20%
- No parpadean.
- No las afectan los ciclos de encendido y apagado.
- No necesitan “arrancar” por lo que no requieren complejos circuitos especiales que consuman energía y agreguen motivos de falla
- No necesitan circuitos adicionales para aprovechar toda la energía suministrada por la red eléctrica (Factor de potencia:>0,95)
- No requieren generadores, ni producen interferencias electromagnéticas.

- No requieren cables especiales ni instalaciones complicadas.
- Plena luminosidad inmediata sin tiempos de estabilización.
- Inmunes a la posición de funcionamiento.
- Más de 50.000hs con rendimiento lumínico dentro del
- Tiempo promedio para reparar: 10min.
- Aceptan control sencillo de la intensidad luminosa.
- Altamente resistentes a impactos, vibraciones y cargas mecánicas.
- Rendimiento luminoso actual muy alto (110lumen/watt)
- Internacionalmente amortizan su valor en corto tiempo
- Ecológicas durante su vida operativa
- Ecológicas al terminar su vida útil (aluminio, plástico y vidrio, fácilmente separables y reciclables)
- Presentan un muy buen rendimiento de color y el factor “pupil lumens” más alto de la industria.
- Ideales para uso en ambientes explosivos por su bajísima temperatura de funcionamiento y la ausencia de balastos o generadores.

3. ESTUDIO TECNICO

3.1 ANALISIS PRELIMINARES

El Plan Piloto incluyó la instalación de 10 fotoceldas a igual número de luminarias cuya bombilla era de 70 W de Potencia. El montaje estuvo a cargo de funcionarios de ESSA ESP quienes amablemente colaboraron con esta labor y no requirió capacitación especializada, ni personal exclusivo para la actividad, ya que para ello solo se requiere tener conocimientos básicos en Alumbrado Público.

Ahora mediante la gráfica se puede observar mejor su funcionamiento.

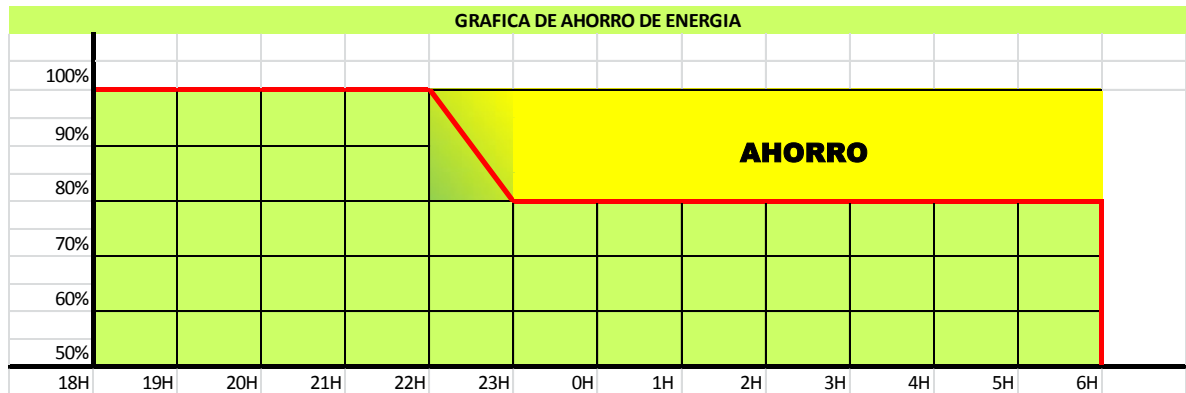


Figura 3: Ahorro de energía con la configuración del piloto.

Fuente: Electrificadora de Santander

Cuando empieza a oscurecer, es decir aproximadamente a las 18 horas,-para el caso de Colombia- la fotocelda actúa permitiendo el paso de la tensión a la luminaria haciendo que esta encienda normalmente con el 100% de potencia, el primer día después de instalada la fotocelda cuando son las 22 horas, empieza a funcionar la rampa de ahorro lo cual tarda una hora (para este caso) en bajar al 80%, que es el valor del ahorro deseado que está programado. La fotocelda se ajusta automáticamente a la latitud geográfica local y para esto necesita un tiempo de 24 horas, es decir al segundo día ya no necesita la rampa sino que empieza a general el ahorro programado exactamente en la hora que se graduó el selector inicialmente.

3.1.1 Disminución de potencia y ahorro de energía La tabla 3, muestra el período de 10 días y un día cero (0) de adaptación al período de medición de la fotocelda. Luego de analizados los consumos de los 10 días tomados como muestra, podemos establecer a manera de promedio una reducción o ahorro de energía, de aproximadamente 19,3 %, lo que concuerda de manera casi exacta con la programación que habíamos establecido para las fotoceldas y que era del 20%, presentando tan solo una desviación de 0,7%. El día cero no se tiene en cuenta para el cálculo del ahorro de energía, en razón a que el primer día luego de que se programa la fotocelda, es solo de adaptación al día solar, ella se ajusta automáticamente a la latitud geográfica local en las primeras 24 horas.

Una vez retirado el medidor A1800 se le extrajeron los datos que a continuación se analizan y que son objeto de la presente monografía.

El análisis de los datos se centra en un rango de tan solo diez días de la muestra, en razón a que la variación de los mismos es mínima y se comporta de manera repetitiva día a día, dado a que el consumo siempre es el mismo y las horas de utilización, salvo contadas excepciones por efectos solares, es casi la misma diariamente (12 horas).

	DÍAS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sin reducción	7,71	7,54	7,45	8,06	7,44	7,57	7,55	7,48	7,55	7,95	7,51	76,10
Con Reducción	7,55	6,07	6,07	6,35	6,05	6,08	6,13	6,06	6,09	6,46	6,04	61,41
Ahorro	98,0 %	80,6 %	81,5 %	78,8 %	81,3 %	80,4 %	81,2 %	81,1 %	80,7 %	81,2 %	80,4 %	19,3 %

Tabla 3. Ahorro de energía

Fuente: Autores Monografía

Los resultados anteriores sobre el ahorro de energía corresponden al anexo 1, de consumos de días típicos del plan piloto.

3.1.2 Medición de parámetros del circuito Para medir los parámetros del circuito de A.P. se instaló un medidor analizador de redes marca Elster A1800 con las siguientes características: energía activa Clase 0.2, 0.5 y 1, energía reactiva Clase 2, siempre positivo, 58/415VCA, (50Hz y 60Hz), 1(10) A y 5(120) A, comunicaciones por MODEM, RS-232, RS-485 y TCP/IP.

Este es un medidor de alta precisión que puede ser fácilmente integrado a cualquier sistema de medición. El A1800 incluye todas las altas funcionalidades que se requieren para este tipo de estudios como son: cuatro cuadrantes, energía activa, reactiva y energía aparente y demanda, eventos y medición. El medidor cuenta con un diagnóstico interno

que permanentemente monitorea el servicio, verifica todas las fases y confirma que las conexiones sean correctas. Condiciones anormales como cortes y flujos inversos de energía son registradas en el log del medidor. El A1800 dentro de sus opciones tiene multi-protocolos de comunicación (Modbus, DNP 3.0, DL/T 645, or TCP/IP), medición en cuatro cuadrantes, compensación de pérdidas en transformadores y líneas, perfil de carga, perfil de instrumentación, suministro auxiliar de energía, 4 relays, etc.



Figura 4: Medidor Elster A1800

Fuente: Elster.com.ar

3.1.3 Análisis de armónicos.

ESTUDIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL: Se muestra en las siguientes gráficas, las pruebas efectuadas en el Laboratorio de pruebas de la Universidad Nacional (LBE). Se formulan agradecimientos al Ingeniero Mario Quiroga, quien elaboró las pruebas. Se tuvo en cuenta la Norma ANSI C82-77 de 2002, $60 W < P \leq 100 W$ $FP > 0,9$ THD máx 50%.

Los resultados fueron los siguientes:

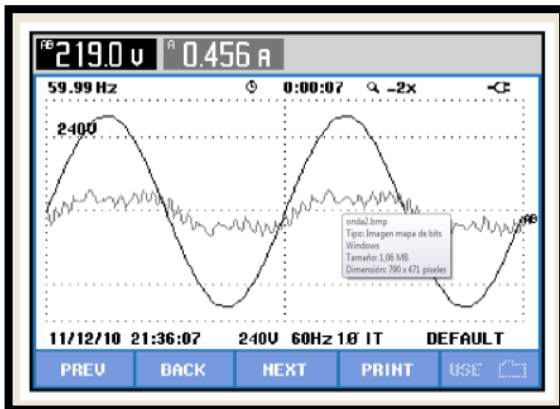


Figura 5. Onda de entrada No. 1

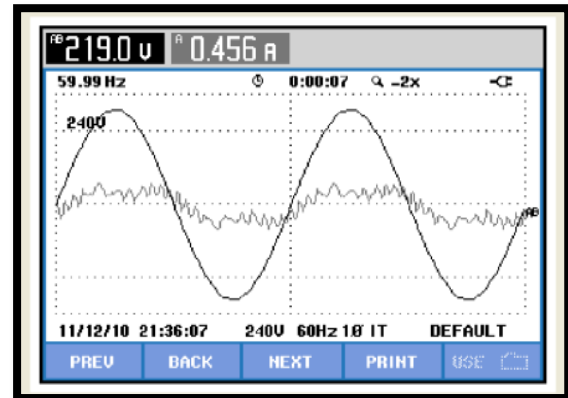


Figura 6. Onda de corriente no. 2

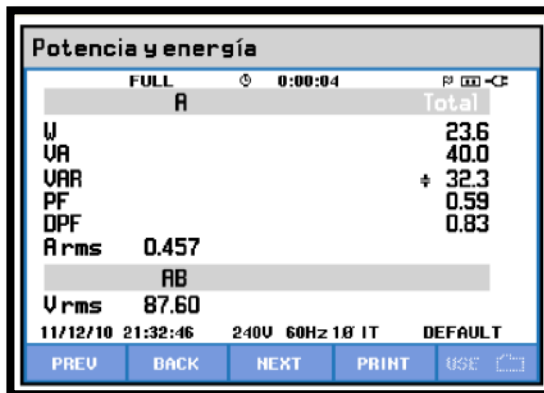


Figura 7. Potencia de bombilla

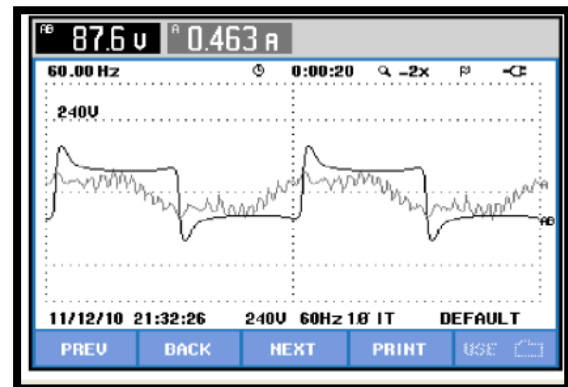


Figura 8. Tensión de bombilla

Resultado del Estudio: Las mediciones de armónicos como se muestra en las figuras de la corriente de entrada son del orden del 45% cuando la fotocelda se programa con un ahorro del 20% (que es el rango de ahorro establecido para este proyecto), lo cual cumple con la Norma ANSI C82-77 de 2002, que dice: $60 W < P \leq 100 W$ $FP > 0,9$ THD máx. 50%.

ESTUDIO SEGÚN LOS DATOS DEL MEDIDOR: La información extractada al medidor A1800, la cual ha sido monitorizada al sistema de alumbrado público funcionando con fotoceldas programadas para un ahorro del 20%, se observa que la distorsión armónica se encuentra dentro de los parámetros admisibles contemplados en la Norma ANSI C82-77 de 2002 la cual indica que $60 W < P < 100 W$; $FP > 0,9$ y THD máx 50%.

Como punto interesante de los datos extractados al medidor A1800, tenemos como conclusión que un sistema de alumbrado público con este tipo de fotocelda programable, no puede funcionar con ahorros superiores al 20% de ahorro, puesto que el incremento de

la distorsión armónica sobre la red, haría que las empresas prestadoras del servicio de energía tuvieran que hacer inversiones importantes en filtros especializados para contrarrestar este tipo de efectos.

