

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA.

FACULTAD DE INGENIERÍAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

"ANÁLISIS DE LA DEMANDA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA  
EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES POR EL USO DE LÁMPARAS  
FLUORESCENTES COMPACTAS (LFCs)"

*Tesis previa a la  
obtención del  
Título de Ingeniero  
Eléctrico.*

Autores:

Juan Carlos Bermeo Zumba.

Marco Antonio Luna Martínez.

Director:

Ing. Jaime Sánchez.

Cuenca - Ecuador

2010

## **DECLARATORIA.**

*Nosotros Juan Carlos Bermeo Zumba y Marco Antonio Luna Martínez declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.*

*A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.*

Cuenca, julio del 2010.

f) \_\_\_\_\_

Juan Carlos Bermeo Zumba.

f) \_\_\_\_\_

Marco Antonio Luna Martínez.

**CERTIFICACION.**

*Yo Ing. Jaime Sánchez certifico que el presente proyecto fue realizado por los estudiantes Juan Carlos Bermeo Zumba y Marco Antonio Luna Martínez bajo mi supervisión.*

f) \_\_\_\_\_

Ing. Jaime Sánchez.

## **Agradecimiento.**

*A Dios, y a nuestros padres,*

*Al Director de Tesis de Grado, por su constante ayuda y colaboración para la exitosa culminación de este trabajo.*

*A las todas las personas que creyeron en nuestras capacidades antes y durante todo este proceso.*

**Los Autores.**

### **Dedicatoria.**

*El presente trabajo lo dedico a la comunidad Salesiana ya que gracias a su presencia en esta ciudad tuve la oportunidad de educarme y así aprender a vivir como parte de su obra.*

*A mis padres y hermanas porque siempre creyeron en mis capacidades y nunca dudaron de lo que hoy es una realidad.*

*A los amigos y amigas por estar a mi lado como una verdadera familia en todos esos momentos en que uno ha demostrado debilidad frente a la adversidad.*

**Juan Carlos Bermeo Zumba.**

**Dedicatoria.**

*Este proyecto lo dedico a mi madre Natividad, por haberme inculcado buenos valores y virtudes que han hecho de mí la persona que soy, a mi esposa Sonia y a mi hija Daniela por ser el motor de mi vida, a mis queridos hermanos que siempre han estado junto a mí en este largo caminar, a mis compañeros y amigos con quienes pudimos cumplir nuestros sueños y con quienes logramos salir de las adversidades con éxito.*

**Marco Antonio Luna Martínez.**

## INDICE.

### CAPITULO 1

#### LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (LFCs).

	<b>Pg.</b>
<b>1.1 GENERALIDADES SOBRE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS.....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Antecedentes. ....	1
1.1.2 Aparición De La Lámpara Fluorescente Compacta. ....	2
1.1.3 Funcionamiento De La Lámpara Fluorescente Compacta. ....	4
1.1.4 Partes De Las Lámparas Fluorescentes Compactas (LFCs). ....	6
1.1.4.1 Tubo Fluorescente. ....	7
1.1.4.2 Filamentos. ....	7
1.1.4.3 Balasto Electrónico. ....	8
1.1.4.4 Base. ....	9
1.1.5 Formas, Tamaños Y Usos De Una LFC. ....	9
1.1.5.1 Lámparas De Uso Residencial. ....	10
1.1.6 Luz Y Color De Una LFC. ....	11
1.1.6.1 Clasificación De Los Colores Según El Diagrama Cromático. ....	12
1.1.6.2 Temperatura De Color (TC). ....	14
1.1.6.3 Índice De Rendimiento De Color (IRC). ....	15
1.1.6.4 Las Curvas De Kruithof Para Determinar El Confort Visual. ....	16
1.1.7 Características De Las Lámparas Fluorescentes Compactas. ....	18
1.1.7.1 Las Lámpara Fluorescentes Compactas LFC Y El Ahorro De Energía. ....	18
1.1.7.2 Vida Útil Y Duración De Las Lámparas. ....	19
1.1.8 Comparación Entre Lámparas De Bajo Consumo E Incandescentes. ....	19
1.1.8.1 Ventajas De Las LFC Comparadas Con Las Incandescentes. ....	20
1.1.8.2 Desventajas De Las LFC Comparadas Con Las Incandescentes. ....	21

<b>1.2 ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA.</b> .....	22
1.2.1 Objetivos Del Estudio. ....	22
1.2.2 Conceptos Y Definiciones Para El Estudio De La Calidad De La Energía De Las LFCs .....	22
1.2.3 Procedimiento Para El Estudio De La Calidad De La Energía De Las LFCs .....	23
1.2.4 Normativa A Utilizar En El Estudio. ....	25
1.2.5 Condiciones De Los Estudios De Laboratorio.....	30
1.2.5.1 Tensión De Ensayo. ....	30
1.2.5.2 Temperatura. ....	30
1.2.5.3 Aislamiento De Interferencias.....	31
1.2.5.4 Equipos Usados para el presente estudio. ....	31
1.2.6 Desarrollo De Estudios De La Calidad De La Energía.....	32
1.2.6.1 Recolección Y Selección De Muestras (M). ....	32
1.2.6.2 Proceso De Envejecimiento De Lámparas. ....	34
1.2.6.3 Mediciones Realizadas En El Laboratorio.....	35
1.2.6.3.1 Medición De La Potencia.....	36
1.2.6.3.1.1 Objetivos De La Medición De La Potencia. ....	36
1.2.6.3.1.2 Datos Obtenidos De La Medición De La Potencia. ....	36
1.2.6.3.1.3 Análisis de resultados.....	38
1.2.6.3.2 Medicion del Factor de potencia. ....	40
1.2.6.3.2.1 Objetivos de la medición del factor de potencia. ....	40
1.2.6.3.2.2 Datos obtenidos de la medición del factor de potencia.....	40
1.2.6.3.2.3 Análisis de resultados.....	41
1.2.6.3.3 Medición de la corriente. ....	42
1.2.6.3.3.1 Objetivo de la medición de la Corriente. ....	42
1.2.6.3.3.2 Datos obtenidos.....	42
1.2.6.3.3.3 Formas de onda. ....	44



	<b>Pg.</b>
1.2.6.3.3.4 Análisis de resultados.....	49
1.2.6.3.4 Medición De La Distorsión Armónica En El Voltaje (THDv) Y La Corriente (THDi).....	50
1.2.6.3.4.1 Objetivos de la medición de de la distorsión armónica (THDv) y (THDi).....	50
1.2.6.3.4.2 Datos obtenidos medición de de la distorsión armónica (THDv) y (THDi).....	50
1.2.6.3.4.3 Análisis de resultados.....	52
1.2.6.3.5 Estudio de la Influencia de las LFCs en algunos dispositivos eléctricos.....	54
1.2.6.3.5.1 Objetivos del Estudio De La Influencia De Las LFC En Algunos Dispositivos Eléctricos.....	55
1.2.6.3.5.2 Datos obtenidos del Estudio de la Influencia de las LFCs en algunos Dispositivos Eléctricos. ....	55
1.2.6.3.5.2.1 Influencia de la LFC En Un Motor monofásico.....	55
1.2.6.3.5.2.1.1 Análisis de resultados.....	56
1.2.6.3.5.2.2 Datos obtenidos de la Influencia de la LFC en un transformador.....	56
1.2.6.3.5.2.2.1 Análisis de resultados.....	57
1.2.6.3.5.2.3 Datos obtenidos de la Influencia de la LFC en inductancias. ....	57
1.2.6.3.5.2.3.1 Análisis de resultados.....	59
1.2.6.3.5.2.4 Datos obtenidos de la influencia de la LFC en capacitores. ....	60
1.2.6.3.5.2.4.1 Análisis de resultados.....	61

<b>1.3 ESTUDIO DE DE LA CALIDAD DE LA LUZ DE LAS LFCs. ....</b>	<b>63</b>
1.3.1 Objetivos del estudio de la calidad de la luz. ....	63
1.3.2 Conceptos Y Definiciones Para El Estudio De La Calidad De La Luz De Las LFCs .....	63
1.3.3 Procedimiento Para El Estudio De La Calidad De La Luz De La LFCs .....	63
1.3.4 Normativa A Utilizar En El Estudio. ....	65
1.3.5 Equipos Utilizados En El Presente Estudio. ....	67
1.3.6 Desarrollo Del Estudios De La Calidad De La Luz.....	67
1.3.6.1 Calculo Del Flujo Luminoso.....	68
1.3.6.1.1 Objetivos Del Cálculo Del Flujo Luminoso. ....	68
1.3.6.1.2 Descripción Del Procedimiento Para Obtener El Flujo Luminoso. ....	68
1.3.6.1.3 Datos Obtenidos.....	69
1.3.6.1.4 Análisis de resultados.....	71
1.3.6.2 Medición referencial de nivel de iluminación.....	73
1.3.6.2.1 Objetivos. ....	73
1.3.6.2.2 Descripción Del Procedimiento. ....	73
1.3.6.2.3 Datos Obtenidos.....	74
1.3.6.2.4 Análisis Medición referencial de nivel de iluminación.....	76
1.3.6.3 Estudio del grado de confort visual según las Curvas de Kruithof Para la relación entre la temperatura del color $T_c$ y la Iluminancia.....	76
1.3.6.3.1 Objetivos. ....	76
1.3.6.3.2 Descripción Del Procedimiento. ....	77
1.3.6.3.3 Estructuración de las curvas de Kruithof. ....	79
1.3.6.3.4 Análisis del confort visual.....	81
1.3.6.4 Calculo de Eficiencia Luminosa. ....	82
1.3.6.4.1 Objetivos. ....	82
1.3.6.4.2 Descripción Del Procedimiento. ....	82
1.3.6.4.3 Datos obtenidos.....	82
1.3.6.4.4 Análisis del cálculo de Eficiencia Luminosa .....	83

## CAPITULO 2

### IMPACTO EN LA POTENCIA Y ENERGÍA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES POR LA SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS INCANDESCENTES POR LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (LFCs).

	Pg.
<b>2.1 Antecedentes Históricos Del Uso De LFCs En El Sistema Eléctrico De La Empresa Eléctrica Azogues. ....</b>	<b>86</b>
2.1.1 Descripción Del Sistema Eléctrico De Azogues.....	86
2.1.2 Antecedentes. ....	88
<b>2.2 Metodología y cálculo del ahorro de la potencia Y energía demandada en el sistema.....</b>	<b>89</b>
2.2.1 Conceptos y definiciones. ....	89
2.2.1.1 Series de tiempo. ....	89
2.2.1.2 Análisis grafico de una serie de tiempo. ....	90
2.2.1.3 Modelos de la Serie de Tiempo.....	93
2.2.1.4 Estimación de la Tendencia. ....	95
2.2.1.5 Ajuste de una Función.....	96
2.2.2 Metodología del estudio. ....	97
2.2.3 Consideraciones para el análisis. ....	98
2.2.3.1 Consideraciones generales. ....	98
2.2.3.2 Consideraciones técnicas. ....	99
2.2.3 Desarrollo del Análisis del la demanda de potencia. ....	105
2.2.3.1 Serie de Tiempo Diferencia Porcentual. ....	105
2.2.3.2 Tabulación de datos. ....	108

2.2.3.3 Análisis del comportamiento del consumo y determinación de la tendencia.....	111
2.2.3.4 Análisis de la Tendencia. ....	112
<b>2.3 Cálculo y estudio del costo del ahorro de la energía.....</b>	<b>122</b>
2.3.1 Determinación del ahorro de energía. ....	122
2.3.4 Desarrollo. ....	122
2.3.4.1 Ahorro de energía en una vivienda .....	122
2.3.4.2 Análisis de la facturación de un grupo de abonados. . ....	127
2.3.4.3 Ahorro de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la ciudad de Azogues.....	136
2.3.4.3.1 Consideraciones .....	137
<b>2.4 Evaluación económica general de los beneficios que obtiene la EMPRESA ÉLECTRICA AZOGUES por el uso de las LFCs .....</b>	<b>142</b>
<b>2.5 Estudio económico a nivel de MERCADO ELECTRCICO por el ahorro de potencia y energía.....</b>	<b>144</b>

## CAPITULO 3

### ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL USO DE LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (LFCs).

	<b>Pg.</b>
<b>3.1 Introducción. ....</b>	<b>147</b>
3.1.1 Objetivos. ....	147
3.1.2 Metodología a aplicar para el estudio socioeconómico. ....	148
<b>3.2 Fundamentos matemáticos. ....</b>	<b>148</b>
3.2.1 Tasa de descuento. ....	149
3.2.2 Consideraciones sobre la elección de la tasa de descuento. ....	150
3.2.3 Vida útil del equipo y período de análisis. ....	150
3.2.4 Flujo de caja. ....	151
3.2.5 Valor actual. ....	151
3.2.5.1 Caso con movimientos de caja distintos. ....	152
3.2.5.2 Caso con movimientos de caja iguales. ....	152
<b>3.3 Indicadores comparativos. ....</b>	<b>154</b>
3.3.1 Inversión. ....	155
3.3.2 Costos de operación y mantenimiento (O&M). ....	155
3.3.3 Valor Actual Neto (VAN). ....	157
3.3.4 El periodo simple de repago (PSR). ....	158
3.3.5 Tasa interna de retorno (TIR). ....	158
3.3.6 Consideraciones sobre la TIR. ....	159

3.3.7 Costo anualizado total (CAT). .....	159
3.3.8 Comparación entre los distintos índices.....	162
<b>3.4 Estudio de la rentabilidad de la iluminación eficiente en</b>	
el sector residencial y comercial. ....	163
3.4.1 Encuesta para determinar la conformidad del usuario residencial o	
Comercial por el uso de LFCs.....	163
3.4.1.1 Planteamiento de la encuesta .....	164
3.4.1.2 Ubicación de la zona donde se aplico la encuesta.....	171
3.4.1.3 Análisis Resultados obtenidos. ....	172
3.4.2 Análisis económico basado en matemáticas financiera. ....	182
3.4.2.1 Análisis económico en el Sector Residencial.....	182
3.4.2.1.1 Reemplazo de una lámpara incandescente de 100W	
Por una LFC de 20W. ....	183
3.4.2.2 Análisis económico en el Sector Residencial.....	187
3.5 Estudio evaluativo entre rendimiento y costos asociados	
Al consumo de energía eléctrica en iluminación. ....	188
3.5.1 Estudio evaluativo para lámparas incandescentes según El rendimiento	
y costos asociados al consumo de energía. ....	189
3.5.2 Estudio evaluativo para LFCs según el rendimiento	
y costos asociados al consumo de energía. ....	191
3.5.3 Factores influyentes en la rentabilidad.....	193
3.5.4 Criterios de rentabilidad.....	196

## **CAPITULO 4**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**Pg.**

<b>4.1 Conclusiones. ....</b>	<b>2</b>
<b>4.2 Recomendaciones. ....</b>	<b>2</b>

## ÍNDICE DE TABLAS.

### TABLAS DEL CAPÍTULO 1.

	<b>Pg.</b>
Tabla 1.1.1 Lámparas Incandescentes Vs Fluorescentes Compactas .....	21
Tabla 1.2.1 Resumen De Variables Consideradas. ....	23
Tabla 1.2.2 Normas Ecuatorianas Consideradas.....	27
Tabla 1.2.3 Norma Internacional Considerada. ....	28
TABLA 1.2.4 Pruebas De Laboratorio Para Lámparas Incandescentes. ....	28
Tabla 1.2.5 Pruebas De Laboratorio Para Lámparas Fluorescentes Compactas.....	29
Tabla. 1.2.6 Tensión De Ensayo. ....	30
Tabla 1.2.7 Datos Técnicos De Las Muestras Recolectadas.....	34
Tabla. 1.2.8 Datos Obtenidos De La Medición De Potencia En Lámparas Incandescente (100W) .....	37
Tabla 1.2.9 Datos Obtenidos De La Medición De Potencia En LFCs (20W) .....	37
Tabla 1.2.10 Análisis Según La Norma RTE INEN 036 Para LFCs. ....	38
Tabla 1.2.11 Factor De Potencia Medido En Lámparas Incandescentes (100W). ....	41
Tabla 1.2.12 Factor De Potencia Medido En LFCs (20W).....	41
Tabla 1.2.13 Medición De La Corriente En Lámparas Incandescente (100W) .....	43
Tabla 1.2.14 Medición De La Corriente En LFCs (20W).....	43
Tabla 1.2.15 Medición De La Distorsión Armónica THDv Y THDi En Lámparas Incandescentes (100W).....	51
Tabla 1.2.16 Medición De La Distorsión Armónica THDv Y THDi En LFCs (20W).....	52
Tabla 1.2.17 Análisis Mediante La Norma RTE INEN 036 Para LFCs .....	53
Tabla 1.2.18 Datos Obtenidos De Las Mediciones Para Determinar La Influencia De La LFCs En Un Motor Monofásico. ....	56
Tabla 1.2.19 Datos Obtenidos De Las Mediciones Para Determinar La Influencia De La LFCs En Un Transformador.....	57



Tabla 1.2.20 Datos Obtenidos De Las Mediciones En Los Circuitos Inductivos.....	58
Tabla 1.2.21 Datos Obtenidos De Las Mediciones En Los Circuitos Inductivos Para Los A La LFCs.....	59
Tabla 1.2.22 Datos Obtenidos De Las Mediciones En Los Circuitos Capacitivos....	60
Tabla 1.2.23 Datos Obtenidos De Las Mediciones En Los Circuitos Capacitivos Paralelos A La LFC.....	61
Tabla 1.3.1 Pruebas De Laboratorio Para Lámparas Incandescentes. ....	65
Tabla 1.3.2 Pruebas De Laboratorio Para Lámparas Fluorescentes Compactas.....	65
Tabla 1.3.3 Estándar RTE INEN 036 Para LFCs (Sin Envolvente). ....	66
Tabla 1.3.4 Estándar RTE INEN 036 Para LFCs (Sin Envolvente). ....	66
Tabla 1.3.5 Medición De Nivel De Iluminación Para Determinar El Flujo Luminoso. ....	70
Tabla 1.3.6 Flujo Luminoso Calculado En Lámparas Incandescentes Y Lámparas Fluorescentes Compactas. ....	71
Tabla 1.3.7 Análisis Del Flujo Luminoso Calculado En LFCs .....	72
Tabla 1.3.8 Medición Del Nivel De Iluminación Referencial Proporcionado Por Una Lic.....	75
Tabla 1.3.9 Datos Para Obtención De Curvas Del Confort Visual.....	78
Tabla 1.3.10 Eficiencia Calculada En Lámparas Incandescentes. ....	83
Tabla 1.3.11 Eficiencia Calculada En Lámparas Fluorescentes Compactas. ....	84

## TABLAS DEL CAPÍTULO 2

	<b>Pg.</b>
Tabla 2.1.1 Número de clientes por categoría. ....	86
Tabla 2.2.2 Cuadro de cargas para consideración técnica donde se usan focos incandescentes de 100W. ....	103
Tabla 2.2.3 Cuadro de cargas para consideración técnica donde se usan LFCs de 20w. ....	104
Tabla 2.2.4 Ejemplo de potencia reducida en el período 2008/2009. ....	114
Tabla 2.2.5 Potencia ahorrada para el ejemplo. ....	114
Tabla 2.2.6 Diferencia porcentual de los periodos 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009. ....	115
Tabla 2.2.7 Potencia ahorrada en los periodos 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009. ....	117
Tabla 2.2.8 Ahorro total de potencia. ....	119
Tabla 2.3.1 Consumo de energía cuando se usa Lámparas incandescentes de 100W. ....	123
Tabla 2.3.2 Consumo de energía usando LFCs de 20 W ....	125
Tabla 2.3.3 Comparación entre consumo de lámparas Incandescentes frente a las LFCs ....	126
Tabla 2.3.4 Ahorro anual obtenido por el uso de LFCs. ....	126
Tabla 2.3.5 porcentajes de participación de cada sector en la facturación. ....	136
Tabla 2.3.6 Consumo de energía eléctrica (2001-2009) De la Empresa eléctrica Azogues.....	138
Tabla 2.3.7 Consumo de energía eléctrica (2001-2009) del sector residencial. ....	139
Tabla 2.3.8 porcentaje de crecimiento del consumo residencial (2001-2009). ....	140
Tabla 2.3.9 Comparación entre porcentaje de crecimiento y de crecimiento del consumo residencial (2001-2009). ....	141
Tabla 2.4.1 Costo de la potencia de compra. ....	143
Tabla 2.4.2 Ahorro en potencia de compra. ....	143
Tabla 2.5.1 Consumo de combustibles para la generación nacional. ....	145

	<b>Pg.</b>
Tabla 2.5.2 Precios de combustibles usados para generación. ....	145
Tabla 2.5.3 Galones de combustible ahorrados. ....	145

### **TABLAS DEL CAPÍTULO 3.**

	<b>Pg.</b>
Tabla 3.3.1 Características de los indicadores comparativos. ....	163
Tabla 3.4.1 Muestras sobresalientes del estudio técnico así como la encuesta .....	183
Tabla 3.5.1 Costo anualizado total. ....	194

## **CAPITULO 1**

### **LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (LFCS).**

#### **1.1 GENERALIDADES SOBRE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS.**

##### **1.1.1 Antecedentes.**

Desde que Thomas Alva Edison patentó la bombilla incandescente, en 1879, se han venido desarrollando hasta la fecha otros tipos de lámparas que se caracterizan por su menor consumo de energía eléctrica y en general mucho más eficiente.

Desde los albores de la humanidad el método más común de obtener luz ha sido generando previamente calor, como ocurre cuando hacemos una antorcha con la rama de un árbol o encendemos una vela, o una lámpara de querosene.

Por otra parte, si calentamos un trozo de metal con una llama intensa, veremos como a medida que se calienta pasa del color naranja al amarillo intenso. Pero si además logramos impartirle una temperatura tan alta como para que alcance el estado de incandescencia, obtendremos entonces luz blanca. Esa es la manera de lograr que una lámpara incandescente emita luz.

En el caso específico de una lámpara o bombilla incandescente, la corriente eléctrica que fluye por el delgado filamento metálico de tungsteno provoca que se caliente a una temperatura tan alta, que al llegar al blanco incandescente emite luz visible.

Debido a ese fenómeno físico, el 90% del total de la energía eléctrica que consume una lámpara incandescente para emitir luz se pierde por disipación de calor al medio ambiente, sin que esa pérdida reporte ningún beneficio útil.

En la práctica, durante todo el tiempo que permanece encendida una lámpara incandescente disipa más radiaciones infrarrojas (no visibles, pero que se perciben en forma de calor), que ondas electromagnéticas de luz visible para el ojo humano.

No obstante, millones de hogares en todo el mundo se alumbran todavía con lámparas incandescentes, a pesar de que desde finales de los años 30 del siglo pasado existen otros tipos de lámparas con similares o mejores prestaciones y menor consumo energético.

Entre esas lámparas se encuentran, por ejemplo, los tubos rectos y circulares de lámparas fluorescentes y, de aparición más reciente, las lámparas fluorescentes compactas ahorradoras de energía LFC.

### **1.1.2 Aparición De La Lámpara Fluorescente Compacta.**

Las lámparas ahorradoras de energía denominadas LFC (Lámpara Fluorescente Compacta) son una variante mejorada de las lámparas de tubos rectos fluorescentes, que fueron presentadas por primera vez al público en la Feria Mundial de New York efectuada en el año 1939.

Desde su presentación al público en esa fecha, las lámparas de tubos fluorescentes se utilizan para iluminar variados tipos de espacios, incluyendo nuestras casas. En la práctica el rendimiento de esas lámparas es mucho mayor, consumen menos energía

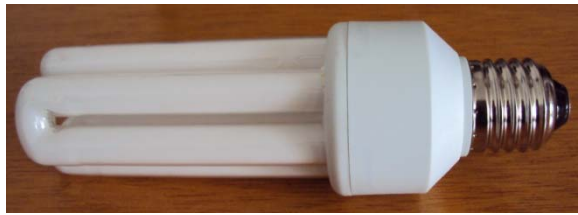
eléctrica y el calor que disipan al medio ambiente es prácticamente despreciable en comparación con el que disipan las lámparas incandescentes.

Generalmente las lámparas o tubos rectos fluorescentes son voluminosos y pesados, por lo que en 1976 el ingeniero Edward Hammer, de la empresa norteamericana General Electric GE, creó una lámpara fluorescente compuesta por un tubo de vidrio alargado y de reducido diámetro, que dobló en forma de espiral para reducir sus dimensiones. Así construyó una lámpara fluorescente del tamaño aproximado de una bombilla común, cuyas propiedades de iluminación eran muy similares a la de una lámpara incandescente, pero con un consumo mucho menor y prácticamente sin disipación de calor al medio ambiente.

Aunque esta lámpara fluorescente de bajo consumo prometía buenas perspectivas de explotación, el proyecto de producirla masivamente quedó engavetado, pues la tecnología existente en aquel momento no permitía la producción en serie de una espiral de vidrio tan frágil como la que requería ese tipo de lámpara.

No obstante, en la década de los años 80 del siglo pasado otros fabricantes apostaron por la nueva lámpara y se arriesgaron a lanzarla al mercado, pero a un precio de venta elevado, equivalente a lo que hoy serían 30 dólares por unidad. Sin embargo, los grandes pedidos que hizo en aquellos momentos el gobierno norteamericano a los fabricantes y su posterior subvención por el ahorro que representaban estas lámparas para el consumo de energía eléctrica, permitieron ir disminuyendo poco a poco su precio, hasta acercarlo al costo de producción.

La posterior aceptación obtenida por las nuevas lámparas ahorradoras de energía dentro de los amplios círculos económicos y de la población, estimuló a los fabricantes a realizar las inversiones necesarias, para emprender la producción masiva y bajar mucho más el precio de venta al público. En la *figura 1.1.1* podemos observar una LFC estándar de uso más común.



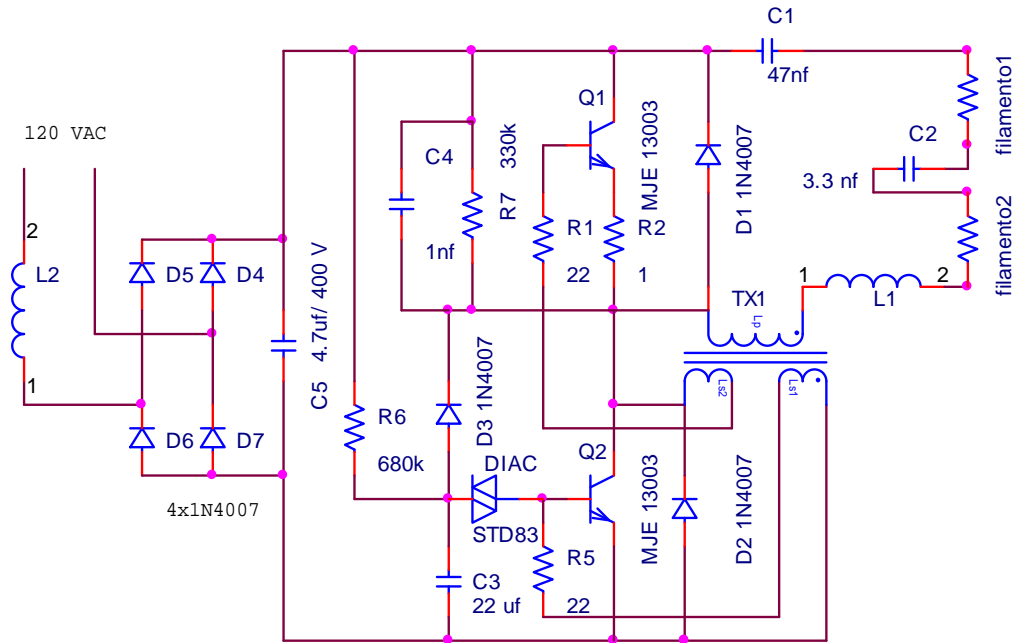
*Fig. 1.1.1 Lámpara Fluorescente Compacta (LFC).*

Hoy en día una lámpara LFC estándar, se las encuentra en potencias de 9 y 85 watt, se puede adquirir normalmente en diferentes establecimientos comerciales, a un precio que oscila alrededor de los 1.50 a 10 dólares, aunque se fabrican también con diferentes estructuras y potencias, que se comercializan a un precio más alto.

### **1.1.3 Funcionamiento De La Lámpara Fluorescente Compacta.**

El funcionamiento de una lámpara fluorescente ahorradora de energía LFC es el mismo que el de un tubo fluorescente común, excepto que es mucho más pequeña y manuable.

Cuando enroscamos la lámpara LFC en un portalámparas (igual al que utilizan la mayoría de las lámparas incandescentes E27) y accionamos el interruptor de encendido, la corriente eléctrica alterna fluye hacia el balasto electrónico, donde un rectificador diodo de onda completa se encarga de convertirla en corriente directa y mejorar, a su vez, el factor de potencia de la lámpara. A continuación un circuito oscilador, compuesto fundamentalmente por un circuito transistorizado que hace la función de un amplificador de corriente, una bobina o transformador (reactancia inductiva) y un capacitor o condensador (reactancia capacitiva), se encarga de originar una corriente alterna con una frecuencia, que llega a alcanzar entre 20 mil y 60 mil ciclos o hertz por segundo. En La *figura 1.1.2* se puede apreciar un esquema básico de la circuitería interna de una LFC.



**Fig. 1.1.2** Circuito interno de una LFC (balastro electrónico).

La función de esa frecuencia tan elevada es disminuir el parpadeo que provoca el arco eléctrico que se crea dentro de las lámparas fluorescentes cuando se encuentran encendidas. De esa forma se anula el efecto estroboscópico que normalmente se crea en las antiguas lámparas fluorescentes de tubo recto que funcionan con balastos electromagnéticos (no electrónicos). En las lámparas fluorescentes antiguas el arco que se origina posee una frecuencia de sólo 50 ó 60 hertz, la misma que le proporciona la red eléctrica doméstica a la que están conectadas.

Desde el mismo momento en que los filamentos de una lámpara LFC se encienden, el calor que se produce ioniza el gas inerte que contiene el tubo en su interior, creando un puente de plasma entre los dos filamentos. A través de ese puente se origina un flujo de electrones, que proporcionan las condiciones necesarias para que el balastro electrónico genere una chispa y se encienda un arco eléctrico entre los dos filamentos. En este punto del proceso los filamentos se apagan y se convierten en dos electrodos, cuya misión será la de mantener el arco eléctrico durante todo el tiempo que permanezca encendida la lámpara. El arco eléctrico no es precisamente el que

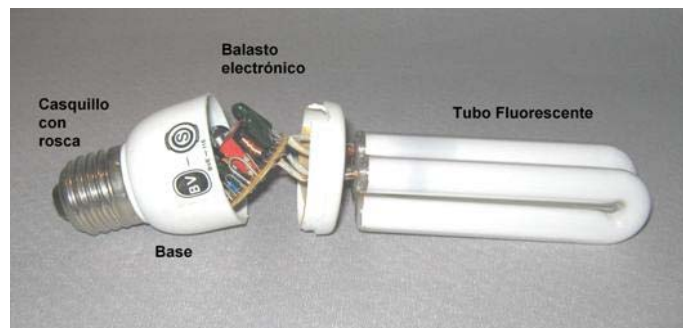


produce directamente la luz en estas lámparas, pero su existencia es fundamental para que se produzca ese fenómeno.

A partir de que los filamentos de la lámpara se apagan, la única misión del arco eléctrico será continuar y mantener el proceso de ionización del gas inerte. De esa forma los iones desprendidos del gas inerte al chocar contra los átomos del vapor de mercurio contenido también dentro de tubo, provocan que los electrones del mercurio se exciten y comiencen a emitir fotones de luz ultravioleta. Dichos fotones, cuya luz no es visible para el ojo humano, al salir despedidos chocan contra las paredes de cristal del tubo recubierto con la capa fluorescente. Este choque de fotones ultravioletas contra la capa fluorescente provoca que los átomos de flúor se exciten también y emitan fotones de luz blanca, que sí son visibles para el ojo humano, haciendo que la lámpara se encienda.

#### 1.1.4 Partes De Las Lámparas Fluorescentes Compactas (LFCs).

Las LFCs poseen cinco partes fundamentales cada una de ellas tiene una función determinada para el buen funcionamiento de la lámpara, en la ilustración siguiente (*figura 1.1.3*) se muestra dichas partes y a continuación su descripción.



*Fig. 1.1.3 Partes de una LFC.*

#### 1.1.4.1 Tubo Fluorescente.

Se componen de un tubo de unos 6 mm de diámetro aproximadamente, doblados en forma de “U” invertida, cuya longitud depende de la potencia en vatios que tenga la lámpara. En sus extremos se encuentran dos pares de alambres de conexión de los filamentos, aislados con spaghetti de amianto. En la *figura 1.1.4* podemos apreciar la u invertida con las respectivos cables de alimentación para los filamentos.

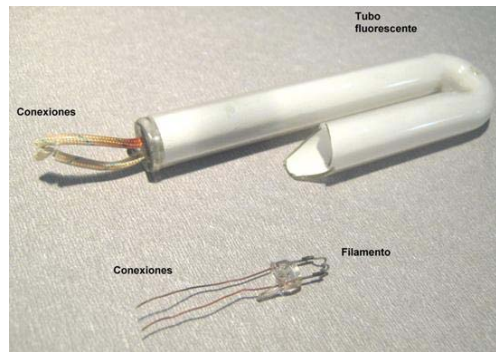


*Fig. 1.1.4 Tubo fluorescente en forma de u invertida.*

#### 1.1.4.2 Filamentos.

En todas las lámparas LFC existen siempre dos filamentos de tungsteno o wolframio alojado en los extremos libres del tubo con el propósito de calentar los gases inertes, como el neón (Ne), el kriptón (Kr) o el argón (Ar), que se encuentran alojados en su interior. Junto con los gases inertes, el tubo también contiene vapor de mercurio (Hg).

Las paredes del tubo se encuentran recubiertas por dentro con una fina capa de fósforo. En la *figura 1.1.5* se muestra el filamento utilizado, además la pared interna recubierta de fosforo.

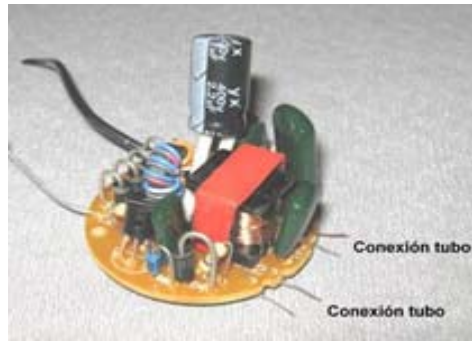


*Fig. 1.1.5 Filamento de una LFC.*

### 1.1.4.3 Balasto Electrónico.

Las lámparas LFC son de encendido rápido, por tanto no requieren cebador (encendedor, *starter*) para encender el filamento, sino que emplean un balasto electrónico en miniatura, encerrado en la base que separa la rosca del tubo de la lámpara. Ese balasto suministra la tensión o voltaje necesario para encender el tubo de la lámpara y regular, posteriormente, la intensidad de corriente que circula por dentro del propio tubo después de encendido.

El balasto electrónico se compone, fundamentalmente, de un circuito rectificador diodo de onda completa y un oscilador, encargado de elevar la frecuencia de la corriente de trabajo de la lámpara entre 20 000 y 60 000 hertz aproximadamente, en lugar de los 50 ó 60 hertz con los que operan los balastos electromagnéticos e híbridos que emplean los tubos rectos y circulares de las lámparas fluorescentes comunes antiguas. En la *figura 1.1.6* se muestra como el circuito es construido al mismo que se lo denomina balasto electrónico.



*Fig. 1.1.6 Balastro electrónico de una LFC.*

#### **1.1.4.4 Base.**

La base de la lámpara ahorradora LFC se compone de un receptáculo de material plástico, en cuyo interior hueco se aloja el balastro electrónico. Unido a la base se encuentra un casquillo con rosca normal E-27 (conocida también como rosca Edison), la misma que utilizan la mayoría de las bombillas o lámparas incandescentes. Se pueden encontrar también lámparas LFC con rosca E-14 de menor diámetro (conocida como rosca candelabro). No obstante, existen variantes con otros tipos de conectores, de presión o bayoneta, en lugar de casquillos con rosca, que funcionan con un balastro electrónico externo, que no forma parte del cuerpo la lámpara.

#### **1.1.5 Formas, Tamaños Y Usos De Una LFC.**

Las lámparas de bajo consumo son lámparas fluorescentes de tubo estrecho (6- 15 mm.) curvado en U, o de varios tubos conectados por puentes de unión, diseñados de esta manera a fin de conseguir dimensiones reducidas. Además del modelo en U invertida existe una gran variedad de formas como se indica en *figura 1.1.7*.



*Fig. 1.1.7 Formas constructivas de una LFC.*

Actualmente, el modelo de mayor furor en nuestro medio es el de U invertido pero el modelo espiral se abre paso en la aceptación de la población. Este modelo ofrece mayor flujo luminoso que las de bajo consumo convencionales, debido a que los tubos enrollados incrementan la superficie emisora de luz y ofrecen una estética más agradable a los ojos.

Este modelo trabaja basado en la utilización de sustancias fluorescentes que se adaptan convenientemente a las condiciones de funcionamiento impuestas por las dimensiones de la lámpara. En el ANEXO 1 se muestra las dimensiones más comunes con las que son construidas las LFCs según el modelo 3U.

### **1.1.5.1 Lámparas De Uso Residencial**

Las lámparas de uso doméstico o residencial disponibles en el mercado de venta final en el Ecuador, son mayoritariamente de origen importado (China, Brasil, Argentina, Colombia, México, entre otros) y provienen de las siguientes empresas:

- Philips.
- General Electric.
- Osram.
- Westinghouse

Adicionalmente, la oferta incluye marcas importadas directamente por otros proveedores, entre éstas:

- Sylvania
- Laptan
- Silk electric
- Chiyoda

### **1.1.6 Luz Y Color De Una LFC.**

La tonalidad de la luz que emiten las lámparas está determinada por su temperatura de color correlacionada. Se distinguen tres grados de apariencia según la tonalidad de la luz:

- *fría* para las que tienen un tono blanco azulado
- *neutro* para las que dan luz blanca.
- *cálida* para las que tienen un tono blanco rojizo.

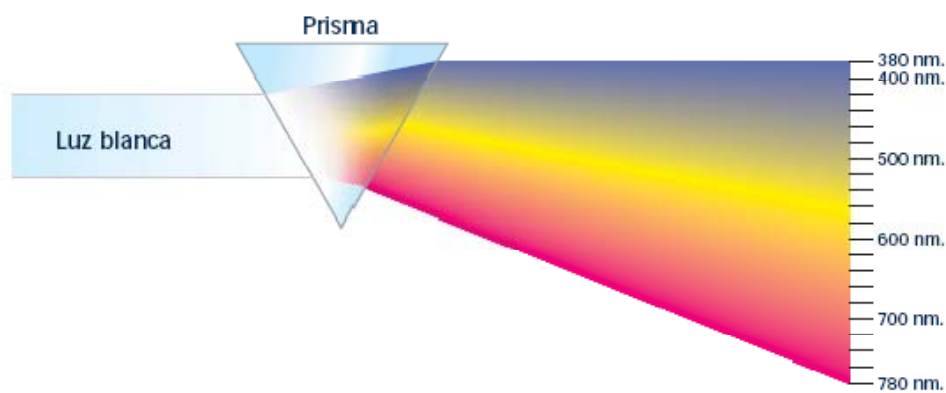
El color es una interpretación subjetiva psicofisiológica del espectro electromagnético visible. Las sensaciones luminosas o imágenes que se producen en nuestra retina, al enviarlas al cerebro, son interpretadas como un conjunto de sensaciones monocromáticas que constituyen el color de la luz.

El sentido de la vista no analiza individualmente cada radiación o sensación cromática. A cada radiación le corresponde una denominación de color, según la clasificación del espectro de frecuencias.

Es importante indicar que distinguimos a los objetos por el color asignado según sus propiedades ópticas, pero en ellos ni se produce ni tienen color. Lo que sí tienen son propiedades ópticas de reflejar, refractar y absorber los colores de la luz que reciben, es decir: el conjunto de sensaciones monocromáticas aditivas que nuestro cerebro interpreta como color de un objeto depende de la composición espectral de la luz con

que se ilumina y de las propiedades ópticas que posea el objeto para reflejarla, refractarla o absorberla.

Fue Newton el primero en descubrir la descomposición de la luz blanca en el conjunto de colores que forma el arco iris. Al hacer pasar un haz de luz blanca a través de un prisma obtuvo el efecto que se indica a continuación.



*Fig. 1.1.8 Descomposición de la luz blanca  
En sus componentes electromagnéticas  
A través de un prisma*

### 1.1.6.1 Clasificación De Los Colores Según El Diagrama Cromático.

La evaluación subjetiva de las superficies de los objetos, tal y como son percibidas por el ojo, se interpretan en función de los atributos o cualidades del color. Éstas son:

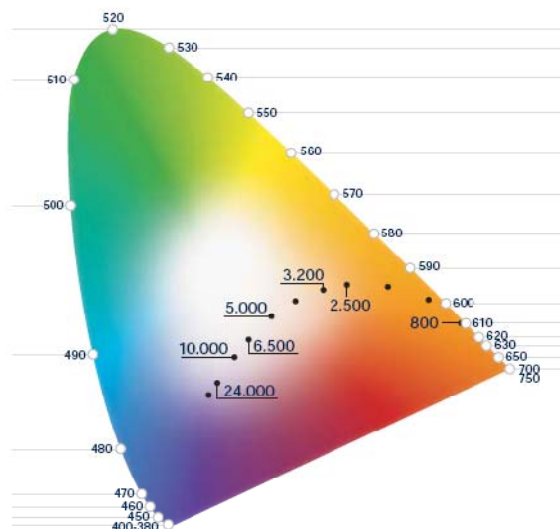
a) *Claridad o esplendor*: Radiación luminosa que recibimos según la iluminancia que posea el objeto. Un objeto es más claro cuanto más se aleja su color del negro en la escala de grises. Hace referencia a la intensidad.

b) *Tono o matiz*: Nombre común del color (rojo, amarillo, verde, etc.). Hace referencia a la longitud de onda.

c) *Pureza o saturación*: La proporción en que un color está mezclado con el blanco. Hace referencia a la pureza espectral.

Para evitar la evaluación subjetiva del color existe el diagrama cromático en forma de triángulo, aprobado por la C.I.E., que se emplea para tratar cuantitativamente las fuentes de luz, las superficies coloreadas, las pinturas, los filtros luminosos, etc.

Todos los colores están ordenados según tres coordenadas cromáticas, x, y, z, cuya suma es siempre la unidad ( $x + y + z = 1$ ) y cuando cada una de ellas vale 0,333 corresponde al color blanco. Estas tres coordenadas se obtienen a partir de las potencias específicas para cada longitud de onda. Se fundamenta en el hecho de que al mezclar tres radiaciones procedentes de tres fuentes de distinta composición espectral se puede obtener una radiación equivalente a otra de distinto valor. El resultado es el triángulo mostrado a continuación, en el que con dos coordenadas cualesquiera es suficiente para determinar el color de la radiación resultante formada por la mezcla aditiva de tres componentes.



**Fig. 1.1.9** Diagrama cromático.



### 1.1.6.2 Temperatura De Color (TC).

En el diagrama cromático C.I.E. mostrado anteriormente se ha dibujado la curva que representa el color que emite el cuerpo negro en función de su temperatura. Se llama curva de temperatura de color del cuerpo negro,  $T_C$ .

La temperatura de color es una expresión que se utiliza para indicar el color de una fuente de luz por comparación de ésta con el color del cuerpo negro, o sea del “radiante perfecto teórico” (objeto cuya emisión de luz es debida únicamente a su temperatura). Como cualquier otro cuerpo incandescente, el cuerpo negro cambia de color a medida que aumenta su temperatura, adquiriendo al principio, el tono de un rojo sin brillo, para luego alcanzar el rojo claro, el naranja, el amarillo y finalmente el blanco, el blanco azulado y el azul.

El color, por ejemplo, de la llama de una vela, es similar al de un cuerpo negro calentado a unos 1.800 K\*, y la llama se dice entonces, que tiene una “temperatura de color” de 1.800 K. Las lámparas incandescentes tienen una temperatura de color comprendida entre los 2.700 y 3.200 K, según el tipo, por lo que su punto de color determinado por las correspondientes coordenadas queda situado prácticamente sobre la curva del cuerpo negro. Esta temperatura no tiene relación alguna con la del filamento incandescente.

Por lo tanto la temperatura de color no es en realidad una medida de temperatura. Define sólo color y sólo puede ser aplicada a fuentes de luz que tengan una gran semejanza de color con el cuerpo negro.

La equivalencia práctica entre apariencia de color y temperatura de color, se establece convencionalmente según el cuadro mostrado a continuación.

Grupo De Apariencia De Color	Apariencia De Color	Temperatura De Color (K)
1	Cálida	Por Debajo De 3.300
2	Intermedio	De 3.300 A 3500
3	Frio	Por Encima De 5.300

*Cuadro 1.1.1 Apariencia de color según temperatura de color.*

### 1.1.6.3 Índice De Rendimiento De Color (IRC).

El dato de temperatura de color se refiere únicamente al color de la luz, pero no a su composición espectral que resulta decisiva para la reproducción de colores. Así, dos fuentes de luz pueden tener un color muy parecido y poseer al mismo tiempo unas propiedades de reproducción cromática muy diferentes.

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 la luz para reproducir colores normalizados, en comparación con la reproducción proporcionada por una luz patrón de referencia.

Fuentes Luminosas	T <sub>c</sub> (°K)	IRC
Cielo azul.....	10.000 a 30.000	85 a 100 ( grupo 1 )
Cielo nublado .....	7.000	85 a 100 ( grupo 1 )
Luz solar día	6.000	85 a 100 ( grupo 1 )
Lámparas de descarga (excepto Na)...	6.000	96 a 100 (grupo 1)
Luz día (halogenuros).....	3.000 a 5.000	70 a 84 (grupo 2)
Blanco neutral.....	Menos de 3.00	40 a 69 (grupo 3)
Lámpara de de descarga (Na).....	2.900	Menos de 40
Lámpara incandescente.....	2.100 a 3.200	85 a 100 (grupo 1)
Lámpara fotográfica.....	3.400	85 a 100 (grupo 1)
Llama de vela o bujía .....	1.800	40 a 69 (grupo 3)

*Cuadro 1.1.2 Índice de reproducción cromática para algunas fuentes luminosas.*

Para el análisis de de la calidad de la luz debemos remitirnos a que dentro de las muchas actividades que realiza el hombre todos los días y a lo largo de su vida, una

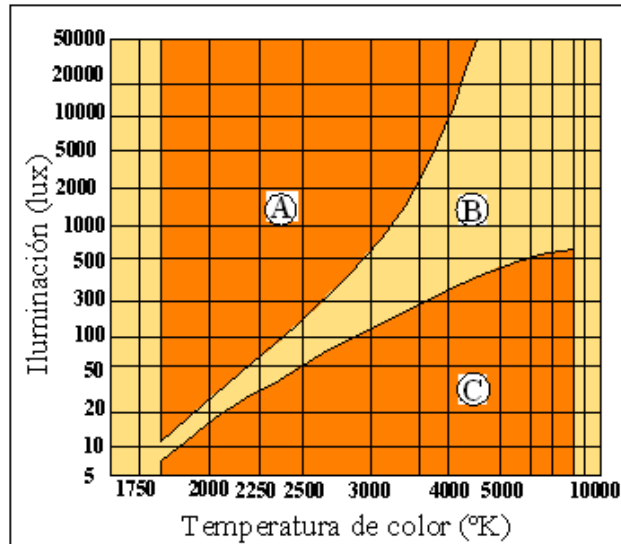
de las que ocupa la mayor parte del tiempo, no sólo en el tiempo sino también en el espacio, es el trabajo. En este sentido la actividad laboral, para que pueda desarrollarse de una forma eficaz, precisa que la luz y la visión se complementen, ya que se considera que el 50% de la información sensorial que recibe el hombre es de tipo visual, es decir, tiene como origen primario la luz. Un tratamiento adecuado del ambiente visual permite incidir en los aspectos de seguridad, confort, productividad.

#### **1.1.6.4 Las Curvas De Kruithof Para Determinar El Confort Visual.**

Anteriormente describimos El Color, y vimos que las características más importantes de la calidad de la luz son su Temperatura de Color ( $T_C$ ) y su Índice de Rendimiento de Color (IRC ó Ra).

La Temperatura de Color ( $T_C$ ) tiene una notable influencia sobre el ambiente creado en cuanto a sus sensaciones de frío o calor, al tiempo que potencia o atenúa la cromacidad de los objetos en ese mismo sentido. Además, el término  $T_C$  no se puede manejar de un modo independiente, sino que se debe combinar de forma adecuada con la Iluminancia para que no se produzcan efectos distorsionadores de la percepción visual. Las curvas de Kruithof delimitan las posibles combinaciones entre  $T_C$  y la Iluminancia de cálculo o medición.

La percepción de los colores varía de una persona a otra. Depende totalmente de la sensibilidad del ojo, la cual es función de la longitud de onda de la radiación visible percibida.



*Fig. 1.1.9 Curva de Kruithof.*

Una fuente luminosa tendrá un buen rendimiento del color en la medida en que emite radiaciones próximas a la sensibilidad máxima del ojo a los colores, situadas en el entorno de los 450 nm para el azul, 540 nm para el verde y 610 nm para el rojo. Dado que el color de la luz influye directamente sobre nuestra percepción de los colores de los objetos, también actúa de manera importante sobre la sensación de confort visual asociada.

El color de la luz debe adaptarse al nivel de iluminación. Cuando el nivel de iluminación se eleva, la temperatura de color de la luz debe elevarse también. El diagrama de Kruithof aporta a estos efectos, los valores recomendados de la temperatura de color en función de la iluminación.

Solamente la zona B corresponde a la zona de confort. La persona que se encuentre en la zona A, percibirá un ambiente luminoso irreal, demasiado cálido; la temperatura de color es demasiado baja para el nivel de iluminación considerado. En la zona C, el ambiente luminoso, de tipo crepuscular, es demasiado frío; la temperatura de color de la fuente es demasiado importante en relación al nivel de iluminación alcanzado. El empleo de fuentes luminosas cuya temperatura de color es muy elevada influye favorablemente sobre el ambiente luminoso de un local y sobre las condiciones de visión, ampliando así la zona de percepción agradable limitada por las curvas de Kruithof.

### **1.1.7 Características De Las Lámparas Fluorescentes Compactas.**

- Son compatibles con los portalámparas, zócalos o “*sockets*” de las lámparas incandescentes de uso común.
- Disponibles en tonalidades “luz de día” (*day light*) y “luz fría” (*cool light*), sin que introduzcan distorsión en la percepción de los colores.
- Encendido inmediato tan pronto se acciona el interruptor, pero con una luz débil por breves instantes antes que alcancen su máxima intensidad de iluminación.
- Posibilidad de elegir entre luz fría o cálida, para la ambientación que se prefiera.

#### **1.1.7.1 Las Lámpara Fluorescentes Compactas LFC Y El Ahorro De Energía.**

Las nuevas tendencias a nivel mundial señalan que la calidad de vida futura dependerá de la capacidad humana para aprovechar mejor los recursos que le son dados. Dentro de este marco, el ahorro de energía es una preocupación global que no debería ser ignorada.

Hace más de una década que las lámparas de Bajo Consumo irrumpieron en la escena del mercado eléctrico ecuatoriano, y aún hoy continúan incorporando nuevas tecnologías para ofrecer el mejor rendimiento, sin dejar de tomar en cuenta el ahorro energético y el diseño.

### **1.1.7.2 Vida Útil Y Duración De Las Lámparas.**

La vida útil se entiende como el compromiso entre el costo y el rendimiento de la lámpara y se ve afectada por las condiciones de trabajo; la duración es el tiempo en que la lámpara se mantiene en servicio sin afectarse ninguna de sus funciones, y suele determinarse por diferentes formas de deterioro. Por ejemplo: La rotura del filamento de una lámpara incandescente puede venir precedido de una reducción del rendimiento lumínico, o de cambios en la coloración. La duración efectiva resulta afectada por condiciones ambientales externas, tales como la temperatura, la vibración, la frecuencia de encendido, las fluctuaciones en la tensión de alimentación, etc.

