

SISTEMA DE GESTION ENERGETICA PARA CAMPUS TERNERA UTB

GUSTAVO ÁVILA GARCÍA

STEPHANIA SOTO NAME

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA  
CARTAGENA DE INDIAS DISTRITO TURISTICO Y CULTURAL

2011

SISTEMA DE GESTION ENERGETICA PARA CAMPUS TERNERA UTB

PROPUESTA PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO

JAVIER CAMPILLO JIMENEZ

ING. ELECTRONICO

ENRIQUE VANEGAS CASADIEGO

ING. ELECTRICISTA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA  
CARTAGENA DE INDIAS DISTRITO TURISTICO Y CULTURAL

2011

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Cartagena de indias D. T. Y C., \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2011

## AGRADECIMIENTOS

STEPHANIA SOTO NAME

Como primera instancia quiero darle las gracias a DIOS, por permitirme llegar hasta este momento de mi vida. A mis padres por darme la oportunidad de alcanzar este logro, a la vez que por brindarme su apoyo incondicional cuando más lo he necesitado. También es la oportunidad de agradecerle a mi director de tesis, el profesor Javier Campillo, quien siempre estuvo presente brindando su apoyo y conocimiento, al igual que el profesor Enrique Vanegas.

De igual forma agradezco a mi compañero de tesis, por ser apoyo en momentos difíciles. Y por último y no menos importante a todas y cada una de esas personas que hacen parte de la UTB y que de una u otra forma nos brindaron su ayuda en este proceso largo y arduo, como son el personal de mantenimiento, personal administrativo, profesores, entre otros.

Y mi agradecimiento más grande es a mi hija, por ser ese motorcito impulsor de cada día, que da las fuerzas para enfrentarse a todo.

## AGRADECIMIENTOS

GUSTAVO ADOLFO AVILA GARCIA

Doy gracias primeramente a dios, y a mis padres por haberme permitido alcanzar esta meta en mi vida, de igual forma le agradezco a mi director de tesis ingeniero JAVIER CAMPILLO por haberme brindado todo su tiempo y apoyo para poder realizar este trabajo de grado, a mi profesor Óscar Segundo Acuña Camacho por haber sido quien de una u otra forma me impulso a mi buen desarrollo como profesional, a mis compañeros de estudio por brindarme su apoyo en los momentos que mas los necesite.

A ellos y todas aquellas personas que no mencionamos, y que de una u otra forma nos colaboraron para que esta tesis fuera un éxito.

Muchas gracias

**Cartagena de Indias, 5 de Julio de 2011**

**Señores**

**Comité curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica**

**Universidad Tecnológica de Bolívar**

**L. C.**

Respetados señores:

Por medio de la presente nos permitimos informarles que el trabajo de grado titulado **“SISTEMA DE GESTION ENERGETICA PARA CAMPUS TERNERA UTB”** ha sido desarrollada de acuerdo a los objetivos y justificaciones establecidas con anterioridad.

Como autores de la monografía consideramos que el trabajo investigativo es satisfactorio y merece ser presentado para su evaluación.

Atentamente

---

Stephania Soto Name

---

Gustavo A. Ávila García

**Cartagena de Indias, 5 de Julio de 2011**

**Señores**

**Comité curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica**

**Universidad Tecnológica de Bolívar**

**L. C.**

Respetados señores:

Por medio de la presente me permito informarles que he llevado a cabo la dirección del trabajo de grado de los estudiantes Stephania Soto Name y Gustavo Avila Garcia, trabajo de grado titulado **“SISTEMA DE GESTION ENERGETICA PARA CAMPUS TERNERA UTB”**.

Atentamente

---

Javier Campillo Jiménez

---

Enrique Vanegas Casadiego

**Cartagena de Indias, 5 de Julio de 2011**

**Señores**

**Comité curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica**

**Universidad Tecnológica de Bolívar**

**L. C.**

AUTORIZACIÓN

Yo, STEPHANIA SOTO NAME, identificada con Cédula de Ciudadanía # 1.047.392.309 de Cartagena, autorizo a la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR para el uso de nuestro trabajo de grado titulado "SISTEMA DE GESTION ENERGETICA PARA CAMPUS TERNERA UTB" y para su publicación en el Catálogo online de su biblioteca.

Atentamente

---

Stephania Soto Name

CC. # 1.047.392.309 de Cartagena

**Cartagena de Indias, 5 de Julio de 2011**

**Señores**

**Comité curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica**

**Universidad Tecnológica de Bolívar**

**L. C.**

AUTORIZACIÓN

Yo, GUSTAVO A. AVILA GARCIA, identificado con Cédula de Ciudadanía # 1.128.049.289 de Cartagena, autorizo a la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR para el uso de nuestro trabajo de grado titulado "SISTEMA DE GESTION ENERGETICA PARA CAMPUS TERNERA UTB" y para su publicación en el Catálogo online de su biblioteca.

Atentamente

---

Gustavo A. Ávila García

CC. 1.128.049.289 de Cartagena

## CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN.....	13
1.1	CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA.....	13
1.2	CONSUMO DE ENERGÍA AMÉRICA LATINA.....	14
1.3	CONSUMO DE ENERGÍA COLOMBIA.....	14
1.4	SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA.....	15
1.5	CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS.....	16
1.6	EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	17
1.6.1	<b>Definición y generalidades.....</b>	<b>17</b>
1.6.2	<b>Tendencias mundiales en eficiencia energética.....</b>	<b>17</b>
1.6.3	<b>Eficiencia energética en Colombia.....</b>	<b>19</b>
1.6.4	<b>Situación en Cartagena.....</b>	<b>19</b>
2.	CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL CAMPUS TECNOLÓGICO UTB.....	20
2.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CAMPUS.....	20
2.2	CONSUMO GENERAL DE ENERGÍA.....	20
2.3	CONSUMO DETALLADO DE ENERGÍA.....	21
2.3.1	Aires Acondicionados.....	21
2.3.2	Iluminación.....	22
2.3.3	Computadores.....	22
2.3.4	Otros.....	22
2.3.5	Carga base.....	22
2.4	PLAN DE EXPANSIÓN.....	23
2.4.1	Descripción del proyecto.....	23
2.4.2	Proyecciones de consumo eléctrico.....	23
3.	EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO ENERGÉTICO.....	25
3.1	METODOLOGÍA Y EQUIPOS DE MEDICIÓN.....	25
3.2	ILUMINACIÓN INTERIOR Y EXTERIOR.....	25
3.2.1	Tecnologías y características.....	25
3.2.2	Pruebas de operación.....	31
3.3	AIRES ACONDICIONADOS.....	32
3.3.1	Tecnologías y características.....	33
3.4	COMPUTADORES.....	38
3.5	AGUA.....	41
3.5.1	Tecnologías en bombeo.....	41
3.5.2	Sistemas de control.....	43
3.6	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	44

<b>4.</b>	<b>OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1</b>	<b>ILUMINACIÓN .....</b>	<b>46</b>
4.1.1	Sustitución de luminarias T12.....	46
4.1.2	Circuitos temporizados para baños y pasillos.....	47
4.1.3	Priorización de áreas para iluminación exterior .....	52
4.1.4	Sistemas de control/temporización de circuitos de iluminación(interior & exterior) .....	52
<b>4.2</b>	<b>AIRES ACONDICIONADOS .....</b>	<b>54</b>
4.2.1	Aislamiento térmico de espacios .....	54
4.2.2	Sustitución de aires acondicionados >15 años .....	55
<b>4.3</b>	<b>COMPUTADORES.....</b>	<b>57</b>
4.3.1	Sistema de administración de energía .....	57
4.3.2	Sustitución de Desktops por Laptops .....	61
<b>4.4</b>	<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN .....</b>	<b>63</b>
4.4.1	Compensación de factor de potencia .....	63
<b>4.5</b>	<b>SISTEMA DE CONTROL &amp; MONITOREO.....</b>	<b>63</b>
4.5.1	Plataformas de administración .....	64
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES &amp; RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>6.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>68</b>
<b>A.1</b>	<b>GRÁFICAS DE REGISTROS HISTÓRICOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	<b>68</b>
<b>A.2</b>	<b>INVENTARIO DE EQUIPOS (LUMINARIAS, AIRES ACONDICIONADOS, COMPUTADORES) CON TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO.....</b>	<b>69</b>
A.2.1	Aires Acondicionados .....	69
A.2.2	Computadores .....	70
A.2.3	Luminarias.....	71
<b>A.3</b>	<b>TABLA DE VALORES RECOMENDADOS DE ILUMINACIÓN RETILAP.....</b>	<b>72</b>
<b>A.4</b>	<b>EQUIPOS DE MEDICIÓN (FICHAS TÉCNICAS) .....</b>	<b>74</b>
<b>A.5</b>	<b>DISEÑO ELÉCTRICO NUEVA SEDE.....</b>	<b>80</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>88</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos expresados en cuatrillones de unidades térmicas inglesas.....	13
Tabla 2. Principales tecnologías y características de lámparas .....	26
Tabla 3. Tipos de luminarias.....	31
Tabla 4. Resultados de la prueba de operación .....	32
Tabla 5. Comparación entre sistemas de aires acondicionados.....	35
Tabla 6. Componentes y controladores de un Chiller.....	37
Tabla 7. Comparación entre monitores LCD y CRT.....	39
Tabla 8. Consumo de cada parte de un computador .....	40
Tabla 9. Información de luminarias y balastos .....	46
Tabla 10. Ahorros de energía asociados a la implementación de sensores de ocupación en diferentes espacios .....	48
Tabla 11. Potencial de costo ahorro con sensores de ocupación.....	49
Tabla 12. Tecnologías de sensores .....	50
Tabla 13. Tipos de sensores .....	51
Tabla 14. Comparación entre diferentes EER.....	55
Tabla 15. Comparación de ahorros año a año entre EER 10 y 13 .....	56
Tabla 16. Definición de conceptos .....	57
Tabla 17. Consumo por circuitos laboratorio de electrónica. ....	58
Tabla 18. Consumo por circuitos laboratorio de electrónica en modo ahorro. ....	60
Tabla 19. Bancos de condensadores elegidos para cada tablero.....	63

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tipos de distribuciones y aplicaciones .....	26
Figura 2. Características de deslumbramiento .....	27
Figura 3. Grados de protección.....	29
Figura 4. Proceso de bombeo .....	44

## LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 3. Distribución de consumo en la UTB .....	17
Gráfica 4. Promedio de consumo de Energía.....	21
Gráfica 5. Consumo detallado de Energía .....	21
Gráfica 6. Proyección de consumo al 2014.....	24
Gráfica 7. Proyección de consumo \$ al 2014.....	24
Gráfica 8. Análisis de costo beneficio .....	47
Gráfica 9. Comparación entre ahorros.....	47
Gráfica 10. Retorno de la inversión EER10 vs EER13 .....	56
Gráfica 11. Consumo de Energía eléctrica del 2006 al 2010.....	68
Gráfica 12. Promedio de consumo de energía eléctrica en los últimos 5 años.....	68
Gráfica 13. Costo del consumo de energía eléctrica del 2008 al 2010.....	69

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Comportamiento de la demanda mensual de energía.....	16
Ilustración 2. Sistema de enfriamiento por Chillers.....	33
Ilustración 3. Sistema de enfriamiento Split.....	34
Ilustración 4. Sistema de enfriamiento Multi-split.....	34
Ilustración 5. Esquema Metasys.....	65

## 1. INTRODUCCIÓN.

### 1.1 CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA.

Existe una relación directa entre el consumo, disponibilidad de los recursos energéticos y el nivel de desarrollo de la sociedad humana, esto debido a que vivimos en una sociedad que se podría denominar como "energico dependiente".

Históricamente, los países más desarrollados han demostrado un considerable consumo de recursos energéticos, comparado con países en vías de desarrollo. Esto se debe principalmente a la actividad industrial y crecimiento urbano de los mismos; sin embargo, la tendencia de desarrollo mundial apunta a que los países en vías de desarrollo inicien un proceso de aumento de consumo energético mucho mayor, impulsado por el crecimiento de sus economías.

Según estudios realizados por la IEA<sup>1</sup>, en el marco de la organización para la cooperación y el desarrollo económico, el consumo de energía en el mundo se incrementará en un 57% entre 2004 y 2030. Gran parte de este incremento será producido por el cambio experimentado en los países con economías emergentes.

En el informe "IEA 2010" se prevé que el consumo de energía en el mercado experimente un incremento medio de un 2,5% por año hasta 2030 en los países ajenos a la OCDE<sup>2</sup>, mientras que en los países miembros será tan solo del 0,6%; así, durante este periodo, los países OCDE incrementarán su demanda energética en un 24%, mientras que el resto de países lo harán al 95%. En cifras, el crecimiento del uso total de energía en el mundo se muestra en la Tabla 1.

Region	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Average Annual Percent Change, 2005-2030
<b>OECD</b> .....	<b>240.9</b>	<b>249.7</b>	<b>260.5</b>	<b>269.0</b>	<b>277.6</b>	<b>285.9</b>	<b>0.7</b>
North America .....	121.3	126.4	132.3	137.8	143.4	148.9	0.8
Europe .....	81.4	83.9	86.8	88.5	90.4	92.0	0.5
Asia .....	38.2	39.3	41.4	42.7	43.7	44.9	0.7
<b>Non-OECD</b> .....	<b>221.3</b>	<b>262.8</b>	<b>302.5</b>	<b>339.4</b>	<b>374.2</b>	<b>408.8</b>	<b>2.5</b>
Europe and Eurasia .....	50.7	55.1	59.5	63.3	66.0	69.1	1.2
Asia .....	109.9	137.1	164.2	189.4	215.3	240.8	3.2
Middle East .....	22.9	26.4	29.5	32.6	34.7	36.8	1.9
Africa .....	14.4	16.5	18.9	20.9	22.5	23.9	2.0
Central and South America .....	23.4	27.7	30.5	33.2	35.7	38.3	2.0
<b>Total World</b> .....	<b>462.2</b>	<b>512.5</b>	<b>563.0</b>	<b>608.4</b>	<b>651.8</b>	<b>694.7</b>	<b>1.6</b>

Note: Totals may not equal sum of components due to independent rounding.  
Sources: 2005: Energy Information Administration (EIA), *International Energy Annual 2005* (June-October 2007), web site [www.eia.doe.gov/iea](http://www.eia.doe.gov/iea). Projections: EIA, *World Energy Projections Plus* (2008).

**Tabla 1. Datos expresados en cuatrillones de unidades térmicas inglesas**

Asimismo, según el tipo de combustible habrá un consumo característico. La generación de energía eléctrica se incrementará un 87% a partir de 18.800 mil millones kilovatios-hora en 2007 y a 25,0 billones de kilovatios-hora en 2020.

<sup>1</sup>IEA, *Agencia Internacional De Energía. organismo autónomo fundada en 1974. [www.iea.org](http://www.iea.org).*

<sup>2</sup>OCDE, *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Fundada en 1961. [www.oecd.org](http://www.oecd.org).*

## 1.2 CONSUMO DE ENERGÍA AMÉRICA LATINA.

Al igual que la IEA en América latina existe una entidad llamada OLADE<sup>3</sup> que estima que en América latina la demanda eléctrica presenta un elevado consumo eléctrico, impulsando al sector a reanudar proyectos propuestos o empezar nuevos planes de generación y esto implica, no solo aumentar la capacidad instalada y mejorar la infraestructura de transmisión y distribución, sino también incorporar nuevas tecnologías y elevar la participación de energías renovables.

Según OLADE en América latina y el Caribe se incrementara en 23% el consumo de energía en comparación con el consumo del 2008 y llegara cerca de 1,250,000 GWh en 2012. La OLADE calcula que la capacidad instalada de generación eléctrica alcanzará los 321,000 MW en dos años más, un incremento de 15% frente a 2008. Según la organización, 50% de la capacidad en América Latina corresponderá a centrales hidroeléctricas y el otro 50% a termoeléctricas y otras tecnologías de generación.

A pesar de que la mayoría de los países de América latina incluyendo Colombia no pertenecen a la OCDE, desde 1963 existe la OLADE en la cual se han firmado acuerdos y políticas sobre cómo usar la energía eficientemente.

Estos son algunos países latino americanos que tienen planes en materia de eficiencia energética.

**Brasil:** Programa Nacional de Conservación de la Energía Eléctrica (**PROCEL**),

**Colombia:** Unidad de Planeación Minero Energético (**UPME**),

**Perú:** Centro de Conservación de la Energía y del Ambiente (**CENERGIA**),

**Venezuela:** Misión Revolución Energética,

**Costa rica:** Instituto Costarricense de Electricidad (**ICE**),

**Chile:** Programa País Eficiencia Energética (**PPEE**),

**Honduras:** Proyecto de Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Comercial de Honduras (**PESIC**),

**Jamaica:** Oficina de Normalización de Jamaica (**BSJ** - Bureau of Standars Jamaica).

Además de estos planes, estos países internamente han creado organismos privados sin ánimo de lucro destinados a promover la eficiencia energética en los sectores económicos y productivos.

## 1.3 CONSUMO DE ENERGÍA COLOMBIA.

En Colombia existe también una entidad encargada de hacer estudios de gestión energética llamada UPME "Unidad de Planeación Minero Energético" la cual mediante la expedición de la Ley 697 de 2001 declaró al Uso Racional y Eficiente de la Energía como asunto de interés social, público y de conveniencia nacional. Con la promulgación de esta Ley se sentaron las bases jurídicas necesarias para que el Estado pueda organizar, fomentar e impulsar el criterio URE y promover la utilización de las energías alternativas de manera efectiva en Colombia.

---

<sup>3</sup> OLADE, Organización Latinoamericana de Energía. [www.olade.org.ec](http://www.olade.org.ec).

La UPME mediante un estudio dijo que los sectores más dinámicos, en cuanto a demanda de energía, serán el comercial con una tasa de crecimiento en promedio para 2008-2030 de 5,6 por ciento y el industrial con 3,8 por ciento, en un escenario medio. La Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, revisó en noviembre de 2008 las proyecciones hasta 2030 de la demanda de energía. Dicho estudio estima el consumo del servicio en Colombia y el comportamiento del crecimiento de la economía a futuro.

De acuerdo con el estudio de la UPME, los sectores mayor aumento de consumo de energía serán el comercial 5.6%, el industrial 3.8% y el residencial con un incremento del 2.3% promedio que realizó lo UPME para el periodo del 2008 hasta el 2030.

Al igual que la UPME el CONPE<sup>4</sup> genera estrategias para promover el uso racional y eficiente de energía -URE- en el país, y algunas acciones que deben adelantarse en busca de este objetivo, sin afectar los niveles de bienestar del usuario y propiciando atenuar el impacto ambiental por el uso de la energía. Esta estrategia comprende un conjunto de acciones orientadas a inducir a los Consumidores a mejorar sus hábitos de consumo, a invertir en procesos y equipos eficientes, y a optimizar el uso de la infraestructura existente. De esta forma, la orientación de la demanda puede considerarse como una fuente adicional y más económica que la construcción de proyectos de generación eléctrica o la repotenciación del parque existente.

#### **1.4 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA.**

El sistema eléctrico colombiano se rige por las leyes 142 y 143 del año 1994, que hacen referencia a la manera cómo se puede distribuir y comercializar la energía eléctrica.

La capacidad efectiva neta instalada en el SIN<sup>5</sup> al 31 de diciembre de 2010 fue 13,289.5 MW. Según muestra la Ilustración 1, frente a diciembre 31 de 2009, la capacidad efectiva de 2010 fue inferior en un 1.5%, debido principalmente a la disminución de la capacidad térmica por el paso, para el año 2011 se encuentra previsto el inicio de las plantas Flores 2 y Flores 3 que se encuentra en pruebas, y cuya capacidad efectiva neta es de 450 MW.

En Colombia se destaca, en 2010 frente a 2009, el incremento en capacidad de los cogeneradores en 56.9% y de las plantas menores en un 8.2%. Durante el año 2010 la demanda de energía nacional (56,147.6 GWh) creció el 2.7% al compararla con 2009, donde se nota un alto crecimiento en el primer semestre debido a la presencia de El Niño con altas temperaturas y un bajo crecimiento en el segundo semestre por La Niña con bajas temperaturas. Por tipo de días los domingos y festivos fueron los que presentaron un mayor crecimiento 3.6%.