En Colombia se ha incrementado la importancia de un suministro de energía eléctrica basado en criterios que van más allá de la simple confiabilidad o continuidad, debido a la creciente vulnerabilidad de los procesos industriales, dependientes de equipos basados en microelectrónica, como es el caso de la fotocelda en estudio, que son más susceptibles a diversos tipos de perturbación.

Hoy en día en Colombia el nivel de la Calidad de la Energía Eléctrica está legalmente vinculado al nivel tarifario que efectivamente paguen los usuarios según la Ley 142 y sus niveles los fija la Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG. No obstante, en Colombia no existen datos estadísticamente confiables para estimar los índices de calidad de la potencia eléctrica y lo que se tiene, son importantes estudios de Medición de armónicos, así como estudios de empresas de consultoría, empresas de Energía y centros de investigación universitarios.

Por el contrario, existen normas internacionales que conceptualizan muy bien los indicadores de calidad como la IEC 60000, IEEE 1159, IEEE 519.

En Colombia, tenemos las Resoluciones CREG 070 de 1998 (Reglamento de Distribución) y CREG 096 de 2000, la cuales establecen los criterios de calidad de la potencia y del servicio suministrado, y adicionalmente a partir del año 2005 se promulgaron las Resoluciones CREG 024 de 2005 (Calidad de la potencia en STR y SDL) y la CREG 016 de 2007 (Calidad de la potencia en STR y SDL)

En la CREG 070 de 1998 se definieron estándares de calidad de potencia eléctrica (CPE) y se dieron plazos para corregir deficiencias en los sistemas de distribución. En la CREG 024 de 2005 se definieron estándares de calidad, implementación de sistemas de medición y registro de CPE y la definición esquema de reporte de información a la CREG. En la CREG 016 de 2007 se ajustaron plazos para el inicio del reporte y aclaraciones sobre el sistema de medición y registro.

Con relación específicamente a la Resolución CREG 024 de 2005 se tiene que el THDV (Total Harmonic Distortion of Voltage), es un indicador de la Distorsión Armónica Total del Voltaje, respecto de la onda estándar, expresada en porcentaje. La forma de calcularlo se define en el Estándar IEEE 519 de 1992.

En el numeral 6.2.1.2 de la Resolución 024 de 2005, se dictan normas sobre la Distorsión Armónica de la Onda de Tensión, la cual corresponde a la distorsión periódica de las ondas de voltaje, modelable como el contenido adicional de ondas senoidales, cuyas frecuencias son múltiplos de la frecuencia de suministro, acompañando la componente fundamental (componente cuya frecuencia es igual a la de suministro).

Este fenómeno es el resultado de cargas no lineales en los sistemas de transmisión regional (STR) y en los sistemas de distribución local (SDL), como el del tema que nos ocupa. Según la Resolución, los Operadores de Red (OR), deberán cumplir las exigencias establecidas en la siguiente tabla, basada en el Estándar IEEE 519 de 1992:

Tensión del Sistema	THDV Máximo (%)
Niveles de tensión 1,2 y 3	5.0
Nivel de Tensión 4	2.5
STN	1.5

Conforme a lo aquí establecido y observando los datos extractados al medidor A1800 utilizado para el estudio y plasmados en anexo 2, se deduce que este tipo de fotocelda cumple con los parámetros THDV máximos establecidos en la Resolución CREG, los cuales no deben ser superiores al 5%.

En la tabla se muestra el THDV para las dos fases a las cuales se conectaron las luminarias. Para cada una de las fases se sacó un promedio aritmético en las horas de utilización de la fotocelda y los resultados fueron los siguientes: para la fase A un promedio de 3,59% y para la fase C un promedio de 3,42%. Ambos valores son inferiores a los límites máximos exigidos por la Resolución y por lo tanto la utilización de la fotocelda programable es aceptable.

3.1.4 Luminosidad Comparativa Una vez instaladas las fotoceldas, se procedió a tomar fotos en diferentes horas de la noche, a fin de establecer el efecto del ahorro de energía VS el nivel de iluminación.

Las fotos de las primeras horas produjeron las siguientes imágenes como lo muestra la figura 9.

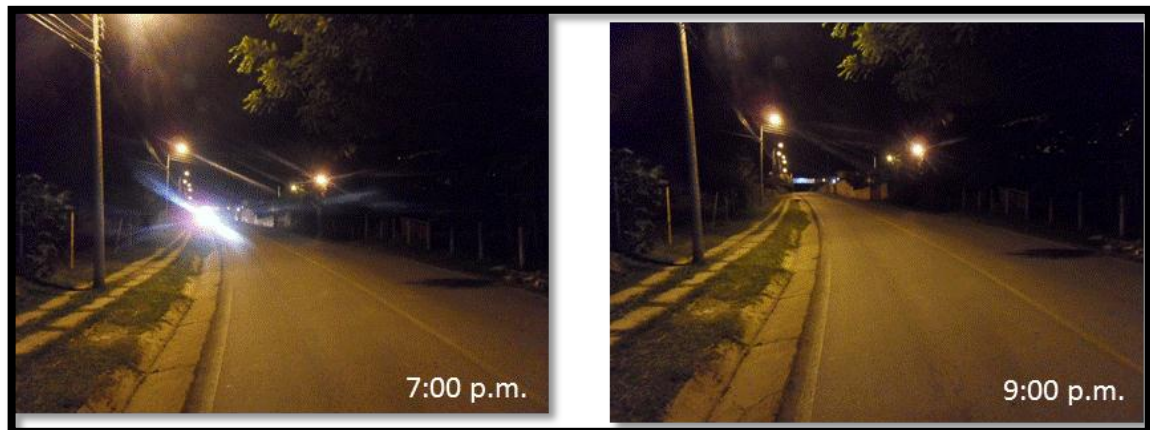


Figura 9: Luminosidad inicial

Fuente: Autores Monografía

Posteriormente entrada la noche se tomaron las siguientes imágenes:

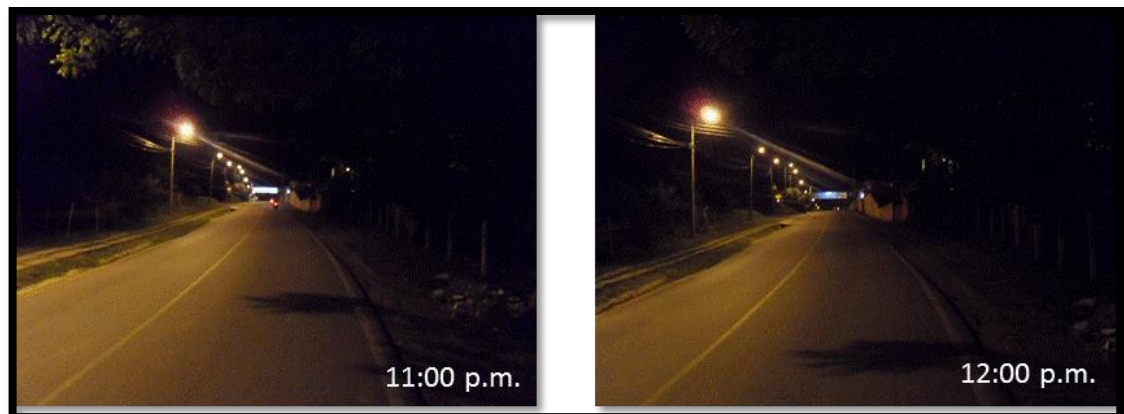


Figura 10. Luminosidad final

Fuente: Autores Monografía

Adicionalmente y para comprobar lo detectado por el ojo humano, se demarcaron algunos puntos en el circuito del piloto con el fin de observar el nivel de iluminación, no solo antes de entrar en funcionamiento la reducción de voltaje y corriente otorgada por la fotocelda, sino después de la instalación de las mismas.

Las mediciones del nivel de iluminación se hicieron en 10 puntos del circuito obteniendo al final un promedio de 43,23 Luxes.

Con los resultados obtenidos en este plan piloto donde se genera un ahorro del 19.3% en energía eléctrica, se concluye que es factible aplicarlo al total del inventario de A.P del municipio de San Gil y corresponde a la siguiente tabla.

	DESCRIPCIÓN	Cantidad Luminarias	Potencia bombilla (W)	Pérdidas Balasto (W)	Pérdidas arranador (W)	Pérdidas condensador (W)	Pérdidas fotocelda (W)	Potencia Lumina- ria (W)	Potencia Instala- da [w]
URBANO	MERCURIO	7 10	125 400	0,14 22,50	0,12 0,12	1,00 1,00	0,00 0,00	126,26 423,62	883,84 4.236,20
	SODIO	2.784	70	10,00	0,12	0,40	2,00	82,52	229.735,68
		467	150	15,00	0,12	0,40	2,00	167,52	78.231,84
		5	250	21,00	0,12	1,00	2,00	274,12	1.370,60
		10	400	33,00	0,12	1,00	0,00	434,12	4.341,20
	METAL HALIDE	14	150	15,00	0,12	1,00	0,00	166,12	2.325,68
		1 29	250 400	21,00 33,00	0,12 0,12	1,00 1,00	0,00 0,00	272,12 434,12	272,12 12.589,48
		4	1.000	120,00	0,12	1,00	0,00	1.121,12	4.484,48
	INCANDESC	3	100					100,00	300,00
		Subtotal	3.334						338.771,12

RURAL	MERCURIO	42 1	125 400	0,02 22,50	0,12 0,12	1,00 1,00	0,00 0,00	126,14 423,62	5.298,04 423,62
	SODIO	349	70	10,00	0,12	0,40	2,00	82,52	28.799,48
		62	150	15,00	0,12	0,40	2,00	167,52	10.386,24
		4	250	21,00	0,12	1,00	2,00	274,12	1.096,48
		2	400	33,00	0,12	1,00	0,00	434,12	868,24
	METAL HALIDE	6	400	33,00	0,12	1,00	0,00	434,12	2.604,72
		2	1.000	120,00	0,12	1,00	0,00	1.121,12	2.242,24
		Subtotal	468						51.719,06

TOTAL	MERCURIO	49	125	0,02	0,12	1,00	0,00	126,14	6.180,88
		11	400	22,50	0,12	1,00	0,00	423,62	4.659,82
	SODIO	3.133	70	10,00	0,12	0,40	2,00	82,52	258.535,16
		529	150	15,00	0,12	0,40	2,00	167,52	88.618,08
		9	250	21,00	0,12	1,00	2,00	274,12	2.467,08
		12	400	33,00	0,12	1,00	0,00	434,12	5.209,44
	METAL HALIDE	14	150	15,00	0,12	1,00	0,00	166,12	2.325,68
		1	250	21,00	0,12	1,00	0,00	272,12	272,12
		35	400	33,00	0,12	1,00	0,00	434,12	15.194,20
		6	1.000	120,00	0,12	1,00	0,00	1.121,12	6.726,72
INCANDESC	3	100					100,00	300,00	
TOTAL	3.802							390.489,18	

Total Luminarias y Reflectores	3.802	Unidad
Total Potencia Instalada	390	kW
Total Energía Consumida	140.576	kWh/mes
Valor kWh Descuento	259	\$
Valor Energía Consumida	0,9958	
	36.197.498	\$

Tabla 4. Inventario total de Luminarias

Fuente: Electrificadora de Santander

El inventario que se va a intervenir que tiene el municipio de San Gil actualizado a agosto de 2013 y que corresponde a las luminarias de 70 Watos de sodio, ubicadas en los sectores urbanos y rural de este municipio.

El inventario a intervenir será el siguiente:

	DESCRIPCIÓN	Cantidad Luminarias	Potencia Bombilla (w)	Pérdidas Balastro (w)	Pérdidas Arrancador (w)	Pérdidas Condensador (w)	Pérdidas Fotocelda (w)	Potencia Luminaria (w)	Potencia Instalada [w]
TOT	SODIO	3.085	70	10,00	0,12	0,40	2,00	82,52	254.574,20
	TOTAL	3.085							254.574,20

Tabla 5. Luminarias incluidas en el proyecto.

Fuente: Autores Monografía

3.1.5 Ahorro de energía esperado Si se tiene en cuenta que la fotocelda se programará para tener un ahorro total del 20% (Tomado de la escala de la fotocelda del ajuste del nivel del ahorro deseado) de la energía, los ahorros esperados podrían ser del siguiente orden:

Sin Proyecto	Total Luminarias	3.085	Unidad
	Total Potencia Instalada	255	kW
	Total Energía Consumida	91.647	kWh/m
	Valor kWh	259	\$
	Descuento	0,9958	
	Valor Energía Consumida	23.598.475	\$
Con Proyecto	Total Luminarias	3.085	Unidad
	Total Potencia Instalada	255	kW
	Total Energía Consumida con fotocelda especial	73.317	kWh/m
	Valor kWh	259	\$
	Descuento	0,9958	
	Valor Energía Consumida	18.878.780	\$

Tabla 6. Energía sin y con proyecto.

