

**MODELO PARA EL ANALISIS ADMINISTRATIVO, TECNICO Y  
ECONOMICO DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PUBLICO MUNICIPAL  
CASO MUNICIPIO DE CARTAGENA**

**JORGE ALEJANDRO MEJIA GARCIA**

**ERIKA MARIA SALDARRIAGA NUÑEZ**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**CARTAGENA D.T. y C.**

**2000**

**MODELO PARA EL ANALISIS ADMINISTRATIVO, TECNICO Y  
ECONOMICO DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PUBLICO MUNICIPAL  
CASO MUNICIPIO DE CARTAGENA**

**JORGE ALEJANDRO MEJIA GARCIA**

**ERIKA MARIA SALDARRIAGA NUÑEZ**

**Tesis de grado presentado como requisito  
para el título de Ingenieros Industriales**

**Director  
RAUL PADRON  
Ingeniero Industrial**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**CARTAGENA D.T. Y C.**

**2000**

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Cartagena, Enero del 2000

## **ARTICULO 105**

**La Institución se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los Trabajos de Grado aprobados, los cuales no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	
1. PARAMETROS TECNICOS SOBRE ILUMINACION	1
1.1 DEFINICIONES	1
1.1.1 Servicio de Alumbrado Público.	1
1.1.2 Mantenimiento.	2
1.1.3 Expansión	2
1.1.4 Servicio Público Domiciliario de Energía Eléctrica.	2
1.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE ILUMINACION	2
1.2.1 Eficiencia de una fuente luminosa.	3
1.2.2 Iluminancia.	3
1.2.3 Iluminancia promedio.	3
1.2.4 Vida o duración.	3
1.2.5 Índice de Rendimiento de Color (IRC).	4
1.2.6 Tipos de lámparas.	4
2. ANALISIS Y EVALUACION DE LAS VENTAJAS ECONOMICAS DE LA INCLUSION DE EQUIPOS EFICIENTES EN ALUMBRADO PUBLICO	6
2.1 ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL LOGRO DE AHORRO DE ENERGIA Y DE COSTOS EN UN SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO	6
2.2 MANTENIMIENTO	7

2.3 ANALISIS Y EVALUACION TECNICA	7
2.3.1 Comparación general de las fuentes de luz en el mercado.	7
2.3.2 Factor de Eficiencia e Índice de Reproducción Cromática.	8
2.4 ANALISIS Y EVALUACION ECONOMICA	10
2.4.1 Consumo de energía.	10
2.4.2 Costos de mantenimiento y operación	12
2.5 RESULTADO DEL ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO	13
3. MARCO LEGAL	15
3.1 OBLIGACIONES, DERECHOS Y DEBERES DEL MUNICIPIO	15
3.2 DEFINICIONES Y PRECISIONES LEGALES PARA EL ALUMBRADO PUBLICO	15
3.2.1 Sitio de entrega de la energía.	15
3.2.2 Mecanismo de Recaudo.	16
3.3 MARCO LEGAL REGULATORIO	16
3.3.1 Decreto 2119/92.	17
3.3.2 Ley 80 estatuto de contratación de la Administración Pública.	17
3.3.3 Ley 286.	17
3.3.4 Resolución 043 de la CREG de 1995.	17
3.3.5 Resolución 81132.	17
3.4 ACUERDO DE TARIFAS	18
3.5 DISEÑO DE FORMATOS PARA LA RECOPIACION DE INFORMACION	18
4. TAMAÑO Y LOCALIZACION	20
4.1 PARAMETROS DE UTILIZACION	20
4.2 PARAMETRO DE ESTANDARIZACION	20
4.3 COSTO DE LA ENERGIA CON BASE EN EL NÚMERO Y TIPO DE LUMINARIAS	21
4.4 CENSO DE LUMINARIAS	21

4.5 MAQUINARIA Y EQUIPOS NECESARIOS	22
4.5.1 Clase de vehículos.	22
4.5.2 Clase de maquinarias.	23
4.6 PERSONAL	24
4.6.1 Personal operativo.	24
4.6.2 Personal administrativo.	25
4.7 INVERSION INICIAL	26
4.8 DEMANDA FUTURA	27
5. DISEÑO DE HOJA DE CALCULO PARA PROYECTAR LOS COSTOS DEL <b>ALUMBRADO PUBLICO EN EL MUNICIPIO DE CARTAGENA</b>	28
5.1 INGRESOS	28
5.1.1 Facturación.	29
5.1.2 Descripción del Cuadro de Facturación. se incremento en un 16%.	30
5.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO, OPERACIÓN Y EXPANSIÓN	36
5.2.1 Costos de Personal.	36
5.2.2 Costos del Mantenimiento de los Equipos Operativos	38
5.2.3 Costos de los Equipos de Oficina.	38
5.2.4 Gastos fijos mensuales	39
5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS CUADROS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN	39
5.3.1 Cuadro de Personal	39
5.3.2 Cuadro de Costo de Mantenimiento Equipos Operativos.	43
5.3.3 Cuadro de Costo de los Equipos de Oficina.	45
5.3.4 Cuadro de los Gastos fijos Mensuales.	47
5.3.5 Cuadro de los Costos y Gastos Mensuales de Funcionamiento.	49
5.4 VALOR DE LOS EQUIPOS OPERATIVOS	51

5.4.1 Descripción del Cuadro Valor de Equipos Operativos.	52
5.5 PROGRAMA DE REPOTENCIACION	54
5.5.1 Costos de la Repotenciación.	55
5.5.2 Cronograma de la Repotenciación.	56
5.5.3 Descripción de los Cuadros de Re potenciación.	56
5.5.3.1 Cuadros de Costos de Materiales y Mano de Obra de la Repotenciación.	57
5.5.3.2 Cuadro del Censo de Luminarias	65
5.5.3.3 Descripción de los Cuadros del Cronograma de Repotenciación.	68
5.6 PROGRAMA DE SUSTITUCION.	79
5.6.1 Descripción de los Cuadros de Reposición.	100
5.6.1.1 Cuadro de Reposición de Referencia.	101
5.6.1.2 Cuadro del Cronograma de Reposición	102
6. REQUERIMIENTOS FINANCIEROS Y OPERATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACION DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PUBLICO	104
6.1 COSTO DE LA ENERGÍA	105
6.1.1 Comercialización de la Energía en Colombia	106
6.1.2 Compra de Energía	107
6.1.3 Medición de la Energía Consumida.	108
6.1.4 Cantidad de Energía consumida mensualmente.	108
6.2 INVERSIONES EN LA REPOSICIÓN	110
6.3 INVERSIONES EN MANTENIMIENTO	111
6.4 COSTOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	112
6.5 COSTO DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	112
6.6 COSTO DE PERSONAL	113
6.7 COSTOS OCASIONALES	113

6.8 OTROS COSTOS	114
6.9 FLUJO DE EFECTIVO	114
6.10 SERVICIO DE LA DEUDA	124
7. MODELO PARA LA VALORACION Y ANALISIS DE LOS INGRESOS Y EGRESOS POR <b>CONCEPTO DE ALUMBRADO PUBLICO</b>	125
7.1 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	125
7.1.1 Ingresos	125
7.1.2 Egresos.	126
7.2 ESTADO DE RESULTADOS	131
7.3 BALANCE GENERAL	131
7.4 MODELO PARA EL CALCULO DE LA TARIFA	131
7.4.1 Tarifa mensual autosuficiente	132
7.4.2 Tarifa mínima mensual	132
7.4.3 Tarifa mixta mensual	133
7.4.4 Tasa interna de retorno	133
7.4.5 Distribución de la tarifa	133
7.4.6 Incremento de la tarifa	135
7.4.7 Cuadro de calculo de la tarifa	135
8. GUIA EXPLICATIVA DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PUBLICO	141
9. CONCLUSIONES	145
10. RECOMENDACIONES	147
BIBLIOGRAFIA	149
ANEXOS	150

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Comparación de luminarias que se encuentran en los mercados de iluminación pública.	8
Cuadro 2. Eficiencia luminosa e irc de las bombillas.	9
Cuadro 3. Comparación de costos entre fuentes luminosas para alumbrado público.	11
Cuadro 4. Comparación de costos fuentes luminosas del mercado.	12
Cuadro 5. Facturación de alumbrado público Cartagena D.T.C.	34
Cuadro 6. Facturación de alumbrado público corregimientos.	35
Cuadro 7. Personal administrativo.	41
Cuadro 8. Personal operativo.	42
Cuadro 9. Mantenimiento de equipos operativos.	44
Cuadro 10. Equipos de oficina.	46
Cuadro 11. Gastos fijos mensuales.	48
Cuadro 12. Costos mensuales de funcionamiento.	50
Cuadro 13. Costos de equipos operativos y accesorios	53

Cuadro 14. Análisis del costo de materiales de repotenciación.	58
Cuadro 15. Análisis costo mano de obra instalación y retiro de luminarias.	63
Cuadro 16. Censo de luminarias y costo de la energía del alumbrado público para el Municipio de Cartagena.	66
Cuadro 17. Programa de repotenciación alumbrado público, municipio de Cartagena.	70
Cuadro 18. Programa de sustitución alumbrado público municipio de Cartagena, costo de reposición mensual.	82
Cuadro 19. Flujo de caja del proyecto alumbrado público.	127
Cuadro 20. Calculo de la tarifa	137
Cuadro 21. Programa de inversión alumbrado público resumen mensual.	138

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Tasas de interés nominal otorgadas por fen línea de crédito directo para el sector energético.	117
Tabla 2. Variables.	118
Tabla 3. Vida útil de materiales.	120
Tabla 4. Vida útil de equipos.	121
Tabla 5. Vida útil maquinaria.	122
Tabla 6. Vida útil herramientas.	123

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Censo de luminarias alumbrado público.	150
Anexo B. Estratificación y tarifas.	151
Anexo C. Estratificación y tarifas mínimas adecuadas.	152
Anexo D. Censo de facturación, recaudo y otros índices.	153
Anexo E. Estado de resultados.	154
Anexo F. Balance general.	158

## INTRODUCCION

El propósito del gobierno nacional dentro del **PLAN NACIONAL PARA EL USO RACIONAL DE LA ENERGIA** de marzo de 1995, a través del Instituto Nacional de Energía Alternativa "INEA", expidió la directiva nacional: **PLAN DE REDUCCION DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN ALUMBRADO PUBLICO**. En ella se instruía a los Municipios y a las empresas de energía para establecer un programa a tres años, orientado a reemplazar un millón doscientos cincuenta mil puntos luminosos (1'250.000), de mercurio por bombillería de sodio alta presión. Este programa pretendía reducir la potencia instalada en todos los sistemas de alumbrado público del país de doscientos cinco (205) a ciento veintidós (122 MW) mega vatios, con un ahorro de energía de 366 (trescientos sesenta y seis) giga vatios hora por año. Este objetivo inicialmente propuesto no se cumplió por el desconocimiento del nuevo marco regulatorio expedido mediante la resolución 043 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas "CREG".

En octubre de 1995 la CREG produjo la resolución 043 por la cual se asignaba a los municipios la responsabilidad de la administración del servicio de alumbrado público, definiendo el alcance del mismo, especificando los deberes y obligaciones que tienen los entes territoriales locales, así como todos los componentes que constituyen la prestación integral de dicho servicio, y las etapas a desarrollar para entrar a manejar de forma directa o indirecta el alumbrado público en cada localidad, con énfasis en particular de "velar por la incorporación de los avances tecnológicos que permitan hacer un uso más eficiente de la energía eléctrica".

Esta resolución establecía un plazo máximo hasta junio de 1996, para que los alcaldes, emprendieran las acciones necesarias para cumplir con lo ordenado en la resolución.

Conciente el Gobierno Nacional de la difícil situación financiera que atraviesan los Municipios, les da mecanismos para que estos contraten la prestación del servicio con un particular mediante el sistema de concesión, lo anterior plantea una serie de dudas e inquietudes de cómo llevar a cabo este proceso de forma que se alcancen los objetivos propuestos inicialmente, para aclarar y dar una visión de lo que es la prestación del servicio de alumbrado público, este trabajo pretende dar claridad sobre la prestación del alumbrado, mediante la elaboración de una guía sobre el procedimiento y etapas administrativas para la prestación del servicio y elaborar una hoja de cálculo donde se determinan los costos de la prestación del mismo con proyecciones financieras de tal manera que puede ser utilizado por cualquier municipio para determinar los costos del servicio.

## 9. CONCLUSIONES

El alumbrado público es un servicio de beneficio general que tiene una serie de características que lo vuelven particular de tal manera que es responsabilidad de los municipios la prestación del mismo.

Los Municipios no están preparados técnica, ni económicamente para prestar el servicio de alumbrado público, por ello deben contratar mediante el sistema de concesión la prestación del mismo con un particular, que se encargue de realizar las inversiones y de efectuar la operación y el mantenimiento.

Lo primero que se debe conocer en materia de alumbrado público, son todas las definiciones y aspectos del servicio, para lo cual es necesario tener unas nociones básicas sobre iluminación que permiten establecer, los criterios técnicos necesarios para efectuar análisis y evaluaciones que permitan plantear una base sobre la cual se monte toda la estructura del servicio, la cual debe descansar sobre una base jurídica establecida en todo el marco legal regulatorio.

Es necesario determinar todos los costos que se describen de la prestación del servicio, con el fin de calcular el costo total del mismo, para lo cual es necesario conocer cada una de las etapas que tienen, la duración de las mismas y los mecanismos que se deben emplear para prestar un óptimo servicio, teniendo en cuenta criterios técnicos, financieros y jurídicos.

Una vez conocidos los costos del servicio en su totalidad, se plantean los requerimientos financieros necesarios para darle viabilidad financiera al proyecto. Siendo la mejor forma de plantearlo la elaboración de un modelo del mismo, en una hoja de cálculo de tal manera que se puedan plantear diversos escenarios, donde se valoran posibles acciones o planteamientos, con

el fin de dar la mejor solución posible al problema de la prestación del servicio de alumbrado público.

Para garantizar la continuidad de la prestación del alumbrado público, se debe establecer una tarifa que permita solventar todos los costos que se originan de la prestación del mismo, de tal manera que se garantice un excelente servicio con el menor costo posible, adicionalmente para fijar una tarifa lógica y viable se debe analizar la capacidad de pago de los usuarios, de tal forma que tenga la menor incidencia posible sobre ellos garantizando un buen recaudo.

La mejor manera de comprender en conjunto la prestación del servicio de alumbrado público, es mediante esquemas sencillos que abarquen en forma general todos los aspectos del mismo, con el fin de dar una visión adecuada de los pasos a seguir, de manera tal que se puedan lograr los objetivos planteados inicialmente.

## 10. RECOMENDACIONES

Se debe realizar un diagnóstico de la situación actual, que incluya todos los aspectos relacionados con la prestación del servicio. Para ello es necesario la recopilación de la información, que permita la realización de una evaluación técnica y financiera, a partir de ahí, es necesario establecer una visión de la prestación del servicio, con objetivos generales y particulares, de donde debe partir la elaboración de un plan estratégico cuyo fin debe ser prestar un servicio eficiente y confiable.

