



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

---

**División de Ciencias e Ingeniería**

**DIAGNOSTICO ENERGETICO  
APLICADO A LA  
UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

**TESIS RECEPCIONAL**  
Para obtener el Grado de  
*Ingeniero en Sistemas de Energía*

**PRESENTAN**

**LUIS CARLOS VAZQUEZ ESPINOZA  
PEDRO MOEN CANO**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. JOSÉ HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ**

Chetumal, Quintana Roo, Agosto de 2008

		Pagina
	Agradecimientos	
	Introducción	
<b>CAPITULO 1</b>	Panorama Actual de la UQROO	6
<b>CAPITULO 2</b>	Metodología	18
<b>CAPITULO 3</b>	Diagnostico Energético	24
<b>CAPITULO 4</b>	Análisis y Resultados	54
<b>APÉNDICE A</b>	Ecuaciones Empleadas en los Cálculos.	78
<b>APÉNDICE B</b>	Tarifas Eléctricas	83
<b>APÉNDICE C</b>	Sistema de Iluminación	84
<b>APÉNDICE D</b>	Características Termofísicas de los Materiales	88

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores queremos agradecer al Dr. José Hernández por dirigir el proceso de este trabajo, así como al Dr. Omar Yam y al M.C. Jaime Cuevas por el apoyo brindado para la realización de la misma.

Al Ing. Manuel Casanova y a todos los maestros que de una u otra forma intervinieron a lo largo de este proceso.

### **LUIS CARLOS**

Quisiera agradecer a mi hija Sofia por ser mi sostén y la razón de vivir cada día. A Lizbeth por darme su cariño. A mi mamá, mi hermana, mi hermano y mi papá por siempre apoyarme y quererme tanto. A mi familia que siempre me ha mostrado cariño y comprensión en cada una de las cosas que hago.

Quiero agradecer a los maestros que me apoyaron a lo largo de mi carrera ofreciéndome conocimiento y amistad en especial al M.C. Reynaldo Villarreal por haber sido mi tutor y creer siempre en mí.

A mis amigos por darme su amistad y a todas las personas que me han apoyado.

### **PEDRO JOAQUÍN**

Agradezco a mis padres quienes me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo: amor. A quienes sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. A quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en persona de provecho. A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo. Por esto y más... Gracias.

Agradezco a mi esposa María de Jesús por su comprensión, por su tiempo y tolerancia que me dedico durante estos años de estudios de igual forma agradezco a mis hermanos por confiar en mí.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al Ing. Víctor M. Alcerreca Sánchez, por sus incansables consejos, por sus enseñanzas y por su asesoramiento y estímulo para seguir creciendo intelectualmente. Por esto y mas... Gracias.

Agradezco a mis maestros, sus palabras y sus sabios consejos que día a día nos impartían en el aula. También agradezco profundamente a mis amigos que me brindaron su amistad y a todas las personas que siempre me apoyaron para poder cristalizar mis sueños el día de hoy, a todos ustedes les estoy profundamente agradecido y que dios los bendiga.

## **INTRODUCCIÓN**

A nivel mundial se tuvo un primer aviso en los años setentas con la primera crisis petrolera, ya que este combustible tuvo un déficit creciente de búsqueda y puesta en funcionamiento de nuevos pozos. Además, la preocupación a nivel internacional sobre el cuidado del medio ambiente, debido a la contaminación causada por el exceso en el consumo de dicho combustible, así como la creciente demanda de energía ha originado una tendencia por el ahorro y uso eficiente de la misma.

La economía del mundo se cimbra al unísono de la variación de los precios del petróleo y todos los países son afectados en razón de su producción o consumo. Es a partir de entonces cuando se comienzan a organizar reuniones a nivel internacional con la participación de todos los países interesados en el tema del “Ahorro de Energía”. En estas convenciones se fueron fijando posturas de los países con cierta experiencia tales como Francia, España, Estados Unidos de Norte América, la Unión Europea y Austria, en donde se difundieron los mecanismos empleados y los éxitos obtenidos. La mayoría de los industriales de los países ya mencionados comentaron que con los mecanismos que utilizaron se obtuvieron beneficios productivos de mayor calidad disminuyendo sus costos y cooperando en la conservación del medio ambiente [1].

El uso eficiente de la energía en México es reciente y escaso en contribuciones de importancia. En México, al igual que en muchos otros países, también existe la preocupación sobre el sector energético, ya que es un elemento clave de la economía. Así en los últimos años el panorama del uso eficiente de la energía ha cambiado radicalmente. A finales de los años setentas y principios de los ochenta se interesaron los industriales, organizaciones civiles y el gobierno en crear instituciones públicas que brinden información sobre como administran los recursos energéticos de manera eficiente.

Entre las instituciones creadas para atender la problemática señalada, se pueden mencionar el Programa Nacional de Energéticos (PRONE), la Secretaria de Energía (SENER),

## **Universidad de Quintana Roo**

la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), el Fidecomiso para el ahorro de energía (FIDE), entre otros, así como algunas asociaciones civiles como la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES). En conjunto todas estas organizaciones han colaborado en la elaboración de Normas de Eficiencia Energética.

El esfuerzo de estas organizaciones es difundir y concienciar a la sociedad sobre la contaminación que ha causado el uso excesivo del combustible fósil y de que en un tiempo no muy lejano se agotara el petróleo. Estas instituciones tienen la encomienda de promover una mayor participación de los sectores de la sociedad. Sin duda, este esfuerzo se ve reflejado en las distintas empresas que radican en todo el país, además de distintos hoteles, casas-habitación y edificios públicos que han implementado técnicas de “Ahorro de Energía”, ya que se han beneficiado económicamente, ayudado a la conservación del medio ambiente. En la actualidad las políticas de precios y tarifas gubernamentales se orientan hacia el mejor uso de la energía y la necesidad de ser competitivo en una sociedad como la mexicana.

La Universidad de Quintana Roo en este contexto se vio en la necesidad de crear en el año 1996 el Programa de “Ahorro de Energía” con el objetivo de implementar técnicas o programas para el “Ahorro de Energía”, ya que la institución erogaba un alto porcentaje de su presupuesto en el pago de la factura eléctrica y una de las políticas de la Universidad es eficientar sus recursos económicos y ayudar a la conservación del medio ambiente. La preocupación por el ahorro y uso eficiente de la energía ha sido el motivo de varios trabajos previos. Sin embargo, cabe señalar que dichos trabajos se han enfocado sólo a algunos edificios aislados: Edificio de Rectoría y Biblioteca principalmente [2 y 3], de aquí se destaca la importancia del presente estudio al ser un intento de abordar a los edificios con mayor consumo de energía en la Universidad de Quintana Roo en su campus de Chetumal.

La hipótesis del presente trabajo es la siguiente: es factible reducir considerablemente los gastos de facturación por energía eléctrica en la UQROO campus Chetumal si se implementa un programa de ahorro de energía.

El presente trabajo de tesis está estructurado de la siguiente forma: en el capítulo 1, se presenta el panorama actual de la Universidad en cuanto a las instalaciones y la estructura de los mismos, haciendo una referencia del estado físico de la institución; en el capítulo 2, se presenta la metodología utilizada para realizar el presente estudio, los equipos que se utilizaron para la medición, las formulas empleadas y una descripción de las normas utilizadas; en el capítulo 3, se aborda el diagnostico energético realizado a los edificios K, D, edificio de Rectoría y Biblioteca; en el capítulo 4 se presenta el análisis y los resultados principales del diagnostico energético; finalmente se proponen algunas recomendaciones para el ahorro de energía y se mencionan las conclusiones del trabajo.

### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA EN LA INTRODUCCION

- [1] Lacomba, Ruth (Compiladora) Manual de Arquitectura solar. Ed. Trillas. Mexico. 1991.
- [2] Cardoso Chullim, William D. Diagnostico energético en el edificio de Rectoría y Alumbrado de La Universidad de Quintana Roo. UQROO, 1999. Tesis de Licenciatura.
- [3] Cordoba Martínez Wilbert. Uso eficiente de la energía en la biblioteca de la Universidad Quintana Roo. UQROO, 1999. Tesis de Licenciatura.

## **CAPITULO I**

### **PANORAMA ACTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

La Universidad de Quintana Roo Campus Chetumal está ubicada la ciudad de Chetumal Quintana Roo y tiene las siguientes referencias:

- Latitud : 18° 30' 13 N
- Longitud: 88 ° 18' 19 O
- Altitud: 9 msnm
- Velocidad promedio anual del Viento: 3 m / s
- Dirección dominante del viento: SE
- Clima: Cálido-Húmedo [1]

La Universidad de Quintana Roo contaba en la fecha en que se llevo a cabo el presente trabajo con 6 edificios, de los cuales 4 tenían instalados equipos de aire acondicionado, y los restantes solo contaban con ventiladores, por lo que no se consideraron para el presente estudio.

Los edificios denominados como D y K (Figuras 1.1 y 1.3 respectivamente) cuentan con cubículos para el personal docente que realiza actividades de investigación y asesoría principalmente. Adicionalmente el edificio D alberga las oficinas de la dirección de la división de Ciencias e Ingeniería (DCI) y la División de Ciencias políticas y Humanidades (DCPH). En tanto que en el edificio K se encuentran las oficinas de la División de Ciencias Económico Administrativas (DCSEA) así como un área de Administración con dos Salas de Juntas en la Planta Baja.

## **Universidad de Quintana Roo**

El edificio de rectoría de la universidad de Quintana Roo (Figura 1.2), fue construido en el año 1993. En la planta alta de este edificio se encuentran las oficinas de: Rectoría, Secretaria General, Auditor interno, Planeación y unos cubículos de maestros. En la planta baja se encuentran las oficinas de Recursos Materiales, Recursos Humanos, el departamento de Servicios Generales, el departamento de finanzas así como bienestar estudiantil.

El edificio destinado para albergar la biblioteca Universitaria (Figura 1.4), es el denominado como edificio A. En éste edificio se encuentra el acervo bibliográfico de consulta tanto para alumnos de la universidad como por profesores y personas externas a la institución.

La Universidad de Quintana Roo, hasta el año 1998, tenía contratada con la Comisión Federal de Electricidad, la tarifa OM, la cual es una tarifa horaria en media tensión con una demanda menor a 100 kW. Sin embargo debido al crecimiento que ha tenido la institución por la construcción de nuevos edificios, la demanda de energía eléctrica se incremento considerablemente, esto ocasiono que se modificara la tarifa contratada, siendo ahora la HM, la cual es una tarifa horaria en mediana tensión con valores de demanda superiores a los 100 kW.

Lo anterior implica que los costos por consumo de energía aumentaron de forma significativa ya que la Universidad consume actualmente más de 100 kW de energía eléctrica [2], por lo que es importante adoptar medidas que permitan generar ahorros en este consumo.



## Universidad de Quintana Roo

Para tener una referencia de los edificios estudiados a continuación se muestran fotografías de las fachadas de los principales edificios de la Universidad de Quintana Roo Campus Chetumal.

### Edificio K



Figura 1.1 Fachada del Edificio K.

### Edificio Rectoría



Figura 1.2. Fachada del Edificio Rectoría

### Edificio D



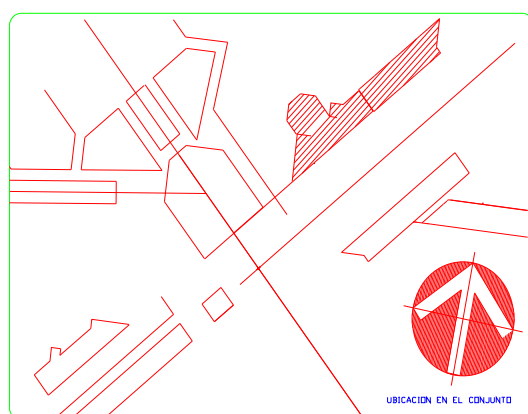
Figura 1.3. Fachada del Edificio D.

### Edificio Biblioteca



Figura 1.4. Fachada del Edificio Biblioteca.

En las figuras del 1.5 a 1.12 muestran los planos de cada uno de los edificios considerados para el presente estudio; esto con el fin de ilustrar las áreas donde se trabajo. Cabe señalar que los planos que se presentan corresponden a la distribución actual, ya que con el paso del tiempo se han realizado modificaciones a la distribución original.



**Figura 1.5.** Ubicación del Edificio D.

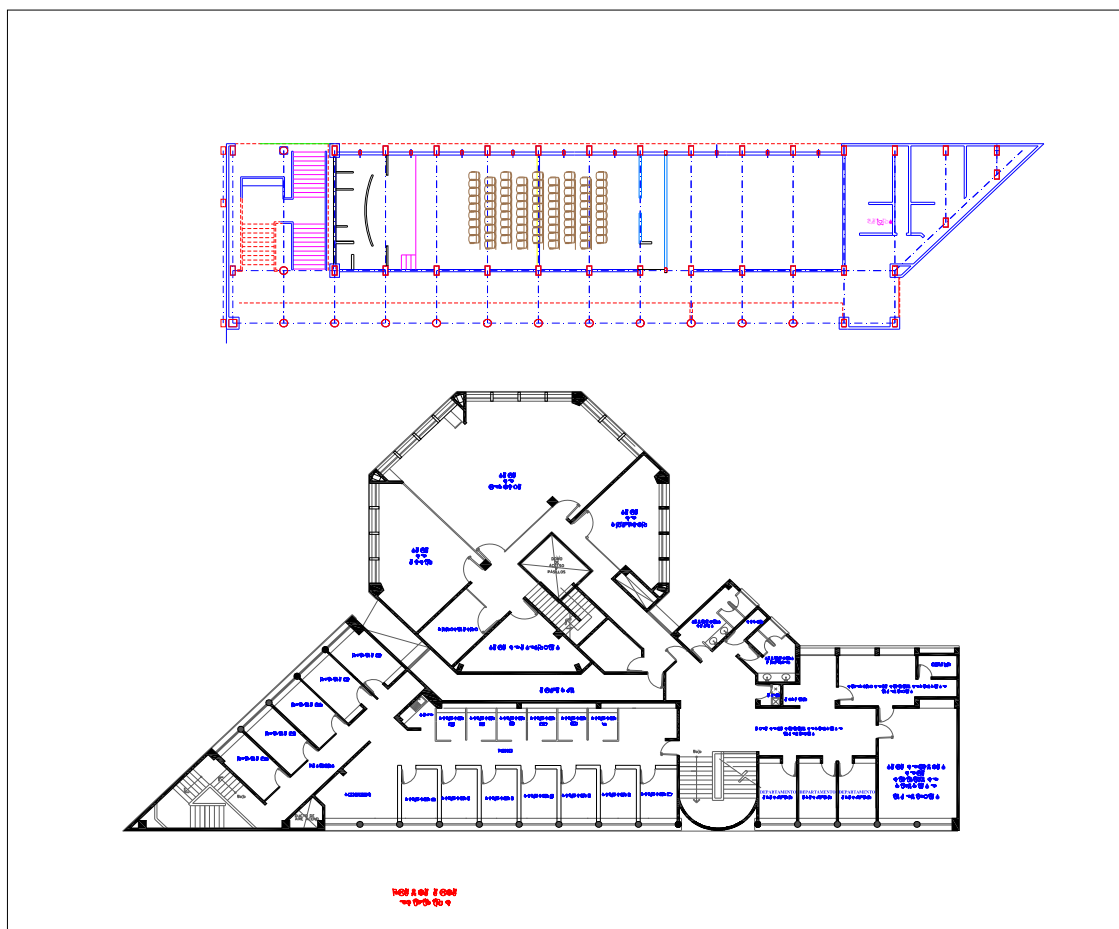


Figura 1.6. Planta alta<sup>1</sup> Edificio D

<sup>1</sup> La planta baja no se tiene considerado puesto que no se encuentra en servicios generales.