Fuente: Autores Monografía

Tal como se observa en el cuadro anterior, los ahorros podrían llegar a ser del orden de los \$4.720.000 mensuales.

3.2 SELECCIÓN Y EVALUACION TECNICA DEL SISTEMA PROPUESTO

Para poder realizar una comparación entre una fotocelda normal y una fotocelda programable se debe conocer la definición de fotocelda la cual es un elemento electrónico, capaz de detectar por sí mismo el nivel de iluminación de su alrededor y de

acuerdo a éste, hacer actuar un interruptor incorporado, para encender o apagar automáticamente el sistema de alumbrado.

Se escogió esta fotocelda porque desde que se implementó el control del alumbrado público a través de celdas fotoeléctricas en ESSA, se han comprado muchas marcas pero según las estadísticas que maneja la empresa en cuanto a compra de materiales y suministros, la que ha cumplido con las especificaciones técnicas, la que tiene mayor vida útil y la que tiene un precio acorde con las características solicitadas es la marca TECUN, que para el proyecto se cotizó en un valor de \$30.000. Actualmente en el mercado existen otras marcas como INADISA, FOTOCENTROL, SCHNEIDER, ROY ALPHA, etc. pero en su gran mayoría son convencionales y no cumplen el objetivo del proyecto que es la reducción del consumo de energía.

3.2.1 Comparación de una fotocelda normal y una programable Una fotocelda normal consta únicamente de dos ciclos, que actúan de la siguiente forma: cuando se presenta deficiencia de luz, es decir cuando empieza a oscurecer el dispositivo cierra el circuito permitiendo que llegue tensión a la luminaria y esta se encienda. En las horas de la mañana cuando empieza a amanecer el día y le llega suficiente luz al dispositivo este se abre cortando el paso de la tensión, permitiendo que la luminaria se apague inmediatamente.

Las fotoceldas programables funcionan bajo el mismo principio de las fotoceldas normales o convencionales pero adicionalmente cuentan con tres manómetros ubicados en la parte inferior los cuales pueden controlar tres aspectos: en primer lugar el nivel de ahorro deseado, el cual puede iniciar con un 10% y llegar hasta un 50%, en segundo lugar está el manómetro que controla el ajuste de la hora en la cual debe iniciar la rampa de ahorro, este elemento se utiliza para programar la hora en la cual se quiere que la fotocelda inicie la reducción de la energía que consume la luminaria, y el tercer manómetro se utiliza para programar la hora en la cual se quiere que la fotocelda termine la rampa de ahorro, es decir empiece a funcionar con el porcentaje de ahorro deseado que se programó inicialmente.

3.2.2. Ventajas y desventajas de la fotocelda seleccionada.

La fotocelda programable es un dispositivo electrónico cuya función principal es la del encendido/apagado de las luminarias, no obstante las fotoceldas objeto de este estudio tienen adicionalmente la función de controlar la tensión y corriente del sistema para producir importantes ahorros de energía, al combinar la simplicidad de un foto control normal con el poder de los microprocesadores digitales.

Su diseño único permite encender las lámparas al atardecer y mediante controles programables, definir la hora de inicio y escala de ahorro de energía hasta el amanecer.

Para el montaje de las fotoceldas programables no es necesario hacer adaptaciones especiales, ya que su diseño físico cumple con la norma ANSI C136.10 y su instalación es igual a la de una fotocelda convencional.

La ventaja de haber escogido esta fotocelda es porque en primer lugar cumple con el objetivo del proyecto que es la reducción en el consumo de energía de las luminarias de alumbrado público, en segundo lugar porque tiene las mismas características de instalación que una fotocelda convencional lo cual permite que se puedan instalar en las mismas bases sin tener que utilizar más elementos adicionales y además porque el valor de la misma es menor comparada con otras de su mismo tipo.

3.3 PROGRAMACION

Como se describió anteriormente la fotocelda programable consta de un sofisticado fotocontrol electrónico capaz de producir importantes ahorros de energía, al combinar la simplicidad de un fotocontrol normal, con el poder de la electrónica computacional. El diseño permite encender las luminarias con la llegada de la oscuridad y mediante controles programables, define la hora de inicio y escala de ahorro en el consumo de energía hasta el amanecer. La fotocelda programable incluye un reloj astronómico que utiliza como referencia el anochecer y el amanecer para calcular la hora solar, lo que permite operar correctamente los controles de ahorro de energía, ajustándose constantemente y adaptándose a cualquier posición geográfica. Una vez conectada la fotocelda programable sobre la luminaria, ella se ajusta automáticamente a la latitud geográfica local en las primeras 24 horas.

Al segundo día la fotocelda programable comienza a operar bajo el programa seleccionado y a generar los ahorros de energía programados.

La combinación de estas funciones y beneficios hacen de la fotocelda programable la solución ideal para el control del alumbrado público en las calles y avenidas de las ciudades, zonas deportivas, parqueaderos, centros comerciales y conjuntos residenciales; exceptuando únicamente aquellas vías que por regulación de Ley o del Ministerio de Transporte deban tener una cantidad de lúmenes para su tránsito y adicionalmente tampoco se incluyen los escenarios deportivos, los cuales por su necesidad, no admiten reducciones del flujo luminoso, y con mayor énfasis en aquellos donde se llevan a cabo transmisiones por televisión.

La programación de las fotoceldas es muy sencilla y la misma se logra en tan solo tres simples pasos:



Figura 11. Fococelda y su programación

Fuente: www.vidri.com.sv

3.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS

Especificaciones Técnicas	
Normas	ANSI C136.10 IEC 60669-2-1
Tipo	Electrónico (Control de Carga con SRC)
Sensor	Fototransistor
Tensión Nominal de Red	120V/208V/220V
Rango de tensión de operación	Tensión Nominal \pm 10%
Frecuencia	60 Hz
Carga Máxima	70W/150W/250W HID
M.O.V (protecciones contra sobrecargas transitorias)	90J, 180J, 320J (opcional)
Límites de operación	ON 15 Lux. OFF 15-30 Lux. Ratio 2-3
Tiempo de retardo	ON~20s OFF~20s
Posición del contacto en ausencia de luz	NC
Posición del contacto en condición de falla	NC (Fail ON)
Consumo de energía promedio	<4W

Rigidez dieléctrica	2.5 KV rms/60 seg
Tipo de instalación	Intemperie
Hermeticidad del fotocontrol	IP 54
Temperatura de servicio	-40° ~70°C
Número de operaciones garantizadas	5000 operaciones con carga 1800VA 13.7 años
Material	<ul style="list-style-type: none"> • Cubierta: PC alto impacto + UV • Base: PC alto impacto • Protector Base: ABC • Contactos: Latón rígido
Peso	200 gr
Escala de ahorro de energía	0% - 50%
Rango inicio rampa	18h – 02h
Rango final rampa	19h – 05h

Tabla 7. Especificaciones técnicas fotocelda programable

Fuente: Autores Monografía

3.4.1 Instalación de las fotoceldas La instalación de las fotoceldas para este Plan Piloto se llevó a cabo el día 27 de julio de 2012 y ese mismo día se instaló el medidor A1800, el cual se conservó hasta el día 19 de abril de 2013.

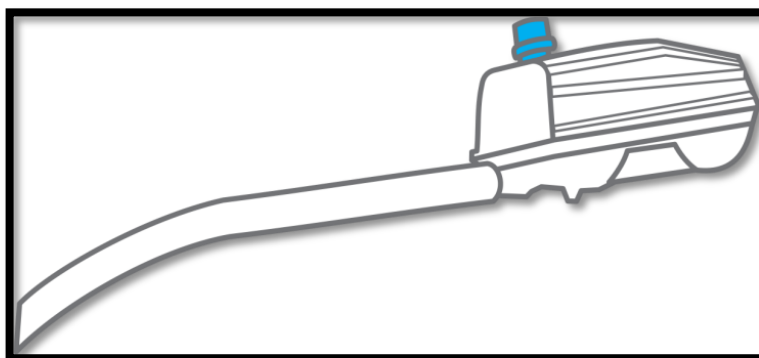


Figura 12: Instalación de la Fotocelda Programable.

Fuente: Autores Monografía.

4. ESTUDIO FINANCIERO APLICADO AL INVENTARIO TOTAL

4.1 ESTABLECIMIENTO DE LINEA BASE

En la siguiente tabla podemos observar los consumos promedios del alumbrado público del municipio de San Gil, se nota una disminución del año 2012 al 2014 dada la repotenciación que se realizó en el municipio.

CONCEPTO	AÑOS		
	2012	2013	2014
ENERGIA PROMEDIO MENSUAL (kWh)	172.733	167.978	166.305
VALOR FACTURA PROMEDIO MENSUAL	\$ 44.843.979	\$ 38.841.601	\$ 38.187.974

Tabla 8: Consumo promedio de Alumbrado Público.

Fuente: Electrificadora de Santander

En el siguiente cuadro se observa el ahorro una vez puesto en aplicación el proyecto, el ahorro de energía mensual será de 18.330 kW/mes equivalente a un ahorro en pesos de \$4.719.625, para este análisis se tomaron los datos constantes de la carga y la potencia instalada para la duración del proyecto (6 años), dado que el municipio no maneja proyecciones de tarifas ni futuras repotenciaciones en su red.

Con Proyecto	Total Luminarias	3.085	Unidad
	Total Potencia Instalada	255	kW
	Total Energía Consumida con fotocelda especial	73.317	kWh/mes
	Valor kWh	259	\$
	Descuento	0,9958	
	Valor Energía Consumida	18.878.780	\$

Tabla 9. Costo de la energía – sin y con proyecto

Fuente: Autores Monografía

Los ahorros estimados una vez ejecutado el proyecto, serán del siguiente orden:

AHORROS ESTIMADOS							
SIN PROYECTO							
Mes		0	1	2	3	4	5
Valor consumo de energía sin proyecto	[\$]	23.598.475	23.598.475	23.598.475	23.598.475	23.598.475	23.598.475
ACUMULADO	[\$]	23.598.475	47.196.950	70.795.425	94.393.901	117.992.376	141.590.851
CON PROYECTO							
Mes		0	1	2	3	4	5
Valor consumo de energía con proyecto	[\$]	23.598.475	23.598.475	22.418.551	21.238.628	20.058.704	18.878.780
ACUMULADO	[\$]	23.598.475	47.196.950	69.615.502	90.854.129	110.912.833	129.791.613
AHORRO							
Mes		0	1	2	3	4	5
Valor ahorro consumo de energía	[\$]	0	0	1.179.924	2.359.848	3.539.771	4.719.695
ACUMULADO	[\$]	0	0	1.179.924	3.539.771	7.079.543	11.799.238

Tabla 10. Ahorros estimados

Fuente: Autores Monografía

A partir del sexto mes y hasta el final del sexto año, el ahorro es constante (\$4.719.695), obteniéndose al final del proyecto un acumulado de \$ 328.018.805.

4.2 COSTOS Y BENEFICIOS ASOCIADOS AL PROYECTO

Con base en la experiencia adquirida en los trabajos de alumbrado público realizados en ESSA, se calculó que el cambio de las 3.085 fotoceldas podría realizarse en 4 meses, utilizando para ello dos cuadrillas de dos personas cada una. El cálculo mensual de la nómina se muestra en la tabla siguiente:

Cargo		Técnicos electricistas	Interventor [Salario Integral]
No. Cargos	[u]	4	1
Sueldo base	[\$/mes]	800.000	1.800.000
Subsidio Transporte	[\$/mes]	72.000	0
Salud	[\$/mes] 8,50%	68.000	0
Pensión	[\$/mes] 12,00%	96.000	0
ARP	[\$/mes] 6,96%	55.680	0
Cesantías	[\$/mes] 8,33%	66.640	0
Intereses Cesantías	[\$/mes] 1,00%	8.000	0
Prima Servicios	[\$/mes] 8,33%	66.640	0
Vacaciones	[\$/mes] 4,17%	33.360	0
Dotación	[\$/mes] 0,49%	3.920	0
Aportes parafiscales	[\$/mes] 9,00%	72.000	0
Salario real	[\$/mes]	1.342.240	1.800.000
Total Salarios	[\$/mes]	5.368.960	1.800.000
Total nómina	[\$/mes]	7.168.960	

Tabla 11. Nómina mensual

Fuente: Autores Monografía

El factor prestacional de cada uno de los trabajadores que devengan un salario básico es de 1,68.