---

<sup>4</sup> CONPE, Consejo Nacional de Política Económica y Social

<sup>5</sup> SIN, Sistema Interconectado Nacional

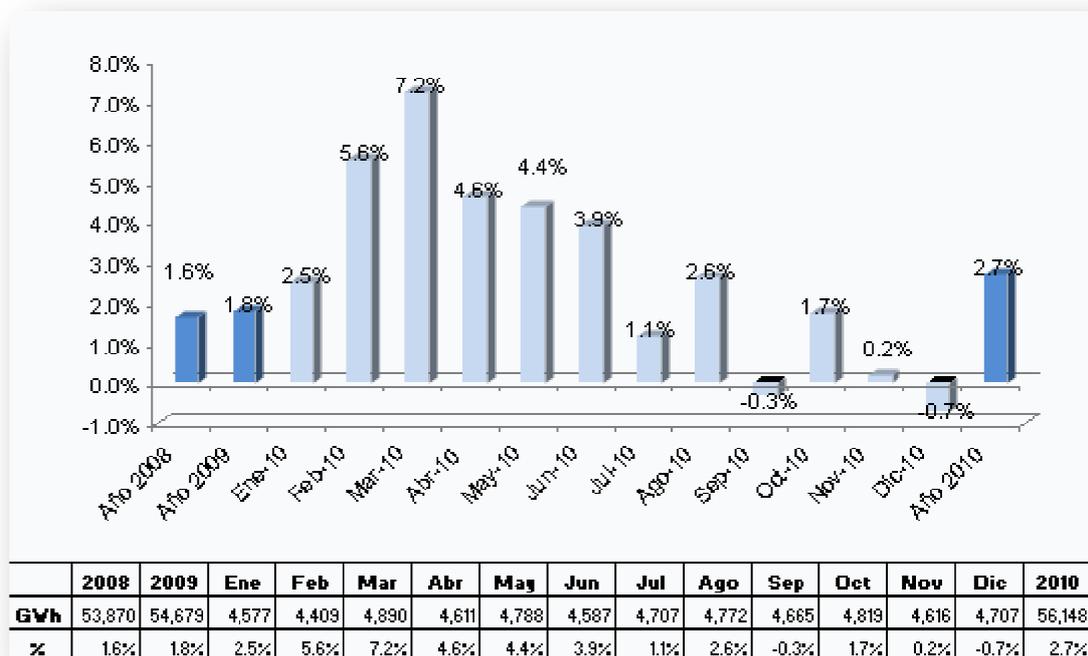
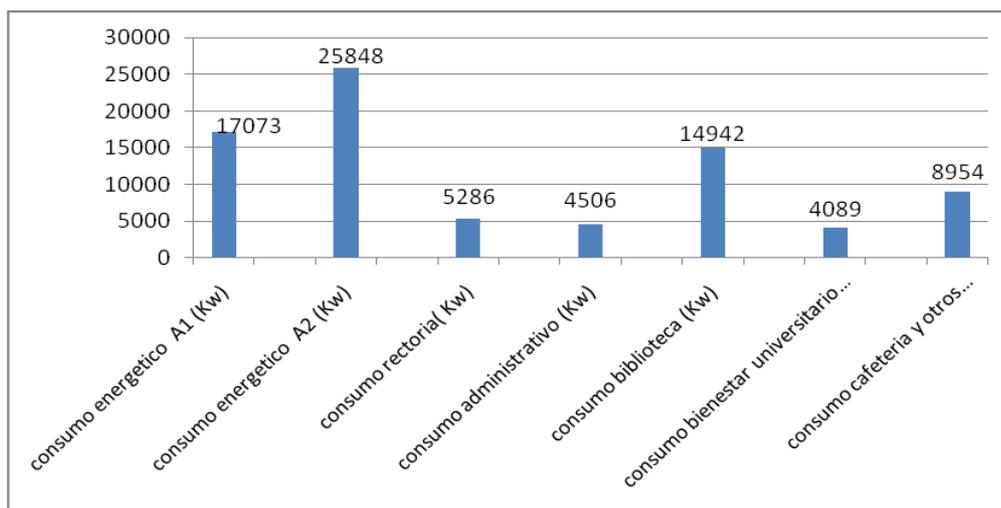


Ilustración 1. Comportamiento de la demanda mensual de energía<sup>6</sup>.

### 1.5 CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS.

La distribución del consumo eléctrico en la UTB, de acuerdo a las principales áreas de la universidad se encuentra como se muestra en la Gráfica 1.



<sup>6</sup> Estudio de xm, enfocado en el consumo de energía desde el 2008 hasta diciembre de 2010.

### **Gráfica 1. Distribución de consumo en la UTB**

Las áreas de mayor consumo son los dos edificios de salones de clase el edificio A1 y el edificio A2 con un consumo colectivo de 42.921 kW.

## **1.6 EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

### **1.6.1 Definición y generalidades.**

#### **Eficiencia energética (EE).**

De acuerdo a información suministrada por la OLADE, la Eficiencia Energética (EE) es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad.

Para poder llegar a una buena implementación de estrategias de Uso racional de la Energía, es necesario implantar nuevas técnicas de generación y de ahorro de energía, pero lo más importante es aprender a usar eficientemente la energía. Usar eficientemente la energía significa no emplearla en actividades innecesarias y conseguir hacer las tareas con el mínimo consumo de energía posible.

Las fuentes de energía son finitas, y por lo tanto, su correcta utilización se presenta como una necesidad. Ser más eficiente no significa renunciar a nuestro grado de bienestar y calidad de vida. Simplemente se trata de adoptar una serie de hábitos responsables, medidas e inversiones a nivel tecnológico y de gestión.

### **1.6.2 Tendencias mundiales en eficiencia energética.**

Actualmente en todos los países del mundo se están llevando a cabo estrategias para hacer un buen uso de la energía debido a que el consumo de energía se ha incrementado lentamente desde el 2004, esto se debe a los altos precios del petróleo y a la introducción de nuevas políticas. Según el consejo mundial de energía (WEC)<sup>7</sup> en más de las 2/3 partes de los países en el mundo su intensidad energética ha decrecido y en el 50% de ellos en más del 1% anual sin embargo en 30 países la productividad energética ha mejorado significativamente en más de un 3% anual.

En Europa a diferencia que en el resto del mundo las tendencias son opuestas debido a que el PIB (intensidad energética primaria) decrece más rápidamente que la intensidad energética final debido a la creciente participación de las turbinas de gas de ciclo combinado, la energía eólica y la cogeneración, en la producción de energía la mayor parte del éxito de Europa se basa en las plantas de generación térmicas pero en la mayoría de los países emergentes es muy baja. El actual promedio mundial de EE de estas plantas es del 35% lejos del promedio europeo del 40%. La EE de las plantas térmicas de generación ha mejorado moderadamente en un 2,6% desde 1990, a escala global. Si todas las regiones del mundo tuvieran el mismo

---

<sup>7</sup> WEC, Consejo Mundial De Energía. Fundada en 1923. <http://www.worldenergy.org>.

desempeño que el promedio europeo, para el 2008 se hubieran ahorrado 450 Mtoe de combustible, eliminando 1,3% de emisiones de CO<sub>2</sub> en 30 países.

Para intentar igualar la EE en todos los países del mundo se están implementando estándares de certificación en Gestión Energética como la norma ISO 50001 y el LEED<sup>8</sup>.

La ISO 50001 es una norma de certificación internacional en gestión de la energía, que busca establecer un marco de uso de energía para las plantas industriales, instalaciones comerciales y todo tipo de organizaciones para gestionar el consumo de energía. De acuerdo con estimaciones del ISO<sup>9</sup>, esta norma podría influir hasta en el 60% del consumo de energía del mundo, pero la norma ISO acaba de superar la etapa DIS<sup>10</sup> se espera que el resultado de la votación en la etapa DIS sea positiva para pasar la norma FDIS<sup>11</sup>, si esto sucede se espera que la ISO 50001 sea publicada a final de año como una norma oficial internacional.

Existe el programa LEED, el cual es un sistema de ranking aceptado internacionalmente y que se conoce como Liderazgo en Diseño Ambiental y Energético. Este estándar aplica a los proyectos de edificación y fue creado por el U.S. Green Building Council, este promueve un acercamiento del edificio como un todo hacia la sustentabilidad mediante el reconocimiento en cinco áreas claves para la salud humana y ambiental, como son,

- El desarrollo sostenible del sitio
- Eficiencia en el uso del agua
- Eficiencia energética
- Conservación y selección de materiales
- Calidad del ambiente interior

La certificación LEED tiene 4 rangos

- LEED CERTIFIED
- LEED SILVER
- LEED GOLD
- LEED PLATINUM

Estos rangos se obtienen de acuerdo a la puntuación obtenida en el proceso, en el cual se evalúa que tan eficiente es el sistema. En la primera parte del proceso la obra es visitada por Profesionales Acreditados, los cuales asesoran y modelan, registrando de esta forma la obra

---

<sup>8</sup> LEED, Leadership in Energy and Environment Design

<sup>9</sup> ISO, International Organization For Standardization. [www.iso.org](http://www.iso.org)

<sup>10</sup> DIS, Draft International Standard. etapa de comité para votación.

<sup>11</sup> FIS, Final Draft International Standard. etapa de investigación y votación se somete a corrección durante 5 meses la norma a aprobar.

para poder obtener la certificación, cuando ya el proyecto está terminado los asesores de USGBC comisionan la obra y le dan el rango de certificación obtenido.

En Colombia ya se tiene un edificio con certificación LEED, la sede de NOVARTIS DE COLOMBIA, y se vienen adelantando procesos de certificación, algunos de los procesos son,

- Centro de Investigación e Instituto Alpina, en Sopo, Cundinamarca.
- 3M, en Bogotá.
- ANH, Bogotá.
- Colsubsidio calle 53, Bogotá.
- CEMSA T3, Bogotá.

### **1.6.3 Eficiencia energética en Colombia.**

Dentro del marco político de diferentes países de Latino América se están implementando programas de etiquetado a fin de promover la Eficiencia Energética.

En Colombia las normas técnicas colombianas NTC 5100, NTC 5101, NTC 5102, NTC 5103 y la ISO 9408, ISO 10708, ISO 14593, indican las características de la etiqueta de uso racional de la energía, la calidad del agua y la biodegradabilidad. Esta etiqueta busca mostrar claramente qué rango de eficiencia tiene el producto, es decir, alta, media o baja eficiencia.

Además de esto en Colombia existen modelos de gestión energética para el sector productivo que han sido aplicados en las empresas. Los más representativos han sido:

- ✓ Modelo de control del consumo energético.
- ✓ Guía de buenas prácticas para el uso racional de la energía para el sector de las pequeñas y medianas empresas.
- ✓ Modelo de Mejora Continua de la Eficiencia Energética.
- ✓ Modelo de Gestión Integral de la Eficiencia Energética en ambientes competitivos.

También se desarrolló un modelo interno que recopila los otros sistemas de gestión de energía llamado modelo de gestión integral de la energía y recoge tanto la experiencia nacional en gestión energética empresarial de los últimos 15 años, como el estado actual de los modelos de gestión energética usados a nivel internacional.

### **1.6.4 Situación en Cartagena.**

El uso racional de la energía en Cartagena no es un tema aparte, desde 1991 con la expedición de la constitución nacional se reconoció la educación ambiental y su papel en la construcción de una sociedad democrática en la que el desarrollo sostenible, la calidad de vida, el ambiente y la educación sean conceptos inseparables.

La UPME<sup>12</sup>, en un convenio con el MEN (MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL) están llevando a cabo proyectos educativos institucionales (PEI) donde se busca enfocar a los jóvenes en el URE, proyectos que se desarrollan en las principales ciudades del país como Medellín, Bogotá, Cali, Barranquilla, Bucaramanga, entre otros.

De la misma manera, en el sector industrial de la ciudad de Cartagena se están implementando planes de inversión con el objetivo de ejecutar el uso racional de energía, asimismo, el gobierno está trabajando de la mano con el sector industrial en la implementación de políticas orientadas a crear condiciones que le permitan incrementar su eficiencia para que la industria sea competitiva<sup>13</sup> en cuanto al URE.

## **2. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL CAMPUS TECNOLÓGICO UTB**

### **2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CAMPUS**

Para la fecha de su fundación, la UTB fue la primera y la única Institución de Educación Superior privada de Cartagena de Indias y es por lo tanto, la más antigua de la Ciudad.

En el presente, la UTB es un proyecto educativo que se consolida como una Universidad de excelencia, competitiva, internacional, innovadora, empresarial, con una investigación orientada a brindar soluciones para el desarrollo regional y con una clara responsabilidad social.

Hoy, 2010 en la mitad de la ejecución del Plan de Desarrollo, muchos de los propósitos formulados en la visión institucional al 2014 ya son una realidad; además, la Universidad continúa fortaleciendo sus procesos académicos y administrativos, con miras a seguir consolidando un Proyecto Educativo de Excelencia.

Por su parte la población estudiantil de la UTB se ha venido transformando conforme el desarrollo de la oferta de los programas académicos. Al cierre de 2009 las Universidad contó con más de 10.500 personas atendidas.

El crecimiento promedio del total de estudiantes matriculados en los programas de pregrado en los últimos ocho años ha sido del 6% anual, y en los programas de posgrados del 41% anual; lo cual ha significado una mayor participación de los posgrados en el total de la población de la Universidad, puesto que el años 2002 representaban el 3% de total y en el año 2009 alcanzan el 16%. Esto es coherente con las estrategias de Plan de Desarrollo 2014, que busca el fortalecimiento de los posgrados como eje fundamental para la consolidación de la investigación.

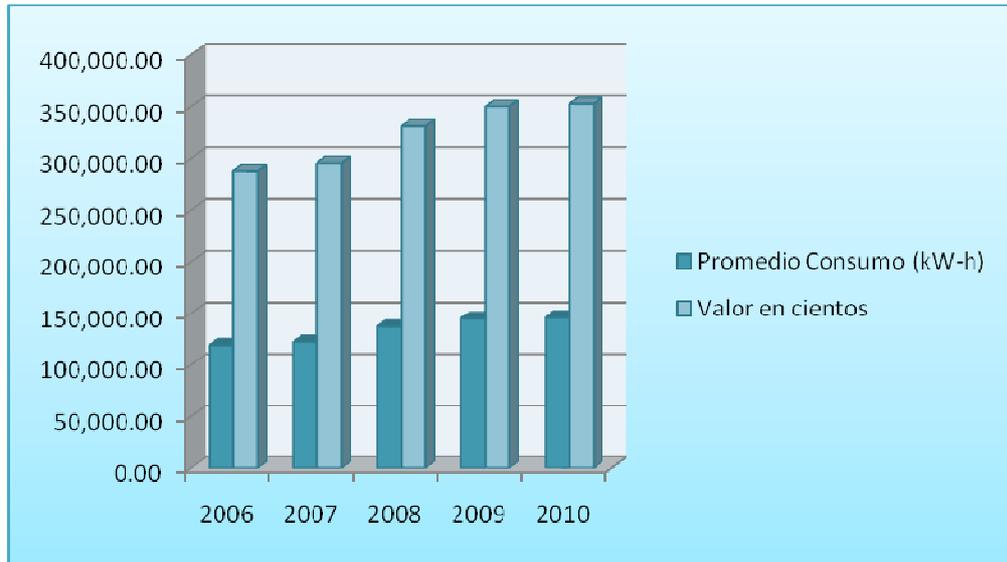
### **2.2 CONSUMO GENERAL DE ENERGÍA**

En los últimos cinco años el consumo de la Energía Eléctrica en la Universidad Tecnológica de Bolívar ha estado alrededor de los 133.674 kW-h mensuales, esto es \$32.349.180 mensuales. Estos consumos se muestran en la Gráfica 2.

---

<sup>12</sup> UPME, Unidad De Planeación minero Energética. [www.upme.gov.co](http://www.upme.gov.co).

<sup>13</sup> UPME, Unidad De Planeación minero Energética. *Situación energética y competitividad para Cartagena*. [www.upme.gov.co](http://www.upme.gov.co).



*Gráfica 2. Promedio de consumo de Energía*

### 2.3 CONSUMO DETALLADO DE ENERGÍA

El consumo descrito en el ítem anterior se reparte como se muestra en la Gráfica 3, de acuerdo al consumo presentado por los Aires Acondicionados, la Iluminación, los Computadores y otros.



*Gráfica 3. Consumo detallado de Energía*

#### 2.3.1 Aires Acondicionados

El porcentaje de consumo de los Aires Acondicionados es de 65%, lo que representa un consumo mensual, de acuerdo al promedio, de 86.888 kW-h y \$21.026.967.

### **2.3.2 Iluminación**

El porcentaje de consumo de la Iluminación es de 19%, lo que representa un consumo mensual, de acuerdo al promedio, de 25.398 kW-h y \$6.146.344.

### **2.3.3 Computadores**

El porcentaje de consumo de los Computadores es de 13%, lo que representa un consumo mensual, de acuerdo al promedio, de 17.377 kW-h y \$4.205.393.

### **2.3.4 Otros**

El porcentaje de consumo de las áreas no incluidas en los ítems anteriores es de 3%, lo que representa un consumo mensual, de acuerdo al promedio, de 4.010 kW-h y \$970.475.

### **2.3.5 Carga base**

Esta carga se refiere a aquellos aparatos que se encuentran encendidos 24/7, diariamente esta carga es de 1.536 kW-h, lo que mensualmente significa un consumo de 46.080 kW-h y representa un 34.47% del resto de la carga de la Universidad.

## **2.4 PLAN DE EXPANSIÓN**

### **2.4.1 Descripción del proyecto**

Actualmente, en el Campus Tecnológico funcionan las Facultades de Ingeniería, Ciencias Sociales y Humanas y la Dirección de Educación Formal para el Trabajo. Para el año 2011 se prevé el traslado de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas hacia nuevas instalaciones como resultado del inicio de los proyectos de ampliación de la infraestructura de la Universidad. Del mismo modo, este campus soportará la instalación de los servicios universitarios: Biblioteca, cafetería, coliseo y zonas deportivas, además de las mejoras de las dependencias actuales.

En el plan de desarrollo físico se tiene proyectado un crecimiento del Campus Tecnológico. En la primera etapa, de 2010 al 2014, se planea la construcción de tres bloques de edificios, más una cafetería además de otros proyectos complementarios: eje ambiental, vía de acceso, parqueaderos, biblioteca, piscina, coliseo y parque tecnológico.

Para la segunda etapa, del 2014 al 2018, la construcción adicional de tres bloques de edificios, una cafetería y la ampliación de la zona deportiva. En las siguientes etapas, al 2033 se planea construir 3 unidades de edificios, cada uno con su propia cafetería.

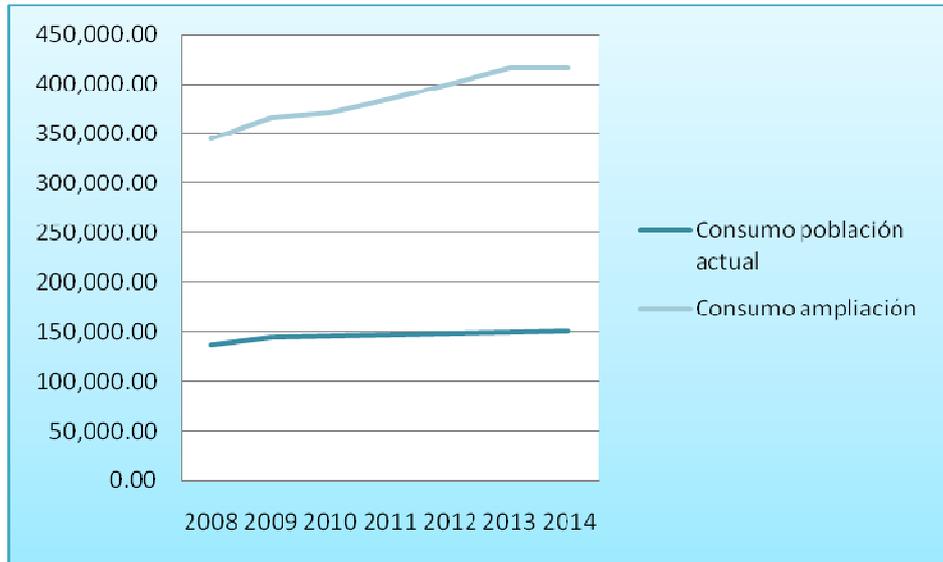
Las Adecuaciones contemplan para las nuevas construcciones los estándares necesarios para favorecer el uso y la comodidad de público discapacitado.

### **2.4.2 Proyecciones de consumo eléctrico**

A raíz de este proyecto de expansión del campus, la población de este se engrandecerá y por ende el consumo eléctrico del campus. A la fecha la población estudiantil de la Universidad Tecnológica de Bolívar sede Ternera es de 4.293 personas, generando un consumo de Energía Eléctrica de 145.685,9 kW-h, al realizar la ampliación se espera que la población estudiantil aumente hasta 10.560 personas, lo que generaría un consumo promedio de energía de 371.611, esto hasta es 3 veces más del consumo que se tiene.

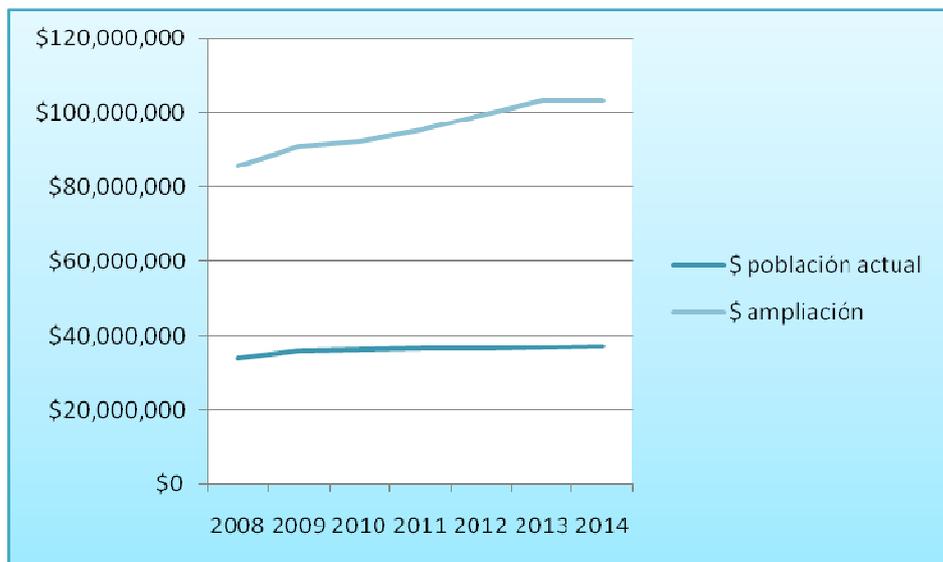
Económicamente esto representa un aumento de hasta 56.029.542 que es 60.27% del valor a la fecha.

Al tomar como base este valor y los de los 3 años inmediatamente anteriores 2008, 2009 y 2010, el consumo proyectado para los próximos 3 años se muestra en la Gráfica 4.



**Gráfica 4. Proyección de consumo al 2014**

Mientras que el valor proyectado de este consumo se muestra en la Gráfica 5.



**Gráfica 5. Proyección de consumo \$ al 2014**

### 3. EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO ENERGÉTICO

#### 3.1 METODOLOGÍA Y EQUIPOS DE MEDICIÓN

La metodología utilizada para evaluar el rendimiento energético de las diferentes tecnologías utilizadas en la universidad en las áreas de computo, iluminación y refrigeración, fue medir el consumo energético de cada una de estas, diferenciando que tecnología era y posteriormente evaluar esta medición con el fin de determinar qué tan eficiente era.