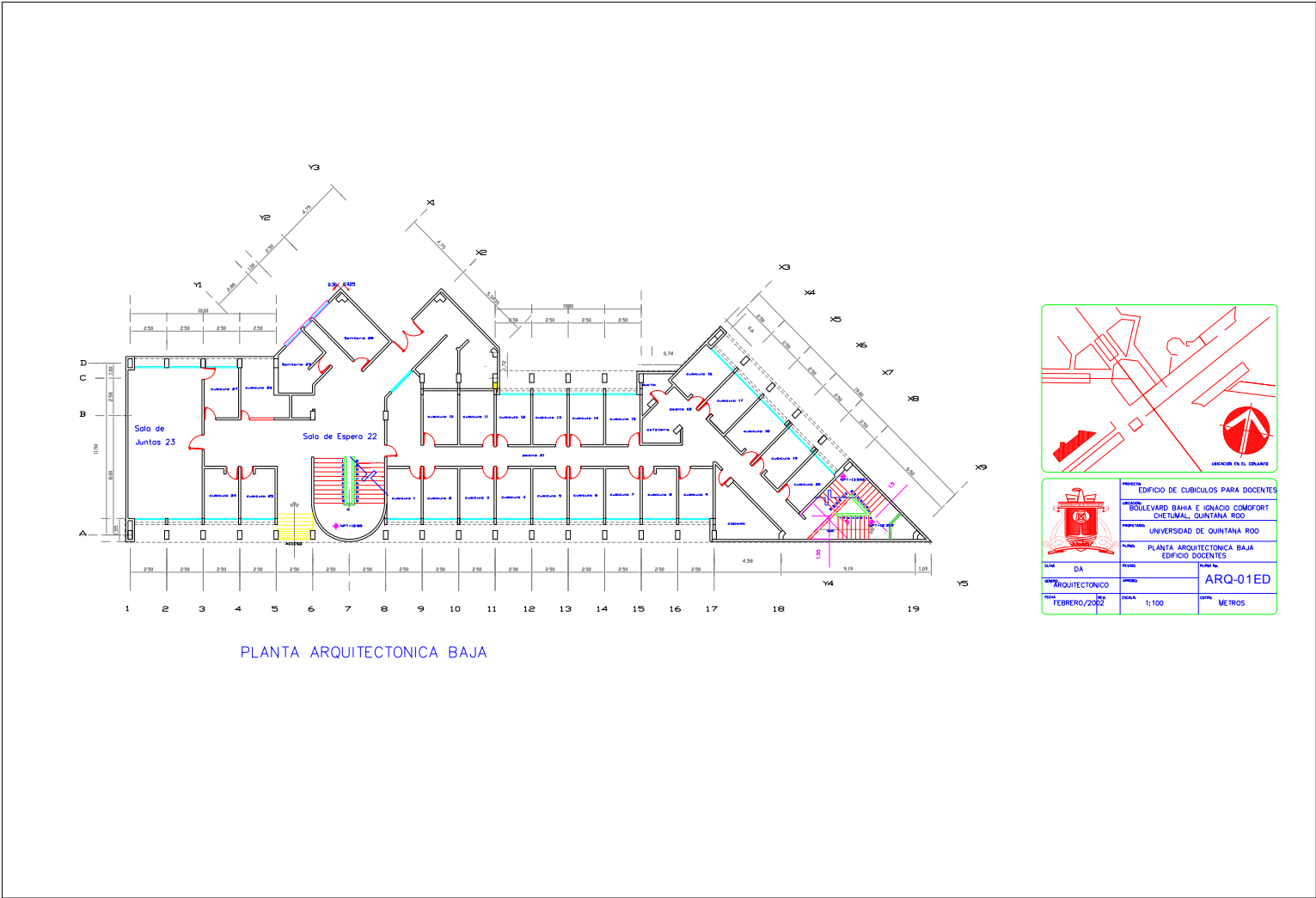


Figura 1.7. Planta Baja Edificio K

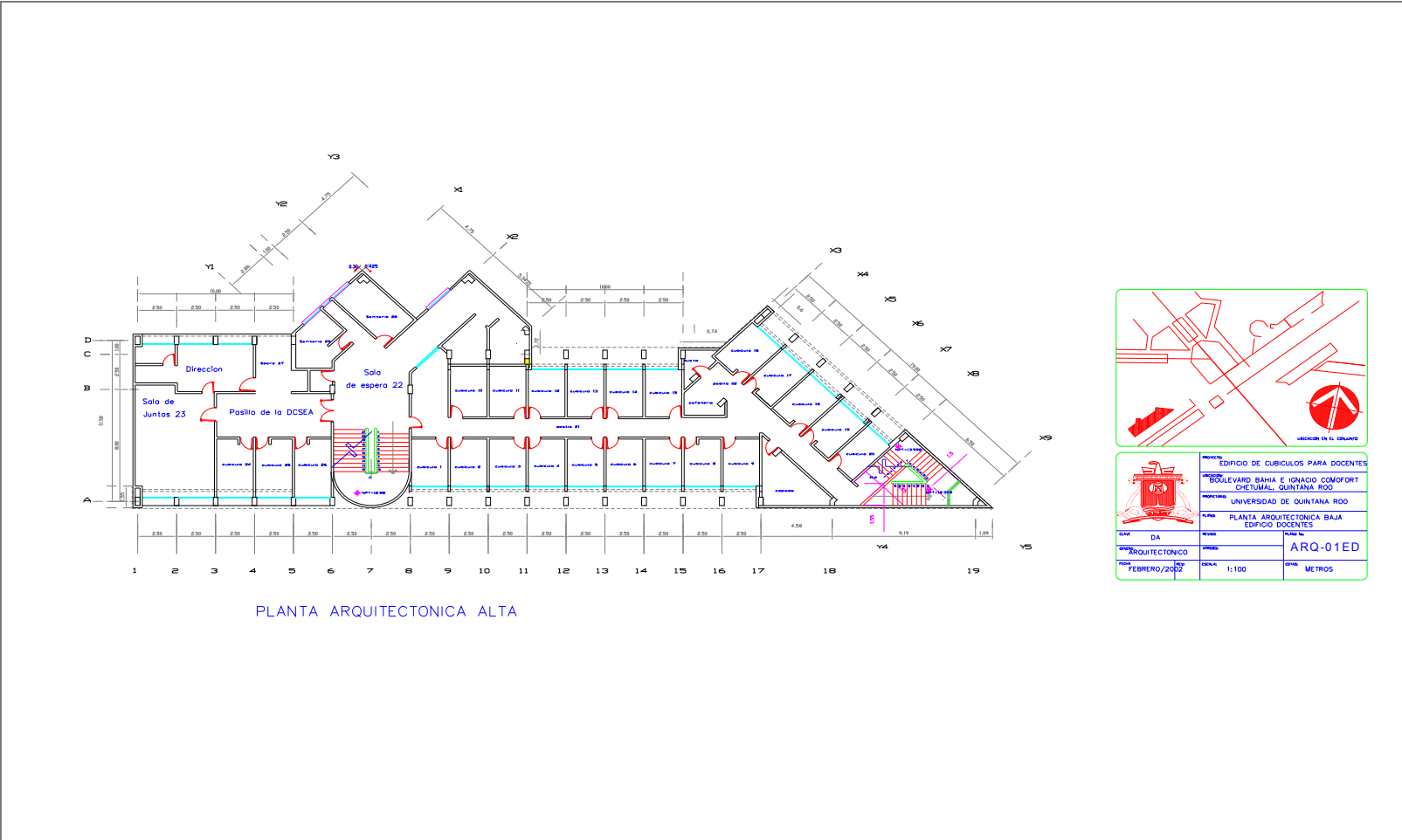


Figura 1.8. Planta Alta Edificio K

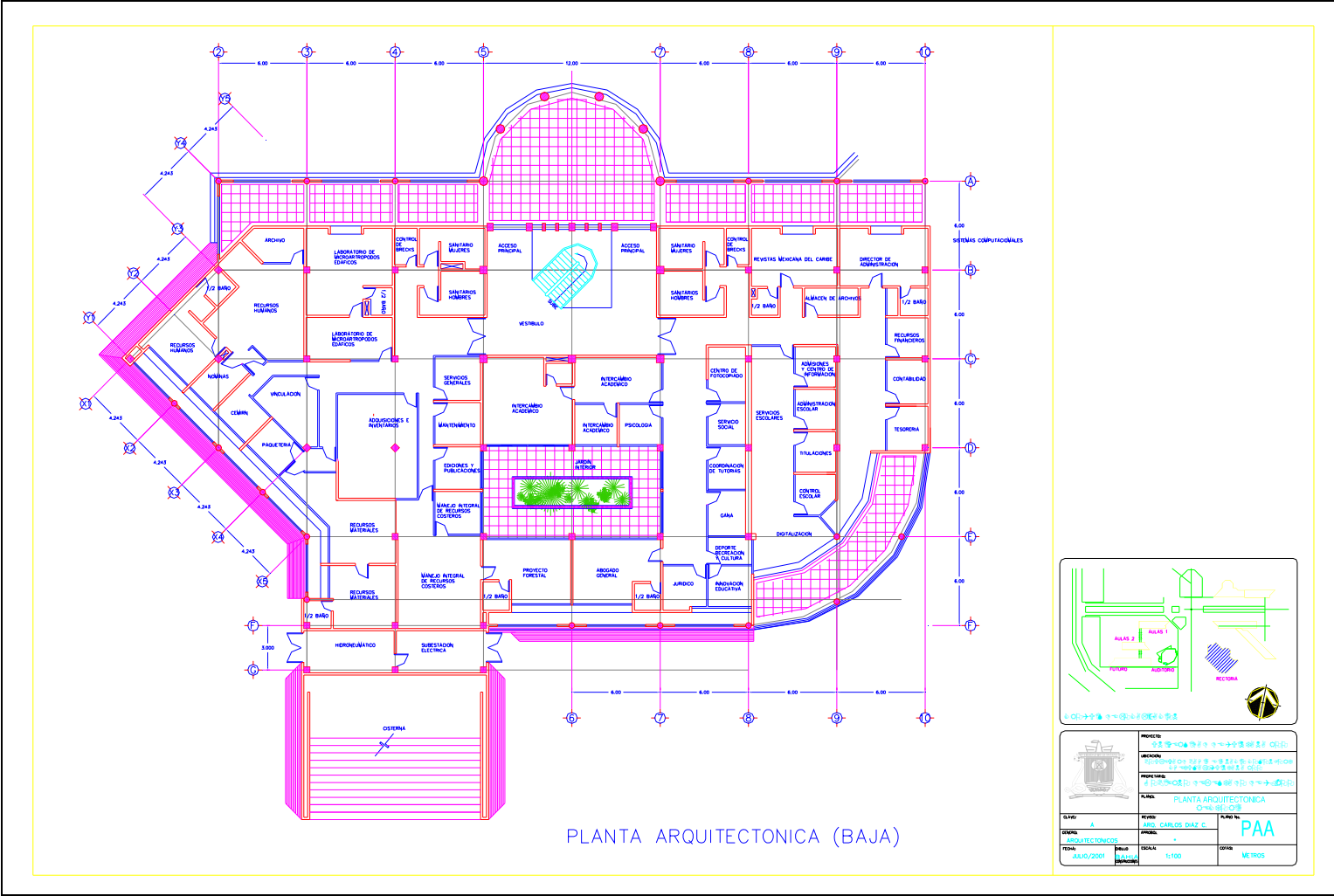


Figura 1.9. Planta Baja Edificio Rectoría.

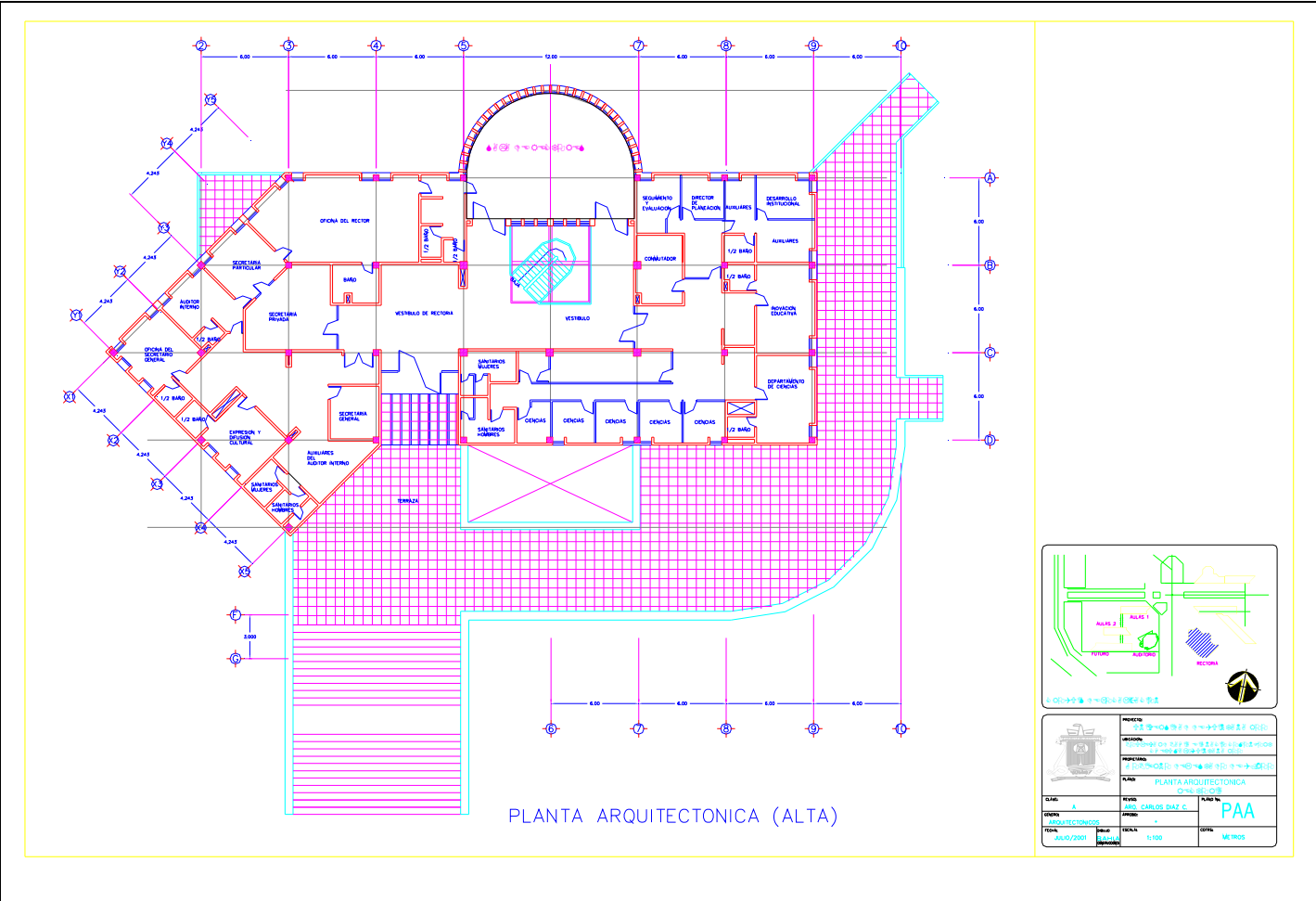


Figura 1.10. Planta Alta Edificio Rectoría.





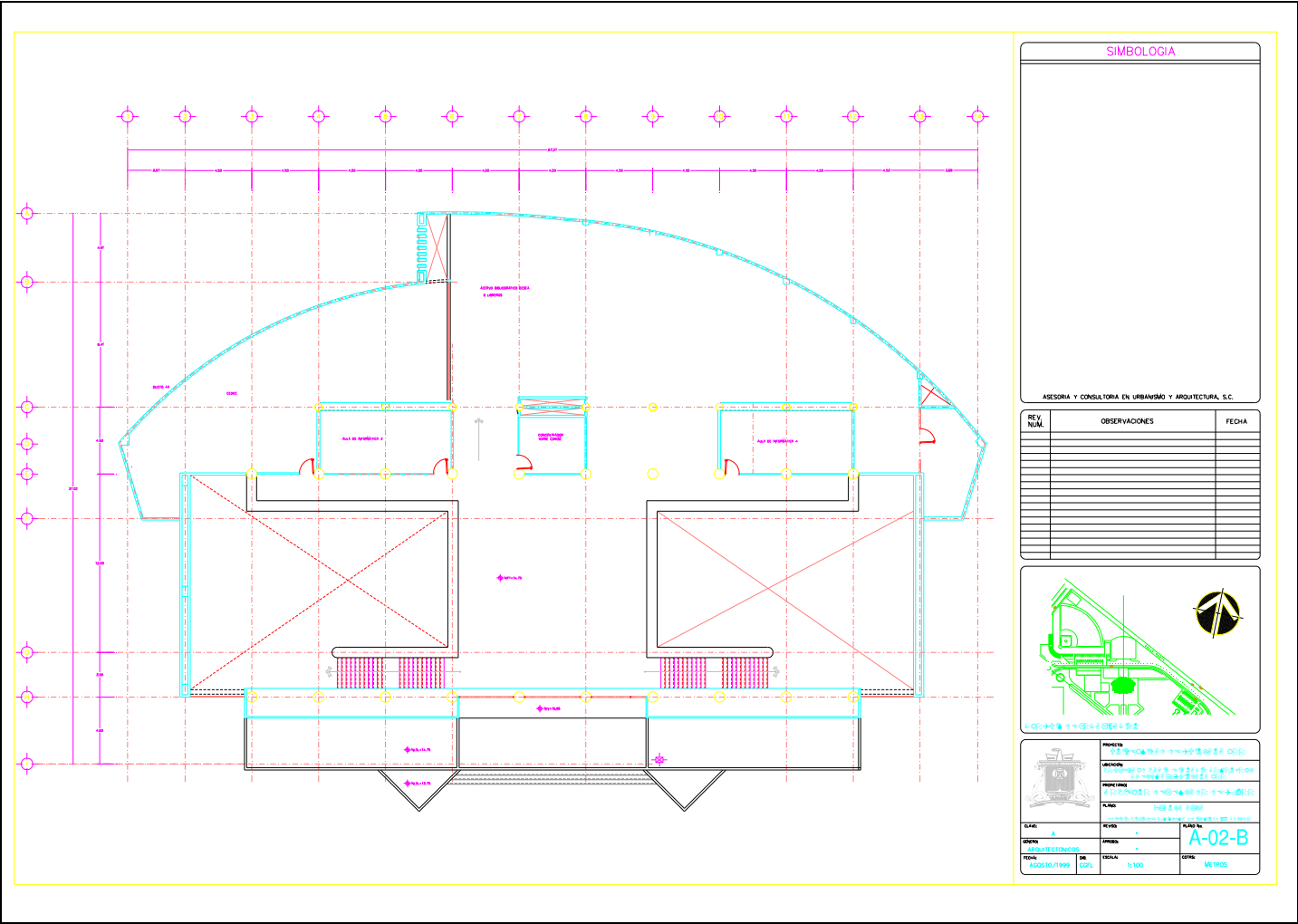


Figura 1.12. Planta Alta Edificio Biblioteca.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA EN EL CAPITULO 1

- [1] <http://smn.cna.gob.mx/productos/emas/paginas/chetumal.html>. Ultima visita el 9 de junio del 2006.
- [2] José M. Rodríguez Casanova. Reporte Interno Diagnostico Energético del edificio (H) Biblioteca de la Universidad de Quintana Roo para el programa PAE. UQROO. 2005.