Los costos estimados del proyecto incluyen además de la nómina, otros costos tales como imprevistos operativos y material de difusión y promoción de resultados. El cuadro siguiente muestra adicionalmente el valor acumulado de los cuatro meses de montaje y que corresponden a un costo total de \$32.375.840.

COSTOS ESTIMADOS					
Concepto	0	1	2	3	4
Meses					
A. Materiales Directos					
Materiales e Insumos	0	0	0	0	0
Total Materiales Directos	0	0	0	0	0
B. Mano de Obra Directa					
Técnicos electricistas	0	5.368.960	5.368.960	5.368.960	5.368.960
Interventoría	0	1.800.000	1.800.000	1.800.000	1.800.000
Total Mano de Obra Directa	0	7.168.960	7.168.960	7.168.960	7.168.960
Resto de CIF					
Costos Operativos	0	0	0	0	0

Imprevistos Operativos		300.000	300.000	300.000	300.000
Material de Difusión y Promoción de Resultados	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
Total Resto CIF	500.000	800.000	800.000	800.000	800.000
TOTAL COSTOS	500.000	7.968.960	7.968.960	7.968.960	7.968.960
Total Costos Variables	500.000	800.000	800.000	800.000	800.000
Total Costos Fijos	0	7.168.960	7.168.960	7.168.960	7.168.960
Acumulado	500.000	8.468.960	16.437.920	24.406.880	32.375.840

Tabla 12. Costos estimados del proyecto.

Fuente: Autores Monografía

4.3 GASTOS OPERACIONALES

La siguiente tabla muestra los gastos operacionales del proyecto, los cuales incluyen entre otros el alquiler del vehículo (canasta) para las dos cuadrillas durante los cuatro meses de montaje del proyecto, vehículo este que por su especialización puede ser bastante costoso y que se ha valorado en un costo mensual de \$3.500.000, adicionalmente los gastos de capacitación del personal, la papelería a utilizar indexada con IPC del 3%, el arriendo de la oficina requerida para la atención del público con un valor de \$500.000, los celulares y algunos seguros necesarios para garantizar el buen desarrollo del proyecto.

GASTOS OPERACIONALES					
Concepto	0	1	2	3	4
Meses					
Gastos					
Capacitación cuadrillas	300.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Papelería	300.000	309.000	318.270	327.818	337.653
Alquiler vehículos		7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000
Arriendo oficina	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
Telefonía celular	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Seguros	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000
Total Costos	2.700.000	9.459.000	9.468.270	9.477.818	9.487.653
Total Gastos Variables	600.000	359.000	368.270	377.818	387.653
Total Gastos Fijos	2.100.000	9.100.000	9.100.000	9.100.000	9.100.000
Acumulado	2.700.000	12.159.000	21.627.270	31.105.088	40.592.741

Tabla 13. Gastos operacionales

Fuente: Autores Monografía

El acumulado de estos gastos para los cuatro meses es de \$40.592.741. Los gastos operacionales no tienen amortización preoperativa.

4.4 INVERSIÓN FIJA

La inversión fija hace referencia esencialmente al costo de las fotoceldas, elemento único a reemplazar en cada una de las luminarias que hacen parte del proyecto. El cuadro muestra a continuación el valor de las 3.085 fotoceldas programables.

INVERSIÓN FIJA		
Concepto	Meses	
		0
Total luminarias instaladas	[u]	3.802
Cantidad de luminarias a intervenir	[u]	3.085
Cantidad de fotoceldas a instalar	[u]	3.085
Valor unitario de la Fotocelda	[\$]	30.000
Total inversión Fija	[\$]	92.550.000

Tabla 14. Inversión fija

Fuente: Autores Monografía

NOTA: Este es un proyecto de inversión especial, dado que la inversión inicial (costo de las fotoceldas), no se deprecia, ni se amortiza, ni se recupera o sea no hay valor de deshecho. Adicionalmente no genera ahorro fiscal.

4.5 INVERSIÓN PREOPERATIVA

Previa a la iniciación del proyecto, se requiere hacer una “Inversión Pre-operativa” necesaria para determinar la funcionabilidad de los elementos nuevos en la red y su aceptación. Es así que para garantizar el éxito del proyecto, se hizo necesario efectuar un “Plan Piloto” el cual requirió de algunos estudios previos y la ejecución del mismo. Los gastos pre-operativos se muestran en el siguiente cuadro:

INVERSIÓN OPERATIVA		
Concepto	Meses	0
Estudios		2.000.000
Plan Piloto		4.000.000
Total Inversión Preoperativa		6.000.000

Tabla 15. Inversión preoperativa

Fuente: Autores Monografía

4.6 INVERSIÓN CAPITAL DE TRABAJO

La Inversión de capital de trabajo hace referencia exclusivamente a los pagos totales de la nómina. Los valores se muestran en el siguiente cuadro:

INVERSIÓN CAPITAL DE TRABAJO						
Concepto	Meses	0	1	2	3	4
Entradas de efectivo						
Entradas		0	0	0	0	0
Total Entradas		0	0	0	0	0
Salidas de efectivo		0	7.168.960	7.168.960	7.168.960	7.168.960
Total salidas/Mes		0	7.168.960	7.168.960	7.168.960	7.168.960
Diferencia/Mes		0	-7.168.960	-7.168.960	-7.168.960	-7.168.960
Diferencia/ acumulada		0	-7.168.960	-14.337.920	-21.506.880	-28.675.840

Tabla 16. Inversión capital de trabajo.

Fuente: Autores Monografía

4.7 INVERSIÓN TOTAL

Una vez estudiados los costos y gastos del proyecto en sus diferentes etapas y sus diferentes frentes, se totalizan y se obtiene lo siguiente:

INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO		
Concepto	Valor	
Costos estimados	32.375.840	Mano obra, imprevistos, material de difusión
Gastos operacionales	40.592.741	Capacitación, papelería, vehículos, etc.
Inversión Fija	92.550.000	Costo de las fotoceldas
Inversión Preoperativa	6.000.000	Estudios preliminares y Plan Piloto
Inversión Capital de Trabajo	28.675.840	Salarios
Total Inversión	200.194.421	
Número de fotoceldas	3.085	
Costo instalación / fotocelda	64.893	

Tabla 17. Inversión total del proyecto

Fuente: Autores Monografía.

De este cuadro se obtiene un indicador interesante y es el correspondiente al valor del costo de instalación de cada una de las fotoceldas, cuyo valor alcanza un monto de \$64.893.

4.8 FINANCIACIÓN Y WACC

Existe una consideración especial y es que no existe financiación bancaria. El Proyecto "Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de Fotoceldas programables para reducir el consumo de energía en el alumbrado público" no contempla ningún tipo de financiación, en razón a que el municipio cuenta con los recursos necesarios para implementarlo.

TASA DE DESCUENTO DEL PROYECTO	
Inversión Total	200.194.421
Financiación Bancaria	0
Financiación del Inversionista	200.194.421
i bancaria (DTF)	4,69%
Prima de Riesgo	0%
Rentabilidad esperada	12,00%
WACC	12,00%

Tabla 18. Tasa de descuento del proyecto

Fuente: Autores Monografía

4.9 FLUJO DE CAJA

Se elaboró el flujo de caja que se muestra a continuación, el cual se hace repetitivo en cuanto a flujo neto de caja corresponde a partir del sexto mes, obteniéndose un valor de \$4.589.903.

FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA							
Concepto	Meses	0	1	2	3	4	5
Ingresos							
Ahorro de energía		0	0	1.179.924	2.359.848	3.539.771	4.719.695
Venta de activo		0	0	0	0	0	0
Total Ingresos (1)+(2)		0	0	1.179.924	2.359.848	3.539.771	4.719.695
Egresos							
Costos y Gastos Variables		1.100.000	1.159.000	1.168.270	1.177.818	1.187.653	0
Costos y Gastos Fijos		2.100.000	16.268.960	16.268.960	16.268.960	16.268.960	0
Depreciación y Amortización		0	0	0	0	0	0
Valor en libros activos vendidos		0	0	0	0	0	0
Total Egresos (4)+(5)+(6)+(7)		3.200.000	17.427.960	17.437.230	17.446.778	17.456.613	0
Utilidad Operativa (U.A.I.I.) (3)-(8)		-3.200.000	-17.427.960	-16.257.306	-15.086.931	-13.916.841	4.719.695
(-) Pago de Intereses Préstamo bancario		0	0	0	0	0	0
Utilidad Antes de Impuestos (U.A.I.) (9)-(10)		-3.200.000	-17.427.960	-16.257.306	-15.086.931	-13.916.841	4.719.695
(-) Impuesto Renta (9) * Irenta		-88.000	-479.269	-447.076	-414.891	-382.713	129.792
Utilidad Neta (11)-(12)		-3.112.000	-16.948.691	-15.810.230	-14.672.040	-13.534.128	4.589.903
(+) Ajustes Contables							
(+) Depreciaciones y Amortización (6)		0	0	0	0	0	0
(+) Valor en Libros Activos Vendidos (7)		0	0	0	0	0	0
(-) Inversiones							
Fotoceldas		-92.550.000	0	0	0	0	0
Estudios y Plan Piloto		-6.000.000	0	0	0	0	0
Capital de Trabajo		0	-7.168.960	-7.168.960	-7.168.960	-7.168.960	0
Total Inversiones (17)+(18)+(19)		-98.550.000	-7.168.960	-7.168.960	-7.168.960	-7.168.960	0
(+) Ingresos por Recursos de Créditos		0	0	0	0	0	0
(+) Recuperación de Capital de Trabajo		0	0	0	0	0	0
(+) Valor de Desecho por Ventas de Activos		0	0	0	0	0	0
(-) abono a capital préstamo		0	0	0	0	0	0
Flujo Neto de Caja (13)+(14)+(115)+ (22)+(23)+(24)+(35)-(26)		-101.662.000	-24.117.651	-22.979.190	-21.841.000	-20.703.088	4.589.903

Tabla 19. Flujo de caja del inversionista

Fuente: Autores Monografía

4.10 DETERMINACIÓN DEL PERÍODO DEL PROYECTO

Los principales criterios para la definición del tiempo durante el cual se llevará a cabo el proyecto, se analizan a continuación. Considerando que no existe endeudamiento bancario y que la inversión fija del proyecto es la más alta y en su mayoría corresponde a la compra de las fotoceldas y que las mismas se renovarán al final de su vida útil (se estima de 6 a 10 años), el plazo que se le dará a la evaluación del proyecto será de 72 meses. Lo anterior basado en los siguientes análisis, los cuales para facilitar su comprensión, se han anualizado:

PLAZO PARA LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO							
Período	Flujo						
Tasa							
0	-						
	101.662.000						
1	-52.921.702						
2	55.078.841						
3	55.078.841						
4	55.078.841						
5	55.078.841						
6	55.078.841						
Años	0	1	2	3	4	5	6
VPN	77.532.048						
TIR					2,54%	12,11%	17,87%
B/C	1,28						

Tabla 20. Plazo para la evaluación del proyecto.

Fuente: Autores Monografía

Para facilidad de análisis se ha graficado la TIR para los años 4 a 6 y con base en ello, se decidió que el plazo ideal es de 6 años (72 meses) donde se obtiene una TIR de 17,87% EA, tiempo durante el cual la TIR se hace muy superior a las tasas de oportunidad del mercado colombiano y superior a la tasa promedio establecida por el Departamento de Planeación Nacional DNP para proyectos de inversión (12%EA), y adicionalmente este tiempo coincide con el tiempo de vida útil de la fotocelda programable.