Por otra parte, se habla de “vida media”, para referirse al tiempo que una lámpara permanece encendida, bajo condiciones controladas en un laboratorio de ensayo, dentro de un conjunto representativo de lámparas. El promedio de vida está determinada por el tiempo que demoran en fallar el 50% de las lámparas en ensayo y no explica la depreciación del lumen y el cambio del color que ocurre mientras las lámparas envejecen.

### **1.1.8 Comparación Entre Lámparas De Bajo Consumo E Incandescentes.**

En las lámparas incandescentes tradicionales, la luz proviene de un filamento metálico compuesto por tungsteno, montado dentro de un bulbo. La evaporación generada por las altas temperaturas hace que al cabo del tiempo el filamento se corte, con lo que la vida útil de la lámpara no supera, en promedio, las 1.200 horas. Por otra parte, este tipo de lámparas consumen una importante cantidad de energía en la producción del calor necesario para la generación de luz.

Las lámparas de bajo consumo son más eficientes y pueden ser instaladas en el mismo zócalo que las tradicionales. Estos modelos tienen potencias que varían desde los 5W (equivalentes a una incandescente de 25W) hasta los 85W (equivalente a las incandescentes de 425W), ofreciendo, además, mayor durabilidad y eficiencia.

Las lámparas de bajo consumo ahorran un 80% de energía y duran un promedio de 6000 horas; seis veces más que las incandescentes.

En resumen, las ventajas de las lámparas bajo consumo son:

- Ahorro de energía de un 80%.
- Duración 6 veces superior a las incandescentes, reduciendo los costos y tareas de mantenimiento.
- Posibilidad de utilización como alumbrado general en oficinas, comercios y otros locales del sector con aceptables rangos de potencia instalada por unidad de superficie.
- Costo total (inversión y explotación) reducido de manera importante.
- Tonalidad de los colores.

#### **1.1.8.1 Ventajas De Las LFC Comparadas Con Las Incandescentes.**

- Ahorro en el consumo eléctrico. Consumen sólo la 1/5 parte de la energía eléctrica que requiere una lámpara incandescente para alcanzar el mismo nivel de iluminación, es decir, consumen un 80% menos para igual eficacia en lúmenes por watt de consumo (lm/W).
- Tiempo de vida útil aproximado entre 8000 y 10000 horas, en comparación con las 1000 horas que ofrecen las lámparas incandescentes.
- No requieren inversión en mantenimiento.
- Generan 80% menos calor que las incandescentes, siendo prácticamente nulo el riesgo de provocar incendios por calentamiento si por cualquier motivo llegaran a encontrarse muy cerca de materiales combustibles.
- Tienen un flujo luminoso mucho mayor en lúmenes por watt (lm/W) comparadas con una lámpara incandescente de igual potencia.
- Amplia gama de modelos para diversos usos en casquillos de E14, E27 y E40.

### 1.1.8.1 Desventajas De Las LFC Comparadas Con Las Incandescentes.

- Rendimiento cromático más bajo que el incandescente.

En la *tabla 1.1.1* se muestra una comparación de las características más relevantes tanto de una lámpara incandescente como de una LFC.

*TABLA 1.1.1 Lámparas Incandescentes Vs Fluorescentes Compactas.*

Lámpara	Funcionamiento	Luz	Ventajas	Duración
<b>Incandescentes</b>	Filamento de Tungsteno	Amarillenta, realza la tonalidad de los colores de una habitación	Costo inicial bajo, buena reproducción de colore, flexible y versátil: no requiere sistemas electrónicos para funcionar	1.000 horas aproximadamente
<b>Lámparas Fluorescentes compactas LFC</b>	Descarga eléctrica	Blanca cálida, buen rendimiento cromático (ligeramente más bajo que de una incandescente normal). Producción de luz alta y constante, independiente de los cambios de temperatura o del ángulo de instalación.	Sus tamaños, formas y distribución de luz las equiparan a las lámparas incandescentes normales, su duración y ahorro de energía corresponden a los de un fluorescente. Proporcionan la misma luz que una lámpara incandescente con sólo el 20% de consumo de energía	Hasta 10 veces más que una incandescente normal.



## **1.2 ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA.**

### **1.2.1 Objetivos Del Estudio.**

- Brindar a la Empresa Eléctrica Azogues y a la comunidad en general, información confiable sobre la eficiencia energética de las lámparas fluorescentes compactas en lo referente a la iluminación en los hogares y locales comerciales.
- Realizar una evaluación mediante pruebas de laboratorio del desempeño energético de las lámparas incandescentes normales y de las fluorescentes compactas escogidas para este fin, tomando muy en cuenta la normalización requerida para este estudio.
- Aplicar una serie de comparaciones respecto del desempeño energético de las diferentes marcas de lámparas seleccionadas.
- Encontrar una muestra representativa tanto en marcas y en potencias, de los diferentes tipos de lámparas incandescentes normales y fluorescentes compactas de mayor uso a nivel residencial y comercial dentro de la zona central de Azogues incluyendo la lámpara que suministra el gobierno, siempre y cuando estas lámparas posean un mismo tipo de casquillo, de modo que resulten sustituibles entre sí, es decir, sean susceptibles de ser utilizadas indistintamente, sin necesidad de adaptación y en la brevedad posible.

### **1.2.2 Conceptos Y Definiciones Para El Estudio De La Calidad De La Energía De Las LFCs.**

**Factor de potencia (FP):** Cociente entre la potencia (real) de la LFC y la potencia aparente. Es decir, el producto de los valores eficaces del voltaje y de la corriente.

**Potencia:** Cantidad de energía eléctrica consumida por una lámpara (W), para ejercer su función, durante un período de tiempo establecido (h).

**Distorsión armónica THD:** Sirve para cuantificar la distorsión existente en una señal (%).

**Tiempo de estabilización:** Tiempo que demora una lámpara en alcanzar la estabilidad total en iluminación y potencia.

**Vida útil:** Tiempo estimado en horas, tras el cual es preferible sustituir un conjunto de lámparas de una instalación, evitando la disminución de los niveles de iluminación causados por la depreciación del flujo luminoso. Valor utilizado para establecer los períodos de reposición de las lámparas de una instalación.

En la *tabla 1.2.1* se enuncian un resumen de cada una de las variables cada una de las variables con su respectiva unidad que van a ser consideradas durante todo el presente estudio.

Variables	Unidad
<i>Potencia</i>	<i>Watt (W)</i>
<i>Voltaje</i>	<i>Voltios (V)</i>
<i>Corriente</i>	<i>Amperios (A)</i>
<i>Factor de potencia</i>	<i>FP</i>
<i>Vida útil media o promedio</i>	<i>Horas</i>

*TABLA 1.2.1. Resumen de Variables Consideradas.*

### 1.2.3 Procedimiento Para El Estudio De La Calidad De La Energía De Las LFCs.

El estudio de la calidad de la energía consiste en realizar mediciones de algunas variables eléctricas tales como potencia, corriente, distorsión armónica, factor de

potencia, etc. En un grupo de lámpara fluorescente compactas, así como también en un grupo de lámparas incandescentes con la respectiva equivalencia. Con el fin de establecerse las características e ir haciendo una comparación.

Para el estudio de la calidad de la energía tomaremos como guía las normas técnicas que son usadas para certificar rangos de desempeño energético y Etiquetado tanto a nivel nacional e internacional las mismas que en el siguiente punto serán definidas.

Como primer punto dentro del procedimiento será el analizar qué es lo que dice la norma antes de realizar cada uno de los estudios de laboratorio o cualquier consideración.

Como segundo punto es la recolección de un número de muestras tanto de LFCs como de focos incandescentes en las distintas muestras.

Con los criterios de instalaciones eléctricas se procederá a establecer un procedimiento general para todos los estudios de laboratorio que consiste en:

- Esquematizar el circuito eléctrico bajo prueba como diagrama unifilar.
- Fijar niveles de tensión de alimentación para los diferentes circuitos a someterse a estudio.
- Recolectar los datos que proporcionan los instrumentos.

Luego de determinar el procedimiento general finalmente se puede decir que, el estudio se definirá según el análisis de las mediciones tomadas de las siguientes variables:

1. Potencia activa y reactiva.
2. Factor de potencia FP.
3. Corriente.
4. Porcentaje de distorsión armónica tanto en voltaje (THDv) como en la corriente (THDi).
5. Influencia de las LFCs en algunos dispositivos eléctricos, determinada mediante las mediciones de las variables que en los cuatro puntos anteriores se han definido.

La influencia se determinará en los siguientes dispositivos.

- Transformador monofásico.
- Motor monofásico.
- Inductancias.
- Capacitores.

Para cada uno de los puntos en donde se requieren pruebas de laboratorio se iniciará estableciendo objetivos, se procederá al desarrollo de cada prueba y finalmente se analizará los resultados.

#### **1.2.4 Normativa A Utilizar En El Estudio.**

Hemos optado por regirnos a normas o reglamentos, los mismos que servirán para validar los resultados obtenidos. Como ya se dijo anteriormente para el estudio de la calidad de la energía usaremos normas nacionales como internacionales, en el caso ecuatoriano son las normas INEN mediante el **Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 036:2008** con el título **Eficiencia Energética. Lámparas fluorescentes Compactas. Rangos de desempeño energético y Etiquetado**, Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece la (eficiencia energética) eficacia mínima energética y las características de la etiqueta informativa en cuanto a la eficacia (luminosa) energética de las lámparas fluorescentes compactas de construcción modular, para uso con balastos electrónicos o electromagnéticos, y a las lámparas fluorescentes

compactas de construcción integral para uso con balasto electrónico. Adicionalmente especifica el contenido de la etiqueta de consumo de energía, a fin de prevenir los riesgos para la seguridad, la salud, el medio ambiente y prácticas que pueden inducir a error a los usuarios de la energía eléctrica. Esta ley se aprobó en la sesión del 5 de Marzo de 2008 por el directorio del INEN.

El contenido del reglamento corresponde al estudio de normas nacionales e internacionales entre las cuales podemos mencionar las siguientes.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-IEC 901. *Lámparas fluorescentes compactas. Especificaciones de rendimiento.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-IEC 968. *Lámparas con balasto integrado para iluminación general. Requisitos de seguridad.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-IEC 969. *Lámparas con balasto integrado para iluminación general. Requisitos de funcionamiento.*

International Commission on Illumination CIE 84. *The Measurement of Luminous Flux.*

International Electrotechnical Commission IEC 60081. *Double-Capped Fluorescent Lamps-Performance Specifications.*

Deutsche Normen DIN 6164 *DIN-Farbenkarte.*

Para nuestro estudio más específicamente utilizaremos las normas RTE INEN 036, NTE INEN-IEC 901 y la NTE INEN-IEC 969, las mismas que contienen el delineamiento acorde a nuestro caso. En la *tabla 1.2.2*. Se muestra la descripción de las normas anteriormente mencionadas.

Norma	Título	Descripción
RTE INEN 036	<b>Eficiencia Energética. Lámparas fluorescentes Compactas. Rangos de desempeño energético y Etiquetado</b>	<p>Lámparas y tubos eléctricos de incandescencia o de descarga, incluidos los faros o unidades «sellados» y las lámparas y tubos de rayos ultravioletas o infrarrojos; lámparas de arco.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lámparas y tubos de descarga, excepto los de rayos ultravioletas:</li> <li>– Fluorescentes, de cátodo caliente</li> <li>– Tubulares rectas</li> <li>– Tubulares circulares</li> <li>– Compactos integrados y no integrados</li> <li>– Las demás</li> </ul>
NTE INEN-IEC 901	<b>Lámparas fluorescentes compactas especificaciones de rendimiento.</b>	<p>Generalidades</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Objetivo</li> <li>– Declaración general</li> <li>– Referencias normativas</li> <li>– Definiciones</li> <li>– Requisitos de lámparas</li> <li>– Información para balasto y diseño del arranque</li> <li>– Información para diseño de luminarias</li> </ul> <p>Hojas de datos</p>
NTE INEN-IEC 969	<b>Lámparas con balasto integrado para Iluminación general. Requisitos de desempeño</b>	<p>Lámparas fluorescentes tubulares para servicio general de iluminación. Lámparas de balasto integrado para servicio general de iluminación. Requisitos de seguridad.</p>

*TABLA 1.2.2 Normas Ecuatorianas Consideradas.*

En el caso de las normas internacionales a usarse, con el fin de dar confiabilidad a nuestro estudio vamos a considerar la norma que se describe en la tabla 1.2.3 que esta continuación.

Norma	Título
EN 60064 (IEC 60064)	Lámparas de filamento de wolframio para uso domestico y alumbrado general similar, requisitos de funcionamiento

*TABLA 1.2.3 Norma Internacional Considerada.*

En las siguientes tablas exponemos las pruebas de laboratorio conjuntamente con sus rangos que describe la norma que aplica tanto para lámparas Fluorescentes compactas (tabla 1.2.4), así como para lámparas incandescentes (tabla 1.2.5).

Ensayo	Unidades	Descripción	Norma aplicada
<b>Envejecimiento.</b>	Hrs	Proceso de envejecimiento de 1 hora de funcionamiento normal, correspondiente al 0,1% de la duración normal (1.000 horas).	EN 60064
<b>Potencia activa consumida</b>	Watt	No debe ser superior al 104% de la potencia asignada + 0,5 W.	EN 60064
<b>Voltaje</b>	Volt	El ensayo de voltaje debe ser estable dentro de $\pm 0,5 \%$ , durante los períodos de estabilización. Esta tolerancia puede ser reducida al $\pm 0,2 \%$ en el momento de las mediciones.	NTE INEN-IEC 969
<b>Factor de potencia</b>	FP	Se determinó por medición directa, verificándose que tuviese el valor 1,0 para cada lámpara incandescente medida. Es el cociente que indica la proporción de potencia activa en el total de potencia activa y potencia reactiva.	EN 60064
<b>Armónicos</b>	THD	Se determino por medición directa para cada una d las muestras de lámparas incandescentes	EN 60004

*TABLA 1.2.4 Pruebas De Laboratorio Para Lámparas Incandescentes.*

<b>Ensayo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descripción</b>	<b>Norma aplicada</b>
<b>Envejecimiento.</b>	Hrs	Las lámparas deben haber sido envejecidas por un período de 100 h de funcionamiento normal.	NTE INEN-IEC 969
<b>Potencia activa consumida</b>	Watt	La potencia disipada por la lámpara no deberá diferir de la potencia nominal en más del 15 %.	NTE INEN-IEC 969
<b>Voltaje</b>	Volt	El ensayo de voltaje debe ser estable dentro de $\pm 0,5$ %, durante los períodos de estabilización. Esta tolerancia puede ser reducida al $\pm 0,2$ % en el momento de las mediciones.	NTE INEN-IEC 969
<b>Factor de potencia</b>	FP	El factor de potencia mínimo aceptable para las lámparas compactas con balasto integrado debe ser mínimo de 0,6 capacitivo.  Cuando una lámpara integrada es declarada por el fabricante como de alto factor de potencia, este no debe ser menor que $0,92 \pm 0,05$ .	RTE INEN 036
<b>Armónicos</b>	THD	Se determino por medición directa, se debe verificar que es THD de corriente de cada LFC no sobrepase el 120% de la fundamental.	RTE INEN 036

*TABLA 1.2.5 Pruebas De Laboratorio Para Lámparas Fluorescentes Compactas.*

Cabe recalcar que Los resultados obtenidos en el presente estudio, son exclusivos y únicamente aplicables a las muestras de lámparas incandescentes y fluorescentes compactas sometidas al presente estudio.



## 1.2.5 Condiciones De Los Estudios De Laboratorio

Las condiciones como los procedimientos utilizados para la obtención de los resultados se ajustan a las normas mencionadas y al instrumental disponible en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, y los equipos de nuestra propiedad.

### 1.2.5.1 Tensión De Ensayo.

La norma NTE INEN-IEC 969 señala que el voltaje de ensayo debe ser el voltaje nominal. En el caso de un rango de voltaje las mediciones deben ser realizadas con el valor medio.

Tensiones declaradas	Tensiones utilizadas
120 V	120 V
120 – 130 V	125 V
125 – 130V	127.5 V

*TABLA. 1.2.6 Tensión De Ensayo.*

Es así como las lámparas con voltaje nominal 120-130V deberían ensayarse a una tensión distinta a la tensión nominal 125 V. sin embargo, dada la dificultad práctica que ello involucra y considerando la diferencia de valores eléctricos que se originaría, se definió utilizar 120 Voltios como tensión de ensayo para todas las lámparas. Las tolerancias en voltajes de ensayo son las indicadas en las normas correspondientes (voltaje:  $120V \pm 0,5\%$ ).

### 1.2.5.2 Temperatura.

Para las distintas pruebas de laboratorio se considera la temperatura ambiente en nuestro medio es decir de 20 °C.

### 1.2.5.3 Aislamiento De Interferencias.

Asimismo es necesario realizar las pruebas de laboratorio tomando en cuenta que no existan alrededor interferencias como campos magnéticos o cargas que creen picos de corriente inesperados.

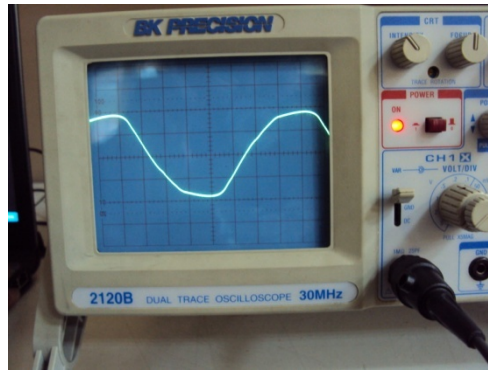
### 1.2.6 Equipos Usados para el presente estudio.

Se utilizaran como instrumento base un multímetro AMPROVE el cual es un gancho diseñado para medir potencias, factor de potencia, distorsión armónica THD, frecuencia además de las señales más comunes que son el voltaje y la corriente de un circuito. Pero con el fin de brindar confiabilidad al estudio se hizo un seguimiento de todas las mediciones con el multímetro TENMARS que es un equipo muy similar y que tiene las mismas funciones claro que de distinta procedencia.



*Figura 1.2.1* Vatímetro AMPROVE.

Para la visualización de las formas de onda se utilizo un osciloscopio como el mostrado en la figura.



*Figura 1.2.2 Osciloscopio BK precisión.*

## **1.2.6 Desarrollo De Estudios De La Calidad De La Energía.**

### **1.2.6.1 Recolección Y Selección De Muestras (M).**

Para definir la muestra de estudio, en lo que se refiere a marcas de lámparas tanto incandescentes como de fluorescentes compactas, decidimos hacer un recorrido por las principales ferreterías y comercios de la ciudad y en las mismas enlistar las lámparas tanto incandescentes y fluorescentes compactas, de las cuales se tomaran los precios de venta, las características del producto y además la información contenida en el rotulado del empaque, esta actividad se la realizo entre los días lunes 21 al sábado 26 de Septiembre de 2009.en la figura observamos todas las muestras (M) obtenidas.



*Fig1.2.3 Muestras obtenidas para el estudio de la calidad de la energía.*

Con el objeto de estructurar la muestra, se consideraron algunos criterios entre los cuales están:

**Equivalencia de casquillo:** Lámparas con casquillo E 27 (rosca Edison), para que cumplieran el requisito de intercambiabilidad y que es base para nuestro estudio.

**Equivalencia de potencia:** La muestra consideró las lámparas incandescentes que tengan una potencia de 100 W y aquellas Lámparas Fluorescentes Compactas que tengan una potencia equivalente, la que mayoritariamente se ubicó en los 20W.

**Tonalidad de luz y forma de las lámparas:** Sin coloración y forma de pera en el caso de las lámparas incandescentes; de tres tubos, sin bulbo protector, en el caso de las LFCs. No se consideraron las LFCs en forma de espiral por tener características diferentes.

Con dichos criterios se seleccionaron un total de 18 muestras, 6 de las cuales son incandescentes y las doce 12 restantes Lámparas Fluorescentes compactas. Para adquirir las muestras actuamos como un usuario cualquiera en diversos locales comerciales de la ciudad de Azogues entre los cuales constan Mega Hierro, La Bodega Tevap, etc.

En la *tabla 1.2.7* se describen cada una de las muestras recolectadas, junto con algunos de los datos técnicos que el fabricante proporciona y que nos servirán para el estudio de la calidad de la energía respectivamente.

M	Marca	Tipo	Lumen. (lm)	Pot. (W)	Volt. (V)	Frec. (Hz)	Eficiencia. (lm/W)	Vida útil	F.P
1	Osram	Incandescente, luz clara	1560	100	120	60	15.6	1000	NO
2	Silk Electric.	Incandescente, luz clara	NO	100	110-130	NO	NO	NO	NO
3	Philips	Incandescente, luz clara	1560	100	120	NO	15.6	1000	NO
4	Chiyoda	Incandescente	NO	100	127	NO	NO	NO	NO
5	Silvalux	Incandescente	1400	100	120	NO	NO	1000	NO
6	Lamptan	Incandescente	NO	100	110-130	60	NO	1200	NO
7	Osram	LFC, luz del día	1050	20	110-130	50/60	NO	6000	0.5
8	General Electric lighting	LFC, luz cálida	1200	20	120	50/60	55	NO	0.5
9	Lamptan	LFC	NO	20	110-130	60	NO	NO	NO
10	Loyal	LFC	NO	20	120	60	NO	8000	NO
11	General Electric E.S.	LFC, luz de día	1100	20	120	50/60	NO	NO	NO
12	Sylvania	LFC	1000	20	120	60	NO	NO	NO
13	Basco	LFC	NO	20	120	60	NO	8000	NO
14	General Electric T.B	LFC	1030	20	120	60	52	6000	NO
15	DURA	LFC, luz del día	1200	20	120/130	50/60	NO	6000	NO
16	DLU	LFC, luz fría	1200	20	125/130	50/60	NO	4000	NO
17	Westinghouse	LFC, Luz cálida	1380	23	120-127	50/60	NO	6000	NO
18	Gob. Nacional	LFC, Luz Cálida	NO	20	110-125	NO	NO	8000	NO

**TABLA 1.2.7** Datos Técnicos De Las Muestras Recolectadas.

### 1.2.6.2 Proceso De Envejecimiento De Lámparas.

Según las normas correspondientes a estudios en lámparas fluorescentes compactas (NTE INEN-IEC 969) y en lámparas incandescentes (EN 60064) fue indispensable que las mismas sean sometidas a un proceso de envejecimiento en un porcentaje igual al 0.1% en el caso de la lámpara incandescente, el proceso de envejecimiento es de 1 hora de funcionamiento normal, correspondiente al 0,1% de la duración nominal que es de 1.000 horas, de acuerdo con la norma aplicable. De igual forma Las LFC se sometieron a un proceso de envejecimiento de 100 horas de funcionamiento normal.

Para el envejecimiento de las muestras se usó el laboratorio de instalaciones civiles ya que posee la infraestructura acorde a nuestros requerimientos. Las lámparas fueron situadas tal como muestra *figura 1.2.4* a continuación, como se observa cuatro unidades por módulo con un circuito independiente, con el fin de precautelar posibles fallas además de inconvenientes durante este procedimiento. Para este caso las lámparas se mantuvieron encendidas de principio a fin sin interrupciones de ningún motivo por lo que era indispensable un control exhaustivo, sobre todo cuando el personal cerraba las instalaciones por la noche. Ya que se debía dejar las lámparas encendidas por la noche cuando no existe personal.



*Fig.1.2.4 Muestras en el proceso de envejecimiento.*

### **1.2.6.3 Mediciones Realizadas En El Laboratorio.**

En este caso se utilizó el laboratorio de electrónica de potencia ya que reúne las características y equipos válidos para cada una de nuestras consideraciones.

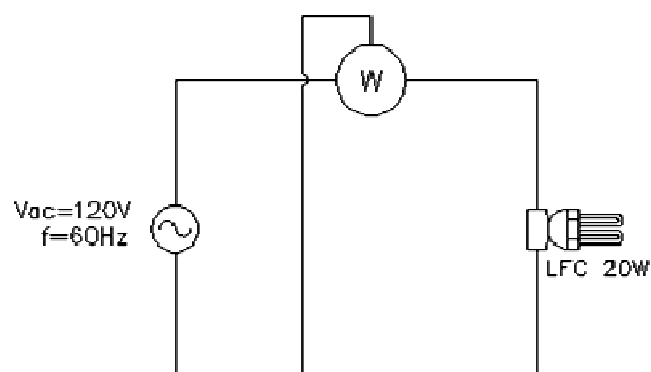
### 1.2.6.3.1 Medición De La Potencia.

#### 1.2.6.3.1.1 Objetivos De La Medición De La Potencia.

- Medir cuál es la potencia consumida por una LFC y compararla con la potencia declarada en el empaque.
- Analizar el comportamiento de la potencia medida según la norma técnica respectiva.

#### 1.2.6.3.1.2 Datos Obtenidos De La Medición De La Potencia.

Tomando cuenta la norma técnica, la potencia fue medida en cada una de las muestras de lámparas fluorescentes compactas y focos incandescentes, según el circuito de la figura 1.2.5, con una tensión de ensayo de 120 voltios alternos a una frecuencia de 60 hertz, usando el vatímetro. Los datos obtenidos en cada una de las mediciones se presentan en las siguientes tablas para cada tipo de lámpara.



*Fig. 1.2.5 Esquema para la medición de potencia de una LFC.*

Muestra	Marca	Potencia		
		W declarados	W Medidos	VA Medidos
1	Osram	100	96.2	96.1
2	Silk electric.	100	107.5	108.4
3	Philips	100	95.6	95
4	Chiyoda	100	97.1	97.6
5	Silvalux	100	93.8	94
6	Lamptan	100	95.1	95.2

*TABLA 1.2.8 Datos Obtenidos De La Medición De Potencia En Lámparas Incandescentes (100W).*

Muestra	Marca	Potencia			
		W declarados	W Medidos	VA Medidos	VAR Medidos
7	Osram	20	19.6	23.7	17.2
8	General electric lighting	20	17.8	26.4	20.4
9	Lamptan	20	8.8	13.1	11
10	Loyal	20	14.2	21.6	18.2
11	General electric Energi Sving	20	16.4	20.4	26.2
12	Sylvania	20	15.2	22.6	27.6
13	Basco	20	9.8	13.1	10.8
14	General electric triple biax	20	19.1	28.6	22.4
15	Dura	20	18.4	24.8	20.6
16	Dlu	20	15.5	21.4	16.8
17	Westinghouse	23	20.2	30.9	24.2
18	Gob. Nacional	20	16.4	22.5	17.2

*TABLA 1.2.9 Datos Obtenidos De La Medición De Potencia En LFCs (20W).*



**1.2.6.3.1.3 Análisis de resultados.**

Para analizar los resultados es conveniente aplicar la norma, y con ello determinar que muestras aplican dentro de la misma para lo cual en la tabla 1.2.10 se muestran los porcentajes obtenidos en el caso de las LFCs.

<b>Marca</b>	<b>Potencia W</b>	<b>Apl. Norma en %</b>
Lamptan	8.8	56
Loyal	14.2	29
General electric Energi Sving	16.4	18
Sylvania	15.2	24
Basco	9.8	51
General electric lighting	17.8	11
Osram	19.6	2
General electric triple biax	19.1	4.5
Dura	18.4	8
Dlu	15.5	22.5
Westinghouse	20.2	12.17
Gob. Nacional	16.4	18

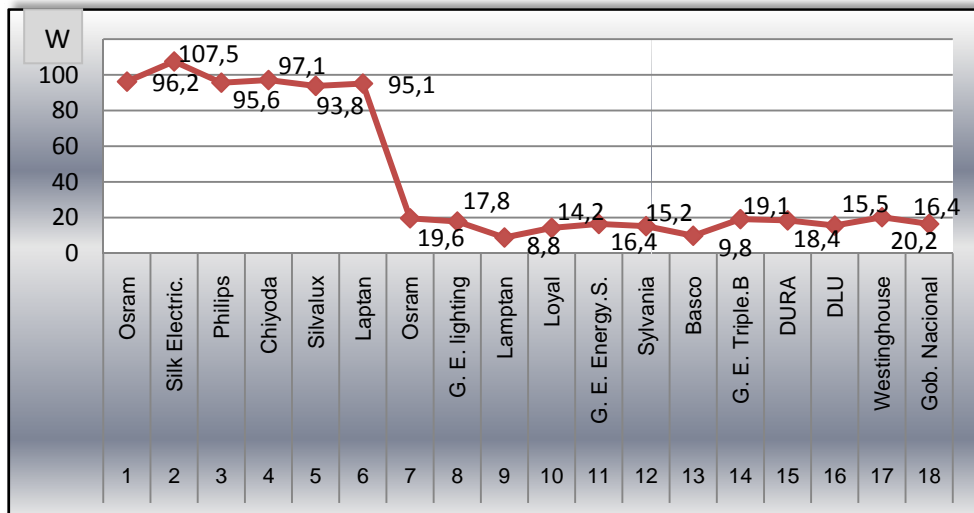
**TABLA 1.2.10 Análisis Según La Norma RTE INEN 036 PARA LFC.**

La muestra Westinghouse no se toma en cuenta ya que su potencia declarada es mayor a la referente de 20 W, la norma indica que el valor de potencia medida bajo ensayo, no debe variar más de 15 % de la potencia declarada o sea si la lámpara es de 20W no debe variar en +/- 3W.

Además Según la tabla 1.2.9, las muestras pertenecientes a las marcas Lamptan, Loyal, General electric Energi Sving, Sylvania, Basco, Dlu y Gob. Nacional, no cumplen con la norma establecida, las marcas Basco y Lamptan están incluso muy por debajo de la mitad de la potencia nominal.

En cuanto a las lámparas incandescentes, en la tabla 1.2.8 la muestra perteneciente a SILK ELECTRIC sobrepasa la potencia declarada por el fabricante, mientras que la muestra perteneciente a SILVALUX tiene el menor consumo de potencia.

En la gráfica podemos observar la variedad de potencias mediadas especialmente el las muestras pertenecientes a las LFC.



**Cuadro 1.2.1** Potencias medidas en LFCs y lámparas incandescentes.

Entonces se puede decir que al medir la potencia en las diferentes muestras se encontro que la potencia declarada en el empaque de algunas de las muestras no es real como se pudo constatar al comparar la potencia medida con la potencia declarada . Pero existen muestras que cuyas potencias medidas se aproximan muy significativamnete a la declarada, en ninguno de los caso la potencia medida es igual a la declarada debido a perdidas de energia tal es el caso de la disipacion de energia en forma de calor por lo que podemos diferenciar unas de otras a las muestras que tiene mayor y menor cantidad de perdidas.

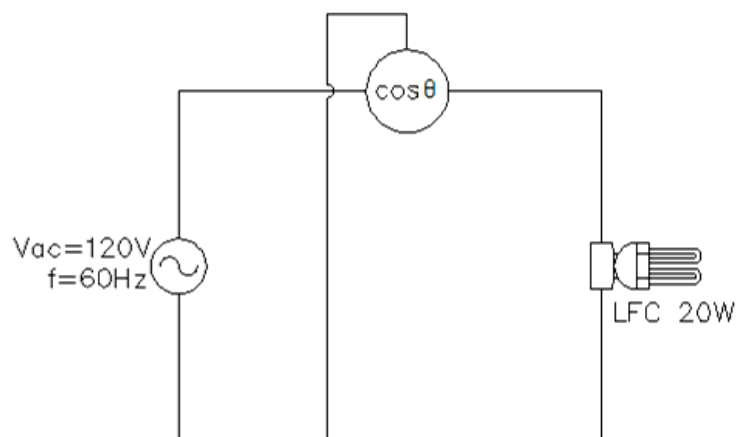
### 1.2.6.3.2 Medicion del Factor de Potencia

#### 1.2.6.3.2.1 Objetivos de la medición del factor de potencia.

- Medir el factor de potencia y en caso de tenerlo declarado en el empaque realizar la respectiva comparación.
- Determinar si el factor de potencia de alguna de las muestras puede llegar a ser perjudicial para el sistema.
- Analizar los resultados para establecer cuáles son las características del factor de potencia en cada muestra según la norma técnica.

#### 1.2.6.3.2.2 Datos obtenidos de la medición del factor de potencia.

La medición del factor de potencia se realizo de acuerdo con las consideraciones de la norma técnica, a una tensión de ensayo de 120V a una frecuencia de 60 hertz, tal como lo muestra la figura 1.2.6 usando el cosfmetro, Obtuvimos los resultados que se muestran en las tablas a continuación.



*Fig. 1.2.6 Esquema para la medición del Factor de potencia de una LFC.*

M	Marca	FP
1	Osram	0.999
2	Silk electric.	0.999
3	Philips	0.999
4	Chiyoda	0.999
5	Silvalux	0.999
6	Laptan	0.999

*TABLA 1.2.11 Factor De Potencia Medido En Lámparas Incandescentes (100W).*

M	Marca	FP
7	Osram	0.69
8	General electric lighting	0.61
9	Laptan	0.6
10	Loyal	0.6
11	General electric Energi Sving	0.62
12	Sylvania	0.62
13	Basco	0.61
14	General electric triple biax	0.57
15	Dura	0.61
16	Dlu	0.62
17	Westinghouse	0.61
18	Gob. Nacional	0.62

*TABLA 1.2.12 Factor De Potencia Medido En LFCs (20W).*

### 1.2.6.3.2.3 Análisis De Resultados.

Para analizar los resultados aplicamos La norma RTE INEN 036 en el caso de las lámparas fluorescentes compactas la cual dice que el factor de potencia mínimo aceptable para las lámparas fluorescentes compactas con balastro integrado debe ser mínimo de 0,6. De los datos de la tabla 1.2.12, la muestra perteneciente a General Electric Triple Biax queda fuera del rango de dicha la norma.

Las LFCs se ubicaron entre un valor máximo de 0,62 y un mínimo de 0,57 es decir que los valores obtenidos no están muy distantes al valor permitido por la norma.

El conjunto de lámparas incandescentes al ser una carga resistiva obtuvo factores de potencia igual a 1, correspondiente al valor máximo de dicho factor.

Entonces podemos decir que las LFCs tienen un factor de potencia aceptable pero puede provocar pérdidas al tener valores más bajos como el de utilizar más corriente de la red y con esto sobrecargas en transformadores además de las líneas.

### **1.2.6.3.3 Medición De La Corriente.**

#### **1.2.6.3.3.1 Objetivo De La Medición De La Corriente.**

- Medir y visualizar la corriente que circula dentro de una LFC.
- Observar como la forma de onda de corriente de cada una de las muestras se encuentra en relación a la forma de onda del voltaje.

#### **1.2.6.3.3.2 Datos Obtenidos.**

La medición de la corriente se realizó sin tomar en cuenta alguna norma ya que para el caso de esta no existe normativa que defina características de la corriente. Para la medición se utilizó la disposición mostrada en la *figura 1.2.7* con una tensión de ensayo de 120V a una frecuencia de 60 hertz usando el amperímetro. De igual forma los resultados obtenidos de este estudio se muestran en las tablas 1.2.13 y 1.2.14 respectivamente.

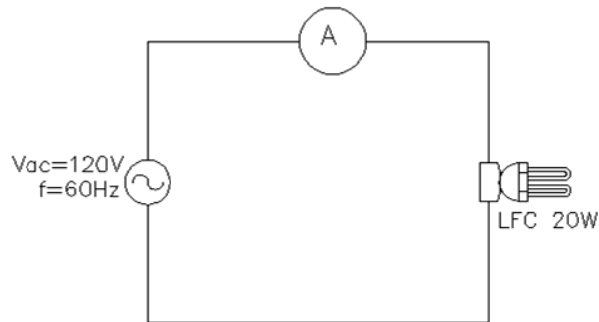


Fig. 1.2.7 disposición para la medición de la corriente de una FLC

M	Marca	Corriente (A)
1	Osram	0.82
2	Silk electric.	0.93
3	Philips	0.84
4	Chiyoda	0.85
5	Silvalux	0.82
6	Laptan	0.83

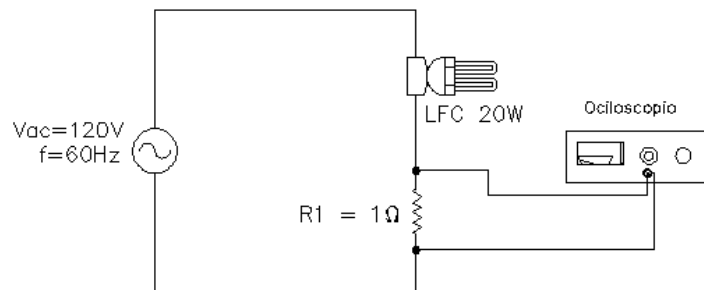
TABLA 1.2.13 Medición De La Corriente En Lámparas Incandescentes (100W).

M	Marca	Corriente (A)
7	Osram	0.17
8	General electric lighting	0.18
9	Laptan	0.1
10	Loyal	0.12
11	General electric Energi Sving	0.17
12	Sylvania	0.16
13	Basco	0.1
14	General electric triple biax	0.19
15	Dura	0.18
16	Dlu	0.12
17	Westinghouse	0.23
18	Gob. Nacional	0.15

TABLA 1.2.14 Medición De La Corriente En LFCs (20W).

### 1.2.6.3.3 Formas De Onda.

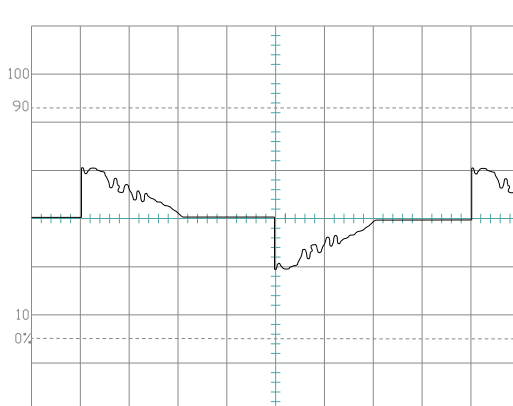
Aquí procedemos mostrar cada una de las formas de onda obtenidas utilizando el osciloscopio según la disposición de la *figura 1.2.8*. Con el uso de la misma tensión de ensayo que el caso anterior. Cabe recalcar que tampoco para este caso existe noma técnica.



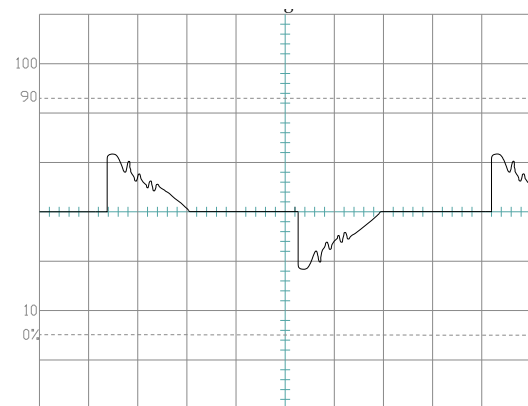
*Figura 1.2.8* disposición para la visualización de la corriente de una FLC.

Para la visualización de las formas de onda el osciloscopio se calibro de la siguiente forma.

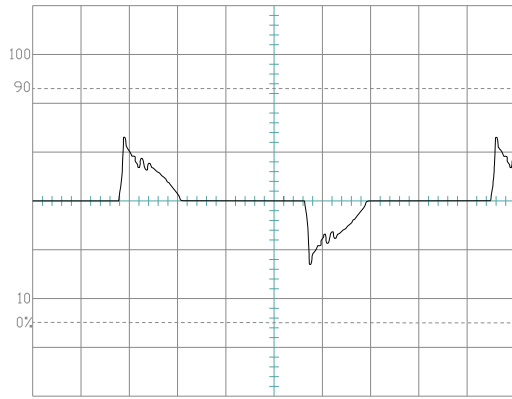
	Señal	Vol/Div	Time/Div
<b>Chanel 2</b>	Corriente	20 mv	1 ms



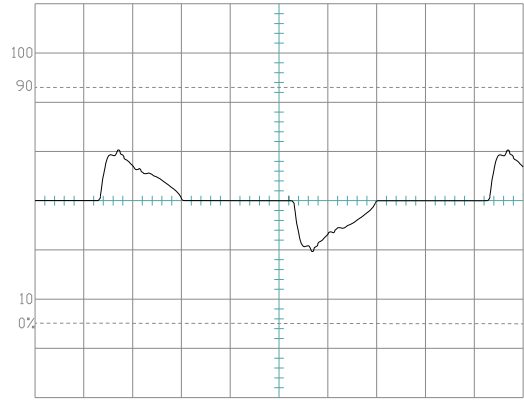
*Fig. 1.2.9.* Formas de onda de la corriente de la LFC (DURA 20w).



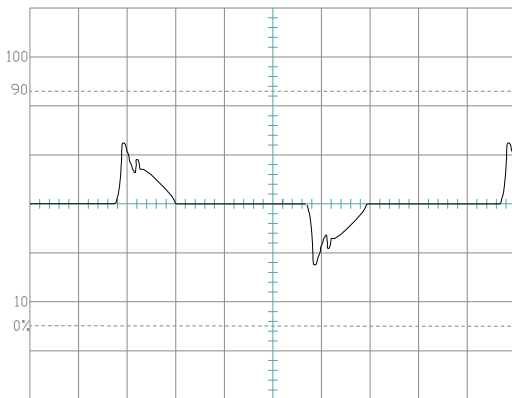
*Fig. 1.2.10* Formas de onda de la corriente de la LFC (Westinghouse 23w).



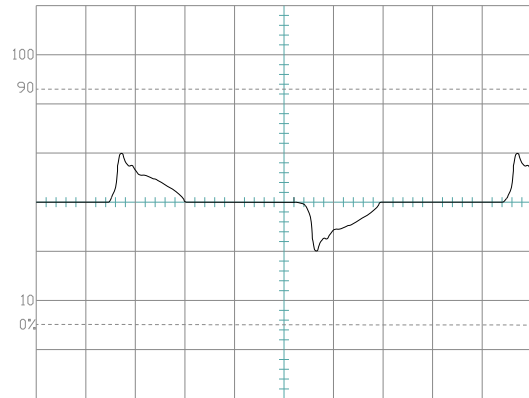
**Fig.1.2.11** Formas de onda de la corriente de la LFC (GE lighting 20 w).



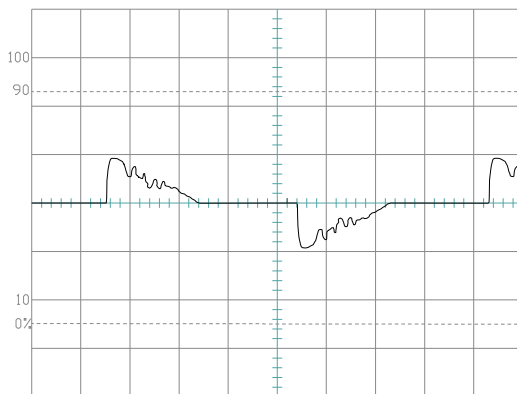
**Fig.1.2.12** Formas de onda de la corriente de la LFC (OSRAM 20 w).



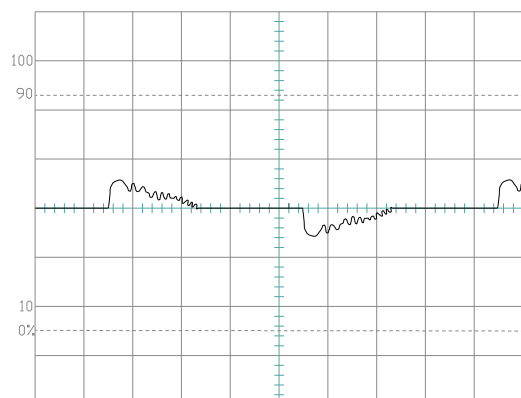
**Fig.1.2.13** Formas de onda de voltaje y corriente de la CLF (ENERGY SAVING 20 w).



**Fig.1.2.14** Formas de onda de la corriente de la LFC (SYLVANIA 20 w).

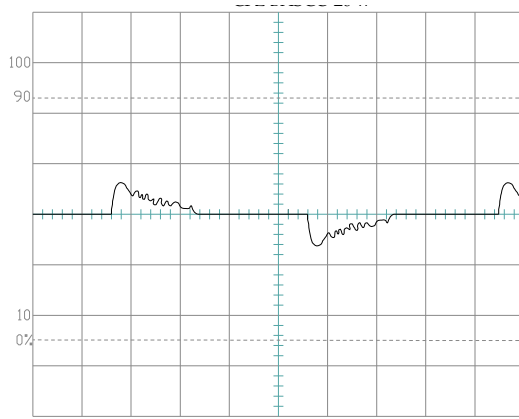


**Fig.1.2.15** Formas de onda de la corriente de la LFC (DLU 20 w).

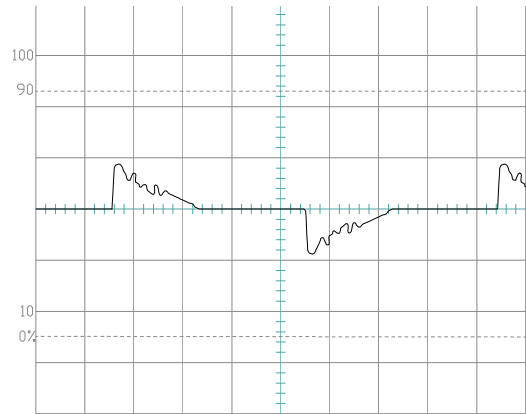


**Fig.1.2.16** Formas de onda de la corriente de la LFC (Lamptan 20 w).

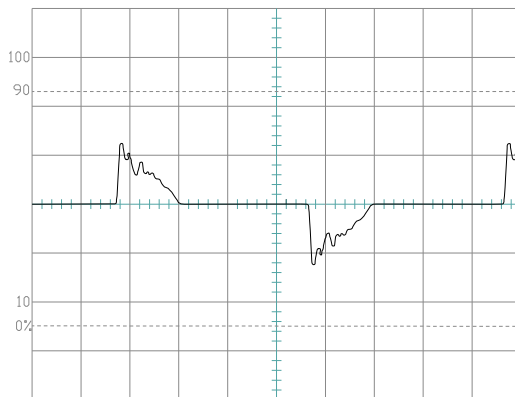




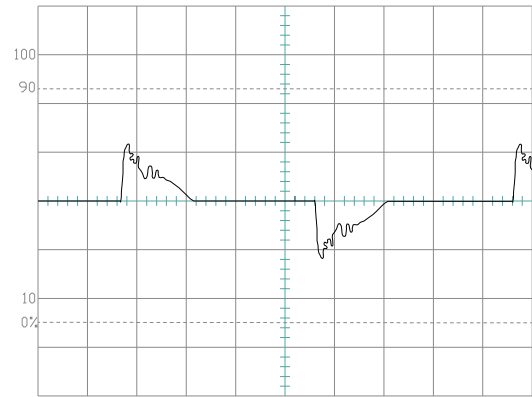
**Fig.1.2.17** Formas de onda de la corriente de la LFC (BASCO 20 w).



**Fig.1.2.18** Formas de onda de la corriente de la LFC (LOYAL 20 w).



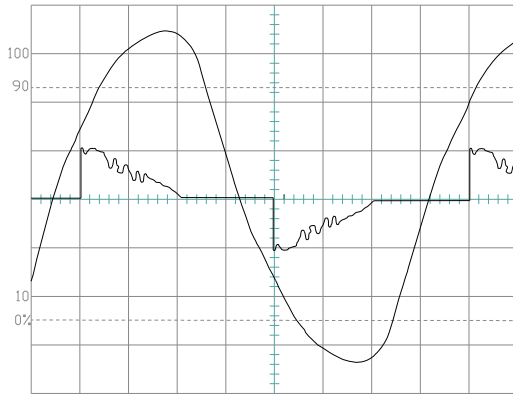
**Fig. 1.2.19** Formas de onda de la corriente de la LFC (GE TRIPLE BIAX 20 w).



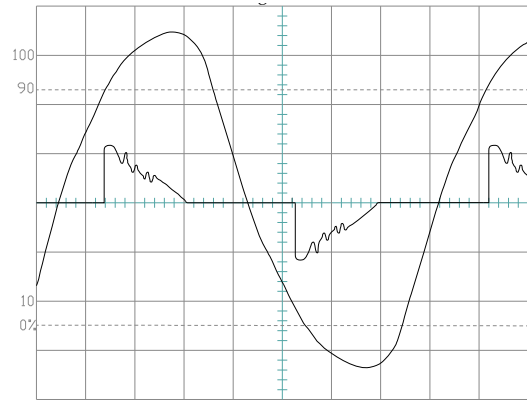
**Fig.1.2.20** Formas de onda de la corriente de la LFC (GOBIERNO ECUATORIANO 20 w).

Con el fin de poder apreciar de mejor manera el comportamiento de la corriente frente al voltaje usamos los dos canales del osciloscopio es decir uno para cada señal. En la siguiente tabla se muestra la calibración del osciloscopio y seguido de esto muestra las respectivas formas de onda.

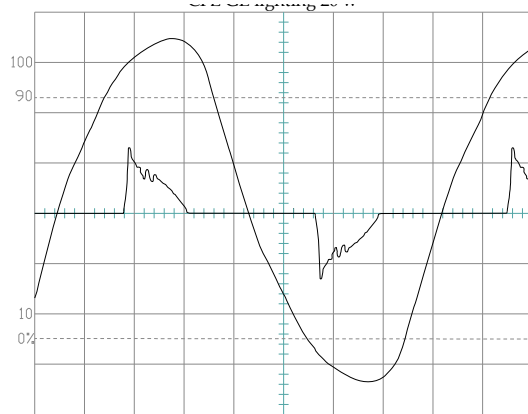
	Señal	Vol/Div	Time/Div
<b>Chanel 1</b>	Voltaje	5 v	1 ms
<b>Chanel 2</b>	Corriente	20 mv	1 ms



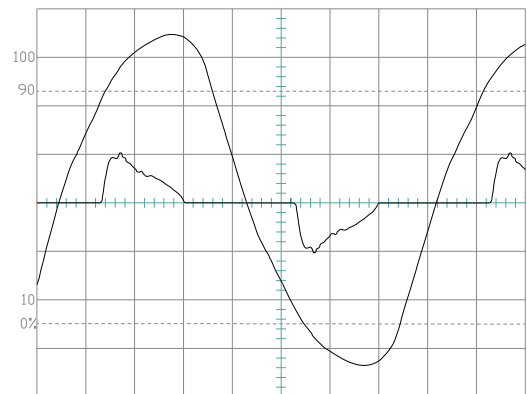
**Fig.1.2.21** Formas de onda de voltaje y corriente LFC (DURA 20w).



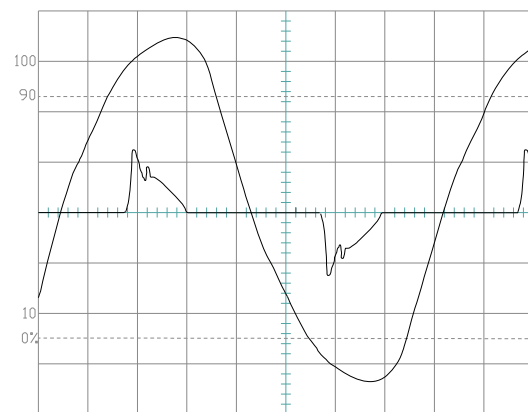
**Fig.1.2.22** Formas de onda de voltaje y corriente LFC (Westinghouse 23w).



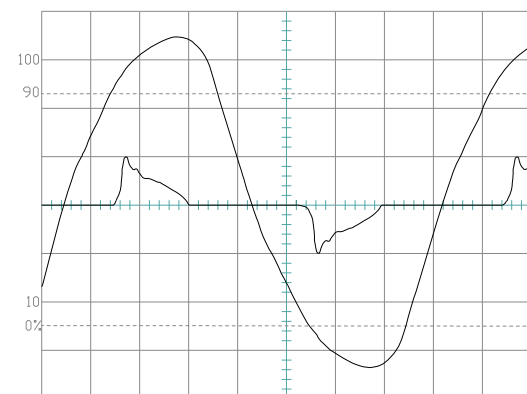
**Fig.1.2.23** Formas de onda de voltaje y corriente LFC (GE lighting 20 w.)