Los equipos de medición utilizados son los listados a continuación,

- a. Fluke 1735.
- b. Luxometro.
- c. Multímetro.
- d. Pinza amperimetrica
- e. Contador monofásico calibrado
- f. Vatímetro

#### 3.2 ILUMINACIÓN INTERIOR Y EXTERIOR

##### 3.2.1 Tecnologías y características

Tanto para áreas interiores como exteriores existen diferentes tecnologías, algunas más eficientes que otras, en la Tabla 2 se muestran las tecnologías más eficientes para estas áreas.

TECNOLOGÍA	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS					
	Rango de potencias	Tono de luz	Ra*	lm/W	Vida media, h	Aplicación
Incandescentes halógenas de baja tensión	5-100	Cálido	100	10-25	2000-3500	Localizada Decorativa
Fluorescencia lineal de 26 mm	18-58	Cálido Neutro Frío	70-98	65-96	8000-16000	General
Fluorescencia lineal de 16 mm	14-80	Cálido Neutro Frío	85	80-105	12000-16000	General

Fluorescencia compacta	5-55	Cálido Neutro Frío	85- 98	60-85	8000- 12000	General Localizada Decorativa
Vapor de mercurio	50-1000	Cálido Neutro	50- 60	30-60	12000- 16000	General
Halogenuros metálicos	35-3500	Cálido Neutro Frío	65- 85	70-91	6000- 10000	General Localizada
Sodio Alta Presión	30-1000	Cálido	20- 80	50- 150	10000- 25000	General
*Ra Índice de reproducción cromática						

**Tabla 2. Principales tecnologías y características de lámparas**

Además de estas características presentadas por cada una de las tecnologías, al evaluar el rendimiento energético de una luminaria se deben tener en cuenta otros parámetros como son,

- **Distribución fotométrica de la luminaria**

De acuerdo al tipo de aplicación que se le quiera dar a la luminaria se debe tener en cuenta el tipo de distribución que esta tiene, tal como muestra la Figura 1.

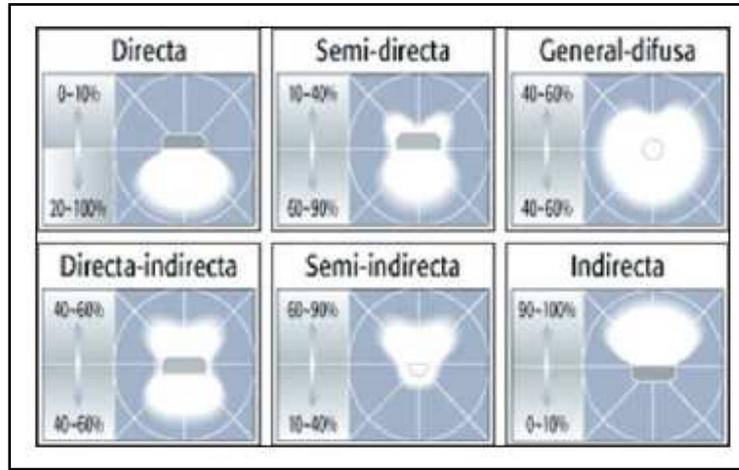
Tipo de distribución	Aplicación
Difusa 	Iluminación general y decorativa
Extensiva 	Iluminación general
Intensiva 	Iluminación general para grandes alturas
Asimétrica 	Iluminación perimetral y pizarras
Intensiva orientable 	Iluminación de acento y decorativa

**Figura 1. Tipos de distribuciones y aplicaciones<sup>14</sup>**

Además de tener en cuenta el tipo de distribución, se tienen que analizar las características de deslumbramiento de la luminaria, estas se muestran en la

<sup>14</sup> *Guía Técnica De Eficiencia En Iluminación, comité español de la iluminación*

Figura 2.



*Figura 2. Características de deslumbramiento<sup>15</sup>*

De acuerdo a estas características se puede establecer que en las aulas, los laboratorios y las oficinas las luminarias deben ser de clase directa y para los pasillos pueden ser de clase directa, semi-directa o directa-indirecta.

- **Rendimiento de la luminaria**

La mejor luminaria es aquella que posee el mayor rendimiento, para la distribución fotométrica deseada. Esta información se puede obtener de los diagramas polares de distribución de intensidades luminosas que aportan los fabricantes.

- **Sistema de montaje**

De acuerdo al acabado que se quiera brindar, se pueden usar los siguientes sistemas,

- ✓ Empotradas
- ✓ Suspendidas
- ✓ Adosadas a techo
- ✓ De carril
- ✓ Mientras que para zonas exteriores los sistemas son,
- ✓ Tipo viario
- ✓ Decorativo

---

<sup>15</sup> IBID 14

✓ De proyección

- **Grado de protección**

Este grado de protección se tiene en cuenta más que todo cuando las luminarias van a estar expuestas a condiciones específicas, como son el polvo, la humedad, altas temperaturas, entre otras.

Se identifica como IP XX, donde las X dependen de las condiciones a las que esté sometida la luminaria. La primera cifra indica el grado de encerramiento al polvo o partículas sólidas, la segunda cifra indica el grado de encerramiento a los líquidos.

Además está la IK, la cual determina la resistencia que tiene al impacto. Estos grados de protección se muestran en la Figura 3.

Protección contra cuerpos sólidos		Protección contra agua		Protección contra impactos mecánicos	
IP		IP		IK	
0	 Sin protección	0	 Sin protección	00	 Sin protección
1	 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm (ej.: contactos involuntarios de la mano)	1	 Protegido contra la caída vertical de gotas de agua (condensación)	01	 Energía de choque 0,150 J
2	 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12,5 mm (ej.: dedos de la mano)	2	 Protegido contra la caída de gotas de agua hasta 15° de la vertical	02	 Energía de choque 0,200 J
3	 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm (ej.: herramientas, cables)	3	 Protegido contra la caída de agua de lluvia hasta 60° de la vertical	03	 Energía de choque 0,350 J
4	 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm (ej.: alambres, pequeños cables)	4	 Protegido contra las proyecciones de agua en todas las direcciones	04	 Energía de choque 0,500 J
5	 Protegido contra la penetración de polvo	5	 Protegido contra el chorro de agua en todas las direcciones	05	 Energía de choque 0,700 J
6	 Totalmente protegido contra la penetración de polvo	6	 Protegido contra el chorro de agua similar a los golpes de mar	06	 Energía de choque 1,000 J
		7	 Protegido contra los efectos de la inmersión	07	 Energía de choque 2,000 J
		8	 Protegido contra los efectos de la inmersión prolongada bajo presión	08	 Energía de choque 5,000 J
				09	 Energía de choque 10,000 J
				10	 Energía de choque 20,000 J

### Índices de Protección IP e IK

Definen el grado de protección contra el polvo, humedades e impactos mecánicos según las normas IEC 60529, EN 60529 y EN 50102

Figura 3. Grados de protección<sup>16</sup>

- Clase eléctrica

Esta clase la determina el área en el que se esté utilizando la luminaria, esta clasificación de áreas viene regida por el Cap. 5 de la NTC 2050.

Toda aquella área que no entre en esta clasificación se determina como Clase I.

<sup>16</sup> IBID 14

- **Cumplimiento de la normativa que les aplica**

De acuerdo a las condiciones operativas, las luminarias deben cumplir con leyes como son el máximo nivel de ruido emitido por el balasto, la emisión de gases, entre otros.

- **Tipos de luminarias disponibles**

Con el fin de brindar la mayor estética, en el mercado se pueden encontrar diversos tipos de luminarias, en la Tabla 3 se muestran los más interesantes.

<p>Luminarias de adosar con rejillas especulares o difusas para lámparas fluorescentes lineales o compactas. Iluminación general de aulas con ordenador, lectura, áreas administrativas, etc. (rejilla especular), áreas de utilización general (rejillas difusas).</p>	
<p>Luminarias de adosar / suspender con rejillas especulares o difusa para lámparas fluorescentes lineales. Iluminación general de aulas con ordenador, lectura, áreas administrativas, etc. (rejilla especular), áreas de utilización general (rejillas difusas).</p>	
<p>Luminarias de empotrar con rejillas especulares o difusas para lámparas fluorescentes lineales o compactas. Iluminación general de aulas con ordenador, lectura, áreas administrativas, etc. (rejilla especular), áreas de utilización general (rejillas difusas).</p>	
<p>Downlights de empotrar para lámparas fluorescentes compactas. Para zonas representativas como áreas de entrada, cafeterías, pasillos, etc.</p>	
<p>Luminarias estancas para lámparas fluorescentes lineales. Iluminación general de almacenes, cocinas, talleres, gimnasios, etc.</p>	

<p>Luminarias estancas de interior o zonas cubiertas para lámparas de descarga elipsoidal mate. Iluminación general de almacenes, talleres, gimnasios, polideportivos, etc.</p>	
<p>Luminarias tipo proyector de utilización exterior o interior para lámparas de descarga elipsoidal mate y tubular clara. Iluminación general de zonas deportivas, accesos, almacenes, talleres, gimnasios, polideportivos cubiertos, etc.</p>	
<p>Luminarias tipo viario para lámparas de descarga tubular clara. Iluminación de aparcamientos, accesos, etc.</p>	
<p>Luminarias tipo decorativo urbano para lámparas de descarga elipsoidal mate y tubular clara. Iluminación de zonas peatonales, jardines, aparcamientos, accesos, etc.</p>	
<p>Luminarias tipo decorativo urbano para lámparas de descarga elipsoidal mate y tubular clara. Iluminación de zonas peatonales, ajardinadas, etc.</p>	

*Tabla 3. Tipos de luminarias<sup>17</sup>*

### 3.2.2 Pruebas de operación

Las pruebas de operación realizadas las luminarias, se hicieron bajo condiciones normales de operación, tomando en cuenta la finalidad principal de estas que son las aulas de clase.

Para esta prueba se montaron 2 tubos con su respectivo balasto y se procedió a medir el vatiaje y los lúmenes. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4, al igual que el rendimiento que tendría cada una de las combinaciones.

---

<sup>17</sup> *IBID 13*

Lámpara	Balasto	Potencia lámpara(W)	Flujo lámpara (lm)	Rendimiento de la lámpara (lm/W)
		PL	$\phi$	$\eta=\phi/PL$
T12	Electromagnético	82,57	5520	67
	Electrónico	81,37	5880	72
T8	Electromagnético	67,89	5336	78,60
	Electrónico	65,69	5684	86,53
T5	Electromagnético	60,55	4857,6	80,22
	Electrónico	57,84	5174,4	89,46

**Tabla 4. Resultados de la prueba de operación**

### 3.3 AIRES ACONDICIONADOS

A mediados del siglo XX se empezó con la producción de aires acondicionados, los cuales eran muy grandes y con una capacidad bastante limitada. Los egipcios fueron los primeros en pensar como enfriar las cámaras utilizadas por el faraón, y esto lo hacían mediante la extracción de los bloques de piedra que componían sus aposentos, llevándolos en la noche hacia el desierto, donde la temperatura disminuía considerablemente, para luego colocarlos nuevamente en su posición habitual.

Hoy en día, en el mundo se han desarrollado diversos tipos de aires acondicionados con muchas tendencias en el ahorro de energía y un mejor confort y utilización de los espacios.

Un aire acondicionado es un dispositivo electrónico que procesa el aire del ambiente, enfriándolo, limpiándolo y controlando de manera simultánea, la humedad del mismo. Todo este proceso se lleva a cabo, por la recirculación del aire que ingresa en la cámara de acondicionamiento de aire y luego es expulsado, favoreciendo el confort de los seres humanos.

Los aires acondicionados poseen un sistema de control de temperatura realizado por medio de un termómetro que se regula por un termostato en el cual se fija una temperatura de referencia, a la que trabaja el aire. Este circuito funciona por medio de un condensador donde se encuentran diversos tubos, los cuales son enfriados por medio de un líquido refrigerante.

### 3.3.1 Tecnologías y características

- Chillers

Son equipos de enfriamiento líquido que pueden generar agua helada, transformando la energía para mantener una temperatura. Los CHILLERS se presentan en diferentes tamaños y formas, dependiendo del fabricante, con capacidades que van de una a varias Toneladas de Refrigeración (TR). Se emplean diferentes tipos de compresores de refrigeración como pueden ser del tipo semihermético, hermético o de tornillo. Los evaporadores suelen ser del tipo casco y tubo aunque pueden ser también de placas, los CHILLERS suelen ser enfriados por aire aunque pueden ser enfriados por agua. En la Ilustración 2, se muestra un sistema de enfriamiento por esta tecnología.



*Ilustración 2. Sistema de enfriamiento por Chillers<sup>18</sup>.*

Los CHILLER son sistemas de refrigeración mecánica; su funcionamiento se basa en el movimiento de calor, el cual se absorbe del líquido a enfriar por medio de un refrigerante y se transporta hacia un medio donde se disipa. De esta manera podemos tener un líquido a una temperatura muy por debajo de las condiciones ambientales.

- Split

Es un equipo de aire acondicionado con mayor capacidad que uno de ventana, se compone básicamente de dos partes una que es exterior y se llama condensador y otra que es la interior y es la encargada de distribuir el aire, ambas cuentan con un motor para su funcionamiento, solo que en el caso del condensador, se tiene el compresor que, mediante presión, fuerza el paso de el refrigerante por un panel que a su vez recibe aire del exterior, enfriándolo y enviándolo hacia la zona a refrigerar. En la Ilustración 3 se muestra esta tecnología.

---

<sup>18</sup> Imagen tomada de frimont, <http://www.frimont.com>.



**Ilustración 3. Sistema de enfriamiento Split<sup>19</sup>.**

Por su parte el MULTI SPLIT es una variante de él SPLIT, que se compone de dos o más unidades interiores y una sola exterior, esta evidentemente posee una unidad intercambiadora de calor de mayor capacidad. En la Ilustración 4 se muestra esta tecnología.



**Ilustración 4. Sistema de enfriamiento Multi-split<sup>20</sup>.**

---

<sup>19</sup> Sistema de enfriamiento LG Split, <http://www.lgaires.com>.

<sup>20</sup> Sistema de enfriamiento LG multi Split, <http://www.lgaires.com>.

Las características que se deben tener en cuenta al seleccionar un equipo Split ò mini-split son:

- ✓ Timer
- ✓ Encendido y apagado automático
- ✓ Rejilla oscilatoria
- ✓ Indicador de filtro sucio
- ✓ Velocidades
- ✓ Función Energy Star
- ✓ Eficiencia
- ✓ Tensión de operación

CARATERISTICAS	SPLIT	CHILER
Diseño	Estilizado para interiores	
Configuración del sistema	condensadores 1 evaporadores 1	chiler 1 bombas 2 o mas evaporadores 5 o mas
Condensador	condensador enfriado por aire	chiler enfriado por agua
Control de temperatura	una sola temperatura	5 0 mas el control de temperatura es individual por cada evaporador
Medio refrigerante	R22 o ecológico	agua
Capacidad	1 a 20 ton	10 a 1500 ton
Eficiencia	EER 10: 1.2 Kw/Ton EER 13: 0.9Kw/Ton EER 17: 0.7Kw/Ton	SCROLL: 0.8- 1.1Kw/Ton TORNILLO: 0.6-1.1Kw/Ton CENTRIFUGO 0.4-0.6 Kw/Ton

**Tabla 5. Comparación entre sistemas de aires acondicionados**

Los aires acondicionados están constituidos por cuatro componentes principales además de accesorios e instrumentos de control y seguridad.

Componentes principales.

- ✓ Compresor
- ✓ Intercambiador de calor
- ✓ Condensador
- ✓ Circuito de control
- ✓ Refrigerante

#### EL COMPRESOR

El compresor es el encargado de hacer circular al refrigerante a través de los diferentes componentes del sistema de refrigeración del “chiller”.

Succiona el gas refrigerante sobrecalentado a baja presión y temperatura, lo comprime aumentando la presión y la temperatura a un punto tal que se puede condensar por medios condensantes normales (Aire o agua).

A través de las líneas de descarga de gas caliente fluye el gas refrigerante a alta presión y temperatura hacia la entrada del condensador.

#### INTERCAMBIADOR DE CALOR

Su función es proporcionar una superficie para transferir calor del líquido a enfriar al refrigerante en condiciones de saturación.

#### EL CONDENSADOR

El condensador es el componente del sistema que extrae el calor del refrigerante y lo transfiere al aire o al agua. Esta pérdida de calor provoca que el refrigerante se condense. Su función es proporcionar una superficie de transferencia de calor, a través del cual pasa el calor del gas refrigerante caliente al medio condensante. Mediante la línea de líquido fluye el refrigerante en estado líquido a alta presión a la válvula termostática de expansión.

#### LA VALVULA TERMOSTATICA

La válvula termostática de expansión se encarga de controlar el suministro apropiado del líquido refrigerante al evaporado.

#### DISPOSITIVOS Y CONTROL

Los principales dispositivos y controles de un “Chiller” se listan en la Tabla 6.

<b>Termostatos</b>	Dispositivos que actúan para conectar o interrumpir un circuito en respuesta a un cambio de temperatura.
<b>Presostato De Baja Presión</b>	Se conecta en la succión del compresor y éste opera (Abre el circuito) cuando existe una baja presión en el sistema.
<b>Calefactor De Carter</b>	Tiene por objeto calentar el aceite del compresor para que al iniciar la operación éste tenga las condiciones correctas de viscosidad.
<b>Filtro Deshidratador De Succión</b>	Se encuentra instalado en la línea de succión y tiene por objeto absorber cualquier humedad que contenga el refrigerante, así como detener cualquier partícula extraña que viaje al compresor
<b>Filtro Deshidratador De Líquido</b>	Se encuentra instalado en la línea de líquido y tiene por objeto absorber cualquier humedad que contenga el refrigerante, así como detener cualquier partícula extraña que viaje al compresor.
<b>Círculo De Control</b>	Se encarga de controlar los paros y arranques de los motores del "chiller", así como de las señales de alarma. Las líneas y accesorios de refrigeración conducen el refrigerante de un componente a otro del sistema de refrigeración, regulando, filtrando y controlando el paso del refrigerante.
<b>Refrigerante</b>	Extrae el calor del medio a enfriar y lo disipa en un medio enfriante como agua o aire.

*Tabla 6. Componentes y controladores de un Chiller*

Los criterios fundamentales para la elección del mejor sistema son los siguientes:

- Máxima y mínima temperatura de operación.
- Costos iniciales de inversión.
- Costos de operación.
- Costos de mantenimiento.
- Simplicidad de operación.
- Precisión.
- Espacio disponible.
- Voltaje disponible.
- Capacidad de cargas eléctricas disponibles.
- Ahorro de energía.

### **3.4 COMPUTADORES**

#### **3.4.1 Tecnologías y características**

El computador está compuesto por circuitos integrados y otros componentes capaces de ejecutar con exactitud y rapidez lo ordenado por el usuario. El computador está compuesto por el hardware que es el conjunto de elementos físicos, y por el software que es el conjunto de programas, datos, diseños e instrucciones.

El conjunto de elementos que componen el hardware de la computadora son,

- ✓ Mother Board
- ✓ Procesador
- ✓ Memorias

Existen varios tipos de memoria RAM

- DRAM
- Fast Page
- EDO-RAM
- SDRAM:
- PC100
- PC133: o SDRAM de 133 MHz Entre otras.
- ✓ Disco duro
- ✓ Periféricos de entrada y de salida

Entre los periféricos de salida está el monitor, existen diferentes tecnologías para monitores, los monitores MDA (Monochrome Display Adapter), CGA(Adaptador de Gráficos), EGA (Enhanced Graphics Adapter), VGA (Video Graphics Array), SVGA (Super Video Graphics Array), CRT (Cathode Ray Tube), LCD (Liquid Crystal Display), PLASMA. Los más usados en la actualidad son el LCD y el CRT.

En la Tabla 7 se muestra la comparación entre un monitor LCD y un CRT

<b>Nivel del brillo:</b>	Los monitores CRT tienen un nivel de brillo de 100 nits (cd/m <sup>2</sup> ).	El brillo de la pantalla aumenta la potencia de las lámparas que posee detrás.
<b>Parpadeo</b>	En los monitores CRT se puede llegar a disminuir este efecto aumentando la velocidad de refresco a 75 hz o mas	En los monitores LCD no existe parpadeo
<b>El enfoque:</b>	Se puede llegar a distorsionar la imagen cuando el haz de luz hace el barrido en la pantalla	No se distorsiona la imagen en ningún punto de la pantalla.
<b>Duración</b>	Entre las 10.000 y 20.000 horas para llegar a la mitad del brillo	50.000 horas para llegar a la mitad de brillo
<b>Consumo de energía</b>	El CRT genera más calor que un LCD	Un monitor LCD utiliza para funcionar aproximadamente 1/3 de la energía que usa un CRT con el mismo tamaño de pantalla
<b>Diseño ergonómico</b>	Los CRT trabajan basados en el electromagnetismo	Los LCD no poseen ningún tipo de radiación eléctrica y/o magnética

*Tabla 7. Comparación entre monitores LCD y CRT*

En cuanto a las desventajas

Los monitores LCD tienen más limitación en el uso de distintas resoluciones y los ángulos de visión limitan la calidad de la imagen. Monitores LCD pueden tener píxeles que no funcionan los llamados dead píxel. El precio de los monitores LCD aún es mayor a los monitores CRT, sin

embargo los valores de estos monitores están siendo cada vez más accesibles. Es de resaltar que la selección del monitor depende de las necesidades del usuario.

✓ Detalles de consumo de una computadora

Actualmente los computadores más usados son los desktop, laptop, mini portátiles entre ellos existen diferencias de consumo de energía eléctrica, pero los laptops y los mini portátiles son diseñados para el mínimo posible consumo de energía y en consecuencia ahorrar dinero. Es por esto que vale la pena examinar detenidamente cuanto consume cada parte de nuestra computadora para así tomar la mejor decisión a la hora de comprar.