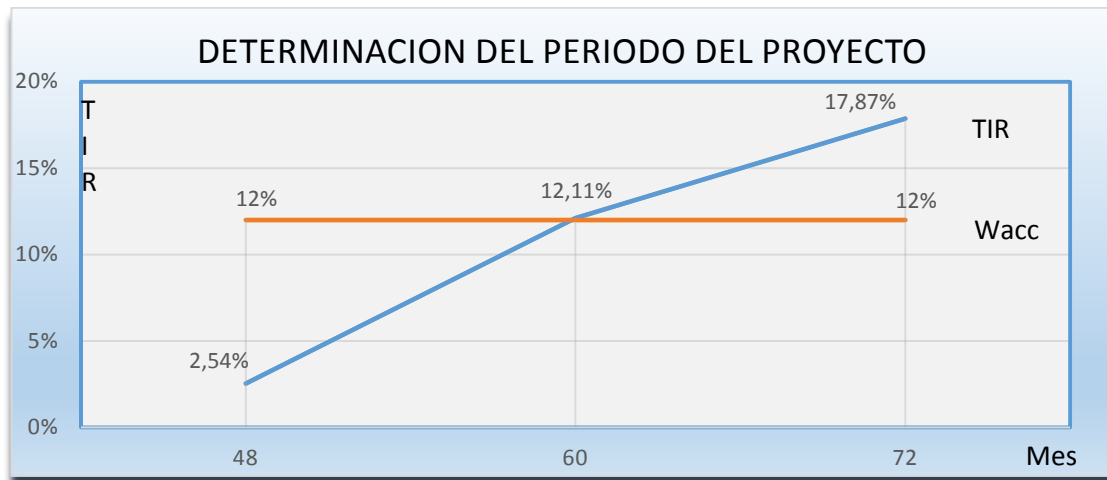


Figura 13. Determinación del período del proyecto

Fuente: Autores Monografía

La proyección se llevó a cabo a seis años y los valores futuros se actualizaron con la Tasa de interés de los Certificados de Depósito a Término 360 días (CDT360) de la semana del 27/01/2014 al 02/02/2014.

El Valor presente neto – VPN es positivo y muy superior al valor de la inversión realizada en el proyecto.

La relación beneficio costo es superior a 1, lo que quiere decir que por cada peso invertido, el proyecto está en capacidad de generar \$1,28.

Considerando lo anterior, **SE PUEDE ESTABLECER QUE ESTE PROYECTO ES ALTAMENTE RENTABLE** pues el inversionista recuperará el capital invertido en un período inferior a los 6 años, obteniendo al final de los 72 meses del proyecto un valor de más de 77 millones de pesos sobre el capital invertido.

El plazo fijado para el proyecto es de 72 meses, tiempo durante el cual no habrá trabajos de reposición de la fotocelda programable en razón a que su vida útil es de 6 a 10 años.

5. IMPACTO AMBIENTAL

Un ahorro de energía no solo se traduce en menores costos, en este caso para un sistema de alumbrado, sino también en el cuidado del medio ambiente. El ahorro de energía implica menos generación de la misma, lo que hace que se tenga que utilizar menos agua, Fuel-Oil, Carbón o gas y ello trae consigo menos emisión de monóxido de carbono - CO₂ al ambiente.

La figura siguiente muestra cual es el ahorro de energía al año y esto convertido en cada uno de los componentes mencionados.

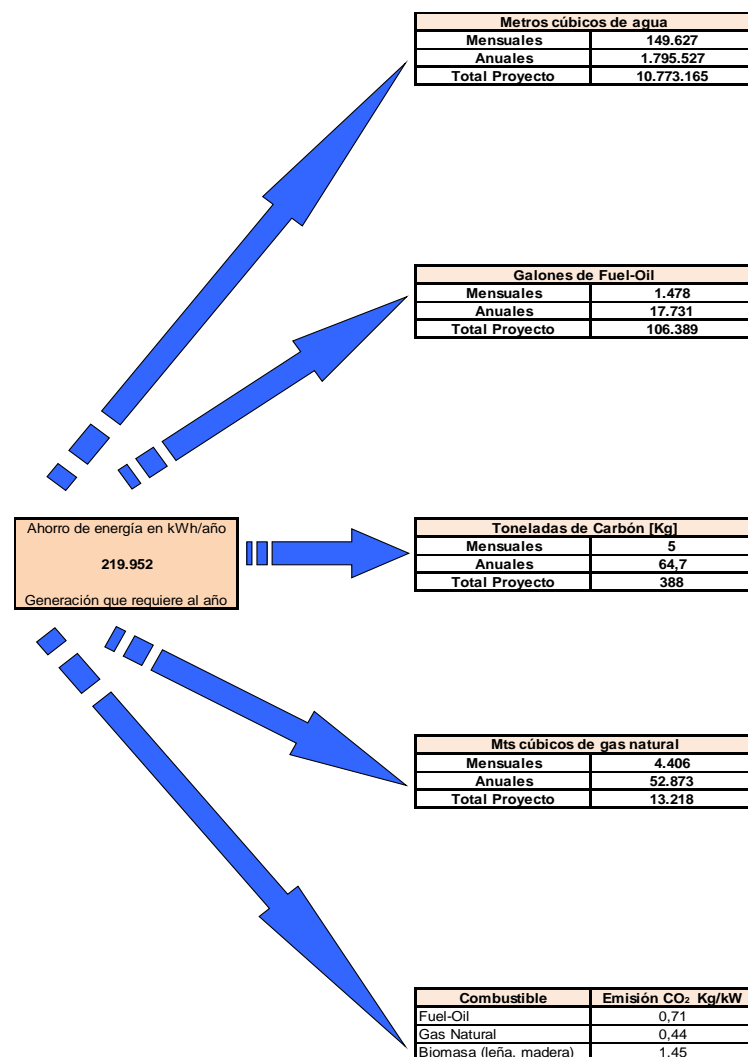


Figura 14. Impacto ambiental

Fuente: Autores Monografía

5.1 SIMULACIÓN PARA UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para esta simulación se tomó como Fuente: I.E.S. Élaios. Departamentos de física y química. Guía y ejercicios ESO. Ejercicio 13. Los resultados fueron los siguientes:

- ✓ Tipo de central: Generadora por gravedad
- ✓ Altura de la caída: 50 mts
- ✓ Rendimiento: 90%
- ✓ Kte gravitatoria (m/s^2): 9.8
- ✓ Densidad agua (Kg/m^3): 1.000

Para producir un (1) kWh de energía eléctrica, una hidroeléctrica con estas características necesitaría utilizar 8.163 Kg de agua, los cuales convertidos en metros cúbicos de agua equivalen 8,16326531 m^3/kWh . Si lo anterior lo multiplicamos por el ahorro anual de energía que estimamos en 219.952 kWh/año, nos daría que se tendrían que utilizar 1.795.527 metros cúbicos de agua por el año o **10.773.166 metros cúbicos durante todo el proyecto.**

5.2 SIMULACIÓN PARA CENTRAL TERMOELÉCTRICA (Fuel – Oil)

Se tomó para esta simulación la Central de Cien Fuegos (Cuba)

- ✓ La Planta Fuel-Oil usada gasta 0,00030979 toneladas de carbón para producir 1 kWh
- ✓ La densidad del Fuel-Oil se asume como: 1,012 Ton/m^3
- ✓ Lo que traducido en galones sería: 0,08061494 Galones de Fuel-Oil por kWh
- ✓ Producir 1 kWh requiere de 0,00030513 metros cúbicos de Fuel-Oil
- ✓ Convirtiendo lo anterior en galones sería 0,08061494 galones de Fuel-Oil por kWh.

Para producir un kWh se requiere 0,08061494 galones de Fuel-Oil. Para un ahorro de energía de 219.952 kWh/año, nos daría que se tendrían que utilizar 17.731 galones/año o **106.389 galones de Fuel-Oil durante todo el proyecto**

5.3 SIMULACIÓN PARA UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA (Carbón)

Para esta simulación se tomó la Central La Huila

- ✓ Eficiencia Termoeléctrica: 40%
- ✓ Un kWh equivale a 3.600.000 Joules de energía
- ✓ PCI de La Huila: 30.600.000 Joules / Kg

En resumen se tiene que para un ahorro de energía de 219.952 kWh/año, se estaría utilizando 64,7 Toneladas de carbón o un total de 388 toneladas de carbón por todo el tiempo del proyecto.

5.4 SIMULACIÓN PARA CENTRAL TERMOELÉCTRICA (Gas natural)

Utilizando la misma Termoeléctrica La Huila y considerando que un (1) M3 en condiciones normales puede producir más o menos 10,4 kWh, se tiene que para un año con un ahorro de energía de 219.952 kWh/año, se deberían utilizar 52.873 metros cúbicos de gas natural, o 317.239 metros cúbicos de gas para todo el tiempo del proyecto.

5.5 EMISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO POR KWH EN UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA

Una central termoeléctrica es una instalación empleada en la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica.

Algunas centrales termoeléctricas contribuyen al efecto invernadero emitiendo dióxido de carbono. También hay que considerar que la masa de este gas emitida por unidad de energía producida no es la misma en todos los casos: el carbón se compone de carbono e impurezas. Casi todo el carbono que se quema se convierte en dióxido de carbono, aunque también puede convertirse en monóxido de carbono si la combustión es pobre en oxígeno. En el caso del gas natural, por cada átomo de carbono hay cuatro de hidrógeno que también producen energía al convertirse en agua, por lo que contaminan menos por cada unidad de energía que producen y la emisión de gases perjudiciales procedentes de la combustión de impurezas, como los óxidos de azufre, es mucho menor.



Figura 15. Centrales termoeléctricas

Fuente: Google.

El impacto ambiental producido por la emisión de residuos a la atmósfera y los propios procesos de combustión que se producen en las centrales térmicas, tienen una incidencia importante sobre el medio ambiente. Para tratar de paliar, en la medida de lo posible, los daños que estas plantas provocan en el entorno natural, se incorporan a las instalaciones diversos elementos y sistemas.

El problema de la contaminación es máximo en el caso de las centrales termoeléctricas convencionales que utilizan como combustible el carbón, pues la combustión del carbón tiene como consecuencia la emisión de partículas y ácidos de azufre que contaminan en gran medida la atmósfera. En las de fuel-oil los niveles de emisión de estos contaminantes son menores, aunque ha de tenerse en cuenta la emisión de óxidos de azufre y hollines ácidos, prácticamente nulos en las plantas de gas.

En todo caso, en mayor o menor medida todas ellas emiten a la atmósfera dióxido de carbono (**CO₂**). Según el combustible y suponiendo un rendimiento del 40% sobre la energía primaria consumida, una central térmica emite aproximadamente lo siguiente:

COMBUSTIBLE	EMISIÓN DE CO ₂ KG/KW
Gas natural	0,44
Fuelóleo	0,71
Biomasa (leña, madera)	1,45

Tabla 21. Emisión de co₂ por combustible.

Fuente: Autores Monografía

5.6 EMISION DE CO₂

Las centrales de **gas natural** pueden funcionar con el llamado ciclo combinado, que permite rendimientos mayores (de hasta un poco más del 50%), lo que todavía haría las centrales que funcionan con este combustible menos contaminantes.

Entre algunas de las ventajas y desventajas se consideran las siguientes:

- ✓ Son las centrales más baratas de construir (teniendo en cuenta el precio por megavatio instalado), especialmente las de carbón, debido a la simplicidad

(comparativamente hablando) de construcción y la energía generada de forma masiva.

- ✓ Las centrales de ciclo combinado de gas natural son mucho más baratas (alcanzan el 50%) que una termoeléctrica convencional, aumentibles calientes genera emisiones de gases de efecto invernadero y de lluvia ácida a la atmósfera, junto a partículas volantes que pueden contener metales pesados.
- ✓ Los combustibles fósiles son una fuente de energía finita, por lo tanto su uso está limitado por la disponibilidad de las reservas y/o por su rentabilidad económica.
- ✓ Sus emisiones térmicas y de vapor pueden alterar el microclima local.
- ✓ Afectan negativamente a los ecosistemas fluviales debido a los vertidos de agua caliente en éstos.
- ✓ Su rendimiento es bajo, a pesar de haberse realizado grandes mejoras.

Emisión de Dióxido de Carbono por kWh en una Central Termoeléctrica	
Fuel-Oil	
1.049	Kg mensuales
12.589	Kg anuales
100.714	Kg total 6 años
Carbón	
2	Kg mensuales
28	Kg anuales
171	Kg total 6 años
Gas natural	
6.389	Kg mensuales
76.666	Kg anuales
459.996	Kg total 6 años

Tabla 22. Emisión de co2 por central térmica

Fuente: Ministerio de Minas y Energía.