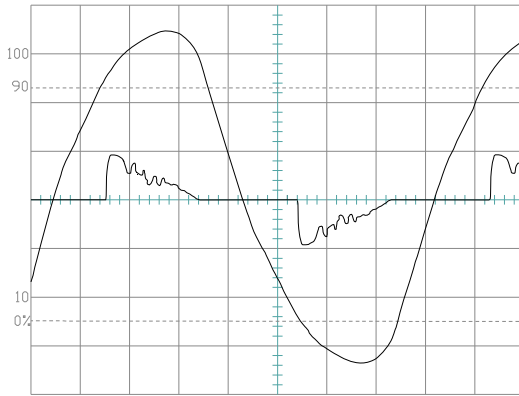
**Fig.1.2.24** Formas de onda de voltaje y corriente LFC (OSRAM 20 w).



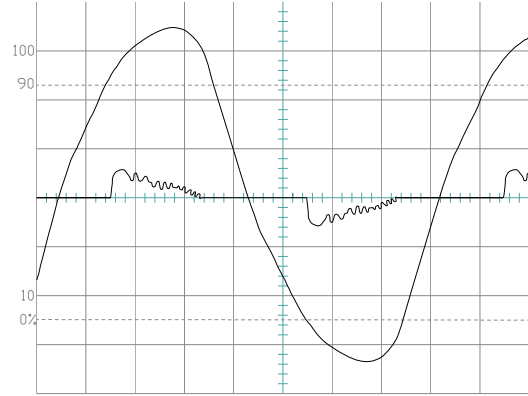
**Fig.1.2.25** Formas de onda de voltaje y corriente de la LFC (ENERGY SAVING 20 w).



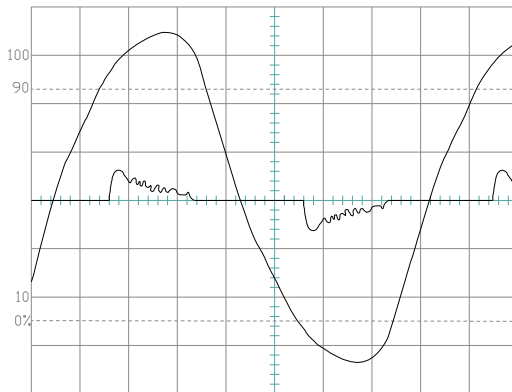
**Fig. 1.2.26** Formas de onda de voltaje y corriente LFC (SYLVANIA 20 w)



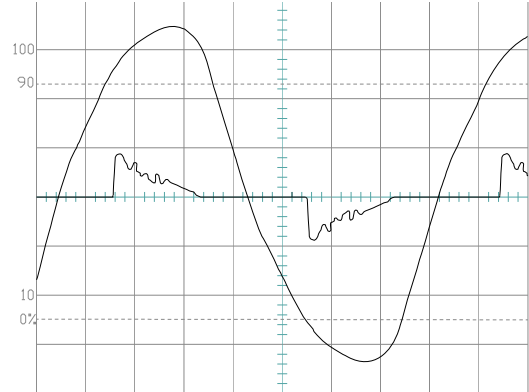
**Fig.1.2.27** Formas de onda de voltaje y corriente LFC (DLU 20 w).



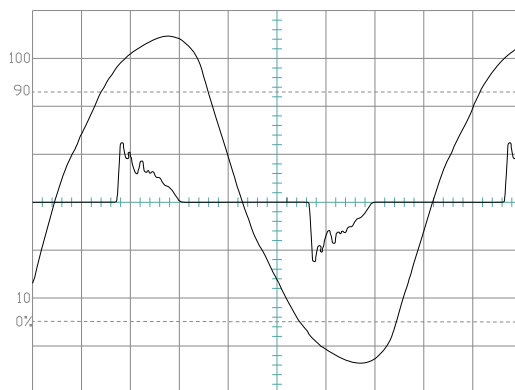
**Fig.1.2.28** Formas de onda de voltaje y corriente LFC (Lamplan 20 w).



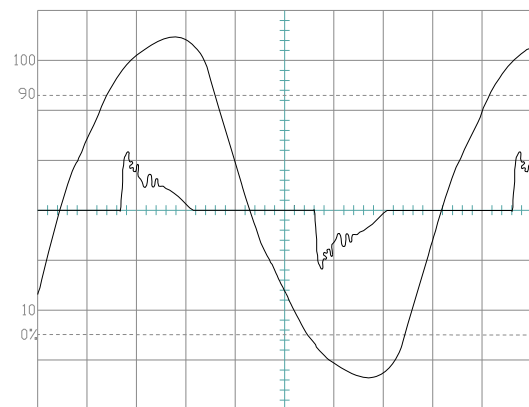
**Fig. 1.2.29** Formas de onda de voltaje y corriente LFC (BASCO 20 w).



**Fig.1.2.30** Formas de onda de voltaje y corriente LFC (LOYAL 20 w).



**Fig.1.2.31** Formas de onda de voltaje y corriente de la LFC (GE TRIPLE BIAx 20 w).

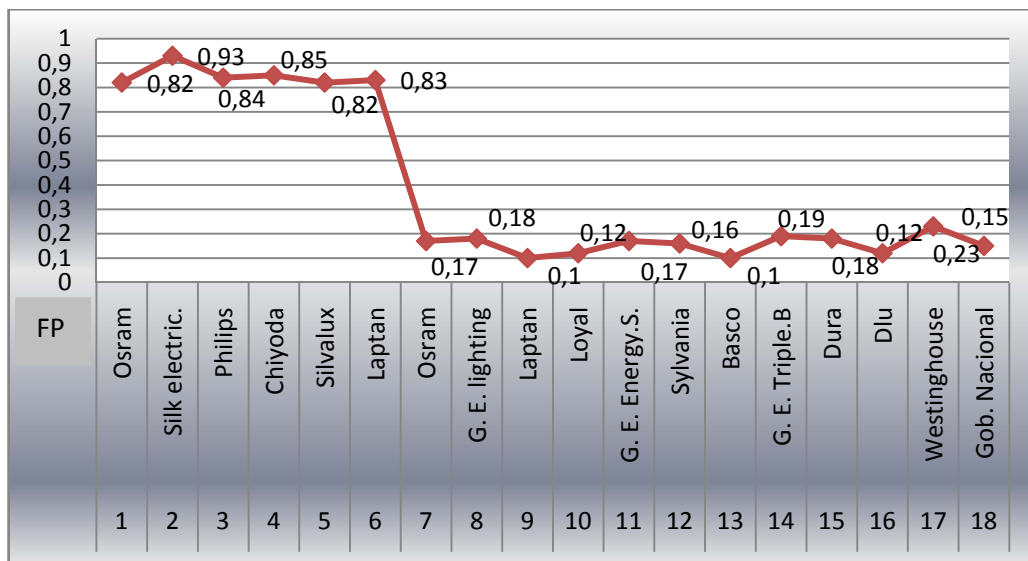


**Fig.1.2.33** Formas de onda de voltaje y corriente LFC (GOBIERNO ECUATORIANO 20 w).

### 1.2.6.3.3.4 Análisis De Resultados

La corriente de las LFCs no tiene comparación con la de los focos incandescentes, simplemente el hecho de que las LFCs sean de 20 W y las lámparas incandescentes de 100W nos da una idea totalmente clara del porque de esos valores. Se puede apreciar que los valores de corriente de las lámparas incandescentes son cercanos a 1A, en las lámparas LFCs por el contrario el valor al que más alto se acerca es a 0.25A haciendo notar la poca corriente que necesita el circuito interno de dicha lámpara para su funcionamiento.

En el cuadro siguiente muestra la diferencia de corriente de las lámparas incandescentes y las LFCs, pudiendo apreciar el menor consumo de las fluorescentes compactas.



Cuadro 1.2.2 Corrientes medidas en LFCs y lámparas incandescentes.

Al visualizar la señal de corriente usando el osciloscopio evidenciamos la forma de onda que caracteriza a este tipo de carga, dicha forma de onda es de tipo periódica pero no de tipo senoidal, se evidencia claramente que esta onda posee distorsiones, debido al efecto capacitivo del circuito interno de la lámpara, en las distintas graficas de las corrientes se notan picos muy pronunciados, tal es el caso de las LFC General Electric Energy saving además de General Electric lighting, en otros casos hay

perturbaciones más evidentes durante todo el ciclo como en las LFCs Dlu, Basco, Lamptan y loyal.

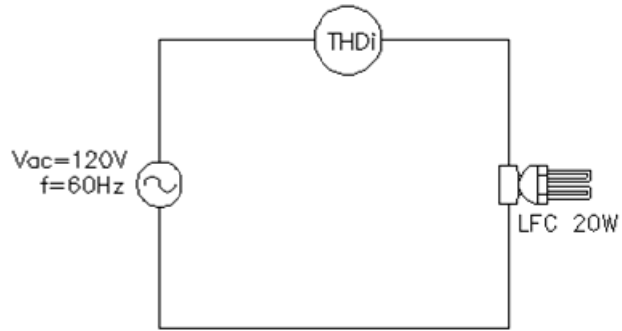
#### **1.2.6.3.4 Medición De La Distorsión Armónica En El Voltaje (THD<sub>v</sub>) Y La Corriente (THD<sub>i</sub>).**

##### **1.2.6.3.4.1 Objetivos De La Medición De La Distorsión Armónica (THD<sub>v</sub>) Y (THD<sub>i</sub>).**

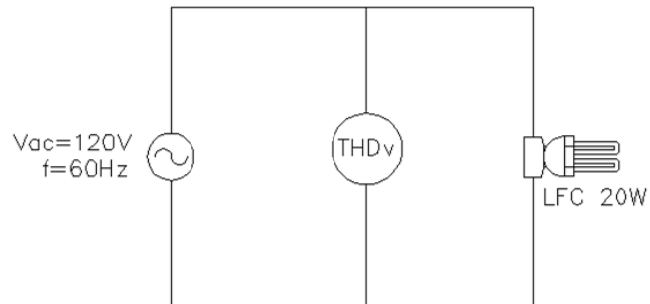
- Comprobar la existencia de armónicos de corriente y voltaje que son generados por una LFC.
- Medir el porcentaje de la distorsión armónica de la onda fundamental tanto de la corriente como la del voltaje.
- Analizar los resultados.

##### **1.2.6.3.4.2 Datos Obtenidos Medición De La Distorsión Armónica (THD<sub>v</sub>) y (THD<sub>i</sub>).**

Para la medición de la distorsión armónica se utilizó la disposición mostrada en las *figuras 1.2.34 y 1.2.35*. Según la norma RTE INEN 036 con la respectiva tensión de ensayo especificada en la misma. Además hacemos notar que para cada caso la medición es muy similar al medir voltaje o corriente. De igual forma los datos obtenidos los exponemos en las *tablas 1.2.15 y 1.2.16* respectivamente.



**Fig. 1.2.34** circuitos para medición de distorsión armónica de corriente THDi.



**Fig.1.2.35** Circuito para la medición de distorsión armónica de voltaje THDv

M	Marca	THDi (%)	THDv (%)
1	Osram	0	2.9
2	Silk electric.	0	2.9
3	Philips	0	3
4	Chiyoda	0	3.1
5	Silvalux	0	3
6	Laptan	0	3

**TABLA 1.2.15** Medición De La Distorsión Armónica THDV Y THDI En Lámparas Incandescentes (100W).

M	Marca	THDi (%)	THDv (%)
7	Osram	120	9.5
8	General electric lighting	150	8.2
9	Laptan	66.1	8.4
10	Loyal	125	8.5
11	General electric Energi Sving	116.6	8.8
12	Sylvania	120	8.6
13	Basco	100	7.9
14	General electric triple biac	107.1	9.6
15	Dura	78.5	9.8
16	Dlu	112.5	9.6
17	Westinghouse	100	9.9
18	Gob. Nacional	133.3	9.5

**TABLA 1.2.16** Medición De La Distorsión Armónica THDv Y THDi En LFCs (20W).

#### 1.2.6.3.4.3 Análisis De Resultados.

Las mediciones tomadas del porcentaje de distorsión armónica THD de las diferentes lámparas revelaron que todas las muestras de LFC poseen un nivel o porcentaje de distorsión en la corriente. Por lo cual el efecto más inmediato al usar la LFC es la introducción de armónicos en la red de fluido eléctrico.

Los porcentajes de distorsión armónica en la onda de corriente de cada LFC no tiene similitud entre ninguna de ellas por lo que no existe un rango fijo aproximado, se debe notar que en muchos de los casos existirán o simplemente no un valor determinado de armónicos de corriente, por lo que la distorsión armónica es asociada directamente con a la circuitería interna que depende de la calidad de los semiconductores usados y la eficiencia del circuito propios de cada uno de los fabricantes.

De acuerdo a las mediciones de THDi y conforme a la norma aplicada, la misma que señala que el total de armónicos de corriente estará en un rango máximo de 120% de la fundamental, las muestras que presentan un valor superior son General electric

lighting, Loyal, Gob. Nacional, lo que podría deberse a la eficiencia del circuito interno de la lámpara. El análisis al aplicar la norma se expresa en la siguiente tabla.

M	Marca	THDi (%)	THDv (%)
7	Osram	120	9.5
8	General electric lighting	150	8.2
9	Laptan	66.1	8.4
10	Loyal	125	8.5
11	General electric Energi Sving	116.6	8.8
12	Sylvania	120	8.6
13	Basco	100	7.9
14	General electric triple biax	107.1	9.6
15	Dura	78.5	9.8
16	Dlu	112.5	9.6
17	Westinghouse	100	9.9
18	Gob. Nacional	133.3	9.5

*TABLA 1.2.17 Análisis Mediante La Norma RTE INEN 036 PARA LFC.*

En el caso del porcentaje de distorsión armónica THD en el voltaje se nota un rango de valores entre 8.8 a 9.6%. El mismo que es propio de la red, para evidenciar esto se utilizo un circuito de filtro tipo separador de frecuencias el mismo que se usa para obtener la señal de voltaje a una frecuencia de  $180^0$ . El cual representa al tercer armónico, que es uno de los valores considerados como problemáticos. Al momento de accionar la LFC se evidencia que no existe un cambio drástico con la onda del voltaje por lo que se comprueba que la LFC no tiene influencia en provocar distorsiones en la onda o señal fundamental de voltaje en forma significativa.

Generalizando se puede decir que las LFCs generan armónicos, al estar en contacto directo con la red de fluido eléctrico inician una interacción con los ya presentes en la red producidos por otros dispositivos electrónicos en el caso de un domicilio (Computadoras, televisores, equipos de audio y video, etc.), esta asociación de los armónicos de la LFC y los de la red no es directa como una suma escalar sino que la asociación se da mediante la magnitud y fase. Con lo cual en ciertos casos estos se asocian y consolidan su presencia en la red, mientras que en otros casos pueden eliminarse o simplemente disminuir su magnitud.



La distorsión de la corriente esta directamente asociada con el uso de un conversor analógico digital AC/DC en la circuitería interna de la LFC mas concisamente al ingreso de la tensión, que se asemeja a un rectificador con un filtrado capacitivo. Claro que otras lámparas poseen una inductancia a la entrada con la finalidad de limitar los picos de corriente, este filtro inductivo casi no influye en la distorsión armónica de todo el circuito.

### 1.2.6.3.5 Estudio De La Influencia De Las LFCs En Algunos Dispositivos Eléctricos.

El estudio consiste en juntar algunos de los dispositivos que representan las diferentes cargas que están presentes dentro de la red de fluido eléctrico. Para esta prueba escogimos la lámpara del gobierno nacional, debido a que en la actualidad es la más común en nuestro medio, ya que está siendo distribuida por las empresas eléctricas de forma gratuita. De los puntos anteriores recordamos las siguientes variables obtenidas de esta LFC en particular.

**Potencia:** 16.4 W.  
**THDi:** 133.3%  
**FP:** 0.62



*Figura 1.2.36 Fotografía LFC que proporciona el gobierno.*

Inicialmente realizamos las mediciones de características propias de cada elemento es decir potencia, corriente, y distorsión armónica THD. Para Luego adicionar la LFC y Nuevamente realizar las mediciones ya descritas.

### 1.2.6.3.5.1 Objetivos del Estudio De La Influencia De Las LFC En Algunos Dispositivos Eléctricos

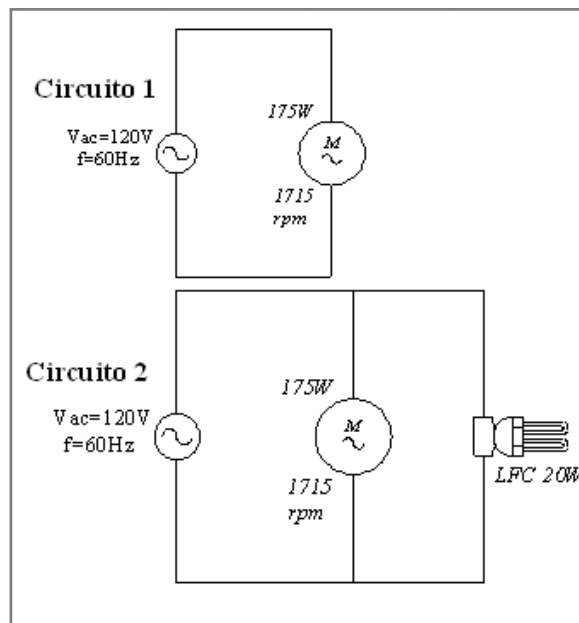
- Observar el comportamiento del factor de potencia así como la distorsión armónica cuando una LFC opera en condiciones normales junto a motores, capacitores, inductores y transformadores.
- Determinar si en algún caso la influencia de la LFC resulta perjudicial.

### 1.2.6.3.5.2 Datos Obtenidos Del Estudio De La Influencia De Las Lfcs En Algunos Dispositivos Eléctricos.

#### 1.2.6.3.5.2.1 Influencia De La LFC En Un Motor Monofásico.

En este caso se utilizan los circuitos de la *figura 1.2.37* en donde inicialmente medimos los parámetros ya descritos anteriormente sin la presencia de la LFC, para luego de la misma forma realizar las mediciones con la influencia de la LFC, finalmente los datos se presentan en la *tabla 1.2.18*. Para esto el motor utilizado tiene los siguientes datos en su placa.

**Potencia:** 175 W.  
**Rpm:** 1715.  
**Voltaje:** 120 V.  
**Corriente:** 4.6 A.



*Fig. 1.2.37 Circuitos para determinar influencia de la LFC en un motor monofásico.*

Circuito	Corriente (A)	THDi (%)	Pot. (W)	Pot.(VA)	Pot.(VAR)	FP.
1	3.96	16.5	94.5	457.8	445.8	0.20
2	3.96	14.7	111.3	481.1	464.2	0.23

**TABLA 1.2.18** Datos Obtenidos De Las Mediciones Para Determinar La Influencia De La LFCs En Un Motor Monofásico.

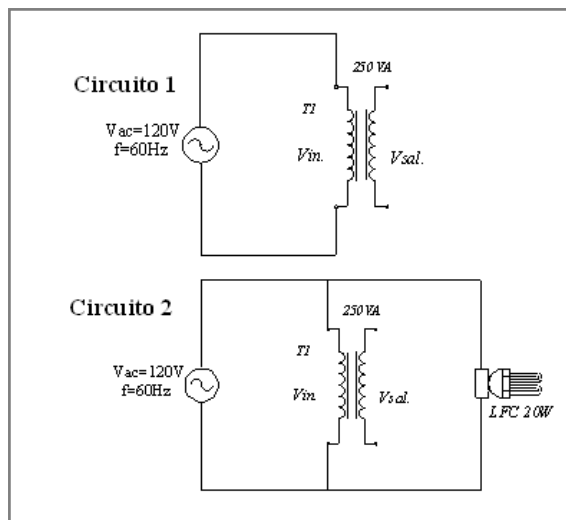
**1.2.6.3.5.2.1 Análisis De Resultados.**

Al medir la distorsión armónica del circuito se obtiene como resultado que la distorsión armónica de corriente total es de 14.7%, esto se debe a que el motor absorbe los armónicos, es decir que aquí se evidencia lo anteriormente mencionado, el hecho de que algunos armónicos se refuerzan y otros se eliminan. Para el caso de los motores la absorción de los armónicos no es nada favorable ya que en su interior la presencia de corrientes parasitas simplemente contribuye al aumento de perdidas.

**1.2.6.3.5.2.2 Datos Obtenidos De La Influencia De La LFC En Un Transformador.**

En este caso se usa los circuitos de la *figura 1.2.38* inicialmente sin la presencia de la LFC y luego con la influencia de la LFC en el transformador. Los datos obtenidos de las variables eléctricas medidas se exponen en la *tabla 1.2.19*, el transformador usado tiene las siguientes características.

**Voltaje:** 120-208V  
**Potencia:** 250 VA  
**Corriente:** 1.2 A



**Fig. 1.2.38** Circuitos para determinar influencia de la LFC

circuito	Corriente (A)	THDi (%)	THDv (%)	Pot. (W)	Pot.(VA)	Pot.(VAR)	FP.
1	0.13	70	9	6.9	22.6	21.6	0.3
2	0.26	72.7	9	24.1	35.6	26.2	0.67

*TABLA 1.2.19 Datos Obtenidos De Las Mediciones Para Determinar La Influencia De La LFC En Un Transformador.*

### 1.2.6.3.5.2.2.1 Análisis De Resultados.

De acuerdo a las medidas del circuito vemos que la distorsión armónica antes de adicionar la LFC es de 70% mientras que el factor de potencia es de 0.3, una vez agregada la LFC la THDi aumenta ligeramente a un 72.2% lo que indica que el transformador absorbe la distorsión armónica generado por la LFC, a si mismo el factor de potencia aumenta al doble 0.67 siendo este valor superior al FP medido de la LFC.

Se puede decir que en los transformadores absorben la totalidad de los armónicos generados por las LFCs, que si bien es beneficioso para el sistema eléctrico no lo es para el equipo de transformación como tal, ya que esta absorción produce o eleva la circulación de corrientes parasitas lo que genera calentamiento adicional en dicho equipo. Reduciendo la vida útil de los aislamientos y lo que podría acelerar el envejecimiento del equipo.

Está claro que en este caso es una sola lámpara y un pequeño transformador, pero en el sistema eléctrico existe una cantidad innumerable de LFCs, que hoy en día no producen mayores consecuencias, lo que no podríamos anunciar que suceda a futuro pues la tendencia es a seguir incrementando y promoviendo el uso de tecnologías eficientes.

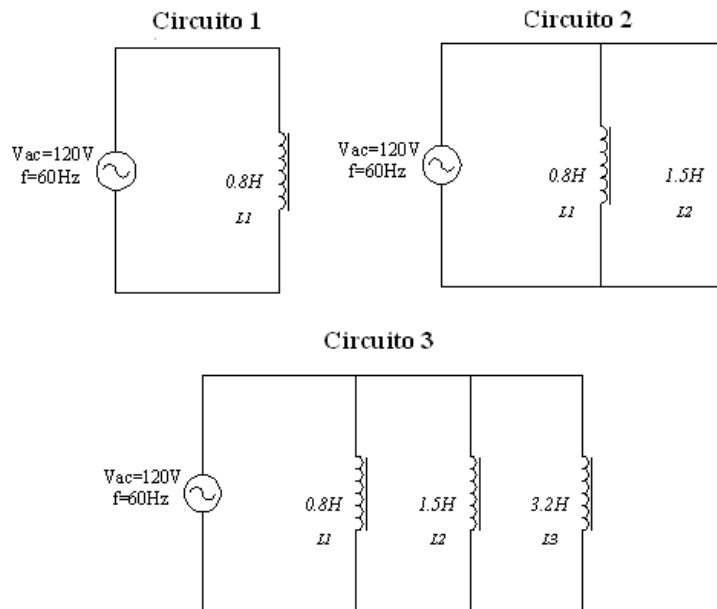
**1.2.6.3.5.2.3 Datos Obtenidos De La Influencia De La LFC En Inductancias.**

Para esto primero realizamos los circuitos inductivos de la *figura 1.2.39* en los cuales no existe la presencia de la LFC. De las mediciones realizadas en los mismos obtuvimos los datos que se muestran en la *tabla 1.2.20*. Las inductancias usadas en este estudio tienen las siguientes características.

L1: 0.8H, 0.4A, 300ohm.

L2: 1.5H, 0.2A, 600ohm.

L3: 3.2H, 0.1A, 1200ohm.

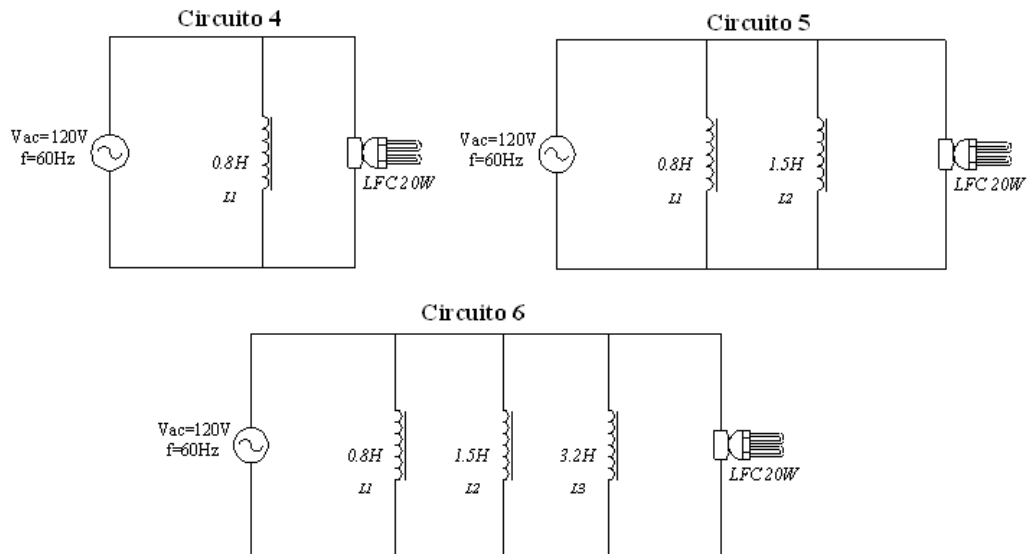


**Fig. 1.2.39** Circuitos Inductivos.

circuito	Corriente (A)	THDi (%)	Pot. (W)	Pot.(VA)	Pot.(VAR)	FP.
1	0.28	0	0.4	37.6	37.4	0.01
2	0.49	0	3.3	61.6	61.4	0.04
3	0.59	0	4.7	71.9	72	0.06

**TABLA 1.2.20** Datos Obtenidos De Las Mediciones En Los Circuitos Inductivos.

Luego adicionamos a cada circuito inductivo la LFC según la *figura 1.2.40* con lo cual obtuvimos los datos que se muestran en la *tabla 1.2.21*.



**Fig. 1.2.40** Circuitos inductivos paralelos a una LFC.

circuito	Corriente (A)	THDi (%)	Pot. (W)	Pot.(VA)	Pot.(VAR)	FP.
4	0.33	50	18.1	40.8	36.6	0.44
5	0.51	31.2	20.7	62.4	58.8	0.33
6	0.6	25.8	21.2	71.9	68.2	0.31

**TABLA 1.2.21** Datos Obtenidos De Las Mediciones En Los Circuitos Inductivos Para Lelos A La LFC.

### 1.2.6.3.5.2.3.1 Análisis De Resultados.

Los circuitos inductivos en paralelo no muestran distorsión armónica de corriente, y mientras que el FP aumenta según el número de inductancias que se agreguen. Todo lo contrario ocurre al conectas la LFC al circuito ya que existe una presencia de distorsión armónica como podemos ver con solo una inductancia la THDi es 50%, y a medida que aumentamos las inductancias este valor disminuye debiéndose principalmente a que las inductancias absorben los armónicos, así mismo el factor de

potencia comienza con un valor relativamente alto 0.44 y de igual forma disminuye con un mayor número de inductancias.

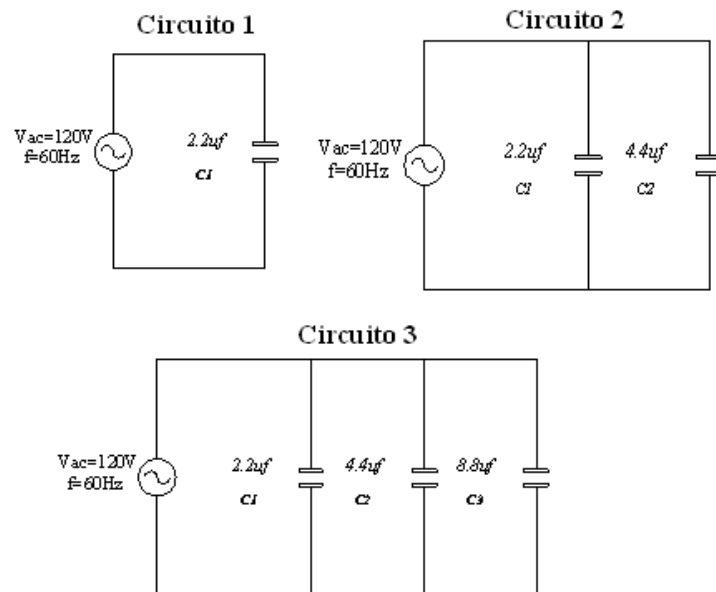
#### 1.2.6.3.5.2.4 Datos Obtenidos De La Influencia De La LFC En Capacitores.

Al igual que en el caso anterior inicialmente obtenemos las mediciones de circuitos capacitivos en paralelo mostrados en la *figura 1.2.41*, los datos obtenidos se exponen en la *tabla 1.2.22*. Las características de los capacitores usados en este procedimiento se muestran a continuación.

**Capacitor 1:** 2.2uf, 0.1A, 1200ohm

Capacitor 2: 4.4uf, 0.2A, 600ohm.

Capacitor 3: 8.8uf, 0.4A, 300ohm.

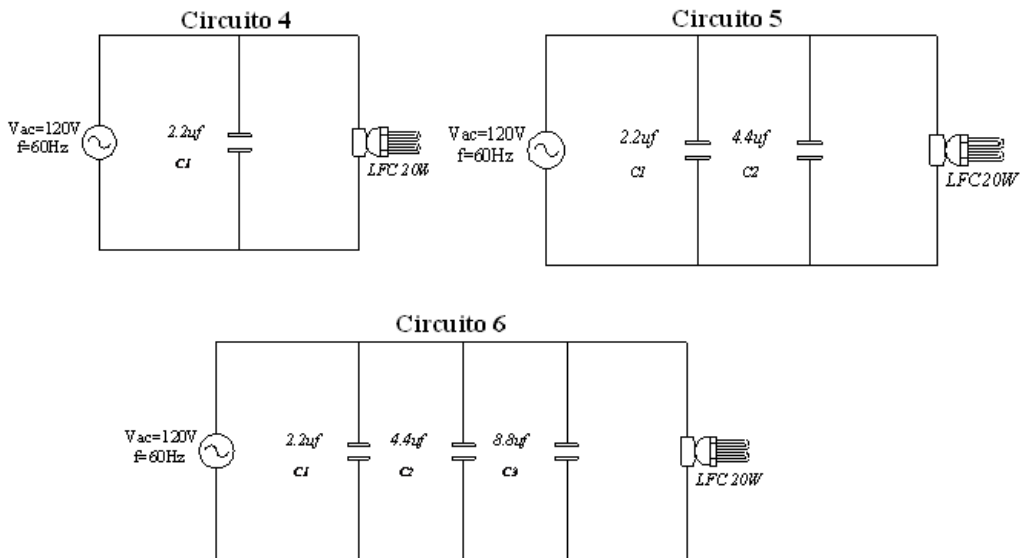


*Fig. 1.2.41 Circuitos capacitivos.*

circuito	Corriente (A)	THDi (%)	Pot. (W)	Pot.(VA)	Pot.(VAR)	FP.
1	0.41	27.5	2.9	52.9	52.8	0.5
2	0.1	28.7	3.3	74.7	76.6	0.04
3	0.73	30.0	3.3	88.5	88.4	0.03

**TABLA 1.2.22** Datos Obtenidos De Las Mediciones En Los Circuitos capacitivos.

Finalmente al adicionar la LFC a los circuitos capacitivos como en la figura 1.2.42 se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 1.2.23.



**Fig. 1.2.42** Circuitos capacitivos paralelos a una LFC.

circuito	Corriente (A)	THDi (%)	Pot. (W)	Pot.(VA)	Pot.(VAR)	FP.
4	0.49	45.4	13.5	62.4	60.8	0.21
5	0.69	39.4	13.7	86.2	85.2	0.15
6	0.79	37.8	13.6	97.2	96.4	0.13

**TABLA 1.2.23** Datos Obtenidos De Las Mediciones En Los Circuitos capacitivos Paralelos A La LFC.



#### **1.2.6.3.5.2.4.1 Análisis De Resultados.**

En el caso de los circuitos capacitivos sin LFC, la distorsión armónica THD en la corriente aumenta según se adicione la capacitancia, pero el factor de potencia disminuye considerablemente.

Al momento de adicionar la LFC a los circuitos capacitivos podemos observar que inicialmente en el circuito 4 la distorsión armónica subió de 27.5 a 45.4, es decir que la LFC adicionó distorsión armónica de la misma. De aquí al ir adicionando capacitancia la distorsión armónica disminuye al igual que el factor de potencia.

En general, luego de las mediciones con los diferentes dispositivos nos damos cuenta que son un medio en el cual los armónicos se introducen directamente esto se evidencia al momento de conectar la lámpara en paralelo a un motor, transformador, capacitor e inductor, etc.

### **1.3 ESTUDIO DE DE LA CALIDAD DE LA LUZ DE LAS LFCs.**

#### **1.3.1 Objetivos Del Estudio De La Calidad De La Luz.**

- Determinar en base a estudios de laboratorio la calidad de la luz de una LFC partiendo del nivel de iluminación que esta ofrece.
- Hacer una comparación del nivel de iluminación que proporciona una LFC frente a una lámpara incandescente.
- Verificar la equivalencia existente entre las fuentes luminosas fluorescentes compactas e incandescentes.

#### **1.3.2 Conceptos Y Definiciones Para El Estudio De La Calidad De La Luz De Las LFCs.**

**Flujo lumínico:** Cantidad de energía luminosa emitida por una fuente de luz durante una unidad de tiempo. Unidad: lumen (lm).

**Nivel de iluminación.** Es la cantidad de iluminación en una superficie definida (lux).

**Eficiencia luminosa:** Es la luminosidad de la lámpara (lumens), dividida por su potencia (Watt). Se expresa en lm/W.

#### **1.3.3 Procedimiento Para El Estudio De La Calidad De La Luz De La LFCs.**

El estudio de la calidad de la Luz consiste en realizar mediciones y cálculos de algunas variables de tipo luminosas tales como nivel de iluminación, flujo luminoso, eficiencia lumínica y la determinación del confort visual. A todas las lámparas

fluorescentes compactas e incandescente, con el fin de establecer sus características y compararlas entre sí.

Para el estudio de la calidad de la luz tomaremos como guía las normas técnicas que son usadas para certificar rangos de desempeño lumínico y etiquetado tanto a nivel nacional como internacional, las mismas que en el siguiente punto serán definidas.

Como primer punto dentro del procedimiento será el analizar qué es lo que dice la norma antes de realizar cada uno de los estudios de laboratorio o cualquier consideración.

Con los criterios de luminotecnia establecer un procedimiento general para todos los estudios de laboratorio que consiste en:

- Describir el estudio.
- Realizar mediciones.
- Recolectar los datos que proporcionan los instrumentos.

Luego de determinar el procedimiento general finalmente se puede decir que el estudio se definirá según el análisis de los datos obtenidos de:

1. Calculo del flujo luminoso
2. Medición referencial de nivel de iluminación.
3. Determinación del confort visual según las Curvas de Kruithof para la relación entre La temperatura del color  $T_c$  y la Iluminancia.
4. Calculo de la Eficiencia Luminosa.

Cabe recalcar que la recolección de muestras así como las condiciones son las mismas descritas en el estudio de la calidad de la energía. Por lo cual no detallaremos estos puntos.

### 1.3.4 Normativa A Utilizar En El Estudio.

Para el presente estudio se tomo como guía la normativa ecuatoriana INEN, que se muestran en la *tabla 1.3.2* las cuales describen las características lumínicas que deberían tener las muestras fluorescentes compactas, de la misma manera en la *tabla 1.3.1* se muestran las normas que se utilizan para lámparas incandescentes.

Ensayo	Unidades	Descripción	Norma aplicada
Envejecimiento.	Hrs	Proceso de envejecimiento de 1 hora de funcionamiento normal, correspondiente al 0,1% de la duración normal (1.000 horas).	EN 60064
Flujo luminoso	lúmenes	El flujo luminoso inicial medido después del tiempo de envejecimiento, no debe ser menor del 90 % del flujo luminoso nominal.	NTE INEN-IEC 969
Eficiencia luminosa	Lm/W	Se determinó por cálculo, como el cociente entre el flujo luminoso medido y la potencia activa consumida.	RTE INEN 036

*TABLA 1.3.1 Pruebas De Laboratorio Para Lámparas Incandescentes.*

Ensayo	Unidades	Descripción	Norma aplicada
Envejecimiento.	Hrs	Las lámparas deben haber sido envejecidas por un período de 100 h de funcionamiento normal.	NTE INEN-IEC 969
Flujo luminoso	lúmenes	El flujo luminoso inicial medido después del tiempo de envejecimiento, no debe ser menor del 90 % del flujo luminoso nominal.	NTE INEN-IEC 969
Eficiencia luminosa	Lm/W	Se determinó por cálculo, como el cociente entre el flujo luminoso medido y la potencia activa consumida.	RTE INEN 036

*TABLA 1.3.2 Pruebas De Laboratorio Para Lámparas Fluorescentes Compactas.*

La norma técnica ecuatoriana RTE INEN 036 expresa estándares para lámparas fluorescentes compactas en cuanto a eficacia o eficiencia lumínica, dicho de otra manera estos estándares describen un rango de potencia, el mismo que debería tener una eficacia mínima en lm/W. los estándares tanto para LFCs con envoltente y sin envoltentes están expuestos en las siguientes tablas respectivamente.

<b>Rangos Potencias</b>	<b>Eficacia mínima (lm/W)</b>
Menor o igual a 7W	41
7 – 10W	45
10 – 14W	46
14 – 18W	48
18 – 22W	52
Mayor de 22W	57

*TABLA 1.3.3 Estándar RTE INEN 036 PARA LFCS (Sin Envoltente).*

<b>Rangos de Potencia</b>	<b>Eficacia mínima (lm/W)</b>
Menor o igual a 7W	31
7 – 10W	35
10 – 14W	36
14 – 18W	41
18 – 22W	45
Mayor de 22W	45

*TABLA 1.3.4 Estándar RTE INEN 036 Para LFCS (Sin Envoltente).*

### 1.3.5 Equipos Utilizados En El Presente Estudio.

Para el estudio de la calidad de la luz el equipo fundamental es el luxómetro en este caso se utilizó un luxómetro marca TENMARS como se aprecia en la figura 1.3.1.



*Fig. 1.3.1 Luxómetro TENMARS.*

### 1.3.6 Desarrollo Del Estudios De La Calidad De La Luz.

Para el estudio de la calidad de la luz, se usaron las mismas muestras recolectadas para el estudio de la calidad de la energía, esto quiere decir que en este caso tanto la selección de muestras como el proceso de envejecimiento ya no es necesario repetirlo.

### 1.3.6.1 Cálculo Del Flujo Luminoso.

#### 1.3.6.1.1 Objetivos Del Cálculo Del Flujo Luminoso.

- Establecer un método para poder determinar el flujo luminoso.
- Comparar el flujo luminoso determinado con el que declara el fabricante.

#### 1.3.6.1.2 Descripción Del Procedimiento Para Obtener El Flujo Luminoso.

Aplicando el concepto de **flujo luminoso** como el nivel de iluminación en lux que incide sobre una superficie por cada metro cuadrado, pudimos determinar el flujo luminoso total de una fuente de luz cualquiera, en nuestro caso lámparas incandescentes y fluorescentes compactas con la siguiente relación.

$$\Phi = E \cdot S$$

$$1\text{lm} = 1 \text{ lux} \cdot \text{m}^2$$

Donde:

$\Phi$ : Flujo lumínico.

E: Nivel de iluminación (lux).

S: Superficie  $\text{m}^2$

Si la superficie es un metro cuadrado la multiplicación de E en lux por metro cuadrado de la superficie obtenemos directamente los lúmenes que la fuente es capaz de generar.

Las lámparas se ubicaron en el centro un cubo de dimensiones 0.9 m de ancho por 0.9 m de largo y por 1m de altura, con paredes interiores de color negro con el fin de concentrar la totalidad de la iluminación (*fig. 1.3.2*) y así determinar el flujo luminoso total de cada lámpara, la temperatura en el interior del cubo es de 20°C. Las mediciones se tomaron cuando cada una de las luminarias proporcionaban la máxima cantidad de luz es decir cuando sus características son las nominales, para lo cual es necesario esperar 5 minutos de funcionamiento.



*Fig. 1.3.2* Medición del nivel de iluminación.

#### **1.3.6.1.3 Datos Obtenidos.**

Como ya se menciono el flujo luminoso no se obtiene de forma directa sino en base a la relación descrita por la formula que define al flujo luminoso por lo que fue necesario medir en primer lugar el nivel de iluminación en el cubo con cada una de las muestras. Los datos medidos del nivel de iluminación son presentados en la *tabla 1.3.5*.



<b>M</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Nivel de iluminación E (Lux)</b>
1	Osram	Incandescente	1795
2	Silk electric.	Incandescente	1372
3	Philips	Incandescente	1625
4	Chiyoda	Incandescente	1423
5	Silvalux	Incandescente	1664
6	Lamptan	Incandescente	1374
7	Osram	LFC	958
8	General electric lighting	LFC	1025
9	Lamptan	LFC	208
10	Loyal	LFC	614
11	General electric Energi Saving	LFC	981
12	Sylvania	LFC	696
13	Basco	LFC	322
14	General electric triple biax	LFC	1025
15	Dura	LFC	1022
16	Dlu	LFC	851
17	Westinghouse	LFC	1353
18	Gob. Nacional	LFC	775

**TABLA 1.3.5** Medición De Nivel De Iluminación Para Determinar El Flujo Luminoso.

Al aplicar la relación  $\Phi = E.S$  con los datos obtenidos del nivel de iluminación determinamos el flujo lumínico, los datos obtenidos se muestran a continuación en la *tabla 1.3.6*.

M	Marca	Tipo	$\phi = E.S$ Lumen
1	Osram	Incandescente	1705.25
2	Silk electric.	Incandescente	1303.4
3	Philips	Incandescente	1543.75
4	Chiyoda	Incandescente	1351.85
5	Silvalux	Incandescente	1580.8
6	Lamptan	Incandescente	1305.3
7	Osram	LFC	910.1
8	General electric lighting	LFC	973.75
9	Lamptan	LFC	197.6
10	Loyal	LFC	583.3
11	General electric Energi Saving	LFC	931.95
12	Sylvania	LFC	661.2
13	Basco	LFC	305.9
14	General electric triple biax	LFC	973.75
15	Dura	LFC	970.9
16	Dlu	LFC	808.45
17	Westinghouse	LFC	1285.35
18	Gob. Nacional	LFC	736.25

**TABLA 1.3.6** Flujo luminoso Calculado en lámparas Incandescentes y lámparas fluorescentes compactas.

#### 1.3.6.1.4 Análisis De Resultados.

De acuerdo a las mediciones podemos ver que existe una marcada diferencia entre el flujo luminoso de las lámparas incandescentes con respecto al de las LFC, con lo que otra vez se puede evidenciar la desproporción existente entre estas.

Para establecer algo más conciso En la tabla 1.3.7 se muestran los datos obtenidos así como los datos que resultan de aplicar la norma NTE INEN-IEC 969. Según la norma aplicada el flujo luminoso mínimo medido en cualquier unidad de las muestras de lámparas fluorescentes compactas, inmediatamente después del periodo de envejecimiento (100 h), no debe ser menor al 90 % del flujo nominal declarado por el fabricante, pero para nuestro caso esto es solo un cálculo referencial por lo que muchas de las muestras saldrán de la norma, entonces para nuestro estudio consideraremos hasta un 80% de flujo luminoso, lo cual lo evidenciamos en la siguiente tabla.

M	Marca	Lumen calculado	Lumen declarado	Aplic. Norma (%)
7	Osram	910.1	1050	86.67
8	General electric lighting	973.75	1200	81.14
9	Lamptan	197.6	NO(1100)	17.96
10	Loyal	583.3	NO (1100)	53.02
11	General electric Energi Saving	931.95	1100	84.72
12	Sylvania	661.2	NO (1100)	60.10
13	Basco	305.9	NO (1100)	27.80
14	General electric triple biax	973.75	1030	94.53
15	Dura	970.9	1200	80.90
16	Dlu	808.45	1200	67.37
17	Westinghouse	1285.35	1380	93.14
18	Gob. Nacional	736.25	1100	66.93

TABLA 1.3.7 Análisis del flujo luminoso calculado en LFCs.

Con los datos que se obtienen al aplicar la norma confirmamos la diferencia del flujo luminoso que existe en los dos tipos de lámparas, por lo que podemos decir que la equivalencia que se hace entre una lámpara incandescente de 100W y una LFC de 20W no es comparable en lo que respecta al flujo luminoso, ya que en el mejor de los casos existe una diferencia de hasta 200 lumen pero en otros hay diferencias de hasta

1000 lumen. Lo que nos también indica por otra parte que en muchas de las muestras la información proporcionada por el fabricante no es real.

También es influyente en este aspecto decir que el flujo luminoso no es compensado por la potencia nominal, porque al momento de analizar la potencia en el estudio anterior ya pudimos darnos cuenta que la declarada por el fabricante no concuerda con la potencia que se obtuvo en las mediciones.

### **1.3.6.2 Medición Referencial De Nivel De Iluminación.**

#### **1.3.6.2.1 Objetivos.**

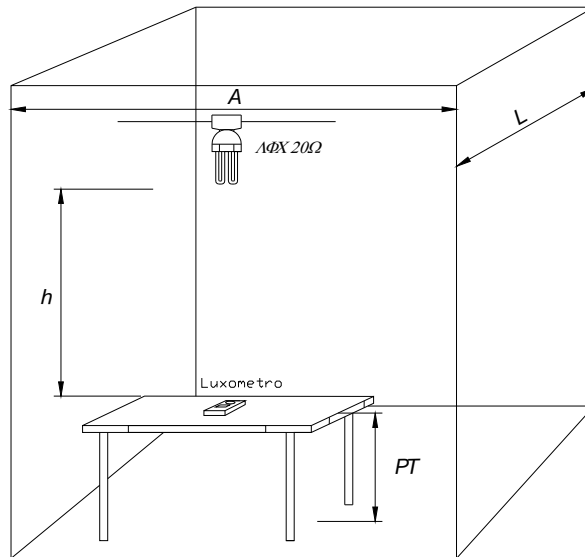
- Determinar el nivel de iluminación que proporcionan cada una de las muestras en un ambiente específico.

#### **1.3.6.2.2 Descripción Del Procedimiento.**

Se midió el nivel de iluminación **E** en lux proporcionado por cada una de las lámparas incandescentes y las fluorescentes compactas, para confirmar cuál de los dos tipos ofrece una mejor iluminación, lo cual en definitivas es sinónimo de calidad de la luz.

Se dice medición referencial por el hecho de utilizar el mismo ambiente para cada una de las mediciones, para esto las lámparas se ubicaron en un cuarto de dimensiones  $L = 2.25\text{m}$  de largo y  $A = 1.20\text{m}$ , de ancho, las mediciones se hicieron a una altura de 85cm del piso (plano de trabajo), justo debajo de la lámpara en el centro del cuarto para de esa manera medir únicamente el nivel de iluminación directa, como se muestra en la figura. 1.3.3, además en el cuarto no existen ventanas ni ninguna otra fuente de luz que pueda interferir, además las paredes son blancas al igual que el techo. Es fundamental que todas las mediciones se realicen luego de 5

minutos de haber encendido la lámpara, tiempo necesario para que su funcionamiento nominal se estabilice.



*Fig. 1.3.3 Medición del nivel de iluminación.*

### 1.3.6.2.3 Datos Obtenidos.

Es este caso las mediciones se tomaron como ya se dijo en igualdad de condiciones para todas las muestras y cabe señalar que dicho ambiente no tiene un nivel de iluminación recomendado por lo que las mediciones simplemente se comparan unas con otras, los resultados obtenidos se reseñan en la siguiente tabla.

<b>M</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Nivel de iluminación E (Lux)</b>
1	Osram	Incandescente	217
2	Silk electric.	Incandescente	229
3	Philips	Incandescente	201
4	Chiyoda	Incandescente	164.3
5	Silvalux	Incandescente	204
6	Lamptan	Incandescente	168
7	Osram	LFC	116.1
8	General electric lighting	LFC	121.7
9	Lamptan	LFC	22.4
10	Loyal	LFC	63.8
11	General electric Energi Saving	LFC	110.7
12	Sylvania	LFC	75.4
13	Basco	LFC	36.2
14	General electric triple biax	LFC	117.8
15	Dura	LFC	117.8
16	Dlu	LFC	96.2
17	Westinghouse	LFC	153.3
18	Gob. Nacional	LFC	91.5

***TABLA 1.3.8** Medición del nivel de iluminación referencial  
Proporcionado por una LFC.*

#### 1.3.6.2.4 Análisis Medición Referencial De Nivel De Iluminación.

Según las mediciones del nivel de iluminación observamos que ésta varía significativamente entre las diferentes lámparas pese a que las características declaradas por el fabricante son muy similares.

En el caso de las LFCs notamos que existe una muy marcada desproporción entre los valores medidos, pese a que todas las lámparas tengan igual potencia, tanto es así que la muestra de la marca **Lamptan** 22.4 lux que es casi 7 veces menor a la muestra de Westinghouse es decir que esta proporciona un nivel de iluminación sumamente bajo, lo cual indicaría que **algunas de las lámparas LFC no demuestran una real proporción lumínica con las lámparas incandescentes de 100W si no tal vez con una de menor potencia.**

Las lámparas incandescentes muestran valores muy elevados de luminancia sobre los 150 lux, encontrando solo una de las fluorescentes compactas cierta similitud y esta es la marca perteneciente a Westinghouse. El nivel de iluminación no difiere mucho entre las muestras y está en un rango de 164.3 lux la muestra de menor valor y 229 lux la de mayor valor.

#### 1.3.6.3 Estudio Del Grado De Confort Visual Según Las Curvas De Kruithof Para La Relación Entre La Temperatura Del Color Tc Y La Iluminancia.

##### 1.3.6.3.1 Objetivos.

- Utilizar los datos obtenidos en las mediciones anteriores del nivel de iluminación **E** para conformar **las Curvas de Kruithof.**
- Utilizando las curvas determinar si las muestras ofrecen un confort visual.

### 1.3.6.3.2 Descripción Del Procedimiento.

El procedimiento propiamente dicho no es para nada complicado simplemente nos valdremos de todas las mediciones del nivel de iluminación (lux) obtenidos en el punto 1.3.7.3. (Cálculo Del Flujo Luminoso) y 1.3.7.4 (Medición referencial de nivel de iluminación). Para no tener confusiones los datos obtenidos en **TABLA 1.3.5 se denominaran E1** y los datos obtenidos en **TABLA 1.3.8 de igual forma se conocerán como E2.**

Luego de hacer esta aclaración procedimos a crear la **tabla 1.3.9** en la cual se ha ubicado cada uno de los valores obtenidos así como también los datos de temperatura de color de cada una de la muestra que son declaradas por cada fabricante y que lo podemos encontrar en el empaque. Teniendo todos estos datos se puede ubicar esta información dentro de la curva de Kruithof.

En el caso en que no se declare en el empaque este dato de la temperatura de color no vimos en la necesidad de escoger un valor intermedio que es de 3000°K para las lámparas incandescentes y 6000 °K para las LFCs con el propósito de no aventajar ni desfavorecer a ninguna dentro del análisis según datos existentes en el cuadro 1.1.1.

El fin de utilizar dos datos de nivel de iluminación (E1 y E2) es para poder establecer diferencias en el grado de confort visual ya que como pudimos ver en la tabla 1.3.8 los datos obtenidos son mucho más bajos que los obtenidos en la 1.3.5 para una misma muestra, lo cual se da simplemente por la distancia (plano de trabajo) a la que los datos fueron medidos pero para este caso son de gran ayuda.