Es necesario la elaboración de un censo del sistema de alumbrado público donde se especifique: el número de luminarias, el tipo de luminarias, la potencia consumida por el sistema, adicional a lo anterior se debe incluir en el todos los elementos de la red que sean de uso exclusivo del alumbrado público.

Con base en el inventario, se evalúa la eficiencia del sistema y se realiza un estimativo de las obras a realizar, de donde se sacan los presupuestos de: expansión, repotenciación, mantenimiento, operación y el costo de la energía.

Se deben recopilar los datos de facturación y recaudo del impuesto del alumbrado público especificando la siguiente información: número de usuarios por estrato, y por sector, tarifa por estrato y por sector, porcentaje de recaudo sobre la facturación, esta información se debe analizar, mes por mes, de los últimos cuatro años.

Para la realización de la evaluación financiera del servicio, es necesario tener como base los presupuestos, que se obtienen de la realización del inventario y del análisis de la tarifa.

Es pertinente analizar el convenio de facturación y recaudo con la empresa electrificadora local, si este no existe se debe firmar uno donde se especifique: el costo por facturación, el costo por recaudo, el costo de recuperación de la cartera vencida, y la forma en que se trasladaran esos recursos.

Para la elaboración de los presupuestos de obra se debe comparar el censo de luminarias actual (real), con lo que teóricamente debería estar instalado teniendo como referencia, el plan de reducción del consumo de energía eléctrica en el alumbrado público trazado por el Ministerio de Minas y Energía, para lo cual es necesario la elaboración de un censo del sistema de alumbrado público, que contenga el número, el tipo y la ubicación de las luminarias, así como los demás elementos que constituyan la red de uso exclusivo del alumbrado público.

## BIBLIOGRAFIA

AGUDELO LOPEZ, Sebastián. Modelo de proyectos de inversión. Santa Fe de Bogotá. 1995.

CHIAVENATO, Idalberto. Introducción a la teoría general de la administración, Cuarta edición, Editorial Mc Graw Hill, 1997.

Constitución política Nacional de 1991.

FABRICA ELECTRONICA JOSA, S.A. Catálogo de iluminación BJC. Entre usted y la energía.

GARCIA S, Oscar León, Administración Financiera, Fundamentos y Aplicaciones. Cali-Colombia.

GUTIERREZ MARULANDA, Luis Fernando. Finanzas prácticas para países en desarrollo.

ILUMINACION. Construdata información para la construcción. Agosto-Septiembre 1997.

INDALUX. Catálogo general 94/96. Alumbrado técnico

INEA. Guía de procedimientos para municipalidades. Versión No.3, Enero de 1997.

Ley 1420 de 1994.

Ley 143 de 1994.

Ley 226 de 1995.

Ley 286 de 1996-09-25.

Ley 80 de 1993.

ORTIZ ANAYA, Héctor. Flujo de caja y proyecciones financieras. Universidad Externado de Colombia 1997.

SAPAG CHAIN, Nasir. Criterios de Evaluación de Proyectos 1996.

Régimen de servicios públicos domiciliarios.

VILLALOBOS F, Nelson. Manual de Alumbrado Público. Empresa de Energía de Bogota.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo consiste en la elaboración de un análisis administrativo, técnico y financiero del servicio de alumbrado público tomando como modelo la ciudad de Cartagena, pero con la finalidad de que se pueda utilizar para cualquier municipio.

La metodología empleada fue una recolección de información primaria y secundaria, con la cual se desarrollan los análisis del proyecto antes mencionados (administrativo, técnico y financiero), donde se tiene en cuenta todas las diferentes variables tales como: parametros tecnicos, el marco legal, la tarifa, maquinaria, equipos, prestamo, capital, aporte de los socios, etc., que pueden afectar directa o indirectamente con el buen desempeño y prestación del servicio.

El resultado de todo este trabajo resultado se plasmara en una hoja de calculo, que permitirá analizar la situación actual del alumbrado público y las posibles propuestas que se presenten antes de dar en concesión el servicio de alumbrado público, para garantizar que este sea auto sostenible.

## **1. PARAMETROS TECNICOS SOBRE ILUMINACION**

El mundo de la iluminación ha sufrido en los últimos años un proceso de evolución continua, fundamentalmente por investigaciones y experiencias efectuadas tanto en los laboratorios como en instalaciones reales de campo.

Por todo ello, ha de hacerse un esfuerzo en adecuar la información técnica dirigida a los usuarios y profesionales relacionados con la prestación del servicio del alumbrado público, presentando las innovaciones y la información de la forma más clara posible.

En el presente capítulo se intentará llevar a cabo, de forma breve y comprensible, una exposición de temas que hemos creído de interés y que esperamos puedan servir para actualizar e informar a las personas interesadas en desarrollar proyectos de alumbrado público.

## **1.1 DEFINICIONES**

**1.1.1 Servicio de Alumbrado Público.** Es el servicio público consistente en la iluminación de las vías públicas, parques públicos, y demás espacios de libre circulación que no se encuentren a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público, diferente del Municipio, con el objeto de proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades tanto vehiculares como peatonales. También se incluirán los sistemas de semaforización y relojes electrónicos instalados por el Municipio: Por vías públicas se entienden los senderos peatonales y públicos, calles y avenidas de tránsito vehicular.

**1.1.2 Mantenimiento.** Es la revisión y reparación periódica de todos los dispositivos y redes involucrados en el servicio de alumbrado público, de tal manera que pueda garantizarse a la comunidad un servicio eficiente y eficaz.

**1.1.3 Expansión.** *Es la extensión de nuevas redes y transformadores exclusivos de alumbrado público por el desarrollo vial o urbanístico del Municipio o por el redimensionamiento del sistema existente.*

**1.1.4 Servicio Público Domiciliario de Energía Eléctrica.** Es el transporte de energía eléctrica desde las redes regionales de transmisión hasta el domicilio del usuario final, incluida su conexión y medición.

## **1.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE ILUMINACION**

A continuación se describen los conceptos más utilizados en iluminación, los cuales son básicos para el diseño de un sistema de alumbrado público, y es necesaria su comprensión para el análisis del proyecto, teniendo en cuenta que la base del mismo se encuentra en la disminución del consumo de energía, cambiando el tipo de iluminación que se utiliza mediante la selección de otras fuentes de luz más eficientes, comparando aspectos técnicos y económicos, por lo tanto es fundamental entender ciertos criterios técnicos que se deben utilizar para seleccionar la mejor alternativa desde el punto de vista técnico.

1.2.1 Eficiencia de una fuente luminosa. Relación entre el flujo luminoso total emitido y la potencia total absorbida por la fuente. La eficiencia de una fuente se expresa en lúmenes por vatio (Lumen/vatio).

1.2.2 Iluminancia. Es la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie (cociente entre el flujo luminoso y el área de la superficie). Su unidad es el Lux.

1.2.3 Iluminancia promedio. Es el promedio de las iluminancias obtenidas en el centro de superficies elementales que componen la superficie considerada.

1.2.4 Vida o duración. Es el tiempo, medio en horas de funcionamiento, que transcurre hasta que una fuente de luz es considerada inútil según un determinado criterio. En general, se define dos tipos de duración:

Vida media: Se considera que la fuente de luz es inútil cuando deja de funcionar. La vida media se determina mediante ensayos de duración, por lotes de lámparas, asignando el valor de vida media del número de horas de funcionamiento hasta que ha producido el 50% de fallos en el lote.

Vida útil: Se considera que la fuente de luz es inútil cuando, a pesar de seguir en funcionamiento, no satisface algún requisito de prestaciones, como por ejemplo el mantenimiento de un nivel determinado de flujo luminoso.

En la práctica, los fabricantes de lámparas suelen ofrecer datos de vida útil referida al número de horas de funcionamiento, hasta que el flujo luminoso emitido por la lámpara se reduce al 80 % de su valor inicial.

**1.2.5 Índice de Rendimiento de Color (IRC).** El índice de reproducción cromática (irc), caracteriza la capacidad de reproducción cromática de los objetos iluminados con una fuente de luz, el IRC ofrece una indicación de la capacidad de la fuente de luz para reproducir colores normalizados, en comparación con la reproducción proporcionada por una luz patrón de referencia.

Convencionalmente el IRC varía entre 0 y 100, pero no es un porcentaje de fiabilidad de reproducción de cada uno de los colores, sino una cifra de mérito global que se obtiene como promedio de las reproducciones efectuadas de los colores de la muestra. Así, por ejemplo, dos lámparas de descarga pueden tener un mismo IRC, y sin embargo reproducir de modo muy distinto un determinado color.

1.2.6 Tipos de lámparas. Se ofrece en primer lugar, una clasificación general de las fuentes de luz existentes. Los tipos fundamentales de fuentes de luz son la incandescencia y la descarga.

- Lámparas Incandescentes:

- Incandescentes convencionales
- Incandescentes halógenas

- Lámparas de descarga:

- Fluorescentes
- Vapor de mercurio alta presión
- Luz mezcla
- Halogenuros metálicos
- Vapor de sodio baja presión
- Vapor de sodio alta presión

## 2. ANALISIS Y EVALUACION DE LAS VENTAJAS ECONOMICAS DE LA INCLUSION DE EQUIPOS EFICIENTES EN ALUMBRADO PUBLICO

### 2.1 ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL LOGRO DE AHORRO DE ENERGIA Y DE COSTOS EN UN SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO

Los factores que juegan un importante papel en el uso eficiente de la energía y por lo tanto ocasionan menores costos en un sistema de alumbrado publico son:

- Tipo de lámparas y de luminarias
- Tipo de postes y de disposición de los mismos
- Tipo de control empleado
- Tipo de control de la luz
- Propiedades de reflexión de la superficie del camino
- Ubicación de los cables de suministro de energía
- Programas de mantenimiento

Una combinación de un alto rendimiento inferior de la luminaria, con una buena distribución de la luz, es la forma más significativa de mantener el consumo de energía y los costos al mínimo.

## 2.2 MANTENIMIENTO

Se considera que una instalación de alumbrado público funcionará eficientemente siempre y cuando reciba un buen mantenimiento. El factor o grado de mantenimiento de las luminarias y proyectos depende de su grado de protección (Ip) y de la categoría de polución del sitio de instalación. Es necesario considerar el empleo de luminarias con sistemas ópticos bien protegidos contra la suciedad.

## 2.3 ANALISIS Y EVALUACION TECNICA

2.3.1 Comparación general de las fuentes de luz en el mercado. En el Cuadro 1, que se muestra a continuación, se presenta un análisis comparativo de los consumos de energía y los costos operacionales para diferentes bombillas, que tienen la misma capacidad lumínica, en este Cuadro 1 se analizan diversas fuentes de luz desde el punto de vista técnico.

**Cuadro 1 Comparación de luminarias que se encuentran en los  
mercados de iluminación pública**

CARACTERISTICAS	TIPOS DE FUENTES DE LUZ			
	INCANDESCENTES	MERCURIOS	SODIO ALTA PRESION	SODIO BAJA PRESION
POTENCIA BOMBILLA (W)	300 W	125 W	70 W	36 W
POTENCIA BALASTO (W)	0 W	12 W	11 W	12 W
FLUJO (lúmenes)	5.300	6.300	5.800	5.700
EFICIENCIA (LUMEN / W) ( bombilla + balasto)	18	46	72	119
CONSUMO DE ENERGIA ( en KW/ h por año)	1314	600	355	210
DURACION BOMBILLA ( horas de funcionamiento)	1080	10950	10950	8760

Fuente: Guía de procedimientos de alumbrado público para municipalidades INEA.

2.3.2. Factor de Eficiencia e Índice de Reproducción Cromática. Estos dos factores técnicos determinan la utilización o no de las diversas fuentes de luz artificial, ya que entregan criterios de eficiencia y calidad en la reproducción de imágenes.

## Cuadro 2 Eficiencia luminosa e irc de las bombillas

TIPO DE FUENTE LUZ	<i>IRC</i>	<i>LUMENES/VATIO</i>
INCANDESCENTE	80	22
INCANDESCENTE-HALOGENO	100	27
FLUORESCENTE	74	104
MERCURIO ALTA PRESION	32	63
METAL HALITE	60	94
SODIO ALTA PRESION	44	123
SODIO BAJA PRESION	5	200

Fuente: Guía de procedimientos de alumbrado público para municipalidades INEA.

Quiere decir que la bombilla de mercurio produce 2.8 veces más luz por unidad de energía consumida que la incandescente; la de sodio a alta presión 5.6 veces más y la de sodio a baja presión nueve (9) veces más.

Como se observa en el Cuadro 1 de equivalencias, el único parámetro de comparación de estas fuentes luminosas es la eficiencia, ya que es el resultado de dividir el número de lúmenes por la potencia de la fuente luminosa, y se concluye que las luminarias de sodio de alta y baja presión son mucho más eficientes que otro tipo de luminarias, obteniendo un mayor flujo de iluminación con el mismo consumo de energía.

El IRC es un factor muy importante, ya que determina el aspecto cromático que presentan los cuerpos, al ser iluminados con una fuente de luz. En el Cuadro 2 se observa que el IRC del sodio a baja presión es casi cero, es decir, no reproduce los colores presentado un aspecto mono cromático, lo cual constituye un factor fundamental para descartar este tipo de iluminación en la vía pública.

## 2.4 ANALISIS Y EVALUACION ECONOMICA

En el análisis económico se parte de aspectos técnicos que representen diferencias de costos considerables que marquen pautas definitivas para efectuar la selección.

2.4.1 Consumo de energía. Indica la proporción de consumo en términos de kilo vatios hora (Kw/h) refiriéndonos a la bombilla de sodio baja presión, que presenta el menor nivel de consumo. Quiere decir que la bombilla de sodio alta presión consume 1.6 veces más que la de baja presión, y la incandescente llega a consumir 9 veces más, para obtener el mismo flujo de luz. Lo cual se traduce en pesos por kilo vatio hora como se muestra en el Cuadro 3, donde se efectúa una comparación por el número de lúmenes (5000 lúmenes), y se calcula el costo anual de la energía, tomando el kilo vatio hora a cien (\$100) pesos.

**Cuadro 3 Comparación de costos entre fuentes luminosas para  
alumbrado publico**

TIPO DE FUENTE LUZ	Cantidad de vatios para producir 5000 lúmenes	No. Kw/h Por año	Costo de Energía
INCANDESCENTE	227	994	\$ 99.400
INCANDESCENTE- HALOGENO	185	810	\$ 81.000
FLUORESCENTE	48	210	\$ 21.000
MERCURIO ALTA PRESION	79	346	\$ 34.600
METAL HALITE	53	232	\$ 23.200
SODIO ALTA PRESION	41	179	\$ 17.900
SODIO BAJA PRESION	25	109	\$ 10.900

Fuentes: Los autores.

Como conclusión del Cuadro 3 anterior se ve claramente el ahorro que se obtiene al sustituir luminarias de sodio por cualquier otro tipo diferente de fuente de luz artificial, por lo tanto las luminarias de sodio en especial las de baja presión son las más recomendables bajo este criterio de evaluación.