6. CONCLUSIONES

- ✓ Es imprescindible aprender a obtener energía, de forma económica y respetuosa con el ambiente, pero más importante aún, es aprender a usar eficientemente la energía. Usar eficientemente la energía significa no emplearla en actividades innecesarias y conseguir hacer las tareas con el mínimo consumo de energía posible. Desarrollar tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahorren energía para lograr un auténtico desarrollo, que pueda llamarse sostenible.
- ✓ El ahorro energético es parte de un movimiento mundial para enfrentar los cambios que experimenta el medio ambiente y construir un futuro sostenible, un futuro con energía, es por esta razón que se debe aprovechar la tecnología para reducir el consumo de una manera responsable, que conlleve a lograr el acceso a una vida más digna para todos los habitantes del mundo.
- ✓ La Fococelda programable es una alternativa interesante para los sistemas de Alumbrado Público ya que reduce sustancialmente el consumo de energía, especialmente si tenemos en cuenta que la mayoría de los alumbrados públicos de nuestro país todavía utilizan luminarias que presentan un alto consumo de energía.
- ✓ Analizando el proyecto de Fococeldas programables para un sistema de Alumbrado Público se observa que la TIR es muy superior a las tasas de oportunidad del mercado colombiano, que según el Departamento de Planeación Nacional, para proyectos de inversión es del 12% E.A.
- ✓ Al examinar el período de recuperación de la inversión se observa que es inferior a los 6 años, si se tiene en cuenta que la vida útil de una fococelda supera los seis años, se puede concluir que el proyecto es financieramente viable.

7. BIBLIOGRAFÍA

Publicaciones seriadas

ATEHORTÚA Ríos, Carlos Alberto. Servicios Públicos Domiciliarios. Medellín, Biblioteca jurídica Diké, 2003.p.12.

MONSALVE, Yenni. La prestación y el cobro del servicio de alumbrado público, desde una perspectiva jurídica y económica. En: Economía Autónoma. 2009. Edición virtual. ISSN solicitada N° 3.p.1.

TECÚN. Manuales de Luminotecnia 2012: Tecnologías Unidas.

INDALUX. Manual de Luminotecnia.2012.

ELECTRIFICADORA DE SANTANDER. Inventario de alumbrado Público. Municipio de San Gil, Agosto de 2013.

ELECTRIFICADORA DE SANTANDER. Estados de cuenta de alumbrado Público. Municipio de San Gil, Agosto de 2013.

MANUAL MEDIDOR. Elster A1800.

UNIVERSIDAD NACIONAL. Pruebas Universidad Nacional 2012: Pruebas efectuadas en el Laboratorio de pruebas de la Universidad Nacional (LABE) por el Ingeniero Mario Quiroga, bajo la Norma ANSI C82-77 de 2002

Normas jurídicas leyes, los reglamentos, las órdenes ministeriales, decretos, resoluciones

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 18 (18, abril, 1826) Gran Colombia. Por la cual se da el proceso de organización civil y política del país. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1826. No. 41148. P. 1-168.

COLOMBIA. COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Por la cual se reforman y adicionan las Leyes 4 y 97 de 1913. Ley 84 (30, Noviembre, 1915). Diario Oficial No 15.667, de 13 de diciembre de 1915. P. 58.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 043 (23, octubre, 1995). Por la cual se regula de manera general el suministro y el cobro que efectúen las empresas de servicios públicos domiciliarios a municipios por el servicio de energía eléctrica que se destine para alumbrado público. P.74.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 043 de 1.996. Por la cual se establece la metodología para la evaluación de la viabilidad empresarial de las empresas prestadoras de servicios públicos de telecomunicaciones reguladas por la CRT. p.12.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 089 (4, abril, 1996). Por medio de la cual se complementan las normas contenidas en las resoluciones 043 de 1995, 043 y 089 de 1996 sobre el suministro y cobro que efectúen las empresas de energía eléctrica a los Municipios, por el servicio de electricidad que destinan para alumbrado público.p.25

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 076(4, abril, 1997). Por medio de la cual se complementan las normas contenidas en las resoluciones 043 de 1995, 043 y 089 de 1996 sobre el suministro y cobro que efectúen las empresas de energía eléctrica a los Municipios, por el servicio de electricidad que destinan para alumbrado público.P.11

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 070 (28, mayo, 1998). Por la cual se establece el Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.p.5

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 2424 (18, julio, 2006). Por el cual se regula la prestación del servicio de alumbrado público. P.9.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 08-919 (1, junio, 2010). Por el cual se adopta el Plan Indicativo 2010-2015 para desarrollar el programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales, PROURE. P.15.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución CREG 016 (12, junio, 2007). Por la cual se modifica parcialmente la Resolución CREG 024 de 2005 que establece las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a la Distribución de Energía Eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución CREG 024 (21, junio, 2005). Por la cual se modifican las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a los servicios de Distribución de Energía Eléctrica Resoluciones URE.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución CREG 043 (23, octubre, 1995). Por la cual se regula de manera general el suministro y el cobro que efectúen las empresas de Servicios Públicos Domiciliarios a municipios por el servicio de energía eléctrica que se destine para alumbrado público.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución CREG 043 (20, abril, 1996). Por la cual se dictan normas sobre alumbrado público.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución CREG 166 (10, mayo, 2010). Por la cual se complementan las disposiciones sobre calidad del servicio en el sistema de distribución local adoptadas mediante la Resolución CREG 097 de 2008.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Documento CREG 140 de 2010: Metodología para la determinación de los costos máximos que deberán aplicar los

municipios o distritos, para remunerar los prestadores del servicio así como el uso de los activos vinculados al sistema de alumbrado público.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución No. 180540 (30, marzo, 2010). Por la cual se reglamenta el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público- RETILAP- se establecen los requisitos de eficacia mínima y vida útil de las fuentes lumínicas y se dictan otras disposiciones.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 142 de 1994 de Servicios Públicos. Reglamentada Parcialmente por el Decreto Nacional 1641 de 1994, Reglamentado por el Decreto Nacional 2785 de 1994, Reglamentada por el Decreto Nacional 3087 de 1997, Reglamentada por el Decreto Nacional 302 de 2000, Reglamentada por el Decreto Nacional 847 de 2001, Reglamentada por el Decreto Nacional 1713 de 2002, Reglamentada parcialmente por el Decreto Nacional 549 de 2007.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 697 de 2001. Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones

COLOMBIA. Norma ANSI C82-77 de 2002: Distorsión armónica

CONVENIO DE ALUMBRADO PÚBLICO. Celebrado entre el Municipio de San Gil y ESSA ESP en el año 2005.