Muestra	Marca	Tipo	Tc (°K)	E1 (Lux)	E2 (Lux)
1	Osram	Incandescente	3000	1795	217
2	Silk electric.	Incandescente	3000	1372	229
3	Philips	Incandescente	3000	1625	201
4	Chiyoda	Incandescente	3000	1423	164.3
5	Silvalux	Incandescente	3000	1664	204
6	Lamptan	Incandescente	3000	1374	168
7	Osram	LFC	6000	958	116.1
8	General electric lighting	LFC	2700	1025	121.7
9	Lamptan	LFC	6000	208	22.4
10	Loyal	LFC	6500	614	63.8
11	General electric Energi Saving	LFC	6000	981	110.7
12	Sylvania	LFC	<b>6000</b>	696	75.4
13	Basco	LFC	6700	322	36.2
14	General electric triple biax	LFC	6500	1025	117.8
15	Dura	LFC	<b>6000</b>	1022	117.8
16	Dlu	LFC	6400	851	96.2
17	Westinghouse	LFC	2700	1353	153.3
18	Gob. Nacional	LFC	<b>6000</b>	775	91.5

*TABLA 1.3.9 Datos para obtención de curvas del confort visual.*

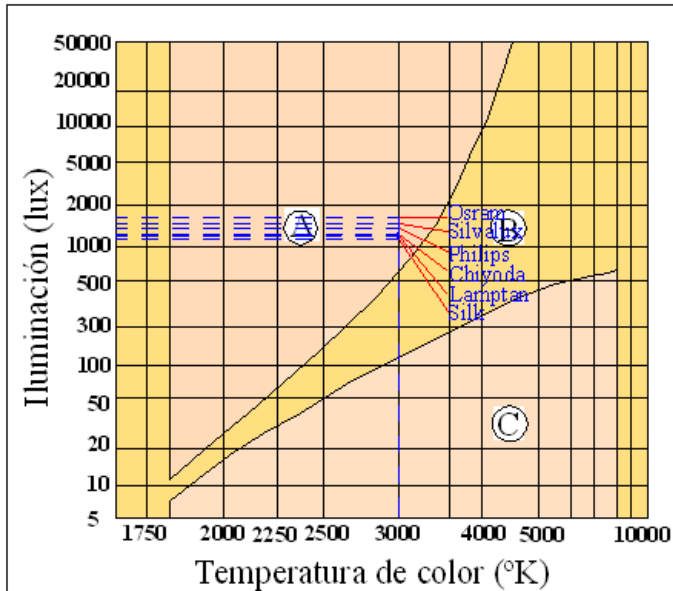
Finalmente para diferenciar las graficas que se obtengan y poderlas interpretar fácilmente es necesario separarlas para cada caso es decir.

- Curvas para focos incandescentes.
- Curvas para focos ahorradores.

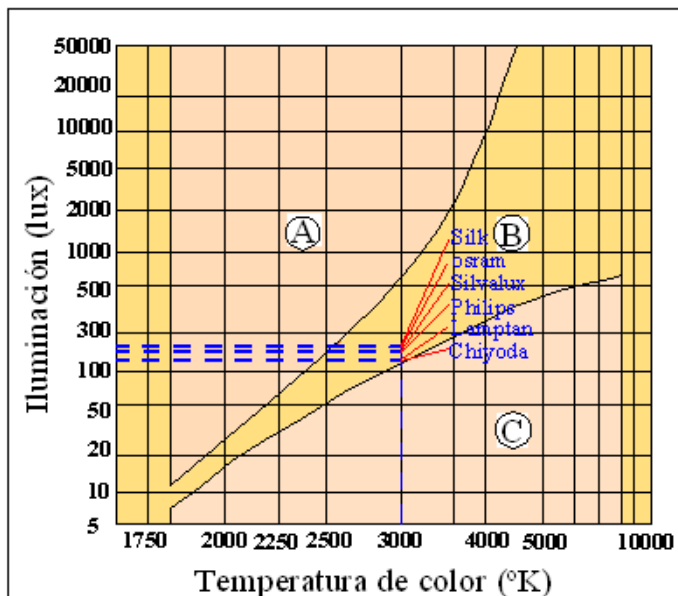
### 1.3.6.3 Estructuración De Las Curvas De Kruithof.

#### a) Curvas de Kruithof para focos incandescentes.

Las graficas se han estructurado con la información que nos proporciona la tabla 1.3.9 en dos curvas con la misma temperatura de color ( $T_c$ ) pero en cada una de ellas el nivel de iluminación respectivo para lámparas incandescentes ( $E1$ ,  $E2$ ).



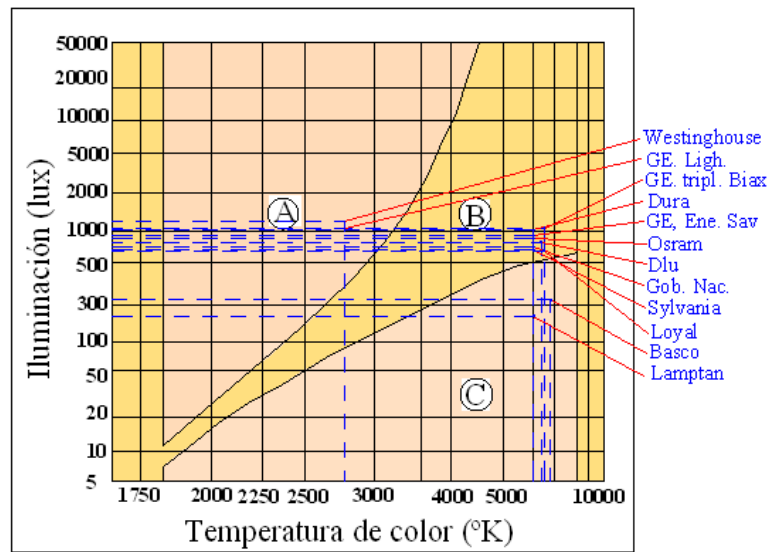
*Fig.1.3.4* Curva de confort visual  $E1$  vs  $T_c$  para lámparas incandescentes.



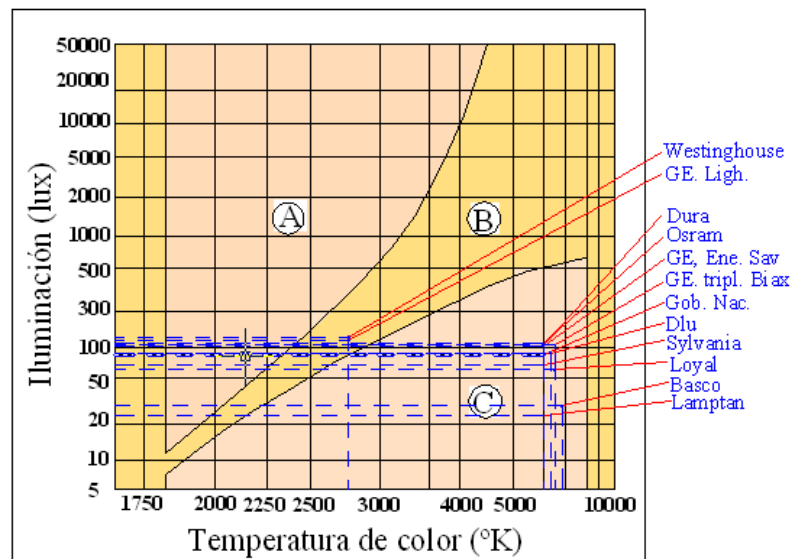
*Fig.1.3.5* Curva de confort visual  $E2$  vs  $T_c$  para lámparas incandescentes.

**b) Curvas de Kruithof para LFCs.**

De la misma manera Las graficas se han estructuran con la información de la tabla 1.3.9 en dos curvas con la misma temperatura de color ( $T_c$ ) pero en cada una de ellas el nivel de iluminación respectivo para LFCs (E1, E2).



*Fig.1.3.6. Curva de confort visual E1 vs  $T_c$  para LFCs.*



*Fig.1.3.7 Curva de confort visual E2 vs  $T_c$  para LFCs.*

#### **1.3.6.3.4 Análisis Del Confort Visual.**

Los puntos que se obtienen con  $E1$  vs  $Tc$  En la figura 1.3.4 para lámparas todos los se ubican en la zona A en donde se puede decir que esto da como resultado una sobre iluminación y provocaría un deslumbramiento sobre un ambiente, cabe mencionar que esto se obtiene por la distancia al plano de trabajo que es tan solo de un metro en este caso, no es un ambiente real pero sirve para ver como en realidad la curva es válida.

En el caso de la figura 1.3.5 los datos de  $E2$  vs  $Tc$  son datos acorde a la realidad por que se ubican en la zona B y establecería que la iluminación proporcionaría un excelente confort visual al usar una lámpara incandescente de 100w.

Asimismo para las lámparas fluorescentes compactas en la figura 1.3.6  $E1$  vs  $Tc$  los resultados se posicionan en la zona B pero como ya se dijo en este caso el dato es exagerado así como para la figura 1.3.4 encontramos que este tipo de lámparas ofrecen confort visual a una distancia muy corta y no en el plano de trabajo. Esto se puede comprobar ya que la ultima grafica en condiciones normales y reiterando que a una distancia real del plano de trabajo, los resultados se ubican en la zona C lo cual indica un bajo nivel de iluminación provocando ambientes fríos y opacos.

Con estos resultados podemos decir que al intercambiar una LFC por una incandescente el nivel de iluminación disminuirá y podría alterar la conformidad del usuario. Además confirmando nuevamente de que no es posible de que se hable de una equivalencia de una lámpara incandescente de 100w y una LFC de 20W.

### 1.3.6.4 Cálculo De Eficiencia Luminosa.

#### 1.3.6.4.1 Objetivos.

- Determinar el aprovechamiento de la energía eléctrica transformada en flujo luminoso.
- Determinar cuáles de las muestras se destacan ante este estudio.

#### 1.3.6.4.2 Descripción Del Procedimiento.

Para la obtención del flujo luminoso se definen las magnitudes de la energía de entrada y la energía de salida para hacer la relación de la siguiente fórmula.

$$\eta = \frac{\text{Flujo Luminoso}}{\text{Potencia eléctrica}} = \frac{\text{Lumen}}{\text{Watt}}$$

Para esto utilizando los datos medidos de flujo luminoso calculado que se muestra de la (tabla 1.3.6) como energía de salida y la potencia activa de la (tabla 1.2.8 y tabla 1.2.9) procedemos a calcular la eficiencia aplicando la relación ya descrita. El dato de eficiencia luminosa también es declarado en el embase por lo que es posible también hacer una comparación entre este y el que obtengamos.

#### 1.3.6.4.3 Datos Obtenidos.

Tras aplicar la relación lumen /watt la eficiencia luminosa que se obtiene se ubica en la columna denominada como **calculada** de la siguiente tabla. También Los datos proporcionados por el fabricante son ubicados dentro de esta en la columna con el

nombre **declarada**. En el caso de que no se declarada simplemente dejamos el espacio con un **NO**.

M	Marca	Tipo	Eficiencia luminosa (lumen/Watt)	
			Declarada	Calculada
1	Osram	Incandescente	15.6	17,72
2	Silk electric.	Incandescente	NO	12,12
3	Philips	Incandescente	15.6	16,14
4	Chiyoda	Incandescente	NO	13,92
5	Silvalux	Incandescente	14	16,85
6	Lamptan	Incandescente	NO	13,72
7	Osram	LFC	52.5	46,43
8	General electric lighting	LFC	60	54,70
9	Lamptan	LFC	NO	22,45
10	Loyal	LFC	NO	41,07
11	General electric Energi Saving	LFC	55	56,82
12	Sylvania	LFC	NO	43,5
13	Basco	LFC	NO	31,21
14	General electric triple biax	LFC	51.5	50,98
15	Dura	LFC	60	52,76
16	Dlu	LFC	60	52,15
17	Westinghouse	LFC	60	63,63
18	Gob. Nacional	LFC	55	44,89

*TABLA 1.3.10 Eficiencia Calculada En Lámparas Incandescentes.*

#### 1.3.6.4.4 Análisis Del Cálculo De Eficiencia Luminosa.

Como podemos apreciar en la tabla 1.3.10 existe una gran diferencia entre los valores de eficiencia lumínica de las lámparas incandescentes frente al de las LFCs tanto los valores declarados como los calculados. Con lo cual podemos afirmar que las lámparas fluorescentes en realidad compactas poseen una eficiencia superior que

de las lámpara incandescentes, confirmando así muchas suposiciones o cosas que siempre hemos escuchado, claro que como ya aclaramos anteriormente la cantidad de luz que esta emite no es comparable a la de la incandescente.

Según los datos tanto obtenidos mediante el cálculo y los declarados podemos decir que las lámparas incandescentes demuestran un bajo aprovechamiento de la energía consumida, la mayoría de autores concuerdan en que las lámparas incandescentes utilizan solo un 20% de la energía consumida para producir luz lo demás son perdidas por calentamiento. Además las lámparas incandescentes en nuestro caso en concreto proporcionan eficiencias muy bajas ya que no llegan a superar los 20 lumen/W, confirmando el mal aprovechamiento de la energía.

Las LFCs ofrecen una aceptable eficiencia energética ya que de acuerdo a la norma ecuatoriana la cual señala que la eficiencia mínima de este tipo de lámparas con un rango de potencias mayor de 18W y menor o igual a 22W es de 45 lum/W, por lo que se resaltan las muestras que no cumplen con esto en la siguiente tabla a continuación.

M	Marca	Eficiencia luminosa (lumen/Watt)	
		Declarada	Calculada
7	Osram	52.5	46,43
8	General electric lighting	60	54,70
<b>9</b>	<b>Lamptan</b>	<b>NO</b>	<b>22,45</b>
<b>10</b>	<b>Loyal</b>	<b>NO</b>	<b>41,07</b>
11	General electric Energi Saving	55	56,82
12	Sylvania	NO	43,5
<b>13</b>	<b>Basco</b>	<b>NO</b>	<b>31,21</b>
14	General electric triple biax	51.5	50,98
15	Dura	60	52,76
16	Dlu	60	52,15
17	Westinghouse	60	63,63
<b>18</b>	<b>Gob. Nacional</b>	<b>55</b>	<b>44,89</b>

**TABLA 1.3.11** Eficiencia Calculada En Lámparas Fluorescentes Compactas.

Finalmente se puede decir que con la ayuda de este estudio se pudo ir constatando las cosas que en muchos medios hacen referencias de los beneficios que se obtienen cuando se hace una sustitución de un foco ahorrador por una lámpara incandescente y por otra parte describir que en el medio existen productos de todo tipo en cuanto a eficiencia por qué no todas las LFCs usadas en el estudio todas aprovechan adecuadamente la energía. Además evidencia que en nuestro medio el usuario común en muchos de los casos puede encontrarse con productos de baja calidad.



## CAPITULO 2

### IMPACTO EN LA POTENCIA Y ENERGÍA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES POR LA SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS INCANDESCENTES POR LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (LFCs).

#### 2.1 Antecedentes Históricos Del Uso De LFCs En El Sistema Eléctrico De La Empresa Eléctrica Azogues.

##### 2.1.1 Descripción Del Sistema Eléctrico De Azogues.

La Empresa Eléctrica Azogues dentro de su área de concesión tiene a cargo la distribución de energía eléctrica a los cantones de Azogues y Deleg y parte de la provincia de Chimborazo. Con un total de 29.426 abonados hasta la fecha de entrega de información, y que a su vez estos se dividen según su categoría como se indica a continuación.

Categoría	Nuero de clientes
Residenciales	26.661
Comerciales	1.881
Industriales	381
Otros	502
<b>Total</b>	<b>29.425</b>

*Tabla 2.1.1 Número de clientes por categoría.*

La empresa se alimenta desde la S/E- cuenca a una tensión de 69 KV, mediante una red de 25 Km, porque la Empresa Eléctrica Centro Sur fue en un principio la encargada de suministrar la energía y por ende la facturación del consumo hacia esta ciudad. Esto se dio hasta el año 2005 ya que la Empresa Eléctrica Azogues realizo las acciones correspondientes para adaptarse al Sistema Nacional Interconectado (SNI) por su propia cuenta, para obtener mejores beneficios en los precios que se

pagan por distribución y transporte de la energía. En la actualidad es el Centro Nacional de Control de la Energía (CENACE) es quien factura la energía consumida por la Empresa Eléctrica Azogues.

En la S/E Azogues se transforma la tensión que proviene desde la S/E cuenca de 69 KV a 22 KV mediante un transformador 12.5 MVA, y de allí se deriva a cuatro alimentadores principales, los mismos que son los encargados de distribuir la energía en el sistema interno de la ciudad.

Se debe hacer notar que la Empresa Eléctrica Azogues factura el consumo de la energía de la Empresa Cementos Guapán, el diagrama unifilar del sistema eléctrico de Azogues y sus datos principales se muestran a continuación. En el Anexo 2 se muestra el diagrama unifilar donde consta el alimentador de la empresa de cementos Guapán.

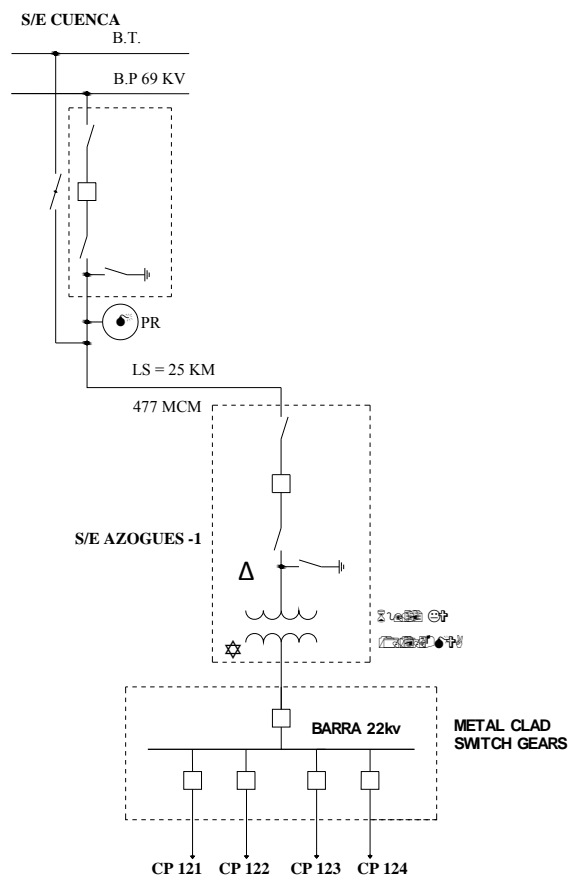


Fig. 2.1.1 Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la ciudad de Azogues.

### 2.1.2 Antecedentes.

La Empresa Eléctrica Azogues constantemente ha adoptando y promovido el uso de tecnologías eficientes entre ellas el uso del foco ahorrador o LFC.

La misión de la empresa según sus directivos ha sido siempre brindar un buen servicio a sus usuarios, motivo por el cual ha estado participando con otras empresas en numerosos proyectos en los cuales tienen por objetivo la calidad del servicio y la eficiencia energética.

Por otro lado en todo el Ecuador se ha optado por hacer un cambio radical en la iluminación, obsequiando lámparas fluorescentes compactas a millones de usuarios.

El programa de sustitución de focos incandescentes por focos ahorradores como parte del plan de eficiencia energética del Gobierno Nacional se dio en dos etapas:

**Primera etapa.-** Inició el 24 de julio de 2008 con la llegada al Ecuador de 3,6 millones de focos, estos a su vez fueron distribuidos a las empresas de distribución de energía que se encargarían de entregar en un número de 4 unidades por cada usuario.

**Segunda etapa.-** Inició el 28 de diciembre de 2008 con el segundo cargamento de 2,4 millones de lámparas, en esta etapa se completaron con los 6 millones de unidades y actualmente según el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), hasta el 9 de agosto del 2009, se han entregado unos 5,5 millones de luminarias de menor consumo.

El MEER, pronostica que, cuando se entreguen los 6 millones de focos que fueron adquiridos por el Gobierno, se espera generar un ahorro anual cercano a los \$83,9 millones, actualmente no existen datos exactos sobre cuanto ahorra la Empresa Eléctrica Azogues, ya que es indeterminada la cantidad de lámparas que se encuentran en el sistema, por lo cual se hace indispensable saber cuánta potencia y energía se ha ahorrado en los últimos dos años.

De acuerdo a funcionarios de la Empresa Eléctrica Azogues se asegura que en el 2008 se han entregado unos 15 000 focos ahorradores, pero para septiembre del 2009 la cifra se ha incrementado. Se cree que el uso de estos focos se ha masificado ya que en muchos comercios de material eléctrico y ferrería estos se comercializa en gran número, datos que se confirmaron en el capítulo anterior cuando se dio la recolección de cada una de las muestras.

Actualmente no podemos aventurarnos a dar una cifra exacta de cuantas LFCs en realidad están siendo usados en todo el sistema eléctrico de la ciudad de Azogues por la aceptación que tiene día a día en los abonados.

## **2.2 Metodología Y Cálculo Del Ahorro De La Potencia Y Energía Demandada En El Sistema.**

El análisis de la demanda consiste en aplicar un método matemático que conoce como serie de tiempo o también llamada serie diferencia porcentual, la cual nos ayudará a determinar el porcentaje de potencia que se ha reducido por el uso intensivo de lámparas fluorescentes compactas. Para lo cual debemos familiarizarnos con los siguientes conceptos.

### **2.2.1 Conceptos Y Definiciones**

#### **2.2.1.1 Series De Tiempo:**

Según algunos autores la serie de tiempo es en cierta forma un conjunto de mediciones de cierto fenómeno o experimento, en nuestro caso medidas de potencia registrada secuencialmente en el tiempo en intervalos de tiempos iguales.

En nuestro análisis la serie de tiempo parte de los registros de potencia en KW que se han medido a lo largo de la historia en tiempos de 15 minutos los 365 días del año como se muestra a continuación.

	A	B	C
1	FECHA	HORA	KWAZOG
2	01/01/2009	00:15	6525,62560
3	01/01/2009	00:30	6442,37184
4	01/01/2009	00:45	6346,87488
5	01/01/2009	01:00	6239,13472

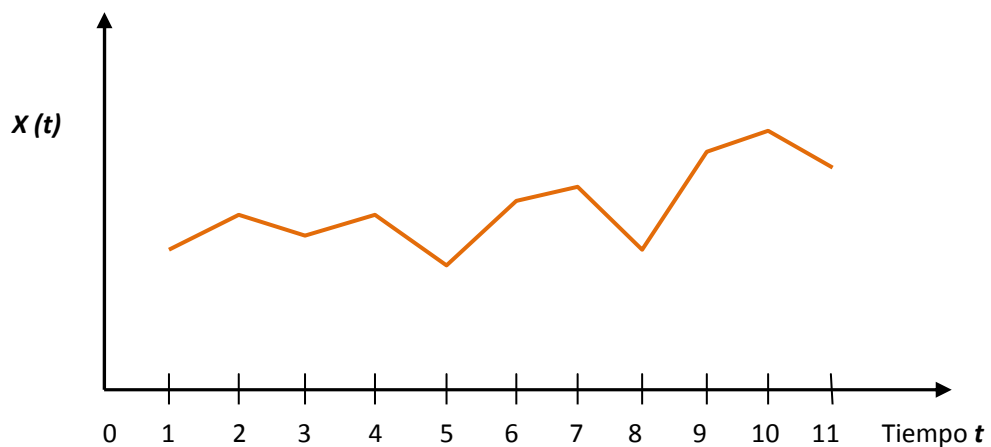
*Fig. 2.2.1 Registros de potencia (KWAZOG).*

Así de esta manera se puede tener datos en el tiempo preciso en que ocurrió un pico de carga o de corte de energía.

Las observaciones de una serie de tiempo serán denotadas por  $X(t_1)$ ,  $X(t_2)$ , ...,  $X(t_n)$  donde  $X(t_i)$  es el valor tomado por el proceso en el instante  $t_i$ . Un ejemplo de esto sería expresar  $X(t_1)=6525,625$ ,  $X(t_2)=6442,37184$ ,  $X(t_3)=6346,8788$ ,  $X(t_4)=6239,13472$ , etc., según los datos registrados anteriormente.

### 2.2.1.2 Análisis Grafico De Una Serie De Tiempo.

Por muy simple que parezca, el paso más importante en el análisis de series de tiempo consiste en graficar la serie.



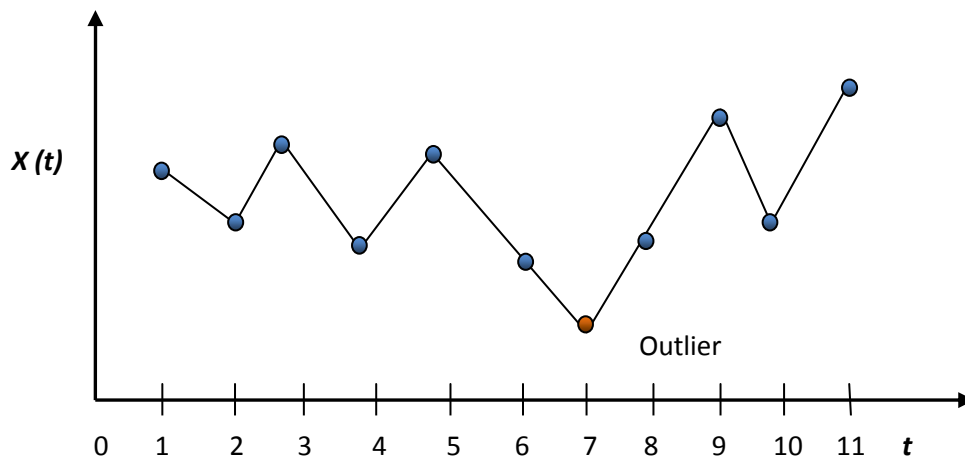
*Fig. 2.2.2 Serie de tiempo.*

Esto debe hacerse siempre, independiente de cuán simples o complejos sean los procedimientos que se emplean posteriormente.

El gráfico de la serie permitirá detectar los siguientes elementos:

**a) Outliers:**

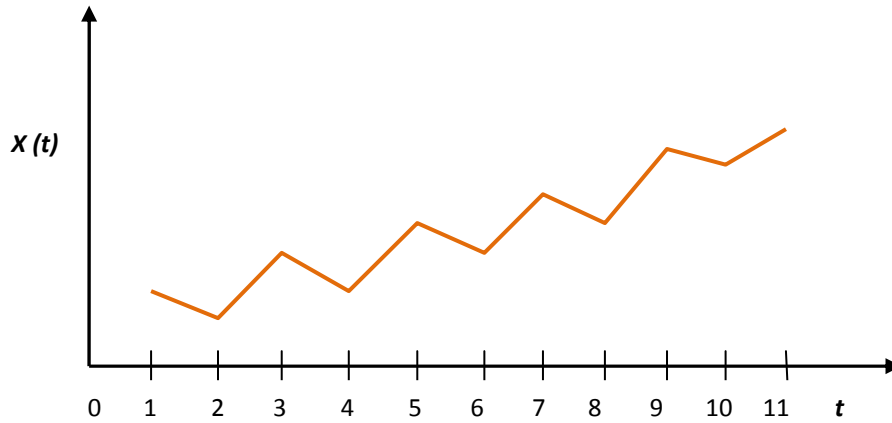
Se refiere a puntos de la serie que se escapan de lo normal. Si se sospecha que una observación es un outliers, se debe reunir información adicional sobre posibles factores que afectaron el proceso, un ejemplo se presenta a continuación:



*Fig. 2.2.3 Punto fuera de lo común outliers.*

**b) Tendencias.**

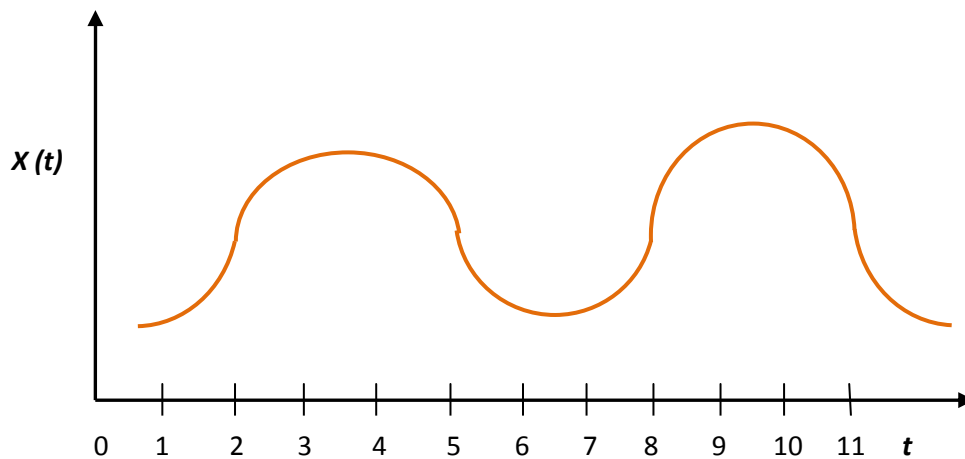
La tendencia representa el comportamiento predominante de la serie. Esta puede ser definida vagamente como el cambio de la media a lo largo de un extenso período de tiempo.



*Fig. 2.2.4 Tendencias.*

**c) Variaciones cíclicas o estacionales.**

La variación estacional representa un movimiento periódico de la serie de tiempo. La duración del período puede ser un año, un trimestre, un mes, un día, etc.

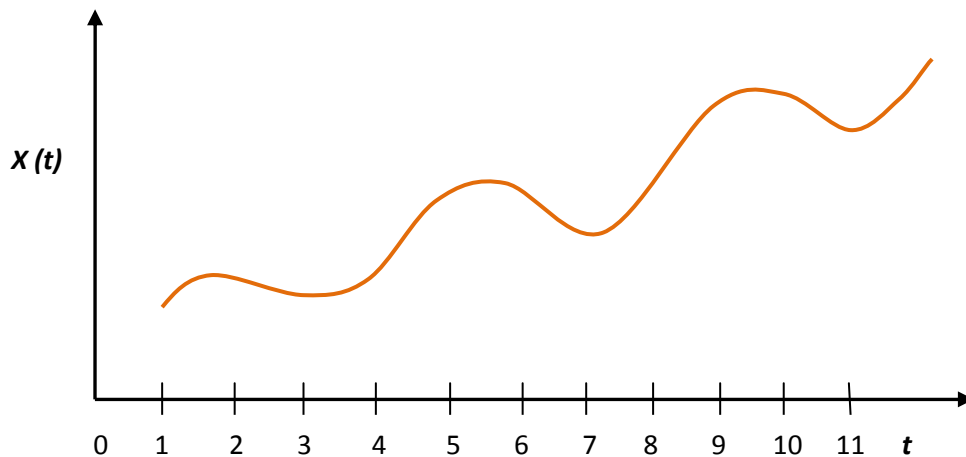


*Fig. 2.2.5 Variaciones cíclicas o estacionales.*

Se suele hacer una distinción entre cíclicas y estacionarias. Estas últimas ocurren con períodos identificables, como la estacionalidad del empleo, o de la venta de ciertos

productos que bien podrían ser en nuestro caso LFCs, cuyo período es un año. El término variación cíclica se suele referir a ciclos largos o grandes, cuyo período no es atribuible a alguna causa. Por ejemplo, fenómenos climáticos, que tienen ciclos que duran varios años.

Las tendencias y estacionalidades pueden darse simultáneamente.



*Fig. 2.2.6 Tendencia y estacionalidad.*

### 2.2.1.3 Modelos De La Serie De Tiempo.

Un modelo clásico para una serie de tiempo, supone que una serie  $X(1), \dots, X(n)$  puede ser expresada como suma o producto de tres componentes: **tendencia, estacionalidad y un término de error aleatorio.**

Existen tres modelos de series de tiempos, que generalmente se aceptan como buenas aproximaciones a las verdaderas relaciones, entre los componentes de los datos observados. Estos son:

- 1) **Aditivo:**  $X(t) = T(t) + E(t) + A(t)$
- 2) **Multiplicativo:**  $X(t) = T(t) \cdot E(t) \cdot A(t)$
- 3) **Mixto:**  $X(t) = T(t) \cdot E(t) + A(t)$



Donde:

$X(t)$  serie observada en instante  $t$ .

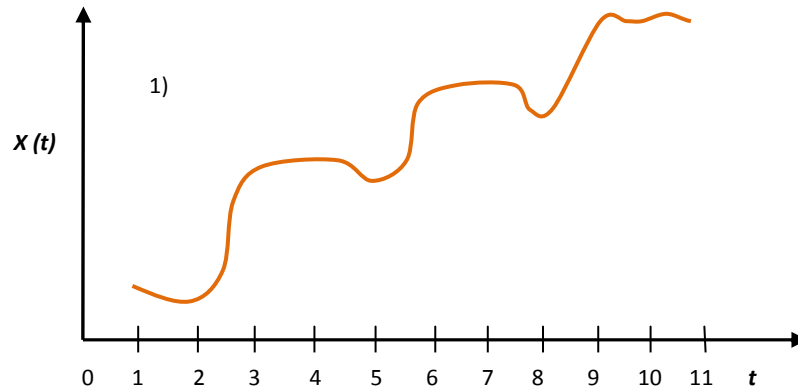
$T(t)$  componente de tendencia.

$E(t)$  componente estacional.

$A(t)$  componente aleatoria (accidental).

Un modelo aditivo (1), es adecuado, por ejemplo, cuando  $X(t)$  no depende de otras componentes, como  $T(t)$ , sí por el contrario la estacionalidad varía con la tendencia, el modelo más adecuado es un modelo multiplicativo (2). El problema que se presenta, es modelar adecuadamente las componentes de la serie.

La siguiente figura ilustra posibles patrones que podrían seguir series representadas por los modelos (1), (2) y (3).



**Fig. 2.2.7** Patrón de la serie aditiva (1).

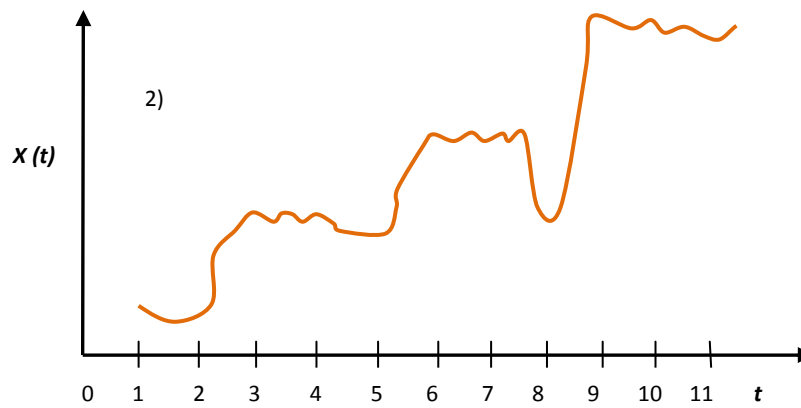


Fig. 2.2.8 Patrón de la serie multiplicativa.

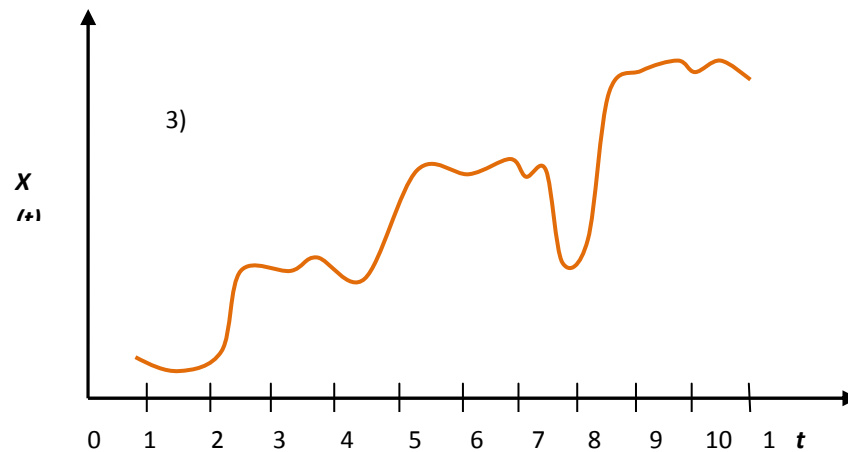


Fig. 2.2.9 Patrón de la serie mixta.

#### 2.2.1.4 Estimación De La Tendencia.

En nuestro caso y de acuerdo a la información proporcionada supondremos que la componente estacional  $E(t)$  no está presente y que el modelo aditivo es adecuado es decir.

$$X(t) = T(t) + A(t), \text{ donde } A(t) \text{ serie de tiempo.}$$

Hay varios métodos para estimar  $T(t)$ . Los más utilizados consisten en:

- a) Ajustar una función del tiempo, como un polinomio, una exponencial u otra función suave de  $t$ .
- b) Suavizar (o filtrar) los valores de la serie.
- c) Utilizar diferencias.

### 2.2.1.5 Ajuste De Una Función.

Los siguientes gráficos se muestran algunas de las formas existentes para el ajuste de una curva definida por una función:

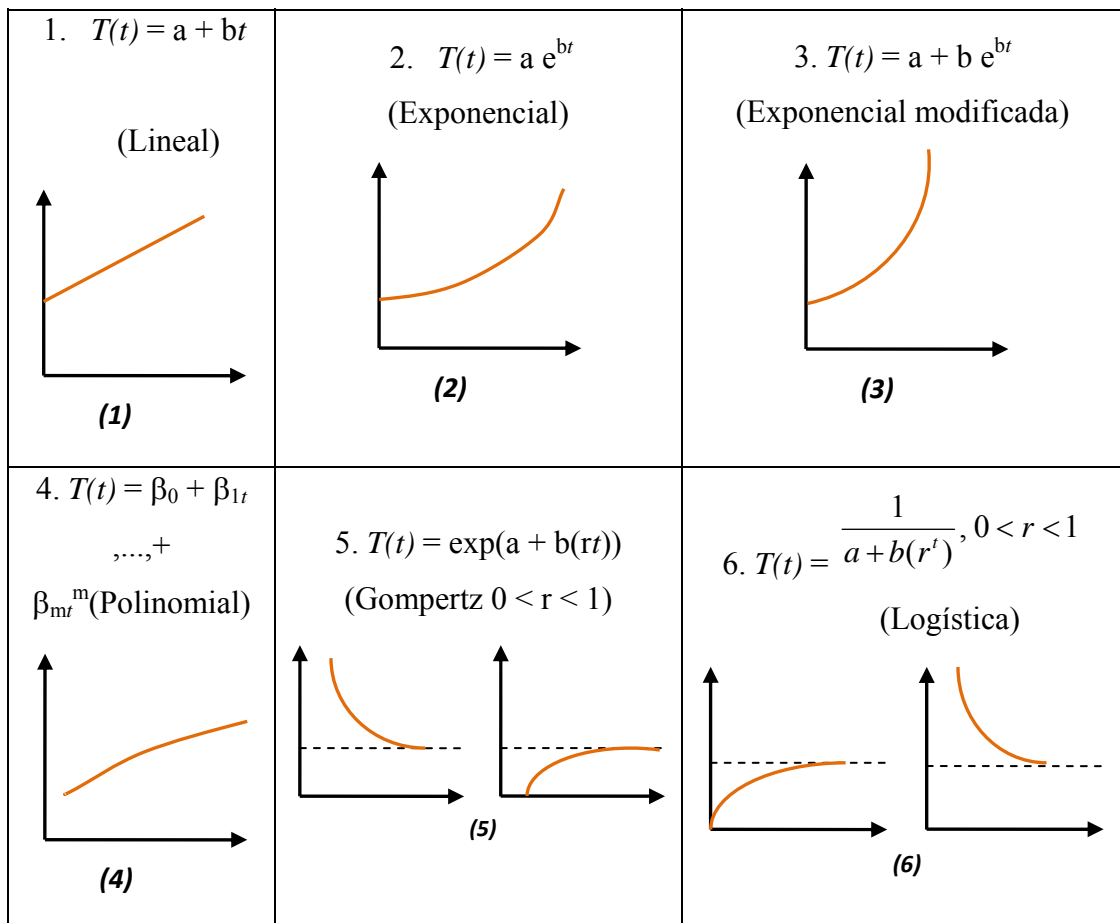


Figura 2.2.10 Ajuste de funciones.

### 2.2.2 Metodología Del Estudio.

La metodología del análisis consiste en determinar el ahorro que se produce en la potencia demandada por la empresa eléctrica Azogues luego de aplicar una serie de tiempo conocida también como diferencia porcentual (DP%), la cual resulta de la diferencia de dos porcentajes en dos periodos de tiempo, formados por la comparación de la máxima demanda de potencia durante la noche con la máxima demanda durante el día, independientemente de la hora cuando esto ocurre como se muestra a continuación.

$$DP\% = \Delta\%_1 - \Delta\%_2 \rightarrow \text{Diferencia porcentual potencia}$$

$$\Delta\% = \left( \frac{P_{MAXnoche} - P_{MAXdia}}{P_{MAXnoche}} \right)$$

Los periodos para nuestro análisis son desde el mes de octubre del 2006 a septiembre del 2007, de la misma forma para los años posteriores, es decir octubre del 2007 a septiembre de 2008 y finalmente octubre de 2008 a septiembre de 2009, los porcentajes que se obtendrán servirán para determinar cuál es el ahorro de potencia en los mismos.

La serie se determina utilizando los datos de potencia medidos en un totalizador ubicado en la subestación Azogues los mismos que hemos denominado (KWAZOG), estos datos son registrados cada cuarto de hora en KW.

La información es almacenada por el departamento de planificación de la Empresa Eléctrica Azogues dentro de una base de datos que sirven para el análisis de la

demanda histórica de la empresa, además de registrar la fecha y hora en qué ocurrió un pico de consumo.

Nuestro análisis consiste en realizar un manejo adecuado de la información, aplicando la metodología descrita, para calcular el porcentaje de potencia que se reduce al usar una LFC.

### **2.2.3 Consideraciones Para El Análisis.**

#### **2.2.3.1 Consideraciones Generales.**

Para nuestro estudio tomaremos en cuenta algunas consideraciones que nos ayudaran a enfocar de mejor manera el proceso.

- Nuestra primera consideración es que las lámparas fluorescentes compactas e incandescentes o de cualesquier otro tipo están encendidas más comúnmente entre las 17:00 y las 24:00 horas, en esta ciudad de forma similar que en similar que en todo el Ecuador.
- Una segunda consideración implica utilizar días tipo, es decir, días con el mismo patrón de potencia demandada, estos serían únicamente los días laborables. Pero para nuestros fines hemos podido apreciar que la curva de demanda en los días sábados y Domingos no presenta mayor variación que en los días laborables, por lo cual hemos optado por hacer nuestro análisis los 365 días del año, lo cual hace que los resultados sean más confiables.
- Consideramos también hacer nuestro estudio en períodos de 1 año iniciando desde el mes de octubre, por ejemplo desde octubre del año 2006 a septiembre del 2007, de igual manera para los años siguientes

(2007/2008, 2008/2009), esto con el fin de apreciar mejor los meses de diciembre a febrero en donde existe el mayor pico de carga anual.

- Referenciando el costo de la energía actual se calculara el ahorro monetario que representa la potencia y energía que se ha dejado de usar.

### **2.2.3.2 Consideraciones Técnicas.**

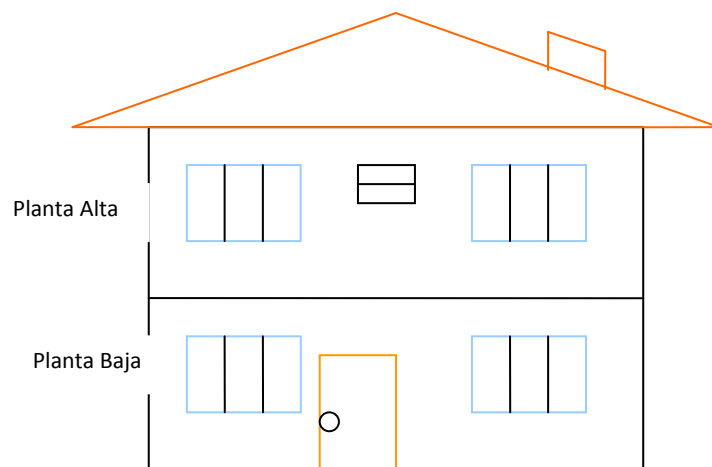
Como consideración técnica del porque es útil el aplicar el presente estudio para determinar el ahorro de potencia, es el saber que no se dependerá únicamente de la sustitución de focos ahorradores por los incandescentes, si no de las conductas del uso de la energía por parte de los usuarios.

Otro de los motivos para aplicar esta técnica es el saber que la cantidad total de lámparas fluorescentes compactas utilizadas en la campaña de sustitución nunca tendrán un funcionamiento unificado es decir que el comportamiento del encendido y apagado de las LFCs estaría ligado a un factor de coincidencia que puede ser el mismo que se usa para determinar el cuadro de cargas cuando se realiza diseño de las instalaciones eléctricas de una vivienda.

Una posible confusión que podría darse cuando se habla de que al realizar la sustitución de un foco incandescente de 100 W por una lámpara fluorescente compacta de 20 W, es esto que representa 80 W menos de carga, y sabiendo que se han distribuido hasta la fecha una cantidad de 37512 unidades en la ciudad de azogues se podría pensar que se ha reducido directamente 3 MW potencia que resulta de la multiplicación del número de unidades distribuidas por los 80 W de disminución en la carga. Cosa que no es real. Por tal motivo es indispensable que demostremos como es que varia da la demanda de potencia en una vivienda tras realizar dicha sustitución y de paso se evidencie el uso del factor de coincidencia.

Para evidenciar el comportamiento de la demanda antes y después de la sustitución tomamos como ejemplo la vivienda que se muestra en la *figura 2.2.10* de la cual analizaremos los circuitos tanto de iluminación como de tomacorrientes en un sector residencial donde disponemos de:

- Un sistema monofásico de 120 V.
- Una carga máxima Para los circuitos de iluminación de 1800w.
- Una carga máxima Para los circuitos de tomacorrientes de 2000w.
- Un factor de coincidencia para circuitos de iluminación de 0.7
- Un factor de coincidencia para circuitos de tomacorrientes de 0.35
- Un factor de coincidencia para circuitos especiales de 1.



**Figura 2.2.11** Vivienda para ejemplo.

La vivienda consta de una sola planta y como es lo lógico consta tanto circuitos de iluminación como de tomas de corriente por separado. Además de una toma especial en la planta alta. Para una, mejor apreciación en el cuadro 2.1.1 se especifica el circuito y la aplicación en el ambiente correspondiente.

Circuito	Aplicación	Ambientes
1	Tomacorrientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sala</li> <li>- Comedor</li> <li>- Cocina</li> <li>- Estudio</li> </ul>
2	Tomacorrientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dormitorio 1</li> <li>- Dormitorio 2</li> <li>- Dormitorio 3</li> <li>- Baño</li> </ul>
3	Iluminación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sala</li> <li>- Comedor</li> <li>- Cocina</li> <li>- Estudio</li> <li>- Dormitorio 1</li> <li>- Dormitorio 2</li> <li>- Dormitorio 3</li> <li>- Baño</li> <li>-</li> </ul>
4	Toma especial	Baño (Ducha)

*Cuadro 2.1.1 Disposición de los circuitos.*

Luego de definir el circuito y la aplicación correspondiente es necesario mostrar el circuito unifilar de la *fig. 2.2.11* correspondiente a todos los circuitos, luego de esto se procederá a realizar el análisis de la demanda requerida descrita anteriormente.



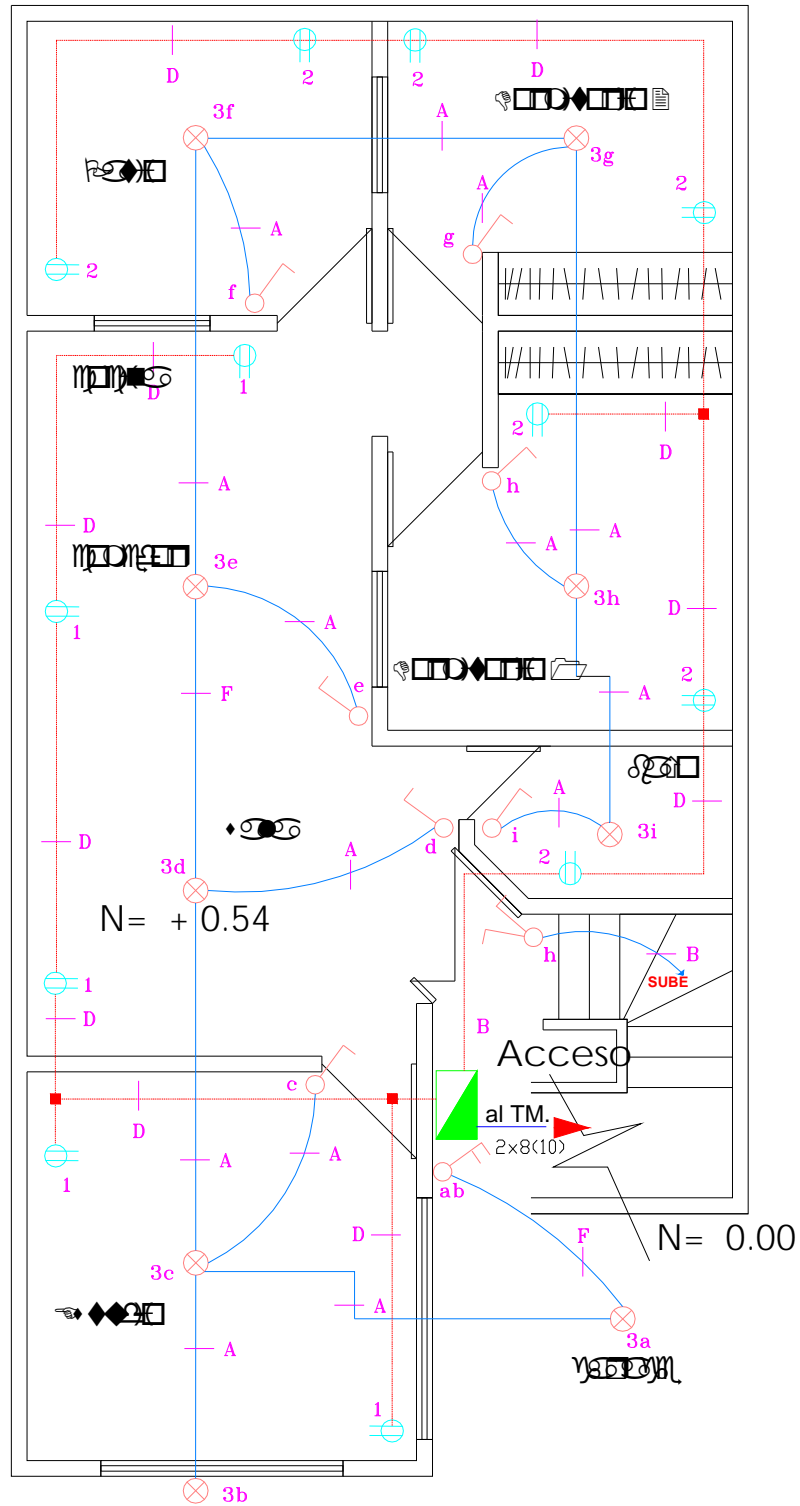


Fig. 2.2.12 circuito unifilar de la vivienda.

Según como se muestra el circuito unifilar es posible estructurar el cuadro de cargas para cada caso entonces:

circuito	Voltaje (V)	Carga instalada (W)	Factor De coincidencia	Demanda máxima (W)	Intensidad nominal (A)	SEC AWG
1	120	1000	0.35	350	8.33	12
2	120	1400	0.35	490	11.67	12
3	120	900	0.7	630	7.5	14
4	120	1200	1	1200	10	10

*Tabla 2.2.2 Cuadro de cargas para consideración técnica donde se usan focos incandescentes de 100W.*

Con los datos de la *tabla 2.2.2* podemos determinar qué:

$$\text{Demanda máxima total} = 2670 \text{ (w)}$$

No simultánea.

Considerando un factor de simultaneidad entre circuitos tenemos que:

$$\text{Demanda máxima total} = 2670 \times 0.7 = 1869 \text{ (w)}$$

Simultánea.