FIGURAS DEL CAPITULO 1

- Figura 1.1.** Fachada Principal del edificio D.
- Figura 1.2.** Fachada Principal del edificio Rectoría.
- Figura 1.3.** Fachada Principal del edificio K.
- Figura 1.4.** Fachada Principal del edificio Biblioteca.
- Figura 1.5.** Ubicación del Edificio D.
- Figura 1.6.** Planta Alta Edificio D.
- Figura 1.7.** Planta Baja Edificio K.
- Figura 1.8.** Planta Alta Edificio K.
- Figura 1.9.** Planta Baja Edificio Rectoría.
- Figura 1.10.** Planta alta Edificio Rectoría.
- Figura 1.11.** Planta Baja Edificio Biblioteca.
- Figura 1.12.** Planta Alta Edificio Biblioteca.

## **CAPITULO II**

### **METODOLOGIA**

La metodología utilizada en el presente trabajo de tesis, para diagnosticar el consumo de energía y posteriormente realizar las propuestas para el uso eficiente de la energía en los edificios de la UQROO, es aquella definida para un diagnóstico energético de segundo nivel [1].

Un diagnóstico energético de segundo nivel, se define como una metodología que permite establecer a través de una serie de técnicas los posibles desperdicios de energía en una edificación., en donde la información que se obtiene directamente a través de mediciones se compara un estándar y los resultados obtenidos permiten proponer alternativas que conlleven a disminuir los costos de facturación mensual.

Para este caso en particular, se han empleado las normas, NOM-007-Ener-1995 [2], Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales, la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001 [3], Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales; y además se aplicó el manual de trabajo para el levantamiento de información de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía [4].

A continuación se describe en forma más detallada la metodología que se utilizó en el siguiente trabajo:

## **Universidad de Quintana Roo**

- **Búsqueda de información.**

En esta etapa se realizó una búsqueda bibliográfica sobre: la normatividad existente en México en esta área, facturación eléctrica tanto de la Universidad como en la manera que factura CFE, características de las instalaciones, e información sobre diagnósticos realizados previamente.

- **Mediciones<sup>2</sup>**

Dado que en el presente trabajo se analizan fundamentalmente los sistemas de iluminación y de Aire Acondicionado. El objetivo en este punto fue obtener los datos e información operacional de los equipos y sistemas de iluminación y aire Acondicionado.

Para el análisis del sistema de iluminación se aplicó la Norma Oficial Mexicana NOM-007-Ener-2004, eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales y la Norma Oficial Mexicana NOM-025- STPS-1999 sobre condiciones de iluminación en los centros de trabajo que determina los niveles mínimos de iluminación recomendable.

Para el sistema de Aire Acondicionado se monitorearon los equipos instalados en los diferentes edificios para obtener los principales parámetros de operación de los mismos. Estos datos se obtuvieron a través de verificar datos de placa, así como con el uso de equipos de medición que están señalados en la tabla 2.1.

---

<sup>2</sup> Estas mediciones se realizaron como parte de la estancia profesional en el Departamento de Servicios Generales de la UQROO.

Instrumento	Marca	Modelo	Rango de Operación	Utilización dentro del trabajo
Solarímetro Analógico	DODGE	776E	0 a 1250 W/m <sup>2</sup>	Corroborar irradiancia de la zona y levantamiento de datos
Mini Termómetro Infrarrojo	AVALY	INF 150	-20 a 420 °C -4 a 788 °F	Medición de temperatura en los espacios
Termo Higrómetro Digital	UEi	DTH10	5 a 95 HR -10 a 50 °C	Medición de Humedad Relativa
MULTIMETRO FLUKE	FLUKE	434	-----	Levantamiento de datos de parámetros eléctricos
Amperímetro	FLUKE	Pinzas 322	-----	Medición de arranque de equipos

Tabla 2.1 Equipos de medición utilizados.

- **Ordenar Información sobre mediciones.**

La información obtenida se ha ordenado por edificio, destacando lo relativo a los sistemas de iluminación y Aire Acondicionado para realizar el diagnóstico y la información se presenta en forma de tablas para una fácil comprensión y análisis.

- **Análisis de Resultados**

En este punto se revisan los datos recopilados, y se repiten las lecturas donde se encuentren inconsistencias para mayor confiabilidad del diagnóstico antes de realizar el análisis de los mismos.

En el sistema de iluminación se aplicó el método de cálculo de la densidad de potencia eléctrica con el fin de verificar que la instalación sea la adecuada y así poder identificar oportunidades de ahorro de energía.

El sistema de Aire Acondicionado fue analizado por medio del método de ganancias de calor [5], para verificar capacidades y oportunidades de ahorro de energía.

- **Propuestas de Ahorro**

Una vez concluido el análisis de los resultados se realizan las propuestas para el ahorro de energía. En cada una de las propuestas se recomiendan ciertas medidas de ahorro junto con recomendaciones para que estas se puedan llevar a cabo de manera exitosa. Tanto para el sistema de Iluminación como el de Aire acondicionado se emplearon el periodo de recuperación de la inversión [6] en el cual se propone una alternativa, el costo de llevarla a cabo y se determina el tiempo de recuperación como base para la viabilidad del proyecto.

### **2.2 Normas Aplicadas**

Para la evaluación del sistema de iluminación se aplicó la Norma NOM-007-ENER-2004, esta norma tiene como finalidad establecer niveles de eficiencia energética en términos de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado que se deben cumplir en edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones; con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de recursos energéticos y la ecología de la Nación.

Para la evaluación del sistema de Aires Acondicionados se aplicó la Norma NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales. Esta Norma optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, obteniéndose como beneficios, entre otros, el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento y un mejor confort de los ocupantes. Esta Norma limita la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

### **Consideraciones Generales del diagnostico**

La información de las mediciones empleadas para el presente trabajo se realizó en el mes de Junio de 2006 en vista de que es el mes más crítico para efectos de cálculo.

Para el cálculo del costo de energía eléctrica se tomó como referencia el precio del mes de junio (CFE), debido a que es la información que se tenía disponible. El factor de Ahorro eficiente se tomó como un factor del 10% para el ahorro de energía. Este factor se considero del 10 % debido a la experiencia de los estudios realizados en el área de Servicios Generales en el Programa de Ahorro de Energía.

Se considero que la temperatura equivalente promedio varía de acuerdo a la ubicación del muro o ventana, en base a lo indicado en la nomenclatura y tablas del apéndice A de la NOM-008-ENE-2001.

De la misma forma se tomaron las condiciones de diseño de verano contempladas en la NOM-008-ENER-2001, de 25 °C de temperatura interior de un edificio, esto es la temperatura interior del edificio que sirve como referencia para el cálculo de ganancia de calor. Esto sirve de referencia para los cálculos de las ganancias de calor por conducción y radiación. Asimismo se tomó como recomendación considerar un valor de la humedad relativa promedio entre 50 y 60 %, para fines de cálculo de ganancia de calor por infiltración [7].

### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA EN EL CAPITULO 2

[1] Elementos básicos de un diagnostico energético orientado a la aplicación de un programa de ahorro de energía. Guía para aplicar criterios de eficiencia energética. Envoltentes de edificios no residenciales, FIDE 1999.

[2] NOM-007-ENER-2004, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

[3] NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envoltente de edificios no residenciales.

[4] [www.conae.gob.mx/](http://www.conae.gob.mx/) Manual de trabajo " Metodología de control de demanda eléctrica 2001. Manual de trabajo módulo de iluminación ahorro de energía en sistemas de iluminación. Última visita el 20 de junio del 2006.

[5] [www.conae.gob.mx/](http://www.conae.gob.mx/) Software de aplicación para el cálculo de ganancias térmicas. Última visita el 20 de junio del 2006.

[6] Juan José Ambriz García y Hernando Romero paredes Rubio, Apuntes del curso de actualización, Chetumal Quintana Roo Noviembre 2002, semana nacional de la energía.

[7] Arjona P. Manuel Jesús. Diagnostico Energético en el edificio de la SAGARPA del estado de Quintana Roo. Chetumal Quintana Roo. 2003. Tesis de Licenciatura.

### TABLA DEL CAPITULO 2

**Tabla 2.1** Equipos de medición utilizados.



## CAPITULO III

### DIAGNOSTICO ENERGÉTICO

#### 3.1 SISTEMA DE ILUMINACION

##### 3.1.1 Descripción de los equipos Iluminación.

El primer paso para llevar a cabo el diagnostico energético, fue elaborar un censo de cargas de iluminación, para conocer la carga instalada, además es importante también contar con información del tiempo de operación de las luminarias en cada espacio.

En los edificios K y D se tienen identificados tres diferentes tipos de lámparas. En los pasillos se cuenta con lámparas ahorradoras de 13 W, en tanto que dentro de los cubículos de maestros y en las oficinas se utilizan lámparas T8 fluorescente de 3\*32 W, y finalmente, en el exterior se cuenta con lámparas de 50 W con luminarias tipo arbotante.

ÁREA/ LUGAR	CARGA INSTALADA	HORARIO DE OPERACIÓN	HORAS DE OPER / DIA
<b>Planta Baja</b>	kW		
Cubículos Docentes	3,425	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Sala de Juntas	0,960	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	5
Jefe de departamento	0,192	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Coordinadores	0,288	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Sala de espera	1,186	9:00 A 22:00	13
<b>Planta Alta</b>			
Cubículos Docentes	3,469	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Sala de Juntas	0,576	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	5
Director de la DCSEA	0,205	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Coordinadores	0,384	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Sala de espera	0,911	9:00 A 22:00	13
<b>Exterior</b>			
Iluminación Exterior	0,70		
Total	12,296		

**Tabla 3.1** Censo de Cargas del sistema de iluminación. Edificio K

## Universidad de Quintana Roo

En la tabla 3.1, se presenta el levantamiento del censo de cargas en el edificio K, en donde se puede apreciar que la mayor carga instalada corresponde a la de los cubículos de docentes, y que además es de las más importantes por el número de horas de operación por día, le siguen en importancia la carga en pasillo de espera y sala de juntas respectivamente, el total de carga instalada en el edificio K es de 12,3 kW.

ÁREA/ LUGAR	CARGA INSTALADA kW	HORARIO DE OPERACIÓN	HORAS DE OPER / DIA
<b>Planta Baja</b>			
Cubículos Docentes	2,34	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Sala de Juntas	0,768	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	5
Director de la DCPH	0,314	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Coordinadores	0,288	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Pasillos y Sala de espera	0,84	9:00 A 22:00	13
Cubículos del SAC	2,13	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Ilum. Exterior	0,80		
<b>Planta Alta</b>			
Cubículos Docentes	2,40	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Sala de Juntas	0,384	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	5
Director de la DCI	0,314	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Coordinadores	0,288	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Pasillos y sala de espera	0,994	9:00 A 22:00	13
Cubículos del SAC	2,90	9:00 A 14:00 / 17:00 A 20:00	8
Total	14,76		

**Tabla 3.2** Censo de Cargas del sistema de iluminación. Edificio D

Por otra parte, en la tabla 3.2, se presenta la información del censo de cargas del edificio D, que al igual que en el edificio K, se tiene que la mayor carga instalada corresponde a la de los cubículos de docentes y del SAC, que también corresponde a las áreas más importantes por el número de horas de operación al día. El total de la carga instalada en esta construcción es 14,76 kW.

En los edificios de Rectoría y Biblioteca de la UQROO se tienen instalados varios tipos diferentes de lámparas que operan en el sistema de iluminación y cuya descripción detallada se presenta en las tablas C.3 y C.4 del apéndice de Iluminación.

## Universidad de Quintana Roo

En resumen, se puede señalar que de acuerdo al censo de cargas del sistema de iluminación (tabla C.4) la demanda es de 26,33 kW para el edificio de Rectoría y de 27,61 kW para el edificio de Biblioteca, tal y como se puede observar en la tabla 3.3. Cabe señalar que debido a las funciones que se desempeñan en estos edificios la demanda de energía se presenta de manera constante durante la mayoría de las horas del día.

ÁREA/ LUGAR	CARGA INSTALADA kW
<b>Planta Alta</b>	
CEDOC	2,424
Sala de consulta bibliográfica	5,73
Informática 3	0,384
Informática 4	0,624
Sala de Lectura	0
<b>ÁREA/LUGAR</b>	
<b>Planta Baja</b>	
Jefatura y entrada principal	1,638
Sala de lectura área L. izq.	0
Sala de Lectura L. derecho	0
Aula informática 1	1,456
Acervo y consulta bibliográfica	11,154
Arbotantes	1
Jardín	3.2
Total	27,61

**Tabla 3.3** Censo de Cargas del sistema de iluminación. Edificio Biblioteca

### 3.1.2 Consumo de Energía

De acuerdo al censo de cargas instaladas y el comportamiento operativo de las mismas durante los tres periodos de facturación al día (base, intermedio y punta), se puede observar que prácticamente la demanda de energía es constante en los diferentes espacios de los edificios estudiados.

**Consumo de Energía edificios K y D**

Para determinar el consumo de energía por iluminación en el edificio K, así como el costo que esto representa, se parte de considerar la demanda máxima que en este caso es de 12,296 kW, y multiplicarla por el número de horas de operación considerado los diferentes periodos, esto permite obtener el consumo en kWh/día. Posteriormente se determina el costo por consumo por día, multiplicando el precio del kWh por el consumo en kWh/día. Finalmente se obtiene el costo por consumo por mes, multiplicando el valor del costo por consumo por día por el número de días de operación al mes que se considera en promedio de 23 días. Se

De esta forma se obtienen los valores señalados en la Tabla 3.4.

		Periodos	Precio \$-kWh	Horas Operación	Demanda kW
		Base	0,6026	0	0
		Intermedio	0,7249	5	12,296
		Punta	2,3215	3	12,296
Lunes		Periodos	Consumo kWh/día	Costo por consumo \$/ día	Costo por consumo \$ / mes
A		Base	0	0	0
		Intermedio	61,48	44,57	1025,11
Viernes		Punta	36,89	85,64	1969,72
		TOTAL	98,37	130,21	2994,83

**Tabla 3.4** Consumo de energía actual del sistema de iluminación. Edificio K

En el caso del edificio D, se procede de forma semejante, pero considerando que en este caso la demanda máxima es de 14,76 kW tal y como se definió en el censo de cargas. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.5.

		Periodos	Precio \$-KWH	Horas Operación	Demanda kW
		Base	0,6026	0	0
		Intermedio	0,7249	6	14,76
		Punta	2,3215	4	14,76
Lunes		Periodos	Consumo KWh/día	Costo por consumo \$/ día	Costo por consumo \$ / mes
A		Base	0	0	0
		Intermedio	88,56	64,20	1476,53
Viernes		Punta	59,04	137,06	3152,41
		TOTAL	147,6	201,26	<b>4628,94</b>

**Tabla 3.5** Consumo de energía actual del sistema de iluminación. Edificio D

### **Consumo de Energía edificio Rectoría**

Para el edificio de rectoría se considero que la demanda máxima fue de 26.24 kW la cual es constante durante la mayor parte del día, y aplicando el mismo procedimiento que en el caso de los edificios K y D, se obtienen los valores mostrados en la tabla 3.6.

		Periodos	Precio \$-KWH	Horas Operación	Demanda kW
		Base	0,6026	0	0
		Intermedio	0,7249	9	26,24
		Punta	2,3215	0	0
Lunes		Periodos	Consumo KWh/día	Costo por consumo \$/ día	Costo por consumo \$ / mes
A		Base	0	0	0
		Intermedio	236,16	171,19	3937,37
Viernes		Punta	0	0	0
		TOTAL	236,16	171,19	<b>\$3937,37</b>

**Tabla 3.6** Consumo de energía actual del sistema de iluminación. Edificio Rectoría

**Consumo de Energía del edificio Biblioteca**

El consumo de energía en el edificio de biblioteca se calculo considerando dos aspectos: el primero es que durante el turno matutino la demanda es de 23,41 kW. Y durante la noche la demandan es de 27,61 kW. En base a esos dos aspectos, se procedió a realizar el cálculo del consumo de energía para esta edificación, obteniéndose los resultados que se indican en la tabla 3.7.

		Periodos	Precio \$-KWH	Horas Operación	Demanda Kw
		Base	0,6026	2	23,41
		Intermedio	0,7249	9	23,41
		Punta	2,3215	4	27,61
Lunes  A  Viernes	Periodos	Consumo KWh/día	Costo por consumo \$/ día	Costo por consumo \$ / mes	
	Base	46,82	28,21	648,83	
	Intermedio	210,69	152,73	3512,79	
	Punta	110,44	256,39	5896,97	
TOTAL		367,95	437,33		<b>10058,59</b>

**Tabla 3.7** Consumo de energía actual del sistema de iluminación. Edificio Biblioteca

**3.1.3 Costos totales**

El costo total anual por el concepto de iluminación, se obtiene de la suma del costo por demanda y el costo por consumo. Para obtener el costo por consumo anual, se toma el valor del costo por consumo al mes y se multiplica por 12 que es el número de meses del año. El costo por demanda (nota3) resulta de multiplicar la demanda (carga instalada) por el costo por demanda. En la tabla 3.8, se presentan los resultados obtenidos.