2.4.2 Costos de mantenimiento y operación. Estos costos son todos aquellos que se desprenden de las labores de mantenimiento y reposición de elementos con relación directa al tipo de luminaria que se utilice.

#### **Cuadro 4 Comparación de costos fuentes luminosas del mercado**

<b>TIPO DE FUENTE LUZ</b>	<b>Costo Bombilla (en pesos)</b>	<b>Costo de Operación anual</b>	<b>Costo de Reponer (incluye M.O y materiales)</b>
INCANDESCENTE (300W)	\$ 5000	\$ 30.000	\$ 30.000
MERCURIO (125 W)	\$ 20.000	\$ 50.000	\$ 14.000
SODIO ALTA PRESION (70W)	\$ 22.500	\$ 50.000	\$ 15.000
SODIO BAJA PRESION (36W)	\$ 35.000	\$ 50.000	\$ 25.000

Fuente: Los autores.

Consecuentemente, el factor de costo operacional es el número de veces que cuesta la operación de una bombilla con respecto a la de sodio baja presión, que presenta el menor costo operacional. De tal manera que la bombilla incandescente tiene un costo de reposición 2 veces mayor que las de sodio y mercurio a alta presión su homóloga, y es superior a las bombillas de sodio baja presión en un 20 %, adicionalmente se encuentra que los costos para mercurio y sodio alta presión son casi iguales para la reposición y operación, en cuanto al valor de la bombilla el costo de la incandescente es muy inferior pero este parámetro lo desvirtúa el hecho de la corta vida útil que tiene.

## **2.5 RESULTADO DEL ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO**

Después de haber realizado un extenso análisis, teniendo en cuenta todos los aspectos técnicos y económicos, obtuvimos como resultado que la mejor alternativa es la utilización de luminarias de sodio a alta presión.

En el aspecto económico la luminaria de sodio baja presión es la más recomendable, por tener la más alta eficiencia y unos costos de operación y mantenimiento bajos, sin embargo en el aspecto técnico presenta una deficiencia muy notable, al presentar un IRC de casi cero, lo que da como resultado una visión monocromática, lo cual la hace casi inadmisibles para uso del alumbrado público en general.

Para adelantar un programa de reemplazo de luminarias es necesario primero establecer un inventario de las bombillas existentes, en el que se determine con exactitud el número de lámparas de cada tipo (incandescentes, mercurio y mixta), así como de su potencia 125, 300, 400 vatios, etc., para de esta manera entrar a valorizar el costo de la reposición de dichos elementos y calcular la inversión necesaria para repotenciar todo el sistema del alumbrado público.

### 3. MARCO LEGAL

#### 3.1 OBLIGACIONES, DERECHOS Y DEBERES DEL MUNICIPIO

Es competencia del Municipio, prestar el servicio de alumbrado público dentro del perímetro urbano y el área rural, comprendidos en su jurisdicción. El municipio es responsable del mantenimiento de los postes, redes, transformadores (exclusivos para el alumbrado público), luminarias y demás elementos destinados para la prestación del servicio de alumbrado público, para lo cual, se tendrá en cuenta la propiedad de las redes y demás elementos destinados al servicio.

Deberá igualmente velar por la incorporación de los avances tecnológicos, que permitan hacer un uso más eficiente de la energía eléctrica destinada para tal fin.

#### 3.2 DEFINICIONES Y PRECISIONES LEGALES PARA EL ALUMBRADO PUBLICO

3.2.1 Sitio de entrega de la energía. La empresa comercializadora de energía, entregará la energía para consumo, en los bornes primarios de los transformadores de la red de distribución local, destinados para tal fin, en forma exclusiva, o en las acometidas de las lámparas de alumbrado público, cuando estas se alimenten de las redes secundarias, destinadas conjuntamente para la distribución de energía, a los usuarios domiciliarios de este último servicio.

3.2.2 Mecanismo de Recaudo. El Municipio será responsable del pago del suministro, mantenimiento y expansión del servicio. Este podrá celebrar convenios con las empresas de servicios públicos, con el fin de que los cobros se efectúen directamente a los usuarios, mediante la utilización de la infraestructura de las empresas distribuidoras.

### 3.3 MARCO LEGAL REGULATORIO

A partir de la crisis energética de 1993, el gobierno nacional estableció normas y leyes para el manejo de los servicios públicos y el sector energético, para permitir el desarrollo en proyectos de inversión en dichas áreas, definiendo responsabilidades, deberes y derechos de las diversas entidades. En el año de 1994 se expidieron la ley 142 (ley de servicios públicos), y la 143 (ley eléctrica), con el fin de modernizar los servicios públicos y el sector eléctrico, dentro de un marco de competencia y con parámetros de calidad, que se llevan a un mayor beneficio para los usuarios.

Dentro de la ley de servicios públicos se crearon varias comisiones reguladoras, una para cada sector, de esta manera surgieron la CRA (comisión de regulación de agua y aseo), la CRT (comisión de regulación de telecomunicaciones) y la CREG (comisión de regulación de energía y gas), las cuales son las encargadas de la definición y la regulación de las normas para cada sector.

3.3.1 Decreto 2119/92. El decreto 2119 de 1992 crea la comisión de regulación de energía y Gas CREG, la cual tiene como obligación regular todo el sector energético nacional.

3.3.2 Ley 80 estatuto de contratación de la Administración Pública. La ley 80 de 1993, establece los parámetros que rigen la contratación pública, es decir, los contratos que celebren entidades públicas, con personas naturales y jurídicas de derecho privado, público y con sociedades mixtas, dentro de esta ley esta claramente consignados, los procedimientos legales que debe seguir los entes territoriales, para entregar por concesión, la prestación de un servicio como lo es el alumbrado público.

3.3.3 Ley 286. Amplia el plazo para la viabilidad empresarial, en el manejo del alumbrado público, reglamenta todo lo concerniente a las concesiones, dando a los municipios una herramienta para la prestación de los servicios públicos.

3.3.4 Resolución 043 de la CREG de 1995. Mediante esta resolución la CREG, define la responsabilidad del municipio en la prestación del servicio de alumbrado público y establece criterios, conceptos y definiciones, para dar viabilidad a proyectos que permitan, la modernización de dicho servicio y la regulación que rige para el alumbrado público en Colombia.

3.3.5 Resolución 81132. Mediante esta resolución el Ministerio de Minas y Energía, autoriza a los municipios, previa autorización de los concejos municipales a otorgar contratos de concesión para el suministro, mantenimiento y expansión del servicio de alumbrado público.

### ***3.4 ACUERDO DE TARIFAS***

El caso que se tomó como modelo fue la ciudad de Cartagena, en ella el Concejo Distrital de la ciudad mediante el acuerdo 037 de diciembre 26 de 1994, reglamenta el servicio de alumbrado público con el fin de fijar la tarifa aplicable, y extender el servicio a todos los habitantes de la ciudad de Cartagena.

Se estableció adicionalmente el cobro del servicio, siendo designada la Electrificadora de Bolívar S.A., como la entidad encargada de efectuar el cobro mensual del servicio de alumbrado público en la ciudad de Cartagena, a todos los usuarios del servicio de energía, incluyendo a los auto generadores.

El monto de las tarifas establecidas en el artículo tercero del acuerdo 037, corresponde al valor solicitado en el memorando enviado por la Electrificadora de Bolívar en agosto de 1994, tarifas que se incrementa semestralmente según el I.P.C.

### **3.5 DISEÑO DE FORMATOS PARA LA RECOPIACION DE INFORMACION**

Para la recopilación de información se han elaborado cuatro formatos, el primero hace referencia al censo de luminarias que existen en la ciudad de Cartagena, en el se describen: el tipo, la cantidad, la potencia en vatios y el porcentaje de pérdidas para cada clase de luminarias, además se consigna el número de luminarias en funcionamiento.

Con esta información se calcula la potencia instalada en kilo vatios hora mes de todo el sistema de alumbrado público. Ver Anexo 1

El segundo corresponde a la información sobre las tarifas, el número de usuarios, la estratificación de los mismos y el valor total facturado mensualmente por concepto del alumbrado público. Ver Anexo 2

El tercero y el cuarto son complementarios del segundo, con ellos se determina el porcentaje de lo recaudado y se calcula la nueva tarifa en caso de que la inicial no alcance a cubrir los costos de la prestación del servicio. Para establecer las tarifas se determinaron dos tipos de criterios, el primero un costo fijo que se cobra mensualmente, independiente del número de kilo vatios hora que consume el usuario, y el segundo corresponde a un porcentaje del valor facturado por el consumo de energía eléctrica. Ver Anexo 3 y Anexo 4

Con la información recogida en estos formatos tenemos la base para calcular los costos de operación, mantenimiento, repotenciación, y sustitución del sistema de alumbrado público y los ingresos que se reciben por la prestación del servicio.

## 4. TAMAÑO Y LOCALIZACION

### 4.1 PARAMETROS DE UTILIZACION

Es necesario utilizar un parámetro que permita realizar una evaluación objetiva, de la situación del alumbrado público, teniendo en cuenta la mayor cantidad de variables posibles, dentro de esas variables se encuentran: el costo de la energía, el censo de luminarias, el número y la clase de equipos necesarios para prestar el servicio, la cantidad y la preparación del personal, el monto de la inversión para realizar la repotenciación, los planes de expansión, el monto del recaudo del impuesto de alumbrado público, los costos de mantenimiento y operación.

### 4.2 PARAMETROS DE ESTANDARIZACION

Cada Municipio posee unas características disímiles a los otros, sin embargo, en materia de alumbrado público existe un parámetro que se puede utilizar para realizar comparaciones y establecer mecanismos para alcanzar ciertos estándares de costos, dicho parámetro es el número y tipo de luminarias instaladas en el municipio, sobre el se establecerán los costos de la prestación del servicio y se expresaran todas las variables posibles con distintos escenarios, de tal manera que se determinen criterios de selección.

#### 4.3 COSTO DE LA ENERGIA CON BASE EN EL NUMERO Y TIPO DE LUMINARIAS

El costo de la energía que consume un sistema de alumbrado público, se determina mediante una fórmula establecida en la resolución **CREG 043** de 1996, donde la única variable que existe es la cantidad de luminarias según su tipo, entonces se puede determinar el costo de la energía a partir del número de luminarias.

Es necesario tener en cuenta el costo del kilo vatio hora, para determinar el costo real de la energía, dicho parámetro tiene una relación directa con el número de luminarias, relación que se explicará en el capítulo sexto.

#### 4.4 CENSO DE LUMINARIAS

Con el censo de luminarias se determina el número y el tipo de luminarias, basados en él, se establece el cronograma de repotenciación y el programa de sustitución (mantenimiento), teniendo en cuenta aspectos tales como: el costo de la energía, la vida útil de los elementos, y el monto de la inversión inicial.

El censo de luminarias proporciona toda la información que necesitamos para determinar los costos de la prestación del servicio de alumbrado público.

## **4.5 MAQUINARIA Y EQUIPOS NECESARIOS**

Para determinar la maquinaria y el equipo necesario para el mantenimiento y la operación del servicio de alumbrado público, se parte del Censo de Luminarias, el cual permite la elaboración de los programas de trabajo, los cuales se realizan como se verá más adelante con base en un determinado número de luminarias o de elementos a retirar, instalar, reparar o mantener, de acuerdo a unos estándares de trabajo, derivados de ciertos factores tales como: tipo de luminarias, vida útil de las luminarias y elementos, altura de los postes de alumbrado público, condiciones climatológicas, eficiencia y alcance de la prestación del servicio.

**4.5.1. Clase de vehículos.** Se diferencian dos tipos de vehículos, las camionetas 4x4 (mantenimiento zonas rurales o de difícil acceso) y las camionetas 4x2, las cuales se utilizan para mantenimientos en vías secundarias para trabajar a una altura máxima de diez metros, con una capacidad promedio de quince luminarias día el cual es el número estándar de luminarias completas que se pueden retirar o instalar en un día de trabajo, (fuente concesiones de alumbrado público de BARRANQUILLA, SOLEDAD, VALLEDUPAR, Y NEIVA) en condiciones normales. Para el caso de CARTAGENA se estableció un número de dos (2) camionetas 4x4, y cuatro (4) camionetas 4x2, lo cual da una capacidad operativa de instalar y retirar noventa luminarias por día de trabajo, aproximadamente de mil ochocientas luminarias mensuales (en 20 días de trabajo por mes, jornadas de ocho horas).

**4.5.2. Clase de maquinarias.** Para trabajos de alumbrado público se necesitan dos tipos de equipos: los carros canasta y los carros grúas, los primeros permiten hacer mantenimiento en las vías principales, en alturas superiores a diez metros, la selección del número de estos equipos depende del número de luminarias que existan, colocadas en las avenidas sobre alturas mayores a diez metros, estos elementos tienen diversas características técnicas, tales como: el alcance vertical, el alcance horizontal, y el aislamiento eléctrico, todos estos factores se deben tener en cuenta para la selección de los equipos, adicionando el costo de los mismos, ya que existen diferencias significativas en el precio entre equipos de diversas características. Para el caso de CARTAGENA se seleccionaron dos canastas aisladas eléctricamente para trabajar a trece mil doscientos voltios, la primera con un alcance vertical de dieciséis metros y la segunda con un alcance vertical de doce metros, ambas con un alcance horizontal de cuatro metros, teniendo en cuenta que existen postes de doce (12), catorce (14), y dieciséis (16) metros (alcance vertical) en las avenidas, con brazos que tienen tres punto cinco metros de largo (alcance horizontal), como se ve es fundamental tener dentro del censo de luminarias la altura de los postes, el largo de los brazos, y el número de luminarias para determinar el equipo que se debe comprar.

La capacidad de trabajo de un carro canasta en promedio es de veinticinco luminarias por día de trabajo, en el caso de CARTAGENA se tiene cincuenta (50) luminarias por día, para un promedio mensual de mil (1000) luminarias (incluye instalación y retiro). (Fuente concesiones de alumbrado público de BARRANQUILLA, SOLEDAD, VALLEDUPAR, SANTA MARTA Y NEIVA).

## **4.6 PERSONAL**

El personal, cantidad y preparación, se define de acuerdo con la clase de trabajo a desarrollar, teniendo dos grandes clasificaciones, el personal técnico y el personal administrativo, el primero lo determina la clase de vehículos y maquinaria a utilizar, y el segundo lo define el tamaño del primero, y los requerimientos logísticos necesarios para prestar el servicio.