Finalmente si consideramos que dentro del domicilio se tendrá cargas inductivas podemos considerar un factor de potencia para decir que la demanda máxima es.

$$\begin{aligned} \text{Demanda máxima total.} &= 1869 \times 0,9 \text{ (w)} \\ &= \mathbf{1682 \text{ VA}} \end{aligned}$$

Ahora al realizar la sustitución de la LFC por la incandescente el cuadro de cargas queda de la siguiente manera.

circuito	Voltaje (V)	Carga instalada (W)	Factor De coincidencia	Demanda máxima (W)	Intensidad nominal (A)	SEC AWG
1	120	1000	0.35	350	8.33	12
2	120	1400	0.35	490	11.67	12
3	120	180	0.7	126	1.5	14
4	120	1200	1	1200	10	10

*Tabla 2.2.3 Cuadro de cargas para consideración técnica donde se usan LFCs de 20w.*

Usando los datos de la *tabla 2.2.3* determinamos todo lo hecho anteriormente. Por lo que para este caso se tiene que:

$$\text{Demanda máxima total} = 2166 \text{ (w)}$$

No simultanea.

Nuevamente al considerar un factor de simultaneidad entre circuitos tenemos que nuestra demanda máximas es:

$$\text{Demanda máxima total} = 2166 \times 0.7 = 1516 \text{ (w)}$$

Simultánea.

Nuevamente si consideramos que dentro del domicilio se tendrá cargas inductivas podemos considerar un factor de potencia para decir que la demanda máxima es.

$$\begin{aligned}\text{Demanda máxima total.} &= 1516 \times 0,9 \text{ (w)} \\ &= \mathbf{1364 \text{ VA}}\end{aligned}$$

Esta consideración aclara de cómo se comporta la demanda de potencia para un caso específico tras realizar la sustitución de LFCs por lámparas incandescentes obedeciendo a los factores de coincidencia. Entonces esto quiere decir que se podría utilizar este análisis para cada casa, barrio o ciudad pero como representa un universo nos conviene más coherente utilizar la metodología descrita para aplicar la serie de tiempo.

### **2.2.3 Desarrollo Del Análisis De La Demanda De Potencia.**

#### **2.2.3.1 Serie De Tiempo Diferencia Porcentual.**

Para nuestro análisis la serie de tiempo se expresa en términos de porcentaje de potencia, que se calcula con las demandas máximas tanto del día como de la noche independientemente de la hora a la que estas hayan ocurrido, es decir por poner un ejemplo en un día normal a las 12:00 pm es donde se registra el mayor consumo de potencia durante el día, y es precisamente el horario en el que existen el menor número de LFCs encendidos, y las 20:00 pm es donde se registra el máximo pico de potencia durante la noche que a su vez es el horario en que se puede considerar que la mayor cantidad de LFCs estarán encendidas, en este caso la diferencia porcentual de potencia quedaría expresada como se muestra a continuación:

$$\Delta\% = \left( \frac{P_{20:00pm} - P_{12:00pm}}{P_{20:00pm}} \right)$$

Debemos considerar que no siempre los máximos de potencia ocurren a estas horas, por tal motivo nosotros tomamos estos valores durante el día y la noche y realizaremos el análisis como lo describimos.

Al determinar mediante la misma fórmula el porcentaje de potencia en diferentes períodos de tiempo, que estos a su vez pueden ser meses o años, podemos calcular el porcentaje en que se ahorró la potencia en dicho período, restando los mismos en un lapso en que existió poca presencia de LFCs en el sistema y en un lapso en que se incremento la presencia y por ende el uso de LFCs como se muestra a continuación.

$$DP\% = \Delta\%_{Sin LFCs} - \Delta\%_{Con LFCs}$$

Donde:

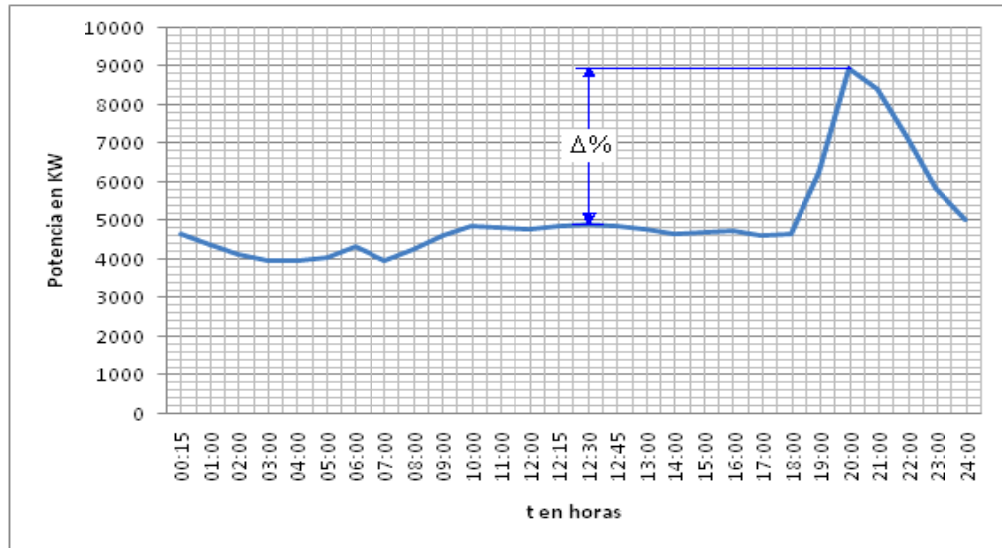
$$\Delta\%_{Sin LFCs} = \left( \frac{P_{MAXnoche} - P_{MAXdia}}{P_{MAXnoche}} \right) \quad \text{Diferencia porcentual sin Presencia de LFCs.}$$

$$\Delta\%_{Con LFCs} = \left( \frac{P_{MAXnoche} - P_{MAXdia}}{P_{MAXnoche}} \right) \quad \text{Diferencia porcentual con Presencia de LFCs.}$$

Y

$$DP\% = \text{Diferencia porcentual de periodos}$$

A continuación veremos una grafica del comportamiento típico de la demanda horaria en un día normal, lo cual ayudará a comprender como se estructura la serie de tiempo tomando en cuenta el pico máximo en el día así como el máximo pico en la noche.



**Fig. 2.2.13** Curva de demanda horaria en un día.

En este caso  $P_{MAXnoche} = 8930.19 \text{ KW}$  y  $P_{MAXdia} = 4789.53 \text{ KW}$  con lo cual se obtiene la diferencia porcentual como sigue.

$$\Delta\% = \frac{8930.19 - 4789.53}{8930.19} \times 100 = 46.36\%$$

De esta forma podemos determinar la diferencia porcentual que existe en todos los diferentes periodos de tiempo iniciando desde el año 2006 hasta la fecha actual.

### 2.2.3.2 Tabulación De Datos.

Para tabular la información proporcionada por la Empresa Eléctrica Azogues en lo referente a datos históricos de potencia registrados, haremos uso del software Microsoft Office Excel, el mismo que es una herramienta que permite manejar gran cantidad de datos además de ser una herramienta muy versátil.

Primero recopilamos toda la información dentro de una archivo de Excel, en el cual cada hoja contiene los datos registrados en periodos de un año, es decir desde el año 2006 hasta el 2009 como se muestra a continuación.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	FECHA	HORA	KW0121	KVAR0121	FP0121	KW0122	KVAR0122	FP0122	KW0123	KVAR0123
2	01/01/2006	00:15	1472,85696	242,41536	0,98672443	2132,15328	380,15136	0,98447471	817,23360	112,23360
3	01/01/2006	00:30	1460,00160	242,41536	0,98649435	2106,44256	378,31488	0,98425207	800,70528	108,70528
4	01/01/2006	00:45	1425,10848	240,57888	0,98604834	2053,18464	369,13248	0,98422014	789,68640	112,68640
5	01/01/2006	01:00	1382,86944	240,57888	0,98520215	2007,27264	369,13248	0,98350799	769,48512	110,48512
6	01/01/2006	01:15	1329,61152	244,25184	0,98354224	1913,61216	385,66080	0,98029014	723,57312	108,57312
7	01/01/2006	01:30	1269,00768	240,57888	0,98249999	1821,78816	389,33376	0,97791768	692,35296	108,35296
8	01/01/2006	01:45	1212,07680	233,23296	0,98198522	1733,63712	387,49728	0,97591874	659,29632	102,29632
9	01/01/2006	02:00	1153,30944	222,21408	0,98193947	1628,95776	354,44064	0,97713658	640,93152	104,93152
10	01/01/2006	02:15	1116,57984	224,05056	0,98045643	1583,04576	361,78656	0,97486553	622,56672	104,56672
11	01/01/2006	02:30	1085,35968	220,37760	0,98000248	1531,62432	358,11360	0,97373776	607,87488	101,87488
12	01/01/2006	02:45	1055,97600	218,54112	0,97924877	1491,22176	356,27712	0,97262599	593,18304	104,18304
13	01/01/2006	03:00	1033,93824	224,05056	0,97731715	1456,32864	363,62304	0,97021443	571,14528	99,14528
14	01/01/2006	03:15	1010,06400	225,88704	0,97589393	1412,25312	350,76768	0,97051255	560,12640	97,12640
15	01/01/2006	03:30	984,35328	216,70464	0,97661387	1384,70592	361,78656	0,96752182	545,43456	93,43456
16	01/01/2006	03:45	973,33440	220,37760	0,97531330	1358,99520	361,78656	0,96634323	545,43456	99,43456
17	01/01/2006	04:00	960,47904	218,54112	0,97507788	1344,30336	352,60416	0,96727962	528,90624	95,90624
18	01/01/2006	04:15	942,11424	214,86816	0,97496455	1326,95744	358,11360	0,96594805	516,05088	98,05088

Fig. 2.2.14 Manejo de la información en Microsoft Excel.

Luego procedimos a filtrar los datos que son útiles para nuestro análisis, los cuales se muestran en las columnas FECHA, HORA, como se aprecia en la figura 2.2.13. También la potencia medida correspondiente a la columna con el nombre KWAZOG, es filtrada por lo que fue indispensable introducir una función para que encuentre el máximo de potencia tanto en el día como en la noche, cosa que no fue complicada ya que Microsoft Excel tiene las herramientas para hacerlo.

Ahora basándonos en la estructura de una serie de tiempo, podemos determinar la diferencia porcentual introduciendo fórmula de  $\Delta\%$  para todos los días del año de la siguiente forma.

$$\Delta\% = \frac{(C3 - C2)}{C3} \times 100$$

Donde:

C3 Es la potencia máxima durante la noche.

C2 Es la potencia máxima durante el día.

Esta fórmula es introducida para todos los días, en el Excel los datos quedan expresados como se muestra a continuación.

	A	C	D	E	F	G	H	I	J
1	FECHA	KWAZOG	MAXDIA	D%2009					
2	01/01/2009	6525,63	4840,96	43,08					
3	01/01/2009	6442,37	8504,13						
4	01/01/2009	6346,87							
5	01/01/2009	6239,13							
6	01/01/2009	6072,63							
7	01/01/2009	5869,39							
8	01/01/2009	5653,91							
9	01/01/2009	5448,22							
10	01/01/2009	5259,68							
11	01/01/2009	5102,97							
12	01/01/2009	4960,94							
13	01/01/2009	4840,96							
14	01/01/2009	4730,77							
15	01/01/2009	4674,45							
16	01/01/2009	4598,55							
17	01/01/2009	4544,68							
18	01/01/2009	4500,60							

Fig. 2.2.15 Cálculo de la diferencia porcentual de un día.

En la figura 2.2.14 podemos ver que en la columna con el nombre MAXDIA se encuentran los valores de potencia máximos registrados tanto en el día como en la noche, de esta forma podemos mencionar que en el primero de enero del 2009 se registro una potencia máxima durante el día de 4840.96 KW y la máxima de la noche de 8504.13 KW, de acuerdo a estos valores la diferencia porcentual de este día es 43.08%.



Esto indica que la potencia se incremento en un 43.08% desde la máxima potencia durante el día hasta alcanzar la máxima potencia durante la noche.

Filtrando las celdas vacías la información queda como se muestra a continuación.

	A	C	D	E	F
1	FECHA	KWAZOG	MAXDIA	D%2009	
2	01/01/2009	6525,63	4840,96	43,08	
98	01/02/2009	4566,71	5024,61	45,06	
194	01/03/2009	4816,47	4823,82	47,14	
290	01/04/2009	4818,92	4552,02	48,96	
386	01/05/2009	4444,28	5426,19	40,51	
482	01/06/2009	4500,60	5338,04	40,68	
578	01/07/2009	4532,43	5252,33	43,40	
674	01/08/2009	4468,77	5411,49	39,83	
770	01/09/2009	4542,23	5225,40	40,77	
866	01/10/2009	4669,56	4907,07	45,05	
962	01/11/2009	4887,49	4723,43	45,34	
1058	01/12/2009	4405,10	5531,48	38,09	
1154	20090113	4520,19	5220,50	42,27	
1250	20090114	4449,18	5328,24	41,99	
1346	20090115	4456,52	5416,39	39,50	
1442	20090116	4696,49	5291,51	39,81	
1538	20090117	4574,06	4960,94	42,83	

Fig. 2.2.16 Filtrado valores máximos de potencia en el día.

Tomando en cuenta que una serie de tiempo está constituida por valores en términos de  $X(t_1)$ ,  $X(t_2)$ , ...,  $X(t_n)$  podemos decir entonces que estos términos corresponden a los valores contenidos en la columna con el nombre (D%2009), por lo que  $X(t_1) = 43.08$ ,  $X(t_2) = 45.06$  y así consecutivamente.

De esta manera graficando esta serie en los períodos de tiempo que señalamos al comienzo de este análisis podemos ver cuál es el comportamiento de la misma.

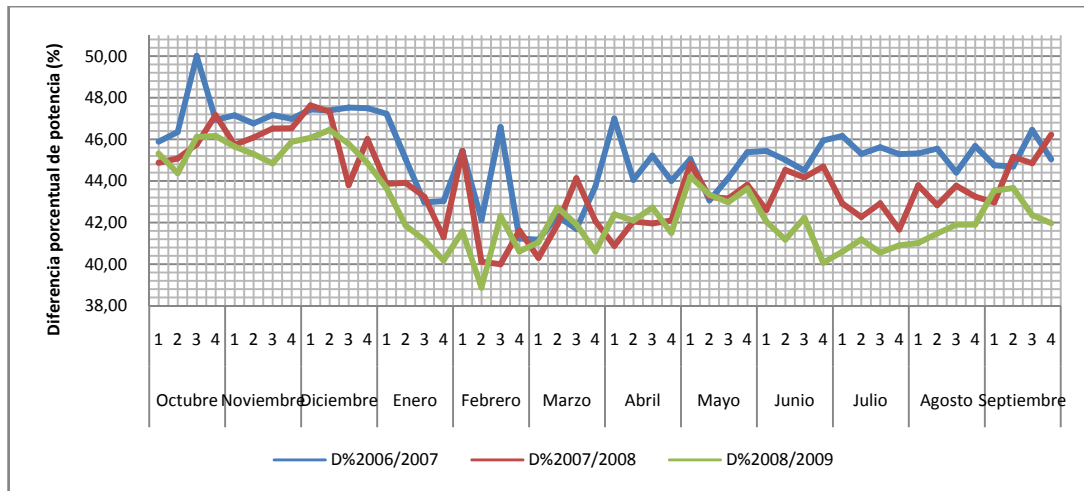


Fig. 2.2.17 Segmentos de las series de tiempo en los períodos 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009.

Podemos apreciar en la *figura 2.2.17* la serie de tiempo de la diferencia porcentual del periodo 2006/2007 (segmento de color azul) posee variaciones dependientes del comportamiento de la demanda de potencia, para ese periodo en particular el porcentaje más alto de potencia se dio en la cuarta semana de febrero y por lo contrario la variación más baja se dio en la cuarta semana de Agosto.

Fácilmente se puede apreciar que la diferencia de potencia se ha reducido considerablemente con los años y más aun en el período 2008/2009, esto ya nos da una idea clara de que el pico de potencia se ha reducido en los últimos años, lo cual puede deberse al uso de las LFCs en los comercios y residencias de la ciudad.

### 2.2.3.3 Análisis Del Comportamiento Del Consumo Y Determinación De La Tendencia.

Para este análisis se toma en cuenta los elementos de la serie que comienza desde la primera semana del mes de octubre del 2006 y terminan en la cuarta semana del mes de septiembre del año 2007 al igual que para los años posteriores. Al graficar estas series en un mismo cuadro determinaremos que el comportamiento del consumo de potencia en las semanas y meses es relativamente similar.

Al analizar las tres curvas de las series de tiempo mostradas en la figura 2.15 correspondientes a la diferencia porcentual de potencia de los diferentes periodos observamos cierta similitud en el comportamiento del consumo para todos los meses.

Las curvas claramente muestran que la diferencia porcentual del consumo de potencia es inferior en el período 2007/2008 y más aún en periodo el 2008/2009, lo que indica una menor diferencia porcentual del consumo de potencia entre las horas pico, lo que podría deberse entre otras razones a que las personas son mas conscientes al usar la energía eléctrica y la ahorran, o a que realmente el uso de LFCs hace que el pico de potencia durante las 24 horas del día sea menor.

#### **2.2.3.4 Análisis De La Tendencia.**

Una de las razones por las que debemos determinar la tendencia de la serie es porque así podemos hacer un análisis predictivo de cómo se comportara esta en el futuro, o de lo contrario que ha venido sucediendo en los últimos meses y años.

Recordemos primeramente que se puede determinar la tendencia matemáticamente, pero esto sin ayuda de un procesador matemático sería un proceso muy extenso, para nuestro estudio en particular utilizaremos las una herramientas de Microsoft Excel y de esta forma agilizaríamos el proceso.

Para el análisis de la tendencia utilizaremos el análisis polinomial de orden 2 ya que es la mejor forma de representar la tendencia según algunos autores.

Al hacer uso de esta herramienta las series de tiempo se expresan como se muestra a continuación.

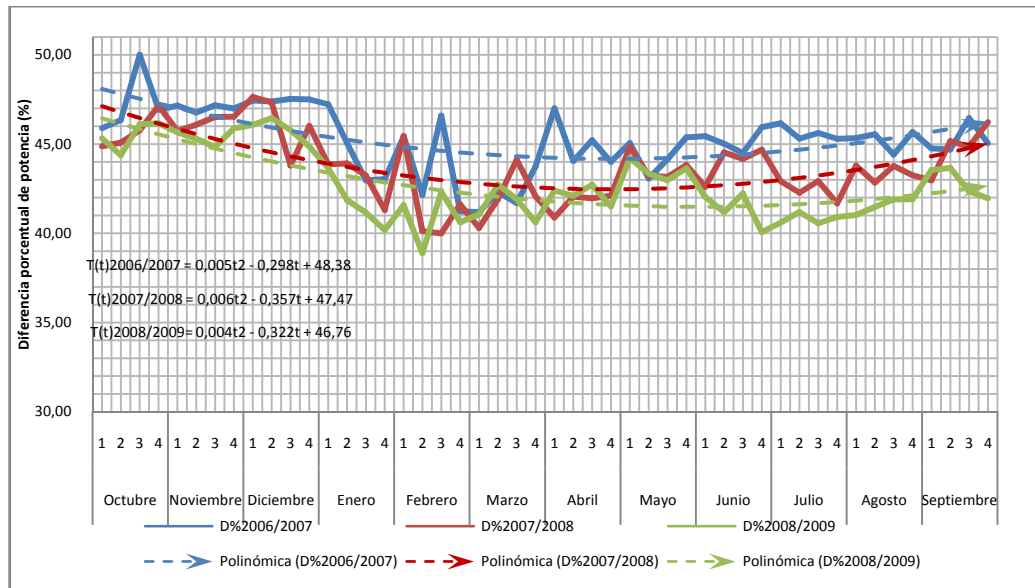


Fig. 2.2.18 Graficas de la tendencia.

Donde:

$T(t)_{2006/2007}$  es la curva de la tendencia de la demanda para el periodo octubre del 2006 a septiembre del 2007.

$T(t)_{2007/2008}$  es la curva de la tendencia de la demanda para el periodo octubre del 2007 a septiembre del 2008.

$T(t)_{2008/2009}$  es la curva de la tendencia de la demanda para el periodo octubre del 2008 a septiembre del 2009.

Al observar las curvas de tendencia claramente estas nos muestran que para el periodo 2007/2008 en relación al 2006/2007 como ya lo señalamos anteriormente existe un ahorro o una reducción en la demanda de potencia, únicamente fijándonos en la cuarta semana del mes de septiembre en todos los periodos el ahorro es del 1% para el periodo 2007/2008 y para el siguiente 2008/2009 es del 3% en relación al 2007/2008 y del 4% aproximadamente con el 2006/2007.

Para determinar el ahorro que ha tenido la empresa en lo que se refiere a potencia retomaremos la fórmula de la diferencia porcentual de periodos.

$$DP\% = \Delta\%_{Sin\ LFCs} - \Delta\%_{Con\ LFCs}$$

La cual expresa la diferencia de los valores obtenidos de  $\Delta\%$  de potencia que se dio en años anteriores al uso de LFCs y los valores de  $\Delta\%$  potencia pero con mayor presencia de LFCs.

Pero Antes de iniciar haremos un ejemplo del proceso para ilustrarlo de mejor manera para luego mostrar los resultados finales de nuestro estudio.

En nuestro ejemplo tomaremos los valores de la diferencia porcentual en una semana específica del año 2008 (**diferencia porcentual 1**) y de igual forma la de una semana específica del año 2009 (**diferencia porcentual 2**).

	Diferencia Porcentual 1	Diferencia Porcentual 2
Valor	46.89	44.37
$DP\% = \Delta\%_{01} - \Delta\%_{02}$	2.52%	

*Tabla 2.2.4 Ejemplo de potencia reducida en el período 2008/2009.*

Por lo tanto  $DP\% = 2.52\%$  es el porcentaje de potencia que se redujo.

Ahora para determinar cuanta potencia se redujo con dicho porcentaje multiplicamos  $DP\%$  por la potencia máxima del primer periodo obteniendo lo siguiente.

	DP%	Potencia (KW)
Valor	2.52	7805.91
<b>POTENCIA AHORRADA</b>	<b>196.70 KW</b>	

*Tabla2.2.5 Potencia ahorrada para el ejemplo.*

Donde 196.70 KW es la potencia que se ha reducido, para nuestro caso determinaremos el ahorro diario y luego el ahorro promedio del periodo. Con respecto a la diferencia porcentual de periodos los datos se ubicaron en la siguiente tabla.

MES	Sem.	DP%P1-P2	DP%P2-P3	MES	Sem.	DP%P1-P2	DP%P2-P3
<b>Octubre</b>	1	1,02	-0,45	<b>Abril</b>	1	6,12	-1,52
	2	1,27	0,71		2	2,00	-0,05
	3	4,25	-0,35		3	3,26	-0,76
	4	-0,22	0,99		4	1,90	0,60
<b>Noviembre</b>	1	1,42	0,08	<b>Mayo</b>	1	0,22	0,62
	2	0,68	0,79		2	-0,16	-0,11
	3	0,65	1,68		3	0,98	0,18
	4	0,45	0,65		4	1,56	0,19
<b>Diciembre</b>	1	-0,20	1,56	<b>Junio</b>	1	2,83	0,57
	2	0,05	0,88		2	0,49	3,35
	3	3,73	-1,98		3	0,33	1,94
	4	1,49	1,16		4	1,26	4,62
<b>Enero</b>	1	3,36	0,21	<b>Julio</b>	1	3,24	2,33
	2	1,15	2,06		2	3,04	1,08
	3	-0,27	2,08		3	2,69	2,37
	4	1,73	1,12		4	3,62	0,76
<b>Febrero</b>	1	0,01	3,86	<b>Agosto</b>	1	1,54	2,77
	2	2,02	1,24		2	2,71	1,37
	3	6,59	-2,32		3	0,64	1,87
	4	-0,39	1,00		4	2,43	1,34
<b>Marzo</b>	1	0,87	-0,76	<b>Septiembre</b>	1	1,79	-0,57
	2	0,39	-0,81		2	-0,46	1,50
	3	-2,44	2,21		3	1,60	2,50
	4	1,68	1,46		4	-1,19	4,26

Tabla 2.2.6 Diferencia porcentual de los periodos 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009.

Revisando los porcentaje de ahorro ocurridos en los periodos 2007/2008 en relación al 2006/2007 el máximo ahorro ocurrió en la tercera semana del mes de febrero del 2007 con 6.59% y en el periodo 2008/2009 en relación al 2007/2008 el máximo ahorro ocurrió en la cuarta semana del mes de junio del 2009 con 4.62%.

En la siguiente gráfica podemos identificar los máximos porcentajes de ahorro ocurridos en los dos diferentes periodos, se puede destacar que los mayores ahorros ocurren en el periodo 2007/2008, en el periodo siguiente el ahorro es de menor porcentaje que en el primero.

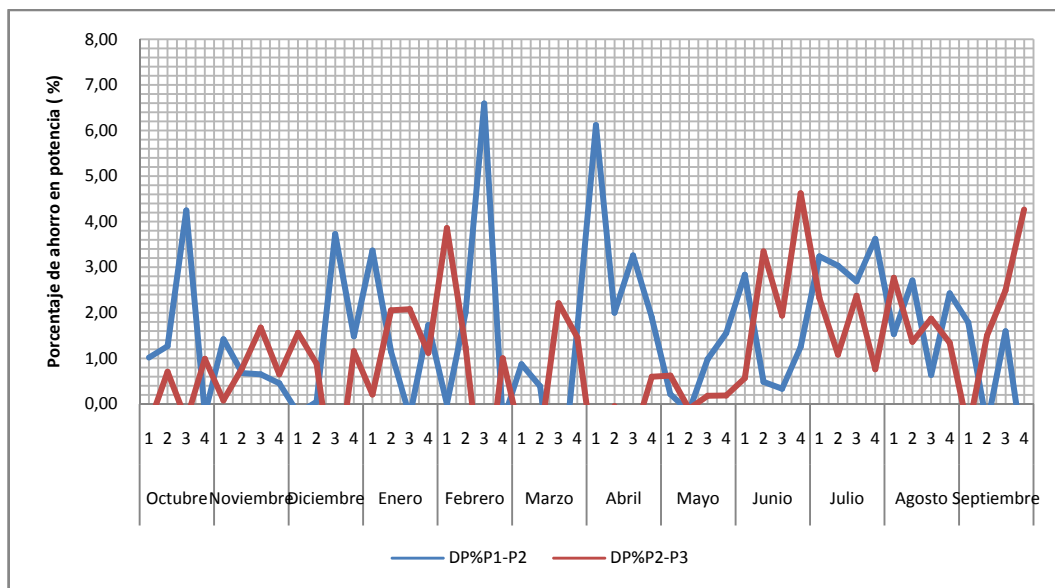


Fig. 2.2.19 Porcentajes máximos de ahorro de potencia.

Donde:

DP%P1-P2 es la diferencia porcentual de periodos entre P1(2006/2007) y P2(2007/2008).

DP%P2-P3 es la diferencia porcentual de periodos entre P1(2007/2008) y P2(2008/2009).

En el siguiente cuadro podemos ver a cuanto potencia equivalen los porcentajes anteriores para cada periodo, es importante destacar que los valores que se calcularon estan en base a la máxima potencia semanal.

Mes	Sem	Ahorro 2007/2008	Ahorro 2008/2009	Mes	Sem	Ahorro 2007/2008	Ahorro 2008/2009
<b>Octubre</b>	1	88,76	-39,56	<b>Abril</b>	1	538,97	-132,93
	2	111,62	62,47		2	177,27	-4,08
	3	366,21	-31,08		3	292,59	-66,01
	4	-19,26	87,51		4	166,18	52,85
<b>Noviembre</b>	1	119,02	6,73	<b>Mayo</b>	1	19,12	55,77
	2	57,41	70,00		2	-14,49	-9,49
	3	56,30	148,15		3	88,08	16,18
	4	39,51	59,32		4	138,94	17,07
<b>Diciembre</b>	1	-17,54	140,44	<b>Junio</b>	1	251,84	50,17
	2	4,57	80,59		2	42,46	297,45
	3	342,58	-179,85		3	29,30	172,47
	4	134,14	105,38		4	109,16	409,30
<b>Enero</b>	1	301,63	18,64	<b>Julio</b>	1	278,77	203,69
	2	101,16	179,48		2	263,65	95,16
	3	-23,94	181,34		3	234,42	205,81
	4	152,14	99,63		4	311,80	66,58
<b>Febrero</b>	1	0,65	344,51	<b>Agosto</b>	1	129,92	245,42
	2	176,52	110,72		2	231,08	120,26
	3	574,93	-201,98		3	54,56	164,70
	4	-33,24	87,85		4	206,32	120,49
<b>Marzo</b>	1	76,89	-66,32	<b>Septiembre</b>	1	158,07	-50,73
	2	34,96	-70,87		2	-40,63	133,24
	3	-212,89	195,14		3	143,44	227,99
	4	146,59	130,90		4	-105,25	385,36

*Tabla 2.2.7 Potencia ahorrada en los periodos 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009.*

Finalmente en la tabla anterior se puede precisar el ahorro máximo de potencia en cada semana, donde para el primer periodo el máximo ahorro se dio en la tercera





Promedio potencia 2007/2008	Promedio potencia 2008/2009
130,92 KW	89,50 KW

*Tabla 2.2.8 Ahorro total de potencia.*

Según los promedios calculados claramente se obtuvo mayor ahorro en el periodo 2007/2008, con un valor de 130.92 KW, y en el periodo siguiente 2008/2009 el ahorro fue de 89.50 KW en relación al periodo anterior, que si bien no es un ahorro mayor sin embargo no deja de ser un ahorro para el sistema.

Por otra parte una forma de comprobar lo afirmado anteriormente es tomando en cuenta que para finales del 2009 se entregaron un total de 37512 LFCs a los clientes residenciales que corresponden a un numero de 26661 de los 29425 que es el total de los abonados. Si del total de las LFCs se entregaron 4 unidades por abonado residencial se obtiene el número de clientes que poseen las cuatro LFCs entonces tenemos que.

# De clientes residenciales. = 26661.

# De LFCs = 37512.

# De LFCs por usuario. = 4

Por lo que.

$$\# \text{ Clientes beneficiarios} = \frac{37512}{4} = 9378$$

Los clientes que poseen las 4 LFCs proporcionadas por la Empresa Eléctrica Azogues son 9378. Además estas representan una potencia de 80 W que en cierta forma se podría denominar como potencia instalada para cada cliente.

$$Potencia.Instalada = 80W$$

Pero según las consideraciones técnicas antes de iniciar el estudio es necesario el uso de un factor de coincidencia primero para cada domicilio y luego entre domicilios.

$$Potencia.DemandaIndividual = 80 \times 0.7 = 56W$$

$$Potencia.DemandaGeneral = 56 \times 9378 \times 0.7 = 367617.6W = 367.61KW$$

Considerando que antes de de la sustitución de la LFC por la incandescente la potencia instalada representaría 400W, al realizar lo anterior tendríamos que la potencia demanda es:

$$Potencia.DemandaIndividual = 400 \times 0.7 = 280W$$

$$Potencia.DemandaGeneral = 280 \times 9378 \times 0.7 = 1838.088W = 1838KW$$

Finalmente haciendo una diferencia entre las potencias demandadas antes y después de la sustitución,

$$Potencia.Ahorrada = 1838KW - 367.61KW = 1470.39KW$$

Finalmente considerando que el pico máximo representa un periodo de dos horas y media correspondiendo al 10.41 % de las 24 horas del día el ahorro de potencia sería de.

$$PotenciaTotalAhorrada = 1470.39 \times 0.104 = 152.9KW$$

En conclusión el ahorro determinado tanto al aplicar las series de tiempo así como Al usar la consideración técnica a la hora pico es de 130.92KW, en el periodo 2007/2008, lo cual representa un total de 6546 lámparas encendidas y de igual manera para el periodo 2008/2009 se tiene un ahorro de 89.5KW que asimismo representaría 4475 LFCs encendidas. Se puede mencionar que 152.9 KW determinados para la comprobación corresponde a 7645 LFCs.

## **2.3. Cálculo Y Estudio Del Costo Del Ahorro De Energía.**

### **2.3.1 Determinación Del Ahorro De Energía.**

Para determinar el ahorro que exista o no en la energía consumida en el sistema eléctrico de la Empresa Eléctrica Azogues nos basamos en una metodología simple que hace relación a tres aspectos puntuales, que son:

1. El consumo y ahorro en una vivienda normal.
2. El consumo y ahorro de un grupo de abonados, que para nuestro estudio serán tomados de una muestra del centro urbano de la ciudad de Azogues.
3. El consumo y ahorro general del sector residencial de todo el sistema.

De esta forma se tendrá una idea clara de cuál es el comportamiento del consumo de energía así como del ahorro de existirlo, por el uso de las lámparas fluorescentes compactas en el sistema eléctrico de la ciudad de Azogues.

### **2.3.4 Desarrollo**

#### **2.3.4.1 Ahorro De Energía En Una Vivienda.**

Antes de estudiar qué es lo que pasa con el ahorro de energía de una manera general en el sistema eléctrico de la ciudad de Azogues es indispensable mostrar cómo se da el ahorro de energía tras la sustitución de LFCs por lámparas incandescentes en una vivienda normal.

Primero obtendremos el consumo total mensual en Kwh que se tendría al utilizar lámparas incandescentes normales dentro de la vivienda para lo cual recurrimos a armar una tabla donde enlistamos los equipos que están presentes dentro del domicilio, además de su potencia nominal y de las horas de uso aproximado diario, con una tarifa eléctrica de 0.05c\$.

	Potencia W	Potencia KW	Horas al día	Consumo mensual (KWH)	Costo (\$/kwh)
<b>CARGA EN TOMACORRIENTES Y OTROS</b>					
<b>Cocina</b>					
Refrigeradora	746	0,746	6	134,28	6.71
Horno microonda	1000	1	1	30	1.5
Olla arrocera	200	0,2	2	12	0.6
Licuadaora	150	0,15	0,25	1,125	0.056
<b>Lavandería</b>					
Lavadora	900	0,9	1,5	40,5	2.025
Entretenimiento					
Televisión	600	0,6	4	72	3.6
25.586Equipo de sonido	195	0,195	3	17,55	0.087
Equipo de DVD	12	0,012	3	1,08	0.054
<b>Computo</b>					
Computadora	400	0,4	6	72	3.6
Impresora	30	0,03	0,1	0,09	0.0045
<b>Otros</b>					
Plancha	500	0,5	3	45	1.80
Ducha eléctrica	1200	0,3	1	9	0.45
<b>ILUMINACIÓN</b>					
Sala	200	0,2	3	18	0.9
Comedor	100	0,1	3	9	0.45
Cocina	100	0,1	4	12	0.60
Patio	100	0,1	3	9	0.45
Baño 1	100	0,1	3	9	0.45
Dormitorio 1	100	0,1	4	12	0.60
Dormitorio 2	100	0,1	4	12	0.60
Dormitorio 3	100	0,1	4	12	0.60
Gradas	100	0,1	3	9	0.45
<b>CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA KWH</b>				<b>536,625</b>	
<b>COSTOS</b>				<b>25.586</b>	

*Tabla 2.3.1 Consumo de energía cuando se usa lámparas incandescentes de 100W.*

Cabe recalcar que este análisis es propio para el ejemplo de la figura 2.2.11. Con esto queremos aproximar lo que sucedería en una vivienda común antes y después de la sustitución.

Como podemos ver en la tabla anterior el consumo mensual por utilizar diariamente los equipos, artefactos eléctricos además de la iluminación incandescente según las horas de uso diario expuesto, es de 536.625 Kwh que representa un valor monetario de 25.586\$ según la tarifa expuesta.

De igual forma calculamos estos mismos valores, pero esta vez con la sustitución de LFCs, como se muestra en la tabla a continuación.

	Potencia W	Potencia KW	Horas al día	Consumo mensual (KWH)	Costo (\$/kwh)
<b>CARGA EN TOMACORRIENTES Y OTROS</b>					
<b>Cocina</b>					
Refrigeradora	746	0,746	6	134,28	6.71
Horno microonda	1000	1	1	30	1.5
Olla arrocera	200	0,2	2	12	0.6
Licuadaora	150	0,15	0,25	1,125	0.056
<b>Lavandería</b>					
Lavadora	900	0,9	1,5	40,5	2.025
Entretenimiento					
Televisión	600	0,6	4	72	3.6
25.586Equipo de sonido	195	0,195	3	17,55	0.087
Equipo de DVD	12	0,012	3	1,08	0.054
<b>Computo</b>					
Computadora	400	0,4	6	72	3.6
Impresora	30	0,03	0,1	0,09	0.0045
<b>Otros</b>					
Plancha	500	0,5	3	45	1.80
Ducha eléctrica	1200	0,3	1	9	0.45
<b>ILUMINACIÓN</b>					
Sala	40	0,04	3	3,6	0,18
Comedor	20	0,02	3	1,8	0,09
Cocina	20	0,02	4	2,4	0,12
Patio	20	0,02	3	1,8	0,09
Baño 1	20	0,02	3	1,8	0,09
Dormitorio 1	20	0,02	4	2,4	0,12
Dormitorio 2	20	0,02	4	2,4	0,12
Dormitorio 3	20	0,02	4	2,4	0,12
Gradas	20	0,02	3	1,8	0,09
<b>CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA KWH</b>				<b>455,025</b>	
<b>COSTOS</b>				<b>21.457\$</b>	

*Tabla 2.3.2 Consumo de energía cuando se usa LFCs de 20 W.*

De esta manera queda claro que según las condiciones expuestas el consumo se reduce a 455.025 Kwh y el costo que este representa en dólares es 21.45\$.

Según lo visto en los dos cálculos anteriores podemos hacer las siguientes afirmaciones.



1. El ahorro de energía existe únicamente en el consumo de la iluminación de la vivienda, ya que los demás electrodomésticos y demás artefactos de la vivienda siguen siendo los mismos.
2. El ahorro se da porque se están consumiendo 80W menos en el mismo periodo de tiempo, claro está siempre y cuando se respete la equivalencia de potencia entre lámparas es decir 100W equivale a 20W.

Ahora relacionando los totales de consumo y costo de la energía consumida obtenemos lo siguiente.

Tipo de Luminaria	Consumo Kwh	Costo Mensual \$
Incandescentes	536,62	25,58
LFCs.	455,02	21,45
Ahorro	81,6	4,12

*Tabla 2.3.3 Comparación entre consumo de lámparas Incandescentes frente a las LFCs.*

De mantenerse el mismo ahorro en el transcurso de un año se obtendría el siguiente costo anual.

Tipo de Luminaria	Costo Anual \$
Incandescentes	307.03
LFCs.	257.48
Ahorro	49.44

*Tabla 2.3.4 ahorro anual obtenido por el uso de LFCs.*

De tal forma el ahorro en el consumo de energía es del 15.2%, y el costo de dicho consumo del 16.14%.

Entonces el ahorro en este caso en particular es de un 15.2% en el consumo de energía para toda la vivienda, de lo cual dicho ahorro únicamente se da en iluminación.

Ahora al saber que es lo que pasa en una vivienda normal en la cual se han sustituido las lámparas incandescentes por LFCs, vamos un poco más adelante en el estudio, tomando como referencia ya no un caso puntual si no un grupo de abonados, y precisamente es a lo que haremos referencia a continuación.

#### **2.3.4.2 Análisis De La Facturación De Un Grupo De Abonados.**

Lo primero que haremos es tomar los números de abonado presentes en los medidores para que la empresa eléctrica nos provea de la información de los consumos mensuales y anuales, así como también los valores que representan estos monetariamente.

En total se tomaron 170 muestras o números de medidores, de los cuales obtuvimos su respectiva información.

Para afinar o enfocar estos datos a nuestro estudio aplicamos la siguiente consideración.

- Se tomarán en cuenta únicamente los consumidores regulares que tengan lecturas completas desde el año 2005 o menos, ya que es necesario para verificar el consumo en años anteriores a la sustitución masiva de LFCs.

Expuesto lo anterior, de la muestra tomada se discriminan 80 abonados por que estos no tienen una regularidad en la facturación en algunos casos y en otros por no constar dentro del sistema desde el año 2005.

La información se la almaceno como se muestra en la siguiente ilustración.

Fig. 2.3.1 Datos del consumo de 100 abonados.

Como se puede apreciar se tiene el número de medidor del abonado conjuntamente con su respectivo consumo y pago tanto mensual, nosotros calculamos el consumo anual y lo pasamos a otra tabla, la que mostramos a continuación.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Abonado	102170	605550	119757	122624	116168	106671	101722	117164	108230	1033
2	Año										
3	2005	599	1065	953	255	602	7375	1269	1758	1981	715
4	2006	65	1479	870	221	1406	8569	910	1759	1843	884
5	2007	2110	1607	871	167	1591	7584	1410	1755	745	981
6	2008	1951	1823	642	2292	1550	5145	1775	1670	1196	925
7	2009	2091	1908	787	3684	1893	4625	1632	1586	1332	800
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Fig. 2.3.2 Consumo anual de 100 abonados.

Como se aprecia en la figura anterior se dispone del número del abonado conjuntamente con su respectivo consumo y pago tanto mensual.

Primero vamos a escoger 10 abonados al azar para verificar el comportamiento del consumo individual y apreciar cual fue su comportamiento en años anteriores a la sustitución de las LFCs y luego de la misma.

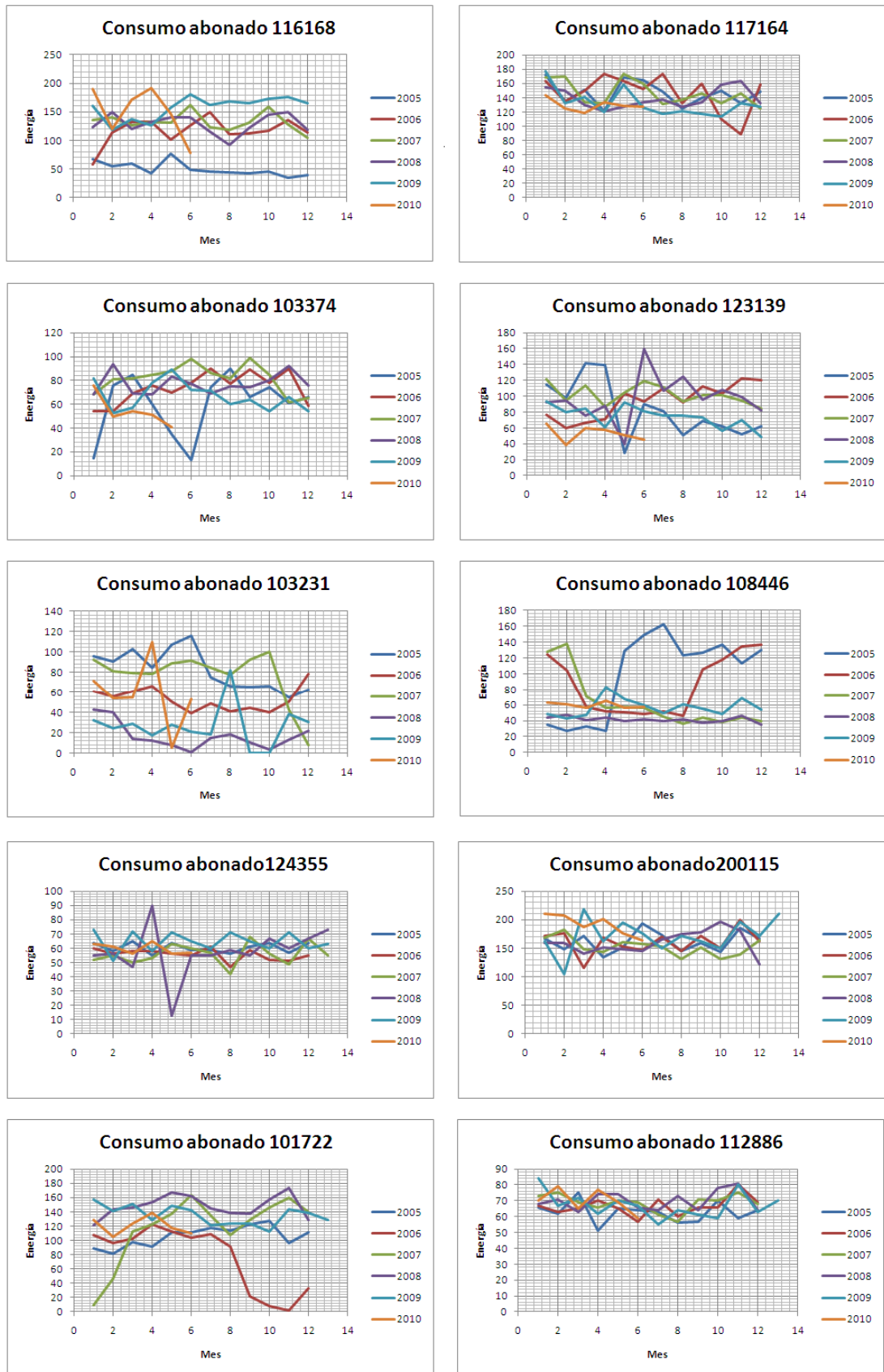


Fig. 2.3.3 Comportamiento del consumo de energía de 10 abonados (2005-2010).

En la grafica se puede ver claramente que la mayoría de abonados de este grupo presenta una pequeña disminución en el consumo de energía en el año 2009 principalmente, en los años anteriores también se observa disminución pero no en todos los casos, por lo cual se puede tratar de apreciar cual es el comportamiento general del grupo de muestra al sumar sus consumos y graficarlos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>Abonado</b>	102170	605550	119757	122624	116168	106671	101722	117164	108230	1033
2	<b>Año</b>										
3	2005	599	1065	953	255	602	7375	1269	1758	1981	715
4	2006	65	1479	870	221	1406	8569	910	1759	1843	884
5	2007	2110	1607	871	167	1591	7584	1410	1755	745	981
6	2008	1951	1823	642	2292	1550	5145	1775	1670	1196	925
7	2009	2091	1908	787	3684	1893	4625	1632	1586	1332	800
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Fig. 2.3.3 Comportamiento del consumo de energía de 10 abonados (2005-2010).

Luego de esto procedemos a graficar el consumo individual de los abonados, en cada uno de los años analizados.

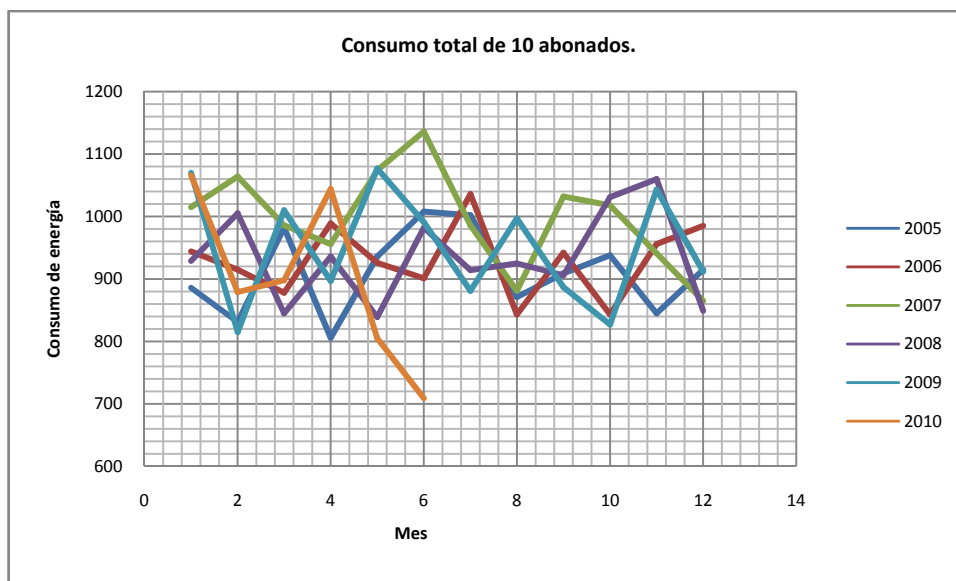


Fig. 2.3.4 Consumo total de energía de 10 abonados (2005-2010).

Como se puede ver efectivamente el comportamiento general del consumo de estos abonados ha disminuido en los años posteriores al 2007, en el año 2008 de color magenta es el año en que más se redujo el consumo, luego en el 2009 aunque sigue creciendo el consumo este no supera al 2007, el 2010 presenta un pequeño aumento en los primeros tres meses pero para analizar este año sería necesario tener la información total hacia el fin de año.

Entonces después de realizar la evaluación de unas pocas muestras podemos analizar el total de abonados tomados como referencia del sistema. El graficar el consumo total anual de los abonados nos dará una idea clara de cómo se redujo el consumo en los años posteriores a la incursión de LFCs al sistema.

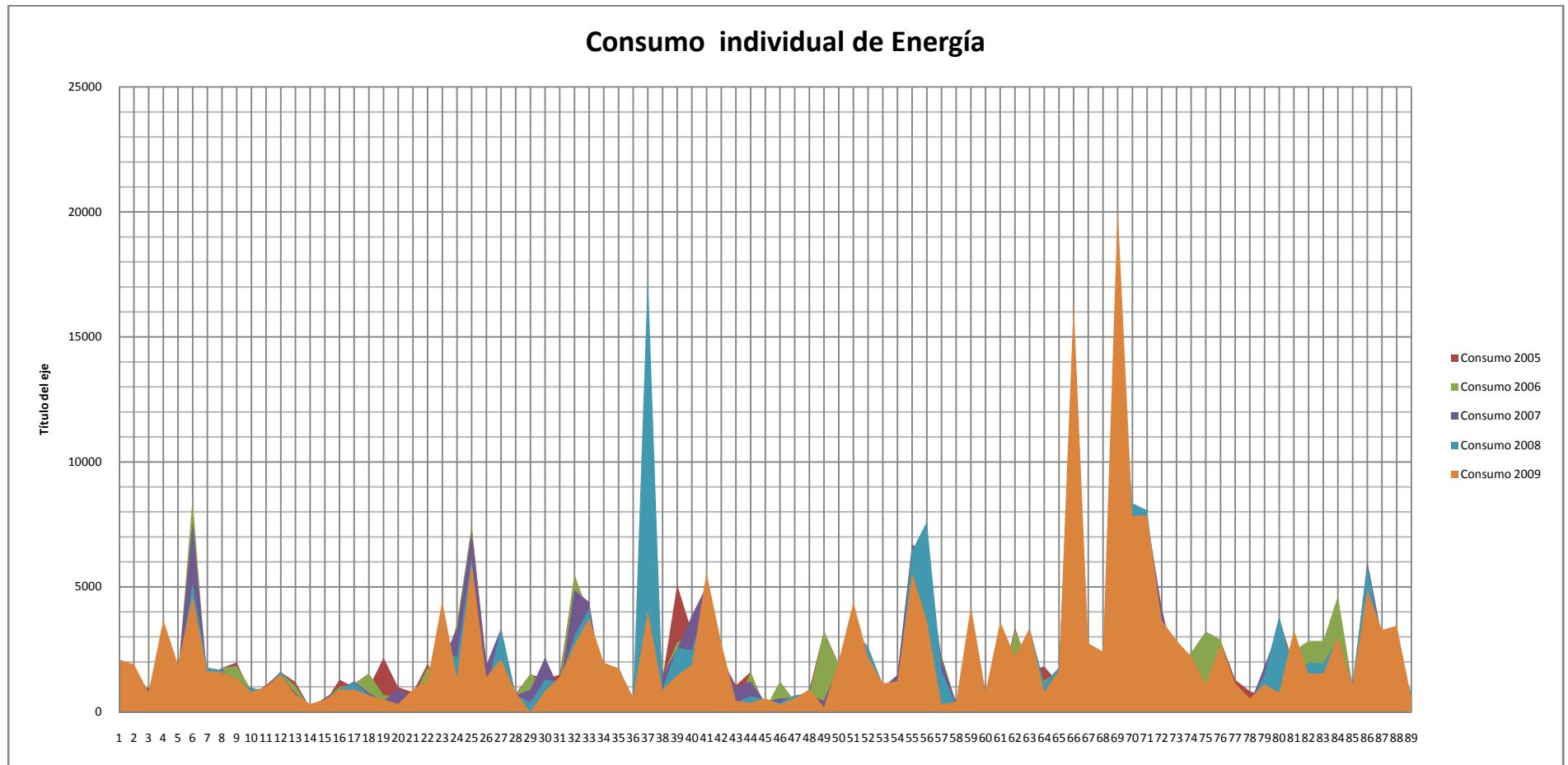
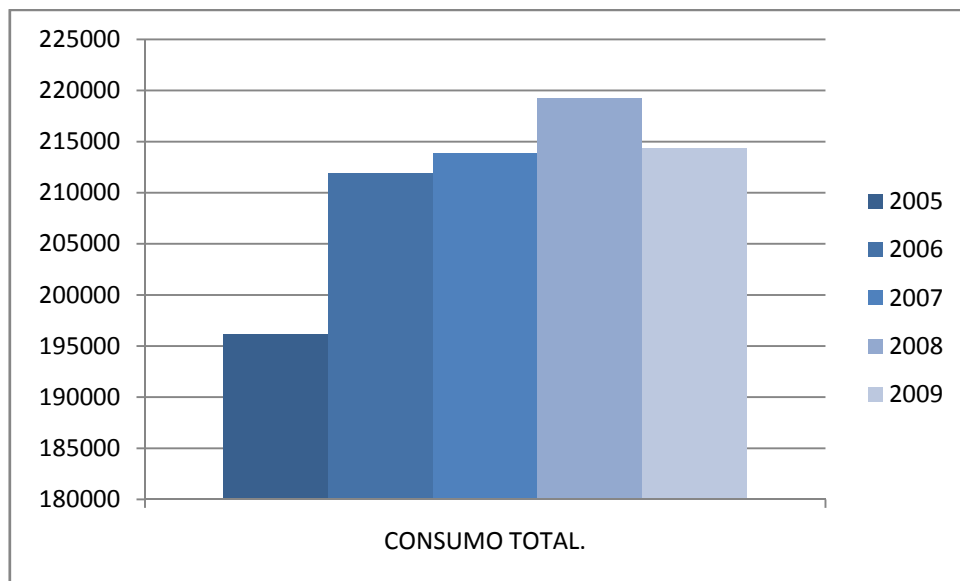


Fig. 2.3.5 Consumo anual individual de 100 abonados.