Edificio	Costo por consumo \$- Mes	Costo por consumo \$-Año	Costo por Demanda \$-Mes	Costo por Demanda \$-Año	Costo Total \$-Año
K	3856	46274	1543	18510	64785
D	4629	55547	1852	22218	77765
Rectoría	3937	47248	3292	39502	86750,5
Biblioteca	10059	120703	3464	41564	162267

**Tabla 3.8** Costos totales por el sistema de iluminación

<sup>3</sup> El precio por demanda para el mes de Junio de 2006 es de \$125.45 al mes. Precio de CFE.

## **3.2 Diagnostico del sistema de Aire Acondicionado**

### **3.2.1 Consideraciones de diseño**

#### **Consideraciones de diseño Edificio K.**

Para realizar el diagnostico de los sistemas de aire acondicionado, se consideraron en primer termino las cargas debidas a las ganancias de calor y las derivadas de las cargas internas. Posteriormente, se realizaron mediciones del consumo de energía en los equipos instalados para determinar consumo real de energía. Adicionalmente se realiza una comparación entre las cargas instaladas y la calculada en base a la norma, con el objeto de visualizar si existe sobredimensionamiento de los equipos.

Con base a la norma NOM-008-ENER-2001, se analizaron las ganancias de calor en los diferentes edificios, con respecto al edificio K se hizo la consideración de que dado que los muros se encuentran sombreados, solo existe ganancia de calor por radiación directa a través de la techumbre. Posteriormente se determinan las ganancias de calor debidas a las cargas internas

A continuación se muestra un ejemplo del cálculo de las ganancias de calor para el edificio K. Las ecuaciones que empleadas se describen con mayor detalle en el apéndice A.

#### **1. Techumbre.**

La ganancia de calor por conducción Conducción  $\phi_{Ci}$ , se puede calcular como:

$$\phi_{Ci} = [K_j * A_{ij} * (t_{ei} - t)]$$

Utilizando los datos para el edificio K, se tiene que

$$A_{ij} = 597 \text{ m}^2$$

$$t_{ei} = 35^\circ \text{ C}$$

$$t = 25^\circ \text{ C}$$

## Universidad de Quintana Roo

Pero  $K_j$  esta dado por:

$$K_j = \frac{1}{M} = 1,55 \text{ W/m}^2\text{K}$$

M se obtiene de:

$$M = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_n}{\lambda_n}$$

Donde

$h_i = 6.6 \text{ W/m}^2\text{K}$  para superficies horizontales con flujo de calor hacia abajo.

$h_e = 13 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$M = \frac{1}{6,6} + \frac{1}{13} + \frac{0,01}{0,17} + \frac{0,02}{0,26} + \frac{0,05}{0,63} + \frac{0,20}{0,99} = 0,6456$$

Por lo tanto

$$\phi_{Ci} = [(1,55) \text{ W / m}^2\text{K} * (597) \text{ m}^2 * (35 - 25)^\circ\text{C}] = \mathbf{9253,5 \text{ W}}$$

## 2. Domo 1

Ganancia de calor por conducción.

$$\phi_{Ci} = [K_j * A_{ij} * (t_{ei} - t)]$$

$$A_{ij} = 6,24 \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 1^\circ \text{C} \text{ (Tabla 1, Apéndice A para domo)}$$

$$K_j = \frac{1}{M} = 4.91 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$M = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_n}{\lambda_n}$$



## Universidad de Quintana Roo

Donde

$h_i = 8,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  para superficies horizontales con flujo de calor hacia abajo.

$h_e = 13 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$M = \frac{1}{8,1} + \frac{1}{13} + \frac{0,003}{0,93} = 0,2036$$

$$\phi_{Ci} = (4,91)(6,24)(1) = 30,64 \text{ W}$$

Ganancia de calor por radiación.

$$\phi_{Ri} = A_{ij} * CS_j * FG_i * SE_{ij}$$

$$A_{ij} = 6,24 \text{ m}^2$$

$$CS_j = 0,8$$

$$FG_i = 284 \text{ W/m}^2 \text{ (Tabla 1 Apéndice A para domo de la NOM-008).}$$

$$SE_{ij} = 1$$

$$\phi_{Ri} = (6,24)(0,8)(284)(1) = 1,42 \text{ kW.}$$

### 3. Domo 2

Ganancia de calor por conducción.

$$\phi_{Ci} = [K_j * A_{ij} * (t_{ei} - t)]$$

$$A_{ij} = 5,29 \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 1 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (Tabla 1, Apéndice A para domo de la NOM-008).}$$

$$K_j = \frac{1}{M} = 4,91 \text{ W/m}^2\text{K}$$

## Universidad de Quintana Roo

$$M = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_n}{\lambda_n}$$

De donde

$h_i = 8,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  para superficies horizontales con flujo de calor hacia abajo.

$$h_e = 13 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$M = \frac{1}{8,1} + \frac{1}{13} + \frac{0,003}{0,93} = 0,2036$$

$$\phi_{Ci} = (4,91)(5,29)(1) = 0,03 \text{ kW}$$

Ganancia de calor por radiación.

$$\phi_{Ri} = A_{ij} * CS_j * FG_i * SE_{ij}$$

$$A_{ij} = 5,29 \text{ m}^2$$

$$CS_j = 0,8$$

$$FG_i = 284 \text{ W/m}^2 \text{ (Tabla 1, Apéndice A para domo de la NOM-008).}$$

$$SE_{ij} = 1$$

$$\phi_{Ri} = (5,29)(0,8)(284)(1) = 1,20 \text{ kW}$$

En la tabla 3.9, se resumen los resultados obtenidos de los cálculos de ganancia de calor a través de Techumbres.

Ganancia por Radiación en Techumbre									
	Elemento	Área m <sup>2</sup>	Kj w/m <sup>2</sup> K	ΔT ° C	Q conducción W	CS	FG W/m <sup>2</sup>	SE	Qradiación kW
Techumbres									
1	Techumbre	597	1,55	10	9,25				
Domos									
1	Domo 1	6,24	4,91	1	0,03	0,8	284	1	1,42
2	Domo 2	5,29	4,91	1	0,03	0,8	284	1	1,20
			Total Conducción		9,31		Total Radiación		2,62

**Tabla 3.9** Ganancias por conducción y radiación a través de la techumbre. Edificio K

## Universidad de Quintana Roo

De la misma forma se procedió al cálculo de las ganancias de calor en el resto de los edificios, y los resultados se presentan en las tablas 3.10, 2.11 y 3.12.

	Elemento	Área m <sup>2</sup>	kj w/m <sup>2</sup> K	ΔT ° C	Qconducción kW	CS	FG W/m <sup>2</sup>	SE	Qradiación kW	
<b>Techumbres</b>										
1	Techumbre DCI	223	1,55	10	3,46					
2	Techumbre Sala de Maestros	278	1,55	10	4,31					
3	Techumbre de SAC	270	1,55	10	4,19					
<b>Muro Este</b>										
4	Área Claro de Ventana	18	4,91	3	0,27	0,8	152	0,59	1,29	
5	Muro opaco block	24.64	2,75	9	0,61					
<b>Muro Fachada Sur</b>										
5	Área de claro ventanas	18	4,91	4	0,35	0,8	119	0,59	1,01	
6	Muro opaco block	24.64	2,75	7	0,47					
<b>Domos</b>										
9	Domo 1 DCI	1.69	4,91	1	0,01	0,8	284	1	0,38	
10	Domo 2 Cubículo Docentes	1.69	4,91	1	0,01	0,8	284	1	0,38	
11	Domo 3 CEI	6.25	4,91	1	0,03	0,8	284	1	1,42	
					Ganancia de calor por conducción	<b>13.71</b>			Ganancia por radiación	<b>4,49</b>

**Tabla 3.10** Ganancias por conducción y radiación a través de las envolventes. Edificio D

	Elemento	Área m <sup>2</sup>	Kj w/m <sup>2</sup> K	ΔT ° C	Qconducción <sup>4</sup> kW	CS	FG W/m <sup>2</sup>	SE	Qradiación <sup>5</sup> kW
Techumbres por lugar									
1	Sala de Rectores	84,5	1,55	10	1.31				
2	Planeación	79	1,55	10	1.23				
3	Innovación Educativa	23	1,55	10	0.36				
4	Área de Ciencias	23	1,55	10	0.36				
5	Cubículos	176	1,55	10	2.73				
6	Auditoria Interna	24	1,55	10	0.37				
7	Secretario Rectoría	17	1,55	10	0.26				
8	Secretario General	17	1,55	10	0.26				
9	Secretaria General	99	1,55	10	1.54				
10	Secretaria del rector	47	1,55	10	0.73				
11	Conmutador	16	1,55	10	0.25				
12	Oficina del rector	78	1,55	10	1.21				
Muro Este									
13	Muro opaco block	70,2	2,75	9	1,74				
14	Área de claro ventanas	10,24	4,91	3	0,15	0,8	152	0,59	0,73
Muro Fachada Sur									
15	Muro opaco block	71	2,75	7	1,37				
16	Área de claro ventanas	49,22	4,91	4	0,97	0,8	119	0,59	2,76
Ganancia de calor por conducción					14.84			Ganancia por radiación	3.49

Tabla 3.11 Ganancias por conducción y radiación a través de las envolventes. Edificio Rectoría

<sup>4</sup> Según formula 1 Apéndice A

<sup>5</sup> Según formula 4 Apéndice A

	Elemento	área m <sup>2</sup>	Kj w/m <sup>2</sup> K	ΔT ° C	Qconducción kW	área m	numero	CS	FG W/m <sup>2</sup>	SE	Qradiación kW
Techumbres											
1	Techumbre Ampliación Segunda Etapa. 1	207,18	1,55	10	3,21						
2	Techumbre Ampliación Segunda Etapa. 2	473,02	1,55	10	7,33						
3	Techumbre de Primera Etapa 1	730,5	1,17	10	0,86						
4	Techumbre de Primera Etapa 2	196,5	1,85	10	3,64						
Muro Este											
5	Muro opaco block	84	2,75	9	2,08						
6	Muro opaco block	154	2,75	9	3,81						
Muro Fachada Sur											
7	Muro opaco block	140	2,75	7	2,70						
8	área de claro ventanas	38	4,91	4	0,75	1,44	22	0,8	119	0,6	1,81
9	área de claro puerta	31	4,86	4	0,60	142	1	0,8	119	0,5	6,73
					Ganancia de calor por conducción					Ganancia por radiación	
					24,98					8,54	

Tabla 3.12 Ganancias por conducción y radiación a través de las envolventes. Edificio Biblioteca

**3.2.2 Cargas Internas**

**Censo de cargas internas**

Para determinar las cargas térmicas totales de los diferentes edificios, se realizó un censo de número de usuarios y equipos de las diferentes áreas, los resultados de este censo, se presentan en las tablas 3.13 a 3.16.

Lugar	Numero de Usuarios-área	Numero de Equipo-Computo	Numero de Luminarias-T8-3*32W	Numero de Luminarias 13W	Numero de Luminarias 50W
<b>Planta Alta</b>					
Cubiculos docentes	45	41	36	1	0
DCSEA	22	10	12	1	0
Sala de Espera	6	0	8	11	0
<b>Planta Baja</b>					
Cubiculos docentes	44	23	35	5	0
Jefe de Departamento	18	5	15	0	0
Sala de Espera	6	1	11	10	0

**Tabla 3.13 Cargas Internas. Edificio K**

En el edificio K, según se observa en la tabla 3.13 existe un gran número de usuarios y equipos de cómputo, a diferencia de lo que ocurre en el edificio D, en donde se encuentra equilibrado el número de usuarios, equipos de cómputo y luminarias (tabla 3.14).

Lugar	Numero de Usuarios-área	Numero de Equipo-Computo	Numero de Luminarias-T8-3*32W	Numero de Luminarias 13W
Cubículo Docentes P.A.	20	22	20	37
Cubículo Docentes P.B.	20	22	20	32
DCI P.A.	22	6	18	19
DCPH	22	6	20	23
Centro de Idiomas P.A.	32	15	28	16
Centro de Idiomas P.B.	32	10	20	16

**Tabla 3.14 Cargas Internas. Edificio D**

## Universidad de Quintana Roo

Lugar	Numero de Usuarios-área	Numero de Equipo-Computo	Numero de Lámparas 45 W	Numero de Lámparas 37 W	Numero Luminarias 13 W	Numero Luminarias 50W
<b>Planta Alta</b>						
1. Oficina Secretaria General	1	4	8	0	12	0
2. Vestíbulo Secretaria G.	3	2	24	0	2	8
3. Auditoría Interna	2	3	4	0	2	0
4. Recepción Rectoría	2	2	20	0	2	0
5 Secretaria Particular	4	2	0	0	4	9
6. Oficina del Rector	1	2	28	0	2	0
7. Planeación	8	8	18	0	2	0
8. Innovación Educativa	2	2	8	0	0	0
9. Área de Ciencias	2	4	12	0	1	0
10. Sala de rectores	20	3	0	48	8	16
11. Conmutador	1	5	4	0	0	0
12. Cubículos	11	21	42	0	4	0
<b>Planta Baja</b>						
1. Dirección de Administración	2	3	8	0	3	0
2. Finanzas	8	8	34	0	0	0
3. Servicios Generales	35	30	72	8	2	0
4. Bienestar Estudiantil	1	1	8	0	3	0
5. Abogado General	1	1	12	0	1	0
6. Proyecto Forestal	5	5	12	0	0	0
7. Recursos Humanos	8	10	40	0	11	17
8. Jefe de R.H.	1	2	4	0	0	0
9. Recursos Materiales	9	21	36	0	8	0
10. Jefatura R. M.	1	2	4	0	2	0
11. Manejo I. de R. C.	4	2	20	0	0	0
12. Laboratorio de Microantropodos	3	3	12	0	1	0
13. Revista Mexicana	2	2	8	0	1	0

**Tabla 3.15 Cargas Internas. Edificio Rectoría**

En el edificio de rectoría, se observa que predomina el número de luminarias, sobre usuarios y equipos de computo, tal y como se observa en la tabla 3.15.

## Universidad de Quintana Roo

Finalmente en el edificio de Biblioteca, lo que se observa es que predomina el número de usuarios sobre otros conceptos (tabla 3.16)

Lugar	Numero de Usuarios-área	Numero de Equipo-Computo	Numero de Luminarias-T8-3*32W	Numero de Luminarias-T12-4*39W	Numero de Luminarias-T12Du-2*39W	Numero de Ahorradora 13 W
<b>Planta alta</b>						
1. Cedoc	25	2	20	2	3	0
2. Sala de consulta bibliográfica	36	1	57	0	2	10
3. Informática 3	16	23	4	0	0	0
4. Informática 4	16	23	0	4	0	0
5. Sala de lectura	36	0	0	0	0	0
<b>Planta Baja</b>						
6. Jefatura y Entrada Principal	8	10	0	10	0	6
7. Sala de Lectura L. Izq.	44	0	0	0	0	0
8. Sala de Lectura L. Der.	88	0	0	0	0	0
9. Aula Informática 1	20	20	0	9	0	4
10. Acervo consulta Bibliográfica	50	0	69	25	7	14

**Tabla 3.16 Cargas Internas. Edificio Biblioteca**

### Ganancias internas<sup>6</sup> Edificio K

Con base en la información de la tabla 3.13 se procedió a determinar las ganancias de calor por ganancias internas en cada uno de los conceptos señalados, los resultados se presentan en la tabla 3.17.

Lugar	Ganancias Usuarios- Área <sup>7</sup> kW	Ganancias Equipos <sup>8</sup> kW	Ganancias Luminarias <sup>9</sup> kW	Ganancia Total-Área kW
<b>Planta Alta</b>				
Cubículos docentes	11,25	49,20	4,34	64,79
DCSEA	5,50	12,00	1,46	18,96
Sala de Espera	1,50	0,00	1,14	2,64
<b>Planta Baja</b>				
Cubículos docentes	11,00	27,60	4,28	42,88
Jefe de Departamento	4,50	6,00	1,80	12,30
Sala de Espera	1,50	1,20	1,48	4,18
	35,25	96,00	14,50	145,75

**Tabla 3.17 Ganancias internas. Edificio K**

<sup>6</sup> las ganancias se calcularon con valores estándar de la Norma y se convirtió a kW por ser las unidades que se manejan en este trabajo. 1 kW equivale a 3415 BTUs.

<sup>7</sup> La ganancia interna por persona es igual a 225 BTU/h

<sup>8</sup> La ganancia interna de calor por equipo se considera 1200 BTU/h por disipación de calor del equipo.

<sup>9</sup> La ganancia interna por luminaria se considera un 25% por balastro.



## Universidad de Quintana Roo

### Ganancias internas edificio D

Para el edificio D, también se procedió como en el caso del K, para determinar las ganancias de calor por cada uno de los conceptos señalados y los resultados se presentan en la tabla 3.18.

Lugar	Ganancias Usuarios- Área kW	Ganancias Equipos kW	Ganancias Luminarias kW	Ganancia Total-Área kW
Cubículo Docentes P.A.	4,50	26,40	3,00	33,90
Cubículo Docentes P.B.	4,50	26,40	2,92	33,82
DCI P.A.	4,95	7,20	2,47	14,62
DCPH	4,95	7,20	2,77	14,92
Centro de Idiomas P.A.	7,20	18,00	3,62	28,82
Centro de Idiomas P.B.	7,20	12,00	2,66	21,86
	<b>33,30</b>	<b>97,20</b>	<b>17,44</b>	<b>147,94</b>

Tabla 3.18 Ganancias internas. Edificio D

### Ganancias internas edificio Rectoría

Con base en la información de la tabla 3.15 se procedió a determinar las ganancias de calor por cada uno de los conceptos señalados y los resultados se presentan en la tabla 3.19.