**4.6.1. Personal operativo.** Lo constituyen los operarios de los vehículos, maquinaria, taller y el personal de ingeniería, por cada camioneta (4x4 o 4x2) se debe tener un oficial eléctrico con experiencia en líneas de baja tensión, y un conductor ayudante técnico electricista, para los carros canasta se necesita (por canasta), un oficial eléctrico con experiencia en líneas de baja y media tensión, un conductor operador del equipo hidráulico y un ayudante técnico electricista, el número de personal en el taller depende del número de luminarias a reparar, instalar y retirar por día, un auxiliar electricista esta en capacidad de armar 100 luminarias por día de trabajo (ocho horas), o de reparar un promedio de 25 luminarias por día, por lo tanto cada canasta ocupa el veinticinco por ciento (25% De operario de taller, y por cuadrilla en camioneta el quince por ciento (15%), para mantenimiento y reparación, estos promedios se duplican (50% por canasta y 30% por vehículo).

Para el caso de Cartagena existen dos cuadrillas en canasta y seis cuadrillas en camioneta, lo que da como resultado el siguiente listado de personal técnico: dos oficiales eléctricos con experiencia en mantenimiento de líneas de baja y media tensión, seis oficiales eléctricos con experiencia en líneas de baja tensión, dos conductores de vehículos pesados con experiencia en manejo de equipos hidráulicos y conocimientos en electricidad, seis conductores con cursos de electricidad, cuatro ayudantes eléctricos (dos para el taller), un oficial electricista con experiencia en mantenimiento de dispositivos eléctricos y electrónicos para jefe de taller, por cada cinco cuadrillas se debe tener un ingeniero eléctrico con experiencia en mantenimiento de redes eléctricas, o sistemas de iluminación pública, de dos a cuatro cuadrillas se debe tener un supervisor, oficial eléctrico con experiencia en mantenimiento de redes eléctricas de alta, media y baja tensión. (Fuente concesiones de alumbrado público de BARRANQUILLA, SOLEDAD, VALLEDUPAR Y NEIVA).

**4.6.2 Personal administrativo.** El número del personal administrativo, depende de la cantidad de personal operativo necesario para el mantenimiento del sistema de alumbrado público, es necesario determinar, la función a desarrollar según las exigencias que se presenten.

Un operario puede recibir una queja cada cinco minutos, y el número de quejas depende de la eficiencia del sistema de alumbrado público, se puede atender al mes dos mil usuarios (quejas y reclamos), al multiplicar la eficiencia del sistema, por el número de luminarias obtenemos el número de quejas esperadas.

Las cuadrillas deben tener un soporte logístico, que ocupa el quince por ciento del tiempo de un coordinador administrativo, el cual se encarga de la consecución de materiales, manejo de personal, y organización de los mantenimientos en la parte de suministros, por cada seis cuadrillas es necesario un funcionario administrativo.

Es fundamental tener en cuenta las economías de escala, las cuales pueden modificar los parámetros aquí establecidos, además según los requerimientos una persona puede estar en capacidad de realizar funciones técnicas y administrativas a la vez, para alcanzar una mayor eficiencia. (Fuente concesiones de alumbrado público de BARRANQUILLA, SOLEDAD, VALLEDUPAR Y NEIVA).

#### **4.7 INVERSION INICIAL**

El monto de la inversión inicial se cuantifica de acuerdo al número de luminarias que se deben reemplazar, en un determinado lapso de tiempo, y el ahorro de energía que se logre con dicha inversión, debe ser la fuente de pago principal de los recursos invertidos para la realización del proyecto. El tipo de luminarias el cual se establece en el censo determina, la clase de luminarias que se deben instalar, es necesario anotar que los costos difieren de acuerdo a la potencia de las luminarias y estas se deben reemplazar según los criterios técnicos descritos en el capítulo dos.

#### **4.8 DEMANDA FUTURA**

La demanda futura se refiere a la expansión del servicio por dos razones, la primera debida al crecimiento del número de usuarios, y la segunda al aumento de la cobertura del servicio, esta demanda futura se debe incluir en la base de cálculo, como una variable denominada tasa de expansión, la cual determina el número de luminarias nuevas que se deben instalar con el fin de aumentar el área cubierta con la prestación del servicio.

Es necesario tener en cuenta para las proyecciones de la demanda futura, el incremento de población esperado y la eficiencia del alumbrado público con relación a la cobertura inicial, estas variables producen un aumento en el número de luminarias instaladas, lo cual a su vez genera un mayor número de requerimientos tales como: personal, equipos, infraestructura, materiales, cantidad de energía consumida.

## **5. DISEÑO DE HOJA DE CALCULO PARA PROYECTAR LOS COSTOS DEL ALUMBRADO PUBLICO EN EL MUNICIPIO DE CARTAGENA**

La prestación del servicio de alumbrado público mediante al sistema de concesión, esta sujeta a la viabilidad de este tipo de proyectos, y cuando se habla de viabilidad, se refiere al hecho de garantizar que la prestación del servicio sea auto sostenible, es decir, que se sostenga económicamente, de los ingresos recibidos por el pago de la tarifa establecida. Por ello es fundamental definir, la estructura de costos y los posibles ingresos que percibiría el concesionario, en este tipo de servicios. Para ello se han elaborado una serie de cuadros donde se analiza, los ingresos y la estructura de costo del servicio de alumbrado público en Colombia, tomando como modelo a la ciudad de Cartagena.

### **5.1 INGRESOS**

Los ingresos por la prestación del servicio de alumbrado público, provienen de la tarifa que se cobre por la prestación del servicio a todos los usuarios, en el caso que tomamos como modelo (la ciudad de Cartagena), el servicio se factura a los usuarios en el recibo de la energía, en esta ciudad se estableció la tarifa vigente en el año de 1994, mediante un acuerdo establecido en el concejo Municipal de la ciudad.

En todo ejercicio que se haga, es fundamental establecer el monto de los ingresos, para compararlo con el monto de los egresos, y de esta forma determinar si el proyecto es viable financieramente, en el caso que no lo sea, es necesario revisar la tarifa que se cobra por el mismo, para establecer el punto de equilibrio y permitir la prestación del servicio de alumbrado público mediante el pago de la tarifa.

**5.1.1 Facturación.** Este cuadro tiene consignado los valores de facturación, por concepto de alumbrado público, discriminado en dos tipos de usuarios, Los Residenciales que son todos aquellos usuarios del servicio, clasificados en un estrato según sus condiciones económicas.

El segundo tipo de usuarios son todos aquellos usuarios que desarrollan alguna actividad económica, o que presentan una condición especial para la prestación del servicio, según su actividad se clasifican en: Comerciales o industriales, también encontramos los regulados y el sector oficial que son todas aquellas instituciones, empresas y organismos del estado.

Dentro del cuadro 5 encontramos información sobre el número de usuarios, según el sector y la clasificación, dentro de ese sector, la tarifa por usuario según su clasificación y el valor que dicho sector debe cancelar por concepto del servicio de alumbrado público.

Se consigna en este cuadro 5 el valor recaudado durante el año de 1996, correspondiente al 92.4 % del valor facturado.

La información de la ciudad de Cartagena se encuentra dividida geográficamente en dos sectores: urbano y rural, en el urbano se encuentran todos aquellos suscriptores, ubicados dentro del perímetro urbano de la ciudad, el rural se referencia a los suscriptores localizados en los corregimientos del Municipio de Cartagena. Cuadro 6

En la parte final del cuadro 6 se encuentran las proyecciones del valor recaudado, por la prestación del servicio para los años de 1997 y 1998, teniendo en cuenta que las proyecciones se realizaron de la siguiente manera: Para el año de 1997 se tomó el valor total recaudado de 1996 y se incrementó en un 18 %, el valor proyectado para 1998 es el resultado de incrementar en un 16 % la cifra obtenida en 1997.

**5.1.2 Descripción del Cuadro de Facturación.** En el cuadro 5 se encuentra dividido en dos partes, la superior donde se encuentran registrados los datos de la zona urbana de la ciudad, y la inferior donde se consignan los datos de la zona rural del municipio, entendiendo como zona rural los corregimientos.

Cada una de las dos partes se encuentra dividida en filas y columnas, el número de columnas y filas es igual para cada parte, en las columnas se encuentran registrados los siguientes datos:

En la columna número uno (se cuentan las columnas de izquierda a derecha) se describe la clasificación según el tipo de usuario, esa columna indica el sector o clasificación donde se encuentra el usuario.

La clasificación se divide en dos grandes grupos según la naturaleza de los usuarios, el sector residencial y el no residencial; el sector residencial a su vez se encuentra dividido por estratos, que van del estrato uno, al estrato cinco, clasificación que se realiza según la situación socioeconómica del usuario y el sitio donde se encuentre ubicada la vivienda. El segundo grupo denominado usuarios no residenciales, se clasifica según la actividad económica que desarrollen y su naturaleza, encontrando cuatro subdivisiones, los comerciales, los industriales, (clasificados según su actividad económica) los regulados y oficiales.

La segunda fila registra los datos del número de suscriptores por sector, es decir, se encuentra dividido el censo total de usuarios según su clasificación, que se divide en dos grandes grupos como se vió anteriormente, lo que se registra en esta columna es la cantidad de usuarios que se encuentran en cada división y subdivisión de clasificación descrita en la primera columna.

La tercera columna indica la tarifa que corresponde a cada sector, la tarifa es el valor a cancelar por cada usuario clasificado en el sector y a cada sector le corresponde un valor diferente, este valor se estableció en 1994, mediante un acuerdo por el Concejo Municipal de la ciudad indexado por el IPC Semestralmente; la forma como se realizó este cálculo se explica en el análisis de la tarifa con mayor detalle.

Un punto a tener en cuenta, es la diferencia tarifaria que existe entre los diferentes sectores, particularmente el estrato uno exento de pago y los sectores no residenciales, donde el costo de la tarifa corresponde a un porcentaje del valor facturado por concepto de energía, los otros valores consignados en esta columna para los estratos residenciales, son montos fijos en pesos que se cobran mes a mes a cada usuario, independiente de su consumo de energía.

La cuarta columna, indica el valor facturado por estrato y es el resultado de la multiplicación, de las columnas dos y tres, para los sectores clasificados como residenciales, teniendo en cuenta que el valor facturado para el estrato uno es cero, debido a que se encuentra exento de pago, es decir, para el sector residencial, la cuarta columna es sencillamente la multiplicación del número de suscriptores, por el monto de la tarifa.

Para el sector no residencial el valor consignado en esta columna, corresponde a la multiplicación del porcentaje consignado en la columna tres, por el valor facturado debido al consumo de energía, es decir, si un usuario no residencial se le facturan “X “ pesos por consumo de energía, el monto a pagar por concepto de alumbrado público, es el resultado de Multiplicar “X” pesos, por el porcentaje establecido en la columna tres, este procedimiento se explica con mayor detalle en el análisis de la tarifa.

Por lo tanto el valor consignado en la cuarta columna para los sectores no residenciales, es igual a un porcentaje de la facturación realizada por consumo de energía y el valor de ese porcentaje se encuentra en la tercera columna, es necesario a ser una aclaración en el sentido de establecer que el valor cobrado por el alumbrado público, es independiente del consumo de energía, es decir, a un usuario no residencial que se le cobra "X" pesos por energía, se le deben facturara "X" porcentaje de pesos por alumbrado público y este valor es independiente de lo que debe pagar el usuario por energía.

La quinta columna corresponde al valor recaudado, por concepto de alumbrado público por la Electrificadora de Bolívar, y es valor pagado por los usuarios del monto total facturado a los mismos, este dato es suministrado en forma global, para el total de los suscriptores del servicio y corresponde para 1996 del 92.4 %, es decir, que en 1996 se recaudo el 92.4 %, de lo que se facturo en ese año.

En la parte inferior del cuadro 5, se proyecto el monto mensual de recaudo para los años 1997 y 1998, indexando el valor mensual recaudado en 1996, por el I.P.C. de ese año, los cálculos se realizaron de la siguiente manera, para el año 1997, se tomo el valor mensual total recaudado para Cartagena, por concepto de alumbrado en 1996 y se incremento en un 18.36%, para el año de 1998 se tomo el valor proyectado a diciembre de 1997 y se incremento en un 16%.

## 5.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO, OPERACIÓN Y EXPANSIÓN

Dentro de los costos de mantenimiento, operación y expansión, del sistema de alumbrado público, se catalogaron todos los costos y gastos que se originan para prestación del servicio de alumbrado público, con la excepción de la inversión que se debe realizar en la compra de equipos y materiales, que conforman el sistema de alumbrado público de la ciudad y la inversión en la compra de equipos y maquinarias necesarios para la prestación del servicio.

Se destacan dentro de los costos de mantenimiento, operación y expansión cuatro grandes rubros, los costos de personal, los costos del mantenimiento de los equipos operativos, los costos de los equipos de oficina, y los gastos fijos mensuales, en estos cuadros se establece la cantidad, el costo y el tipo de recursos que necesita el concesionario, para operar, mantener y expandir el sistema de alumbrado público.

5.2.1 Costos de Personal. Los costos de personal se subdividieron en tres grupos, según la función que realiza cada grupo, de la siguiente manera: personal administrativo, personal operativo y personal asesor.

El primero se designó para el personal administrativo de la empresa que prestará el servicio de alumbrado público, que debe realizar labores eminentemente administrativas pero fundamentales, para garantizar el funcionamiento de la empresa prestadora del servicio.

El segundo grupo lo constituye el personal operativo, en el cual se encuentra todo el personal necesario para realizar las labores de mantenimiento, operación y expansión, del alumbrado, realizando trabajos de campo, de reparación, ensamblaje, instalación, montaje y limpieza de todos los equipos, que conforman el sistema de iluminación pública de la ciudad.

El tercer grupo lo conforman las personas que prestarían servicios como asesores del concesionario en diferentes áreas, que no se encuentran incluidos dentro de la nómina de la empresa.

Para fijar el valor de los costos del personal, se tomaron valores promedio de los salarios establecidos, según la actividad, la experiencia y el grado de conocimiento que se debe tener para realizar, las labores pertenecientes a cada cargo, dentro del sector energético nacional, estos valores a su vez se encuentran multiplicados por un factor, donde se encuentran, todos los costos que se desprenden por la contratación de personal tales como: aportes parafiscales, prestaciones, pensiones, primas, cesantías, dotación de uniformes y otros, para lo

Cual se estableció un porcentaje que cubra el valor de estas obligaciones; dicho porcentaje se fijó en el 60% del valor del salario base.

La justificación del monto del porcentaje se encuentra en el anexo de los cálculos de costo de mantenimiento, operación y expansión.

5.2.2 Costos del Mantenimiento de los Equipos Operativos. Los equipos operativos son aquellos donde se encuentran, la maquinaria, los vehículos herramientas y equipos de comunicación necesarios para la ejecución de las tareas, de mantenimiento, operación y expansión que necesita el personal técnico de la empresa prestadora del servicio. Dentro del valor unitario por día se encuentran todos los gastos que se desprenden del uso de los equipos, sin incluir la depreciación ni el costo de los mismos, de esos costos podemos destacar, el combustible, repuestos, seguros y mantenimiento preventivo y correctivo que se le debe realizar a los equipos operativos.

Para determinar el valor del costo de mantenimiento de los equipos, se tomaron los criterios y se efectuaron los cálculos consignados en el anexo de los cálculos de costo de mantenimiento, operación y expansión.