ANEXO 1. Consumo días típicos del plan piloto

28/07/2012	0:15	0,1879	29/07/2012	0:15	0,1516	30/07/2012	0:15	0,1528	31/07/2012	0:15	0,1571	01/08/2012	0:15	0,1505
28/07/2012	0:30	0,1857	29/07/2012	0:30	0,1514	30/07/2012	0:30	0,1538	31/07/2012	0:30	0,1564	01/08/2012	0:30	0,1506
28/07/2012	0:45	0,1856	29/07/2012	0:45	0,1514	30/07/2012	0:45	0,1504	31/07/2012	0:45	0,1559	01/08/2012	0:45	0,1508
28/07/2012	1:00	0,1865	29/07/2012	1:00	0,1517	30/07/2012	1:00	0,152	31/07/2012	1:00	0,1568	01/08/2012	1:00	0,1511
28/07/2012	1:15	0,1867	29/07/2012	1:15	0,152	30/07/2012	1:15	0,151	31/07/2012	1:15	0,1569	01/08/2012	1:15	0,1508
28/07/2012	1:30	0,1862	29/07/2012	1:30	0,1527	30/07/2012	1:30	0,1517	31/07/2012	1:30	0,1569	01/08/2012	1:30	0,1512
28/07/2012	1:45	0,187	29/07/2012	1:45	0,1508	30/07/2012	1:45	0,1524	31/07/2012	1:45	0,1564	01/08/2012	1:45	0,1517
28/07/2012	2:00	0,1877	29/07/2012	2:00	0,1509	30/07/2012	2:00	0,1504	31/07/2012	2:00	0,1567	01/08/2012	2:00	0,1515
28/07/2012	2:15	0,1872	29/07/2012	2:15	0,1533	30/07/2012	2:15	0,1501	31/07/2012	2:15	0,1567	01/08/2012	2:15	0,1513
28/07/2012	2:30	0,1871	29/07/2012	2:30	0,1535	30/07/2012	2:30	0,1532	31/07/2012	2:30	0,1571	01/08/2012	2:30	0,1514
28/07/2012	2:45	0,1878	29/07/2012	2:45	0,1507	30/07/2012	2:45	0,1503	31/07/2012	2:45	0,1575	01/08/2012	2:45	0,1513
28/07/2012	3:00	0,1874	29/07/2012	3:00	0,1538	30/07/2012	3:00	0,1514	31/07/2012	3:00	0,1575	01/08/2012	3:00	0,1515
28/07/2012	3:15	0,1875	29/07/2012	3:15	0,1505	30/07/2012	3:15	0,1503	31/07/2012	3:15	0,1573	01/08/2012	3:15	0,1521
28/07/2012	3:30	0,1867	29/07/2012	3:30	0,1507	30/07/2012	3:30	0,152	31/07/2012	3:30	0,1571	01/08/2012	3:30	0,1516
28/07/2012	3:45	0,1872	29/07/2012	3:45	0,155	30/07/2012	3:45	0,1531	31/07/2012	3:45	0,1571	01/08/2012	3:45	0,1515
28/07/2012	4:00	0,1877	29/07/2012	4:00	0,1538	30/07/2012	4:00	0,1506	31/07/2012	4:00	0,1569	01/08/2012	4:00	0,1512
28/07/2012	4:15	0,1874	29/07/2012	4:15	0,1521	30/07/2012	4:15	0,1534	31/07/2012	4:15	0,1567	01/08/2012	4:15	0,1511
28/07/2012	4:30	0,1864	29/07/2012	4:30	0,1509	30/07/2012	4:30	0,1503	31/07/2012	4:30	0,1565	01/08/2012	4:30	0,1519
28/07/2012	4:45	0,1864	29/07/2012	4:45	0,1506	30/07/2012	4:45	0,1507	31/07/2012	4:45	0,1564	01/08/2012	4:45	0,1521
28/07/2012	5:00	0,1858	29/07/2012	5:00	0,1503	30/07/2012	5:00	0,1512	31/07/2012	5:00	0,1565	01/08/2012	5:00	0,1515
28/07/2012	5:15	0,1842	29/07/2012	5:15	0,1503	30/07/2012	5:15	0,1543	31/07/2012	5:15	0,156	01/08/2012	5:15	0,1509
28/07/2012	5:30	0,1849	29/07/2012	5:30	0,1503	30/07/2012	5:30	0,1539	31/07/2012	5:30	0,1569	01/08/2012	5:30	0,1506
28/07/2012	5:45	0,0863	29/07/2012	5:45	0,0621	30/07/2012	5:45	0,1305	31/07/2012	5:45	0,0449	01/08/2012	5:45	0,0836
28/07/2012	6:00	0,0015	29/07/2012	6:00	0,0101	30/07/2012	6:00	0,0395	31/07/2012	6:00	0,0014	01/08/2012	6:00	0,0084
28/07/2012	6:15	0,0015	29/07/2012	6:15	0,0013	30/07/2012	6:15	0,0017	31/07/2012	6:15	0,0014	01/08/2012	6:15	0,0013
28/07/2012	6:30	0,0015	29/07/2012	6:30	0,0014	30/07/2012	6:30	0,0017	31/07/2012	6:30	0,0014	01/08/2012	6:30	0,0014
28/07/2012	6:45	0,0015	29/07/2012	6:45	0,0013	30/07/2012	6:45	0,0016	31/07/2012	6:45	0,0013	01/08/2012	6:45	0,0013
28/07/2012	7:00	0,0014	29/07/2012	7:00	0,0013	30/07/2012	7:00	0,0016	31/07/2012	7:00	0,0013	01/08/2012	7:00	0,0014
28/07/2012	7:15	0,0015	29/07/2012	7:15	0,0014	30/07/2012	7:15	0,0016	31/07/2012	7:15	0,0012	01/08/2012	7:15	0,0013
28/07/2012	7:30	0,0014	29/07/2012	7:30	0,0013	30/07/2012	7:30	0,0016	31/07/2012	7:30	0,0013	01/08/2012	7:30	0,0013
28/07/2012	7:45	0,0015	29/07/2012	7:45	0,0013	30/07/2012	7:45	0,0016	31/07/2012	7:45	0,0013	01/08/2012	7:45	0,0013
28/07/2012	8:00	0,0013	29/07/2012	8:00	0,0013	30/07/2012	8:00	0,0016	31/07/2012	8:00	0,0014	01/08/2012	8:00	0,0013
28/07/2012	8:15	0,0014	29/07/2012	8:15	0,0013	30/07/2012	8:15	0,0015	31/07/2012	8:15	0,0026	01/08/2012	8:15	0,0013
28/07/2012	8:30	0,0014	29/07/2012	8:30	0,0013	30/07/2012	8:30	0,0016	31/07/2012	8:30	0,0014	01/08/2012	8:30	0,0013
28/07/2012	8:45	0,0014	29/07/2012	8:45	0,0013	30/07/2012	8:45	0,0015	31/07/2012	8:45	0,0013	01/08/2012	8:45	0,0012
28/07/2012	9:00	0,0013	29/07/2012	9:00	0,0013	30/07/2012	9:00	0,0016	31/07/2012	9:00	0,0014	01/08/2012	9:00	0,0013
28/07/2012	9:15	0,0015	29/07/2012	9:15	0,0013	30/07/2012	9:15	0,0016	31/07/2012	9:15	0,0013	01/08/2012	9:15	0,0013
28/07/2012	9:30	0,0014	29/07/2012	9:30	0,0013	30/07/2012	9:30	0,0016	31/07/2012	9:30	0,0014	01/08/2012	9:30	0,0013
28/07/2012	9:45	0,0015	29/07/2012	9:45	0,0012	30/07/2012	9:45	0,0015	31/07/2012	9:45	0,0013	01/08/2012	9:45	0,0013
28/07/2012	10:00	0,0015	29/07/2012	10:00	0,0013	30/07/2012	10:00	0,0016	31/07/2012	10:00	0,0014	01/08/2012	10:00	0,0013
28/07/2012	10:15	0,0014	29/07/2012	10:15	0,0013	30/07/2012	10:15	0,0015	31/07/2012	10:15	0,0013	01/08/2012	10:15	0,0013
28/07/2012	10:30	0,0014	29/07/2012	10:30	0,0013	30/07/2012	10:30	0,0016	31/07/2012	10:30	0,0012	01/08/2012	10:30	0,0012
28/07/2012	10:45	0,0013	29/07/2012	10:45	0,0012	30/07/2012	10:45	0,0015	31/07/2012	10:45	0,0012	01/08/2012	10:45	0,0013
28/07/2012	11:00	0,0014	29/07/2012	11:00	0,0013	30/07/2012	11:00	0,0014	31/07/2012	11:00	0,0013	01/08/2012	11:00	0,0012
28/07/2012	11:15	0,0014	29/07/2012	11:15	0,0013	30/07/2012	11:15	0,0015	31/07/2012	11:15	0,0012	01/08/2012	11:15	0,0012
28/07/2012	11:30	0,0013	29/07/2012	11:30	0,0013	30/07/2012	11:30	0,0015	31/07/2012	11:30	0,0012	01/08/2012	11:30	0,0013
28/07/2012	11:45	0,0014	29/07/2012	11:45	0,0013	30/07/2012	11:45	0,0015	31/07/2012	11:45	0,0012	01/08/2012	11:45	0,0012
28/07/2012	12:00	0,0013	29/07/2012	12:00	0,0012	30/07/2012	12:00	0,0015	31/07/2012	12:00	0,0012	01/08/2012	12:00	0,0012
28/07/2012	12:15	0,0013	29/07/2012	12:15	0,0013	30/07/2012	12:15	0,0027	31/07/2012	12:15	0,0013	01/08/2012	12:15	0,0013
28/07/2012	12:30	0,0013	29/07/2012	12:30	0,0013	30/07/2012	12:30	0,0027	31/07/2012	12:30	0,0013	01/08/2012	12:30	0,0012
28/07/2012	12:45	0,0013	29/07/2012	12:45	0,0012	30/07/2012	12:45	0,0016	31/07/2012	12:45	0,0013	01/08/2012	12:45	0,0013
28/07/2012	13:00	0,0013	29/07/2012	13:00	0,0012	30/07/2012	13:00	0,0015	31/07/2012	13:00	0,0012	01/08/2012	13:00	0,0013
28/07/2012	13:15	0,0013	29/07/2012	13:15	0,0013	30/07/2012	13:15	0,0015	31/07/2012	13:15	0,0013	01/08/2012	13:15	0,0012
28/07/2012	13:30	0,0014	29/07/2012	13:30	0,0013	30/07/2012	13:30	0,0014	31/07/2012	13:30	0,0012	01/08/2012	13:30	0,0011
28/07/2012	13:45	0,0013	29/07/2012	13:45	0,0013	30/07/2012	13:45	0,0014	31/07/2012	13:45	0,0012	01/08/2012	13:45	0,0012
28/07/2012	14:00	0,0013	29/07/2012	14:00	0,0012	30/07/2012	14:00	0,0014	31/07/2012	14:00	0,0012	01/08/2012	14:00	0,0012
28/07/2012	14:15	0,0014	29/07/2012	14:15	0,0013	30/07/2012	14:15	0,0013	31/07/2012	14:15	0,0011	01/08/2012	14:15	0,0012
28/07/2012	14:30	0,0013	29/07/2012	14:30	0,0013	30/07/2012	14:30	0,0013	31/07/2012	14:30	0,0012	01/08/2012	14:30	0,0012
28/07/2012	14:45	0,0014	29/07/2012	14:45	0,0013	30/07/2012	14:45	0,0013	31/07/2012	14:45	0,0011	01/08/2012	14:45	0,0012
28/07/2012	15:00	0,0013	29/07/2012	15:00	0,0013	30/07/2012	15:00	0,0013	31/07/2012	15:00	0,0012	01/08/2012	15:00	0,0012
28/07/2012	15:15	0,0014	29/07/2012	15:15	0,0012	30/07/2012	15:15	0,0014	31/07/2012	15:15	0,0012	01/08/2012	15:15	0,0011
28/07/2012	15:30	0,0014	29/07/2012	15:30	0,0013	30/07/2012	15:30	0,0014	31/07/2012	15:30	0,0011	01/08/2012	15:30	0,0011
28/07/2012	15:45	0,0014	29/07/2012	15:45	0,0013	30/07/2012	15:45	0,0014	31/07/2012	15:45	0,0011	01/08/2012	15:45	0,0012
28/07/2012	16:00	0,0013	29/07/2012	16:00	0,0013	30/07/2012	16:00	0,0013	31/07/2012	16:00	0,0012	01/08/2012	16:00	0,0012
28/07/2012	16:15	0,0013	29/07/2012	16:15	0,0013	30/07/2012	16:15	0,0013	31/07/2012	16:15	0,0012	01/08/2012	16:15	0,0012
28/07/2012	16:30	0,0013	29/07/2012	16:30	0,0012	30/07/2012	16:30	0,0013	31/07/2012	16:30	0,0012	01/08/2012	16:30	0,0012
28/07/2012	16:45	0,0013	29/07/2012	16:45	0,0013	30/07/2012	16:45	0,0014	31/07/2012	16:45	0,0012	01/08/2012	16:45	0,0012
28/07/2012	17:00	0,0013												

ANEXO 2. Datos arrojados por el medidor

Date	Time	Pro medi o Pha se A har moni c curr ent	Pro medi o Pha se C har moni c curr ent	Pro medi o Pha se A 2nd har moni c curr ent	Pro medi o Pha se C 2nd har moni c curr ent	Pro medi o Pha se A 2nd har moni c volta ge	Pro medi o Pha se C 2nd har moni c volta ge	Má xim o Pha se A volt age % TH D	Má xim o Pha se C volt age % TH D	Má xim o Pha se A curr ent % TH D	Máxi mo Pha se C curr ent % THD	Prom edio Line Freq uenc y
27/07/2012	00:30	0.43	0.4308	0.0004	0.0004	0.0352	0.0352	4.1616	4.0392	59.976	60.3738	59.9874
27/07/2012	01:00	0.3852	0.3852	0.0004	0.0008	0.0352	0.0352	3.3048	3.1824	51.6528	51.3162	59.983
27/07/2012	01:30	0.378	0.3784	0.0004	0.0004	0.0352	0.0352	3.0906	3.06	50.6124	49.6944	59.9896
27/07/2012	02:00	0.3808	0.38	0.0004	0.0004	0.0352	0.0352	3.1212	2.9376	50.2452	50.337	59.9896
27/07/2012	02:30	0.378	0.3788	0.0008	0.0004	0.0352	0.0352	3.0294	2.8458	50.1228	49.6944	59.9918
27/07/2012	03:00	0.3772	0.3772	0.0008	0.0004	0.0528	0.0352	2.9988	2.8764	50.5818	50.1534	59.9852
27/07/2012	03:30	0.3772	0.3768	0.0004	0.0004	0.0352	0.0352	3.0294	2.8458	50.0616	50.1534	59.9874
27/07/2012	04:00	0.3756	0.3744	0.0008	0.0008	0.0352	0.0352	3.0294	2.8152	49.6026	49.5414	59.983
27/07/2012	04:30	0.3672	0.3664	0.0008	0.0004	0.0352	0.0352	3.06	2.8458	49.3272	49.0212	59.983
27/07/2012	05:00	0.3444	0.3444	0.0004	0.0004	0.0352	0.0528	2.7234	2.4174	46.8486	46.7568	59.9918
27/07/2012	05:30	0.3064	0.3068	0.0008	0.0008	0.0352	0.0352	2.448	2.0808	43.9722	43.911	59.983
27/07/2012	06:00	0.0712	0.0712	0.0004	0.0004	0.0352	0.0352	1.836	1.4382	38.6172	39.7188	59.9896

27/07 /2012	06:3 0	0.00 44	0.00 44	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	1.8 666	1.9 584	21. 175 2	20.9 61	60.0 006
27/07 /2012	07:0 0	0.00 32	0.00 32	0.00 04	0	0.03 52	0.03 52	1.6 83	1.7 136	20. 226 6	19.7 064	59.9 83
27/07 /2012	07:3 0	0.00 32	0.00 32	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.05 28	1.8 666	1.9 584	22. 338	21.6 342	59.9 896
27/07 /2012	08:0 0	0.00 32	0.00 32	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	2.0 196	2.1 42	22. 858 2	22.5 216	59.9 808
27/07 /2012	08:3 0	0.00 44	0.00 44	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.8 862	3.7 944	29. 376	28.7 334	59.9 808
27/07 /2012	09:0 0	0.00 44	0.00 44	0.00 04	0.00 04	0.05 28	0.03 52	3.3 048	3.3 048	27. 234	26.4 384	59.9 962
27/07 /2012	09:3 0	0.00 44	0.00 4	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.5 19	3.4 578	28. 458	27.6 624	59.9 83
27/07 /2012	10:0 0	0.00 4	0.00 4	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.1 824	3.0 906	27. 754 2	25.8 264	59.9 962
27/07 /2012	10:3 0	0.00 4	0.00 4	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.3 66	3.3 66	35. 128 8	27.0 198	59.9 918
27/07 /2012	11:0 0	0.00 4	0.00 4	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.3 966	3.3 966	27. 234	27.0 504	59.9 808
27/07 /2012	11:3 0	0.00 36	0.00 36	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.4 272	3.2 742	28. 305	1002 .670 2	59.9 874
27/07 /2012	12:0 0	0.00 44	0.00 44	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.05 28	3.7 026	3.5 19	28. 580 4	27.9 072	59.9 83
27/07 /2012	12:3 0	0.00 52	0.00 52	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.05 28	4.1 004	4.0 698	30. 936 6	30.4 776	60.0 116
27/07 /2012	13:0 0	0.00 48	0.00 48	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	4.2 534	4.2 228	31. 732 2	31.3 65	59.9 874
27/07 /2012	13:3 0	0.00 4	0.00 4	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.05 28	3.9 168	3.9 168	30. 079 8	29.6 514	59.9 918
27/07 /2012	14:0 0	0.00 44	0.00 44	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.05 28	3.9 168	3.7 944	29. 804 4	29.2 842	59.9 874
27/07 /2012	14:3 0	0.00 44	0.00 44	0.00 04	0.00 04	0.07 04	0.07 04	3.7 332	3.6 72	32. 13	30.9 672	59.9 676
27/07 /2012	15:0 0	0.00 44	0.00 44	0.00 04	0.00 04	0.07 04	0.07 04	4.1 004	3.5 496	33. 935 4	28.9 782	59.9 896