Como se puede ver en la gráfica el color que está al frente de todos representa el consumo de cada consumidor en el año 2009, de lo cual podemos ver claramente que para ciertos clientes el consumo del 2009 precisamente se ha reducido esto se nota puesto que las curvas de los años anteriores sobresalen de esta, de la misma manera, el color celeste representa el consumo en el año 2008, por tal motivo si este color está por debajo de las demás curvas representa que en ese año el consumo de energía fue menor, y así sucesivamente en todos los años.

Pero esta gráfica me permite únicamente ver aunque de una forma abstracta el comportamiento individual de cada usuario en lo referente al consumo, una forma de saber cuál es el comportamiento general de toda la muestra sería sumar el consumo individual de todos los abonados en cada año y compararlos entre sí como se muestra a continuación.



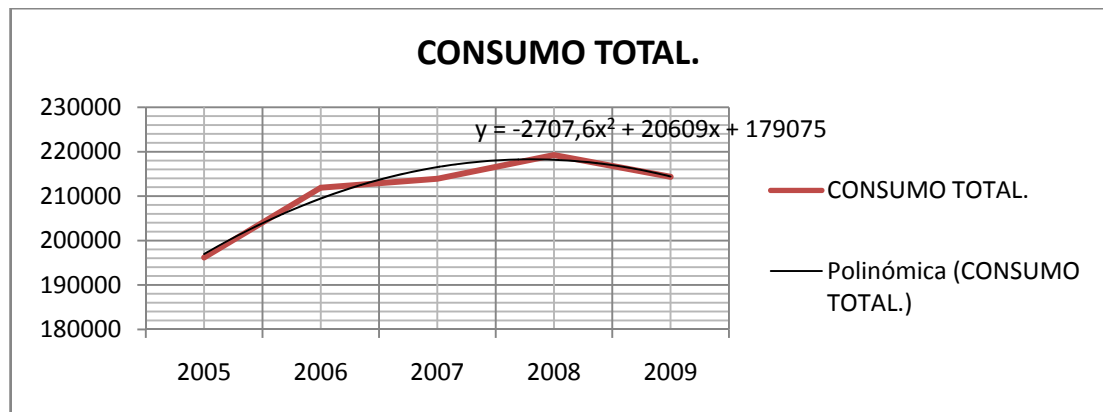
*Fig. 2.3.6 Consumo anual total de 100 abonados.*

Al sumar y graficar el consumo total de nuestra muestra vemos que el mismo del 2005 al 2006 tiene un crecimiento de casi 16000 Kwh, en el siguiente año 2007 este crecimiento disminuye casi al 1% del crecimiento del año anterior más o menos a 2000KWh, así mismo el crecimiento en el año siguiente 2008 aumenta a 5344KWh



mas que el año anterior, y finalmente en el año 2009 el consumo se reduce a casi el consumo del año 2007 con una reducción de casi 5000KWh.

De esta forma el comportamiento del consumo de estos usuarios es más o menos como se muestra a continuación.



*Fig. 2.3.7 Tendencias del consumo anual total de 100 abonados.*

Como se puede ver la tendencia que tiene el consumo de estos usuarios es creciente hasta el 2008, y en el 2009 decrece lo nos indica una reducción en el consumo.

Ahora para verificar cuanta energía se ahorro en el 2009 realizaremos algunas operaciones para este fin. Primero determinaremos cuanta energía se redujo restando la energía del 2008 y la del 2009.

$$R.\text{energ.}(KW) = 219249 - 214338$$

$$R.\text{energ.}(KW) = 4911$$

Donde R.energ. Es la energía reducida desde el 2008 al 2009.

Luego al multiplicar la energía reducida por una tarifa de 0,05 c\$ tendremos cual fue el ahorro general de todos los abonados.

$$\text{Monto Ahorro} = 4911KWh \times 0,05c\$$$

$$\text{Monto Ahorro} = 245,55\$$$

Donde **Monto Ahorro** es el ahorro en dólares por la reducción del consumo.

Si quisiéramos por decirlo así simplemente ver cuál fue el ahorro individual de los abonados de esta muestra, deberíamos dividir este valor para el número de abonados y obtendríamos.

$$\text{Monto por abonado} = 245,55\$ / 89$$

$$\text{Monto por aboado} = 2,75\$$$

Donde **Monto por abonado** es el valor monetario ahorrado por cada abonado.

Pero este monto es muy general y no representa a los usuarios que en realidad tuvieron ahorro, por tal motivo es justo decir que de nuestra muestra solo 41 abonados tienen ahorro en este año por los que el monto ahorrado sería de.

$$\text{Monto por abonado} = 245,55\$ / 41$$

$$\text{Monto por aboado} = 5,98\$$$

Que es una cantidad más aproximada por abonado.

En definitiva este ahorro puede variar de un cliente a otro según sea el comportamiento del consumo de energía, así mismo según lo revelado en este estudio mínimo 3 de cada 10 abonados presentan ahorro en sus planillas, de los mismos mínimo por cada 10 abonados al menos 4 poseen un ahorro entre 0 y 5 dólares anuales esto representa 0,41c\$ mensual, 4 poseen ahorros entre 5 a 10\$ lo que representa 0,83c\$ mensual y los restantes poseen un ahorro superior a 10\$ lo que más o menos estimamos entre 1,50\$ a 2,50\$ mensual.

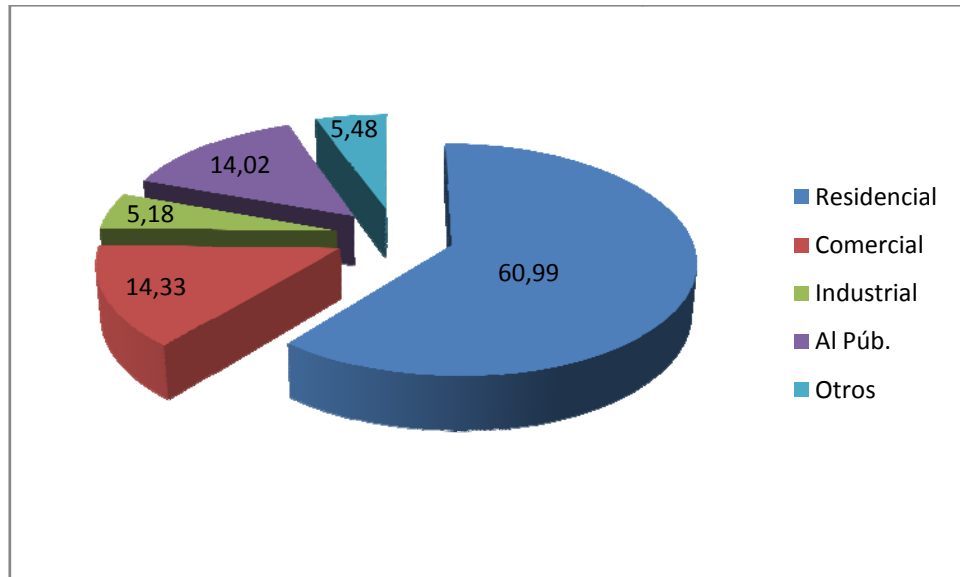
#### 2.3.4.3 Ahorro De Energía Eléctrica En El Sistema Eléctrico De La Ciudad De Azogues.

Una vez estudiado el consumo individual así como de un grupo de abonados vamos a ver cual es comportamiento en el consumo general del sistema, partiendo de la participación de cada agente del sistema.

En la siguiente tabla podemos ver cuál es la participación de cada agente dentro del sistema eléctrico de la empresa, y a continuación una gráfica para ilustrarlo de mejor manera.

<b>% Consumo De Energía Eléctrica</b>					
<b>Año</b>	<b>Residencial</b>	<b>Comercial</b>	<b>Industrial</b>	<b>Al. Público.</b>	<b>Otros</b>
<b>2001</b>	63,23	13,32	4,70	13,96	4,79
<b>2002</b>	62,93	14,20	4,89	12,97	5,02
<b>2003</b>	62,38	14,01	5,22	13,22	5,17
<b>2004</b>	61,53	14,52	4,86	13,51	5,59
<b>2005</b>	61,71	14,16	5,39	13,28	5,46
<b>2006</b>	60,85	14,00	5,77	13,83	5,55
<b>2007</b>	59,37	14,60	5,73	14,60	5,70
<b>2008</b>	58,63	14,80	5,59	15,00	5,98
<b>2009</b>	58,24	15,39	4,50	15,82	6,04
<b>Participación promedio</b>	60,99	14,33	5,18	14,02	5,48

*Tabla 2.3.5 porcentajes de participación de cada sector en la facturación.*



*Fig2.3.8 Promedio Porcentaje de participación de los sectores que componen la facturación.*

Claramente al observar esta gráfica vemos que el porcentaje de participación mayoritario lo tiene el sector residencial, de lo cual podemos para continuar con este estudio hacer las siguientes consideraciones.

#### **2.3.4.3.1 Consideraciones**

Para orientar de mejor manera el presente estudio considerarnos lo siguiente.

- Despreciamos el consumo de la empresa Cementos Guapán puesto que es de tipo industrial, y la iluminación utilizada es acorde con las necesidades de la empresa, en su mayoría son de tipo fluorescente tubular además de poseer lámparas de sodio y otras utilizadas en iluminación vial.

- Despreciamos también el alumbrado público por cuanto son para la iluminación de vías en su mayoría y requieren de lámparas de mayor potencia o nivel de iluminación.
- Despreciamos también el consumo de los abonados designados como otros, entre las cuales están comprendidas las instituciones educativas, estadios, iglesias, hospitales y edificios públicos o privados por estas contar con otro tipo de iluminación, predominando las lámparas fluorescentes tubulares y otras.
- En nuestro estudio en particular despreciaremos a los consumidores comerciales ya que según el nivel de participación que veremos más adelante, es minoritaria en el sistema en comparación con los residenciales, y ya que los proyectos de sustitución de LFCs fueron aplicados directamente a los consumidores residenciales, además que en la mayoría de comercios de la ciudad según una encuesta previa al estudio socioeconómico del capítulo tres revela que existe mayor cantidad de lámparas fluorescentes tubulares.

Según lo señalado y observando la tabla siguiente evidentemente el consumo mayoritario esta en el sector residencial, aplicando las consideraciones tomadas continuamos con nuestro estudio observando el comportamiento del consumo de energía en todo el sistema.

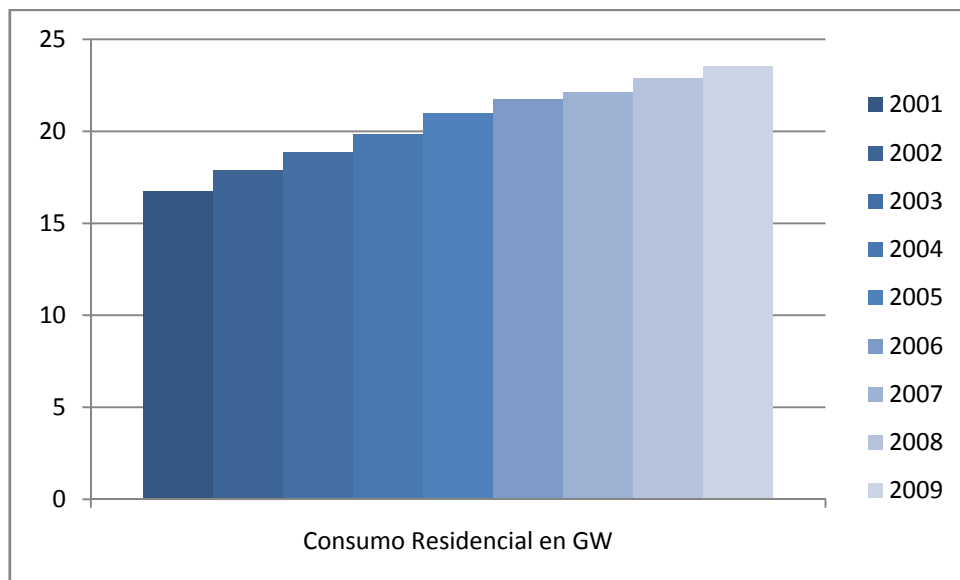
<b>Consumo de Energía eléctrica Gwh</b>						
<b>Año</b>	<b>Residencial</b>	<b>Comercial</b>	<b>Industrial</b>	<b>Al Púb.</b>	<b>Otros</b>	<b>total</b>
<b>2001</b>	16,74	3,53	1,25	3,70	1,27	26,48
<b>2002</b>	17,88	4,03	1,39	3,68	1,43	28,41
<b>2003</b>	18,88	4,24	1,58	4,00	1,56	30,27
<b>2004</b>	19,85	4,68	1,57	4,36	1,80	32,26
<b>2005</b>	20,98	4,82	1,83	4,51	1,86	34,00
<b>2006</b>	21,76	5,01	2,06	4,95	1,98	35,76
<b>2007</b>	22,13	5,44	2,13	5,44	2,13	37,28
<b>2008</b>	22,88	5,78	2,18	5,85	2,34	39,03
<b>2009</b>	23,53	6,22	1,82	6,39	2,44	40,39

*Tabla 2.3.6 Consumo de energía eléctrica (2001-2009) de la Empresa eléctrica Azogues.*

Es determinante entonces observar el comportamiento del consumo de este sector en el transcurso del tiempo.

Año	Consumo Residencial en GW
2001	16,74
2002	17,88
2003	18,88
2004	19,85
2005	20,98
2006	21,76
2007	22,13
2008	22,88
2009	23,53

*Tabla 2.3.7 Consumo de energía eléctrica (2001-2009) del sector residencial.*



*Fig2.3.9 Consumo total de energía en el sector residencial.*

Claramente en esta gráfica se ve que en el pasar del tiempo el consumo de energía no se ha reducido pues claramente cada barra perteneciente al consumo anual en GW es una mayor que otra de un año a otro. Lo que es consecuente con el comportamiento de la demanda de energía, al mismo tiempo podemos asegurar que la empresa eléctrica no ha dejado de vender menos energía lo que se refleja claramente en la gráfica.

Pero nos preguntamos qué pasó con el ahorro determinado en los casos individuales y colectivos de abonados vistos anteriormente.

Esto lo vamos a ver al observar el comportamiento de los porcentajes de crecimiento del consumo en el transcurso del tiempo, dichos porcentajes no los veremos en la gráfica siguiente.

Año	% Crecimiento Residencial
2001	
2002	6,37
2003	5,29
2004	4,88
2005	5,38
2006	3,58
2007	1,67
2008	3,27
2009	2,76

Tabla 2.3.8 Porcentaje de crecimiento del consumo residencial (2001-2009).

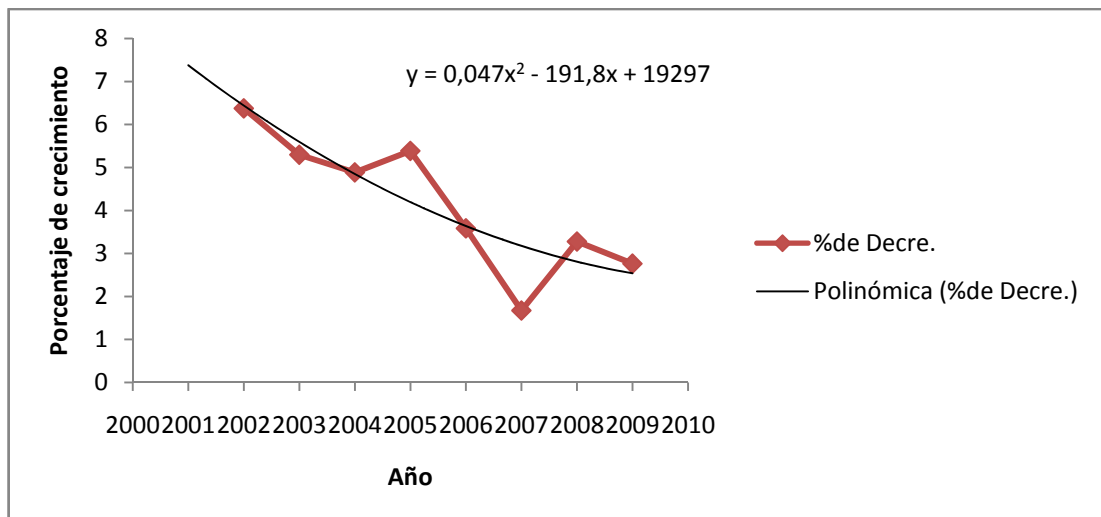


Fig2.3.10 Tendencia de la reducción del consumo en el sector residencial.

De esta forma vemos que el crecimiento del consumo eléctrico anual disminuye con el tiempo y más aun en los años 2005 a 2009.

Ahora si bien es cierto no se puede afirmar que la disminución en el crecimiento del consumo es debido 100% por el uso de LFCs, se puede decir que un porcentaje del ahorro es debido a su uso.

Queda únicamente determinar el porcentaje de energía que se dejó de consumir y con esto la correspondiente energía y su costo monetario.

Año	%de Cre.	%de Decre.
2001		
2002	6,37	
2003	5,29	1,07
2004	4,88	0,40
2005	5,38	-0,49
2006	3,58	1,80
2007	1,67	1,91
2008	3,27	-1,6
2009	2,76	0,51

*Tabla 2.3.9 Comparación entre porcentaje de crecimiento y de decrecimiento del consumo residencial (2001-2009).*

Los valores positivos en la columna con el nombre %de Decre. Representan cuanto disminuyó el crecimiento año tras año, y los negativos todo lo contrario.

Ahora solo en el 2009 se redujo un 0,51% en el crecimiento del consumo de energía, esto representa 335101,708KWh solo en el año analizado, eso en dólares representa 16755,08\$.

De esta forma el ahorro que se da en cuanto al consumo de energía es de 16755.08\$ pero cabe recalcar que este ahorro no es 100% por el uso de LFCs, sino que simplemente aporta para que este se dé.



## **2.4 Evaluación Económica General De Los Beneficios Que Obtiene La EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES Por El Uso De Las LFCs.**

El hablar de beneficios que obtiene la Empresa Eléctrica Azogues no es más que describir cuales son las características que obtiene el sistema por la disminución de la potencia demanda.

Como se menciona anteriormente el ahorro es relativamente bajo y los beneficios son dependientes de esto, ya que todo dependerá en los años siguientes para cuando el 100% de la población tenga una iluminación completa mediante LFCs.

Los beneficios que se esperarían son el alargamiento de la vida útil de las estaciones transformadoras que existe en cada barrio ya que al reducirse la demanda en la hora pico hablamos que disminuirá la carga y con esto el calentamiento de cada de la unidad, recordando que de 8 a 10 °C que se incremente en el funcionamiento disminuye la vida útil de un transformador (anexo 2). Además si el ahorro no produzca beneficios inmediatos podría ser la base para obtener ahorros más significativos cuando se den los proyectos de la iluminación eficiente en edificios públicos es decir un ahorro que se note a largo plazo.

Otro de los beneficios serian la remuneración que obtiene la Empresa Eléctrica Azogues de las generadoras por concepto de potencia de reserva, es decir la potencia que cada generador tiene para cubrir la demanda máxima del sistema en una cierta hora, este valor lo obtenemos de información que el CONELEC publica en el internet, este valor es de 5.7 UDS/KW-mes. La tabla que mostramos a continuación, corresponde a los valores de compra de potencia en UDS/KW-mes hasta agosto del 2009.

MES	Potencia comprada (MW mes)	Precio (UDS/KW mes)	Costo total (UDS)
<b>Enero</b>	5,6876	5.7	32419,43
<b>Febrero</b>	5,9191	5.7	33738,99
<b>Marzo</b>	5,2777	5.7	30083,22
<b>Abril</b>	1,8815	5.7	10724,64
<b>Mayo</b>	1,6211	5.7	9240,33
<b>Junio</b>	1,9902	5.7	11344,21
<b>Julio</b>	1,9413	5.7	11065,76
<b>Agosto</b>	0,5647	5.7	3219,17
<b>Costo de la potencia de compra.</b>		<b>5.7 UDS</b>	

*Tabla 2.4.1 Costo de la potencia de compra.*

Si suponemos que el ahorro determinado en la demanda es el mismo en todos los meses del periodo respectivo podemos determinar cuánto se evitaría de pagar por la compra de esta potencia asumiendo también que esta potencia sería para completar la demanda.

Periodo de septiembre a septiembre	Potencia Ahorrada Kw-Mes	Costo \$/kw-Mes	costo de Ahorro
2007-2008	130,92	5,7	<b>746,244</b>
2008-2009	89,5	5,7	<b>510,15</b>

*Tabla 2.4.2 Ahorro en potencia de compra.*

## 2.5 Estudio Económico A Nivel De MERCADO ELECTRICICO Por El Ahorro De Potencia Y Energía.

El hablar de un mercado eléctrico en el Ecuador es posible desde cierto modo ya que nuevamente se unificaron las empresas eléctricas ahora denominado el CNE (concejo nacional de electricidad) en donde el mercado eléctrico prácticamente se extinguiría. Pero eso no se ha dado hasta la fecha por lo que se sigue comerciando con la potencia según la demanda. El ahorro de potencia dentro de este mercado de eléctrico es la reducción del uso de potencia obtenida de centrales térmicas para cubrir la demanda que a su vez esto es traducido en ahorro de combustibles.

Recordando que dentro del despacho económico la potencia de demanda es:

$$PD = P1 + P2$$

La ecuación que define a una unidad generadora térmica es:

$$H(MBTU/h) = A + BP1 + CP1^2$$

En nuestro país a lo largo del tiempo el consumo de combustibles para generación eléctrica ha tenido ciertas variaciones que han sido dependientes de varios factores como las épocas de estiaje, la entrada de nuevas centrales hidroeléctricas y térmicas, o de los precios de los combustibles, por lo cual esto ha influenciado en el consumo de combustible por parte de las centrales de generación. Hoy en día el uso de LFCs puede ser influyente en el consumo de combustibles aunque no en gran medida, con lo cual brevemente podemos hacer un pequeño análisis para determinar cuál es o ha sido la tendencia de consumo de combustibles en los últimos nueve, para simplemente observar si el uso de LFCs ha hecho variar el consumo de combustibles.

En la siguiente tabla se muestra como ha sido el consumo de los combustibles desde el año 2000 hasta 2009 para la generación nacional.

Consumo de combustibles Para Generación eléctrica Nacional								
Año	Diesel (Miles gl)	Fuel Oil (Miles gl)	Nafta (Miles gl)	Crudo (Miles gl)	Residuo (Miles gl)	Gas Natural (mpc)	Bagazo (Miles tn)	GLP (Miles gl)
2009	207.92	226,48	9,95	56,88	38,95	18,1	0,84	7,58
2008	124.632,73	191.901,23	7.935,79	54.992,83	30.749,21	16.080.314,81	987,84	8.584,05
2007	166.810,03	220.853,08	4.003,75	50.889,02	29.433,87	18.373.681,31	1.939,69	8.275,46
2006	172.019,42	210.605,07	34.439,50	22.536,92	15.661,67	15.719.865,59	1.327,51	7.587,55
2005	120.636,58	201.288,73	26.504,33	15.058,03	10.655,59	13.148.888,27	2.053,20	
2004	92.299,64	169.401	5.782,83	12.994,43	8.904,73	11.321.838,22		
2003	55.956,78	180.106,43	3.340,32	6.711,00		8.918.806,48		
2002	79.310,88	190.133,00	8.929,95			5.110.811,69		
2001	88.460,15	184.314,64	9.806,73					
2000	49.479,54	160.135,56	2.656,06					

**Tabla 2.5.1** Consumo de combustibles para la generación nacional.

Solamente en el consumo de diesel la reducción a partir del 2006 ha sido paulatina reflejando una reducción aproximada de 10 mil galones anuales. Un comportamiento similar se puede ver en el consumo de fuel oil con una reducción entre los años 2007 y 2008 de 30 mil galones aproximadamente. Pero en el 2009 el consumo de diesel se incremento hasta 207.92 resultado de la época de estiaje.

Para hacer un análisis del ahorro en combustibles nos regiremos a los precios actuales del combustible, tomando como base el Decreto Ejecutivo 338 el cual describe los precios de los combustibles usados para generación térmica y que son los siguientes.

Tipo de combustible	Precio (UDS)
Residuo eléctrico	0,293334
Diluyente mezcla	0,900704
Nafta sector eléctrico	0,733264
Diesel	0,900707
Fuel oil	0,5376

**Tabla 2.5.2** Precios de combustibles usados para generación.

De acuerdo a estos precios podemos determinar cuál ha sido el ahorro en combustibles en relación al ahorro de energía. Y asumiendo que por cada galón de combustible que es usado se obtienen.

<b>Tipo de combustible</b>	<b>Precio por galón c/UDS</b>	<b>Galones ahorrados del 2008 a 2009</b>
<b>Residuo eléctrico</b>	0,29	4858.9732
<b>Diluyente mezcla</b>	0,90	15079.572
<b>Nafta</b>	0,73	12231.2084
<b>Diesel</b>	0,90	15079.572
<b>Fuel oil</b>	0,54	9047.7432

*Tabla 2.5.3 Galones de combustible ahorrados.*

El ahorro de combustibles es significativo debido a que no todos esos galones de combustible se transforman en energía eléctrica ya que como es de nuestro conocimiento muchas de las unidades térmicas no tienen eficiencias que lleguen ni siquiera al 0,5 % y que para producir un KW se usan tantos litros de diesel. Y por ende se nota el ahorro se nota claramente en el despacho económico.

Es así que para finalizar el presente estudio establecemos que en la ciudad de azogues por el uso intensivo de LFCs ha tenido un ahorro que podría decirse mínimo por todas las razones ya expuestas como pérdidas además el crecimiento anual de la demanda. Esto quiere decir que este sistema no influirá en una gran magnitud a todo el sistema nacional.

Es clave considerar que según el CONELEC las pérdidas de energía alcanzan 5.44 % (Anexo 6) en esta ciudad relativamente pequeña, superiores inclusive al porcentaje de ahorro de energía. En el resto del país difícilmente se podrá adquirir mejores resultados en un sistema que tenga mayor porcentaje de pérdidas.

## **CAPITULO 3**

### **ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL USO DE LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (LFCs).**

#### **3.1 Introducción.**

Como complemento al presente trabajo es el análisis socioeconómico, que tiene como objetivo principal el mostrar los distintos métodos de evaluación que disponen de la información necesaria para decidir la conveniencia, o no, de efectuar una inversión concretamente de una LFCs

Un estudio económico se define como el análisis de distintos indicadores, que muestran o pueden establecer inversiones, impuestos, considerar los costos directos como el costo de la energía, o también el costo de la potencia, y los indirectos como el costo del mantenimiento y otros, también estimar la magnitud del ahorro de energía, la vida útil. Es decir Incorporar un factor que relacione los beneficios a producirse en el futuro, como el mismo ahorro energético visto en el capítulo anterior, con la inversión efectuada en el presente. Para lo cual también pueden considerarse o requerirse de factores externos como por ejemplo los ambientales pero en casos más específicos.

#### **3.1.1 Objetivos.**

El objetivo principal es que partiendo desde el punto de vista del usuario es el de determinar cómo este asimila esta alternativa para la iluminación desde el punto de vista económico ya que es el agente más importante y la razón de ser de cualquier empresa de distribución o generación eléctrica.

### **3.1.2 Metodología A Aplicar Para El Estudio Socioeconómico.**

El estudio socio económico consiste en aplicar una encuesta en la zona donde es más representativa la muestra es decir donde hay una concentración mas defina de abonados residenciales y comerciales. Para luego a partir de la información recolectada realizar los estudios económicos necesarios para determinar cuáles son los factores considerados como primordiales e importantes a la hora de escoger un tipo de luminaria.

Para poder realizar el presente trabajo es vital que antes de nada analicemos en el siguiente orden el procedimiento a seguir para el desarrollo del estudio.

Primero nos concentraremos en conocer los conceptos básicos de matemática financiera, que luego serán utilizados en la confección de los indicadores. Los conceptos de **tasa de descuento**, **valor actual del dinero**, etc.

Segundo establecer Indicadores Comparativos, tales como el **Valor Actualizado Neto**, el **Período Simple de Repago**, la **Tasa Interna de Retorno** y el **Costo Anualizado Total**.

Tercero con estas consideraciones además de conceptos descritos podremos diseñar y aplicar la encuesta para recolectar la información útil para este estudio.

Cuarto realizaremos el estudio de la rentabilidad de la iluminación eficiente en el sector residencial y comercial. Aplicando los conceptos e indicadores mencionados puntos anteriores.

### **3.2 Fundamentos Matemáticos.**

El cuestionarse sobre la necesidad de realizar una inversión que se refleje directamente en el uso eficiente de la energía a través de la compra de una LFCs es poder saber cuál es la mejor alternativa entre un grupo de opciones. Esto simplemente se podría determinar a través de la sumatoria de los costos o gastos en

dicha inversión para obtener los beneficios, siendo válidos si representan un valor mayor a los costos iniciales o gastos complementarios.

Si bien este procedimiento, es caracterizado por su simpleza, se aplica frecuentemente, además que no contempla el hecho de que el dinero tiene distinto valor según se lo invierta (o se lo perciba) hoy o en el futuro.

Al realizar una comparación entre la inversión actual en una LFC los beneficios necesariamente se encuentran desplazados en el tiempo o entendido de otra manera a largo plazo por lo que se debe considerar un valor temporal del dinero. Ya que un dólar puede ser recibido hoy es más valioso que un dólar a ser recibido dentro de, un espacio de tiempo por ejemplo, seis meses o un año. El dólar que se tenga hoy puede ser invertido, por ejemplo, en un banco y acumular intereses durante todo ese tiempo. De forma inversa un dólar a recibirse en el futuro vale menos que uno en el presente, pues se pierde la oportunidad de invertirlo y obtener intereses.

Para entender de mejor manera los diferentes criterios y términos a utilizar, desarrollaremos a continuación una descripción aplicada a nuestro proyecto de cada uno de ellos.

### **3.2.1 Tasa De Descuento.**

Para tener en cuenta el valor temporal del dinero se utiliza la tasa de descuento, denotada en nuestro caso por la letra **(i)**, la cual puede interpretarse así:

Un Dólar ahora vale  $(1 + i)$  Dólares en un año.

La tasa de descuento tiene la forma de una tasa de interés, expresada en forma de una fracción y no de un porcentaje, dicho de mejor manera una tasa de interés del 10% se escribe como  $i = 0,1$ .

Al tratar este término técnicamente, la tasa de descuento se denomina “tasa real de descuento”. También puede considerarse una tasa que tenga en cuenta los efectos de la inflación, y esta se denomina “tasa nominal de descuento”.



En lo que respecta a nuestro estudio, consideraremos solamente la tasa real de descuento a la que se denominará por practicidad simplemente tasa de descuento.

### **3.2.2 Consideraciones Sobre La Elección De La Tasa De Descuento.**

Observando que la tasa de descuento es una medida del valor temporal del dinero, se percibe que no es necesariamente la misma para distintos usuarios.

La tasa de descuento podrá estar influenciada o determinada por una amplia gama de factores que actuarán en forma distinta sobre los diferentes usuarios, de provincia a provincia, de sector a sector, de empresa a empresa, etc.

No existe una cifra definitiva de la tasa de descuento, la cual deberá determinarse según las circunstancias.

En el Ecuador la tasa de descuento para la fecha 2 de febrero del 2010 es de 0,0524, y es el valor con el cual se realizarán los cálculos en adelante.

Cualquiera sea el caso, para una inversión racional y rentable, el valor de la tasa de descuento,  $i$  tiene que igualar o superar a la tasa de interés o equivalente de una inversión alternativa.

### **3.2.3 Vida Útil Del Equipo Y Período De Análisis.**

La vida útil del equipo en nuestro caso las LFCs es el tiempo (en años) durante el cual los dispositivos que lo comprenden estarían en uso. La determinación de este valor resulta crítica en nuestro análisis, y para su obtención puede recurrirse a la experiencia en otros países, fabricantes de equipos, y fuentes varias.

En el caso particular de las lámparas fluorescentes compactas la vida útil se expresa en horas de uso y por lo tanto variará en función de la cantidad de horas de encendido diaria que tengan.

El período de análisis es el período de tiempo dentro del cual se realiza la evaluación. Puede o no coincidir con la vida útil del equipo y depende de la tasa de descuento. Para la evaluación de la eficiencia energética, suelen coincidir el período de análisis con la vida útil del equipamiento.

### **3.2.4 Flujo De Caja.**

El flujo de caja está constituido por los ingresos o egresos que tiene el usuario durante sucesivos intervalos a lo largo del período de análisis. Los intervalos de análisis pueden ser mensuales o anuales. En nuestro estudio resulta inútil realizar grandes esfuerzos para precisar el momento preciso durante cada intervalo en que ocurren estos movimientos de caja. Ya que comúnmente los ingresos o egresos que suceden dentro de un intervalo se agrupan y suman al comienzo, mitad o final del intervalo de análisis.

Nosotros asumiremos lo más común que es la de considerar el flujo de caja agrupados al final. Para la evaluación de rentabilidad de inversiones de eficiencia energética, generalmente se trabaja con intervalos de análisis de un año, por lo cual la actualización de los valores de los movimientos se realizará utilizando tasas de descuento anuales.

### **3.2.5 Valor Actual.**

Una vez decidida la tasa de descuento se puede comparar una inversión en el presente con beneficios a producirse en el futuro introduciendo el concepto de valor actual. El valor actual es la medida del valor al día de hoy es decir en el año cero, de los costos y los beneficios a incurrir en el presente y en el futuro. Debido a la importancia de este concepto, se describirá con cierto detalle.

El valor actual, denotada por la letra **P**, de un Dólar que ingresa o sale de caja en el futuro puede calcularse multiplicándolo por un factor que dependerá de la tasa de descuento, **i**, y del año en que se produzca el movimiento.

$$P = F_n \times \frac{1}{(1+i)^n}$$

Donde:

**P:** Valor actual.

**n:** Años en el futuro.

**F<sub>n</sub>:** Movimiento de caja n años en el futuro.

**i:** Tasa anual de descuento .

### 3.2.5.1 Caso Con Movimientos De Caja Distintos.

Tomando en cuenta el mismo concepto anterior se puede evaluar el valor actual del movimiento de caja a producirse en cualquier período en el futuro, que para estos casos el valor actual, **P**, quedará determinado por la suma de todos los valores actuales de los movimientos de caja, **F<sub>n</sub>**, producidos en cada año, **n**.

$$P = \sum_n \frac{F^n}{(1+i)^n}$$

### 3.2.5.2 Caso Con Movimientos De Caja Iguales.

Lo más común al hacer una inversión de un mismo producto en un corto periodo de tiempo, provocara que los valores de los movimientos de caja en los distintos años o periodos sean iguales y ocurran en forma regular durante un número **N** de intervalos, para lo cual el valor actual se calcula con la siguiente expresión:

$$P = F \times \frac{[(1+i)^N - 1]}{i \times (1+i)^N}$$

Donde:

**P** es el valor presente de un flujo de caja de **F** anuales durante **N** años.

En algunas ocasiones como ya se verá, nos interesará realizar el proceso inverso, es decir, distribuir una cantidad de dinero **P** a lo largo de **N** años y conocer el valor de **F**.

Para estas situaciones la expresión a aplicar surge despejando de la ecuación anterior.

$$F = P \times \left[ \frac{i \times (1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right] = P \times FRC$$

Donde:

$$FRC = \left[ \frac{i \times (1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right]$$

Esta expresión es conocida como el Factor de Recuperación del Capital y representa el valor anual **F** durante **N** años, equivalente a una cantidad **P** en el presente, a una tasa de descuento dada.

Al examinar esta expresión dicho en otras palabras, si **P** es el capital invertido ahora, su recuperación requiere de un ingreso anual de **F**.

Debido a que el factor de recuperación del capital depende de  $i$  y  $N$ , se lo representará como en nuestro análisis como sigue a continuación.

$$FRC = FRC(i, N)$$

### **3.3 Indicadores Comparativos.**

Teniendo en cuenta los conceptos de tasa de descuento y del factor de recuperación del capital, se puede definir algunos indicadores necesarios para evaluar si las inversiones en lámparas fluorescentes compactas son factibles.

Los indicadores son importantes ya que permiten evaluar la conveniencia, de invertir o no en LFCs.

Es importante recalcar que los indicadores son dependientes del caso en estudio, de la información disponible, de la precisión con la que se quiera trabajar, etc. algunos indicadores pueden ser expresados en diversas unidades, que posibilitarían de alguna manera algunos enfoques del análisis, y esto para algunos casos en específico es conveniente determinar más de un indicador, para tener una apreciación más completa del problema.

Por lo general si se desea comprar LFCs para todo un domicilio requiere de una mayor inversión inicial debido a que esta tecnología es mucho más cara. Lo que al pasar de los años y de la vida útil de las LFCs, se verá una marcada reducción de los costos de mantenimiento, remplazo de las mismas.

Nuestro análisis económico hace referencia a determinar si la mayor inversión adicional se justifica en términos de los ahorros futuros de energía y mantenimiento. A continuación se desarrolla la nomenclatura a utilizar o utilizada para un proyecto de sustitución de lámparas incandescentes por LFCs.

### 3.3.1 Inversión

Para diferenciar el costo inicial de una lámpara incandescente convencional lo denominaremos como **CC**, mientras que al de una lámpara eficiente con **CE**. La inversión adicional  $\Delta I$  se calcula de la siguiente forma:

$$\Delta I = CE - CC$$

Las tecnologías eficientes como el de las lámparas fluorescentes compactas tienen generalmente un costo superior de las convencionales, por lo cual  $\Delta I$  es positivo.

### 3.3.2 Costos De Operación Y Mantenimiento (O&M).

Los costos de operación y mantenimiento denotados por las letras (**O&M**) pueden resumirse en los siguientes:

- Costos de la energía.
- Costos de la potencia.
- Costos de mantenimiento.

Al consumo de energía de una instalación eléctrica convencional se lo denominará **EC** y al de la variante eficiente **EE**. Este consumo se indicará, generalmente, en kwh al año (kwh/año)

Para el costo de la energía estará dada de acuerdo a la tarifa nacional o de acuerdo al costo con el cual cada empresa de distribución vende la energía. A este precio se lo tomará como **PE** y en general estará expresado en Dólares por kilowatt-hora (UDS/kwh).

Existen otros costos que deben ser evaluados cuando corresponda, como ser el costo que se paga por potencia contratada en algunas tarifas. Para ello debemos considerar la potencia demandada por las instalaciones. Esta potencia será generalmente menor

en una instalación eficiente que en la que no lo es. A la potencia demandada por una instalación eficiente se la denominará como **DE** y a la convencional, **DC** y se expresa en (Kw). Al costo de la potencia se lo señalará **PP**, y estará indicado en Dólares por kilowatt al año (UDS/Kw-año).

La evaluación del costo por potencia cobra sentido cuando la modificación afecta una gran porción de la instalación o a un proyecto completo, y puede en consecuencia disminuirse el monto de la potencia contratada.

Haciendo una síntesis de todos los términos tenemos:

CE: Costo inversión inicial de la tecnología eficiente. [Dólares]

CC: Costo inversión inicial de la tecnología convencional [Dólares]

EE: Consumo anual de energía de la tecnología eficiente [kwh/año]

EC: Consumo anual de energía de la tecnología convencional [kwh/año]

PE: Precio de energía [Dólares/kwh]

DE: Demanda de potencia en la instalación eficiente [Kw]

DC: Demanda de potencia en la instalación convencional [Kw]

PP: Precio de la potencia [Dólares/Kw-año]

CMC: Costo de mantenimiento de la tecnología convencional [\$/año]

CME: Costo de mantenimiento de la tecnología eficiente [\$/año]

Utilizando todos estos términos podemos determinar el ahorro anual obtenido de operación y mantenimiento,  $\Delta O \& M$ , el cual se expresa de la siguiente forma:

$$\Delta O \& M = (EC - EE) \times PE + (DC - DE) \times PP + (CMC - CME)$$

### 3.3.3 Valor Actual Neto (VAN).

Recordando el concepto de valor actual, el VAN se obtiene sumando los costos y los beneficios producidos en un determinado proyecto a lo largo de su vida útil ajustándolos a su valor actual.

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{F_n}{(1+i)^n} = F_0 + \frac{F_1}{(1+i)^1} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + K + \frac{F_N}{(1+i)^N}$$

El valor actual neto, a diferencia del valor actual visto anteriormente sirve para evaluar integralmente la sustitución de LFCs por lámparas incandescentes normales en este caso, ya que incorpora a la sumatoria el término correspondiente a la inversión inicial  $F_0$ .

Para el cálculo del VAN en una iluminación eficiente, se considerarán los flujos de caja de las inversiones como negativos (CE - CC) y los correspondientes a los ahorros (PE x (EC - EE)) como positivos. El VAN queda expresado en Dólares. Para el caso particular en donde comparemos dos alternativas de iluminación eficiente, la expresión utilizando las fórmulas anteriores y según lo mencionado es la siguiente:

$$VAN = \Delta I + \sum_{n=1}^N \frac{\Delta O \& M}{(1+i)^n}$$

Aquellas alternativas con VAN positivos mayores resultan convenientes.



### 3.3.4 El Periodo Simple De Repago (PSR).

Para evaluar una inversión se cuantifica el tiempo que se tarda en recuperar la inversión adicional. Para hacer esto el índice más sencillo es el periodo simple de repago (PSR) del capital. El PSR es la relación entre la inversión inicial y el ahorro en el primer año.

$$PSR = \frac{\Delta I}{\Delta O \& M}$$

El resultado de este indicador está expresado en años o fracción. Pese a su sencillez y popularidad, éste es el menos deseable de los indicadores, ya que no considera la vida útil de la inversión ni el valor futuro del dinero.

### 3.3.5 Tasa Interna De Retorno (TIR).

La tasa interna de retorno o (TIR) de una inversión que tiene una serie de movimientos o flujos de caja ( $F_0, F_1, \dots, F_n$ ) es la tasa de descuento  $i$  para la cual el Valor Actual Neto es cero.

En nuestro caso, resulta:

$$VAN = \Delta I + \sum_{n=1}^N \frac{\Delta O \& M}{(1+i)^n} = 0$$

Para calcular la tasa interna de retorno hay que encontrar la fórmula que anule el VAN dando los valores de CE, CC, PE, EE, EC y N, Debido a que esta ecuación no tiene una solución analítica explícita, es más fácil resolverla por iteración suponiendo distintos valores para  $i$ .

### **3.3.6 Consideraciones Sobre La TIR.**

La ventaja de este índice es que el cálculo no requiere la especificación de una tasa de descuento, y el resultado aparece como una tasa derivada de la inversión. Sin embargo, este método asume implícitamente que el beneficio que se recibe a través de ahorros energéticos se está invirtiendo en un negocio que gana la misma tasa. Esta suposición es cierta cuando un proyecto genera una TIR cercana a la tasa de descuento (una inversión alternativa) pero cuando la TIR es mucho mayor, se sobrestima el rendimiento.

Un inconveniente con el uso del TIR (al igual que el PSR) es que sólo se puede comparar dos alternativas a la vez, por ejemplo, una eficiente versus una convencional.

El siguiente indicador CAT es más conveniente para comparar más de dos alternativas.

### **3.3.7 Costo Anualizado Total (CAT).**

Los proyectos de iluminación eficiente requieren, usualmente, de una inversión inicial y de las inversiones necesarias para reponer aquellos elementos con menor vida útil que el resto de la instalación. Generalmente se tiene que considerar la reposición de lámparas y equipos auxiliares durante la vida útil de las luminarias y elementos de fijación (brazos, columnas, etc.) que comprenden la instalación. También suelen haber varias combinaciones de lámparas, balastos, luminarias, etc. para llegar a una instalación completa. La comparación de las alternativas y la evaluación económica de la óptima es fácil utilizando el costo anualizado total.

El costo anualizado total (CAT) es la suma del valor anualizado de las inversiones necesarias y de los costos de operación y mantenimiento de la instalación.

Para una comparación simple entre una tecnología convencional y una eficiente, ambas con la misma vida útil ( $L$  años) se calcula el CAT para cada alternativa.

Para la alternativa de lámparas incandescentes convencionales, el CAT está dado por:

$$CATC = CC \times FRC(i, L) + PE \times EC + CMC$$

Para la alternativa de lámparas fluorescentes eficientes, el CAT está dado por:

$$CATE = CE \times FRC(i, L) + PE \times EE + CME$$

La alternativa de sustitución de LFCs por incandescentes es económicamente rentable, cuando CATE es menor a CATC.

Como se mencionó anteriormente, este método puede aplicarse para comparaciones entre más de dos alternativas, cada una compuesta por distintos elementos con distintas vida útil.

Las inversiones necesarias corresponderán a cada alternativa analizada y dentro de cada alternativa los distintos elementos, a saber: instalación, lámparas, equipos auxiliares (balastos, etc.), etc. A cada elemento puede identificárselo con el subíndice **j**, y tendrá a su vez una vida útil característica **N<sub>j</sub>**. El valor anualizado de las inversiones es la suma de valor anualizado de cada componente:

$$\text{Costo anualizado inversiones} = \sum_{l=1}^L I_{l,j} \times FRC(i, N_{l,j})$$

Donde:

*l*: Señala alternativa *l*.

*j*: Subíndice aplicado a los distintos elementos que componen la alternativa *l*:

Lámparas, luminarias, balastos, etc.

$I_{l,j}$ : Costo del elemento  $j$  correspondiente a la alternativa  $l$ .

$FRC(i, N_{l,j})$ : Factor de recuperación del capital, correspondiente a cada elemento  $j$ ,  
teniendo en cuenta su vida útil  $N_j$  y considerando una tasa de descuento  $i$ .

Los costos de operación y mantenimiento (O&M) se pueden computar fácilmente en forma anual, por lo que no es necesario anualizarlos.

$$\text{Costo anual O \& M} = \sum_{k=1}^K O \& M_{l,k}$$

Donde:

$l$ : Señala alternativa  $l$ .

$k$ : Subíndice aplicado a los distintos elementos que componen el costo de  $O \& M$ .  
Energía, potencia, etc.

$O \& M_{l,k}$ : Costos  $k$  de operación y mantenimiento, correspondientes a la alternativa  $l$ .

Finalmente sumando el costo anualizado inversiones y el costo anual de operación y mantenimiento se obtiene la fórmula que permite computar el CAT:

$$CAT_l = \sum_{j=1}^L I_{l,j} \times FRC(i, N_{l,j}) + \sum_{k=1}^K O \& M_{l,k}$$

Donde:

$CAT_l$ : Costo anualizado total de la alternativa  $l$ .

Con los indicadores anteriormente vistos el conjunto de alternativas deben ser ordenadas apropiadamente por inversión requerida y energía ahorrada, y comparadas entre pares adyacentes, empezando con las alternativas con menores requerimientos de capital.

En el caso del CAT, a diferencia de los indicadores anteriores, la evaluación se hace por cada alternativa y no comparando sólo entre dos distintas. Esto simplifica el

proceso de análisis cuando haya varias alternativas. La alternativa más conveniente quedará determinada por aquella que tenga el CAT menor.

En el caso de este indicador, deberá colocarse especial atención en la obtención de los  $I_{l,j}$  que no es más que el costo del elemento  $j$  correspondiente a la alternativa  $l$ , que no resultan de hacer la diferencia entre dos alternativas y de los valores  $O\&M_{l,k}$  que son los costos  $k$  de operación y mantenimiento, correspondientes a la alternativa  $l$ , que tampoco surgen como una diferencia.

Este indicador es ideal para establecer un orden entre muchas alternativas, situación muy común en proyectos de iluminación eficiente. El CAT, adicionalmente, proporciona otras ventajas como las que veremos a continuación.

- Se puede adaptar la metodología con facilidad para comparar alternativas o sistemas que incluyan componentes de diferente vida útil.
- Es posible también comparar la utilidad de reemplazar un aparato todavía con vida por otro más eficiente a esto se le llama "retiro prematuro" de un aparato en funcionamiento.

Aunque los otros índices VAN, TIR también pueden ser adaptados para estos casos, su cálculo se hace mucho más complicado, fundamentalmente en aquellos casos en donde se tienen muchas opciones para analizar.

### **3.3.8 Comparación Entre Los Distintos Índices.**

Debido a que los indicadores a utilizar tienen diversas características, éstas se sintetizan en la Tabla siguiente con el objeto de facilitar su selección.

Indicador	Se expresa en	Tiene en cuenta		Características generales
		Vida útil	Valor futuro del dinero	Sencillez de calculo
PSR	Años	No	No	Si
VAN	Dólares	Si	Si	No
TIR	%	Si	Si	No
CAT	Dólares/año	Si	Si	Si

**TABLA 3.3.1** Características de los indicadores comparativos.

En cuanto a la sencillez del cálculo depende si este se realiza o no con computadora, ya que será sencillo en cualesquier caso, excepto cuando deban compararse alternativas con distinta vida útil.

### **3.4 Estudio De La Rentabilidad De La Iluminación Eficiente En El Sector Residencial Y Comercial.**

Este estudio nos ayudará a determinar si la sustitución de lámparas incandescentes por LFCs es rentable para un usuario, ya sea este residencial o comercial, el estudio parte de la información recopilada iniciando con la recolección de las muestras, el estudio técnico de la calidad de la luz y la energía, el precio, vida útil, potencia y de forma esencial la encuesta aplicada en la zona céntrica de la ciudad de Azogues.

Para poder analizar tanto a los usuarios residenciales como a los comerciales es necesario saber cuál es su apreciación del uso de LFCs, haciendo relación a lo mismo tema podemos determinar si el cliente está satisfecho o no de usar este nuevo tipo de lámparas.

### **3.4.1 Encuesta Para Determinar La Conformidad Del Usuario Residencial O Comercial Por El Uso De LFCs.**

Como planteamos al principio de este capítulo, el estudio socio económico se basa en un trabajo netamente de campo mediante una encuesta en la zona céntrica de la ciudad de azogues por lo que el planteamiento de la encuesta y en donde se aplique es sumamente importante por lo que hay que tener mucho cuidado en esto.

#### **3.4.1.1 Planteamiento de la encuesta.**

Para plantear la encuesta tuvimos que analizar detenidamente lo que se intenta obtener. Pues el objetivo fundamental del planteamiento de cada pregunta es proyectar una idea clara y concisa para de esta forma obtener la mayor cantidad de de información útil para el estudio, además es fundamental que la encuesta contenga un lenguaje entendible tratando de obviar conceptos técnicos para que cualquier persona este en capacidad de llenarla en un tiempo prudente.

La ficha de encuesta presentada a los usuarios es como se muestra a continuación.