5.2.3 Costos de los Equipos de Oficina. Dentro de los equipos de oficina, se encuentran todos los elementos, aparatos, aplicativos, muebles, encerados y equipos necesarios para la realización de los trabajos, que ejecuta el personal administrativo y el operativo dentro de las oficinas de la empresa, con el fin de llevar a cabo de la mejor forma posible las labores de mantenimiento, operación, reposición y mantenimiento del alumbrado público. Se encuentra incluido el valor de compra y el mantenimiento de los mismos, pero no la depreciación.

Se pueden dividir los equipos de oficina en dos grupos, el primer grupo lo conforman los equipos de computo y aplicativos, el segundo grupo los muebles, encerados, equipos y accesorios, necesarios para el funcionamiento de las oficinas, es conveniente hacer esta división debido a la diferencia significativa que existe entre la vida útil de los equipos de cada grupo.

**5.2.4 Gastos fijos mensuales.** Los gastos fijos mensuales, se componen de los egresos realizados por el alquiler de bodega y oficina, el pago de los servicios públicos e inversiones en publicidad, relaciones públicas y gastos varios relacionados con el funcionamiento de la empresa.

Para determinar el valor del costo de los arrendamientos y servicios públicos, se tomaron valores promedio del costo de oficinas y bodegas en la zona del bosque, y la zona industrial, los montos de publicidad y relaciones públicas se fijaron con base en un número determinado de publicaciones y eventos que debe realizar la empresa para promover su trabajo en toda la ciudad.

### 5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS CUADROS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

**5.3.1 Cuadro de Personal.** El cuadro de personal tiene, dos grandes divisiones originadas en el tipo de funciones que debe realizar cada grupo de personas, estas funciones generales se dividieron en administrativas y operativas. En el personal administrativo se incluyó, a todos los empleados que realizan funciones que no impliquen actividades directas en la operación del sistema, y el personal operativo es todo aquel que realiza actividades directamente relacionadas con el mantenimiento, operación y expansión del sistema de alumbrado público.

Los cuadros 7 y 8 de personal tienen cinco columnas:

En la primera se establece el nombre del cargo.

En la segunda el número de personas que van a desempeñar el cargo.

En la tercera columna se encuentra consignado el monto del salario en pesos, por persona que va a recibir el funcionario al que se le asigne el cargo.

En la cuarta columna se establece todo el costo mensual en pesos del personal en que incurre la empresa, diferente al salario, en este rubro se incluyen: las prestaciones sociales, las cesantías los aportes parafiscales y subsidios, que debe desembolsar el concesionario. Este valor se estableció como un porcentaje, y el cálculo del mismo se encuentra anexo.

En la quinta se consigna el resultado de la multiplicación de la columna número dos, por el resultado de la suma de las columnas tres y cuatro, es decir, el costo mensual de un funcionario que desempeñe el cargo relacionado en la columna uno, es la suma del salario mensual (columna tres), más el valor de las prestaciones sociales y otros aportes que debe realizar el empleador (columna cuatro) y el valor total por el tipo de cargo se obtiene, al multiplicar el número de empleados que desempeñan dicho cargo, por el costo del cargo.

**5.3.2 Cuadro de Costo de Mantenimiento Equipos Operativos.** El cuadro 9 tiene cinco columnas, la primera donde se coloca el nombre del equipo, la segunda columna contiene el número de unidades del equipo descrito, en la tercera columna se encuentra el costo del mantenimiento diario por unidad, la cuarta columna tiene el costo mensual de mantenimiento por unidad, y es el resultado de multiplicar el valor de la tercera columna por treinta (30) que es número de días por mes, y por último se tiene el valor mensual de mantenimiento por el tipo de equipo, que es el resultado de multiplicar el número de equipos (segunda columna), por el costo mensual de mantenimiento (cuarta columna).

**5.3.5. Cuadro de los Costos y Gastos Mensuales de Funcionamiento.** El cuadro 12 de costos mensuales de funcionamiento, tiene dos columnas, la primera donde se describe el tipo del costo o gasto mensual, y la segunda columna que contiene el valor mensual del gasto, o del costo según sea el caso, necesarios para que el concesionario pueda, operar, mantener y expandir el sistema del alumbrado público.

Dentro de este cuadro se colocaron los rubros de personal, tanto administrativo como operativo, el costo del mantenimiento mensual de los equipos operativos y los gastos fijos mensuales.

La última fila de este cuadro 12 contiene el costo mensual de funcionamiento del concesionario, dicho costo no contiene la inversión en equipos operativos o de oficina, como tampoco la depreciación de dichos equipos, ni el costo de los materiales y/o de la mano de obra derivados de la repotenciación, así como no incluye el costo de los materiales a reponer para mantener y operar el sistema de alumbrado público.

Las filas de este cuadro 9 hacen referencia al tipo de equipos operativos, estos se dividen de acuerdo a sus características técnicas y su función, clasificándose en carros canasta, que son equipos compuestos por un vehículo y un aditamento mecánico elevador donde se encuentra una canasta, los carros grúa que son vehículos con un dispositivo mecánico que les permite el transporte e hincado de postes, las camioneta 4x2 y 4x4 dotadas, que son vehículos para efectuar mantenimiento y reposición de elementos, las herramientas y los equipos de comunicación.

**5.3.3. Cuadro de Costo de los Equipos de Oficina.** El cuadro 10, hace referencia a los costos de los equipos de oficina, en la primera columna se encuentra el nombre del equipo, en la segunda columna el número de unidades, en la tercera el costo del equipo en pesos por unidad, en la cuarta el valor correspondiente al impuesto de valor agregado I.V.A fijado en un 16% del costo del equipo (16% del valor consignado en la tercera columna), la quinta columna corresponde al costo total según el tipo y el número de equipos, siendo el resultado de multiplicar la suma del costo unitario del equipo, mas el valor del I.V.A. (suma de la tercera y cuarta columnas) por la cantidad de unidades necesarias (segunda columna).

El monto total de la inversión inicial en equipos de oficina se encuentra en la parte inferior del cuadro 10 y es el resultado de sumar los valores consignados en la del costo total de los equipos (columna cinco).

**5.3.4. Cuadro de los Gastos fijos Mensuales.** La primera columna del cuadro 11, corresponde a la descripción del gasto, la segunda al número de gastos originados por el concepto descrito en la primera columna, la tercera columna indica el valor del gasto, la cuarta columna esta en blanco y la quinta columna es el resultado de multiplicar, el monto del gasto por el número de gastos originados por dicho concepto (multiplicación columnas dos y tres), en la ultima fila se indica el valor total de los gastos fijos mensuales, que corresponden a la suma de los valores consignados en el total de los gastos fijos mensuales por ítem (quinta columna).

**5.3.5. Cuadro de los Costos y Gastos Mensuales de Funcionamiento.** El cuadro 12 de costos mensuales de funcionamiento, tiene dos columnas, la primera donde se describe el tipo del costo o gasto mensual, y la segunda columna que contiene el valor mensual del gasto, o del costo según sea el caso, necesarios para que el concesionario pueda, operar, mantener y expandir el sistema del alumbrado público.

Dentro de este cuadro se colocaron los rubros de personal, tanto administrativo como operativo, el costo del mantenimiento mensual de los equipos operativos y los gastos fijos mensuales.

La ultima fila de este cuadro 12 contiene el costo mensual de funcionamiento del concesionario, dicho costo no contiene la inversión en equipos operativos o de oficina, como tampoco la depreciación de dichos equipos, ni el costo de los materiales y/o de la mano de obra derivados de la repotenciación, así como no incluye el costo de los materiales a reponer para mantener y operar el sistema de alumbrado público.

#### **5.4 VALOR DE LOS EQUIPOS OPERATIVOS**

Los equipos operativos se dividen en maquinaria, donde se encuentran los carros canasta y los carros grúa, cuyo valor unitario se cotizó con todos los elementos y herramientas necesarias para desarrollar su labor.

Los vehículos son camionetas 4x4 y 4x2 doble cabina equipados con los elementos seguridad, herramientas y materiales necesarios para realizar las tareas operativas encomendadas, el costo de estos se determinó como la suma del valor de los vehículos, más el costo de las herramientas, accesorios e implementos de seguridad.

En equipos de comunicación se tienen radios base y portátiles, para estar en contacto permanente todos las cuadrillas y vehículos, realizando una labor más eficiente y coordinada.

Las herramientas son todos aquellos elementos utilizados por las cuadrillas y los operarios del taller para realizar los trabajos de mantenimiento, expansión, reposición y reparación.

**5.4.1.Descripción del Cuadro Valor de Equipos Operativos.** El cuadro 13 consta de cinco columnas, en la primera se anota el nombre de los de los equipos, en la segunda columna el número de unidades que compraran de dichos equipos, en la tercera el valor unitario de cada equipo, en la cuarta columna se consigna el valor de los implementos, o accesorios con los cuales se deben dotar a los equipos, la quinta columna contiene el costo total a invertir según el tipo de equipo, incluyendo su dotación, y es el resultado de multiplicar, la suma del costo del equipo (tercera columna) más, el costo de la dotación (cuarta columna) por el número de unidades a comprar (segunda columna), la ultima fila corresponde al valor de la inversión a realizar en la compra, y dotación de Los equipos operativos, siendo el resultado de sumar el valor total de costo de cada tipo de equipo (sumar los valores de la quinta columna).

#### **5.5 PROGRAMA DE REPOTENCIACION.**

La repotenciación es un programa mediante el cual, se pretende efectuar la sustitución de luminarias de vapor de mercurio, por luminarias de vapor de sodio a alta presión, más eficiente que las primeras, por que entregan el mismo nivel de iluminación pero con un consumo inferior de energía, para el primer año el porcentaje de ahorro energético debido al cambio de las luminarias, en el caso de la ciudad de Cartagena esta calculado en un 24 % aproximadamente, del total de la energía consumida por las luminarias que conforman el alumbrado público de la ciudad.

El programa se denomina repotenciación, por que lo que se busca con él es disminuir el consumo de energía del alumbrado público, bajando la potencia instalada del sistema sin disminuir los niveles de iluminación, es decir, se trata de cambiar las luminarias del sistema del alumbrado público, por otras que entreguen el mismo nivel de iluminación pero con un menor consumo, y esto se logra cambiando las viejas luminarias, por nuevas luminarias con los mismos niveles de iluminación, pero con menor potencia en el número de vatios consumidos por hora.

Este programa consta de dos fases a desarrollarse en el primer y segundo año de operación, en la primera fase se sustituyen todas las luminarias incandescentes, de vapor de mercurio, de luz mixta y halógenos, por vapor de sodio en un lapso de 12 meses, alcanzando un ahorro del 24 % del total de la energía consumida en el alumbrado público de la ciudad de Cartagena la cual se tomo como modelo.

La segunda fase consiste en el cambio de las luminarias de sodio baja presión de 36 w, por sodio alta presión de 70 w, cambio que implica un incremento en el consumo de energía pero que mejora notablemente la calidad del servicio, debido al aumento en los niveles de iluminación al efectuar este tipo de reposición, dentro de esta fase también se incluye el cambio de todas las luminarias de sodio alta presión existentes, por sodio alta presión con el fin de reponer todo el censo de luminarias de la ciudad de Cartagena.

**5.5.1 Costos de la Repotenciación.** El costo de la repotenciación se determinó, como la suma del costo de los materiales que incluye luminarias, accesorios y otros elementos, más el costo de la mano de obra necesaria para su instalación, retiro y cambio de elementos, adicionando un valor de transporte y otros, establecido como un porcentaje de la suma de los costos de mano obra y materiales, obteniendo de la suma de todos ellos, el valor correspondiente a los costos directos (suma de materiales más mano de obra, más transporte y herramientas), a estos costos directos se le agrega el costo de la administración, los impuestos y la utilidad (A.I.U), que se determina como un porcentaje de los costos directos, se tomo como administración el 20 % de los costos directos, el 5 % De imprevistos, y el 8 % de utilidad, la suma del A..I.U se conoce como los costos indirectos, se debe calcular también el valor del impuesto agregado I.V.A como el 16 % del valor establecido como utilidad. La suma de los costos directos (materiales más mano de obra), más los costos indirectos (A.U.I), mas el valor del I.V.A. sobre la utilidad da el costo total de la repotenciación.

**5.5.2 Cronograma de la Repotenciación.** El cronograma de repotenciación indica con exactitud, el número, el tipo de luminaria, el orden y el ahorro que se consigue con cada cambio, esta programación se hizo con el fin de alcanzar el mayor ahorro de energía, en el menor tiempo posible teniendo en cuenta el monto de las inversiones y el flujo de caja del proyecto en el primer año, tomando como ejemplo a la ciudad de Cartagena.

Dentro del cronograma elaborado para Cartagena, se estableció para conseguir un mayor ahorro de energía en forma más rápida, cambiar primero el tipo de luminarias donde se tienen una mayor diferencia en vatios, es decir donde se alcancen los mayores niveles de ahorro en vatios por unidad, como ejemplo de ello Se tiene, que las primeras luminarias a cambiar, son las de mercurio de 400 vatios por sodio de 250 vatios donde se obtiene un ahorro de 150 vatios, las de luz mixta de 500 vatios, por sodio de 250 vatios y donde se ahorra 250 vatios por unidad repotenciada, se observa que los mayores ahorros por unidad se encuentran en los primeros dos meses de operación de la concesión.

### **5.5.3 Descripción de los Cuadros de Repotenciación.**

Explicaremos brevemente cada uno de los cuadros de repotenciación de tal manera que sea lo más fácil posible de entender para cualquier persona que los lea.

**5.5.3.1 Cuadros de Costos de Materiales y Mano de Obra de la Repotenciación.** El cuadro 14 corresponde, al costo de los materiales de la repotenciación a realizar, durante el primer año de operación, dicho cuadro consta de cinco columnas, en la primera columna se describe el nombre del material que se va a instalar, la segunda al tipo de unidades en que se puede clasificar dicho material, en la tercera la cantidad de material que se va a utilizar, en la cuarta columna el precio por unidad del material descrito en la primera columna, la quinta columna corresponde al valor total por tipo de material descrito en esa fila, y es el resultado de multiplicar la cantidad de unidades, por el valor de la unidad.

Cada fila corresponde a un elemento diferente, y en conjunto constituyen el total de elementos a reponer, en la última fila se consigna el valor total de los materiales, que se cambiarán en el primer año de operación de la concesión, en la ciudad de Cartagena.

En el cuadro 15 se divide en dos partes, la primera donde se encuentran consignados los costos de la mano de obra, y la segunda donde se suman el valor los costos directos, y se calculan los costos indirectos, como un porcentaje de los costos directos.

El análisis del costo de la mano de obra, se divide en dos actividades básicas, el retiro de los elementos viejos, y la instalación de los elementos nuevos, dentro de esas divisiones existe una subdivisión, donde se clasifica el cambio de elementos de las lámparas de mercurio, cada fila se divide cinco columnas, la primera donde se anota el trabajo a realizar, la segunda el tipo de medición de ese trabajo que será por unidad.