Lugar	Ganancias Usuarios- Área kW	Ganancias Equipos kW	Ganancias Luminarias kW	Ganancia Total-Área kW
<b>Planta Alta</b>				
1. Oficina Secretaria General	0,23	4,80	0,65	5,67
2. Vestíbulo Secretaria G.	0,68	2,40	1,88	4,96
3. Auditoría Interna	0,45	3,60	0,26	4,31
4. Rectoría Recepción	0,45	2,40	1,16	4,01
5 Secretaria Particular	0,90	2,40	0,63	3,93
6. Oficina del Rector	0,23	2,40	1,61	4,23
7. Planeación	1,80	9,60	1,05	12,45
8. Innovación Educativa	0,45	2,40	0,45	3,30
9. Área de Ciencias	0,45	4,80	0,69	5,94
10. Sala de rectores	4,50	3,60	3,35	11,45
11. Conmutador	0,23	6,00	0,23	6,45
12. Cubículos	2,48	25,20	2,43	30,10

## Continuación

Planta Baja			14,37	
1. Dirección de Administración	0,45	3,60	0,50	4,55
2. Finanzas	1,80	9,60	1,91	13,31
3. Servicios Generales	7,88	36,00	4,45	48,33
4. Bienestar Estudiantil	0,23	1,20	0,50	1,92
5. Abogado General	0,23	1,20	0,69	2,12
6. Proyecto Forestal	1,13	6,00	0,68	7,80
7. Recursos Humanos	1,80	12,00	3,49	17,29
8. Jefe de R.H.	0,23	2,40	0,23	2,85
9. Recursos Materiales	2,03	25,20	2,16	29,38
10. Jefatura R. M.	0,23	2,40	0,26	2,88
11. Manejo I. de R. C.	0,90	2,40	1,13	4,43
12. Laboratorio de Microantropodos	0,68	3,60	0,69	4,97
13. Revista Mexicana	0,45	2,40	0,47	3,32

**Tabla 3.19** Ganancias internas del edificio Rectoría.

## Ganancias internas edificio Biblioteca

Con base en la información de la tabla 3.16 se procedió a determinar las ganancias de calor por cada uno de los conceptos señalados y los resultados se presentan en la tabla 3.20.

Lugar	Ganancias Usuarios- área kW	Ganancias Equipos kW	Ganancias Luminarias kW	Ganancia Total-área kW
<b>Planta alta</b>				
1. Cedoc	5,63	2,40	3,03	11,06
2. Sala de consulta bibliográfica	8,10	1,20	7,00	16,30
3. Informática 3	3,60	27,60	0,48	31,68
4. Informática 4	3,60	27,60	0,78	31,98
5. Sala de lectura	8,10	0,00	0,00	8,10
<b>Planta Baja</b>				
6. Jefatura y Entrada Principal	1,80	12,00	1,95	15,75
7. Sala de Lectura L. Izq.	9,90	0,00	0,00	9,90
8. Sala de Lectura L. Der.	19,80	0,00	0,00	19,80
9. Aula Informática 1	4,50	24,00	1,76	30,26
10. Aula Informática 2	4,50	24,00	1,76	30,26
11. Acervo consulta Bibliográfica	8,10	10,80	9,76	28,66
	77,625	129,6	26,51	233,73

**Tabla 3.20** Ganancias internas. Edificio Biblioteca

## Diagnostico del Sistema de Aire Acondicionado

La siguiente etapa del diagnóstico, consistió en realizar un censo de los aires acondicionados instalados en cada edificio, y en algunos casos se llevaron a cabo mediciones para determinar consumos reales de energía.

### Edificio D

Actualmente este edificio tiene instalados aires acondicionados tipo central, para enfriar los distintos espacios, permitiendo llevar a condiciones de confort cada una de las áreas internas. Con el propósito de contar con información confiable sobre el consumo de energía por este concepto, se realizaron mediciones en los mismos. A continuación se presentan en la tabla 3.21 los datos registrados con el equipo de medición **FLUKE 434**. Las mediciones tomadas son de demanda máxima, consumo de energía y corrientes a plena carga junto con las *tensiones de operación y factores de potencia*.

Equipo	TENSIÓN	Corrientes (Amp.) Fase A	Corrientes (Amp.) Fase B	Corrientes (Amp.) Fase C	Potencia Térmica Nominal BTU	Potencia Eléctrica Nominal kW	Demanda Máxima kW	Demanda A plena Carga kW	Consumo kWh-día	Factor De Potencia
EQUIPO YORK 150 000 BTU. DIVISION CIENCIAS INGENIERIAS P.A	3F220	63	63	43	150 000	43,92	22,8	17,8	231,40	0,82
EQUIPO YORK 120 000 BTU. DIVISION CIENCIAS POLITICAS P.B	3F220	40	34	33	120 000	35,13	10,6	7	91	0,51
EQUIPO YORK 150 000 BTU. CUB. MAESTROS. P.A	3F220	63	63	43	150 000	43,92	22,8	17,8	231,4	0,82
EQUIPO YORK 120 000 BTU. CUB.MAESTROS P.B	3F220	41	34	34	120 000	35,13	10,7	7,4	96,2	0,51
EQUIPO YORK 150 000 BTU. CENTRO IDIOMAS P.A	3F220	41	43	27	150 000	43,92	11,3	10,9	141,7	0,79
EQUIPO YORK 120 000 BTU. CENTRO IDIOMAS P.B	3F220	35	41	35	120 000	35,13	11,2	11,2	145,6	0,79

**Tabla 3.21** Datos nominales de los equipos de Aires Acondicionados.

En la tabla 3.22, se presenta la información sobre las características y la carga que representa el uso de los equipos de aire acondicionados instalados en el edificio D.

UQROO	<i>EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO INSTALADOS EN EL EDIFICIO</i>							
	Zona de servicio	Marca	Modelo	Tipo	Carg. Ref. (TON)	Carga. (Btu/h)	Carga de gas (kg F+22)	Corriente Amps.
DCPH	YORK	D4CE-150A25A	CENTRAL	12,5	120000	10	43,6	
DCI	YORK	D4CE-150A25A	CENTRAL	12 1/2	150000	10	43,6	
Cubículos Docentes P.B.	YORK	D4CE-150A25A	CENTRAL	12 1/2	120000	10	43,6	
Cubículos Docentes P.A.	YORK	D4CE-150A25A	CENTRAL	12 1/2	150000	10	43,6	
Centro de Idiomas P.B	YORK	D4CE-150A25A	CENTRAL	12 1/2	120000	10	43,6	
Centro de idiomas P.A	YORK	D4CE-150A25A	CENTRAL	12 1/2	150000	10	43,6	
CARGA TOTAL						810000		261,6

**Tabla 3.22** Carga de los equipos de Aire Acondicionado del edificio D.

**Edificio Rectoría.**

En el edificio de Rectoría (edificio A), los sistemas de aire acondicionado son de diversos tipos, capacidades y marcas. En este sentido, para el análisis del comportamiento energético esta característica hace que el sistema sea más complejo, es decir cada equipo presenta condiciones particulares de consumo y demanda. Tomando en consideración ese criterio se agruparon áreas comunes, esto para realizar el cálculo. Entre los equipos instalados en el edificio, están los tipo centrales, paquete y minisplit mostrados en la tabla 3.23.

## Universidad de Quintana Roo

Lugar	Tipo	CAPACIDAD Btu.	CAPACIDAD Nominal kW	V
<b>Planta Alta</b>				
Oficina del Secretario general	Paquete	40000	11,71	220
Vestíbulo de Secretaría General	Paquete	60000	17,57	220
Auditoría Interna	Dividido	38000	11,13	220
Recepción Rectoría	Paquete	60000	17,57	220
Secretaría particular	Dividido	24000	7,03	220
Oficina del Rector	Paquete	60000	17,57	220
Planeación	Dividido	24000	7,03	220
Innovación educativa	Dividido	18000	5,27	220
Área de Ciencias	Dividido	24000	7,03	220
Sala de Rectores	Paquete	60000	17,57	220
Conmutador	Dividido	24000	7,03	220
Cubículos docentes	Central	180000	52,71	220
<b>Planta Baja</b>				
Dir. de Administración	Dividido	24000	7,03	220
Finanzas	Dividido	38000	11,13	220
Servicios generales	Central	180000	52,71	220
Bienestar Estudiantil	Dividido	24000	7,03	220
Abogado General	Dividido	24000	7,03	220
Proyecto Forestal	Dividido	36000	10,54	220
Recursos Humanos	Paquete	60000	17,57	220
Jefatura de R. H.	Dividido	18000	5,27	220
Recursos Materiales	Paquete	90000	26,35	220
Jefatura de R. M.	Dividido	18000	5,27	220
MIRC	Dividido	36000	10,54	220
Lab. Microantropodos	Dividido	18000	5,27	220
Revista Mexicana	Dividido	18000	5,27	220

**Tabla 3.23** Capacidad instalada por tipo de aire acondicionado. Edificio Rectoría

### Edificio Biblioteca.

Actualmente el edificio tiene instalado aires acondicionados tipo central. Los cuales se utilizan para enfriar los distintos espacios que permiten llevar a condiciones de confort cada una de las áreas internas. En la tabla 3.24 se puede observar los equipos de aires acondicionados instalados en el edificio divididos por módulos para identificar las áreas.

Modulo	Lugar	Marca y modelo	Clasificación	CAPACIDAD Btu.	CAPACIDAD Nominal KW.	V
<b>Planta Alta</b>						
F	CEDOC	Carrier 50TJ-024-570YA	H6-160	160000	46,60	
E	Sala de consulta Bibliográfica Sala de Lectura	Carrier 50TJ-024-570YA	H5-240	240000	70,27	220
G	Informática 3	Carrier 50TJ-024-570YA	H7-160	160000	46,60	220
D	Informática 4	York DZCE-240	H4-240	240000	70,27	220
<b>Planta Baja</b>						
A	Jefatura y Entrada Principal	York DZCE-240	H1-240	240000	70,27	220
H	Sala de lectura L. Izq.	Carrier 50TJ-024-570YA	H8-240	240000	70,27	220
C	Sala de Lectura L. Der. Acervo Consulta Bibliográfica	York DZCE-240	H3-240	240000	70,27	220
B	Aula Informática 1-2	York DZCE-240	H2-240	240000	70,27	220

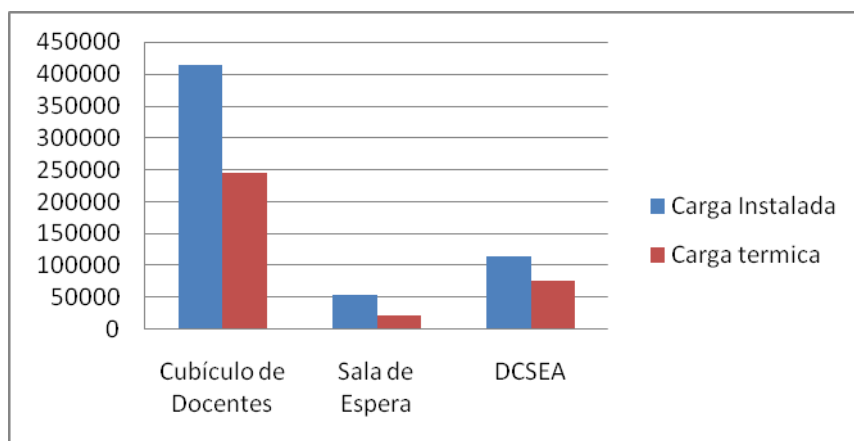
**Tabla 3.24** Carga de los equipos de Aire Acondicionado del edificio Biblioteca.

### 3.2.3 Comparación entre cargas instaladas y calculadas

#### Edificio K

Con el objeto de visualizar más fácilmente si existe un sobredimensionamiento en los equipos de aire acondicionados instalados en los diferentes edificios, se presenta un comparativo entre las cargas instaladas y las calculadas.

En el caso del edificio K, se observa que en general es mayor la carga instalada que la calculada, por lo que existe un sobredimensionado de los equipos, especialmente en los cubículos de docentes.



**Figura 3.1** Ganancias Referidas a los equipos de A.A. en BTUs. Planta Alta.

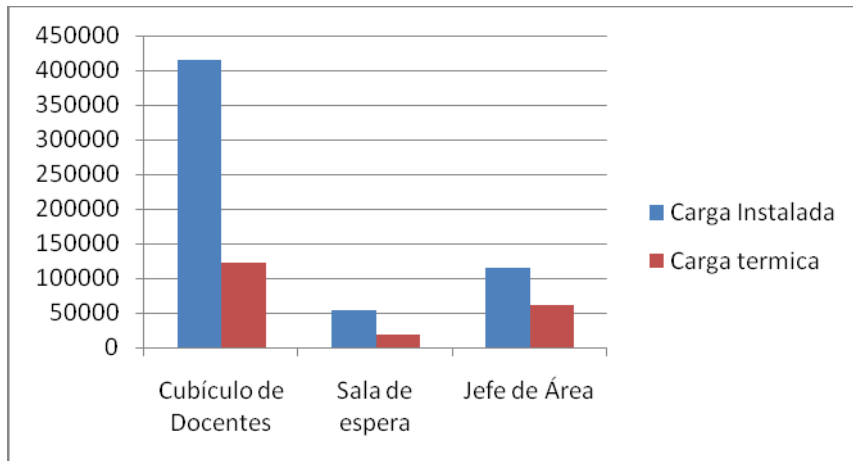


Figura 3.2 Ganancias Referidas a los equipos de A.A. en BTUs. Planta Baja.

### Edificio D

En el caso del edificio D, el mayor sobredimensionamiento de los equipos se puede observar en los relacionados con las oficinas de la DCI y DCPH (figura).

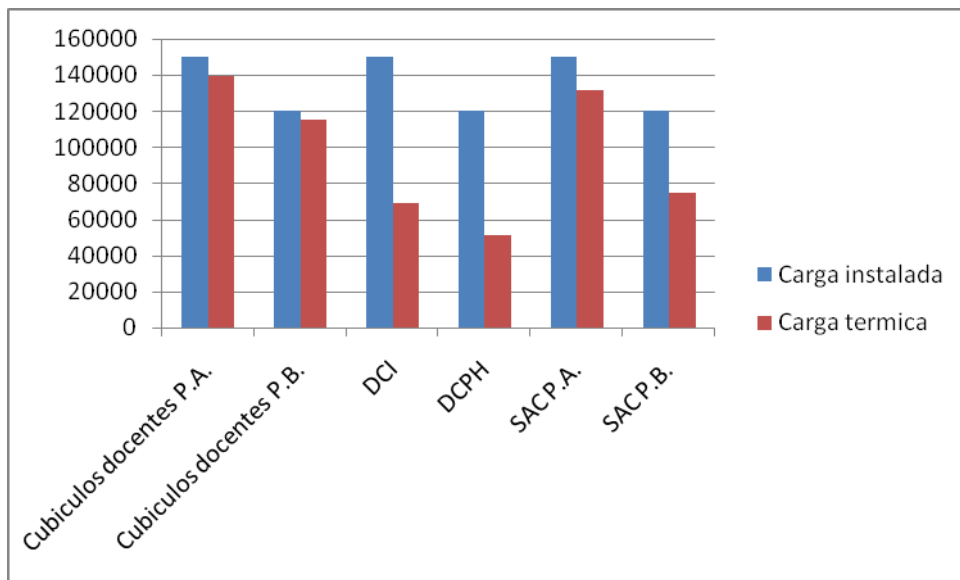


Figura 3.3 Ganancias referidas a los equipos de A.A. en BTUs.

## Edificio Rectoría

En el edificio de rectoría, se observa que son varias las áreas con sobredimensionamiento de los equipos, tales como rectoría, recepción de rectoría, y cubículos de docentes, pero además es importante observar que existe un área en donde los equipos parece que están subdimensionados como es en la oficina de planeación.

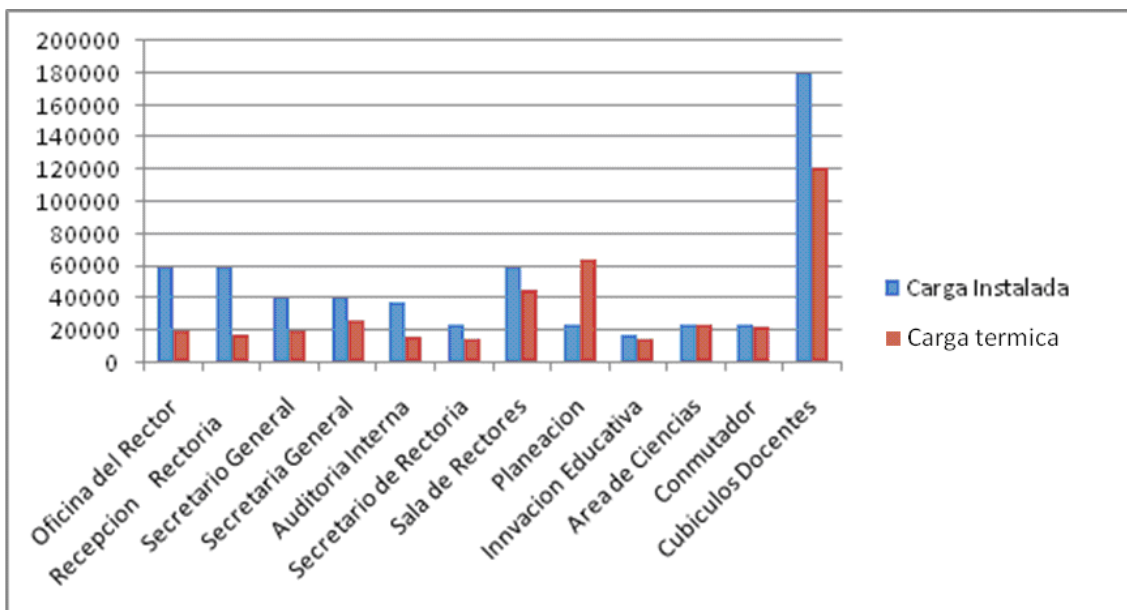


Figura 3.4 Ganancias referidas a los equipos de A.A en BTU's. Planta Alta.