**Universidad Politécnica Salesiana  
Facultad de Ingenierías  
Carrera de Ingeniería Eléctrica**

**Encuesta del proyecto de Tesis.**

**Análisis De La Demanda Del Sistema Eléctrico De La Empresa Eléctrica Azogues Por El Uso De Lámparas Fluorescentes Compactas (LFCs).**

- Tipo de abonado**                      Residencial    \_\_\_      Comercial    \_\_\_
- 1) **¿Posee usted LFCs?**                      Si    \_\_\_                      No    \_\_\_
- 2) **¿Cuántas LFCs posee?**                      De 1-3    \_\_\_      de 3-5    \_\_\_      de 5 a más    \_\_\_
- 3) **¿En qué lugar de su casa sustituyo o coloco LFCs?**

Patio                      \_\_\_  
Cocina                      \_\_\_  
Baño                      \_\_\_  
Dormitorios                      \_\_\_  
Sala                      \_\_\_  
Corredores                      \_\_\_  
Otros ..... \_\_\_\_\_

4) **¿Con que frecuencia adquiere o compra LFCs?**

1-4 meses                      \_\_\_  
5-9 meses                      \_\_\_  
Cada año                      \_\_\_  
De un año en adelante                      \_\_\_

5) **¿Entre qué precio se encuentra las LFCs que usted adquiere?**

1-2UDS                      \_\_\_  
3-4UDS                      \_\_\_  
5-6UDS                      \_\_\_  
7 en adelante                      \_\_\_

6) **¿Ha notado usted algún ahorro económico desde que adquirió las LFCs? especifique el rango.**

Ninguno                      \_\_\_  
0-1UDS                      \_\_\_  
2-3UDS                      \_\_\_  
4-5UDS                      \_\_\_  
6 en adelante                      \_\_\_

7) **¿Como le parece la luz de las LFCs?**

Mejor que una incandescente                      \_\_\_



Igual que una incandescente \_\_\_\_\_  
 Peor que una incandescente \_\_\_\_\_

**8) ¿Que color de luz de LFC prefiere?**

Blanco \_\_\_\_\_  
 Amarillo \_\_\_\_\_  
 Cualquiera es igual \_\_\_\_\_

**9) ¿La cantidad de luz que da es?**

Mayor que una incandescente \_\_\_\_\_  
 Igual que una incandescente \_\_\_\_\_  
 Menor que una incandescente \_\_\_\_\_

**10) ¿Tiene la intención de comprar más LFCs?**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

**11) Señale el nivel de importancia de los siguientes factores para tomar la decisión de comprar una LFC.**

<b>Factores</b>	<b>Poco importante</b>	<b>Medianamente importante</b>	<b>Muy importante</b>
Vida útil			
Precio			
Color			
Marca			
Disponibilidad			
Ahorro de energía			
Costo de mantenimiento			
Soporte técnico			
Garantía			
Otro (especifique) .....			

**12) ¿Cree usted que los equipos que consumen menos energía son necesariamente más caros?**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Por qué?.....

**13) ¿Según su experiencia, los ahorros de energía eléctrica de los LFCs justifican su precio cuando éste es más alto que el de las demás lámparas?**

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ No lo sé \_\_\_\_\_

**Gracias por su ayuda.**

Sobre las preguntas a tratar en la encuesta podemos describir brevemente su intención con el objetivo del estudio.

**Tipo de abonado.**

Con esta pregunta se espera poder determinar de la encuesta cuantos abonados son de tipo residencial y cuántos son de tipo comercial. Este dato no se pregunta al usuario sino que se toma directamente para irlo tabulando. Las respuestas pueden ser:

Residencial \_\_\_\_ Comercial \_\_\_\_

**1) ¿Posee usted LFCs?**

Esta pregunta es para conocer si el usuario utiliza o simplemente no ha utiliza una LFC. Por lo que puede agilizar la encuesta en caso de no utilizar LFC por lo que sería inútil seguir aplicando la encuesta. Las respuestas pueden ser:

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

**2) ¿Cuántas LFCs posee?**

Al realizar esta pregunta se espera determinar cómo ha sido la aceptación de la LFC por parte del usuario describiendo la cantidad de LFCs adquiridas y que están en funcionamiento dentro de la residencia o comercio. Las respuestas pueden ser:

De 1-3 \_\_\_\_ de 3-5 \_\_\_\_ de 5 a más \_\_\_\_

**3) ¿En qué lugar de su casa sustituyo o coloco LFCs?**

Esta pregunta sirve para determinar donde son los lugares en los que usuarios prefiere utilizar las LFCs. Este dato es ideal para establecer si las LFCs se utilizan en los ambientes donde las luces se mantienen encendidas por mayores periodos de tiempo. Las respuestas pueden ser las descritas a continuación y en caso de ser otro tipo de ambiente como en el sector comercial se la puede especificar en el ítem denominado como otros:

Patio \_\_\_\_\_  
 Cocina \_\_\_\_\_  
 Baño \_\_\_\_\_  
 Dormitorios \_\_\_\_\_  
 Sala \_\_\_\_\_  
 Corredores \_\_\_\_\_

Otros.....

**4) ¿Con que frecuencia adquiere o compra LFCs?**

Esta pregunta es formulada con el afán de poder conocer el tiempo de vida de una LFCs según el punto de vista del usuario con el dato de cada qué tiempo adquiere una LFC para reemplazarla por otra existente. Las respuestas pueden ser:

1-4 meses \_\_\_\_\_  
 5-9 meses \_\_\_\_\_  
 Cada año \_\_\_\_\_  
 De un año en adelante \_\_\_\_\_

**5) ¿Entre qué precio se encuentra las LFCs que usted adquiere?**

Al igual que en el caso anterior esta pregunta busca determinar los precios más comunes que usuario ha pagado o a preferido al momento de adquirir una LFC, además este dato reflejara cuales de las muestras recolectadas para la pruebas de

laboratorio del capítulo uno son las más preferidas según su costo. Las respuestas pueden ser:

1-2UDS      \_\_\_  
3-4UDS      \_\_\_  
5-6UDS      \_\_\_  
7 en adelante \_\_\_

**6) ¿Ha notado usted algún ahorro económico desde que adquirió las LFCs?  
Especifique el rango.**

El hacer esta pregunta es un dato muy relevante ya que es aquí donde se le pregunta al usuario si ha evidenciado el ahorro o no al en el pago mensual de la planilla usar LFCs. Y en el caso de existir ahorro más o menos describir cuanto ha sido este por lo que Las respuestas pueden ser:

Ninguno      \_\_\_  
0-1UDS      \_\_\_  
2-3UDS      \_\_\_  
4-5UDS      \_\_\_  
6 en adelante \_\_\_

**7) Como le parece la luz de las LFCs.**

Con esta pregunta se espera que el usuario según su punto de vista haga una comparación entre LFCs y lámparas incandescentes. Según esta apreciación nos puedan decir cómo les parece la calidad y la calidad luz que emite una LFC. Las respuestas pueden ser:

Mejor que una incandescente      \_\_\_  
Igual que una incandescente      \_\_\_

Peor que una incandescente \_\_\_\_\_

**8) Que color de luz de LFC prefiere.**

En el caso de esta pregunta es conocer cuál de los colores en los que se encuentra una LFC es preferida por el usuario. Las respuestas pueden ser:

Blanco \_\_\_\_\_

Amarillo \_\_\_\_\_

Cualesquiera es igual \_\_\_\_\_

**9) ¿Tiene la intención de comprar más LFCs?**

Haciendo con esta pregunta referencia a que si el cliente está lo suficientemente satisfecho como para volver adquirir o comprar más LFCs.

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

**10) Señale el nivel de importancia de los siguientes factores para tomar la decisión de comprar una LFC.**

Al realizar esta pregunta se busca conocer cuáles de los factores son considerados por una persona al momento de adquirir una LFC, también se busca conocer cuál es el grado de importancia que se le da a cada uno de los factores. Así mismo si para el usuario uno de los factores es distinto a los descritos se debe especificar en el ítem denominado otros. Las respuestas pueden ser:

<b>Factores</b>	<b>Poco importante</b>	<b>Medianamente importante</b>	<b>Muy importante</b>
Vida útil			
Precio			
Color			
Marca			
Disponibilidad			
Ahorro de energía			
Costo de mantenimiento			
Soporte técnico			
Garantía			
Otro (especifique) .....			

**11) ¿Cree usted que los equipos que consumen menos energía son necesariamente más caros?**

Esta pregunta trata de recolectar la opinión del usuario en cuanto a que si un equipo que hace un aprovechamiento eficiente de la energía eléctrica tiene que tener costo más elevado que otro que existe en el mercado. Las respuestas pueden ser:

Si    \_\_\_    No    \_\_\_

¿Por qué?.....

**12) ¿Según su experiencia, los ahorros de energía eléctrica de los LFCs justifican su precio cuando éste es más alto que el de las demás lámparas?**

Esta pregunta es un tanto similar a la anterior pero aquí se le pregunta al usuario más directamente que si el dinero que ha invertido en adquirir una LFCs justifica el costo que se ahorra y si justifica su costo en el mercado.

Sí    \_\_\_    No    \_\_\_    No lo sé    \_\_\_

**13) ¿Tiene la intención de comprar más LFCs?**

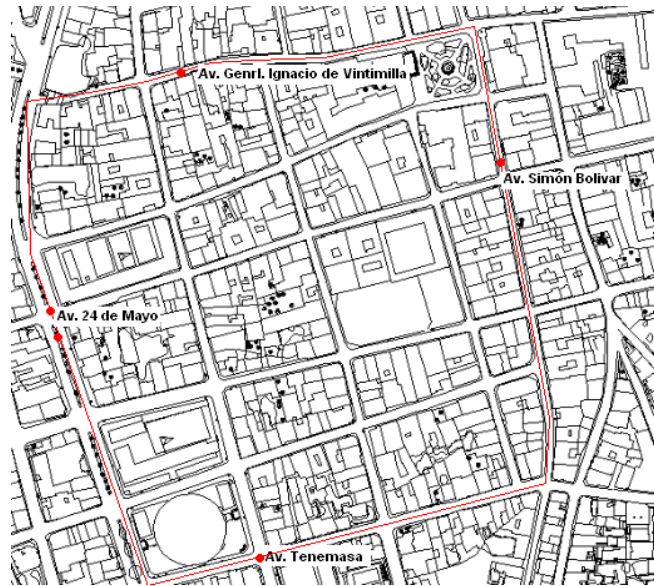
Finalmente esta pregunta establece un dato sumamente importante el cual es que si el abonado está convencido de seguir adquiriendo LFCs por las características ya descritas anteriormente.

Si      \_\_\_      No      \_\_\_

**3.4.1.2 Ubicación De La Zona Donde Se Aplico La Encuesta.**

La zona donde se realizó el trabajo de campo es decir donde se aplicó la encuesta es netamente la parte más central de la ciudad de Azogues de acuerdo a la zonificación urbana, específicamente el sector se encuentra comprendido entre las calles AV. General Ignacio de Vintimilla al norte, Av. Tenemasa al sur, Av. Simón Bolívar al este, y por la Av. 24 de Mayo al oeste.

En la siguiente gráfica se puede observar más concisamente la zona que se encuentra delimitada por la línea roja.



*Figura 3.4.1 croquis para aplicación de la encuesta.*

La zona donde se realizó la encuesta comprende un entorno de 19 manzanas con un aproximado de 300 predios, indistintamente del número de edificios o residencias que se encuentren en cada uno de ellos.

Al considerar que dentro de cada predio existe un solo edificio o construcción tendríamos un total de 300 residentes, pero el caso es que en este pequeño entorno existen mucho más, ya que cada edificio puede o no contar con locales comerciales, arrendatarios, oficinas, etc. Por esta razón tomamos como referencia el número de predios únicamente para el análisis, de esta forma para obtener una muestra confiable deberíamos obtener un total de encuestas equivalente al 30% de la población en cuestión, pero nosotros aplicaremos 150 encuestas considerando el número de predios esto equivaldría a el 50% de la población, esta muestra puede ser tomada como confiable.

### **3.4.1.3 Análisis Resultados Obtenidos.**

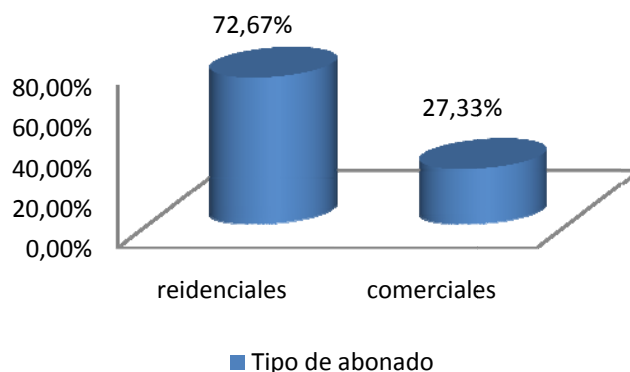
A continuación se describen los resultados que se obtuvieron de la aplicación de la encuesta, como premisa podemos decir que la información recopilada fue de gran



ayuda para determinar algunos aspectos en el comportamiento del consumo o de compra de LFCs por parte de los usuarios.

### Tipo de abonado.

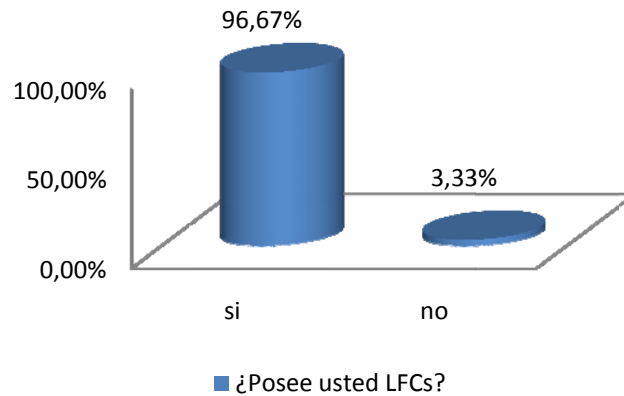
En cuanto al tipo de abonados el 72.67% de los encuestados son residenciales y el 27.33% son comerciales, aunque a la vista existen un sin número de locales comerciales, estos son en su mayoría arrendados por lo que demuestra que la encuesta se realizó al propietario de la vivienda que en algunos casos este también era propietario del local, y en otros a los arrendatarios, estas cifras no son de gran importancia ya que solo ayudan a designar que tipo de usuario es el encuestado pero en si no nos dice cual es su preferencia en cuanto a luminarias para su residencia o negocio.



*Figura 3.4.2 Porcentaje de abonados residenciales y comerciales.*

### 1) ¿Posee usted LFCs?.

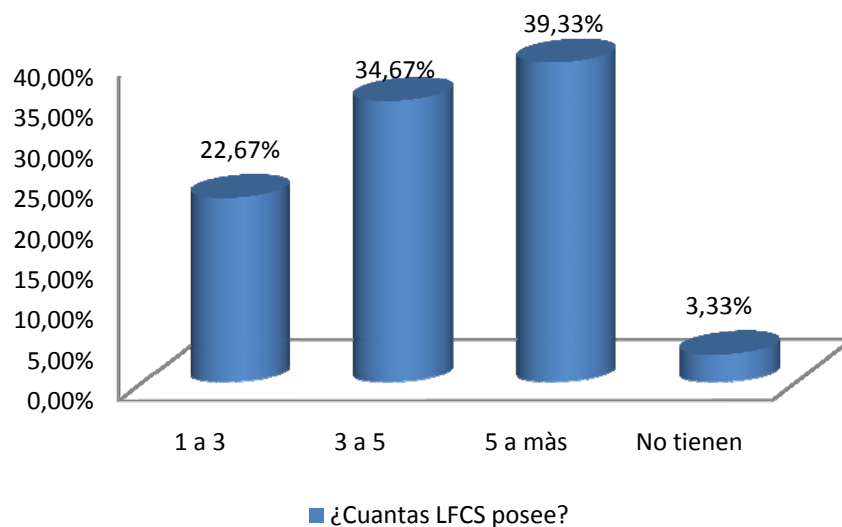
En cuanto a esta pregunta el 96.67% de los encuestados poseen LFCs demostrando que esta tecnología ha sido aceptada y tiene buena acogida dentro de la ciudad de azogues y el 3.33% no las posee, este valor corresponde a 5 personas dentro de la encuesta, los mismos que no tienen la intención de comprar LFCs en el futuro, este valor será considerado en todas las preguntas ya que en cada una debemos sumar el 100% de las encuestas.



*Figura 3.4.3 Porcentaje de abonados que poseen LFCs.*

## 2) ¿Cuántas LFCs posee?.

El 22.67% de los encuestados poseen de 1 a 3 lámparas, el 34.67% entre 3 a 5 y el 39.33% 5 o más LFCs, en este caso las personas poseen luminarias de acuerdo a sus necesidades, por tal motivo el número de lámparas pueden depender de varios factores entre ellos el número de habitaciones de la vivienda, del tamaño de las mismas y de la percepción visual del usuario. Cabe recalcar que la mayoría de las edificaciones en nuestro medio no cuentan con un estudio lumínico y de acuerdo a éste el tipo de luminaria que debe utilizar.

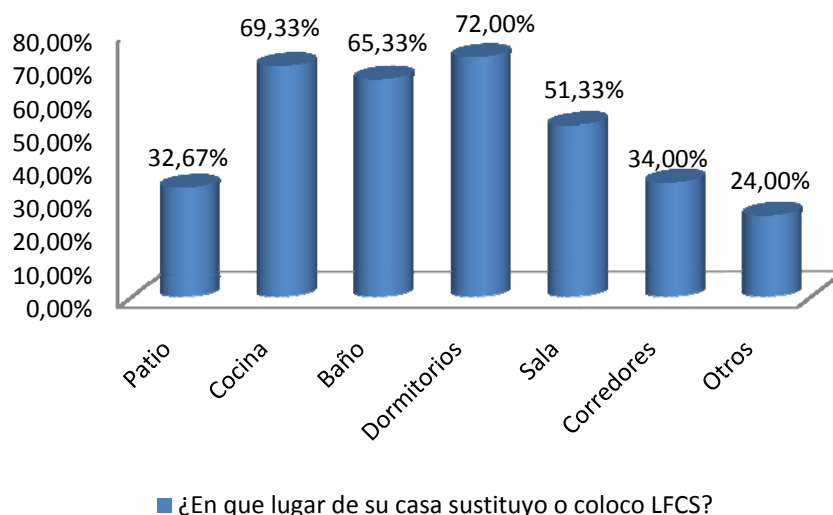


*Figura 3.4.3 Porcentaje de abonados que poseen LFCs.*

### 3) ¿En qué lugar de su casa sustituyo o coloco LFCs?

Como se puede ver en los porcentajes mostrados en la gráfica, la mayoría de los encuestados optan por colocar las lámparas en sus dormitorios baño y cocina, en un menor porcentaje en la sala y menor aun en patios corredores y otros, demostrando que las personas no tienen un conocimiento apropiado del uso de LFCs, ya que si bien una lámparas de este tipo es sustituida por una incandescente, no es recomendable utilizarla en lugares de uso intermitente como por ejemplo en un baño, o en lugares expuestos al ambiente como en un patio, ya que por un lado la vida útil de una LFC es proporcional al número de encendidos (y apagados) y al tiempo de utilización, ya que las lámparas por ejemplo de 3000 horas de vida útil resisten un total de encendidos igual al doble de su vida útil por lo tanto 6000 encendidos. Y por otro lado las LFCs son sensibles a los agentes climáticos como la humedad ambiental o el calor.

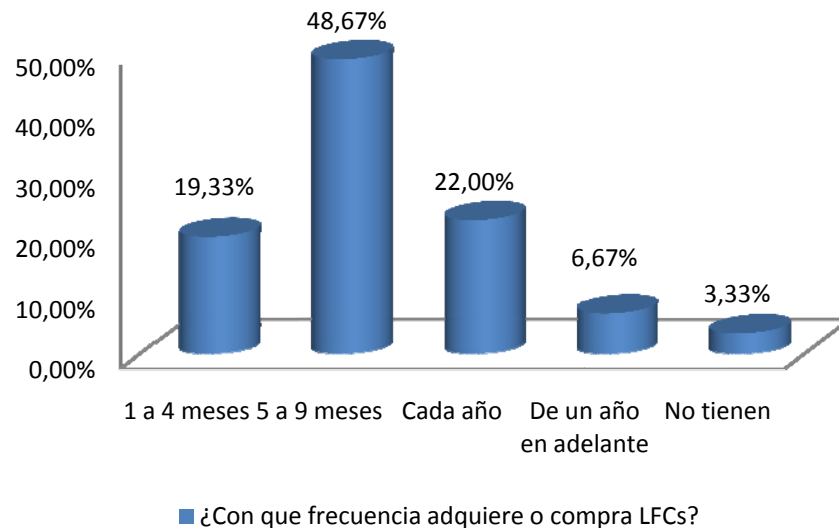
El ítem correspondiente a otros es en el caso de comercios o locales que tienen LFCs en los mismos, o en domicilios que cuentan con estar o estudio o con otro tipo de habitaciones poco comunes.



**Figura 3.4.3** Uso de una LFC según los ambientes de una edificación.

#### 4) ¿Con que frecuencia adquiere o compra LFCs?

Haciendo referencia al tiempo en que los usuarios sustituyen las LFCs que poseen podemos decir, que en un mayor porcentaje las personas compran nuevas LFCs entre 5 y 9 meses, reflejando por un lado la tendencia de consumo diario de las personas es decir mientras más tiempo diario los usuarios mantengan encendida una LFC menor será su tiempo de vida útil y por lo tanto más temprano su sustitución y viceversa, y por otro lado la durabilidad de una LFC depende de la calidad de la misma, mientras de mejor calidad es una lámparas eficiente mayor vida útil (en relación a su vida útil neta) esta posee.

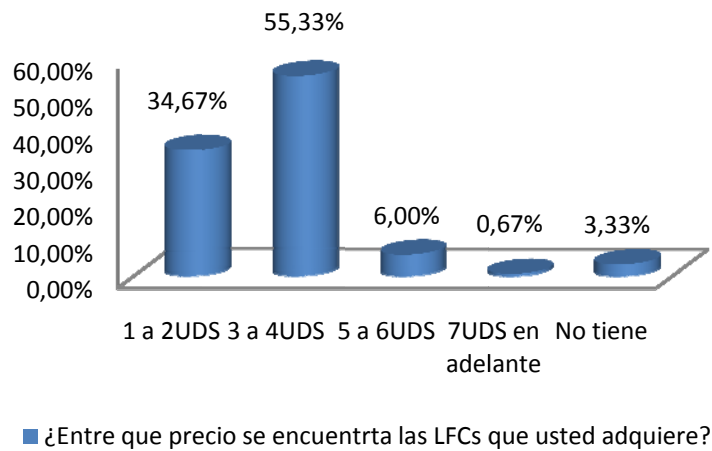


*Figura 3.4.4 tiempo en el que se adquiere o cambia una LFC.*

#### 5) ¿Entre qué precio se encuentra las LFCs que usted adquiere.

Como se puede ver el 55.33% de los encuestados adquiere LFCs en un precio comprendido entre 3 a 4 dólares reflejando que dichos usuarios encuestados adquiere productos de una buena calidad ya que entre estos precios están las mejores marcas de acuerdo al estudio realizado al inicio de este proyecto de tesis. Por otra parte un 34.67% de usuarios adquiere lámparas eficientes que están entre 1 a 2 dólares, que

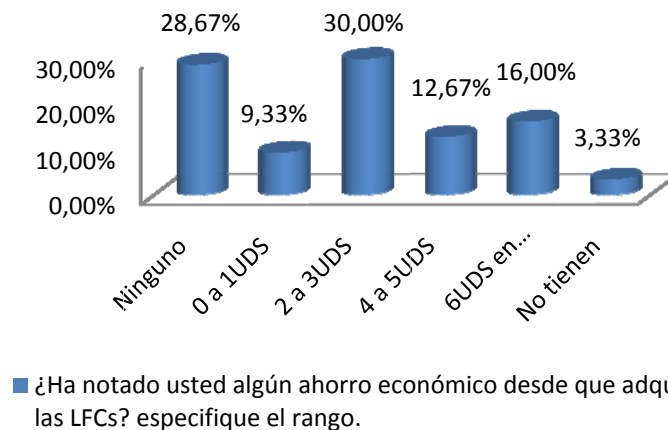
por su precio fácilmente podemos darnos cuenta que estos usuarios compran LFCs de marcas no muy comunes y poco eficientes.



*Figura 3.4.5 Costos en los que se encuentra una LFC.*

**6) ¿Ha notado usted algún ahorro económico desde que adquirió las LFCs? especifique el rango.**

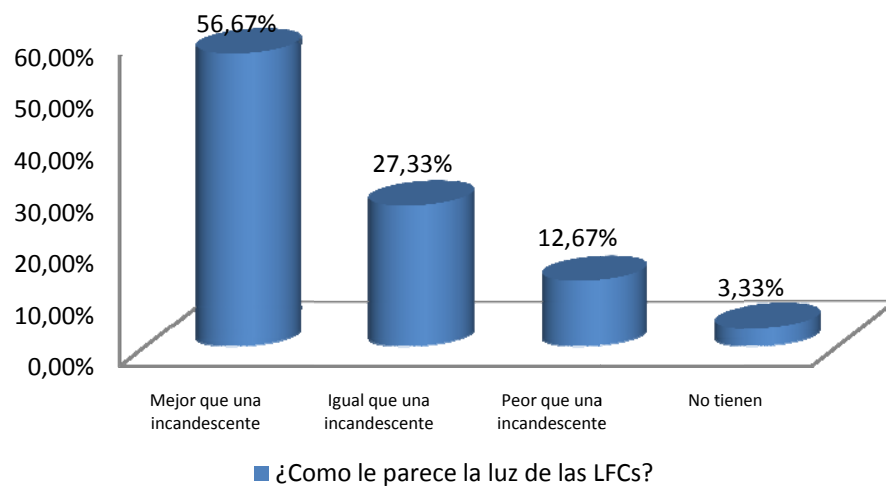
Se puede ver en la gráfica que los usuarios no perciben ningún ahorro en un 28.67% y que si lo hacen en un 30% en un rango de 2 a 3 dólares, otros en menor porcentaje aseguran tener ahorros mayores a 6 dólares, 4 a 5 dólares y 0 a 1 dólar consecutivamente.



*Figura 3.4.6 Costos en los que se encuentra una LFC.*

### 7) ¿Como le parece la luz de las LFCs?.

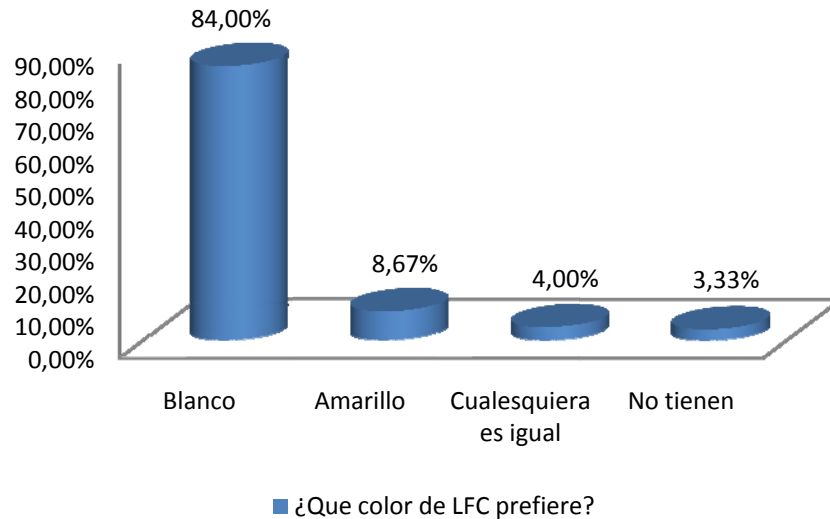
Haciendo relación a que si el usuario se encuentra conforme con la sustitución de las lámparas incandescentes por las LFCs en relación con la luz de las mismas, la mayor parte concuerda en un 56.67% que la luz de las LFCs es mejor que la de una incandescente, un 27.33% piensa que la luz de la una como de la otra es igual, y en un menor porcentaje piensan que esta es peor que la de una incandescente.



*Figura 3.4.7 Opinión del usuario de una LFC frente a una lámpara incandescente.*

### 8) ¿Qué color de luz de LFC prefiere?

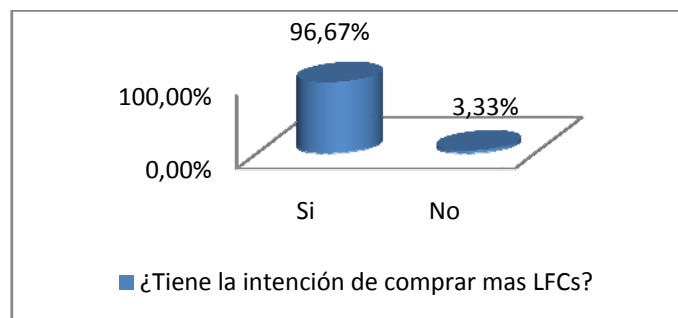
La mayor parte de los encuestados en un porcentaje de 84% concuerdan que prefieren la luz blanca, queriendo decir con aquello que ellos conociendo que existe diferentes tipos de luz en las LFCs, la luz blanca es con la que más se sienten conformes.



*Figura 3.4.8 Tipo de luz que emite LFC preferido por el usuario.*

**9) ¿Tiene la intención de comprar más LFCs?**

Al observar la gráfica siguiente hecha de acuerdo a los resultados de la encuesta, evidentemente las personas tienen la intención de seguir comprando LFCs, estas en un porcentaje del 93.67%, y solamente un 3.33% no lo harán, esto refleja que las personas aceptan la implementación o la sustitución de las LFCs lo les lleva a seguir las adquiriendo.

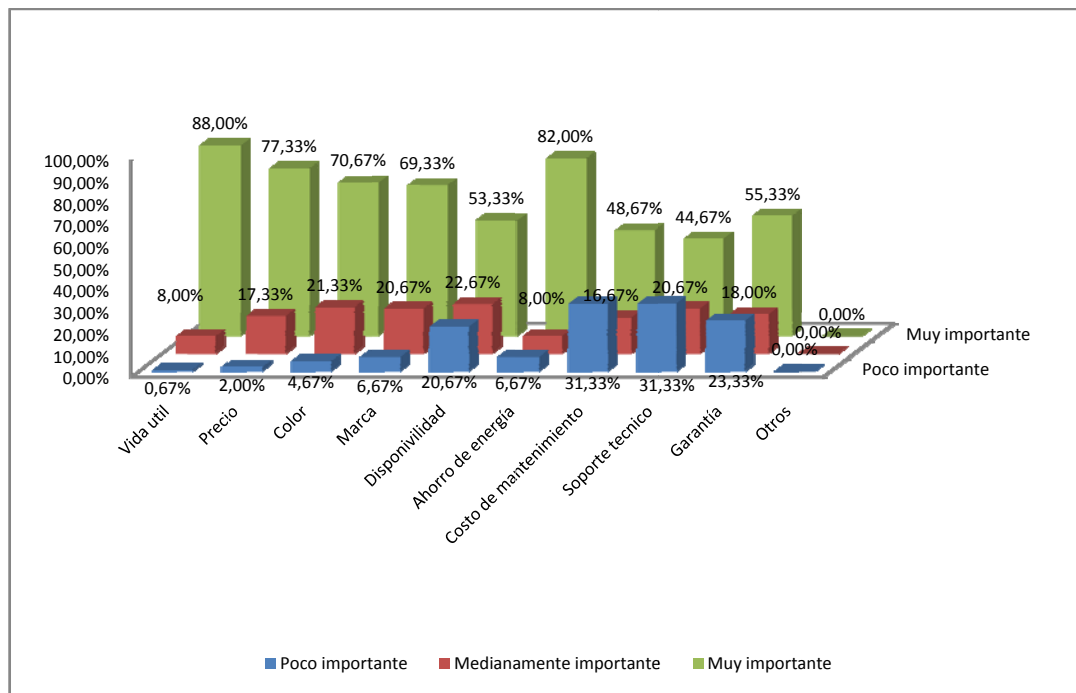


*Figura 3.4.9 intención de adquirir una LFCs por parte del usuario.*

**10) Señale el nivel de importancia de los siguientes factores para tomar la decisión de comprar una LFC.**

Vemos en este caso que la mayor parte de encuestados están de acuerdo que los factores todos expuestos son muy importantes para ellos, siendo los que más

consideran los mismos a la hora de comprar una LFC la vida útil y el ahorro de energía y el precio que tenga la misma, de igual forma otros factores muy importantes para los usuarios pero en menor porcentaje son el color, la marca, la garantía, la disponibilidad, el costo de mantenimiento, y el soporte técnico en ese orden también son considerados por los mismos, en este sentido es bueno saber que a las personas cada vez tienen la necesidad de saber lo que compran para no ser de alguna manera sorprendidos al comprar un producto de mala calidad.

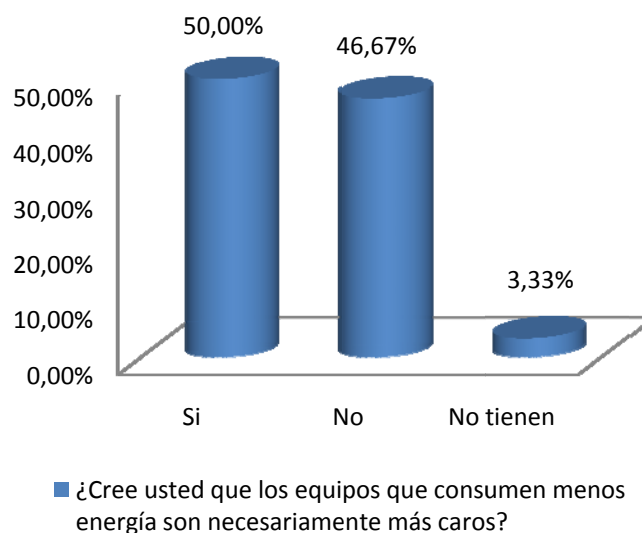


*Figura 3.4.10 Nivel de importancia de factores que son considerados cuando se adquiere una LFC.*

**11) ¿Cree usted que los equipos que consumen menos energía son necesariamente más caros?**

Los encuestados casi en un mismo porcentaje piensan por un lado que las tecnologías eficientes son más caras y entre las razones que ellos exponen para que lo sea están el beneficio como el ahorro de energía, o la calidad de las mismas. Y por otro lado las personas que no piensan que deben ser más caras exponen que si estas son ahorrativas deben serlo también en el precio de compra.

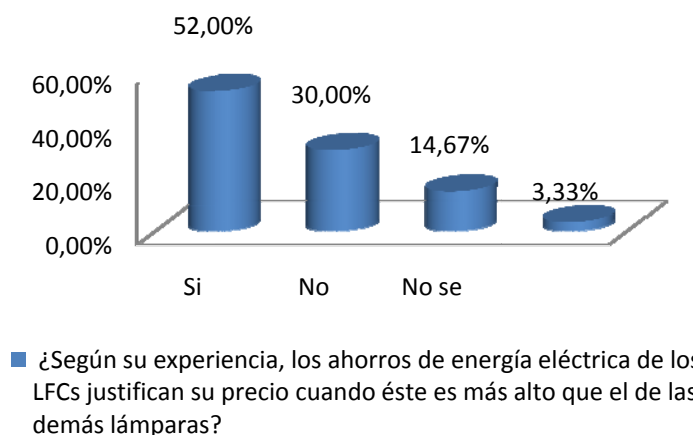




**Figura 3.4.11** Opinión del usuario sobre el costo de un equipo según su eficiencia.

**12) ¿Según su experiencia, los ahorros de energía eléctrica de los LFCs justifican su precio cuando éste es más alto que el de las demás lámparas?**

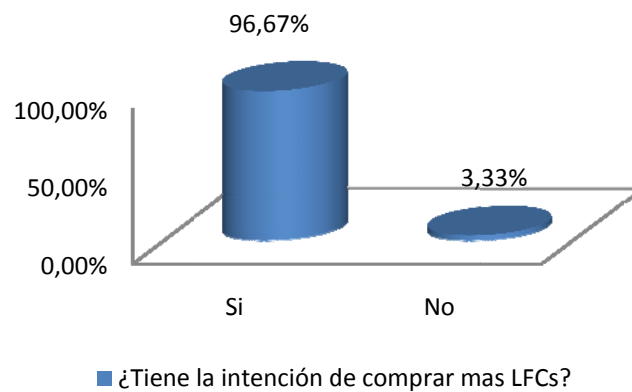
A los encuestados les resulto un tanto complicado responder esta y la anterior pregunta, pero en este caso la mayoría de ellos concuerdan que por el ahorro de energía que producen las LFCs está justificado el precio de la misma, y en un porcentaje menor seguramente por las personas que no tuvieron ahorro o lo tuvieron pero en un pequeño rango piensan que no justifica el precio de la LFC.



**Figura 3.4.12** Opinión del usuario sobre el costo de una LFC frente al ahorro de energía que esta representa.

### 13) ¿Tiene la intención de comprar más LFCs?

En este caso del total de encuestados el 96.67% que concuerda con el porcentaje de usuarios que si poseen LFCs, tienen la intención de seguir adquiriendo las mismas, demostrando una vez más el grado de satisfacción de los mismos por usar las mencionadas lámparas.



*Figura 3.4.13 Intención de adquirir LFCs por parte del usuario.*

## 3.4.2 Análisis Económico Basado En Matemáticas Financiera.

### 3.4.2.1 Análisis Económico En El Sector Residencial

En nuestro caso y de acuerdo a la teoría de matemática financiera este sector es el más sencillo de analizar. Ya que la opción tecnológica de iluminación eficiente más común es el reemplazo de una lámpara incandescente por una lámpara fluorescente compacta.

Las LFC tienen vida útil declarada por el fabricante de entre las 3.000 y 15.000 horas en nuestro medio.

De acuerdo a la información recabada hay modelos que no alcanzan la vida declarada, lo que nos obliga a plantear los casos más comunes de sustitución de lámparas incandescentes por LFCs.

### 3.4.2.1.1 Reemplazo de una lámpara incandescente de 100W por una LFC De 20W.

En nuestro caso vamos a utilizar los datos obtenidos de la recolección de las muestras de las marcas más sobresalientes del estudio Técnico tanto en LFCs como en incandescentes.

Marca	Tipo	Precio (UDS)	Vida útil (horas) con 2.7h de uso diario
Osram.	LFC de 20W	2.30	6000
Silvalux.	Incandescente 100 W	1	1000

*Tabla 3.4.1 Muestras sobresalientes del estudio técnico así como la encuesta.*

En cuanto al precio de la energía se considerará la tarifa dignidad que es de 0.05 cUDS/KW-h.

La tasa de descuento utilizada de acuerdo a la fecha de inicio del cálculo será del

$$5,24\% \quad (i = 0,0524)$$

Según la información disponible calcularemos el período simple de repago (PSR)

$$PSR = \frac{\Delta I}{\Delta O \& M}$$

El costo inicial de inversión de las lámparas fluorescentes compactas CE y de las incandescentes CC, quedarían de la siguiente forma.

$$CE = 2,30UDS$$

$$CC = 1UDS$$

Al ser el precio de la energía 0.05 cUDS/KW-h, entonces el consumo anual de energía de la tecnología convencional y el de la tecnología eficiente en Kwh/año es.

$$EC = 100W \times 365 \text{ dias} / \text{año} \times 2,7h$$

$$EC = 98,55KWh$$

Y la eficiente

$$EE = 20W \times 365 \text{ dias} / \text{año} \times 2,7h$$

$$EE = 19,71KWh$$

La inversión adicional por comprar una LFC en lugar de una incandescente es:

$$\Delta I = CE - CC$$

$$\Delta I = 2,30UDS - 1UDS = 1,30UDS$$

Los costos del ahorro anual en operación y mantenimiento por el uso de una LFC son:

$$\Delta O \& M = PE \times (EC - EE)$$

$$\Delta O \& M = 0.05UDS / KWh \times (98,55 - 19,71)$$

$$\Delta O \& M = 3,94UDS / KWh$$

Así entonces podemos determinar el periodo simple de repago PSR como se muestra a continuación.

$$PSR = \frac{\Delta I}{\Delta O \& M}$$

$$PSR = \frac{1,30UDS}{3,94UDS / KWh}$$

$$PSR = 0,32 \text{ años}$$

Este valor no indica si el reemplazo de una lámpara incandescente por una LFCs es rentable. Y seguir con el análisis es complicado ya que la vida útil de las dos lámparas es distinta.

La vida útil de la LFC (con 2,7horas de encendido por día) es:

$$N = \frac{6000h}{2,7h / día \times 365días / año}$$

$$N = 6.08años$$

De igual forma, para la lámpara incandescente, la vida útil será:

$$N = \frac{1000h}{2,7h / día \times 365días / año}$$

$$N = 1,01años$$

Al considerar la distinta vida útil, la evaluación económica mediante el uso de los indicadores valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR) es difícil ya que en cada caso, habría que sumar el valor presente de 6 futuras compras de lámparas incandescentes para alcanzar los 6 años que duraría la LFC.

El análisis se vuelve simple con el uso del costo anualizado total (CAT). Para el caso simple de la tarifa residencial, que sólo incluye precio de energía (PE), no de potencia, la ecuación para CAT es:

$$CAT = C * FRC(i, N) + PE * E$$

El factor de recuperación del capital (FRC) permite anualizar el valor de una inversión inicial **C**, durante la vida útil (**n** años) utilizando una tasa de descuento **i**.

El FRC está dado por la ecuación siguiente, y al tener todos los factores necesarios tendríamos:

$$FRC = \left[ \frac{i \times (1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right]$$

Para la lámpara incandescente,  $N = 1,01$  años y considerando una tasa de descuento de 0,0524 el factor de recuperación del capital es:

$$FRC = \left[ \frac{0.0524 \times (1 + 0.0524)^{1.01}}{(1 + 0.0524)^{1.01} - 1} \right]$$

$$FRC = 1,042$$

Por lo tanto el CAT de la lámpara incandescente es.

$$CAT_{(Incandescente)} = 1UDS \times 1,042 / \text{año} + 0.05cUDS / KWh \times 98,55 KWh / \text{año}$$

$$CAT_{(Incandescente)} = 5,96UDS$$

Para la lámpara fluorescente compacta,  $N = 6.08$  años; la tasa de descuento es la misma, por lo cual,

$$FRC = \left[ \frac{0.0524 \times (1 + 0.0524)^{6.08}}{(1 + 0.0524)^{6.08} - 1} \right]$$

$$FRC = 0.196UDS$$

De esta forma el CAT de la LFC es:

$$CAT_{(LFC)} = 2.30UDS \times 0.196 / \text{año} + 0.05cUDS / KWh \times 19,71KWh / \text{año}$$

$$CAT_{(LFC)} = 1,43UDS$$

Es decir, el costo anual de comprar y pagar el consumo energético de la lámpara incandescente es de 5,86UDS mientras que para la lámpara fluorescente compacta es de 1,43UDS. Por lo cual, queda claro bajo las condiciones expuestas que el uso de la lámpara fluorescente compacta es sumamente rentable para un usuario común.

#### **3.4.2.2 Análisis Económico En El Sector Residencial.**

En este sector están comprendidos un sinnúmero de locales o centros comerciales, edificios de oficinas, municipios, escuelas, colegios, bancos, iglesias, etc. por lo cual las opciones de iluminación eficiente son múltiples. Sin embargo, el uso de lámparas fluorescentes lineales predomina en muchos edificios y comercios.

De acuerdo a estas condiciones no se puede hacer el estudio económico similar al anterior por la variedad de tipos de iluminación y por no existir una relación entre potencias predominante entre las LFCs y las otras diferentes tipos de iluminación.

A esto se suma que el costo de una lámpara fluorescente lineal es mayor que una LFC, y mucho mayor es el costo de reemplazar una LFC pues esto considera entre otros los siguientes rubros.

- Costo de compra de lámpara.
- Costo de boquilla o base de lámpara.
- Costo de mano de obra.
- Costo de materiales.

### 3.5 Estudio Evaluativo Entre Rendimiento Y Costos Asociados Al Consumo De Energía Eléctrica En Iluminación.

En el presente estudio el índice a utilizar será el Valor actual Neto (VAN), que consiste en una técnica que considera el valor del dinero en el tiempo y compara el valor presente de los beneficios de un proyecto, que en este caso corresponde a un sistema de iluminación compuesto por lámparas fluorescentes compactas, contra el valor de la inversión inicial.

Cuando el valor actual neto es positivo el proyecto es rentable, ya que cubre la inversión y genera beneficios adicionales. Cuando el valor actual neto es negativo el proyecto debe rechazarse, debido a que los beneficios esperados no cubren la inversión inicial. Según lo expuesto el criterio de decisión es el siguiente:

Si  $VAN > 0$ , el proyecto es rentable y se acepta.

Si  $VAN < 0$ , el proyecto se rechaza.

**Nota:**

Para nuestro estudio particularmente en cualquiera de los dos casos ya sea con lámparas incandescentes o fluorescentes compactas, se invierte y mensualmente se paga el consumo de energía de las mismas, de esta manera el usuario no recibe dinero si no simplemente paga menos o mas según sea el caso, lo que hace que el índice aplicado (VAN) no se tome como un factor de rentabilidad sino más bien como una medida de cuál de las dos alternativas es la mejor para aplicar.

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{F_n}{(1+i)^n} - inversión\ inicial$$

Donde:

$F$  flujos de efectivo en Dólares (UDS).

$n$  períodos de tiempo que van desde 1 hasta  $n$  (en este caso ).

$i$  tasa anual de descuento (en este caso 5.24%, asumida invariante en el tiempo).



Para el estudio tomaremos como premisa de toma de decisiones de alternativas una casa familiar de dos pisos o plantas donde se instalarán doce lámparas en total, la alternativa 1 corresponde a lámparas incandescentes y la alternativa 2 a lámparas fluorescentes compactas.

También se tomarán en cuenta los siguientes datos:

Precio lámpara incandescente (Silcalux): 1,00UDS.

Precio lámpara fluorescente compacta (Osram): 2,30UDS.

Precio de la Electricidad: 0.05cUDS/Kwh

Vida útil de la lámpara incandescente: 1000 horas.

Vida útil de la lámpara fluorescente compacta: 3000 horas.

Horas de encendido diarias: 3 horas

Años de referencia para el estudio: 3 años

### **3.5.1 Estudio Evaluativo Para Lámparas Incandescentes Según El Rendimiento Y Costos Asociados Al Consumo De Energía.**

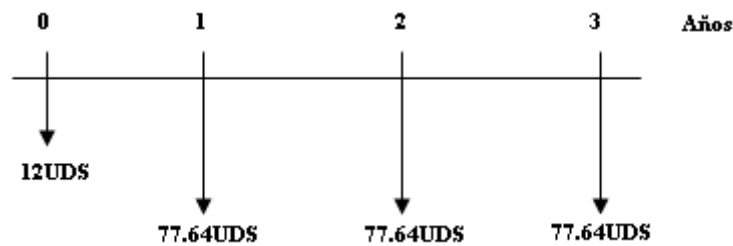
En este caso se deben considerar los costos de compra y de remplazo, al suponer que una lámpara incandescente está encendida 3 horas diarias esta tendría una vida útil en años de 1.095 según el cálculo siguiente.

$$N = \frac{1000h}{3h / día \times 365días / año}$$
$$N = 1,095años$$

Por lo que en un lapso de 3 años se cambiarían un total de tres lámparas incandescentes.

Este valor sumado al consumo eléctrico anual que dan 5.47UDS/Kwh, nos da el flujo de caja por año por el uso de un foco incandescente, multiplicando este valor por

doce focos que es el total de lámparas en el proyecto nos daría el flujo de caja anual total, en la siguiente expresión se ilustra el comportamiento.



*Figura 3.5.1 Comportamiento del flujo de caja anual para lámparas incandescentes.*

Las flechas hacia abajo, indican gastos por parte del propietario. En el año cero o sea el año en el que se compro y coloco la primera lámpara, se incluye la inversión inicial, representada por la compra de las lámparas incandescentes. Los siguientes años incluyen los reemplazos de las 12 lámparas y los gastos por el consumo de electricidad correspondiente.

Entonces, se tiene que la suma del valor presente de los flujos del primer año hasta el tercero es:

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{F_n}{(1+i)^n} - inversión\ inicial$$

$$\sum_{n=0}^N \frac{F_n}{(1+i)^n} = \frac{-77.64}{(1+0.524)^1} + \frac{-77.64}{(1+0.524)^2} + \frac{-77.64}{(1+0.524)^3}$$

$$\sum_{n=0}^N \frac{F_n}{(1+i)^n} = -210.48UDS$$

Donde el valor de los flujos de caja es negativo, por tratarse de inversiones o dicho de mejor manera egresos del usuario.

El Valor Actual Neto de la alternativa 1 es, entonces:

$$VAN = \text{Valor presente de los flujos} - \text{inversión inicial}$$

$$VAN = -210.48 - 12$$

$$VAN_{(incandescente)} = -222.48 \text{UDS}$$

El Valor Presente Neto de la primera alternativa es negativo debido a que, en este caso, representa gastos en inversión, mantenimiento y consumo de electricidad en todos los años.

### **3.5.2 Estudio Evaluativo Para LFCs Según El Rendimiento Y Costos Asociados Al Consumo De Energía.**

Para este caso al considerar la vida útil anual de las lámparas fluorescentes compactas con 3 horas de uso diarias.

$$N = \frac{3000h}{3h / día \times 365 \text{días} / año}$$
$$N = 2.73 \text{años}$$

Lo que indica que la lámpara que se adquiriera con estas características tendrá una duración de 2.73 años, la misma será remplazada una sola vez al final del segundo año o para ser más concretos en el tercer año.

Cada lámpara tiene un costo de 2.30UDS y este valor sería considerado únicamente en el año cero y en el año tres.

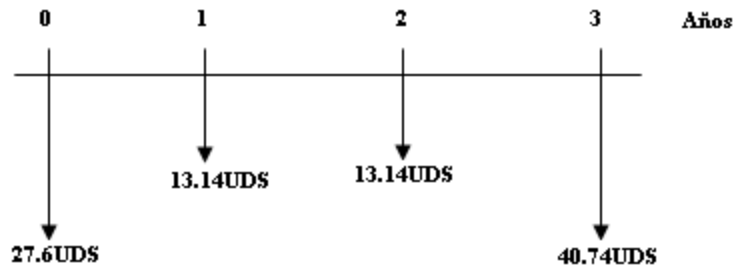


Figura 3.5.2 Comportamiento del flujo de caja anual para LFCs.

En este caso, tenemos la inversión inicial en el año cero igual costo de las doce lámparas LFC 27.6UDS, y en los dos siguientes años solo el pago del consumo eléctrico 13.14UDS, en el tercer año se adiciona la compra de las lámparas debido al reemplazo por cumplimiento de vida útil de las mismas.

El valor actual de los flujos de caja del usuario del primer año hasta el tercero corresponde a:

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{F_n}{(1+i)^n} - inversión\ inicial$$

$$\sum_{n=0}^N \frac{F_n}{(1+i)^n} = \frac{-13.14}{(1+0.524)^1} + \frac{-13.14}{(1+0.524)^2} + \frac{-13.14}{(1+0.524)^3}$$

$$\sum_{n=0}^N \frac{F_n}{(1+i)^n} = -59.30UDS$$

El valor actual neto del segundo caso es, entonces:

$$VAN = Valor\ presente\ de\ los\ flujos - inversión\ inicial$$

$$VAN = -59.30 - 27.6$$

$$VAN_{(LFC)} = -86.9UDS$$

El Valor Actual Neto del segundo caso es negativo debido a que, igual que en el caso anterior, representa gastos en inversión, mantenimiento y consumo de electricidad.

Así de esta manera, se pudo obtener un Valor Actual Neto para cada caso, de signo negativo por ser proyectos que no representan ningún ingreso de dinero para el usuario.

Entonces, tenemos que:

$$\begin{aligned} VAN_{(CASO1)} &< VAN_{(CASO2)} \\ -222.48 &< -86.9 \end{aligned}$$

Demostrando de esta manera el ahorro que implica la implementación de lámparas fluorescentes compactas en un sistema de iluminación en este caso en las residencias de la ciudad de Azogues.