La tercera columna contiene el número de veces que se realizara el trabajo, y la quinta columna contiene el costo total de mano de obra por actividad, en la ultima fila de esta columna se encuentra, el costo total de la mano de obra por concepto de repotenciación, durante el primer año de operación de la concesión en El modelo establecido en la ciudad de Cartagena.

La segunda parte de este cuadro 15 se describirá por filas: La primera fila corresponde al costo de transporte y herramientas, que se establece como un porcentaje de la suma del costo de los materiales, más el costo de la mano de obra, el valor del porcentaje se encuentra en la tercera columna de esta fila, en la cuarta columna de esta misma fila se coloca el resultado de multiplicar, el porcentaje de la tercera columna por la suma del costo de los materiales, más la mano de obra, el valor total del costo de transporte y herramientas, se anota en la quinta columna, siendo igual al resultado obtenido en la cuarta columna de esta misma fila.

En la fila del total de los costos directos, que son el resultado de sumar, el costo total de los materiales, más el costo total de la mano de obra, más el costo total del transporte y herramientas, se anota el resultado de dicha suma en la quinta columna de esta fila. En las siguientes filas, se establece el monto total de los costos indirectos, que se dividen en: administración, imprevistos y utilidad, valorando cada uno como un porcentaje, del total de los costos directos, en cada fila se describe el ítem del costo indirecto en la primera columna, el valor del porcentaje de los costos directos al que equivale, en la tercera columna, y en la quinta columna el valor del ítem del costo indirecto descrito en la misma fila, siendo el resultado de multiplicar el porcentaje consignado en la tercera columna, por el valor total de los costos directos.

Se totalizan el total de los costos indirectos, como la suma del total correspondiente a los costos de administración, Imprevistos y utilidad, se valoriza un subtotal general, que es el resultado de sumar, los costos directos, mas los costos indirectos, consignando el valor de dicha suma en la quinta columna de la fila donde se anota este subtotal, la siguiente fila se valoriza el monto del impuesto del valor agregado I.V.A que se debe cancelar, y corresponde al 16% de valor establecido como utilidad en los costos indirectos, la ultima fila contiene el total general del costo ocasionado por el programa de repotenciación de la concesión durante el primer año de operación de la misma, en el modelo planteado para la ciudad de Cartagena, siendo este la suma de los costos directos, Más la suma de los costos indirectos, más el I.V.A sobre la utilidad de los costos indirectos.

Para el segundo año los cuadros donde se analizan los costos de los materiales, mano de obra, costos directos, costos indirectos y el total general de la repotenciación en el segundo año, funcionan con la misma mecánica y contienen los mismos elementos, la diferencia radica en el número de unidades y el tipo de materiales que se cambiarían durante ese segundo año de operación.

**5.5.3.2. Cuadro del Censo de Luminarias.** El censo de luminarias contiene el tipo y la cantidad de luminarias, que conforman el sistema del alumbrado público; en el cuadro 16 se encuentra el censo de luminarias de la ciudad de Cartagena efectuado en 1994, siendo este el último censo efectuado en la ciudad. El cuadro 16 tiene ocho columnas, la primera corresponde al nombre de las luminarias existentes, la segunda columna corresponde al tipo de luminarias que se van a instalar, en esta columna se describe la potencia de la nueva luminaria, teniendo en cuenta que todas las luminarias que se van a instalar son de sodio a alta presión, la tercera columna indica la unidad de medición, la cuarta columna contiene el número de luminarias instaladas, la quinta columna corresponde al porcentaje de luminarias que se encuentran operando, la sexta columna contiene la potencia instalada por luminaria, la séptima columna indica el porcentaje de pérdidas, entendido este como la cantidad de energía que consumen el cuadro eléctrico de la luminaria, es decir la energía consumida por el balasto, el arrancador, el condensador, y la foto celda. La octava columna es el resultado de multiplicar el número de luminarias (cuarta columna), por el porcentaje de operación (quinta columna), por la potencia unitaria de la luminaria (sexta columna), por el porcentaje de pérdidas (séptima columna), dando como resultado el número de vatios hora consumidos por tipo de luminaria.

En la primera columna existe un subtotal de vatios alumbrado # 1, que corresponde al número de vatios hora, consumidos en el alumbrado público y es el resultado de sumar los datos consignados en la octava columna, desde la primera fila, hasta la fila anterior a este subtotal

Existe posteriormente la descripción del alumbrado existente en los estadios propiedad del municipio de Cartagena, la suma de la potencia instalada constituye el total de vatios del alumbrado # 2, que corresponde al alumbrado de los estadios.

La siguiente fila corresponde al total de luminarias instaladas, y es la suma de los datos consignados en la columna número cuatro hasta esa fila, posteriormente al total de vatios instalados. La penúltima fila contiene la energía mensual consumida en kilo vatios hora (KWH), siendo el resultado de multiplicar, el total de vatios alumbrado # 1, por doce horas, que es el número de horas día que funcionan las luminarias, por treinta, el número de días por mes y se divide entre mil para pasarlo de vatios a kilo vatios, más la energía consumida por los estadios que es el resultado de multiplicar, el total de vatios del alumbrado # 2, por 4 siendo este el número de horas que permanecen encendidas las luminarias de los estadios, cada vez que se utilizan, este resultado se multiplica por ocho, siendo ocho el número de veces al mes que se utilizaría el alumbrado de los estadios, y se divide entre mil para pasarlo de vatios, a kilo vatios, el resultado de estas operaciones es la cantidad de energía mensual consumida en KWH, siendo este el resultado de la suma de los cálculos efectuados con los datos del alumbrado # 1 y el alumbrado # 2. En la última se establece el costo de la energía mensual del alumbrado público, para el caso de Cartagena, donde se incluye la energía consumida en los estadios como si fuera parte del alumbrado público, teniendo en cuenta que de acuerdo con la resolución 043 de la CREG, la iluminación de los estadios no se considera como alumbrado público, pero sin embargo es posible incluir dentro de la concesión, el mantenimiento y el costo de la energía del alumbrado, de los escenarios deportivos propiedad del municipio, previo acuerdo con el concesionario que preste el servicio de alumbrado público, en la ciudad, por lo tanto se determina el costo de la energía mensual, como la multiplicación del total de la energía mensual calculada en la fila anterior, por el costo del kilo vatio hora, dato que se consigna en la quinta columna de esa fila, el valor establecido proviene del cuadro de variables, del ítem costo de la energía para usuarios no regulados, por kilo vatio hora.

**5.5.3.3. Descripción de los Cuadros del Cronograma de Repotenciación.** El cuadro 17 consta de once columnas: En la primera se anota el mes de funcionamiento de la concesión, donde se realiza la operación de cambio de las

luminarias, la segunda columna indica el tipo de luminaria existente que se va a cambiar, la tercera columna indica el tipo de luminaria que se va a instalar, la cuarta contiene el número de luminarias que se cambian de acuerdo a la cantidad de luminarias existentes descritas en la segunda fila. De la quinta a la novena columna corresponde a un tipo determinado de luminaria que se va a instalar, teniendo en cuenta que todas las luminarias son de sodio alta presión, la clasificación se realizó según la potencia de cada luminaria y se estableció el siguiente orden, la quinta columna contiene la cantidad de luminarias de setenta vatios sodio de alta presión que se instalarán para reemplazar las luminarias existentes, la sexta columna contiene la cantidad de luminarias de ciento cincuenta vatios sodio de alta presión que se instalarán para reemplazar las luminarias existentes, la séptima columna contiene la cantidad de luminarias de doscientos cincuenta vatios sodio de alta presión que se instalarán para reemplazar las luminarias existentes, la octava columna contiene la cantidad de luminarias de cuatrocientos vatios sodio alta presión que se instalarán para reemplazar las luminarias existentes, la novena columna contiene la cantidad de luminarias diferentes a las descritas anteriormente que se instalarán, para reemplazar las luminarias existentes, descritas en la primera columna, la décima columna contiene el ahorro en vatios que se obtiene, por el cambio de cada unidad descrita en la segunda columna. Las filas corresponden al cambio de un tipo de luminaria, y se dividen por mes de operación, dentro de cada mes de operación existen tres subtotales, el primero donde se establece los totales mensuales por mes de operación, del total de luminarias nuevas instaladas dato consignado en la cuarta columna, y el total de luminarias instaladas de acuerdo a su potencia, dato consigna en la respectiva columna de cada tipo de luminaria, el segundo subtotal es el ahorro de energía en pesos resultado que consigna en la onceava columna de dicha fila, siendo este el resultado de multiplicar el total de vatios ahorrados durante ese mes de operación por el costo del kilo vatio hora, dato que introduce en la tercera columna, y que se extrae del cuadro de variables, del ítem costo del kilo vatio hora para los usuarios no regulados, el tercer subtotal es el costo de la

energía mensual, dato que se encuentra en la onceava columna de dicha fila, siendo el resultado de multiplicar la resta de la cantidad de vatios del alumbrado público # 1 tomado del cuadro del censo de alumbrado, menos el ahorro total del mes en vatios por el cambio de las luminarias, dato toma de la onceava columna del primer subtotal de dicho mes, el resultado de esta resta se multiplica, por el costo del kilo vatio hora, dato que introduce en la tercera columna de la fila anterior, y que se extrae del cuadro de variables, del ítem costo del kilo vatio hora para los usuarios no regulados, el valor que resulta se da en pesos, y es la cantidad que se debe cancelar a la empresa suministradora de energía en ese mes de operación, este valor no incluye el costo de la energía consumida por el alumbrado en los estadios. En las siguientes divisiones, establecidas para cada mes de operación los parámetros de calculo son iguales, con la exención del calculo del costo de la energía, este realiza de la misma manera, pero con la diferencia en la toma del dato sobre el cual se resta el ahorro mensual de energía del mes de operación, este proviene del subtotal tres del mes anterior en la tercera columna, dato que corresponde al numero de vatios instalados en el alumbrado # 1, originado por los cambios del mes anterior, es decir, corresponde a la potencia instalada en vatios para el alumbrado público, que se tiene antes de la realización los cambios del mes de operación vigente.

**5.6 PROGRAMA DE SUSTITUCION**El programa de sustitución del alumbrado, consiste en poder determinar en que momento, se debe realizar el cambio de los materiales y aparatos que conforman la red del sistema de alumbrado público, debido al desgaste de los mismos, este desgaste esta determinado por la vida útil de los elementos.La vida útil es el periodo de servicio efectivo de un elemento, determinado por el tiempo de trabajo a que es sometido dicho elemento, por ejemplo, para una fuente de luz se estima la vida útil como el número de horas de funcionamiento del elemento, hasta que su flujo luminoso sea del 70 % del flujo luminoso nominal, entonces se considera que la vida útil de un elemento termina, cuando a pesar de seguir funcionando, no satisface algún requisito para el cual fue instalado, como es para el caso de las bombillas el

mantenimiento de un nivel determinado del flujo luminoso. Elaboramos un cuadro de sustitución, cuadro 18 el cual se divide en dos partes, la primera donde se establece el programa de sustitución, de todos los elementos que se cambiaron durante el primer año de operación de la concesión, y la segunda donde se elabora el programa de sustitución de los elementos instalados durante el segundo año de operación de la concesión. Lo anterior teniendo en cuenta que el cuadro se realizó, tomando como modelo al municipio de Cartagena, donde el número de luminarias es muy alto, si lo comparamos con el promedio de luminarias de los municipios Colombianos, por tal razón se dividió el cuadro, brindando de esta manera la opción de utilizar el programa de sustitución, en una o dos etapas, teniendo en cuenta principalmente el costo de la reposición y de cómo afecta la viabilidad financiera del proyecto.

Para el caso de municipios con más de diez mil (10.000) luminarias se sugiere elaborar la reposición como se planteo para el municipio de Cartagena, con el fin de no sobrecargar financieramente el proyecto en sus inicios, también es recomendable en municipios cuya capacidad de pago del servicio de alumbrado público sea baja, efectuar la sustitución en la medida que la tarifa permita costear la realización de los cambios, en este caso, se deben introducir las variables en los respectivos cuadros de tal forma, que el costo de la sustitución a realizar, se pueda cancelar con lo recaudado gracias a la tarifa.

En el programa que se presenta, los cambios se realizan cuando se cumple el tiempo especificado en el cuadro de variables como vida útil, esta se encuentra expresada en meses, teniendo en cuenta las especificaciones entregadas por los fabricantes para cada elemento. Un sencillo ejemplo de esto son las foto celdas, cuya vida útil es de diecinueve (19) meses (dato entregado por los fabricantes), por lo tanto las foto celdas instaladas en el primer mes de operación, se deben cambiar en el mes veinte de operación, y así sucesivamente se deben cambiar todas las foto celdas, teniendo en cuenta si cumplieron su vida útil.

Dentro del cuadro de reposición se encuentran especificado el tipo de los elementos, la vida útil y el costo, cuyo monto es el resultado de la multiplicación del precio del elemento a reponer, por el número de unidades de dicho elemento, este valor, para entregarle una mayor claridad al cuadro, se encuentra en la celda que corresponde al mes donde se debe iniciar el programa de reposición, según el elemento, es decir, el monto que allí se encuentra señalado, se debe repartir proporcionalmente en los siguientes doce meses, incluyendo el periodo donde se inicia el cambio.

Tomando nuevamente el ejemplo de las foto celdas en el programa de sustitución número uno, que corresponde a los elementos que se instalaron durante el primer año de operación de la concesión, en el mes número veinte de dicho programa, se encuentra consignado el costo de compra de la totalidad de las foto celdas que se colocan en el primer año de operación, y este valor se debe repartir en doce meses, es decir, repartir del mes veinte al treinta y uno.

De igual forma ocurre para el resto de los elementos (bombillas, luminarias, balastos, condensadores, arrancadores, y demás elementos), se debe recordar que el programa de sustitución se dividió en dos etapas, y que para cada una de ellas, se elaboro un programa de sustitución, cuya diferencia radica en la cantidad de elementos a reponer.

Las cantidades de los materiales a reponer son iguales, a las cantidades especificadas en los cuadros de repotenciación, y al igual que estos la reposición se divide en dos grandes cuadros, el primer cuadro, donde se elabora el programa para los elementos repotenciados del primer año y el segundo cuadro a los elementos repotenciados del segundo año.

**5.6.1 Descripción de los Cuadros de Reposición.** Existen dos tipos de cuadro de reposición, el primero que es un cuadro de referencia, utilizado para calcular los datos, que se deben consignar en el segundo cuadro, que es en realidad un cronograma, donde se determina cuando -se debe realizar la sustitución con base en la vida útil, y se anota el costo que representa dicha sustitución, teniendo como el costo de la misma, el valor de los materiales, no se incluye el costo de la mano de obra, y otros costos directos e indirectos, en este cuadro ya que los mismos se encuentran registrados en los costos operacionales del concesionario.