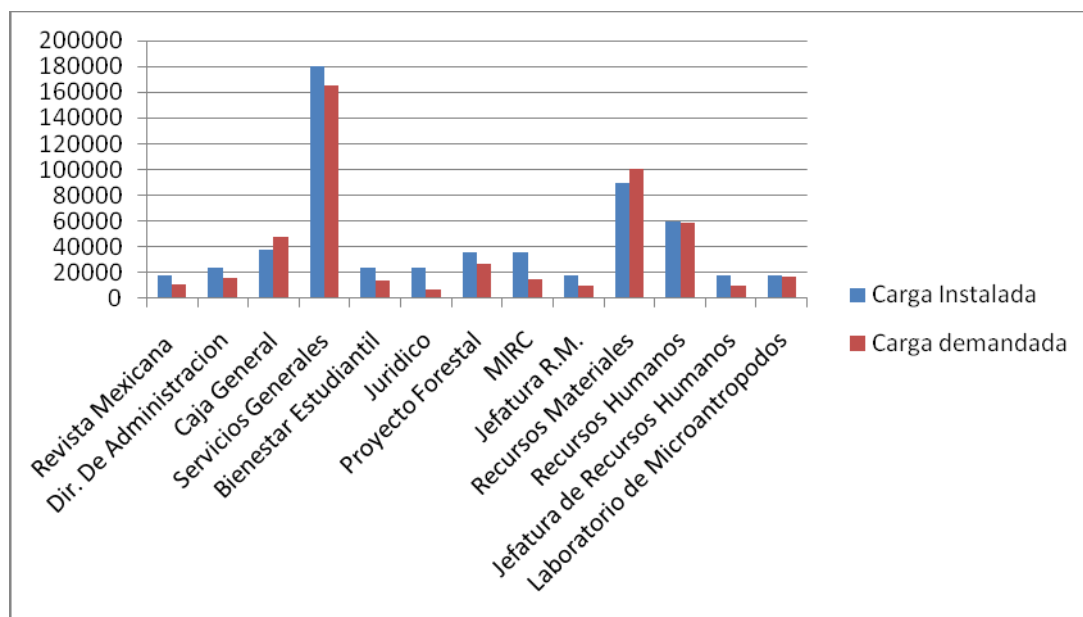
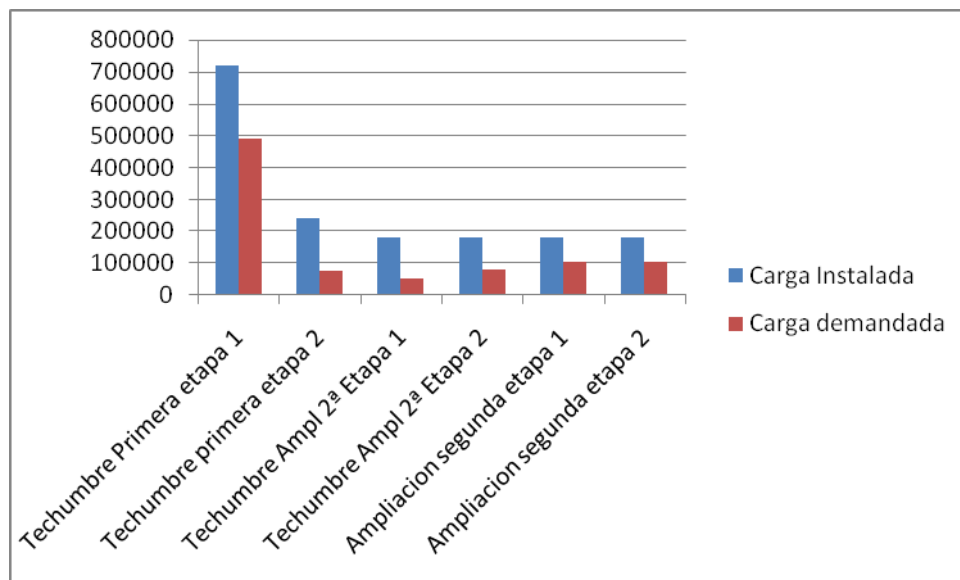


Figura 3.5 Ganancias referidas a los equipos de A.A en BTU's. Planta Baja.



**Edificio Biblioteca**

En el edificio de biblioteca se observa la misma tendencia que en los edificios K y D, en el sentido que en la mayoría de las áreas existe un sobredimensionamiento de los aires acondicionados



**Figura 3.6** Ganancias referidas a los equipos de A.A en BTU´s.

**3.3 Demanda y consumo de Energía Eléctrica por Aire Acondicionado**

**Edificio K**

En lo que concierne a la demanda y consumo de energía eléctrica, cabe señalar que en el edificio K, sala de maestros los equipos de A.A. funcionan en un horario de 8:00 a 21:00 horas y los equipos de regulación de temperatura en muchos casos están mal colocados y esto ha generado que la operación de dichos equipos sea de manera manual por parte del usuario.

En la tabla 3.25 se presenta el cálculo por concepto de áreas acondicionadas actualmente instaladas en el edificio K.

ZONAS	CAPACIDADES		DEMANDA REAL	HORAS-OPERACIÓN	CONSUMO-DIA	CONSUMO-MES
	BTU	kW.	kW.	DIA		
				hr	kW-hr	kW-hr
<b>PLANTA ALTA</b>						
Cubiculo Docentes	414000	121,23	81,12	8	649,44	14937,12
Sala de Espera	54000	15,81	12,07	8	96,56	2220,88
DCSEA	114000	33,38	24,39	8	210,8	
<b>PLANTA BAJA</b>						
Cubiculo de Docentes	414000	121,23	53,34	8	621,2	14287,6
Sala de Espera	54000	15,81	7,17	8	57,23	1319,28
Jefe de Área	114000	33,38	24,47	8	195,68	4500,64

**Tabla 3.25** Demanda y consumos de los equipos en el edificio K.

La tabla 3.26 muestra el consumo y el costo por consumo de energía eléctrica por concepto de A.A. en el edificio K.

Lugar	Planta	Demanda a Plena Carga (kW)	Consumo de Energía kW-día		Costo por consumo de energía	
			Per. Intermedia	Per. Punta	Per. Intermedia	Per. Punta
			6	2	0,7249	2,3215
<i>Cubículo docentes</i>	Alta	81,12	486,72	162,24	352,82	376,64
<i>Cubículo docentes</i>	Baja	53,34	320,04	106,68	232	247,66
<i>Sala de Espera</i>	Alta	12,07	72,42	24,14	52,50	56,04
<i>Sala de Espera</i>	Baja	7,17	43,02	86,04	31,19	199,74
<i>DCSEA</i>	Alta	24,39	146,34	48,78	106,08	113,24
<i>Jefe de Área</i>	Baja	24,47	146,82	48,94	106,43	113,61
Total		202,56	1214,64	476,82	881,02	1106,93

**Tabla 3.26** Consumo y costo por consumo de energía eléctrica diaria. Edificio K

Con base en los datos proporcionados en la tabla 3.26, se determinó la demanda de energía, costo por demanda y costo por consumo para este edificio.

De los resultados anteriores se tomó el valor de consumo de energía por día y se multiplica por 23 que es el criterio de los días laborados al mes y da como resultado 38904 kW-h mensuales y 466843 kW-h anuales. El costo por consumo obtenido de multiplicar el costo diario por 23 da como resultado \$45723 m.n. mensuales y 548674 al año. El costo por demanda es de 304934 al año.

Analizando los días realmente laborado anualmente se determinó un factor de trabajo anual de 0.14, este factor se toma de los laborados al año quitándole los días festivos y vacaciones y se aplicó quedando el consumo de 33 457 kW-h mes y 401 485 kW-h anuales. El costo por consumo y demanda queda \$61 175 al mes y \$734 100 al año.

## Universidad de Quintana Roo

### Edificio D

En el edificio D, los equipos de A.A. funcionan en un horario de 8:00 a 21:00 horas y no existe un sistema de control automático. Por lo que la operación de los equipos está sujeta a la maniobra del personal. La siguiente tabla muestra el consumo de energía de cada equipo y el número de usuarios por áreas de cada modulo.

En la tabla 3.27 se presenta el cálculo por concepto de los aires acondicionados actualmente instalados en el edificio D.

ZONAS	PLANTA	KW NOM.	KW REAL	HORAS OPERACIÓN-DIA	CONSUMO-DIA (Kw-h.)/ día.	CONSUMO-MES (Kw-h)/ Mes.
DCI	ALTA	43,92	17,8	13	231	5313
DCPH	BAJA	35,13	7	13	91	2093
CUB.DOCENTES	ALTA	43,92	10,6	13	96,2	2212
CUB.DOCENTES	BAJA	35,13	11,2	13	141	3243
CEI	ALTA	43,92	10,9	13	145	3335
CEI	BAJA	35,13	11,2	13	141	3243
<i>TOTAL</i>		<i>237</i>	<i>68</i>	<i>846</i>	<i>846</i>	<i>19,439.00</i>

**Tabla 3.27** Cargas de aires acondicionados y consumo de energía. Edificio D

La tabla 3.28 muestra el consumo y el costo por consumo referido de energía eléctrica por concepto de A.A. en el edificio D.

Lugar	Planta	Demanda a Plena Carga (kW)	Consumo de Energía kWh-día		Costo por consumo de energía	
			Per. Intermedia	Per. Punta	Per. Intermedia	Per. Punta
			10	3	0,7249	2,3215
<i>DCI</i>	Alta	17,80	178,00	53,40	129,03	123,97
<i>DCPH</i>	Baja	7,00	70,00	21,00	50,74	48,75
<i>CUB.DOC</i>	Alta	11,00	110,00	33,00	79,74	76,61
<i>CUB.DOC</i>	Baja	11,00	110,00	33,00	79,74	76,61
<i>CEI</i>	Alta	11,00	110,00	33,00	79,74	76,61
<i>CEI</i>	Baja	11,00	110,00	33,00	79,74	76,61
Total		68,80	688,00	206,40	498,73	479,16

**Tabla 3.28** Consumo y costo por consumo de energía eléctrica. Edificio D

Con base en los datos proporcionados por la tabla 3.28, se determina la demanda de energía, costo por demanda y costo por consumo para este edificio.

De los resultados anteriores se toma el valor de consumo de energía por día y se multiplica por 23 que es el criterio de los días laborados al mes y da como resultado 38904 kW-h mensuales y 246854 kW-h anuales. El costo por consumo obtenido de multiplicar el costo diario por 23 da como resultado \$22 906 m.n. mensuales y 274 872 al año. El costo por demanda es de 103 572 al año.

Analizando los días realmente laborado anualmente, se determinó un factor de trabajo anual de 0.14 y se aplicó quedando el consumo de 20 571 kW-h mes y 246 854 kW-h anuales. El costo por consumo y demanda queda \$27 122 al mes y \$325 464 al año.

# Universidad de Quintana Roo

## Edificio Rectoría

En el edificio de rectoría, la mayoría de las funciones que se realizan son de tipo administrativo; tiene una demanda de energía continua en un horario de 8:00 AM a 5:00 PM. De acuerdo a lo anterior la facturación hecha por la compañía suministradora (CFE) muestra que el mayor consumo corresponde al periodo intermedio para este edificio.

Respecto al funcionamiento del sistema de aire acondicionado, se puede observar que se presentan dos condiciones de operación en este periodo. La primera consiste en que existen equipos de A.A. que son operados por los mismos usuarios. La segunda condición es que existen equipos de tipo central que son operados desde una estación.

La tabla 3.29 muestra el consumo de energía referido al sistema de aires acondicionados correspondiente al periodo intermedia.

Lugar	Carga Btu/h	Carga kW	Demanda Máxima <sup>10</sup> kW	Factor Demanda	Horas Operación	Consumo kW-h/día	Costo por Consumo \$-kW	Costo por Demanda \$-Kw
<b>Planta Alta</b>								
1. Oficina del Rector	60000	17,57	6,15	0,35	7	43,05	31,20	771,43
2. Recepción Rectoría	60000	17,57	5,27	0,30	7	36,90	26,75	661,23
3. Secretario General	40000	11,71	6,09	0,52	7	42,64	30,91	764,09
4. Secretaria General	40000	11,71	7,61	0,65	7	53,29	38,63	955,11
5 Auditoría Interna	38000	11,13	4,90	0,44	7	34,27	24,84	614,21
6. Secretaria Rectoría	24000	7,03	4,36	0,62	7	30,50	22,11	546,62
7. Sala de Rectores	60000	17,57	6,15	0,35	7	43,05	31,20	771,43
8. Planeación	24000	7,03	7,03	1,00	7	49,19	35,66	881,64
9. Innovación Educativa	18000	5,27	5,27	1,00	7	36,90	26,75	661,23
10. Área Ciencias	24000	7,03	7,03	1,00	7	49,19	35,66	881,64
11. Conmutador	24000	7,03	4,57	0,65	7	31,98	23,18	573,07
12. Cubiculos	180000	52,71	34,26	0,65	7	239,82	173,85	4297,99
<b>Planta Baja</b>								
1. Dirección de Administración	24000	7,03	4,57	0,65	7	31,98	23,18	573,07
2. Finanzas	38000	11,13	11,13	1,00	7	77,89	56,46	1395,93
3. Servicios Generales	180000	52,71	52,71	1,00	7	368,96	267,46	6612,30
4. Bienestar Estudiantil	24000	7,03	4,57	0,65	7	31,98	23,18	573,07
5. Abogado General	24000	7,03	4,08	0,58	7	28,53	20,68	511,35
6. Proyecto Forestal	36000	10,54	3,16	0,30	7	22,14	16,05	396,74
7. Recursos Humanos	60000	17,57	12,83	0,73	7	89,78	65,08	1608,99
8. Jefe de R.H.	18000	5,27	2,21	0,42	7	15,50	11,23	277,72
9. Recursos Materiales	90000	26,35	26,35	1,00	7	184,48	133,73	3306,15
10. Jefatura R. M.	18000	5,27	5,27	1,00	7	36,90	26,75	661,23
11. Manejo I. de R. C.	36000	10,54	8,22	0,78	7	57,56	41,72	1031,52
12. Laboratorio de Microantropodos	18000	5,27	5,27	1,00	7	36,90	26,75	661,23
13. Revista Mexicana	18000	5,27	3,43	0,65	7	23,98	17,38	429,80
			242,48			1697,34	1230,40	30418,78

**Tabla 3.29** Consumo de energía de A.A. referido al periodo intermedio. Edificio Rectoría

<sup>10</sup> Valor tomado de mediciones hechas por el instrumento Fluye 434.

## Universidad de Quintana Roo

En la tabla 3.29 se puede observar el consumo de energía por concepto de los equipos de aire acondicionado así como los costos por consumo de energía y por demanda. De esto se puede ver que el consumo de energía por mes es de 39 039 kW-h y de 468 468 kW-h al año. El Costo por consumo es de \$339 588-año y el costo por demanda es de \$365 028-año haciendo un costo total de \$704 616-año.

El factor de demanda (Formula 9 del Apéndice A) de los equipos da como referencia el trabajo que los mismos realizan para poder enfriar las áreas. El trabajo que realizan los equipos en el periodo intermedia es de 7 horas.

Analizando los días realmente laborado anualmente, se determino un factor de trabajo anual de 0.14 y se aplicó quedando el consumo de 33 574 kW-h mes y 402 883 kW-h anuales. El costo por consumo y demanda queda \$605 970 al año.

### Edificio Biblioteca.

En lo que concierne a la demanda y consumo de energía eléctrica, cabe señalar que en la Biblioteca los equipos de aire acondicionado funcionan en un horario de 7:00 a 22:00 horas, y no existe un sistema de control automático, que regule el encendido y apagado mediante el censado de temperatura, y programación de tiempos de operación.

En la tabla 3.30 se presenta el cálculo del consumo por concepto de aires acondicionados actualmente instalados en el edificio de Biblioteca.

ZONAS	BTU	KW.	Demanda <sup>11</sup> máxima	Factor de demanda	HORAS	Consumo kW-h/día	Costo por consumo \$-kW
MODULO A	240,000	70,27	42,16	0,60	7	295,12	213,93
MODULO B	240,000	70,27	21,08	0,30	4	84,32	64,12
MODULO C	240,000	70,27	52,70	0,75	15	790,5	573,03
MODULO D	240,000	70,27	21,08	0,30	4	84,32	61,12
MODULO E	240,000	70,27	45,68	0,65	12	548,16	397,36
MODULO F	160,000	46,60	13,98	0,30	6	83,88	60,80
MODULO G	160,000	46,60	13,98	0,30	4	55,92	40,54
MODULO H	240,000	70,27	42,16	0,60	12	505,92	366,74
Total	1 760 000	514,82	252,82			2448,14	1777,64

**Tabla 3.30** Cargas de aires acondicionados y consumo de energía. Edificio Biblioteca

En base a los datos proporcionados por la tabla 3.30, se determina la demanda de energía, costo por demanda y costo por consumo para este edificio.

<sup>11</sup> Valor tomado de mediciones hechas por el instrumento Fluke 434.