	CPU(W) DESKTOP		
<b>Mother board</b>	24	<b>Monitor</b>	CRT(W)
<b>Ventilador del procesador</b>	2	<b>17 Pul</b>	58
<b>Módulos de memoria</b>	6	<b>18 Pul</b>	65
<b>Disco duro</b>	12	<b>19 Pul</b>	72
<b>Lector CDRW/ DVD</b>	4		
<b>USB</b>	2	<b>Monitor</b>	LCD(W)
<b>Teclado</b>	1	<b>14 Pul</b>	25
<b>Mouse</b>	1	<b>15 Pul</b>	32
<b>Procesador</b>	95	<b>17Pul</b>	40

*Tabla 8. Consumo de cada parte de un computador<sup>21</sup>*

En promedio una computadora de escritorio consume aproximadamente 200W/h.

Tipo ordenador	Consumo diario kWh-(8h)
Escritorio	1,66 kWh
Portátil	0,88 kWh

Un computador portátil consume entre un 50% y 70% que un computador de escritorio

<sup>21</sup> Datos tomados de (LBNL) Lawrence Berkeley National Laboratory.

## **3.5 AGUA**

### **3.5.1 Tecnologías en bombeo**

Desde hace varios años se vienen utilizando métodos o sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable en edificios residenciales, comerciales, institucionales, e industriales, estos han venido evolucionando con el pasar del tiempo y han mostrando un gran avance tecnológico. Entre las tecnologías más utilizadas en la actualidad para el bombeo de agua son los dispositivos hidroneumáticos y los tanques elevados.

#### **✓ Tanques Elevados**

Este sistema consiste en un tanque elevado en la azotea de la casa o el edificio con una altura que permita la presión necesaria para que la distribución de agua en todos los pisos sea la misma y a la misma presión. Desde el tanque elevado se hace descender una tubería vertical de la cual se ramificará para cada piso el suministro por gravedad. Este sistema requiere del estudio de las presiones de cada piso, asegurándose con esto que las mismas no sobrepasen los valores adecuados.

En la parte inferior de la edificación se instala un tanque, el cual puede ser superficial, semi-subterráneo o subterráneo, y en el que se almacenará el agua que llega del abastecimiento público. Desde este tanque un número de bombas establecido (casi siempre dos), conectadas en paralelo impulsarán el agua al tanque elevado.

#### **✓ Dispositivos Hidroneumáticos**

Los dispositivos hidroneumáticos se utilizan para edificios o casas grandes de más de tres pisos, donde la presión por las tuberías de agua potable no alcanza la presión necesaria para que en todas las salidas de agua se tenga el flujo adecuado. Los equipos hidroneumáticos sirven para mantener la presión constante en las tuberías de agua potable, dentro de una casa, oficina y etc. Estos aparatos permiten que el agua salga a la presión y flujo adecuado, sin importar lo retirado que estén los diferentes puntos de agua de la entrada principal del inmueble.

#### **✓ Ventajas De Los Equipos Hidroneumáticos**

- Las tuberías en toda la red hidráulica se encuentran presurizadas, mejorando el funcionamiento de lavadoras, filtros, regaderas, llenado rápido de depósitos en excusados, riego, entre otros. Así mismo evita la acumulación de suciedad en las tuberías por flujo a baja velocidad.
- No requiere tanques elevados
- Higiénicos ya que no hay tanques abiertos en contacto con el polvo, microbios, insectos y pequeños animales.

En ambos sistemas el eje principal del suministro de agua son las bombas que se utilizan en el proceso, existe gran diversidad de bombas según sea el uso, para edificios residenciales, comerciales e institucionales, algunas de ellas son.

### ✓ **Bombas sumergibles o de achique**

Como su nombre lo dice, estas bombas pueden sumergirse en líquidos para impulsarlos a un lugar remoto. Absorben el líquido por la parte inferior y lo bombean por el orificio de salida que va conectado a una manguera o tubería. Muchas bombas sumergibles están equipadas con un flotador que es lo que permite que se encienda en el momento en que empieza a flotar; detectando que hay líquido a su alrededor.

### ✓ **Aplicaciones de las Bombas Sumergibles:**

Las Bombas Sumergibles pueden utilizarse para las siguientes aplicaciones:

- Para Bombear Agua Limpia
- Bombas Sumergibles Residenciales
- Hidroneumáticos
- Pozos Profundos
- Entre otras Aplicaciones

### ✓ **Bombas Centrifugas**

Las bombas centrífugas crean presión por medio de la fuerza centrífuga, obligando al agua que entra por el orificio de succión hacia el de la descarga. Existen bombas centrífugas horizontales y verticales. Entre estas hay varios tipos de bombas centrífugas: la de Carcasa Bipartida, de Recirculación, Autocebantes y de Turbina Vertical

### ✓ **Aplicaciones de las Bombas Centrifugas**

Las bombas centrífugas son ideales para las siguientes aplicaciones:

- Para Bombeo de Agua Limpia
- Para Mover Agua Fría
- Bombas Centrifugas Para Uso Doméstico
- Para Aire Acondicionado
- Para Refrigeración
- Protección Contra Incendios

### ✓ Selección de una bomba centrífuga

Para una aplicación específica hay siempre varios tipos de bomba entre los que elegir. Es por esto que se debe seleccionar una bomba con un buen rendimiento para las condiciones operativas dadas que te permita tener menor costo de operación y una eficiencia alta. En este documento no pretendemos realizar una selección de la bomba adecuada para el sistema de bombeo de agua potable solo dejar plasmado desde donde se debe partir para una buena selección.

### ✓ Parámetros para selección de una bomba

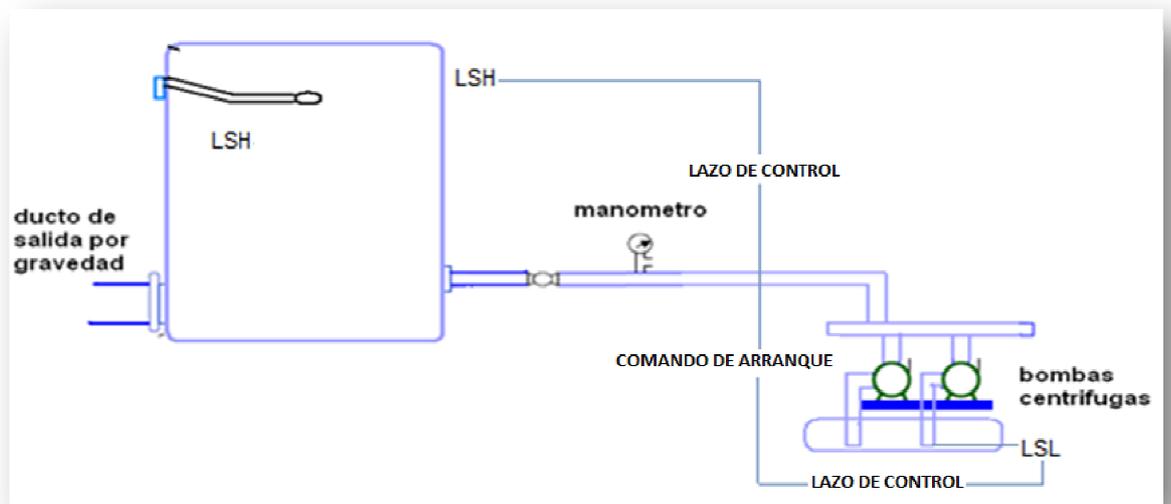
- Velocidad específica
- Diámetro del impulsor
- Velocidad de operación
- Sencillas o multi etapas
- Colocar series o paralelos
- Reducir el flujo para reducir el costo de operación

El objetivo de estos parámetros de selección es optimizar el recurso tecnológico para disminuir el consumo de energía. Así como también debe estar claro que modificando los puntos de operación de la bomba variamos la curva de la misma en lo cual se ve afectado el rendimiento de la Bomba y por ende el consumo de energía.

### 3.5.2 Sistemas de control

#### Descripción Del Proceso

Se cuentan con dos bombas en paralelo de 9 hp con un consumo de 22A en régimen permanente, cuya función es llevar hasta un tanque elevado la demanda de agua potable diaria de la Universidad Tecnológica De Bolívar. Una de las dos bombas tiene un ciclo de operación de 18 horas diarias que equivalen a un consumo energético de 4.8 Kwh. Estas bombas serán comandadas por un circuito simple de control teniendo en cuenta como stand by una bomba común. Si es necesario se podrán seleccionar las dos bombas para aumentar el flujo por las líneas de descarga de las bombas. Ver Figura 4.



*Figura 4. Proceso de bombeo<sup>22</sup>*

Se estima un flujo de 60 gpm., con el cual se llenaría un tanque de 3000lts sin ser drenado en aprox. 10 min.

Se recomienda que exista un tanque elevado que supere la demanda de agua potable en un 50% del consumo total con esto se garantiza que las bombas reduzcan su ciclo de operación disminuyendo el consumo de energía y los costos de facturación.

El control de las bombas se llevara a cabo mediante un flotador que indique cuando el tanque elevado este completamente lleno y por uno que indique cuando el sumidero de succión este por debajo del nivel adecuado para realizar bombeo, lo que quiere decir que el lazo de control de las bombas tiene dos interlock que condicionan el encendido de la bomba. La bomba se detendrá solo cuando el nivel del tanque elevado se encuentre al 100% o cuando el sumidero este por debajo las condiciones de succión y se volverán a encender las bombas cuando la succión sea la adecuada y el tanque elevado este por debajo del 15% del nivel total del tanque.

### **3.6 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

Un sistema de distribución de energía eléctrica es un conjunto de equipos que permiten energizar en forma segura y confiable un número determinado de cargas, en distintos niveles de tensión, ubicados generalmente en diferentes lugares.

Actualmente el mercado ofrece una variedad de marcas que ofrecen centros de distribución confiables y seguros.

De acuerdo a la carga instalada se debe calcular el centro de distribución, los cuales en el mercado se conocen como Tableros Generales, en ellos están ensamblados los dispositivos de

<sup>22</sup> *Sistema de bombeo de agua potable, Ing Gustavo Ávila García*

protección y maniobra que protegen los alimentadores y que permiten operar sobre toda la instalación interior en forma conjunta o fraccionada.

Luego de esto se colocan los tableros de distribución, los cuales contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar directamente los circuitos en que está dividida la instalación o una parte de ella.

A partir de estos tableros se encuentran todas las cargas que posee la instalación eléctrica, como son el alumbrado, los tomas de uso general, los de uso especial, entre otros.

Estos tableros se les pueden añadir módulos automatizados, los cuales permiten administrar las cargas y decidir cuáles y cuando van a estar alimentadas. Además se puede contar con bancos automáticos de Capacitores, los cuales permiten aumentar el factor de potencia y por ende disminuir el consumo de corriente reactiva, obteniendo un ahorro en el valor mensual de la Energía y hasta beneficios de bonificación por mantener el factor de potencia.

En la actualidad el sistema de distribución de la Universidad Tecnológica de Bolívar está conformado por una línea de media tensión a 13.2kV, proveniente de la S/E Ternera, la cual llega a 6 transformadores trifásicos 13.2/220-127, los cuales están conectados independientemente.

El sistema de distribución de la UTB se podría mejorar al implementar un centro de distribución que posea tableros generales, de distribución, y a la vez que se le instalen módulos automatizados con el fin de poder controlar las cargas que este tiene. Adicional, la implementación de un banco de capacitores ayudaría a mejorar el factor de potencia, el cual es, en promedio, de 0.87 y así se obtendrían bonificaciones y evitarían penalizaciones.

## 4. OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA

### 4.1 ILUMINACIÓN

#### 4.1.1 Sustitución de luminarias T12

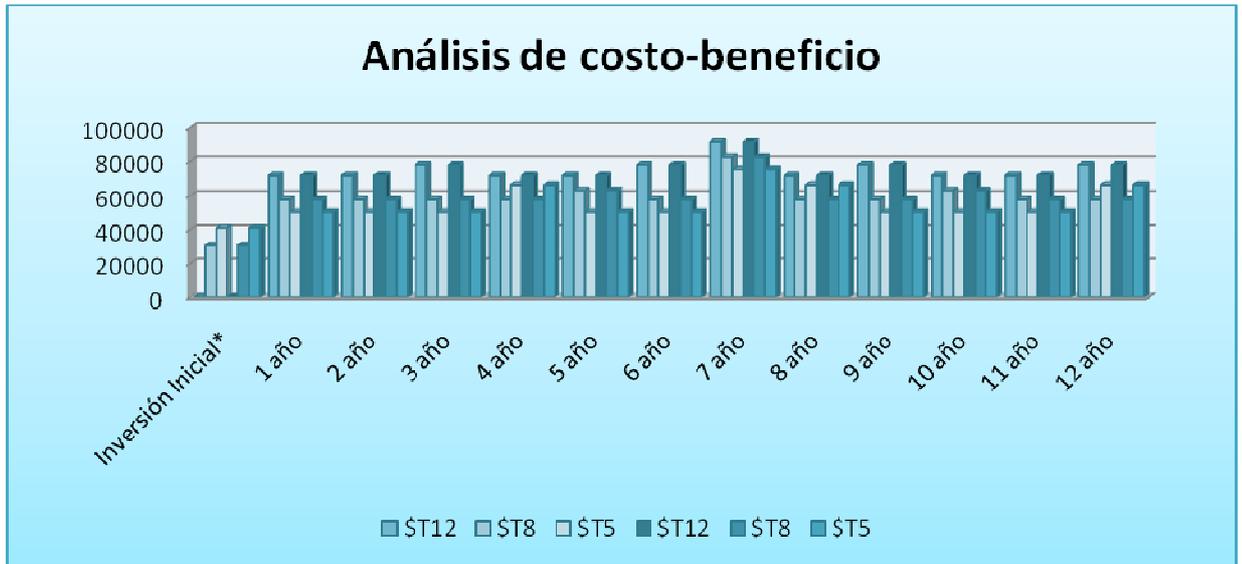
En la Tabla 9 se muestra el costo de luminarias y balasto electrónico para cada una de las tecnologías, además se muestra la información de la vida útil de cada una de estas y el rendimiento que estas tienen cuando el balasto que se utiliza es electrónico. El costo que se toma como base para realizar el análisis de costos es de 240 \$/W-h.

Balasto		ELECTRÓNICO		Valor de W/h		\$ 0,24				
Tubo	Rendimiento (lm/w)	\$ Total por consumo de tubo	Consumo por luminaria (w)	\$ Por luminaria	Vida útil promedio del tubo*	Años de duración del tubo**	Vida útil balasto electrónico*	Años de duración del balasto**	\$ 2 tubos	\$ balasto
T12	80	\$ 10,32	80	19,2	9.000	2,404	25.000	6,68	\$ 6.000	\$ 20.000
T8	90.6	\$ 8,40	64	15,36	20.000	5,342	25.000	6,68	\$ 5.600	\$ 25.000
T5	94.3	\$ 7,44	56	13,44	16.000	4,274	25.000	6,68	\$ 16.000	\$ 25.000

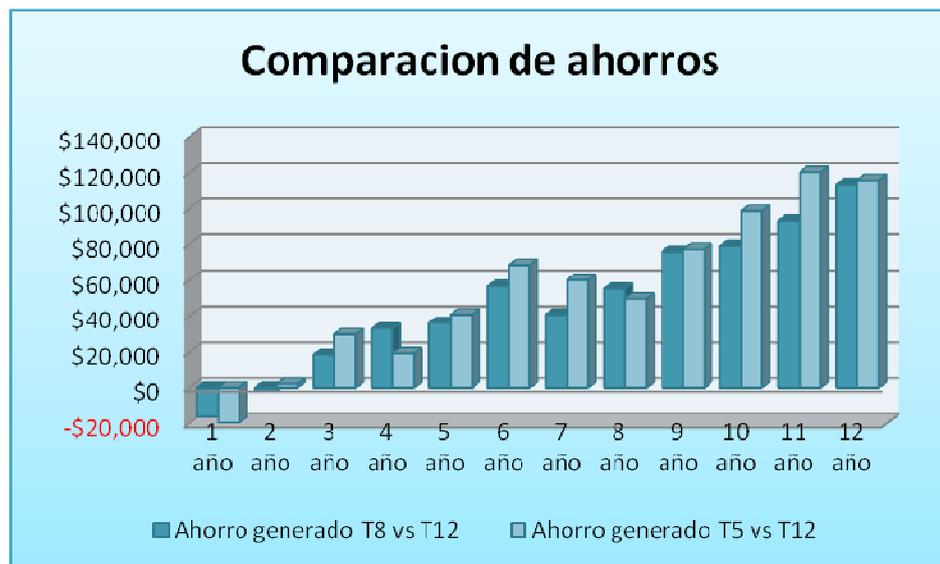
\* La vida útil promedio está determinada por la cantidad de encendidos diarios que se presenten, por tanto estos no deben superar los dos encendidos por día, datos suministrados por Silvanía \*\* Los años de duración se basan en un factor de utilización de 12 horas al día, 6 días a la semana y 52 semanas al año.

**Tabla 9. Información de luminarias y balastos**

En la Gráfica 6 se muestra el análisis costo beneficio, este análisis se hace tomando como base el valor de W-h de \$ 240. También se debe tener en cuenta la vida útil de los balastos y los tubos de las luminarias, para realizar los respectivos mantenimientos y poder mantener el nivel de eficiencia. Además de esto la inversión inicial que se muestra solo incluye el cambio de tubos y balasto, si se incluye luminaria nueva aumentaría el costo pero el rendimiento sería mucho mayor e incluso se disminuiría la cantidad de luminarias por salón y por oficina.



Gráfica 6. Análisis de costo beneficio<sup>23</sup>



Gráfica 7. Comparación entre ahorros<sup>24</sup>

#### 4.1.2 Circuitos temporizados para baños y pasillos

El consumo de energía para iluminación ha ascendido más del 38% con respecto a toda la energía empleada en las instalaciones actuales. Si el costo en espiral de la energía se suma al creciente efecto de su producción en nuestro ambiente, se llega a una simple conclusión: apagar las luces en espacios no ocupados no se trata solo de una opción sino de una

<sup>23</sup> Estudio realizado durante la ejecución del trabajo de grado

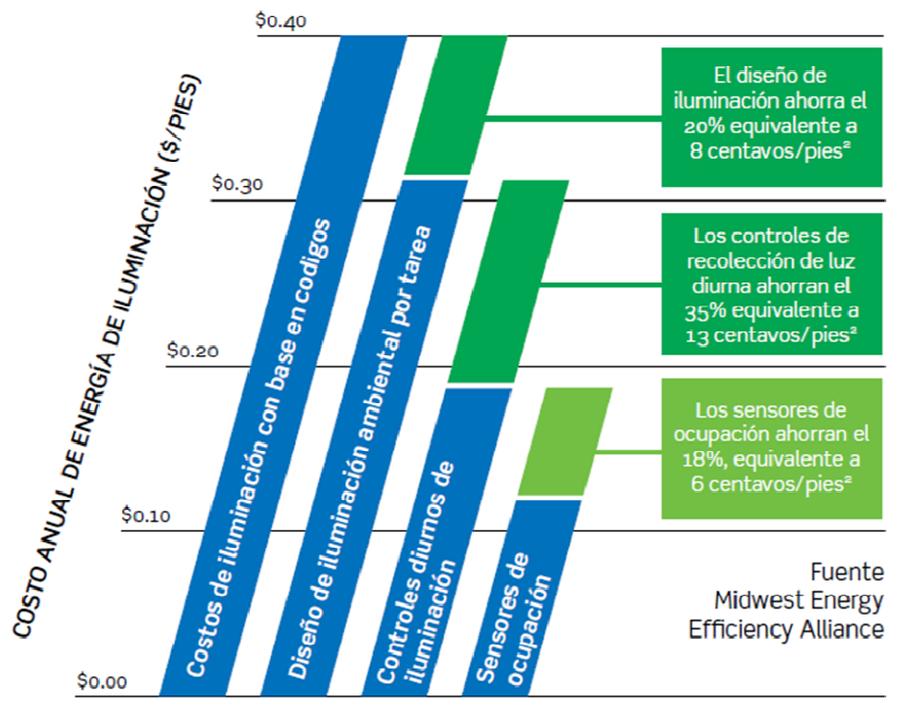
<sup>24</sup> IBID 23

necesidad. Y una de las mejores maneras de asegurarse de que esta acción se ejecute es mediante la instalación de sensores de ocupación. En las

Tabla 10 y Tabla 11, se muestran los ahorros que se pueden generar mediante la utilización de estos.

Tipo de habitación	% de ahorros de energía
Oficina privada	13 a 15%
Oficina abierta	20 a 28%
Salones de clase	40 a 46%
Salas de conferencia	22 a 65%
Baños	30 a 90%
Corredores	30 a 80%
Almacenes	45 a 80%

**Tabla 10. Ahorros de energía asociados a la implementación de sensores de ocupación en diferentes espacios<sup>25</sup>**



<sup>25</sup> Estudio de E Source, enfocado en la adición de sensores de ocupación

**Tabla 11. Potencial de costo ahorro con sensores de ocupación<sup>26</sup>**

Adicional a esto en un estudio realizado por el Electrical Power Research Institute se determinó que a pesar de que el mayor número de interrupciones de encendido y apagado por parte de los sensores de ocupación reduce la vida de las lámpara fluorescentes de 34,000 a 30,000 horas, también incrementa de manera significativa la longevidad de las mismas a 6.8 años en comparación con los 3.9 años de duración de las lámparas que permanecen siempre encendidas, gracias a que no se desperdicia su vida durante las horas sin ocupación. No obstante que los ahorros de energía derivados de los sensores de ocupación siguen siendo su característica más atractiva, la menor frecuencia del reemplazo de lámparas y la disminución asociada en los costos de mantenimiento también pueden brindar ahorros significativos. Por último, aunque no menos importante, la facilidad de la instalación convierte su uso en una alternativa de ahorro de energía rentable y viable tanto en aplicaciones de construcciones nuevas como de remodelaciones. En la Tabla 12 se muestran las diferentes tecnologías de sensores que se ofrecen en el mercado, así como las recomendaciones para la ubicación de cada una de estas. Mientras que en la Tabla 13, se muestran los diferentes tipos de sensores que existen en el mercado de acuerdo a las diferentes tecnologías ofertadas.