**5.6.1.1 Cuadro de reposición de Referencia.** el primero que se divide en ocho columnas, la primera donde describe el tipo de materiales a reponer, esta columna es igual, a la primera columna del cuadro de cantidad de materiales de la repotenciación, los valores de la segunda columna, se toman de la tercera columna del cuadro cantidad de materiales repotenciación para el primer año, los valores de la tercera columna del primer tipo cuadro de reposición, se toman de la tercera columna del cuadro cantidad de materiales repotenciación para el segundo año de operación, la cuarta columna contiene los valores de la cuarta columna del cuadro cantidad de materiales de la repotenciación para el primer año, y corresponde al costo unitario del material descrito en la primera columna de esa fila en el primer año de operación, los valores de la quinta columna, se toman de la cuarta columna del cuadro cantidad de materiales de la repotenciación para el segundo año y corresponde al costo unitario del material descrito en la primera columna de esa fila, para el segundo año, estos valores se tornan iguales al trabajar en pesos constantes, sin embargo estas cifras se encuentran multiplicadas por el IPP (índice de precios al productor), establecido en el cuadro de variables, la sexta columna es el resultado de multiplicar, la segunda columna por la cuarta columna y corresponde al valor total del costo del elemento descrito en la primera columna de dicha fila, este valor para el primer año de operación, debe coincidir con el valor establecido, en el cuadro cantidad de materiales de la repotenciación para el primer año quinta columna, la séptima columna es el resultado de multiplicar, la tercera columna por la

quinta columna y corresponde al valor total del costo del elemento descrito en la primera columna de dicha fila.

Este es el valor para el segundo año de operación de la concesión, y debe coincidir con el valor establecido, en el cuadro cantidad de materiales de la repotenciación para el segundo año de operación quinta columna, la octava columna contiene la vida útil del elemento descrito en esa fila, este valor se toma del cuadro de variables, correspondiente al valor en meses de la vida útil del elemento.

Este primer cuadro sirve de referencia, para establecer los valores que se consignaran, en las columnas del segundo tipo de cuadro de reposición, ya que en los mismos se consigna el costo de reponer, cada uno de los elementos que conforman el sistema del alumbrado público de la ciudad, debido a la terminación de su vida útil.

**5.6.1.2 Cuadro del Cronograma de Reposición.** Los cuadros del cronograma de reposición se dividen por periodos, el primero cuadro de reposición corresponde al cambio de los materiales que se sustituyen durante el primer año de operación, el segundo de la misma manera incluye todos los materiales sustituidos en el segundo año de operación. Estos cuadros se basan en los datos establecidos en el cuadro de reposición de referencia, cada cuadro esta dividido por columnas en dos partes, la primera que es fija y corresponde al tipo de elementos y la vida útil de los mismos, estos datos se consignan en dos columnas, la primera donde se describe el elemento que se va a reponer, la segunda columna donde se consigna el valor de la vida útil en meses de dicho elemento.

La segunda parte de los cuadros del cronograma de reposición lo constituyen, la segunda serie de columnas, que suman en total 240 columnas, o sea una columna para cada mes de operación, en el encabezado de las mismas se anota el número del mes de operación, de uno a doscientos cuarenta, y en cada fila de la misma columna se anota el valor de los elementos sustituidos, y descritos por fila.

Para el cuadro número se toman los datos de los materiales, del censo de luminarias y del cuadro costo de materiales por repotenciación, según los criterios establecidos en el cronograma elaborado para efectuar la repotenciación, estos valores se anotan en los primeros doce meses, de ahí en adelante, el monto de los costos consignados, se originan del cuadro de referencia, y del cuadro de variables, mediante la conjunción de estos cuadros se determina el valor de los elementos a sustituir, y el momento en que debe efectuarse la sustitución.

En el segundo cuadro los datos se toman del programa de repotenciación, elaborado para el segundo año, el procedimiento de calculo es igual al del cuadro número uno del cronograma de sustitución, lo mismo que el tipo de datos que se entregan, por filas y columnas.

## **6. REQUERIMIENTOS FINANCIEROS Y OPERATIVOS NECESARIOS PARA LA PRESTACION DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PUBLICO**

Los requerimientos financieros y operativos del servicio de alumbrado público se establecieron tomando como modelo a la ciudad de Cartagena, en este se analizan diversos aspectos que definen o no la viabilidad financiera de la concesión, teniendo como parámetro principal que el servicio sea auto sostenible, es decir que se mantenga con los recursos recaudados vía tarifa, entre los aspectos que se desarrollan para el análisis se encuentran: el monto de las inversiones requeridas, la elaboración del flujo de caja del proyecto, la construcción de los estados financieros para el periodo de vida de la concesión.

Partiendo de una estructura de ingresos y costos, definidos en el capítulo tercero, se elabora inicialmente el programa de inversiones iniciales de la concesión, en donde queda registrado el monto de dinero necesario para desarrollar el proyecto, una vez desarrollado este programa, se diseña el flujo de caja del proyecto, y finalmente se elaboran el balance general y el estado de pérdidas y ganancias, proyectados para la vida de la concesión.

Con toda la información financiera desarrollada, se analiza la misma y se presentan conclusiones y recomendaciones, para garantizar la viabilidad del proyecto.

En este programa se determina la cantidad de recursos que se necesita para efectuar: la operación, el mantenimiento, expansión, repotenciación, recaudo, compra de maquinaria y equipos, costo de personal, gastos fijos, inversión en proyectos especiales, costo de la energía, impuesto de industria y comercio, otros costos, además se incluye el valor de lo recaudado por concepto de tarifas.

## **6.1 COSTO DE LA ENERGÍA**

El costo de la energía, es el resultado de multiplicar la cantidad de kilo vatios hora, por el costo del mismo en el mercado. El precio del kilo vatio hora se estipuló en la tabla de variables (tabla 2), un usuario no regulado puede comprar la energía en bolsa, así se puede obtener una significativa diferencia en precio a favor del usuario. Pero para ser considerado un usuario no regulado, se tiene en cuenta que la cantidad de vatios consumidos por mes, es superior al monto fijado por la CREG.

Todo el esquema que permite la compra de energía, a entidades diferentes a las electrificadoras lo analizaremos muy brevemente, explicando el sistema de comercialización de la energía en Colombia.

**6.1.1 Comercialización de la Energía en Colombia.** El esquema de la comercialización de la energía en Colombia lo reglamentaron las leyes 142 (ley de los servicios públicos domiciliarios) y 143 (ley eléctrica), para todo el sistema del sector energético Colombiano, los principales cambios introducidos a través de estas leyes se pueden resumir en cuatro puntos:

El primero en lo referente a la apertura del mercado de energía eléctrica en los negocios de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía, teniendo en cuenta la prohibición de la creación de nuevas empresas con integración de los negocios de generación y distribución.

El segundo punto es la creación de un libre mercado de energía, a través de una bolsa, dentro de la cual pueden participar todos los agentes generadores y comercializadores, con un despacho centralizado, con base en un esquema de utilización de recursos de menor costo y transacciones al precio marginal horario del sistema.

La tercera es la consolidación de la Comisión de Regulación de Energía y Gas, responsable de la reglamentación de las leyes eléctricas y de servicios públicos, en lo pertinente al desarrollo del mercado y de la libre competencia, esta comisión es la encargada de la regulación de todos los aspectos de tarifas en la prestación del servicio de alumbrado público, en conjunto con la superintendencia de servicios públicos.

La cuarta es la apertura del mercado de los usuarios finales entre usuarios regulados y usuarios no regulados o grandes usuarios, con lo cual se permite la libre contratación en cantidades y precios por parte de los grandes usuarios, con cualquiera de los generadores o comercializadores del país, redundando esto en una reducción de los costos en la compra de energía.

**6.1.2 Compra de Energía.** Para la compra de energía, en el nuevo esquema del mercado energético Colombiano se parte del principio de ser un usuario regulado o no, un usuario no regulado se definió como aquellos consumidores de energía con demandas iguales a 0.5 MW (mega vatios), permitiendo a los generadores vender directamente a cualquier gran consumidor independientemente de su localización, esta medida permite reducir la tarifa del costo de la energía en valores superiores a un cincuenta por ciento, teniendo en cuenta que en Colombia el precio de la energía al que compran, las distribuidoras es de treinta y cinco pesos por kilo vatio hora, para venderlo al detal a ciento treinta y cinco pesos kilo vatio hora, es decir con un incremento del 400%, siendo un caso único en el mundo y sin duda consecuencia de La absoluta ineficiencia de las electrificadoras en Colombia. Por tal razón el considerar al municipio o al concesionario como un usuario no regulado, representa un ahorro significativo en el costo de la energía, siendo fundamental para la prestación de dicho servicio, el cálculo de la energía consumida mes a mes por concepto de alumbrado público.

**6.1.3 Medición de la Energía Consumida.** La medición de la energía consumida como consecuencia de la prestación del servicio de alumbrado público, se divide en dos partes, la primera cuando existe medición por medio de un instrumento (contador de energía), y cuando no es posible efectuar la medición, donde se establece una fórmula mediante la cual se determina la cantidad de la energía consumida, gracias a la multiplicación de la potencia instalada, que es igual a la suma de la potencia en vatios de cada una de las luminarias instaladas en el sistema de alumbrado público, por dos factores, el primero de ellos se denomina factor de utilización, y corresponde al número de horas que permanece encendida la luminaria por día, el segundo corresponde al nivel de energía consumida por los elementos que permiten el funcionamiento de la bombilla, Como es el caso de los balastos, arrancadores, condensadores y foto celdas, que se establece como un porcentaje de la potencia instalada. La multiplicación de la potencia instalada por estos dos factores da el total de la energía consumida por concepto de alumbrado en un mes de operación,

si este valor supera los 0.5 MW/mes se considera, como un usuario no regulado, pudiendo comprar la energía a cualquier comercializador de energía.

**6.1.4 Cantidad de Energía consumida mensualmente.** Como se vió anteriormente, el cálculo de la cantidad de la energía consumida mensualmente, si no existe medición, como es el caso de la mayoría del sistema alumbrado público, al estar casi todas las luminarias conectadas a la red secundaria de la electrificadora y no contar con un aparato de medición por luminaria (lo cual resultaría muy costoso), se debe efectuar la medición mediante la fórmula establecida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas en su resolución 043 de 1995, fórmula que se analizó en el literal anterior.

El monto del costo de la energía varía mes a mes, gracias al programa de repotenciación, donde obtenemos para el caso de Cartagena una disminución del 24% de la energía consumida al final del primer año, esta diferencia varía de un periodo a otro, debido a los distintos cambios que se hacen mes a mes, este porcentaje (24%), varía según el censo de alumbrado que posea cada municipio y el periodo de tiempo que se establece para efectuar el cambio de las luminarias existentes por sodio alta presión.

En el caso de Cartagena, se realiza un cambio, en el segundo año de operación de la concesión, el programa de repotenciación trae un aumento en el consumo, al cambiar luminarias de 36 W de sodio baja presión, por luminarias de 70 W de sodio alta presión para obtener un mayor nivel y uniformidad en la iluminación, este cambio se debe realizar, para optimizar el alumbrado público de la ciudad, debido a que a pesar de ser más eficientes, las luminarias sodio de baja presión tienen un de un ICR casi cero.

El ICR como se explica en la primera parte de este trabajo, es un índice mediante el cual se establece la reproducción de los colores que posee la fuente luminosa, es decir la capacidad que posee la fuente luminosa de modificar o no los colores reales de los objetos o personas que se encuentran bajo la proyección de dicha fuente, en pocas palabras los objetos que están iluminados por una fuente de sodio a baja presión, se ven de un color diferente, por lo tanto es necesario efectuar el cambio de estas luminarias, a esto se debe agregar que en el modelo planteado para Cartagena se cambian todas las luminarias de sodio de alta presión instaladas en la ciudad antes de comenzar a funcionar la concesión, optimizando de esta manera todo el sistema de alumbrado público en la ciudad.

Este cambio se realiza teniendo en cuenta que no existen datos de la vida útil que les resta a estas luminarias, y que por economía de escala resulta más rentable, reponer y mantener las luminarias por bloque, mejorando la eficiencia del personal y los equipos operativos, al disminuir los tiempos muertos.

## **6.2 INVERSIONES EN LA REPOSICIÓN**

El costo de reposición los dos primeros años es igual a la suma de los costos directos, (materiales, mano de obra, equipos y herramientas) mas los costos indirectos (A.I.U.), y el valor del IVA sobre la utilidad en los cuadros del costo de repotenciación. Se fijó para los años siguientes variables que representen el valor de los diferentes costos del cambio, expresadas como un porcentaje del costo de los materiales, para determinar el valor correspondiente a la mano de obra, transporte equipos y herramientas, así como para la administración, imprevistos y utilidad.

El costo de la reposición en lo que hace referencia a los materiales, se extrae del programa de reposición donde se programan, todos los cambios de materiales que se realizan, de acuerdo a la vida útil de cada elemento.

### **6.3 INVERSIONES EN MANTENIMIENTO**

El costo de mantenimiento refleja las inversiones a realizar, por concepto de la reposición de elementos debidas a circunstancias diferentes al desgaste natural de los mismos, es decir, a la terminación de su vida útil.

Para determinar las cantidades a reponer se fijo un porcentaje del 7% de los materiales a repotenciar el primer año, donde en ese porcentaje tenemos incluidos dos componentes: el primero la tasa de expansión fijada en un 3% y segundo un porcentaje que corresponde al número de elementos a cambiar por vandalismo, accidentes, robo y otras circunstancias, fija en valor del 4 % del total de luminarias a repotenciar en el primer año.

No se incluyen en este ítem, mano obra, transporte, equipos, herramientas, ni los costos indirectos que genera esta labor, por estar reflejados en otros componentes del cuadro de necesidades de recursos.

En los años siguientes al término total de la repotenciación, se presenta un incremento mensual correspondiente a la tasa de expansión del servicio, fijada en el cuadro de variables como el 3% del número total de luminarias instaladas al iniciar la concesión.

La tasa de expansión es, el porcentaje que debe crecer el servicio de año en año para aumentar la cobertura del mismo.

#### **6.4 COSTOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA**

Los costos de operación del sistema corresponden, a los gastos fijos que tiene el operador del servicio de alumbrado, tales como: alquiler de oficina, alquiler de bodega, pago de servicios públicos, teléfono, publicaciones en prensa para dar a conocer como se presta el servicio, varios donde ubicamos diferentes gastos por ejemplo, los de papelería y relaciones públicas que son las inversiones a realizar para promover el servicio.

#### **6.5 COSTO DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

El costo de maquinaria, es el valor de los equipos necesarios para el mantenimiento y operación del sistema, allí se encuentran registrado el costo de los vehículos, las herramientas, equipos de comunicación, y las maquinarias, que son los equipos especializados para la prestación del servicio (hemos clasificado como maquinaria, a los carros canasta y a los carros grúa).

El mantenimiento de maquinaria y equipos, corresponde a todos los gastos originados para preservar y operar, los equipos, máquinas y herramientas, se incluyen, gastos de combustible, repuestos, mantenimiento preventivo, y reparaciones.