## Universidad de Quintana Roo

De los resultados anteriores se toma el valor de consumo de energía por día y se multiplica por 23 que es el criterio de los días laborados al mes y da como resultado 56 307 kW-h mensuales y 675 684 kW-h anuales. El costo de demanda obtenido de multiplicar el costo diario por 23 da como resultado \$45 723 m.n. mensuales y 490 632 al año. El costo por demanda es de 380 595 al año.

Analizando los días realmente laborado anualmente, se determinó un factor de trabajo anual de 0.14 y se aplicó quedando el consumo de 20 571 kW-h mes y 246 854 kW-h anuales. El costo por consumo y demanda queda \$72 602 al mes y \$749 252 al año.

### REFERENCIAS DEL CAPITULO 3 DIAGNOSTICO

#### TABLAS DEL CAPITULO 3

- Tabla 3.1** Censo de Cargas del sistema de iluminación. Edificio K
- Tabla 3.2** Censo de Cargas del sistema de iluminación. Edificio D
- Tabla 3.3** Censo de Cargas del sistema de iluminación. Edificio Biblioteca
- Tabla 3.4** Consumo de energía actual del sistema de iluminación. Edificio K
- Tabla 3.5** Consumo de energía actual del sistema de iluminación. Edificio D
- Tabla 3.6** Consumo de energía actual del sistema de iluminación. Edificio Rectoría
- Tabla 3.7** Consumo de energía actual del sistema de iluminación. Edificio Biblioteca
- Tabla 3.8** Costos totales por el sistema de iluminación
- Tabla 3.9** Ganancias por conducción y radiación a través de la techumbre. Edificio K
- Tabla 3.10** Ganancias por conducción y radiación a través de las envolventes. Edificio D
- Tabla 3.11** Ganancias por conducción y radiación a través de las envolventes. Edificio Rectoría
- Tabla 3.12** Ganancias por conducción y radiación a través de las envolventes. Edificio Biblioteca
- Tabla 3.13** Cargas Internas. Edificio K
- Tabla 3.14** Cargas Internas. Edificio D
- Tabla 3.15** Cargas Internas. Edificio Rectoría
- Tabla 3.16** Cargas Internas. Edificio Biblioteca
- Tabla 3.17** Ganancias internas. Edificio K
- Tabla 3.18** Ganancias internas. Edificio D
- Tabla 3.19** Ganancias internas del edificio Rectoría.
- Tabla 3.20** Ganancias internas. Edificio Biblioteca
- Tabla 3.21** Datos nominales de los equipos de Aires Acondicionados.
- Tabla 3.22** Carga de los equipos de Aire Acondicionado del edificio D.
- Tabla 3.23** Capacidad instalada por tipo de aire acondicionado. Edificio Rectoría
- Tabla 3.24** Carga de los equipos de Aire Acondicionado del edificio Biblioteca.
- Tabla 3.25** Demanda y consumos de los equipos en el edificio K.
- Tabla 3.26** Consumo y costo por consumo de energía eléctrica diaria. Edificio K
- Tabla 3.27** Cargas de aires acondicionados y consumo de energía. Edificio D
- Tabla 3.28** Consumo y costo por consumo de energía eléctrica. Edificio D
- Tabla 3.29** Consumo de energía de A.A. referido al periodo intermedio. Edificio Rectoría
- Tabla 3.30** Cargas de aires acondicionados y consumo de energía. Edificio Biblioteca

#### FIGURAS DEL CAPITULO 3

- Figura 3.1** Ganancias Referidas a los equipos de A.A. en BTUs. Planta Alta.
- Figura 3.2** Ganancias Referidas a los equipos de A.A. en BTUs. Planta Baja.
- Figura 3.3** Ganancias referidas a los equipos de A.A. en BTUs.
- Figura 3.4** Ganancias referidas a los equipos de A.A en BTU' s. Planta Alta.
- Figura 3.5** Ganancias referidas a los equipos de A.A en BTU' s. Planta Baja.
- Figura 3.6** Ganancias referidas a los equipos de A.A en BTU' s.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 4.1 Análisis del sistema de Iluminación

En este capítulo se analiza el sistema de iluminación, en donde a partir de los datos del censo de cargas instaladas, y con base a la metodología señalada en la NOM-007-ENER-1995, así como aplicando los criterios de eficiencia energética recomendados por la NOM-008-ENER-2001 y el manual de trabajo para el levantamiento de información de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía correspondientes de iluminación, se determina si las diferentes áreas de los edificios cumplen con los criterios establecidos de eficiencia energética. Finalmente, en base a los resultados obtenidos se determinan las posibilidades de ahorro de energía.

##### 4.1.1 Análisis del sistema de Iluminación del edificio K

Con el propósito de promover la utilización de equipos y sistemas de control de alumbrado como una opción que propicie el uso eficiente de la energía en sistemas de alumbrado, se procede a calcular la densidad de potencia eléctrica actual del edificio:

	SUPERFICIE <sup>12</sup> (M2)	CARGA ACTUAL KW	DPEA ACTUAL W/M2	DPEA RECOMENDADO <sup>13</sup> W/M2
Edificio D P.B	597	5,545	9,29	16,0
Edificio D P.A	597	6,051	10,14	16,0

**Tabla 4.1** Densidades de Potencia Eléctrica edificio K.

Como se puede observar de la tabla 4.1, la densidad unitaria actual del edificio K es de 9,29 W/m<sup>2</sup> (Ecuación 8 del Apéndice A) para planta baja y de 10,14 Watts/m<sup>2</sup> para la planta alta, que al compararse con respecto a lo que señala la norma (NOM-007-ENER-2004) de 16

<sup>12</sup> Esta área corresponde al área iluminada por las luminarias.

<sup>13</sup> Según Norma Oficial Mexicana, NOM-025-STPS- 1999, condiciones de iluminación en los centros de trabajo

## Universidad de Quintana Roo

Watts/m<sup>2</sup>, para escuelas o instituciones educativas el DPEA, se puede observar que el sistema se encuentra bien dimensionado en lo que respecta a iluminación. Luego entonces las posibilidades de ahorro de energía en este sistema se pueden obtener mediante el uso eficiente de la energía.

### Análisis del sistema de Iluminación del edificio D

Con respecto al edificio D, se procede de la misma forma, y la comparación entre los datos del censo de cargas y la norma se presentan en la tabla 4.2.

	SUPERFICIE <sup>14</sup> (M2)	CARGA ACTUAL KW	DPEA ACTUAL W/M2	DPEA RECOMENDADO <sup>15</sup> W/M2
Edificio D P.B	399	7,48	18,75	16,0
Edificio D P.A	399	7,28	18,25	16,0

**Tabla 4.2** Densidades de Potencia Eléctrica edificio D.

Como se puede apreciar la densidad de potencia del edificio D es de 18,75 Watts/m<sup>2</sup> (Ecuación 8 del Apéndice A) para planta baja y de 18,25 para planta alta; en tanto que el valor recomendado por la norma es de 16 Watts/m<sup>2</sup>. Esto implica que el sistema tiene una potencia instalada de más en los diversos espacios.

Entonces según norma y de la ecuación de la Densidad de Potencia Eléctrica, la potencia real instalada con la que el edificio debería contar para acondicionar el nivel de iluminación, en base a los criterios de ahorro y uso eficiente de energía tendría que ser de 12.77 kW. Lo anterior resulta de calcular la DPEA considerando la superficie iluminada y el DPEA recomendado para cada una de las plantas del edificio, esto es 6.384 kW y para el edificio 12.77 kW. Comparado este resultado con la potencia actual instalada de 14.76 kW (dato tomado de la tabla 3.2) se puede apreciar que el sistema de iluminación tiene un valor de 1,99 kW de más.

<sup>14</sup> Esta área corresponde a la iluminada por las luminarias.

<sup>15</sup> Según Norma Oficial Mexicana, NOM-025-STPS- 1999, condiciones de iluminación en los centros de trabajo



## Universidad de Quintana Roo

### Edificio Rectoría

En el caso del edificio de rectoría, se presenta el problema de que las lámparas que tiene el sistema están desde que se construyó el edificio, y aunque algunas se han ido sustituyendo gradualmente, no se tiene un control sobre esto, lo cual implica que existe una gran diversidad de luminarias instaladas, y que se ve reflejado en la carga instalada.

Al realizar el comparativo entre el DPA actual y el recomendado por la norma, se tienen los resultados mostrados en la tabla 4.3.

	SUPERFICIE <sup>16</sup> (M2)	CARGA ACTUAL kW	DPEA ACTUAL W/M <sup>2</sup>	DPEA RECOMENDADO <sup>17</sup> W/M <sup>2</sup>
Planta alta	683,5	12,35	18,07	16
Planta baja	1104	13,89	12,58	16

**Tabla 4.3** Densidades de Potencia Eléctrica del edificio Rectoría.

De la tabla anterior, se observa que la planta alta del edificio de rectoría está excedida en carga instalada, ya que para este caso la carga que se tendría con un DPEA de 16 W/m<sup>2</sup> debería ser de 17,08 kW, es decir, 0,99 kW menos que la actual. Esto implica que si existe un potencial para el ahorro de energía.

### Edificio Biblioteca

En el edificio de biblioteca, cabe hacer mención que el cálculo se realiza tomando en cuenta el área total como si fuese un plano puesto que no se tiene áreas por secciones específicas sino que se tomó un conglomerado de las cargas con respecto al área en las que se encuentran esto con el fin de calcular el DPEA.

En la tabla 4.4, se presentan los resultados obtenidos de la comparación del DPA actual del edificio de biblioteca, con respecto a los indicados en la norma.

	SUPERFICIE <sup>18</sup> (M2)	CARGA ACTUAL KW	DPEA ACTUAL W/M2	DPEA RECOMENDADO <sup>19</sup> W/M2
Edificio H	1484	26,61	17,93	16,0

**Tabla 4.4** Densidades de Potencia Eléctrica Edificio Biblioteca.

<sup>16</sup> Esta área corresponde a la iluminada de por las luminarias

<sup>17</sup> Según Norma Oficial Mexicana, NOM-025-STPS- 1999, condiciones de iluminación en los centros de trabajo

<sup>18</sup> Esta área corresponde a la iluminada por las luminarias.

<sup>19</sup> Según Norma Oficial Mexicana, NOM-025-STPS- 1999, condiciones de iluminación en los centros de trabajo

## **Universidad de Quintana Roo**

Como se puede observar la densidad unitaria actual del edificio es de 17,93 Watts/m<sup>2</sup>, en tanto que la recomendada por la norma es de 16 Watts/m<sup>2</sup>. De lo anterior se infiere que el sistema tiene una potencia instalada de más en los diversos espacios.

Entonces según norma y de la ecuación de la DPEA la potencia real instalada que el edificio debería contar para acondicionar el nivel de iluminación, el ahorro y uso eficiente de energía debería ser de 23,74 kW. Comparado este resultado con la potencia actual instalada de 26,61 kW se puede apreciar que el sistema de iluminación esta excedido en 2,87 kW.

### **Opciones de ahorro de energía en el sistema de iluminación**

Para reducir el consumo de energía en los sistemas de iluminación de los diferentes edificios de la Universidad de Quintana Roo, se pueden poner en practica las siguientes opciones con el fin de conseguir dos objetivos; el primero es el mejorar las condiciones de confort visual de los usuarios que hacen uso de las instalaciones, y el segundo es obtener ahorro de energía mediante el uso eficiente de la misma:

- Colocar anuncios alusivos sobre el uso eficiente de la energía
- Abrir las cortinas de PVC en las ventanas que están ubicadas hacia el lado Norte y Oeste del edificio, Esto permitirá aprovechar la Iluminación natural que incide en las ventanas
- Quitar o inhabilitar luminarias en algunas áreas.

De llevarse a la práctica las medidas propuestas, se podría conseguir los ahorros de energía que a continuación se mencionan:

### **Edificio K**

En este edificio el ahorro de energía, se pueden lograr por el uso eficiente de la energía, el cual se podría conseguir con la instalación de anuncios alusivos que se instalen junto a los apagadores individuales. Esta medida se supone que puede producir un ahorro económico de un 10 %, de tal forma que el ahorro anual sería del:

$$(\text{Costo actual}) * 10\% = (\$64785\text{-anual}) * 0.1 = \$6\ 478.5\text{-anual.}$$

## Universidad de Quintana Roo

### Edificio D

En el caso del edificio D, que se encuentra excedido en su carga actual es posible lograr ahorros por uso eficiente de la energía, y reducción de luminarias.

En la tabla 4.5, se presenta un cálculo del costo que implica el exceso en la carga por iluminación. Como se puede observar la potencia instalada de más representa un costo de 624,22 pesos/mes.

		Periodos	Precios	Horas Operación	Demanda kW
		Base	0,6026	0	0
		Intermedio	0,7249	6	1,99
		Punta	2,3215	4	1,99
Lunes  A  Viernes	Periodos	Consumo KWh/día	Costo por consumo \$/ día	Costo por consumo \$ / mes	
	Base	0	0	0	
	Intermedio	11,94	8,66	199,18	
	Punta	7,96	18,48	425,04	
	TOTAL	19,9	27,14	624,22	

**Tabla 4.5** Consumo de energía de la potencia instalada que tiene de más el sistema de iluminación Edificio D.

De esta forma, el costo por demanda facturable que se dejaría de pagar por omitir esta carga en el sistema, sería de \$250-mensuales, tal y como se presenta en la tabla 4.6.

emanda Actual Kw	Precio de Demanda	Costo por Demanda \$/mes	Costo por Demanda \$/anual
14,76	125,45	1 851,64	22 220
Demanda Reducida Kw			
1,99	125,45	249,65	2 996

**Tabla 4.6** Costo por demanda de energía eléctrica en iluminación Edificio D.

A partir de los datos tomados de las tablas 4.5 y 4.6 se puede analizar que el costo anual por consumo de energía que tiene de más el sistema es de \$7 491 (tabla 4.5) y el costo anual por demanda de energía reducida es de \$2 996 (tabla 4.6) haciendo un total de \$10 487.

## Universidad de Quintana Roo

- **Ahorro por Uso eficiente.**

Ahora bien, por concepto de uso eficiente de energía, se aplica el mismo criterio que para el edificio K, lo que resulta en:

$(\text{Costo actual} - \text{Ahorro económico}) * 10\% = \$77\,765\text{-anual} - \$10\,487\text{-anual} = (\$67\,278\text{-anual}) * 0.1 = \$6\,728\text{-anual}.$

- **Ahorro Total por iluminación para el edificio D**

El ahorro económico total por iluminación en el edificio D sería de \$17 215-anuales. La tabla 4.7 muestra en resumen los ahorros potenciales de energía y económicos en el sistema de iluminación.

Ahorro económico por reducción de potencia	Ahorro económico por demanda	Ahorro económico en consumo por uso eficiente de energía
<b><u>\$624 mensual</u></b>	<b><u>\$250 mensual</u></b>	<b><u>\$561 mensual</u></b>
<b><u>\$7 491 anual</u></b>	<b><u>\$2 996 anual</u></b>	<b><u>\$6 728 anual.</u></b>
	<b>TOTAL EN AHORRO ECONOMICO ANUAL</b> <b><u>\$17 215</u></b>	

Tabla 4.7 Ahorro económico Global por iluminación Edificio D.

- **Edificio de rectoría.**

En el caso del edificio de rectoría, se aplica lo mismo que para el edificio D, es decir que se pueden lograr ahorros por uso eficiente de la energía, y reducción de luminarias.

En la tabla 4.8, se presenta un cálculo del costo que implica el exceso en la carga por iluminación. Como se puede observar la potencia instalada de más representa un costo de 256,89 pesos/mes.

		Periodos	Precios \$/kWh	Horas Operación	Demanda kW
		Base	0,6026	0	0
		Intermedio	0,7249	9	17,08
		Punta	2,3215	0	0
Lunes  A  Viernes	Periodos	Consumo KWh/día	Costo por consumo \$/ día	Costo por consumo \$ / mes	
	Base	0	0	0	
	Intermedio	153,72	111,43	2 562,89	
	Punta	0	0	0	
	TOTAL	153,72	111,43	2 56,89	

**Tabla 4.8** Consumo de energía propuesto del sistema de iluminación Edificio Rectoría

Ahora bien, analizando los costos por demanda, se tendría los valores:

Demanda Actual kW	Precio de Demanda	Costo por Demanda \$/mes	Costo por Demanda \$/anual
26.24	125,45	3 292	39 502
Demanda Propuesta kW			
17.08	125,45	214	2 568

**Tabla 4.9** Costo por demanda propuesto de energía eléctrica en iluminación Edificio Rectoría.

Como se puede observar en las tablas 4.8 y 4.9, se deduce que el ahorro de energía puede ser de 22 761,5 kWh-anales y el ahorro económico es de \$16 493,5 anual. El ahorro económico total al año por concepto de sustitución de luminarias sumando el ahorro por consumo (tabla 4.8) y el ahorro por demanda de energía (tabla 4.9) sería de \$30 283,5 anual. Ahorro por uso eficiente.

Considerando un ahorro económico de un 10 % por concepto de uso eficiente de la energía, se tiene \$5 523,5-Anual se deduce de lo siguiente:

$$(\text{Costo actual} - \text{Ahorro económico}) * 10\% = \$86 750,5\text{-anual} - \$30 283,5\text{-anual} = (\$56 467\text{-anual}) * 0.1 = \$5 646,7\text{-anual}.$$

## Universidad de Quintana Roo

- **Ahorro total por iluminación para el edificio Rectoría**

El ahorro económico total global por iluminación para el edificio de rectoría sería de \$35 930,2-anales.