Tecnología	Descripción	Recomendaciones de ubicación
<p><b>Sensor de ocupación pasivo infrarrojo (PIR)</b></p>	<p>Los sensores PIR emplean un detector semiconductor que percibe el movimiento de calor rojo emitido por el cuerpo humano. Requieren de una línea de visión sin obstrucciones para lograr una detección precisa. Cualquier mobiliario o decoración que bloquee la visión del sensor impedirá al sensor “percibir” el movimiento de un ocupante. Por lo general, los sensores PIR responden a movimientos más perceptibles que los sensores ultrasónicos y funcionan mejor en áreas pequeñas y cerradas con altos niveles de movimientos de ocupación.</p>	<p>Ubique los sensores de tecnología pasiva infrarroja dentro de una línea de visión clara dentro del área cubierta. Coloque el sensor perpendicular al movimiento probable dado que una persona se detecta con mayor facilidad cuando cruza los límites entre un elemento del lente Fresnel y otro.</p>

<sup>26</sup> Estudio de Midwest Energy Efficiency Alliance

<p><b>Sensor de ocupación ultrasónico</b></p>	<p>Los sensores de ocupación ultrasónico actúan como transmisores y receptores, envían continuamente ondas de sonido ultrasónico y responden siempre que “escuchan” un cambio en la frecuencia de ondas transmitidas ocasionado por el cambio de posición de una persona en relación con el sensor (efecto Doppler). No dependen de la detección dentro de su línea de visión y, por lo tanto, son más eficientes en detectar movimientos alrededor de esquinas y en cubículos. Así mismo, son más sensibles a movimientos más imperceptibles que los sensores pasivos infrarrojos y resultan particularmente idóneos en ubicaciones donde sólo se realizan cantidades mínimas de movimientos.</p>	<p>Puesto que los sensores ultrasónicos son omnidireccionales, pueden detectar movimientos fuera de la habitación que vigilan si su rango de cobertura se extiende mas allá de puertas dentro de habitaciones adyacentes o en pasillos. Con el propósito de evitar esto, dirija los sensores unidireccionales lejos de puertas o de aberturas en habitaciones evite colocarlos donde la señal pueda extenderse a través de estas aberturas en áreas adyacentes. Los rangos de cobertura pueden verse afectados por la naturaleza de las superficies de una habitación. Las alfombras, los elementos de partición y las tejas de techos absorberán las ondas ultrasónicas y, en consecuencia, reducirán el rango de cobertura.</p>
<p><b>Sensores de ocupación de múltiples tecnologías</b></p>	<p>Los sensores de ocupación de múltiples tecnologías combinan las tecnologías pasiva infrarroja y ultrasónica a fin de ofrecer el medio de detección más confiable posible. Se activan mediante la detección pasiva infrarroja y se mantienen encendidos mediante una señal de detección pasiva infrarroja o una ultrasónica. Reúnen lo mejor de ambas: la detección de largo alcance de la tecnología infrarroja y la alta sensibilidad de la tecnología ultrasónica.</p>	<p>Debido a que estos sensores utilizan la tecnología PIR para detectar inicialmente la ocupación y mantener la detección, deben colocarse dentro de una línea de visión del sitio sin obstrucciones en la entrada de la habitación. Puesto que también incorporan la tecnología ultrasónica para mantener la detección, deben instalarse, como mínimo, a 1.8 m (6 pies) con respecto a los ductos de aire. Las unidades unidireccionales deben situarse lejos de las entradas de habitaciones. Coloque los sensores de tal forma que el área de cobertura ultrasónica de movimientos imperceptibles alcance todas las áreas de la habitación donde se presentan los movimientos imperceptibles de trabajo, como en escritorios y estaciones de trabajo.</p>

**Tabla 12. Tecnologías de sensores<sup>27</sup>**

<sup>27</sup> *Catalogo sensores de ocupación , Levinton, 2008*

Tipo de sensor	Imagen	Uso
<b>Interruptor de pared</b>		<p>Cuando no desee instalar un dispositivo separado, seleccione este sensor ya que reemplaza el interruptor de pared existente. Obtenga en un solo dispositivo la detección de ocupación y el interruptor de encendido y apagado manual.</p>
<b>Montaje en techo</b>		<p>Para una cobertura de 180° o 360° de un área (se muestra el sensor de 360°).</p>
<b>Montaje en pared</b>		<p>Para cobertura de áreas con formas irregulares y con techos de diferentes alturas, así como aplicaciones de corredores de bahías altas y pasillos estrechos. Útil para la detección en espacios fuera del campo de visión de otros sensores de ocupación. Puede dirigirse hacia diferentes direcciones.</p>

*Tabla 13. Tipos de sensores<sup>28</sup>*

<sup>28</sup> IBID 27

### **4.1.3 Priorización de áreas para iluminación exterior**

Al igual que los baños y los pasillos, lo ideal sería que la iluminación exterior de la Universidad Tecnológica de Bolívar, estuviese controlada por sensores, pero las luminarias utilizadas para estas áreas no poseen las mismas características que las de iluminación interior, lo que llevaría a reducir su vida útil.

Es por esto que la iluminación exterior se debería manipular con fotoceldas indicadoras del nivel de iluminación presente y de esta forma activar las luminarias.

Mas sin embargo estas fotoceldas solo deberán ser instaladas en aquellas partes donde se requieran, como son, la salida de la Universidad, los parqueaderos y toda aquella que revista de importancia para la seguridad de la institución.

El tipo de luminaria a utilizar dependerá del área donde esta se vaya a colocar, mas sin embargo en el ítem 3.2.1 se referencian las más eficientes.

Además de mejorar la iluminación exterior se debe pensar en categorizar las áreas de la universidad, ya que este hecho reduciría el uso de luminarias en áreas exteriores que son inútiles a la hora de disminuir el consumo eléctrico.

### **4.1.4 Sistemas de control/temporización de circuitos de iluminación(interior & exterior)**

Dentro de los sistemas de control, recomendados por el RETILAP, para iluminación interior, se tienen,

- Encendido/apagado manual

Este sistema de control consiste en monitorear la iluminancia interior de tal forma que cuando esta esté por debajo de la iluminancia necesaria para llevar a cabo las labores se encienda la luz artificial, mas sin embargo este sistema es poco útil, ya que, por lo general, cuando la iluminancia necesaria se puede satisfacer con solo la luz natural, la artificial sigue encendida, causando un gasto innecesario.

- Atenuación del flujo luminoso de las bombillas o dimerización manual

En muchas ocasiones el encendido y apagado de una luminaria representa un cambio demasiado brusco en la iluminación de un recinto, es por esto que en ocasiones se recomiendan los dimmers, los cuales permiten atenuar a gusto propio la iluminación presente. Mas sin embargo estos atenuadores restringen su uso con las lámparas fluorescentes, ya que debido a sus características se puede comprometer su vida útil.

- Encendido/apagado automático

Al igual que en el encendido/apagado manual, en este tipo de control la luminaria se apagara o se encenderá dependiendo de la iluminación del recinto, con la diferencia que si se controlara el nivel de iluminancia por parte de dispositivos electrónicos y la iluminación

artificial se apagara cuando la luz natural presente en el recinto permita cumplir con los niveles de iluminación requeridos.

- Pasos inteligentes con control automático

Para este tipo de control es necesaria la utilización de luminarias con balastos multitension, ya que las luminarias se encienden y se apagan de manera escalonada o gradual.

- Atenuación del flujo luminoso de las bombillas o dimerización automática

Este es uno de los métodos más eficientes para controlar la iluminación interior, ya que tiene la doble funcionalidad de encendido/apagado y/o atenuación de acuerdo a un patrón establecido, en función de una o más de las siguientes variables,

- Nivel de iluminancia por la luz artificial o natural
- Ocupación de los locales
- Horario de ocupación de los locales

Un sistema de control automático de iluminación puede estar conformado por los siguientes dispositivos:

- ❖ **Salida a atenuadores del flujo luminoso de las bombillas o Dimmers.** Es un sistema donde la señal de control determina la proporción de atenuación del flujo luminoso de las bombillas, disminuyéndoles su potencia.

Los dispositivos atenuadores de buena calidad generalmente no producen distorsiones en la forma de corriente de alimentación de la bombilla y pueden aumentar su eficacia. Los equipos de mala calidad no sólo empeoran la eficacia luminosa con la atenuación, sino que pueden afectar la vida de las bombillas.

No todas las bombillas son aptas para la regulación de su flujo luminoso sin que experimenten algún tipo de inconvenientes. Existe en el mercado una gran cantidad de lámparas que no soportan atenuación y son afectadas en su vida útil por cambios de tensión de alimentación y hacen intentos de encendidos con pequeñas tensiones residuales, produciendo un parpadeo molesto y una acelerada perdida de vida útil, por lo que se debe tener especial atención cuando se usen Dimmers con ese tipo de lámparas.

Desarrollos electrónicos recientes permiten hacer funcionar tubos fluorescentes en regímenes de baja potencia, a valores tan bajos como del 1%, sin parpadeos. La regulación del flujo luminoso de las bombillas permite el máximo aprovechamiento de las continuas variaciones de la luz natural sin causar molestias para el usuario, quien no percibe ningún cambio en la iluminación. Además, permite ahorrar la energía del exceso de iluminación que puede estar originado, por ejemplo, por sobredimensionado inicial de la instalación para lograr un buen factor de mantenimiento.

- ❖ **Salida a Sensores.** La finalidad de un sensor de un sistema de control es evaluar las condiciones de los ambientes (cantidad de luz natural, presencia o ausencia de ocupantes, etc.) para generar la señal de control. Los tipos más conocidos son: Sensor ocupacional, sensor fotoeléctrico y sensor de tiempo (reloj).

Sensor Ocupacional o detectores de presencia: El sensor ocupacional es un dispositivo que detecta la presencia de personas en los locales para realizar el control. Son apropiados para este fin los dispositivos similares a los utilizados en sistemas de seguridad (alarmas antirrobo), los que están basados principalmente en dos tipos de tecnología: de infrarroja y de ultrasonido.

Sensor fotoeléctrico, es un dispositivo de control electrónico que permite variar el flujo luminoso de un sistema de iluminación en función de la iluminancia detectada. El control con sensor fotoeléctrico es casi infalible en la evaluación de la cantidad de luz. Los sensores no son otra cosa que foto resistencias que son modificadas a través de una por una lente enfocada sobre el área de interés, como en el caso de sensores PIR. Cuando se pretende integrar señales de un área importante del local son apropiadas las lentes de Fresnel, o bien lentes comunes orientadas sobre un área más reducida, ya sea un escritorio o una porción de pared.

La ubicación y el enfoque del sensor fotoeléctrico, pueden ser los puntos críticos para la efectividad de estos dispositivos, que frecuentemente se ve perjudicada por falsos disparos.

El control de la Iluminación (encender, apagar y regular la iluminación) en la vivienda se realiza tradicionalmente a través de interruptores y reguladores de iluminación de pared. Con el control de la iluminación integrado en un sistema de domótica se puede conseguir un importante ahorro energético y gran aumento del confort.

Para la iluminación exterior, el sistema de control estaría basado en utilizar relojes interruptores programables, de tal forma que el circuito para estas áreas se energice a ciertas horas del día, además del control con las fotoceldas.

## **4.2 AIRES ACONDICIONADOS**

### **4.2.1 Aislamiento térmico de espacios**

Un aislante térmico es un material usado en la construcción e industria y es caracterizado por establecer una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tienden a igualarse en temperatura, impidiendo que entre o salga calor del sistema que nos interesa. Uno de los mejores aislantes térmicos es el vacío, aquí el calor sólo se trasmite por radiación, pero debido a la gran dificultad para obtener y mantener condiciones de vacío se emplean estrategias de cerrado y protecciones a las paredes del recinto o salón donde se desea mantener una temperatura.

Ejemplos de estos aislantes térmicos específicos pueden ser las lanas minerales, las espumas plásticas, reciclados como los aislantes a partir de papel usado, gatos hidráulicos y puertas con cierre hermético entre otros.

Con la utilización de aislantes térmicos se consigue una mejor eficiencia en los aires acondicionados lo que disminuye el consumo energético del mismo. Es por esto que para las nuevas sedes de la Universidad Tecnológica de Bolívar se recomienda que las aulas tengan aislantes térmicos y gatos de cerrado para mejorar la eficiencia de los aires acondicionados.

#### 4.2.2 Sustitución de aires acondicionados >15 años

Actualmente la Universidad Tecnológica de Bolívar cuenta con una capacidad instalada para aires acondicionados de 1008 toneladas, de los cuales 380 toneladas corresponden a aires acondicionados que tienen entre 15 y 20 años de uso, estos aires representan un consumo inmenso de energía por lo cual su reemplazo por cualquier otra tecnología de aires se vería reflejado directamente en el consumo eléctrico.

Es por esto que para las nuevas aulas y en las ya existentes se debe implementar un sistema de gestión de compras y mantenimiento, en el cual, de manera inmediata se deberían reemplazar los aires mayores de 10 años, y crear políticas de uso racional de aires acondicionados, para esto es necesario conocer lo que significa el EER<sup>29</sup> y sus convenciones en la actualidad

En la Tabla 14 se muestra la comparación entre aires acondicionados de tecnologías EER 10 hasta la 13 su capacidad en toneladas y el detalle de consumo anual para cada uno de ellos.

EER	Capacidad (Ton)	Consumo (kWh)	EER	Consumo Diario (\$)	Consumo Mensual (\$)	Consumo Anual(\$)	Ahorro Anual(\$)
EER 13	5	4.61538462	13	8861.538462	177230.7692	1772307.692	0
EER 12	5	5	12	9600	192000	1920000	147692.3077
EER 11	5	5.45454545	11	10472.72727	209454.5455	2094545.455	322237.7622
EER 10	5	6	10	11520	230400	2304000	531692.3077

**Tabla 14. Comparación entre diferentes EER<sup>30</sup>**

Es de notar que a mayor EER los consumos son menores, lo cual se evidencia en el costo de operación anual del equipo.

Además se realizó un comparativo entre el consumo anual de los aires de EER10 y EER13 dejando como resultado una diferencia anual de operación de aproximadamente \$587.000 pesos por cada aire ERR13 vs EER10

<sup>29</sup> EER, Energy Efficiency Ratio

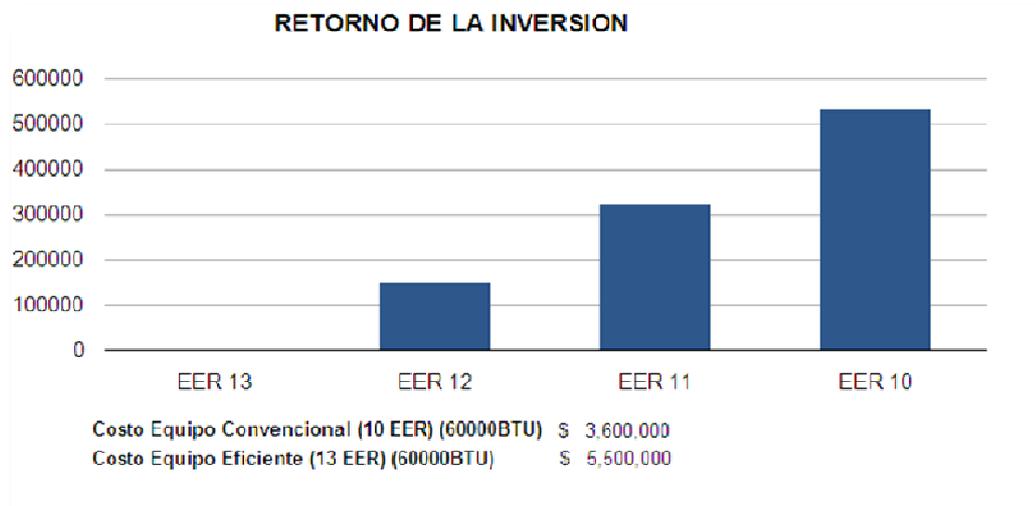
<sup>30</sup>Estudio Realizado Durante La Ejecución Del Trabajo De Grado

EER	Capacidad (Ton)	Consumo (kWh)****	EER	2010	2011	2012	2013	2014	2015
EER 13	5	4.61538462	13	\$ 1,772,308	\$ 1,843,200	\$ 1,916,928	\$ 1,993,605	\$ 2,073,349	\$ 2,156,283
EER 10	5	6	10	\$ 2,304,000	\$ 2,396,160	\$ 2,492,006	\$ 2,591,687	\$ 2,695,354	\$ 2,803,168
Diferencia				\$ 531,692	\$ 552,960	\$ 575,078	\$ 598,082	\$ 622,005	\$ 646,885

Tabla 15. Comparación de ahorros año a año entre EER 10 y 13<sup>31</sup>

Los cálculos se han realizado asumiendo un tiempo de operación anual de 1600h (8 horas por día, 20 días por mes, 10 meses al año), El costo del kWh calculado es de \$240 y se ha asumido un incremento del 6% anualmente para un tiempo de 10 años (considerando éste como el tiempo de vida útil de las unidades)

Ahora se hará una comparación simple de retorno de la inversión. Comparando un equipo de 10EER (3'600.000 pesos)\* con uno de 13EER (5'500.000 Pesos)\*. Ambos de 5TR (60000 BTU). Se puede apreciar que el retorno de la inversión se da en los primeros 3 años de adquirido el equipo y al final del periodo de su vida útil ha generado ahorros suficientes para comprar una unidad nueva. Los resultados se muestran en la Gráfica 8.



Gráfica 8. Retorno de la inversión EER10 vs EER13<sup>32</sup>

<sup>31</sup>Estudio Realizado Durante La Ejecución Del Trabajo De Grado

<sup>32</sup>Estudio Realizado Durante La Ejecución Del Trabajo De Grado

## 4.3 COMPUTADORES

### 4.3.1 Sistema de administración de energía

La universidad tecnológica de bolívar cuenta con 652 computadores de los cuales 70 son computadores portátiles y 582 computadores de escritorio lo que representa un consumo anual de energía eléctrica de 119828,16 kw/h y un costo monetario de \$ 28.758.758,4, estos valores de consumo se podría disminuir si se cambia la forma de uso de los computadores y si se utilizan las herramientas de Windows que traen estos para la administración de energía.

Actualmente, todas las computadoras incorporan un sistema de administración de energía. Para lograr la reducción del consumo energético los fabricantes de los sistemas operativos han establecido dos modos de operación, Sleep y Standby, los cuales deben ser incorporados como prácticas obligadas en la Universidad Tecnológica de Bolívar. En la Tabla 16, se muestra la definición de estos conceptos.

Inactividad	Definida como el período de tiempo en el cual el computador o monitor no recibe ninguna señal de entrada de activación.
Modo Sleep	Definido como el estado de reducción de potencia utilizada por el computador o monitor después de entrar o pasar a un período de inactividad. El computador sigue encendido consumiendo menos energía y con el monitor en negro.
Modo Stand by	Definido como un estado de “apagado”, el computador está apagado pero consume muy poca energía. Presenta dos modalidades, una en la cual todos los programas se cierran y al encender nuevamente el equipo vuelve de cero y el estado de hibernación en el cual se guarda en el disco duro el estado actual de Windows, es decir, al encender nuevamente la computadora se enciende con los programas y ventanas que estaban activos.

*Tabla 16. Definición de conceptos*

Durante el año 2010 se tomaron datos en los laboratorios de electrónica para realizar una caracterización del consumo de energía que tienen los computadores dentro de la Universidad Tecnológica, se realizaron pruebas de operación en los diferentes modos de administración de energía establecidos por Microsoft. En la Tabla 17 se muestran los cálculos de consumo por circuitos dentro del laboratorio de electrónica.

Estos cálculos se realizaron asumiendo un tiempo de operación anual de 1600h (8 horas por día. 20 días por mes, 10 meses al año), El costo del kWh calculado es de \$240.

CONSUMO ELECTRICO DE COMPUTADORES DEL LAB DE ELECTRONICA MODO DE HIBERNACION DESACTIVADO

	Circuito 1	97076.7		Circuito 1	97110.6
26-Apr	Circuito 2	43134.6	3-May	Circuito 2	43170.1
	Circuito 3	11123.1		Circuito 3	11153
	Circuito 1	97081.3		Circuito 1	97114.3
27-Apr	Circuito 2	43138.8	4-May	Circuito 2	43172.2
	Circuito 3	11127.6		Circuito 3	11157
	Circuito 1	97086		Circuito 1	97120.7
28-Apr	Circuito 2	43143.6	5-May	Circuito 2	43176.6
	Circuito 3	11115.5		Circuito 3	11163.7
	Circuito 1	97091.6		Circuito 1	97125.9
29-Apr	Circuito 2	43149.3	6-May	Circuito 2	43184.2
	Circuito 3	11122.8		Circuito 3	11169.1
	Circuito 1	97098.7		Circuito 1	97129.6
30-Apr	Circuito 2	43157.4	7-May	Circuito 2	43190.5
	Circuito 3	11131.8		Circuito 3	11175.3

**Tabla 17. Consumo por circuitos laboratorio de electrónica.**

Consumo anual		
Consumo eléctrico circuito 1	Consumo eléctrico circuito 2	Consumo eléctrico circuito 3
1930.8	1839.6	2018.4

<b>Total consumo laboratorio de electrónica.</b>	<b>\$ 1,389,312.00</b>
--	------------------------

En este modo de operación de los computadores se obtuvo un consumo anual de \$1,389,312 millones.

A continuación se realizaron pruebas basados en las mismas condiciones de operación que se tuvieron en el modo sin hibernación activa. 1600h (8 horas por día. 20 días por mes, 10 meses al año), el costo del kWh promedio es de \$240 pesos.