En equipos de oficina, comunicaciones, y herramientas, se incluye el costo de compra de los mismos, y su mantenimiento para el primer año, en los años siguientes de operación se incluye un rubro de mantenimiento, y de reposición una vez los equipos cumplan su vida útil (la vida útil de los equipos de oficina, comunicaciones, herramientas, muebles y encerados se encuentra registrada en la tabla 2 de variables).

## **6.6 COSTO DE PERSONAL**

Los costos de personal incluyen, el pago de nómina, prestaciones sociales, aportes parafiscales, pensiones, cesantías, vacaciones y todos aquellos elementos, que impliquen algún desembolso para el operador, derivados del uso de personal. Se dividen en operativos y administrativos, según la función que desempeñen, el detalle de estos costos se encuentra especificado en los cuadros de los costos de operación, expansión y mantenimiento.

## **6.7 COSTOS OCASIONALES**

Son todas aquellas inversiones a realizar, en una época del año debido a determinado acontecimiento especial, dentro de estas inversiones tenemos el alumbrado navideño, y otras originadas en la celebración de eventos especiales en la ciudad.

## **6.8 OTROS COSTOS**

Encontramos en otras inversiones, rubros como el pago del impuesto de industria y comercio, los seguros que debe adquirir el operador, el valor del costo de la administración de la fiducia, el costo del recaudo donde se incluye el valor de la facturación y la gestión comercial del servicio.

## 6.9 FLUJO DE EFECTIVO

En el cuadro 21 se estableció el flujo de efectivo para la concesión, este cuadro mes a mes especifica la cantidad de efectivo a desembolsar, para operar, repotenciar, mantener y expandir el servicio, también incluye, el costo de los proyectos especiales, los costos ocasionales, impuestos, el monto de los préstamos a realizar, el pago de los mismos, incluyendo amortización e intereses.

Previo al cuadro 21 se encuentran seis tablas, la primera donde se especifican el costo del dinero si se utiliza un crédito, otorgado por la FEN con plazos, intereses y formas de pago, se utilizó la Fen por que es la entidad especializada para préstamos del sector eléctrico, con los intereses más bajos del mercado (Tabla 1). La segunda tabla incluye un listado de variables, económicas, tributarias, tarifarias y otras utilizadas en el desarrollo de los cálculos(Tabla 2). En las demás tablas encontramos la vida útil de los elementos básicos utilizados en el sistema de alumbrado, variables que nos permiten realizar los cálculos para efectuar la repotenciación(Tabla3, Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6).El cuadro comienza con el recaudo mensual fijado, continua con la potencia instalada del sistema, el costo de la energía, continua con los costos de operación donde se incluyen: la expansión, la reposición, el costo y mantenimiento de equipos y maquinaria (se incluye equipos de oficina, maquinaria, herramientas y equipos de comunicación).El personal administrativo y operativo, se incluye el pago del impuesto de industria y comercio, el costo de los seguros, la administración fiduciaria, el costo del recaudo, los costos ocasionales, luego se efectúa una operación, donde se le resta a los ingresos todos los egresos originados por la prestación del servicio de alumbrado público. Se denominó esta diferencia como la utilidad operativa, en los primeros meses existe una fuerte diferencia entre los ingresos y egresos obligando a recurrir a un préstamo, el monto del mismo cubre la diferencia de efectivo y solventa todas las necesidades.

Según los cálculos es necesario solicitar tres préstamos en los dos primeros años de operación, para medir el efecto de los mismos se introducen los cuadros de amortización, para cada préstamo.

Se introducen posteriormente del rendimiento fiduciario que se suma a los ingresos y se establece la base gravable, donde aplicamos el impuesto de renta, efectuamos una nueva suma de egresos donde incluimos la amortización y los intereses de los préstamos, mas el impuesto de renta y una suma de ingresos donde se suma lo recaudado por tarifa mas el rendimiento de la fiducia, por ultimo se establece un cuadro donde se restan de todos los ingresos, todos los egresos arrojando una diferencia de efectivo.

#### **6.10 SERVICIO DE LA DEUDA.**

El servicio de la deuda corresponde al cálculo de las obligaciones contraídas, por el concesionario, para apalancar las inversiones necesarias para la prestación del servicio de alumbrado público.

Para el caso de Cartagena se analiza el pago de la deuda que tiene el distrito, por la compra de luminarias, esta deuda no se incluye en los cuadros financieros de la concesión.

Para el servicio de la deuda, se establece primero el valor de la deuda del distrito de Cartagena con el Banco Santander por la compra de luminarias de sodio de baja presión de 36 w en 1994, liquidada a los intereses establecidos por el banco.

## **7. MODELO PARA LA VALORACION Y ANALISIS DE LOS INGRESOS Y EGRESOS POR CONCEPTO DE ALUMBRADO PUBLICO**

### **7.1 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO**

Es un cuadro de 21 columnas donde en la primera columna se describen los ingresos y egresos del flujo y las restantes corresponden al número de años del proyecto. En el modelo que se presenta corresponde a una concesión cuya duración es de 20 años.

El flujo de caja se divide en dos partes, los ingresos y los egresos, a su vez cada una de estas partes tiene diversas cuentas que se describirán a continuación. Cuadro 19.

**7.1.1. Ingresos.** Para el proyecto de concesión de alumbrado público existen 4 formas de obtención de recursos, la primera es el recaudo correspondiente al pago de la facturación del servicio de alumbrado público de acuerdo a la tarifa establecida, el valor consignado para dicho rubro proviene de la hoja de cálculo programa de la inversión columna de recaudo total columna de recaudo totalizado por año.

La segunda son los aportes de capital que corresponden a los recursos entregados por los socios para el desarrollo del proyecto cuyo valor se extrae de la hoja programa de inversión columna capital de riesgo.

El tercero son los ingresos por préstamo, recursos obtenidos por entidades financieras no asociadas con el proyecto y el valor que se consigna en esta celda provienen del cuadro programa de inversión de la columna ingreso por préstamo.

El cuarto es rendimientos financieros, son los ingresos provenientes de los intereses generados por: los préstamos, más el recaudo por la prestación del servicio y aportes de capital que se depositan en el sistema financiero obteniendo algún tipo de rendimiento.

**7.1.2 Egresos.** El primero es la amortización de capital, que corresponde a los pagos sobre capital de los préstamos otorgados y el dato se extrae del cuadro programa de inversión de la columna de amortización capital. El segundo egreso corresponde a la amortización de intereses.

El costo variable, corresponde a la suma del costo de la energía, el costo de la expansión, más el costo de seguro publicidad y contingencia y costo de reposición.

Los costos fijos corresponden a los costos por recaudo, administración, administración de la fiducia, personal, equipos, costo de interventoría, facturación y recaudo, depreciación de los vehículos y maquinaria y el dato se toma de la tabla de depreciación de equipos, la amortización de capital corresponde al pago de los créditos obtenidos y corresponde a la columna amortización de capital.

## **7.2 ESTADO DE RESULTADOS**

Estado de resultado, es un reflejo de la utilidad obtenida por la empresa, en el ejercicio de sus labores y los costos incurridos por ella como son los costos operacionales, costos administrativos y los gastos financieros, y con la utilidad podemos calcular la tasa mínima interna de retorno que pueda ser utilizada por un inversionista privado. ( Ver Anexo 5).

### **7.3 BALANCE GENERAL**

Este estado financiero muestra lo que la empresa posee, los activos, pasivos y la forma como ellos están financiados. (Ver Anexo 6)

### **7.4 MODELO PARA EL CALCULO DE LA TARIFA**

El modelo para el cálculo de la tarifa se toma del mismo flujo de caja del proyecto donde se registran todos los ingresos y egresos del proyecto, donde los ingresos no financieros (los ingresos financieros son aquellos que se obtienen por un crédito o aportes del concesionario).

Son en su totalidad producto del recaudo del impuesto de alumbrado público, estos ingresos deben ser lo suficientemente altos para que el flujo de caja del proyecto sea siempre positivo, teniendo en cuenta que los ingresos denominados financieros deben tener una tasa interna de retorno atractiva para los inversionistas (sistema financiero y concesionario), para determinar el monto de la tarifa se tiene una hoja de cálculo, donde se realizan las operaciones para encontrar los valores a establecer según el tipo de usuarios.

**7.4.1. Tarifa mensual autosuficiente.** El monto de la tarifa mensual autosuficiente se determina en el flujo de fondos del proyecto, donde en los meses de ejecución de la repotenciación se debe presentar un déficit el cual debe ser cubierto por recursos financieros, dichos recursos generan a su vez un costo de financiación el cual se debe proyectar con un plazo y una tasa razonable, para que mediante el recaudo de la tarifa se cubran en su totalidad.

**7.4.2. Tarifa mínima mensual.** El monto de la tarifa mínima mensual debe ser igual a la suma necesaria para garantizar la operación y mantenimiento del servicio, incluyendo el costo de la energía, esta se calcula con la suma de las columnas del flujo de caja del proyecto y se determina mediante una fórmula sencilla mes a mes, dicha tarifa garantiza la prestación del servicio sin incluir los costos de la repotenciación ni los rendimientos financieros (TIR), es necesario aclarar que la tarifa mínima solo se debe aplicar si el Municipio cuenta con los recursos necesarios para sufragar los de la repotenciación en su totalidad.

**7.4.3. Tarifa mixta mensual.** Se ha denominado tarifa mixta mensual a una tarifa intermedia entre la mínima y la autosuficiente, y se puede implementar en caso de que el Municipio no cuente con todos los recursos necesarios para realizar la repotenciación, luego esta tarifa mixta mensual debe ser igual a la suma necesaria para garantizar la operación y mantenimiento del servicio, incluyendo el costo de la energía, más el costo de la repotenciación que no puede sufragar el municipio teniendo en cuenta los costos de financiación del proyecto.

**7.4.4. Tasa interna de retorno.** En el flujo de caja del proyecto se ha calculado una T.I.R. cuyo monto debe determinar el municipio, teniendo en cuenta aspectos tales como: el costo de la repotenciación, el costo de financiación del proyecto, los riesgos que corre el concesionario, el costo del dinero y los costos de oportunidad, donde las variables macro económicas del país son la principal fuente de cálculo para dicha tasa, el Municipio debe establecer una T.I.R. para el proyecto que resulte lo suficientemente atractiva para atraer inversionistas, con el menor costo para los usuarios del servicio.

**7.4.5. Distribución de la tarifa.** Una vez se establece el monto mensual de la tarifa, este se debe distribuir entre todos los usuarios del servicio, los cuales se dividen en dos grandes grupos: los residenciales, y los no residenciales, dentro de los residenciales existe una subdivisión por estratificación, y los no residenciales se dividen según su actividad económica (industriales, comerciales, oficiales, usuarios no regulados).

El monto que se le debe asignar a cada sector depende de su capacidad de pago y del número de usuarios con que cuente, una manera sencilla consiste en determinar cuánto es el pago mensual que realizan por consumo de energía, lo cual arrojará una cifra X, a la cual se le calculará un porcentaje determinado Y, que de cómo resultado un monto M el cual debe ser igual a la tarifa mensual propuesta para el alumbrado público, luego se obtendría una fórmula  $M = X * Y$  donde se despeja la variable Y la cual es el porcentaje que se debe asignar para establecer el impuesto de alumbrado público.

Dentro de la distribución de la tarifa se pueden establecer montos fijos para el sector residencial según su estratificación, de la misma manera se deben establecer montos mínimos de impuesto para el sector no residencial, estos valores se deben indexar, para el sector residencial, oficial y comercial con el I.P.C. y para el industrial con el I.P.P, con ello se busca garantizar la autosostenibilidad del servicio.

Se pueden combinar los criterios de establecer tarifas indexadas, con el de porcentaje del consumo de energía, para lo cual se debe tener en cuenta el tipo de usuario (residencial, no residencial). Como regla se debe establecer para el sector no residencial un porcentaje, ya que dentro de un mismo grupo se pueden encontrar usuarios con una gran diferencia en su capacidad de pago, por ejemplo un almacén de cadena, es un usuario comercial al igual que una tienda, pero la capacidad de pago es totalmente diferente, luego la manera más adecuada de establecer la tarifa es mediante un porcentaje del consumo de energía.

El criterio de establecer tarifas fijas indexadas es válido únicamente para el sector residencial teniendo en cuenta que el monto debe variar según su estratificación, ya que la misma determina la capacidad de pago del usuario.

**7.4.6. Incremento de la tarifa.** Una vez se establece el monto mensual de la tarifa, y el porcentaje de la tarifa este se debe incrementar de tal manera, que garantice el equilibrio económico del proyecto en el transcurso del tiempo, la mejor manera de hacerlo es estableciendo un porcentaje de incremento que debe estar ligado directamente a los índices de precios del consumidor y del productor (I.P.C., I.P.P.) teniendo en cuenta que los costos del proyecto se incrementan en el flujo de caja presentado según estos índices, es necesario aclarar que el porcentaje como tal no se debe indexar, lo que se debe incrementar es la base sobre la cual se establece el factor Y, o la tarifa mínima que se establece por sector.

**7.4.7. Cuadro de calculo de la tarifa.** Es un cuadro con la misma estructura del cuadro de recaudo, el trae una serie de variables las cuales describiremos a continuación: La constante "S" la cual corresponde al numero de usuarios, La variable "m" la cual corresponde a la tarifa mínima fija establecida, La variable "Y" que indica el porcentaje de la facturación del servicio de energía que se establece como tasa de alumbrado publico, la constante "F" que indica el valor facturado por concepto de alumbrado publico, la Constante "M" la cual corresponde al valor que se debe recaudar para garantizar la prestación del servicio, y la variable "P" que es la relación entre la constante "M" y la variable "F". Ver cuadro 20. Las variables descritas anteriormente tienen subíndices según correspondan a los distintos tipos de usuarios, lo cual permite establecer ecuaciones de las cuales podemos despejar los valores "Y", m, que nos indicaran los valores puntuales que se deben establecer, es importante tener en cuenta que m es el valor mínimo que necesitamos de "Y" para garantizar que el servicio sea auto sostenible, a su vez podemos fijar un monto "m" indexado que reemplace a "Y" para el sector residencial.

## **8. GUIA EXPLICATIVA DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PUBLICO**

En esta guía explicativa, se hace con el objetivo de presentar de una forma amena y sencilla el servicio de alumbrado público en Colombia, en ella se hace una breve introducción sobre los sistemas de alumbrado público, las políticas del gobierno nacional sobre uso racional de la energía. Posteriormente se presenta la visión sobre la prestación del servicio, y del proyecto en general que se quiere implementar en el municipio.

Se describen en la guía unos objetivos generales comunes para cualquier municipio en lo relacionado con iluminación pública, se esboza una situación actual de forma muy general, y se presentan opciones para que se escoja entre una de ellas, de esta manera se toma una decisión que permite al municipio determinar los pasos siguientes a seguir.

Otra parte de la guía la constituye, el régimen legal donde se menciona las leyes, decretos, resoluciones que tienen que ver con el servicio, una descripción general de la manera en que se presta el servicio mediante el sistema de concesión, y finalmente unas recomendaciones y conclusiones para llevar a buen término la prestación del servicio.