### 3.5.3 Factores Influyentes En La Rentabilidad.

La rentabilidad del reemplazo de las LFCs por lámparas incandescentes está en función de las horas de encendido y las horas de vida útil de las mismas, el precio de cada lámpara, la tarifa eléctrica entre otras, como ya se lo demostró con la aplicación de la encuesta.

La rentabilidad depende de estos factores ya que al hacer un análisis compartido entre los mismos, tomando como medida de la comparación al costo anualizado total CAT tanto de una incandescente de 100 W y 1000h de vida útil, como de las LFCs de 20W y de distintas vida útil (3000h, 6000h, 8000h, 10000h).

Podemos graficar el costo anualizado total como función de las horas de encendido de una incandescente y una LFC con distinta vida útil. El ahorro neto anual es cero por una hora de encendido y crece con mayor encendido. Para graficar cual es el costo anualizado total de utilizar una lámpara fluorescente compacta o una incandescente hacemos uso de las fórmulas de la vida útil **N**, del factor de recuperación del capital **FRC**, y del costo anualizado total **CAT**, incorporadas en una hoja de cálculo. Los resultados de CAT, así como de los distintos parámetros se detallan a continuación.

Factor	VIDA UTIL (años)					FACTOR DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL					COSTO ANUALIZADO TOTAL (UDS)				
	N INCA N	N LFC 3000 h	N LFC 6000 h	N LFC 8000 h	N LFC 10000 h	FRC INCAD 1000h	FRC LFC 3000h	FRC LFC 6000h	FRC LFC 8000h	FRC LFC 10000h	CAT INCA N	CAT LFC 3000 h	CAT LFC 6000 h	CAT LFC 8000 h	CAT LFC 10000 h
1h	2,74	8,22	16,44	21,92	27,40	0,40	0,15	0,09	0,08	0,07	5,33	1,34	1,20	1,16	1,15
2h	1,37	4,11	8,22	10,96	13,70	0,78	0,28	0,15	0,12	0,10	5,70	1,62	1,34	1,27	1,22
3h	0,91	2,74	5,48	7,31	9,13	1,15	0,40	0,21	0,17	0,14	6,08	1,91	1,48	1,37	1,31
4h	0,68	2,05	4,11	5,48	6,85	1,52	0,53	0,28	0,21	0,18	6,45	2,20	1,62	1,48	1,39
5h	0,55	1,64	3,29	4,38	5,48	1,90	0,65	0,34	0,26	0,21	6,83	2,48	1,77	1,59	1,48
6h	0,46	1,37	2,74	3,65	4,57	2,27	0,78	0,40	0,31	0,25	7,20	2,77	1,91	1,69	1,56

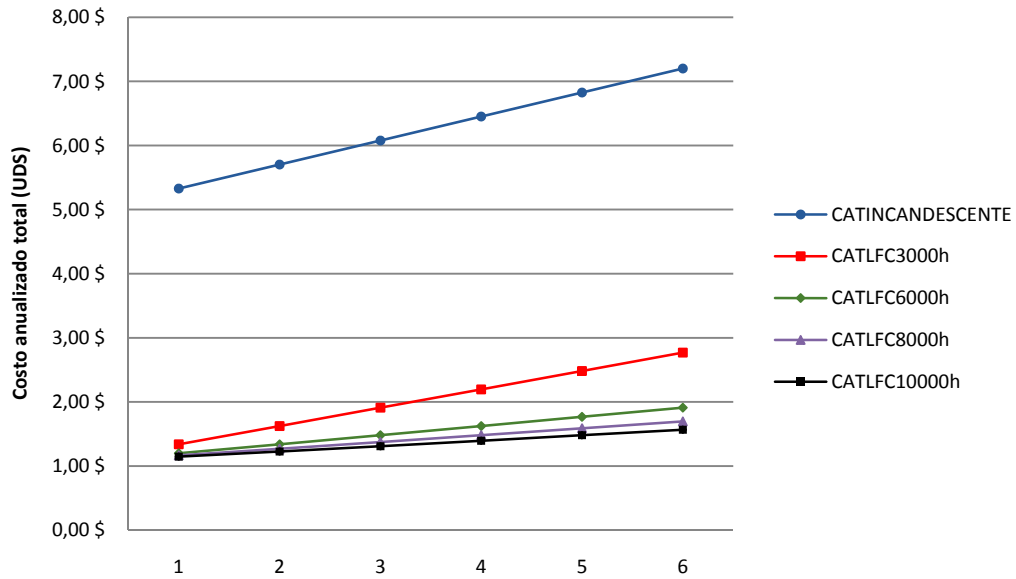
**Tabla 3.5.1** Costo anualizado total.

Al observar la tabla 3.5.1 establecemos que la vida útil de las lámparas es proporcional al uso diario de las mismas así por ejemplo una LFC de 10000 h, dura 4.57 años de vida útil con 6 horas de uso diario, que es igual a usar una LFC de 3000 h, pero con tan solo 2 horas de uso diario.

En cuanto al factor de recuperación del capital en el caso de la lámpara incandescente este es menor cuando se utiliza 1 hora diaria y aumenta en función de las horas de uso diario, la misma tendencia se evidencia en las LFCs, con la diferencia que el factor es menor según la vida útil en horas de las mismas.

El CAT de las diferentes opciones de iluminación en función de sus horas de uso, muestra que mantener encendida durante más tiempo una lámpara con mayor vida útil es más rentable, las LFCs de 10000h es más rentables utilizarlas menos tiempo pues así su costo anual se reduce y su vida útil anual aumenta.

En la gráfica siguiente se muestra más claramente los resultados del CT en función de las horas de uso.



*Figura 3.5.3 Costo anualizado total para la compra y operación de LFC, según horas de encendido diario.*

Como podemos ver el costo anualizado total de compra y operación de las LFCs en función de las horas de encendido diarios es mucho menor que la de una incandescente, por lo cual se puede decir que a pesar del precio alto de compra de una LFC de buena calidad, esta es más rentable que hacer la compra de una incandescente.

Esto sin tomar en cuenta que una incandescente dura únicamente 1000 horas, lo que el costo del replazo también debe ser considerado si se quisiera comparar esta con las diferentes LFCs.

La vida útil de la mayoría de las lámparas fluorescentes compactas depende de la cantidad de encendidos. Algunas normas definen la vida nominal de lámparas con ciclos de encendido de 3 horas.

En lo que va del estudio del cálculo económico, se tomo la vida útil de las LFC igual que su valor nominal, aun considerando una hora o menos de encendido por día.

Algunas normas exigen que las LFCs deban sobrevivir una cantidad de encendidos igual al doble del valor numérico de la vida útil nominal declarada. Es decir, un modelo de LFC con vida útil nominal de 6.000 horas debe resistir 12.000 encendidos.

Es así que una LFC de vida útil nominal de 6.000 horas utilizada una hora diaria con un solo encendido por día duraría 6.000 días de acuerdo a su vida útil. Además esta debe resistir un total de 12.000 encendidos según el mismo criterio.

La misma LFC con una hora de encendido por día, pero con cinco encendidos en esta misma hora por día sufriría 30.000 encendidos en 6.000 horas o 6000 días. En este caso la vida útil se acortará por la cantidad de encendidos, es decir duraría 12.000 encendidos equivalente a 2.400 días.

#### **3.5.4 Criterios De Rentabilidad.**

En síntesis, la rentabilidad depende de varios parámetros. Un análisis económico riguroso no es posible debido a la incidencia de la cantidad de encendidos sobre la vida útil de las lámparas. Considerando una visión pesimista en cuanto a las posibilidades de sustitución, podemos suponer que el reemplazo es rentable para todas incandescentes de 100 W que suman 2, 3 o horas más de encendido diario, es decir con un consumo diario de más de 200 Watt-hora.

La sustitución es más rentable para lámparas de mayor potencia, ya que el consumo y ahorro energético es proporcional a la potencia, pero el precio de la LFC es casi independiente de la misma. Por ello podemos extender el criterio de sustitución a todas las incandescentes que suman más de 200 watt horas de encendido por día. Es decir, una incandescente de 100W con más de 2 horas de encendido por día, una de 60 W con más de 3,33 horas de encendido por día y una de 40 W con más de 5 horas de encendido por cada día.

Este criterio lo pudimos determinar a partir del estudio de la demanda y del estudio económico realizado dentro de este mismo proyecto.



De esta forma en el presente capítulo se logra por un lado determinar que los usuarios se encuentran conformes con la sustitución de lámparas incandescentes por LFCs y así lo demuestran las encuestas aplicadas, y por otro lado se demuestra aplicando la matemática financiera adecuada que el remplazo o la adquisición de una LFC es rentable para los usuarios, por el hecho de que se paga menos en sus planillas mensuales.

**BIBLIOGRAFIA.**

- **USO EFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA:** Autor PROCOBRE, Edición Desconocida, Referencia [www.procobreecuador.org](http://www.procobreecuador.org)
- **POR EL CAMBIO CORRECTO:** Autor La Revista de ADEERA, Ejemplar Número XX, Publicada Septiembre 2008. Fuente [www.google.com](http://www.google.com).
- **INICIATIVA DE ILUMINACION EFICIENTE (Efficient Lighting Initiative (ELI)) – IFC/GEF:** Informe de Evaluación Perú julio 1999, Fuente Empresa Eléctrica Centro Sur.
- **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-017-ENER/SCFI-2008, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y REQUISITOS DE SEGURIDAD DE LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS AUTOBALASTRADAS. LÍMITES Y MÉTODOS DE PRUEBA.** Publicada martes 26 de agosto de 2008. Fuente [www.google.com](http://www.google.com).
- **MANUAL DE AHORRO ENERGETICO EN ILUMINACION:** Estudio de la comunidad europea. Fuente [www.google.com](http://www.google.com)
- **INFORME FINAL DE GESTIÓN DEPARTAMENTO EFICIENCIA ENERGÉTICA:** Autor Ing. Alfonso Herrera Herrera para la Compañía Nacional de Fuerza y Luz CNFL Costa Rica. [www.google.com](http://www.google.com)
- **INFORME IMPACTO DE LA SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS INCANDESCENTES POR FLUORESCENTES COMPACTAS EN LA DEMANDA DE LA CENTROSUR.** Fuente proporcionada por el Departamento de Estudios Técnicos y Dirección de Planificación Empresa Eléctrica Centro Sur.
- **CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DE BOMBILLAS EN COLOMBIA:** Autor Universidad Nacional de Colombia. Abril 28 del 2008. Fuente [www.google.com](http://www.google.com).
- **ALAMOS HERNÁNDEZ, JUAN ALERCIO** (2010). Luminotecnia – Iluminación. Consultado en: [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_electrica\\_y\\_electronica/luminotecnia/iluminacion/default8.asp](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electrica_y_electronica/luminotecnia/iluminacion/default8.asp)
- **Makridakis Spyros – Wheelwright Steven C,** “Métodos de Pronósticos” Limusa – Balderas 95, D.F.- 2000.

# Anexos.

## Anexo 1.


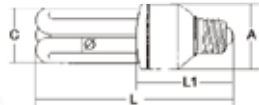
### Formas constructivas de Lámparas Fluorescentes Compactas.


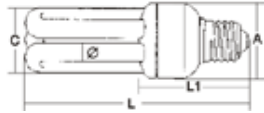
En este anexo se detalla las características técnicas de una LFC según sus formas constructivas. Cabe señalar que Las distintas fábricas que producen este tipo de luminarias poseen sus respectivos prototipos los que se muestran a continuación son una especie de estandarización usado sobretodo en la región asiática en donde se registra la mayor concentración de las fábricas de LFCs, las cuales para poder producir estas luminarias deben procurar cumplir con normas guía como la ISO 9000, pero en cuanto a la forma constructiva mientras que la calidad y la composición interna de la LFC es responsabilidad de cada planta. Finalmente estos modelos que presentamos a continuación presentan un referente en cuanto a la potencia y las dimensiones que estas deberían tener o aproximarse.

Antes de mostrar los modelos podemos indicar la siguiente equivalencia de las potencias consumidas entre LFCs y focos incandescentes.


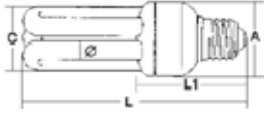
Equivalencia en watt lámpara fluorescente compacta LFC vs incandescente	
Incandescente (W)	LFC (W)
25	5
40	8
60	12
75	14
100	18
125	25
150	30


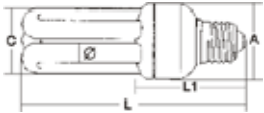
Fuente. Wiki pedía 2010

<b>Modelo: YB-9</b>			
			
<b>Voltaje.</b>	<b>Temperatura de color:</b>	<b>Casquillo.</b>	<b>Color</b>
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	Purpura y Blanco
<b>Potencias</b> (W)	<b>Flujo Luminoso</b> (lm)	<b>Diámetro</b> A (mm)	<b>Longitud</b> L (mm)
11	550	53	136
13	650	53	146
15	750	53	155
18	900	53	161
20	1000	53	166
22	1100	53	171
24	1200	53	176
26	1300	53	181


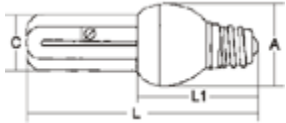
<b>Modelo: YB-10</b>			
			
<b>Voltaje.</b>	<b>Temperatura de color</b>	<b>Casquillo.</b>	<b>Color</b>
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	
<b>Potencias</b> (W)	<b>Flujo Luminoso</b> (lm)	<b>Diámetro</b> A(mm)	<b>Longitud</b> L(mm)
11	550	48	130
13	650	48	140
15	750	48	149
18	900	48	155
20	1000	48	160
22	1100	48	165
24	1200	48	170
26	1300	48	175


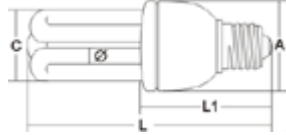
Fuente [www.Jinhui.com](http://www.Jinhui.com)

Modelo: YB-10			
			
Voltaje.	Temperatura de color	Casquillo.	Color
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	
Potencias (W)	Flujo Luminoso (lm)	Diámetro A(mm)	Longitud L(mm)
11	550	48	130
13	650	48	140
15	750	48	149
18	900	48	155
20	1000	48	160
22	1100	48	165
24	1200	48	170
26	1300	48	175


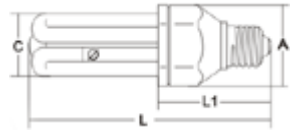
Modelo: YB-10			
			
Voltaje.	Temperatura de color	Casquillo.	Color
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	
Potencias (W)	Flujo Luminoso (lm)	Diámetro A(mm)	Longitud L(mm)
11	550	48	130
13	650	48	140
15	750	48	149
18	900	48	155
20	1000	48	160
22	1100	48	165
24	1200	48	170
26	1300	48	175


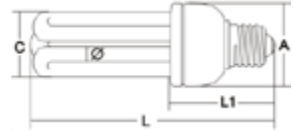
Fuente [www.Jinhui.com](http://www.Jinhui.com)

Modelo: YB-11			
			
Voltaje.	Temperatura de color	Casquillo.	Color
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	
Potencias (W)	Flujo Luminoso (lm)	Diámetro A(mm)	Longitud L(mm)
11	550	59	140
13	650	59	150
15	750	59	159
18	900	59	165
20	1000	59	170
22	1100	59	175
24	1200	59	180
26	1300	59	185

Modelo: YB-12			
			
Voltaje.	Temperatura de color	Casquillo.	Color
100-240V 50-60Hz	2700K -6400K	E26, B22, E27	
Potencias (W)	Flujo Luminoso (lm)	Diámetro A(mm)	Longitud L(mm)
11	550	54	134
13	650	54	144
15	750	54	153
18	900	54	159
20	1000	54	164
22	1100	54	169
24	1200	54	174
26	1300	54	179



Fuente [www.Jinhui.com](http://www.Jinhui.com)


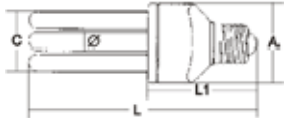
Modelo: YB-13			
			
Voltaje.	Temperatura de color	Casquillo.	Color de tubo
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	
Potencias (W)	Flujo Luminoso (lm)	Diámetro A(mm)	Longitud L(mm)
11	550	44	126
13	650	44	136
15	750	44	145
18	900	44	151
20	1000	44	156
22	1100	44	161
24	1200	44	166
26	1300	44	177

Modelo: YB-14			
			
Voltaje.	Temperatura de color	Casquillo.	Color de tubo
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	
Potencias (W)	Flujo Luminoso (lm)	Diámetro A(mm)	Longitud L(mm)
5	250	42	106
7	350	42	111
9	450	42	121
11	550	42	126
13	650	42	131
15	750	42	136


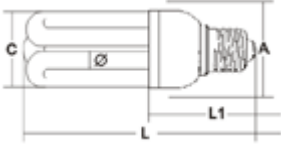
Fuente [www.Jinhui.com](http://www.Jinhui.com)


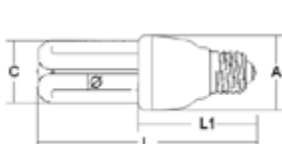


<b>Modelo: YB-15</b>			
			
<b>Voltaje.</b>	<b>Temperatura de color</b>	<b>Casquillo.</b>	<b>Color de tubo</b>
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	
<b>Potencias (W)</b>	<b>Flujo Luminoso (lm)</b>	<b>Diámetro A(mm)</b>	<b>Longitud L(mm)</b>
13	650	54	145
15	750	54	155
18	900	54	160
20	1000	54	165
22	1100	54	170
24	1200	54	175
26	1300	54	180


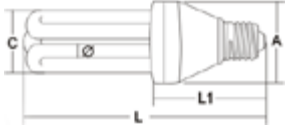
<b>Modelo: YB-15-1</b>			
			
<b>Voltaje.</b>	<b>Temperatura de color</b>	<b>Casquillo.</b>	<b>Color de tubo</b>
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	
<b>Potencias (W)</b>	<b>Flujo Luminoso (lm)</b>	<b>Diámetro A(mm)</b>	<b>Longitud L(mm)</b>
5	275	38	90
7	385	38	92
9	495	38	100
11	605	38	110


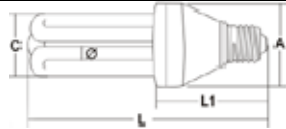
Fuente [www.Jinhui.com](http://www.Jinhui.com)

<b>Modelo: YB-41</b>			
			
<b>Voltaje.</b>	<b>Temperatura de color</b>	<b>Casquillo.</b>	<b>Color de tubo</b>
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	
<b>Potencias (W)</b>	<b>Flujo Luminoso (lm)</b>	<b>Diámetro A(mm)</b>	<b>Longitud L(mm)</b>
5	250	46	119
7	350	46	124
9	450	46	134
11	550	46	139
13	650	46	144
15	750	46	149

<b>Modelo: YB-43</b>			
			
<b>Voltaje.</b>	<b>Temperatura de color</b>	<b>Casquillo.</b>	<b>Color de tubo</b>
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	
<b>Potencias (W)</b>	<b>Flujo Luminoso (lm)</b>	<b>Diámetro A(mm)</b>	<b>Longitud L(mm)</b>
11	550	52	134
13	650	52	144
15	750	52	153
18	900	52	159
20	1000	52	164
22	1100	52	169
24	1200	52	174
26	1300	52	179

Fuente [www.Jinhui.com](http://www.Jinhui.com)

<b>Modelo: YB-51</b>			
			
<b>Voltaje.</b>	<b>Temperatura de color</b>	<b>Casquillo.</b>	<b>Color de tubo</b>
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	
<b>Potencias (W)</b>	<b>Flujo Luminoso (lm)</b>	<b>Diámetro A(mm)</b>	<b>Longitud L(mm)</b>
11	550	58	143
13	650	58	153
15	750	58	162
18	900	58	168
20	1000	58	173
22	1100	58	178
24	1200	58	183
26	1300	58	188

<b>Modelo: YB-76</b>			
			
<b>Voltaje.</b>	<b>Temperatura de color</b>	<b>Casquillo.</b>	<b>Color de tubo</b>
100-240V 50-60Hz	2700K - 6400K	E26, B22, E27	
<b>Potencias (W)</b>	<b>Flujo Luminoso (lm)</b>	<b>Diámetro A(mm)</b>	<b>Longitud L(mm)</b>
13	650	48	142
15	750	48	147
18	900	48	157
20	1000	48	162
22	1100	48	167
24	1200	48	172

Fuente [www.Jinhui.com](http://www.Jinhui.com)

## **Anexo 2**

### **Distorsión armónica**

En el estudio de la calidad de la energía se habla de la distorsión armónica es necesario tomar como base los siguientes conceptos y definiciones.

#### **Definición de armónicas**

Este concepto proviene del teorema de Fourier y define que bajo ciertas condiciones analíticas, una función periódica cualquiera puede considerarse integrada por una suma de funciones senoidales, denominada también señal fundamental, del mismo periodo y frecuencia que la función original.

Las ondas simétricas contiene únicamente armónicas impares, mientras que para ondas asimétricas existirán tanto armónicas pares como impares.

#### **Distorsión armónica.**

En un sistema de potencia eléctrica, los aparatos y equipos que se conectan a él, tanto por la propia empresa como por los clientes, están diseñados para operar a 60 Hz con una tensión y corriente senoidal.

Los armónicos se definen habitualmente con los dos datos más importantes que les caracterizan, que son:

Su amplitud: hace referencia al valor de la tensión o intensidad del armónico su orden: hace referencia al valor de su frecuencia referido a la fundamental (60 Hz). Así, un armónico de orden 3 tiene una frecuencia 3 veces superior a la fundamental,

#### **Cargas no lineales.**

Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como: variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc.

### **Origen de los armónicos.**

Debido a cargas no lineales en las que la corriente que fluye por ellas no es proporcional a la tensión.

Elementos que pueden generar armónicos son aquellos que tienen una impedancia dependiente de la frecuencia.

Como Este estudio se enfoca a las afectaciones eléctricas provocadas por las lámparas ahorradoras de energía, por tal motivo solo estudiaremos a estas mismas. Debido a que en su diseño presentan un balastro electrónico los cuales operan entre 20 KHz y 60KHz, provocando de esta manera que su impedancia no sea constante debido a que no está en función de la tensión, si no de su frecuencia.

### **Principales problemas causados por corrientes armónicas.**

Algunos de los efectos producidos por el flujo de corrientes armónicas son:

- Aumento en las pérdidas por efecto Joule ( $I^2R$ )
- Sobre calentamiento en conductores del neutro
- Sobre calentamiento en motores, transformadores y cables, reduciendo su vida
- Vibración en motores y generadores
- Falla en banco de capacitores

- Falla de transformadores

Efectos resonancia que amplifican los problemas mencionados anteriormente y pueden provocar incidentes eléctricos, mal funcionamiento y fallo destructivo de equipos de potencia y control

### **Problemas de funcionamiento en dispositivos electrónicos sensibles**

#### **Interferencia en sistemas de telecomunicaciones**

Afectaciones en las condiciones de conmutación de los tiristores por el desplazamiento del cruce por cero de la onda de tensión Los armónicos son causantes de numerosos problemas de operación en los sistemas de protección.

#### **Efecto en el conductor del neutro**

Uno de los grandes problemas que se tienen es que por el conductor del hilo neutro las corrientes armónicas tienden a circular provocando flujos de corrientes que en la práctica pueden alcanzar valores eficaces de valor doble que la corriente en las fases.

#### **Efecto en los capacitares**

La impedancia de los capacitores disminuye al aumentar la frecuencia.

#### **Efectos en los equipos electrónicos sensibles.**

Existen además equipos electrónicos que necesitan censar las magnitudes de fase para tener una noción de tiempo con respecto a los comienzos de los períodos de las corrientes y tensiones de alimentación. Normalmente basan su funcionamiento

en la detección del cruce por cero de las magnitudes que chequean.

### Efecto en los transformadores

Aunque los transformadores son dimensionados para la operación con cargas de 60 Hz, cuando estos alimentan cargas no lineales evidencian un incremento notable en sus pérdidas; tanto en las de núcleo como las de cobre.

Los transformadores están diseñados para operar a tensión y frecuencia nominales. El flujo de corrientes armónicas provoca sobrecalentamiento por:

- Incremento de pérdidas por histéresis del núcleo
- Incremento del flujo de corrientes de secuencia cero por los devanados en delta
- Incremento de corrientes parasitas por los devanados y el núcleo

Por cada 8° a 10° C de incremento de temperatura de operación, puede bajar a la mitad la vida media de un transformador.

La tabla siguiente muestra las pérdidas de eficiencia, por mayor consumo de energía, en cálculos efectuados con transformadores estándar sometidos a flujo de corrientes armónicas.

Distorsión armónica THD %	Perdidas en $I^2 R$ %	Perdidas en el núcleo %	Eficiencia %
0	2.5	2.5	95
10	2.5	5.2	92.2
20	2.5	8	89.4
30	2.5	10.8	86.6
40	2.5	13.5	83.9
50	2.5	16.3	81.1
60	2.5	19.1	78.3
70	2.5	21.9	75.5
80	2.5	24.6	72.8
90	2.5	27.4	70
100	2.5	30.2	67.2

## Límites de distorsión en Tensión

El suministrador es responsable de mantener la calidad de tensión en el sistema global, especificándose los límites para diferentes niveles de tensión.

Es importante notar que la definición de la distorsión armónica total THD que se utiliza es diferente a la convencional ya que se expresa la distorsión en función a la tensión nominal, que es un valor constante para cada usuario, estableciéndose así, una base fija de evaluación a lo largo del tiempo.

Límite de THD de tensión según norma IEEE 519 (a)

LÍMITES DE DISTORCION ARMONICA DE TENSION EN% DE TENSION NOMINAL		
Nivel de tensión en la acometida (Vn)	Distorsión armónica individual	Distorsión armónica total THD Vn
$V_n < 69\text{Kv}$	3%	5%
$69\text{kv} < V_n < 16\text{kv}$	1.5%	2.5%
$V_n > 161$	1%	2.5%

Límites de THD de tensión según norma IEEE 519 (b)

LÍMITES DE DISTORCION ARMONICA DE TENSION EN% DE TENSION NOMINAL		
Nivel de tensión en la acometida (Vn)	Distorsión armónica individual	Distorsión armónica total THD Vn
$V_n > 1\text{Kv}$	5%	8%
$1\text{kv} < V_n < 6\text{kv}$	3.00%	5%
$69\text{Kv} < V_n < 138\text{Kv}$	2%	2.0%
$V_n > 138\text{Kv}$	1%	1.50%



### Limites de distorsión de corriente.

Todos los equipos de generación de energía están limitados a estos valores de corriente, sin importar la relación  $I_{cc}/IL$ .

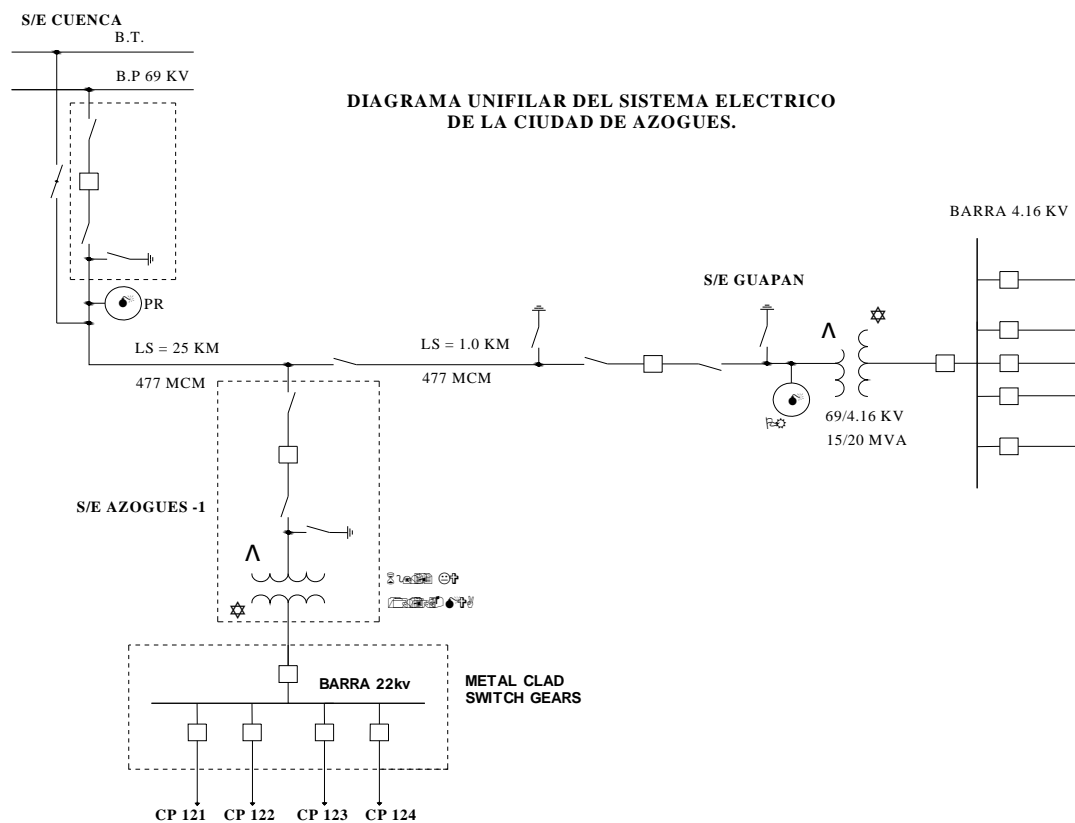
Límites de la corriente armónica en corriente en la acometida

LÍMITES DE LA CORRIENTE ARMÓNICA EN CORRIENTE EN LA ACOMETIDA						
ICC	TDD	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$h \geq 35$
$V_n \leq 69 \text{Kv}$						
$I_{cc}/IL < 20$	5%	4%	2%	1.50%	5%	5%
$20 \leq I_{cc}/IL < 50$	8%	7%	3.5%	2.55	5%	5%
$50 \leq I_{cc}/IL < 100$	12%	10%	4.5%	4%	5%	5%
$100 \leq I_{cc}/IL < 1000$	15%	12%	5.5%	5%	5%	5%
$I_{cc}/IL > 1000$	20%	15%	7%	6%	5%	5%
$69 \text{Kv} < V_n \leq 161 \text{Kv}$						
$I_{cc}/IL < 20$	2.5%	2%	1%	0.75%	0.30%	0.15%
$20 \leq I_{cc}/IL < 50$	4%	3.50%	1.75%	1.25%	0.50%	0.25%
$50 \leq I_{cc}/IL < 100$	6%	5%	2.25%	2%	0.75%	0.35%
$100 \leq I_{cc}/IL < 1000$	7.5%	6%	2.75%	2.50%	1%	0.50%
$I_{cc}/IL > 1000$	10%	7.50%	3.50%	3%	1.25%	0.70%
$V_n > 161 \text{Kv}$						
$I_{cc}/IL < 50$	3.5%	2%	1%	0.75%	0.30%	0.15%
$I_{cc}/IL \geq 50$	3.75%	3%	1.5%	1.15%	0.45%	0.22%

Para las armónicas pares, los límites son el 25% de los valores especificados en la tabla.

## Anexo 3

## Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la Empresa Eléctrica Azogues.



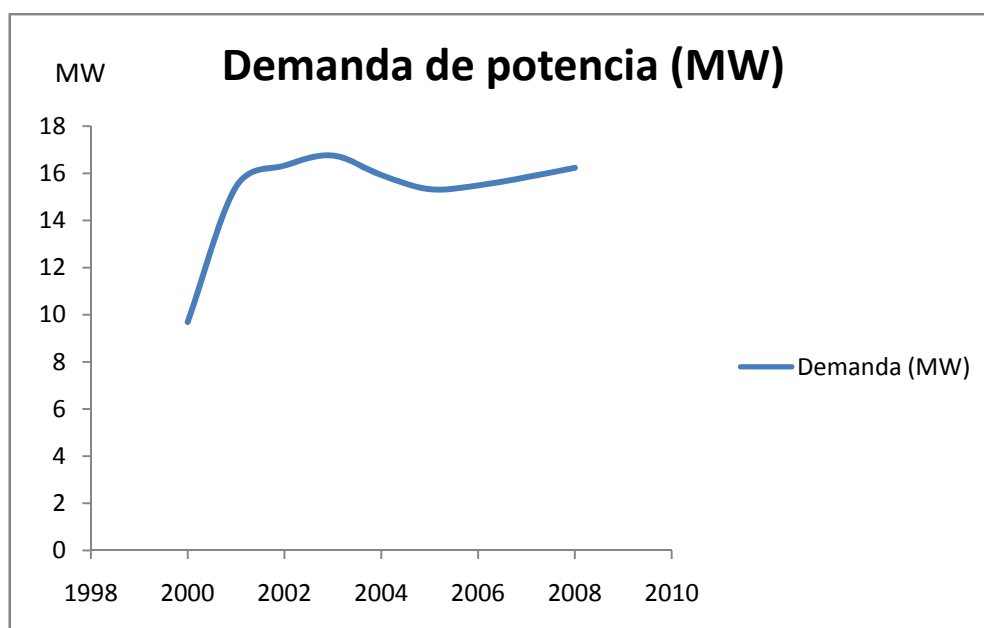
Fuente. Empresa Eléctrica Azogues

#### Anexo 4

### **Demanda máxima de la empresa eléctrica Azogues según el CONELEC**

**Desde el año 2000 hasta 2009.**

Una forma de poder conocer como ha sido el comportamiento de la demanda de potencia del sistema eléctrico de la ciudad de Azogues es recurrir a las entidades encargadas de manejar y reglamentar el sistema eléctrico nacional en este caso recurrimos Al portal WEB de CONELEC en donde obtuvimos las siguientes tablas y graficas de lo que cada empresa ha demandado en términos de potencia anualmente hasta el 2009.



Fuente. [www.conelec.org.ec](http://www.conelec.org.ec)

<b>Demanda Máxima Por Distribuidora (MW)</b>											
Distribuidora	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999
Ambato	84,79	94,85	97,88	104,98	93,11	87,36	84,01	64,57	62,8	60,63	58,64
Azogues	16,13	16,24	15,84	15,49	15,33	15,93	16,76	16,33	15,43	9,69	9,43
Centro Sur	135,07	132,93	127,54	132,34	138,33	136,09	142,99	126,02	102,29	101,1	91,74
CNEL-Bolívar	14,38	13,98	14,18	13,56	13,48	13,08	12,87	12,49	11,88	11,92	12,02
CNEL-El Oro	105,54	101,9	101,04	97,45	93,35	88,09	82,09	77,28	72,29	72,87	71,07
CNEL-Esmeraldas	75,04	70,19	65,33	71,65	65,46	63,76	60,72	53,79	46,88	47,97	48,8
CNEL-Guayas-Los Ríos	218,7	213,97	194,4	192,62	204,05	174,4	142,03	129,36	136,83	134,08	133,4
los Ríos CENEL	61,69	53,97	53,57	51,68	49,01	49,09	46,38	58,2	39,08	37,72	38,08
CNEL-Manabí	205,57	206,08	194,51	188,6	169,89	167,82	155,78	141,17	129,88	127,24	125,32
CNEL-Milagro	89,89	91,47	90,42	100,47	95,32	88,25	76,11	62,15	59	58,8	57,44
CNEL-Sta. Elena	70,82	73,58	73,58	79,11	70,63	66,95	62,44	56,98	56,17	54,9	54,1
CNEL-Sto. Domingo	70,42	68,17	66,82	61,6	58,65	56,4	52,88	49,12	47,4	45,32	45,4
CNEL-Sucumbíos	33,67	31,39	29,11	24,37	23,3	21,99	19,98	18,32	16,25	15,38	13,8
Cotopaxi	56,88	56,4	56,99	58,11	51,23	50,04	46,32	45,08	38,28	38,07	36,54
Eléctrica de Guayaquil	738,06	706,22	682,64	713,64	662,17	657,1	596,66	574,32	525,82	530,27	538,44
Galápagos	5,79	5,47	5,09	4,98	4,47	4,39	3,95	3,72	3,85	3,93	3,88
Norte	84,95	80,67	78,41	77,94	72,48	72,68	73,23	68,02	64,8	64,86	64,26
Quito	624,54	615,26	589,71	568,89	551,28	538,46	512,86	505,34	475,11	450,08	442,91
Riobamba	51,71	52,63	50,92	49,63	49,6	47,62	40,3	40,15	39,64	40,36	39,1
Sur	47,34	47,94	47,2	45,59	42,24	41,21	39,33	37,28	36,28	35,38	35,7
Demanda Máxima no coincidente	2.790,96	2.733,31	2.635,19	2.652,67	2.523,37	2.440,71	2.267,70	2.139,72	1.979,94	1.940,57	1.920,07
Variación	2,11	3,72	-0,66	5,12	3,39	7,63	5,98	8,07	2,03	1,07	

Fuente. www.conelec.org.ec

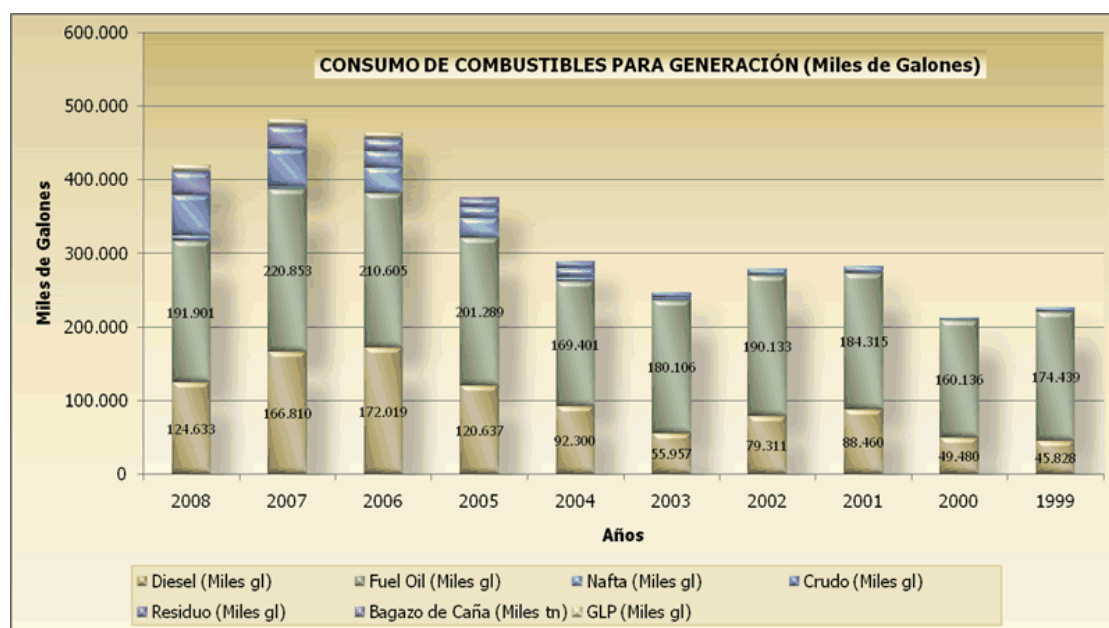
## Anexo 5

### Cantidad de combustible usado para la generación en el ecuador

Desde el año 2000 hasta 2009.

Para poder analizar lo referente al despacho económico tras el uso de LFCs es necesario analizar la cantidad de combustible que se ha utilizado a lo largo de los últimos años para la generación eléctrica mediante las unidades térmicas es por tal motivo que recurrimos a la entidad en encargada de operar el sistema eléctrico (CENACE) el cual nos facilita las siguientes tablas y graficas. Con lo cual podemos darnos cuenta como ha sido el consumo de los combustibles a lo largo de los años además de hacernos notar que no solo el diesel es el principal combustible utilizado para estos fines.

En la siguiente grafica se aprecia como se ha dado la el incremento del uso de combustibles sobre todo desde el 2004 en adelante llegando hasta al máximo en el 2007. Pero del 2007 al 2008 existe una reducción considerable lo que se supone es gracias a la campaña de sustitución de focos ahorradores por incandescentes en todo el ecuador.



Fuente. [www.conelec.org.ec](http://www.conelec.org.ec)

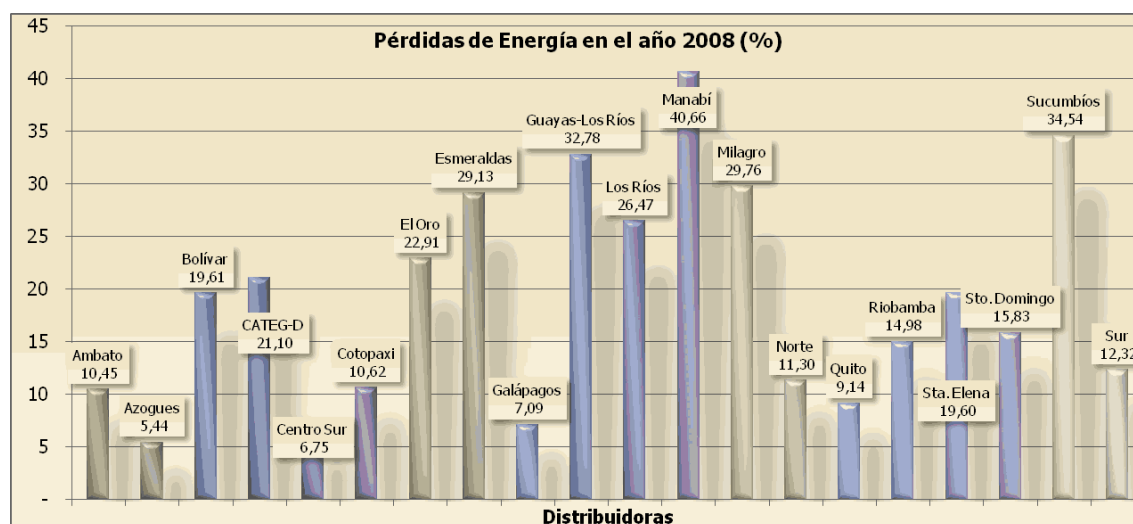
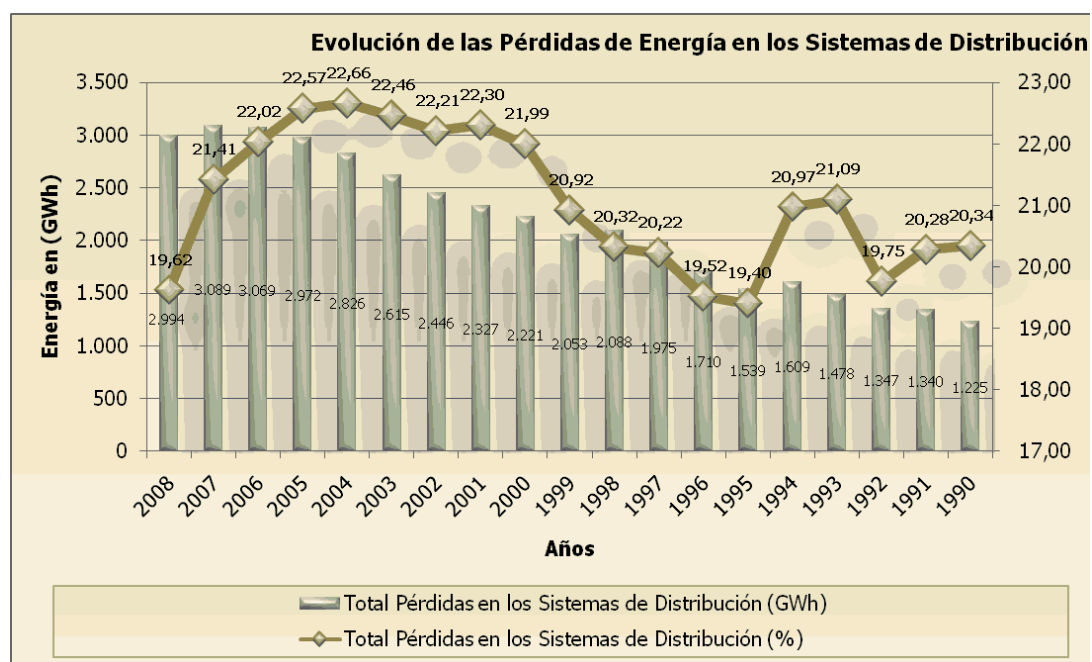
Consumo de Combustibles en Generación (Millones)																
Año	Diesel 2 (Gal)	Var (%)	FUEL OIL (Gal)	Var (%)	Nafta (Gal)	Var (%)	Crudo (Gal)	Var (%)	Residuo (Gal)	Var (%)	Gas Natural (Mpc)	Var (%)	Bagazo de caña (Tn)	Var (%)	GPL (Gl)	Var (%)
2009	207,92	66,83%	226,48	18,02%	9,95	25,42%	56,88	3,42%	38,95	26,66%	18,1	12,56%	0,84	- 36,29%	7,58	- 11,64%
2008	124,63	-25,27%	191,9	-13,11%	7,94	98,21%	54,99	8,06%	30,75	4,47%	16,08	- 12,48%	1,31	- 32,34%	8,58	3,73%
2007	166,79	-3,04%	220,85	4,87%	4	-88,37%	50,89	125,80%	29,43	87,94%	18,37	16,88%	1,94	46,12%	8,28	9,07%
2006	172,02	42,59%	210,61	4,63%	34,44	29,94%	22,54	49,67%	15,66	46,98%	15,72	19,55%	1,33	- 35,34%	7,59	-
2005	120,64	30,70%	201,29	18,82%	26,5	358,33%	15,06	15,88%	10,66	19,66%	13,15	16,14%	2,05	-	-	-
2004	92,3	64,95%	169,4	-5,94%	5,78	73,12%	12,99	93,63%	8,9	-	11,32	26,94%	-	-	-	-
2003	55,96	-29,45%	180,11	-5,27%	3,34	-62,59%	6,71	23,20%	-	-	8,92	74,51%	-	-	-	-
2002	79,31	-10,34%	190,13	3,16%	8,93	-8,94%	5,45	-	-	-	5,11	-	-	-	-	-
2001	88,46	78,78%	184,31	15,10%	9,81	269,22%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	49,48	7,97%	160,14	-8,20%	2,66	-53,29%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	45,83	-60,73%	174,44	-1,55%	5,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	116,71	12,15%	177,19	2,36%	-	100,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	104,06	17,37%	173,11	20,34%	10,96	136,38%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	88,66	-13,73%	143,85	10,23%	4,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	102,78	183,28%	160,24	73,50%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	36,28	-4,24%	92,36	-3,51%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	37,89	-24,94%	95,72	-26,14%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	50,48	73,05%	129,6	9,53%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	29,17	-3,66%	118,32	45,50%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	30,28		81,32		-											

Fuente. [www.conelec.org](http://www.conelec.org)

## Anexo 6

### Perdidas de energía.

Como todo sistema eléctrico siempre existe pérdidas es esencial también recurrir a las estadísticas que el CONELEC proporciona para poder analizar cómo han evolucionado o se han mantenido y con esto podemos determinar la influencia de las pérdidas en nuestro estudio.



Fuente. [www.conelec.org.ec](http://www.conelec.org.ec)

<b>PERDIDAS DE ENERGÍA EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN (GWH)</b>									
	<b>2008</b>	<b>2007</b>	<b>2006</b>	<b>2005</b>	<b>2004</b>	<b>2003</b>	<b>2002</b>	<b>2001</b>	<b>2000</b>
<b>Ambato</b>	45.07	50.62	54.81	53.48	55.12	45.26	42.25	39.85	37.73
<b>Azogues</b>	4.7	Fuente. www.conelec.org.ec			3	5.34	5.42	5.91	5.34
<b>Bolívar</b>	11.4				5	10.65	10.87	8.36	9.2
<b>CATEG-D(ExEMELEC)</b>	894.08	935.92	994.16	934.01	865.06	811.65	815.98	747.77	728.01
<b>Centro Sur</b>	48.6	65.38	59.06	58.56	48.58	48.43	47.89	57.05	50.67
<b>Cotopaxi</b>	33.52	35.27	36.37	35.88	38.88	35.54	33.07	30.58	33.23
<b>El Oro</b>	138.13	147.32	154.67	150.26	138.79	124.03	106.17	97.07	104.04
<b>Esmeraldas</b>	115.6	119.63	115.87	104.26	94.72	85.2	72.34	70.34	54.26
<b>Galápagos</b>	2.09	2.32	2.56	1.79	1.69	2	1.97	1.85	1.6
<b>Guayas-LosRios</b>	376.62	376.54	333.54	314.79	313.05	295.39	275.74	262.12	242.54
<b>Los Ríos</b>	76.58	90.28	76.94	76	65.72	62.34	54.23	50.89	45.27
<b>Manabí</b>	478	452.76	419.87	368.11	313.16	265.48	215.46	192.08	203.87
<b>Milagro</b>	153.58	165.96	160.32	156.18	142.29	135.37	131.34	118.15	82.78
<b>Norte</b>	49.7	51.63	52.2	51.22	54.52	56.53	54.44	52.11	53.21
<b>Quito</b>	312.6	318.64	343.69	393.51	433.7	407.76	387.88	397	389.48
<b>Riobamba</b>	37.95	35.76	37.79	35.5	34.79	34.9	31.62	32.46	29.4
<b>Sta. Elena</b>	74.51	76.86	81.99	94.55	91.32	77.86	63.92	64.4	53.76
<b>Sto. Domingo</b>	59.72	60.39	55.68	54.67	54.53	53.31	45.24	57.01	52.09
<b>Sucumbíos</b>	54.81	59.74	47.02	47.74	36.27	32.15	25.7	18.8	18.54
<b>Sur</b>	28.38	27.66	27.88	27.09	26.92	25.57	24.77	23.39	25.83
<b>total</b>	<b>2995.75</b>	<b>3088.98</b>	<b>3069.18</b>	<b>2972.06</b>	<b>2825.89</b>	<b>2614.76</b>	<b>2446.3</b>	<b>2327.19</b>	<b>2220.85</b>

Fuente. www.conelec.org.ec



**Anexo 7.****Precio de los combustibles vigentes desde enero del 2006 hasta enero del 2010.**

Finalmente para poder definir ahorros en combustible usado en generación térmica es necesario tomar en cuenta los precios de los mismos según Petro Comercial.

Pero los precios según el decreto ejecutivo 338 son los siguientes.

<b>Productos</b>	<b>Precios USD/Glns</b>	<b>Decreto Ejecutivo 338</b>
Residuo Eléctrico	0.293334	Art. 11,Art. 12
Diluyente mezcla	0.900704	Art. 11,Art. 12
Nafta Sector Eléctrico	0.733264	Art. 11,Art. 16
Diesel	0.900704	Art. 11
Fuel Oil	0.5376	Art. 11

Fuente. [www.conelec.org.ec](http://www.conelec.org.ec)

**Anexo 8.****Dirección de tarifas****Tarifa de la dignidad año 2009 y enero – febrero del 2010.**

Empresas	2009	Enero		Febrero	
		Abonados	Valor	Abonados	Valor
Ambato	2,638,662	125,171	245,874	126,230	238,183
Azogues	383,799	17,875	32,735	11,966	27,759
Bolívar	726,437	37,849	65,766	37,863	61,098
CATEG	3,990,281	174,250	624,017	229,942	385,709
Centro sur	2,940,139	175,864	283,817	171,790	259,661
Cotopaxi	1,466,552	70,582	132,928	70,793	124,844
El Oro	3,347,561	117,194	271,941	118,966	251,891
EMELGU R	3,352,431	135,722	224,525	146,703	270,797
Esmeraldas	1,266,198	62,195	111,544	61,573	111,868
Galápagos	46,418	2,691	1,928	3,292	6,691
Los Ríos	1,585,184	53,814	171,241	53,574	156,447
Manabí	3,016,276	163,905	275,549	160,678	242,721
Milagro	1,917,224	67,938	145,062	79,189	194,952
Norte	2,811,263	125,517	225,203	126,234	229,383
Quito	2,569,010	312,625	294,259	312,625	294,259
Riobamba	1,842,546	98,024	165,860	97,504	163,400
Sta. Elena	1,240,258	54,241	107,273	55,329	90,185
Sto. Domingo	2,345,838	78,825	190,947	84,454	192,555
Sucumbíos	777,902	34,767	74,818	34,483	66,740
Sur	2,072,341	99,466	176,464	97,961	180,623
<b>Total</b>	<b>40,336,322.1 2</b>	<b>2,008,515.0 0</b>	<b>3,821,753.0 8</b>	<b>2,081,149.0 0</b>	<b>3,549,765.8 5</b>

Fuente. [www.conelec.org.ec](http://www.conelec.org.ec)