CONSUMO ELECTRICICO DE COMPUTADORES DEL LAB DE ELECTRONICA MODO DE HIBERNACION ACTIVADO

	Circuito 1	97159.8		Circuito 1	97180.5
17-May	Circuito 2	43208.2	24-May	Circuito 2	43231.4
	Circuito 3	11190.1		Circuito 3	11212.9
	Circuito 1	97163.9		Circuito 1	97183.1
18-May	Circuito 2	43213.6	25-May	Circuito 2	43233.7
	Circuito 3	11194.5		Circuito 3	11215.1
	Circuito 1	97168.8		Circuito 1	97188.2

19-May	Circuito 2	43218.2	26-May	Circuito 2	43237.3
	Circuito 3	11199.1		Circuito 3	11219
	Circuito 1	97171.2		Circuito 1	97192.9
20-May	Circuito 2	43223.5	27-May	Circuito 2	43240.4
	Circuito 3	11203.4		Circuito 3	11221.9
	Circuito 1	97175.3		Circuito 1	97198.1
21-May	Circuito 2	43227.1	28-May	Circuito 2	43243.1
	Circuito 3	11206.2		Circuito 3	11224.5

**Tabla 18. Consumo por circuitos laboratorio de electrónica en modo ahorro.**

Consumo anual		
Consumo eléctrico circuito 1	Consumo eléctrico circuito 2	Consumo eléctrico circuito 3
1755.6	1587.6	1804.8

<b>Total consumo laboratorio de electrónica.</b>	<b>\$ 1,235,520.00</b>
--	------------------------

El consumo anual de los computadores del laboratorio de electrónica con modo de hibernación activa es de \$1,235, 520 lo que representa un ahorro de \$153.792.

Ahora se hará una comparación simple entre los dos modos de operación proyectándolo a los 652 computadores que tiene la universidad tecnológica de bolívar en el campus ternera.

COMPARACION CON Y SIN MODO DE HIBERNACION ACTIVO				
CON	\$ 1,235,520.00		SIN	\$ 1,389,312.00
CANTIDAD AHORRADA				
SIN - CON =	\$ 153,792.00			
	0.110696517			
AHORRO ANUAL		21.10%		
30 COMPUTADORES				

Reducir el consumo de energía del computador, manejando y aplicando ajustes de energía ayuda a ahorrar cerca de 21.1% de consumo energético por computador al año. Además, esta tendencia de gestión energética se ha convertido en una "norma".

Para llevar a cabo estos objetivos de reducción energética en los computadores es necesario. Establecer políticas de energía, lo que le asegura que los integrantes de la universidad tecnológica de bolívar estén participando y que la organización esté ahorrando dinero.

#### 4.3.2 Sustitución de Desktops por Laptops

Un computador portátil consume entre un 50 % y 70 % mas que un computador de escritorio lo que nos lleva a pensar en la sustitución de Desktops por Laptops, pero para realizar esta sustitución es necesario analizar las ventajas y desventajas que tiene una con respecto a la otra. Antes que todo, vamos a definir que es cada una de ellas.

##### Desktop

Es un computador de escritorio, que tiene sus partes y periféricos separados. Generalmente está compuesto por una CPU donde se encuentra el procesador, la memoria, el disco duro, etc. Y los periféricos de entrada son intercambiables que están unidos por cables, como lo son el monitor, el teclado, el mouse etc.

##### Laptop

Es un computador portátil en el que también encontramos el procesador, la memoria, disco duro etc. Cuenta con una batería de larga duración para funcionar sin la necesidad de una toma eléctrica lo que la hace versátil y de fácil movilidad. Los dispositivos están mayormente

integrados e internalizados a el mismo portátil, aunque también se pueden conectar externamente de manera opcional.

Las ventajas de un laptop son las siguientes

- ✓ Portatibilidad.
- ✓ Diseño cómodo.
- ✓ Ahorro de muchos dispositivos periféricos externos.
- ✓ Ahorro de UPS.
- ✓ Fácil conectividad a internet, por la tarjeta inalámbrica integrada.
- ✓ Ahorro de espacio y cables.

Desventajas de un laptop

- ✓ Menor robustez que las desktop.
- ✓ Capacidad limitada.
- ✓ Difícil actualización de memoria, tarjeta de video, procesador.
- ✓ Difícil limpieza interna.
- ✓ Es difícil mantenimiento.

Las ventajas de un desktop son las siguientes

- ✓ Mayor robustez que un laptop
- ✓ Mayor capacidad de rendimiento.
- ✓ Fácil actualización de memoria, tarjeta de video y procesador.
- ✓ Fácil limpieza interna.

Desventajas de un desktop

- ✓ Por su tamaño su portatibilidad es limitada.
- ✓ utiliza dispositivos periféricos externos cableados.
- ✓ Es necesario el uso de UPS.

La recomendación a la hora de sustituir desktop por laptop es relativa y depende de las necesidades que se tengan, nosotros recomendamos que en la Universidad Tecnológica De

Bolívar solo se realicen este tipo de cambios en las oficinas en que el uso de computadores es menos exigente y para laboratorios un Desktop, debido a la fácil actualización de hardware y al bajo precio de sus partes.

#### 4.4 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

##### 4.4.1 Compensación de factor de potencia

La compensación del factor de potencia del Sistema de Distribución actual de la Universidad Tecnológica de Bolívar se debe llevar a cabo por bancos de condensadores calculados y especificados por Baron, Elvira y Crismatt, Yessid en su trabajo de grado “ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA Y DISEÑO DEL BANCO DE CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN LA SUBESTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR SEDE TERNERA”; de acuerdo a este los bancos de condensadores, para cada uno de los tableros presentes en la Universidad, quedan dimensionados como se muestra en la Tabla 19.

Tablero	Transformador	Potencia del transformador	Potencia banco fijo	Potencia banco dinámico	Pasos de condensadores
1	1	150kVA	5/6kVAr	10kVAr	2
2	2	150kVA	5/6kVAr	10kVAr	2
3	3	150kVA	5/6kVAr	N/A	1
4	4	112,5kVA	N/A	N/A	0
5	6	75kVA	5/6kVAr	N/A	1
N/A	5	225kVA	5/6kVAr	15kVAr	2

Nota: La tensión de trabajo de los condensadores es de 220/240

*Tabla 19<sup>33</sup>. Bancos de condensadores elegidos para cada tablero*

#### 4.5 SISTEMA DE CONTROL & MONITOREO

El objetivo de un sistema de control y monitoreo es proporcionar información para la toma de decisiones en términos de un óptimo uso de la energía eléctrica. Existen diferentes soluciones para el monitoreo de energía y reducción de costos de la misma, entre ellos se encuentra, Schneider Electric , York, Siemens, entre otros.

En un sistema de monitoreo y control se integran diferentes equipos que ayudan a monitorear, medir y obtener parámetros de proceso y tomar decisiones Schneider Electric ofrece los siguientes:

<sup>33</sup> Cuadro 33. Bancos de condensadores elegidos para cada tablero, pag. 146. “ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA Y DISEÑO DEL BANCO DE CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN LA SUBESTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR SEDE TERNERA”; Trabajo de grado Elvira Baron y Yesid Crismatt.

- ✓ Dispositivos de monitoreo de energía, tales como Enercept, Energy Meter, Power Meter, Power Logic.
- ✓ Relevadores multifuncionales de protección y medición, tales como Sepam 1000+
- ✓ Controladores lógicos programables, tales como Twido, Micro, Compact, Momentum y Quantum

YORK ofrece:

ModLINC, Simplicity Intelli-Confort”, “Simplicity PC, Millennium, Building Management System

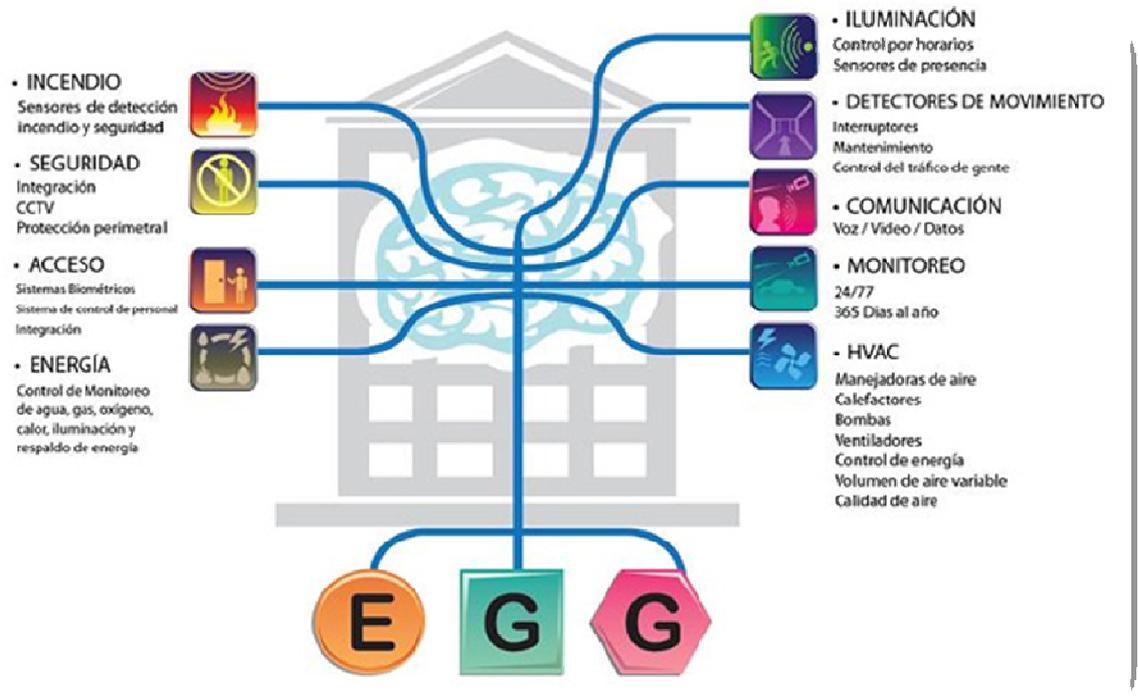
Ventajas de un sistema de monitoreo y control

- ✓ Disminuir costos de operación por ahorro de energía.
- ✓ Controlar los horarios de encendido y apagado (programados y calendarizados).
- ✓ Monitorear en tiempo real los estados de funcionamiento a través de una PC (internet) y desde cualquier parte del mundo.
- ✓ Administrar la energía, incluyendo funciones de apagado maestro.
- ✓ Integrar a otros sistemas de automatización
- ✓ Aumentar el confort de sus clientes tanto internos como externos.
- ✓ Disminuir costos generales por operaciones más eficientes

#### **4.5.1 Plataformas de administración**

El sistema de automatización “Metasys” (Building Management System) es una plataforma de administración operativa que ofrece el mayor control y acceso a la información integrando todos los equipos electromecánicos y de control, organizando la información de manera lógica y de entrega en las terminales o usuarios necesarios, compatible con los protocolos de Internet y los estándares IP.

Metasys es ideal para recibir alertas o alarmas de los equipos o cualquier otro dispositivo habilitado para conectarse a Internet como puede ser su propia computadora, se recomienda para edificios comerciales, escuelas, bibliotecas, hospitales, centros comerciales, hoteles y para todos aquellos inmuebles que requieren del constante monitoreo, operación y manejo remoto de los equipos del edificio como son; sistemas de programación de temperaturas, controles de accesos y circuitos cerrados de TV (CCTV), detección de incendios, sistemas de iluminación, plantas de emergencia, hidroneumáticos, plantas de tratamiento de agua, plantas de agua helada, etc., es de fácil aplicación para estrategias de ahorro de energía eléctrica, utiliza un browser de Web estándar y cuenta con acceso seguro con diferentes niveles de password.



*Ilustración 5. Esquema Metasys<sup>34</sup>*

Ofrece control de incendios con sensores de detección de humo, control de iluminación con sensores de presencia interruptores local remoto para el encendido y apagado de luminarias, sensores de presencia y controles de apagado temporizado, para el monitoreo de energía, cuenta con control de monitoreo de aguas, gas, oxígeno, iluminación y respaldo de energía entre áreas que puede controlar, como lo muestra la Ilustración 5.

Se sugiere que en la Universidad Tecnológica De Bolívar se implemente un sistema de monitoreo y control basado en la filosofía de ahorro energético donde se puedan establecer parámetros del sistemas donde se monitoreen constantemente las luminarias, aires acondicionados, bombas de agua y computadores.

<sup>34</sup>Ilustración tomada de Johnson control, [www.jhonsontcontrol.com](http://www.jhonsontcontrol.com)

## 5. CONCLUSIONES & RECOMENDACIONES

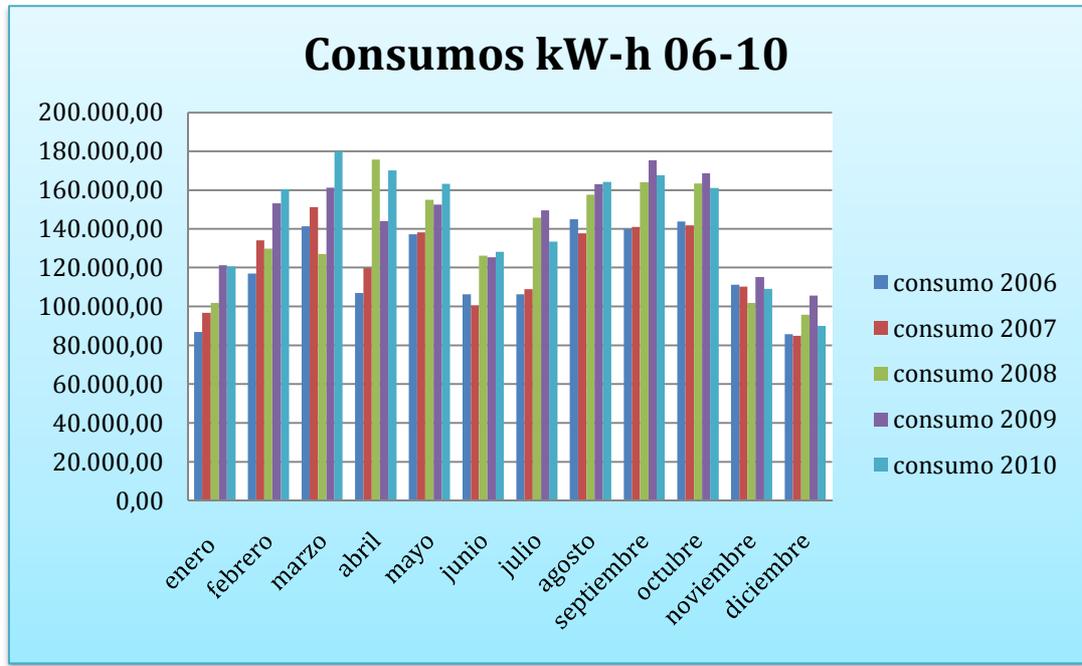
Dentro de las principales conclusiones y recomendaciones que resultan de este trabajo se presentan las siguientes,

- Tanto para aplicaciones interiores como exteriores se debe evitar la compra e instalación de luces incandescentes o halógenas.
- Se deben sustituir todas las bombillas tradicionales existentes por bombillas de bajo consumo, donde están aplicadas, ya que permiten ahorrar hasta un 80% de energía y la vida útil de estas es de hasta 8 veces más que las convencionales.
- Los balastos de las luminarias fluorescentes deben ser electrónicos, y se recomienda que para aquellas áreas donde el encendido de las luminarias es frecuente, se utilicen balastos con precaldeo, ya que permiten aumentar la vida útil del tubo hasta en un 50%.
- Las luminarias a utilizar deben ser preferiblemente T5, más sin embargo se aceptan las T8, mientras que las T12 se debe hacer un proyecto que contemple el cambio de todas estas.
- Se recomienda que las luminarias utilizadas para iluminación interior, tengan pantalla reflectora tipo especular completa.
- Los colores claros son preferibles a la hora de dar una mejor iluminación, ya que disminuye la utilización de focos de luz artificial.
- Con el fin de lograr el mejor aprovechamiento de la energía consumida, la instalación de alumbrado se debe proyectar de manera que se puedan realizar fácilmente encendidos parciales, ya sea para aprovechar la luz natural, o para ajustar los puntos de luz en funcionamiento a las necesidades del momento. Con este objeto resulta aconsejable el fraccionamiento de la maniobra de los distintos circuitos de un mismo local, mediante interruptores debidamente señalizados, es decir, desde el punto de vista de la eficiencia energética en la explotación de la instalación de iluminación, es fundamental la zonificación o parcialización de circuitos.
- Hay que destacar en el aspecto de la selectividad de la instalación, la importancia de que las luminarias deberán estar conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a las ventanas, de tal manera que permita controlar el encendido de éstas de forma independiente del resto de luminarias.
- La implantación de sistemas de control reduce los costes energéticos y de mantenimiento de la instalación, e incrementa la flexibilidad del sistema de iluminación. Este control permite realizar encendidos selectivos y regulación de las luminarias durante diferentes períodos de actividad, o según el tipo de actividad cambiante a desarrollar. Estos sistemas apagan, encienden y regulan según detectores de movimiento y presencia, células de nivel por la luz natural o calendarios y horarios preestablecidos. La utilización de estas técnicas es muy aconsejable y supone ahorros en energía muy importantes de hasta el 65%, dependiendo del tipo de instalación. Los empleados (especialmente los profesores) de las sedes de la Universidad deben ser previamente informados y hacerles partícipes de la iniciativa, para evitar rechazos que puedan derivar en problemas laborales, ya que algunos pueden sentirse coaccionados ante acciones de control.
- Las unidades condensadoras externas debieran estar lo menos soleadas posibles y dispuestas de tal forma que permitan una buena circulación del aire.

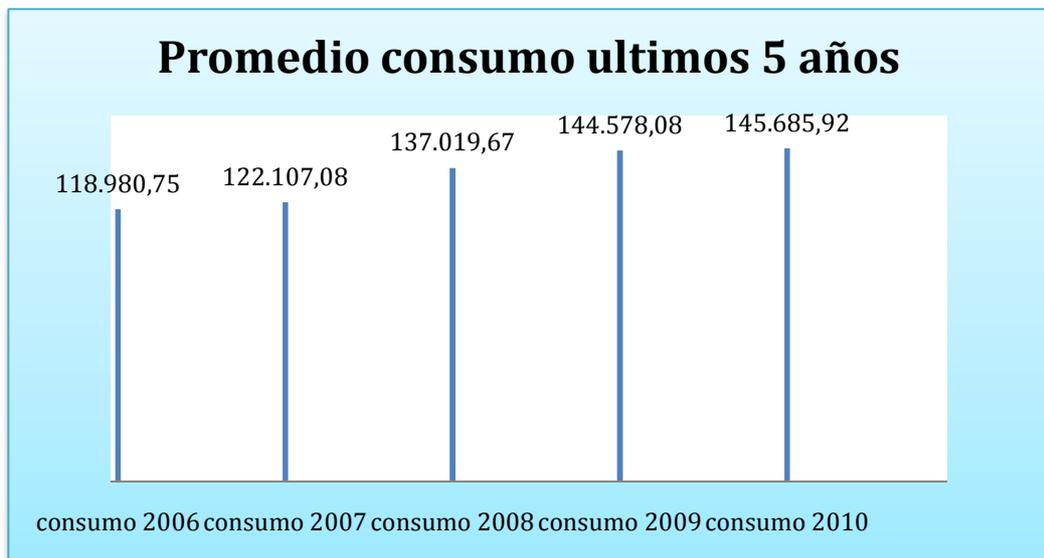
- Reforzar los aislamientos de los cerramientos exteriores. Utilizar polarizados para los vidrios que disminuyen el flujo de calor hacia el interior.
- Seguir rigurosamente, las pautas de mantenimiento del fabricante del aparato de aire, que por lo general va a consistir en la limpieza de los filtros.
- No dejar encendido los equipos. Equipos de última tecnología tienen mecanismos de ahorro energético que detectan si no hay nadie, desactivándose automáticamente.
- Utilizar toldos, cortinas y persianas que puedan reducir el calentamiento interno, impidiendo que la radiación directa del sol. El consumo de energía puede reducirse hasta en un 30 % si se evita la entrada excesiva de calor.
- Además de la temperatura, es importante regular correctamente los valores de la humedad. Los valores deben situarse entre el 40% y el 60%.
- El computador debe tener activado el modo de ahorro de energía activado, de tal forma que si la persona que esta trabajando en este se aleja del lugar por mucho tiempo no siga consumiendo igual. Se aclara que al tener el modo de ahorro activado el computador no tiene que ser apagado durante el día, mientras se este trabajando, y que automáticamente las descargas se van a seguir realizando.
- Evitar la utilización de protectores de pantalla.
- Mantener limpio y ordenado el disco duro de archivos no utilizados, temporales, cookies, historial y además mantener una la papelera limpia, mejora el rendimiento del equipo. En el mercado se encuentran programas que limpian en forma fácil estos archivos como es el CCleaner, el cual se debería instalar en todos los computadores y ejecutarlo cada 15 días por personal entrenado para esto.
- Mantener los programas antivirus, antispyware y anti troyanos actualizados y usar, escanear o revisar el equipo una vez por semana mínimo. Este escaneo se debe programar automático, de tal forma que no haya opción de que la persona encargada del computador se olvide de hacerla. Así como se debe programar automáticamente la actualización de estos programas. Además se debe tener en cuenta que toda programación de los computadores debe ser totalmente realizada por personal autorizado, así como la instalación de cualquier programa. Todos los programas que requieran actualización deben estar debidamente licenciados.
- Una buena ventilación o enfriamiento al PC permite un buen funcionamiento, por eso nunca hay que cubrir por ninguna circunstancia los extractores de aire que están en la fuente de poder (que está en la parte trasera del gabinete o CPU) o la parte lateral de algunos gabinetes y darles espacio suficiente para que pueda extraer y botar el aire en forma correcta.