27/07 /2012	15:3 0	0.00 48	0.00 48	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.05 28	3.9 78	3.8 25	30. 936 6	30.5 694	59.9 918
27/07 /2012	16:0 0	0.00 4	0.00 4	0.00 04	0.00 04	0.07 04	0.05 28	3.4 272	3.4 272	28. 213 2	30.5 082	59.9 83
27/07 /2012	16:3 0	0.00 48	0.00 48	0.00 04	0.00 04	0.07 04	0.07 04	3.4 578	4.4 982	27. 723 6	26.8 974	59.9 808
27/07 /2012	17:0 0	0.00 36	0.00 36	0.00 04	0.00 04	0.08 8	0.05 28	3.4 272	3.3 048	26. 744 4	27.0 504	59.9 896
27/07 /2012	17:3 0	0.00 48	0.00 48	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.7 944	3.7 332	30. 355 2	29.4 678	59.9 896
27/07 /2012	18:0 0	0.00 48	0.00 48	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.7 332	3.7 332	29. 345 4	29.0 394	59.9 83
27/07 /2012	18:3 0	0.17 12	0.17 04	0.00 16	0.00 16	0.03 52	0.03 52	3.7 944	3.6 414	60. 190 2	60.4 962	59.9 786
27/07 /2012	19:0 0	0.34	0.33 96	0.00 16	0.00 16	0.03 52	0.03 52	3.6 72	3.4 578	41. 769	42.4 422	59.9 786
27/07 /2012	19:3 0	0.36 04	0.36 04	0.00 08	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.5 802	3.4 578	40. 851	40.9 122	59.9 83
27/07 /2012	20:0 0	0.35 48	0.35 4	0.00 08	0.00 12	0.03 52	0.03 52	3.9 474	3.8 25	44. 676	44.1 558	59.9 918
27/07 /2012	20:3 0	0.38 44	0.38 44	0.00 12	0.00 08	0.05 28	0.03 52	3.8 556	3.9 168	44. 400 6	44.2 17	59.9 984
27/07 /2012	21:0 0	0.37 4	0.37 44	0.00 04	0.00 08	0.03 52	0.03 52	4.0 698	4.0 392	45. 441	45.3 492	59.9 764
27/07 /2012	21:3 0	0.38 56	0.38 56	0.00 08	0.00 12	0.03 52	0.03 52	4.1 004	3.9 474	45. 777 6	45.4 41	59.9 852
27/07 /2012	22:0 0	0.40 08	0.40 16	0.00 12	0.00 12	0.03 52	0.03 52	4.1 922	4.0 392	48. 776 4	48.4 398	59.9 83
27/07 /2012	22:3 0	0.43	0.42 96	0.00 12	0.00 12	0.03 52	0.01 76	4.2 228	4.1 004	50. 153 4	49.7 862	59.9 94
27/07 /2012	23:0 0	0.44 52	0.44 48	0.00 08	0.00 08	0.03 52	0.03 52	4.1 31	3.9 168	52. 081 2	52.8 462	59.9 896
27/07 /2012	23:3 0	0.42 92	0.42 88	0.00 04	0.00 08	0.03 52	0.03 52	3.7 332	3.6 108	50. 000 4	49.4 802	59.9 896
27/07	24:0	0.38	0.38	0.00	0.00	0.03	0.03	3.3	3.0	46.	46.4	59.9

/2012	0:00	72	72	08	08	52	52	048	906	665	814	874
28/07	00:3	0.38	0.38	0.00	0.00	0.03	0.03	3.4	3.1	47.	46.7	59.9
/2012	0	6	64	08	08	52	52	578	518	154	262	874
										6		
28/07	01:0	0.37	0.37	0.00	0.00	0.03	0.03	2.9	2.7	44.	44.4	59.9
/2012	0	28	28	04	08	52	52	07	234	247	618	83
										6		
28/07	01:3	0.36	0.36	0.00	0.00	0.03	0.03	2.9	2.6	43.	44.0	59.9
/2012	0	92	84	08	08	52	52	988	928	911	946	852
28/07	02:0	0.37	0.37	0.00	0.00	0.03	0.03	2.9	2.7	44.	44.2	59.9
/2012	0	32	32	04	04	52	52	988	54	186	476	918
										4		
28/07	02:3	0.37	0.37	0.00	0.00	0.03	0.03	2.9	2.7	46.	44.6	59.9
/2012	0	28	2	04	04	52	52	376	234	083	76	94
										6		
28/07	03:0	0.37	0.37	0.00	0.00	0.03	0.03	2.9	2.7	44.	44.3	59.9
/2012	0	28	28	08	08	52	52	682	234	308	088	852
										8		
28/07	03:3	0.36	0.36	0.00	0.00	0.03	0.03	3.0	2.7	44.	44.4	59.9
/2012	0	64	68	04	08	52	52	6	846	308	924	83
										8		
28/07	04:0	0.36	0.36	0.00	0.00	0.03	0.03	2.9	2.5	43.	42.9	59.9
/2012	0	2	2	08	08	52	52	07	704	299	93	896
28/07	04:3	0.35	0.35	0.00	0.00	0.03	0.03	2.8	2.5	42.	42.7	59.9
/2012	0	92	96	08	08	52	52	152	398	717	788	918
										6		
28/07	05:0	0.35	0.35	0.00	0.00	0.03	0.03	2.7	2.5	42.	42.1	59.9
/2012	0	2	24	08	04	52	52	234	092	228	056	83
28/07	05:3	0.33	0.33	0.00	0.00	0.03	0.03	2.6	2.1	40.	40.7	59.9
/2012	0	76	72	08	04	52	52	01	726	820	898	94
										4		
28/07	06:0	0.07	0.07	0.00	0.00	0.03	0.03	2.2	2.0	43.	40.5	59.9
/2012	0	76	72	04	04	52	52	95	808	635	144	852
										6		
28/07	06:3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	1.7	1.4	21.	20.0	59.9
/2012	0	32	32	04	04	52	52	136	994	022	736	852
										2		
28/07	07:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	2.2	2.1	22.	22.4	59.9
/2012	0	36	36	04	04	52	52	95	726	95	298	83
28/07	07:3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	2.7	2.6	25.	24.0	59.9
/2012	0	4	4	04	04	52	52	54	316	367	21	896
										4		
28/07	08:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	2.9	2.7	26.	25.6	59.9
/2012	0	4	4	04	04	52	52	07	846	744	734	896
										4		
28/07	08:3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	3.3	3.1	27.	26.5	59.9
/2012	0	44	44	04	04	52	52	354	212	693	608	808
28/07	09:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	2.3	2.2	23.	22.7	59.9

/2012	0	36	36	04	04	52	52	256	032	531 4	052	918
28/07 /2012	09:3 0	0.00 48	0.00 48	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.6 414	3.6 414	28. 855 8	27.7 848	59.9 852
28/07 /2012	10:0 0	0.00 48	0.00 48	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.5 802	3.6 108	28. 427 4	27.7 848	59.9 83
28/07 /2012	10:3 0	0.00 48	0.00 48	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.6 414	3.6 108	28. 213 2	26.9 586	59.9 94
28/07 /2012	11:0 0	0.00 4	0.00 4	0.00 04	0.00 04	0.07 04	0.08 8	3.3 66	3.3 66	27. 815 4	28.2 132	59.9 94
28/07 /2012	11:3 0	0.00 44	0.00 44	0.00 04	0.00 04	0.05 28	0.07 04	3.6 108	3.5 802	28. 274 4	27.1 422	59.9 83
28/07 /2012	12:0 0	0.00 44	0.00 44	0.00 04	0.00 04	0.07 04	0.08 8	3.3 354	3.3 354	29. 529	27.8 154	59.9 962
28/07 /2012	12:3 0	0.00 44	0.00 44	0.00 04	0.00 04	0.08 8	0.08 8	3.6 414	3.5 496	27. 387	28.6 11	59.9 874
28/07 /2012	13:0 0	0.00 48	0.00 48	0.00 04	0.00 04	0.07 04	0.08 8	4.1 004	3.9 168	30. 569 4	29.0 088	59.9 94
28/07 /2012	13:3 0	0.00 52	0.00 52	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.05 28	4.0 698	4.0 698	30. 691 8	29.8 044	59.9 918
28/07 /2012	14:0 0	0.00 52	0.00 52	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	4.1 31	4.1 004	30. 783 6	30.1 716	59.9 94
28/07 /2012	14:3 0	0.00 52	0.00 52	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	4.3 758	4.3 146	32. 068 8	30.9 366	59.9 83
28/07 /2012	15:0 0	0.00 52	0.00 52	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	4.1 004	4.0 086	30. 324 6	29.8 044	59.9 94
28/07 /2012	15:3 0	0.00 52	0.00 52	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	4.0 392	4.0 392	30. 508 2	30.2 634	59.9 918
28/07 /2012	16:0 0	0.00 52	0.00 52	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	4.0 698	4.0 086	31. 456 8	30.0 186	60.0 138
28/07 /2012	16:3 0	0.00 52	0.00 52	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.9 168	3.8 25	30. 141	29.3 454	59.9 896
28/07 /2012	17:0 0	0.00 52	0.00 52	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.01 76	3.8 556	3.9 168	29. 773 8	29.8 656	60.0 05
28/07	17:3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	3.7	3.7	29.	28.6	60.0

/2012	0	48	48	04	04	52	76	332	332	345 4	416	028
28/07 /2012	18:0 0	0.00 48	0.00 48	0.00 04	0.00 04	0.03 52	0.03 52	3.6 414	3.5 496	28. 396 8	27.8 46	59.9 852
28/07 /2012	18:3 0	0.12 08	0.12 08	0.00 12	0.00 12	0.03 52	0.01 76	3.7 944	3.7 944	56. 334 6	55.0 494	59.9 808
28/07 /2012	19:0 0	0.33 56	0.33 56	0.00 08	0.00 08	0.03 52	0.03 52	3.5 496	3.5 496	42. 166 8	42.1 362	59.9 786
28/07 /2012	19:3 0	0.33 88	0.33 8	0.00 08	0.00 08	0.03 52	0.03 52	3.4 578	3.4 578	39. 78	39.9 33	59.9 896
28/07 /2012	20:0 0	0.35 32	0.35 28	0.00 08	0.00 12	0.03 52	0.03 52	3.4 884	3.6 108	42. 075	41.9 22	59.9 896
28/07 /2012	20:3 0	0.35	0.35 08	0.00 16	0.00 2	0.03 52	0.01 76	3.4 884	3.5 496	44. 706 6	44.7 066	59.9 896
28/07 /2012	21:0 0	0.37 12	0.37 16	0.00 24	0.00 28	0.03 52	0.03 52	3.7 638	3.8 25	57. 069	57.1 302	59.9 94
28/07 /2012	21:3 0	0.40 12	0.40 12	0.00 32	0.00 32	0.03 52	0.03 52	3.9 474	4.0 086	62. 883	63.4 032	59.9 94
28/07 /2012	22:0 0	0.4	0.39 96	0.00 28	0.00 32	0.03 52	0.03 52	3.8 25	3.6 414	61. 2	61.5 672	59.9 94
28/07 /2012	22:3 0	0.41 28	0.41 28	0.00 32	0.00 32	0.03 52	0.03 52	3.8 25	3.6 108	63. 097 2	62.8 218	59.9 852
28/07 /2012	23:0 0	0.42 28	0.42 24	0.00 28	0.00 28	0.03 52	0.05 28	3.9 168	3.6 414	64. 810 8	65.4 228	60.0 006
28/07 /2012	23:3 0	0.39 12	0.39 12	0.00 28	0.00 28	0.03 52	0.03 52	3.7 026	3.3 66	62. 668 8	62.7 3	59.9 808
28/07 /2012	24:0 0:00	0.39 28	0.39 28	0.00 24	0.00 28	0.03 52	0.03 52	3.3 048	3.1 212	60. 282	60.4 35	59.9 874

Fuente: Electrificadora de Santander