## 6. ANEXOS

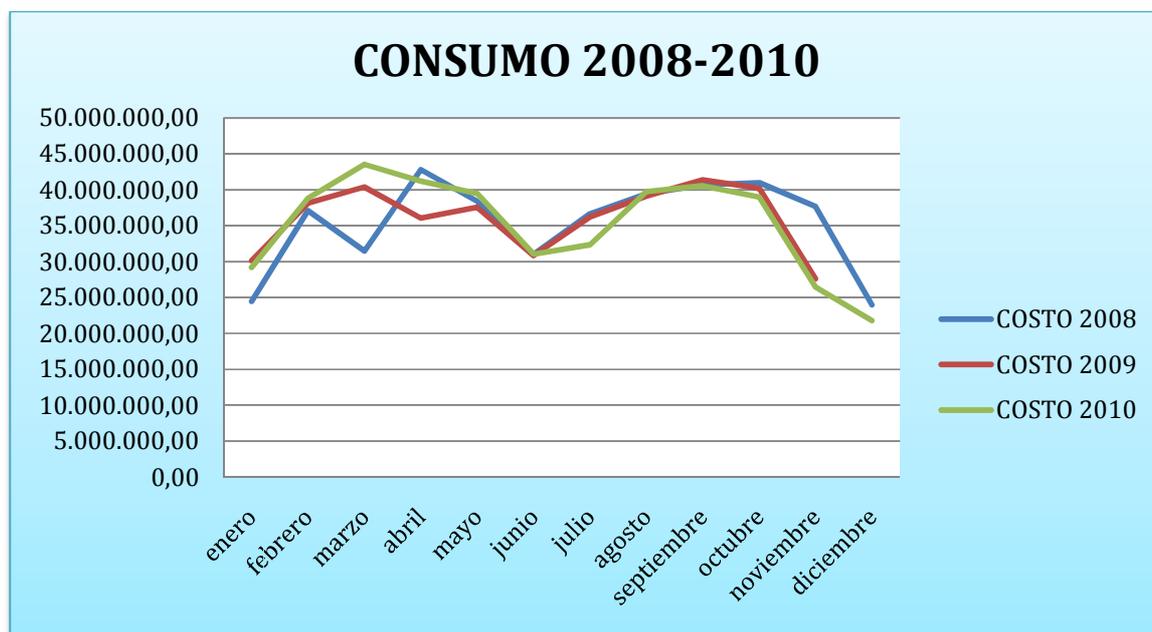
### A.1 GRÁFICAS DE REGISTROS HISTÓRICOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA



Gráfica 9. Consumo de Energía eléctrica del 2006 al 2010



Gráfica 10. Promedio de consumo de energía eléctrica en los últimos 5 años.



*Gráfica 11. Costo del consumo de energía eléctrica del 2008 al 2010*

## A.2 INVENTARIO DE EQUIPOS (LUMINARIAS, AIRES ACONDICIONADOS, COMPUTADORES) CON TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO

### A.2.1 Aires Acondicionados

HISTORIAL DE ANTIGÜEDAD DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR OCTUBRE 2009		
VIDA DEL EQUIPO	CAP INSTALADA (TON)	CANTIDAD DE EQUIPOS
1 A 5 AÑOS	127	105
5 A 10 AÑOS	55	48
10 A 15 AÑOS	165	94
15 A 20 AÑOS	100,8	75
	447,8	322

## A.2.2 Computadores

UBICACIÓN	TIPO Y CANTIDAD			TIPO Y CANTIDAD	
	LAPTOP	DESKTOP		LAPTOP	DESKTOP
ADMINISTRATIVO	1	1	DOC. DE ING. INDUSTRIAL		5
ADMISIONES		10	FINANCIERA		11
ADQUISICIONES		7	ENFERMERIA		1
ALMACEN		2	LAB FISICA		
ARCHIVO		2	LAB. ING. DE SOFTWARE	15	
ARCHIVO HISTORICO		1	GYM		1
BIBLIOTECA		49	IDIOMAS		19
BIENESTAR UNIVERSITARIO		5	MAESTRIA DE GESTION AMBIENTAL	6	
CALIDAD		1	MAESTRIA DE INGENIERIA	18	
CAPSI		4	MALOKA	9	15
CELULA NET		4	MECANICA		12
CENTRO DE APRENDIZAJE		2	MECANICA Y MECATRONICA	2	4
CENTRO DE SERVICIOS DE INGENIERIA		1	PLANEACION	2	5
CIENCIAS BASICAS	1	18	POETA		20
CIENCIAS SOCIALES		1	PRESUPUESTO		6
COMPUTADORES PARA EDUCAR		8	PSICOLOGIA	4	13
COMUNICACIONES		24	RECTORIA		3
CORD CIENCIAS POLITICAS		2	RECUSOS HUMANOS		10
CORD CULTURA Y DEPORTE		1	REGISTRO ACADEMICO		4
CORD HUMANIDADES		2	SALA DE INFORMATICA	4	85
CORD PEDAGOGIA		1	SAVIO		20
CORD PRACTICAS		3	SEC. DE MEC.Y MECATRONICA		1
CORD UNIDADES DE SERVICIO		2	SECRETARIA CIENCIAS BASICAS		1
CORD SISTEMAS		1	SECRETARIA DECANATURA		1
DEC. CIVIL Y AMBIENTAL		2	SECRETARIA GENERAL		1
DEC. ELECTRICA Y ELECTRONICA		2	SERVICIOS GENERALES		2
DESARROLLO PERSONAL	2	1	SIRIUS		8
DIR. ADMINISTRATIVA		1	TALLER DE REPARACION		2
DIR. SERVICIOS INFORMATICO	6	128	TESORERIA		1
ELECTRICA Y ELECTRONICA		37	UNIDADES ESTRATEGICAS DE NEGOC		1
VICERECTORIA ADMINISTRATIVA		1	UNIVERSIDAD VIRTUAL		5
			VICERRECTORIA		1
TOTAL =	DESKTOP 582	LAPTOP 70			

### A.2.3 Luminarias

<b>Edificio</b>	<b>Tipo de luminaria</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Aulas 1</b>	Sylvania Daylight F48T12/D	309
	Bombillos Phillips	88
	Dulux CF18DT/827	3
<b>Aulas 2</b>	Sylvania Daylight F48T12/D	572
	Bombillos Phillips	50
	Dulux CF18DT/827	2
<b>Rectoría</b>	Sylvania Daylight F48T12/D	110
	Bombillos Phillips	12
	Dulux CF18DT/827	11
<b>Administrativo</b>	Sylvania Daylight F48T12/D	106
	Bombillos Phillips	10
	Dulux CF18DT/827	9
<b>Biblioteca</b>	Ecolux F17T8/SP41/ECO	472
	Ecolux F32T8/SP41/ECO	20
	GE F40CW/U6/EX TIPO U	58
	Dulux CF18DT/827	50
	Dulux CF18DT/827 dobles	62
	Bombillos Phillips	2
	Sylvania Octron FB032/741/ECO tipo U	24
<b>Bienestar</b>	Sylvania Daylight F48T12/D	89
	Bombillos Phillips	9
<b>Oficinas varias</b>	Sylvania Daylight F48T12/D	102
	Bombillos Phillips	40
	Lamparas OSRAM	12
	Lampara T8 YZ CE	24
	Dulux CF18DT/827	44
<b>Cafetería</b>	Sylvania Daylight F48T12/D	16
	Sylvania Daylight 20W	4
	Sylvania Daylight 96W	2

### A.3 TABLA DE VALORES RECOMENDADOS DE ILUMINACIÓN RETILAP

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR <sub>L</sub>	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
Áreas generales en las edificaciones				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	300
Almacenes, bodegas.	25	100	150	200
Talleres de ensamble				
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	25	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de automotores	22	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	16	1000	1500	2000
Procesos químicos				
Procesos automáticos	-	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	200
Áreas generales en el interior de las fábricas	25	200	300	500
Cuartos de control, laboratorios.	19	300	500	750
Industria farmacéutica	22	300	500	750
Inspección	19	500	750	1000
Balanceo de colores	16	750	1000	1500
Fabricación de llantas de caucho	22	300	500	750
Fábricas de confecciones				
Costura	22	500	750	1000
Inspección	16	750	1000	1500
Prensado	22	300	500	750
Industria eléctrica				
Fabricación de cables	25	200	300	500
Ensamble de aparatos telefónicos	19	300	500	750
Ensamble de devanados	19	500	750	1000
Ensamble de aparatos receptores de radio y TV	19	750	1000	1500
Ensamble de elementos de ultra precisión componentes electrónicos	16	1000	1500	2000
Industria alimenticia				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Procesos automáticos	-	150	200	300
Decoración manual, inspección	16	300	500	750
Fundición				
Pozos de fundición	25	150	200	300
Moldeo basto, elaboración de machos	25	200	300	500
Moldeo fino, elaboración de machos, inspección	22	300	500	750
Trabajo en vidrio y cerámica				
Zona de hornos	25	100	150	200
Recintos de mezcla, moldeo, conformado y estufas	25	200	300	500
Terminado, esmaltado, envidriado	19	300	500	750
Pintura y decoración	16	500	750	1000
Afilado, lentes y cristalería, trabajo fino	19	750	1000	1500
Trabajo en hierro y acero				
Plantas de producción que no requieren intervención manual	-	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	250
Puestos de trabajo permanentes en plantas de producción	25	200	300	500
Plataformas de control e inspección	22	300	500	750
Industria del cuero				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Prensado, corte, costura y producción de calzado	22	500	750	1000
Clasificación, adaptación y control de calidad	19	750	1000	1500
Taller de mecánica y de ajuste				
Trabajo ocasional	25	150	200	300
Trabajo basto en banca y maquinado, soldadura	22	200	300	500
Maquinado y trabajo de media precisión en banco, máquinas generalmente automáticas	22	300	500	750
Maquinado y trabajo fino en banco, máquinas automáticas finas, inspección y ensayos	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, calibración e inspección de partes pequeñas muy complejas	19	1000	1500	2000
Talleres de pintura y casetas de rociado				
Inmersión, rociado basto	25	200	300	500
Pintura ordinaria, rociado y terminado	22	300	500	750
Pintura fina, rociado y terminado	19	500	750	1000
Retoque y balanceo de colores	16	750	1000	1500
Fábricas de papel				
Elaboración de papel y cartón	25	200	300	500
Procesos automáticos	-	150	200	300

<b>Inspección y clasificación</b>	<b>22</b>	<b>300</b>	<b>500</b>	<b>750</b>
<b>Trabajos de impresión y encuadernación de libros</b>				
Recintos con máquinas de impresión	19	300	500	750
Cuartos de composición y lecturas de prueba	19	500	750	1000
Pruebas de precisión, retoque y grabado	16	750	1000	1500
Reproducción del color e impresión	19	1000	1500	2000
Grabado con acero y cobre	16	1500	2000	3000
Encuadernación	22	300	500	750
Decoración y estampado	19	500	750	1000
<b>Industria textil</b>				
Rompimiento de la paca, cardado, hilado	25	200	300	500
Giro, embobinado, enrollamiento pelado, tintura	22	300	500	750
Balanceo, rotación (conteos finos) entretejido, tejido	22	500	750	1000
Costura, desmote o inspección	19	750	1000	1500
<b>Talleres de madera y fábricas de muebles</b>				
Aserraderos	25	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	25	200	300	500
Maquinado de madera	19	300	500	750
Terminado e inspección final	19	500	750	1000
<b>Oficinas</b>				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750
<b>Centros de atención médica</b>				
<b>Salas</b>				
Iuminación general	22	50	100	150
Examen	19	200	300	500
Lectura	16	150	200	300
Circulación nocturna	22	3	5	10
<b>Salas de examen</b>				
Iuminación general	19	300	500	750
Inspección local	19	750	1000	1500
<b>Terapia intensiva</b>				
Cabecera de la cama	19	30	50	100
Observación	19	200	300	500
<b>Estación de enfermería</b>				
<b>Salas de operación</b>				
Iuminación general	19	500	750	1000
Iuminación local	19	10000	30000	100000
<b>Salas de autopsia</b>				
Iuminación general	19	500	750	1000
Iuminación local	--	5000	10000	15000
<b>Consultorios</b>				
Iuminación general	19	300	500	750
Iuminación local	19	500	750	1000
<b>Farmacia y laboratorios</b>				
Iuminación general	19	300	400	750
Iuminación local	19	500	750	1000
<b>Almacenes</b>				
<b>Iuminación general:</b>				
En grandes centros comerciales	19	500	750	1000
Ubicados en cualquier parte	22	300	500	750
Supermercados	19	500	750	1000
<b>Colegios y centros educativos.</b>				
<b>Salones de clase</b>				
Iuminación general	19	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
<b>Salas de conferencias</b>				
Iuminación general	22	300	500	750
<b>Tableros</b>				
19	500	750	1000	
<b>Bancos de demostración</b>				
19	500	750	1000	
<b>Laboratorios</b>				
19	300	500	750	
<b>Salas de arte</b>				
19	300	500	750	
<b>Talleres</b>				
19	300	500	750	
<b>Salas de asamblea</b>				
22	150	200	300	

## A.4 EQUIPOS DE MEDICIÓN (FICHAS TÉCNICAS)

Fluke 1735

**FLUKE**

### Fluke 1735 Three-Phase Power Logger

Technical Data

#### Electrical load studies, energy consumption testing, and general power quality logging

The Fluke 1735 Three-Phase Power Logger is the ideal electrician or technician's tool for conducting energy studies and basic power quality logging. Set up the 1735 in seconds, with the included flexible current probes and color display. The 1735 logs most electrical power parameters, harmonics and captures voltage events.



- Record power and associated parameters for up to 45 days
- Monitor maximum power demand over user-defined averaging periods
- Prove the benefit of efficiency improvements with energy consumption tests
- Measure harmonic distortion caused by electronic loads
- Improve reliability by capturing voltage dips and swells from load switching
- Easily confirm instrument setup with color display of waveforms and trends
- Measure all three phases and neutral with included 4 flexible current probes
- View graphs and generate reports with included Power Log software
- Compact, rugged design with IP65 case, 600 V CAT III and two-year warranty

## Specifications

### General

Display	¼ VGA Graphic Color transmissive displays 320 x 240 Pixel with additional background lighting and adjustable contrast, text and graphics in color
Quality	Developed, designed and manufactured according to DIN ISO 9001
Memory	4 MB Flash memory, 3.5 MB for logging data
Interface	RS-232 SUB-D socket; 115.2 k Baud, 8 data bits, no parity, 1 stop bit, firmware updates are possible with the RS-232 interface (9-pole extension cable)
Sample rate	10, 24 kHz
Line frequency	50 Hz or 60 Hz, user-selectable, with automatic synchronization
Power supply	NIMH battery-pack, with ac adapter (18 V to 20 V/0.8 A)
Operation time with battery	Typical > 12 hours with backlight low and > 6 hours with backlight high
Dimensions	240 mm x 180 mm x 110 mm (6.1 in x 4.6 in x 2.8 in)
Weight	1.7 kg (3.75 lb), including battery

### Ambient conditions

Working temperature range	-10 °C to +50 °C (+14 °F to +122 °F)
Storage temperature range	-20 °C to +60 °C (+32 °F to +140 °F)
Operating temperature range	0 °C to +40 °C (+32 °F to +104 °F)
Reference temperature range	23 °C ± 2 °C

Note: The above terms are defined in European Standards. To calculate the specification at any point in the working temperature range, use the temperature coefficient below.

Temperature coefficient	± 0.1 % of the measured value per °C from the reference
Intrinsic error	Refers to reference temperature, max. deviation is guaranteed for two years.
Operating error	Refers to operating temperature range, max. deviation is guaranteed for two years
Climatic class	C1 [IEC 684-1] -5 °C to +45 °C (+41 °F to +113 °F), 5 % to 95 % RH, no dew
Housing	Cycloxy shock and scratch proof thermoplast VO-type (non-flammable) with rubber protection holster

### EMC

Emission	IEC/EN 61326-1:1997 class B
Immunity	IEC/EN 61326-1:1997

### Safety

Safety	IEC 61010-1 600 V CAT III, double or reinforced insulation, pollution degree 2
Protection	IP65; EN60829 (refers only to the main housing without the battery compartment)

RMS values are measured with a 20 ms resolution.

### V-rms wye measurement

Measuring range	57 V/66 V/110 V/120 V/127 V/220 V/ 230 V/240 V/260 V/277 V/347 V/ 380 V/400 V/417 V/480 V ac
Intrinsic error	± [0.2 % of measured value, + 5 digits]
Operating error	± [0.5 % of m. v. + 10 digit]
Resolution	0.1 V

### V-rms delta measurement

Measuring range	100 V/115 V/190 V/208 V/220 V/380 V/ 400 V/415 V/450 V/480 V/600 V/ 660 V/690 V/720 V/830 V ac
Intrinsic error	± [0.2 % of m. v. + 5 digit]
Operating error	± [0.5 % of m. v. + 10 digit]
Resolution	0.1 V

## Luxómetro



615

### Model 615 Compact Digital Lightmeter

This instrument is a portable easy to use 3 1/2 digit, compact sized digital lightmeter designed for simple one hand operation. It provides measurement in lux and fc units. The meter has a backlit LCD display, PEAK-HOLD (50mS pulse light) and DATA-HOLD feature.

- Peak Hold
- Display Hold

Specifications	model 615
Measurement Range	20lux to 20klux, 20fc to 20kfc
Resolution	0.01lux, 0.01fc
Accuracy	+13%/rdg + 10digits
Spectral Response	CIE photopic
Sample Rate	2.5/sec
Operating Temp. & Humidity	32° to 122°F (0° to 50°C), at < 70% RH
Storage Temp. & Humidity	-4° to 140°F (-20° to 60°C), 0 to 80% RH with battery removed
Power Supply	9V battery
Battery Life	> 200 hours typical
Dimensions (HxWxD)	7.5 x 2.6 x 1.4" (190 x 65.5 x 35mm)
Weight	7.76 oz. (220g)

**One Year Warranty**

## Environmental Testers

Enhance the utility of the Humidity/Temperature and Temperature meters with a selection of K-type temperature probes. Select the probe that best fits the application.



### Temperature Probes

- TPK-05**  
Surface Probe, Rt-Angle -58°~752°F (-50°~400°C)
- TP-1A**  
Immersion Probe, Standard -58°~1,650°F (-50°~900°C)
- TP-2A**  
Air & Gas Probe -40°~570°F (-40°~300°C)
- TPK-04**  
Piercing Probe -58°~1,122°F (-50°~600°C)
- TPK-03**  
Surface Probe, Standard -58°~752°F (-50°~400°C)
- TP-29**  
Bead Probe, Standard -58°~392°F (-50°~200°C)
- TP-3 (not shown)**  
Bead Probe, Hi-Temp -40°~900°F (-40°~480°C)

### Model TP-5300

Platinum RTD Temperature Probe TP-5300

- Platinum element
- Thin film RTD in stainless steel tube
- Resistance: 1000Ω
- Temperature rating: -58°~392°F (-50°~200°C)

### Model TP-30B Temperature Adapter

This self-powered adapter turns your multimeter into a thermometer. Measurement range is -58°F through 1832°F (-50°C through 1000°C). Input impedance of the meter must be at least 1kΩ, and the range must cover 0 to 1VDC (analog or digital). The TP-30B uses K-type thermocouple. The TP-29 general purpose temperature probe is included.

- °F / °C selectable
- Measures temperature of any surface, liquid or gas
- 1mV per degree
- Open probe warning



## Multimetro



### True RMS Multimeters Specifications

Function	Range <sup>1</sup>	Resolution	Accuracy ± ( [ % of Reading ] + [ Counts ] )		
			Model 175	Model 177	Model 179
AC Volts <sup>2,3</sup>	600.0 mV	0.1 mV	1.0 % + 3	1.0 % + 3	1.0 % + 3
	6.000 V	0.001 V	(45 Hz to 500 Hz)	(45 Hz to 500 Hz)	(45 Hz to 500 Hz)
	60.00 V	0.01 V			
	600.0 V	0.1 V			
	1000 V	1 V	2.0 % + 3	2.0 % + 3	2.0 % + 3
			(500 Hz to 1 kHz)	(500 Hz to 1 kHz)	(500 Hz to 1 kHz)
DC mV	600.0 mV	0.1 mV	0.15 % + 2	0.09 % + 2	0.09 % + 2
DC Volts	6.000 V	0.001 V			
	60.00 V	0.01 V	0.15 % + 2	0.09 % + 2	0.09 % + 2
	600.0 V	0.1 V			
	1000 V	1 V	0.15 % + 2	0.15 % + 2	0.15 % + 2
Continuity	600 Ω	1 Ω	Meter beeps at < 25 Ω, beeper turns off at > 250 Ω; detects opens or shorts of 250 μs or longer.		
Ohms	600.0 Ω	0.1 Ω	0.9 % + 2	0.9 % + 2	0.9 % + 2
	6.000 kΩ	0.001 kΩ	0.9 % + 1	0.9 % + 1	0.9 % + 1
	60.00 kΩ	0.01 kΩ	0.9 % + 1	0.9 % + 1	0.9 % + 1
	600.0 kΩ	0.1 kΩ	0.9 % + 1	0.9 % + 1	0.9 % + 1
	6.000 MΩ	0.001 MΩ	0.9 % + 1	0.9 % + 1	0.9 % + 1
	50.00 MΩ	0.01 MΩ	1.5 % + 3	1.5 % + 3	1.5 % + 3
Diode test	2.400 V	0.001 V	1 % + 2		
Capacitance	1000 nF	1 nF	1.2 % + 2	1.2 % + 2	1.2 % + 2
	10.00 μF	0.01 μF	1.2 % + 2	1.2 % + 2	1.2 % + 2
	100.0 μF	0.1 μF	1.2 % + 2	1.2 % + 2	1.2 % + 2
	9999 μF <sup>4</sup>	1 μF	10 % typical	10 % typical	10 % typical
AC Amps <sup>5</sup> (True RMS) (45 Hz to 1 kHz)	60.00 mA	0.01 mA			
	400.0 mA	0.1 mA	1.5 % + 3	1.5 % + 3	1.5 % + 3
	6.000 A	0.001 A			
	10.00 A	0.01 A			

- All AC voltage and AC current ranges are specified from 5 % of range to 100 % of range.
- Crest factor of ≤ 3 at full scale up to 500 V, decreasing linearly to crest factor ≤ 1.5 at 1000 V.
- For non-sinusoidal waveforms, add -(2% reading - 2% full scale) typical, for crest factors up to 3.
- In the 9999 μF range for measurements to 1000 μF, the measurement accuracy is 1.2 % + 2 for all models.
- Amps input burden voltage (typical): 400 mA input 2 mV/mA, 10 A input 37 mV/A.

Pinza amperimetrica

<b>FLUKE</b>				
<b>333</b>	<b>334</b>	<b>335</b>	<b>336</b>	<b>337</b>
AC Amps Ohms AC Volts Auto-Off Hold <b>Full Size</b> DC Volts	AC Amps Ohms AC Volts Auto-Off Hold Full Size DC Volts <b>In-rush</b> <b>Backlight</b>	AC Amps Ohms AC Volts Auto-Off Hold Full Size DC Volts In-rush Backlight <b>True-rms</b>	AC Amps Ohms AC Volts Auto-Off Hold Full Size DC Volts In-rush Backlight True-rms <b>DC Amps</b>	AC Amps Ohms AC Volts Auto-Off Hold Full Size DC Volts In-rush Backlight True-rms DC Amps <b>Frequency</b> <b>Large Jaw</b> <b>MIN/MAX</b>
				
400.0 A	600.0 A	600.0 A	600.0 A	999.9 A
600.0 V	600.0 V	600.0 V	600.0 V	600.0 V
≤ 30 Ω	≤ 30 Ω	≤ 30 Ω	≤ 30 Ω	≤ 30 Ω
600.0 V	600.0 V	600.0 V	600.0 V	600.0 V
600.0 Ω	6000 Ω	6000 Ω	6000 Ω	6000 Ω
	100 mS	100 mS	100 mS	100 mS
	Backlight	Backlight	Backlight	Backlight
		True-rms	True-rms	True-rms
			600.0 A	999.9 A
				400.0 Hz

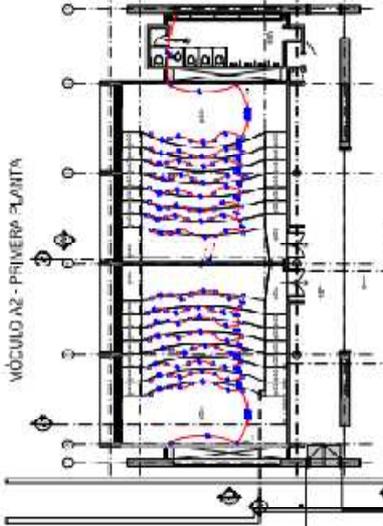
**Specifications** (@23 °C + 5 °C RH 0 - 90%)

	Fluke 321	Fluke 322	Fluke 333	Fluke 334	Fluke 335	Fluke 336	Fluke 337	
$\sim$ <b>A</b>	Range	0 - 400.0 A	0 - 40.00 A 40.0 - 400.0 A	0 - 400.0 A	0 - 600.0 A	0 - 600.0 A	0 - 999.9 A	
	Accuracy	1.8% ± 5 counts (50 - 60 Hz) 3.0% ± 5 counts (60 Hz - 400 Hz)	1.8% ± 5 counts (50 - 60 Hz) 3.0% ± 5 counts (60 Hz - 400 Hz)	2% ± 5 counts (50 - 60 Hz)	2% ± 5 counts (50 - 60 Hz)	2% ± 5 counts (50 - 60 Hz)	2% ± 5 counts (10 - 100 Hz) 6% ± 5 counts (100 - 400 Hz)	2% ± 5 counts (10 - 100 Hz) 6% ± 5 counts (100 - 400 Hz)
	Crest Factor (50/60 Hz)	-	-	-	-	2.4 @ 500 A 2.0 @ 600 A add 2% for C.F.>2	3 @ 500 A 2.5 @ 600 A add 2% for C.F.>2	3 @ 500 A 2.5 @ 600 A 1.42 @ 1000 A add 2% for C.F.>2
	AC Response	Averaging	Averaging	Averaging	Averaging	True-rms	True-rms	True-rms
Inrush	Integration Time	-	-	-	100 mS	100 mS	100 mS	
$\overline{\sim}$ <b>A</b>	Range	-	-	-	-	0 - 600.0 A	0 - 999.9 A	
	Accuracy	-	-	-	-	-	2% + 3 counts	
$\sim$ <b>V</b>	Range	0 - 400.0 V 0 - 600 V	0 - 400.0 V 0 - 600 V	0 - 600.0 V	0 - 600.0 V	0 - 600.0 V	0 - 600.0 V	
	Accuracy	1.2% + 5 counts (50 - 400 Hz)	1.2% + 5 counts (50 - 400 Hz)	1% + 5 counts (50/60 Hz)	1% + 5 counts (50/60 Hz)	1% + 5 counts (50/60 Hz)	1% + 5 counts (20 - 100 Hz) 6% + 5 counts (100 - 400 Hz)	1% + 5 counts (20 - 100 Hz) 6% + 5 counts (100 - 400 Hz)
	AC Response	Averaging	Averaging	Averaging	Averaging	True-rms	True-rms	
$\overline{\sim}$ <b>V</b>	Range	-	0 - 400.0 V 0 - 600 V	0 - 600.0 V	0 - 600.0 V	0 - 600.0 V	0 - 600.0 V	
	Accuracy	-	1% + 5 counts	1% + 5 counts	1% + 5 counts	1% + 5 counts	1% + 5 counts	
$\Omega$	Range	0 - 400.0 $\Omega$	0 - 400.0 $\Omega$	0 - 600.0 $\Omega$	0 - 600.0 $\Omega$ 601 - 6000 $\Omega$	0 - 600.0 $\Omega$ 601 - 6000 $\Omega$	0 - 600.0 $\Omega$ 601 - 6000 $\Omega$	
	Accuracy	1% ± 5 counts	1% ± 5 counts	1.5% ± 5 counts	1.5% ± 5 counts	1.5% ± 5 counts	1.5% ± 5 counts	
<b>Hz</b>	Continuity	≤ 30 $\Omega$	≤ 30 $\Omega$	≤ 30 $\Omega$	≤ 30 $\Omega$	≤ 30 $\Omega$	≤ 30 $\Omega$	
	Range	-	-	-	-	-	5.0 - 400.0 Hz	
	Accuracy	-	-	-	-	-	0.5% ± 5 counts	
	Trigger Level	-	-	-	-	-	10 - 100 Hz ≥ 5 A 5 - 10 Hz, 100 - 400 Hz ≥ 10 A	
MIN/MAX	No	No	No	No	No	No	Yes	
Backlight	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	
Display Hold	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Size	Height	7.5"	7.5"	9.375"	9.375"	9.375"	9.875"	
	Width	2.5"	2.5"	3.125"	3.125"	3.125"	3.125"	
	Depth	1.4"	1.4"	1.625"	1.625"	1.625"	1.625"	
	Jaw Opening	1" (25.4 mm)	1" (25.4 mm)	1.2" (30.5 mm)	1.2" (30.5 mm)	1.2" (30.5 mm)	1.2" (30.5 mm)	
Max. Wire Size	500 MCM	500 MCM	750 MCM	750 MCM	750 MCM	750 MCM or two 500 MCM	750 MCM or two 500 MCM	
Weight	8 oz.	8 oz.	11 oz.	11 oz.	11 oz.	11 oz.	11 oz.	

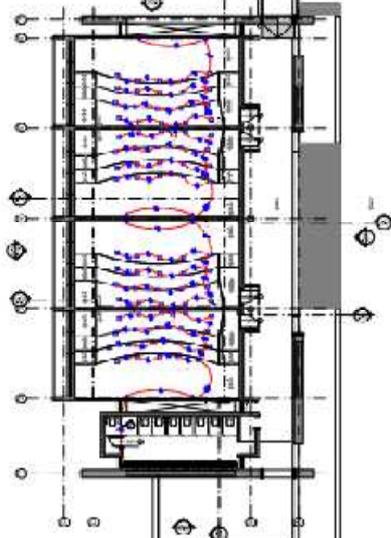




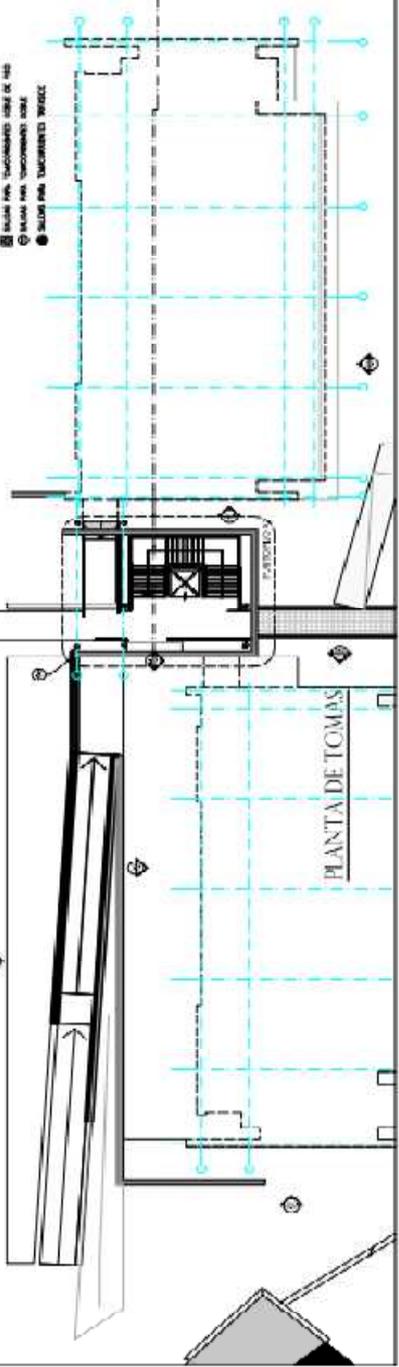
MÓDULO A2 - PRIMERA PLANTA



MÓDULO A1 - PRIMERA PLANTA

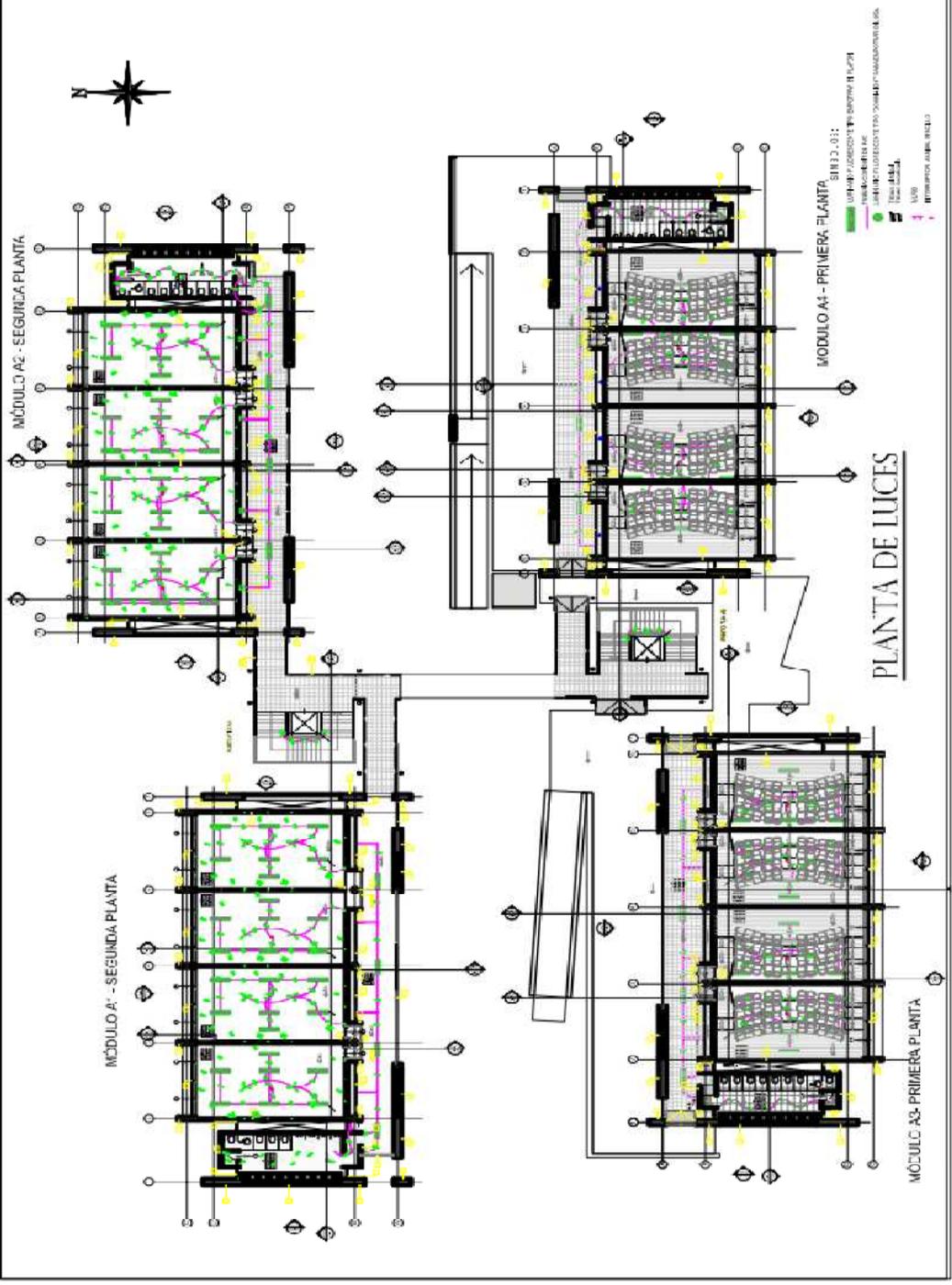


- LEGENDA:
- SIMBOLO DEL INSTRUMENTO A INSTALAR
  - SIMBOLO DEL INSTRUMENTO A INSTALAR
  - SIMBOLO DEL INSTRUMENTO A INSTALAR



PLANTA DE TOMAS

PLANOS





UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE BOLÍVAR

ARQUITECTURA  
MORFOSUJETA

ESCUELA DE  
DISEÑO DE  
ESPACIOS

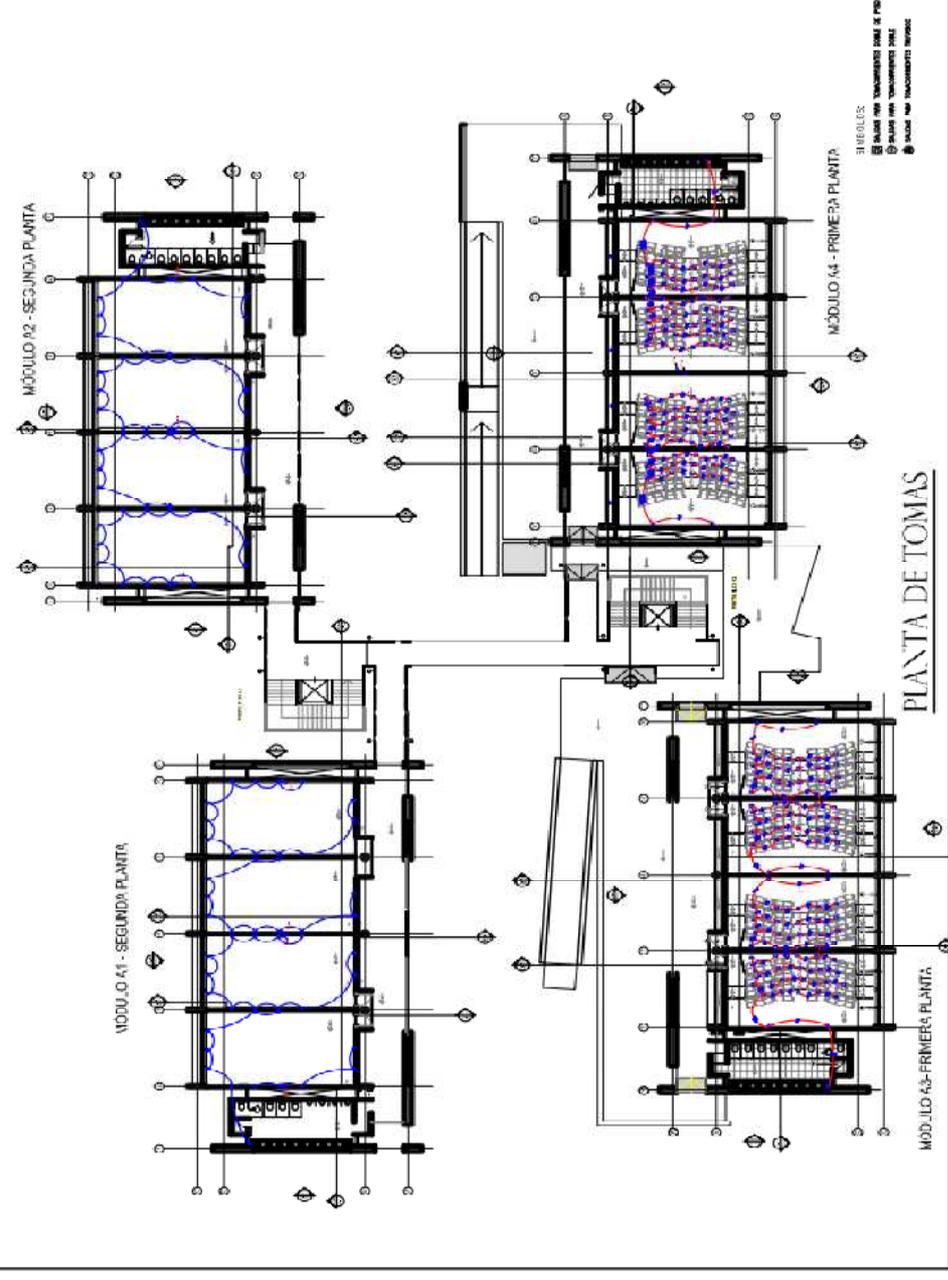
PROFESORAS  
ASISTENTES  
ARQUITECTAS  
KAREN SUAREZ  
DIO  
CARMEN TENEBA

ALCANTARILLA  
CALLE 14  
MUNICIPIO DE  
MAGUIRE

INSTITUTO VENEZOLANO  
DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS



INSTITUTO  
VENEZOLANO  
DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS





UNIVERSIDAD  
TECNOLOGÍA  
DE BOLÍVAR  
BOGOTÁ, 2014

VICERRECTOR  
ADMINISTRATIVA

DIRECCIÓN  
DIFUSIÓN

INDICACIONES  
Escala:

ORDEN DE LOS  
ELEMENTOS  
DE LA PLANTA

COPIAS TERCIO

ELABORADO  
POR: J. GARCÍA

REVISADO  
POR: J. GARCÍA



OSI  
OFICINA DE  
SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN

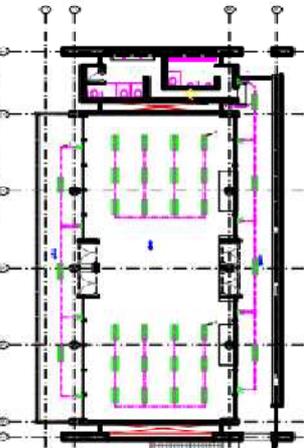
PROYECTO

1:100

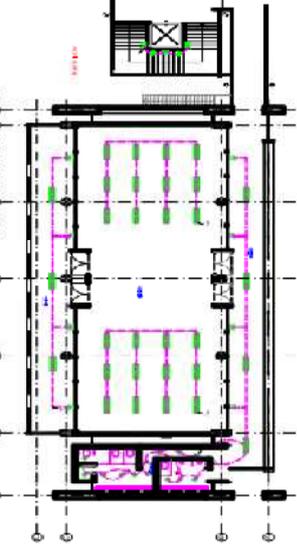
EX-0



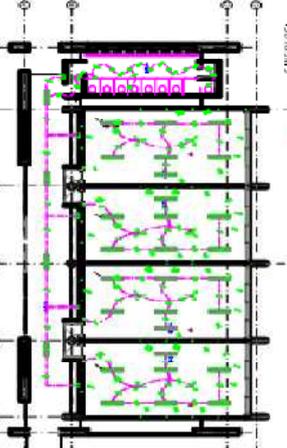
MÓDULO A2 - TERCERA PLANTA



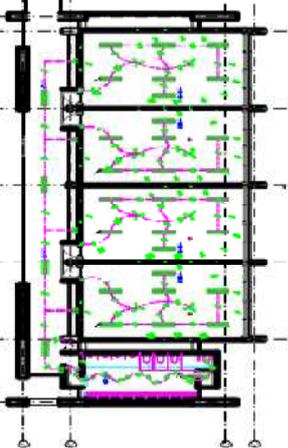
MÓDULO A1 - TERCERA PLANTA



MÓDULO A3 - SEGUNDA PLANTA



MÓDULO A5 - SEGUNDA PLANTA



- LEGENDA:
- LÍNEAS ALICATILADAS
  - PRODUCTOS DE ALUMINIO
  - PUERTAS
  - VENTANAS
  - ESCALERAS

PLANTA DE LUCES







## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Pardo Gómez, R.; Ruiz Soto, M.I.: "Algunas consideraciones sobre el funcionamiento de bombas en paralelo" en Ingeniería Hidráulica, Vol. I, N° 1, I.S.P.J.A.E., Ciudad de La Habana, Cuba, 1980
2. Climatec, Unidades Enfriadoras de Agua Tipo Compacto, aires acondicionados
3. Judy A. Roberson, Gregory K. Homan, Akshay Mahajan, Bruce Nordman, Energy Use and Power Levels in New Monitors and Personal Computers, University of California Berkeley CA 94720, USA
4. Georgia Institute of Technology, Energy and Environmental Management Center, A Management System for Energy, energy@edi.gatech.edu
5. Norma Técnica Colombiana NTC 2050. Código Eléctrico Colombiano
6. <http://www.todochiller.com.ar/Teoria.html>
7. Norma Internacional de gestión Energética ISO 50001, Diciembre de 2010
8. José Goicochea, Hi- tech refrigeración S.A, sistema de consumo variable
9. [http://editorial.cda.ulpgc.es/servicios/2\\_fontaneria/25/s250.htm#FUNCIONAMIENTO](http://editorial.cda.ulpgc.es/servicios/2_fontaneria/25/s250.htm#FUNCIONAMIENTO)
10. <http://www.schneider-electric.com.mx/documents/soporte/publicaciones-tecnicas/revista-schneider-en-linea/EnLineaOctubre07.pdf>
11. Guía técnica de Eficiencia Energética en Iluminación del comité español de Iluminación.
12. Catalogo sensores de ocupación. Levitón, 2008.