La tabla 4.10 muestra en resumen los posibles Ahorros de potencia de energía y económicos en el sistema de iluminación.

Ahorro de Energía por sustitución de equipos	Ahorro económico en consumo por sustitución de equipos	Ahorro económico en demanda por sustitución de equipos
<b><u>22 761,5 kWh-mes</u></b>	<b><u>\$1 374,48 mensual</u></b>	<b><u>\$1 149,12 mensual</u></b>
<b><u>22 761,5 KWh-anual</u></b>	<b><u>\$16 493,5 anual</u></b>	<b><u>\$13 790 anual</u></b>
	<b>TOTAL EN AHORRO ECONOMICO ANUAL</b> <b><u>\$35 930,2</u></b>	

Tabla 4.10 Ahorro económico Global por iluminación Edificio Rectoría.

## Edificio Biblioteca

El edificio de biblioteca, también se encuentra excedido en su carga actual por lo que es posible lograr ahorros por uso eficiente de la energía, y reducción de luminarias.

En la tabla 4.11, se presenta un cálculo del costo que implica el exceso en la carga por iluminación. Como se puede observar la potencia instalada de más representa un costo de 1123,19 pesos/mes.

		Periodos	Precios	Horas Operación	Demanda kW
		Base	0,6026	2	2,87
		Intermedio	0,7249	9	2,87
		Punta	2,3215	4	2,87
Lunes A Viernes	Periodos	Consumo KWh/día	Costo por consumo \$/ día	Costo por consumo \$ / mes	
	Base	5,74	3,46	79,56	
	Intermedio	25,83	18,72	430,66	
	Punta	11,48	26,65	612,97	
TOTAL		43,05	48,83	<b>1123,19</b>	

Tabla 4.11 Consumo de energía de la potencia instalada que tiene de más el sistema de iluminación en el edificio de la Biblioteca.

## Universidad de Quintana Roo

Ahora bien, el costo por demanda facturable que se dejaría de pagar por omitir esta carga en el sistema, sería de \$1 123,19-mensuales.

La tabla 4.12 muestra los valores calculados para la demanda tomando en cuenta la instalada con respecto a la demanda alternativa propuesta.

Demanda Actual Kw	Precio de Demanda	Costo por Demanda \$/mes	Costo por Demanda \$/anual
27,61	125,45	3 464	41 568
Demanda Reducida Kw			
2,87	125,45	360	4 320

**Tabla 4.12** Costo por demanda de energía eléctrica en iluminación Edificio Biblioteca.

De datos obtenidos de las tablas 4.11 y 4.12 se puede observar que el costo anual por consumo de energía que tiene de más el sistema es de \$13 478,28 y el costo anual por demanda de energía reducida es de \$4 320 haciendo un total de \$17 798,28.

En la tabla 4.11, se deduce que el ahorro de energía que se puede lograr es de 11 881,8 kWh-año. El ahorro económico total al año por concepto de inhabilitación de luminarias sumando el ahorro por consumo y el ahorro por demanda de energía sería de \$30 154 anual.

- **Ahorro por uso eficiente.**

Considerando un ahorro económico de un 10 % por concepto de uso eficiente de la energía, se tiene \$13 211,3-Anual se deduce de lo siguiente:

$(\text{Costo actual} - \text{Ahorro económico}) * 10\% = \$162\,267\text{-anual} - \$30\,154\text{-anual} = (\$132\,113\text{-anual}) * 0,1 = \$13\,211,3\text{-anual}.$

El ahorro económico total por iluminación es de \$43 365,3-anuales. En la tabla 4.13 muestra en resumen, los ahorros de potencia de energía y económicos en el sistema de iluminación para el edificio de biblioteca.

<b>Ahorro económico por reducción de potencia</b>	<b>Ahorro económico por demanda</b>	<b>Ahorro económico en consumo por uso eficiente de energía</b>
<b><u>\$1 123 mensual</u></b>	<b><u>\$360 mensual</u></b>	<b><u>\$1 101 mensual</u></b>
<b><u>\$25 833 anual</u></b>	<b><u>\$4 320 anual</u></b>	<b><u>\$13 211 anual.</u></b>
	<b>TOTAL EN AHORRO ECONOMICO ANUAL</b> <b><u>\$43 364</u></b>	

**Tabla 4.13** Ahorro económico Global por iluminación Edificio Biblioteca.

## **4.2 Análisis del sistema de Aire Acondicionado**

Partiendo de la comparación entre los valores encontrados en el censo de equipos y las cargas térmicas calculadas en el capítulo anterior, se analizan algunas propuestas para ahorrar energía en este sistema, así como el costo que representaría su aplicación.

### **Opciones para el ahorro de Energía.**

Debido a la gran diversidad de equipos instalados en los diferentes edificios de la DCI, es difícil establecer medidas de carácter general, así que se tienen que presentar una serie de propuestas acordes con los equipos instalados en cada edificación.

### **4.2.1 Sistema de Aire Acondicionado Edificio K**

En este edificio como se determinó en el capítulo anterior, se tienen un sobredimensionado de los aires acondicionados, especialmente en el caso de los cubículos para maestros.

Para eficientar el uso de los equipos de aire acondicionado, se proponen las siguientes alternativas:

1. Dar y llevar a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo en tiempo y forma a todos los equipos
2. Instalar más de un sensor de temperatura en áreas estratégicas



3. Pintar las techumbres con una pintura de baja absorción para reducir las ganancias térmicas por conducción.
4. Redireccionar las rejillas de inyección de aire en cada uno de los espacios.

○ **Costo de operación del sistema actual**

Con base en los datos obtenidos de la operación de los aires acondicionados, (tabla 4.14), se determina la demanda de energía, costo por demanda y costo por consumo de energía para este edificio, estos valores se utilizarán como marco de referencia de hasta cuánto se puede reducir el consumo de energía.

Como se puede observar en la tabla 4.14, el consumo de energía actual es de 27937 kW-h mensuales y 335240 kW-h anuales. Esto representa un costo por consumo de \$20 264 mensuales, es decir de 243 168 al año. Lo anterior implica que el costo por demanda es de \$304 934 al año.

Lugar	Planta	Demanda a Plena Carga (kW)	Consumo de Energía kW-día		Costo por consumo de energía	
			Per. Intermedia	Per. Punta	Per. Intermedia	Per. Punta
			6	0	0,7249	
<i>Cubículo docentes</i>	Alta	81,12	486,72		352,82	
<i>Cubículo docentes</i>	Baja	53,34	320,04		232	
<i>Sala de Espera</i>	Alta	12,07	72,42		52,50	
<i>Sala de Espera</i>	Baja	7,17	43,02		31,19	
<i>DCSEA</i>	Alta	24,39	146,34		106,08	
<i>Jefe de Área</i>	Baja	24,47	146,82		106,43	
Total		202,56	1214,64		881,02	

**Tabla 4.14** Consumo y costo por consumo de energía sin periodo punta Edificio K.

Analizando los días realmente laborados anualmente, se determinó un factor de trabajo anual de 0.14 (tomando en cuenta días festivos y vacaciones), que al aplicarlo, se modifica el consumo de energía quedando en 24026 kW-h mes y 288312 kW-h anuales. Luego entonces el costo por consumo y demanda sería de \$39280 al mes y \$471362 al año.

**Resultados para el edificio K.**

Tabla comparativa			
Lugar	Carga Instalada BTU	Carga demandada BTU	Diferencia
Planta Alta			
Cubículo de Docentes	414000	168680,55	245319,45
Sala de Espera	54000	23074,81	30925,19
DCSEA	114000	75531,21	38468,79
Planta Baja			
Cubículos de docentes	414000	121366,79	292633,21
Sala de Espera	54000	19269,91	34730,09
Jefe de Área	114000	61347,06	52652,94

**Tabla 4.15** Tabla comparativa Edificio K.

En esta tabla 4.15 se puede observar que los equipos fueron sobre-dimensionados, como ya se había señalado en el capítulo anterior, puesto que la carga instalada en la mayoría de los casos es mucho mayor que la carga demandada. Esto se refiere a que está mal distribuida además de que existen equipos para grandes áreas lo que repercute en los hábitos de los usuarios. La tabla 4.16 presenta el porcentaje de sobre-dimensionamiento tomando como referencia la carga que se encuentra instalada y comparándola con las cargas de calor calculadas.

	TOTAL BTU-HORA	TOTAL <sup>20</sup> T.R	PORCIENTO %
CAPACIDAD ACTUAL	1164000	97	100
APORTACIONES DE CALOR	469281	39,11	40,32
SOBRE-DIMENSIONADO	494719	57,89	59,68

**Tabla 4.16** Tabla de sobredimensionamiento Edificio K.

- **Ahorros de energía y económicos.**

El consumo de energía del sistema de A.A. instalados en el edificio K es de 33457 kWh al mes y de 401 458 kWh al año (tabla 3.26). El costo por consumo y demanda del edificio es de \$61 175 mensuales y 734 103 anuales. De implementarse estas estrategias se reduce el tiempo de operación de los equipos, por lo que baja el consumo de energía siendo este de 24 026 kWh al mes y 28 8312 kWh anuales (tabla 4.14) , el costo por consumo y demanda sería de \$39 280 mensuales y \$471 362 anuales. De lo anterior se deduce que el ahorro de energía implementando alternativas en el sistema de A.A. sería de 9931 kWh mes y 119 172 kWh anuales. El ahorro económico sería de \$21 895 mensuales y \$262 741 anuales.

<sup>20</sup> 1 Ton de Refrigeración son 12 000 Btu/h ( Fundamentals Handbook, 1993)

## **4.2.2 Sistema de Aire Acondicionado Edificio D**

### **Alternativas para el Ahorro de energía.**

De acuerdo con los estudios realizados en el presente diagnóstico energético, capítulo IV, las alternativas que se consideran para hacer un uso eficiente de energía por concepto de acondicionamiento de aire son:

1. **Instalar en los equipos de aires acondicionados sistemas automáticos (interruptor programable) para el control de encendido y apagado según horario programado.** Tal sistema debe ser programado durante el día para evitar los picos de demanda y altos consumos de energía.
2. **Polarizar las ventanas de cristales que están orientadas al sur y oeste del edificio.** Esta alternativa permitirá que la carga térmica que se obtiene por los efectos de la radiación solar se vea disminuida, de tal forma que se eficiente el confort térmico en los espacios interiores.
3. **Aislar los domos ubicados en la azotea del edificio. Esta alternativa se puede realizar mediante la instalación de estructuras de metal con placa de lámina galvanizada pintada en color blanco.** Esta alternativa permitirá que la carga térmica que se obtiene por los efectos de la radiación solar sea nula en este elemento, de tal forma que se eficiente el confort térmico en este espacio de la planta alta.
4. **Dar el mantenimiento preventivo en los compresores de los aires acondicionados.** Esta alternativa consiste en realizar la recarga de refrigerante de los compresores y calibrarlos a los valores nominales de presión.
5. **Instalar rejillas de control de temperatura.** Esta alternativa permite evitar que el termostato sea manipulado por el personal y con esto cambiar la temperatura de confort programada.

Mediante implementación de las opciones, los equipos operarían menos tiempo y la demanda de energía se verá disminuida eficientando el confort térmico de los usuarios ya que los equipos alcanzarán la temperatura de confort en poco tiempo. La tabla 4.17 muestra los cálculos de los costos operativos que se tendrían mediante puesta en marcha de alternativas.

## Universidad de Quintana Roo

Lugar	Planta	Demanda a Plena	Consumo de Energía kWh-día		Costo por consumo de energía	
			Per. Intermedia	Per. Punta	Per. Intermedia	Per. Punta
		Carga (kW)	10	0	0,7249	2,3215
DCI	Alta	17,80	178,00	0,00	129,03	0,00
DCPH	Baja	7,00	70,00	0,00	50,74	0,00
CUB.DOC	Alta	11,00	110,00	0,00	79,74	0,00
CUB.DOC	Baja	11,00	110,00	0,00	79,74	0,00
CEI	Alta	11,00	110,00	0,00	79,74	0,00
CEI	Baja	11,00	110,00	0,00	79,74	0,00
Total		68,80	688,00	0,00	498,73	0,00

**Tabla 4.17** Consumo y costo por consumo de energía sin periodo punta Edificio D.

Con base en los datos proporcionados por la tabla 4.17, se determina la demanda de energía, costo por demanda y costo por consumo para este edificio.

De los resultados anteriores el valor de consumo de energía da como resultado 15 824 kW-h mensuales y 189 888 kW-h anuales. El costo por consumo da como resultado \$11 471 mensuales y 137 652 al año. El costo por demanda es de 103 572 al año.

Aplicando el factor de trabajo el consumo es de 13 609 kW-h mes y 163 304 kW-h anuales. El costo por consumo y demanda queda \$17 288 al mes y \$207 456 al año.

### Resultado Para Aires Acondicionados edificio D.

#### Dimensionamiento

Lugar	Carga Instalada BTU	Carga demandada BTU	Diferencia
Cubículo Docentes P.A.	150000	139185,21	10814,79
Cubículo Docentes P.B.	120000	115495,30	4504,70
DCI P.A.	150000	68968,54	81031,46
DCPH	120000	50964,61	69035,39
Centro de Idiomas P.A.	150000	131420,92	18579,08
Centro de Idiomas P.B.	120000	74651,90	45348,10

**Tabla 4.18** Tabla comparativa Edificio D.

En la tabla 4.18 se puede observar que los equipos fueron sobredimensionados. La siguiente tabla muestra ese sobredimensionamiento.

	TOTAL BTU-HORA	TOTAL <sup>21</sup> T.R	PORCIENTO %
CAPACIDAD ACTUAL	810000	67,5	100
APORTACIONES DE CALOR	580 686,5	48,39	71,69
SOBREDI-MENSIONADO	229 313,53	19,11	38,21

**Tabla 4.19** Tabla de sobredimensionamiento Edificio D.

**Ahorros de energía y económicos.**

De acuerdo a los resultados de las tablas 3.28 y 4.17, se determinaron los siguientes ahorros.

El consumo de energía del sistema de A.A. Instalados en el edificio D es de 20 571 kWh al mes y de 246 854 kWh al año. El costo por consumo y demanda del edificio es de \$27 122 mensuales y 325 464 anuales. Implementando opciones el consumo de energía seria de 15 824 kWh al mes y 189 888 kWh anuales, el costo por consumo y demanda seria de \$17 288 mensuales y \$207 456 anuales. De lo anterior se deduce que el ahorro de energía implementando alternativas en el sistema de A.A. seria de 4747 kWh mes y 56966 kWh anuales. El ahorro económico seria de \$9834 mensuales y \$118008 anuales.

**4.2.3 Sistema Aire Acondicionado edificio rectoría**

**Alternativas para el Ahorro de energía**

De acuerdo al análisis realizado en el edificio de Rectoría, que se describe en el capítulo III, se pudo ver que existe una serie de aspectos que desde el punto de vista operativo y técnico, conllevan al uso ineficiente de la energía. De lo anterior se recomienda realizar para el ahorro de energía, lo siguiente:

	PROPUESTAS
1	Sustituir los dos equipos centrales Marca york de 180000BTU por equipos nuevos de la misma capacidad.
2	Dar y llevar a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo en tiempo y forma a todos los equipos
3	instalar más de un sensor de temperatura en áreas estratégicas
4	pintar la techumbre con una pintura de baja absorción para reducir las ganancias térmicas por conducción
5	Se debe llevar a cabo un programa operativo de encendido y apagado de forma manual o automático

**Tabla 4.20** Propuestas para el sistema de A.A Edificio Rectoría.

<sup>21</sup> 1 Ton de Refrigeración son 12 000 Btu/h ( Fundamentals Handbook, 1993)

## Universidad de Quintana Roo

### Costos propuestos de operación

En la tabla 4.21 se muestra el consumo de energía y el costo por consumo de energía implementando alternativas para disminuir el consumo.

Lugar	Carga Btu/h	Carga kW	Demanda Máxima kW	Factor Demanda	Horas Operación	Consumo kW-h/día	Costo por Consumo \$-kW	Costo por demanda \$-kW
<b>Planta Alta</b>								
1. Oficina del Rector	60000	17,57	6,15	0,35	5	30,75	22,29	771,43
2. Rectoría Recepción	60000	17,57	5,27	0,30	6	31,63	22,93	661,23
3. Secretario General	40000	11,71	6,09	0,52	5	30,45	22,08	764,09
4. Secretaría General	40000	11,71	7,61	0,65	6	45,68	33,11	955,11
5 Auditoría Interna	38000	11,13	4,90	0,44	5	24,48	17,75	614,21
6. Secretaria Rectoría	24000	7,03	4,36	0,62	6	26,14	18,95	546,62
7. Sala de Rectores	60000	17,57	6,15	0,35	5	30,75	22,29	771,43
8. Planeación	24000	7,03	7,03	1,00	6	42,17	30,57	881,64
9. Innovación Educativa	18000	5,27	5,27	1,00	6	31,63	22,93	661,23
10. Área Ciencias	24000	7,03	7,03	1,00	6	42,17	30,57	881,64
11. Conmutador	24000	7,03	4,57	0,65	5	22,84	16,56	573,07
12. Cubículos	180000	52,71	34,26	0,65	6	205,56	149,01	4297,99
<b>Planta Baja</b>								
1. Dirección de Administración	24000	7,03	4,57	0,65	5	22,84	16,56	573,07
2. Finanzas	38000	11,13	11,13	1,00	6	66,76	48,40	1395,93
3. Servicios Generales	180000	52,71	52,71	1,00	6	316,25	229,25	6612,30
4. Bienestar Estudiantil	24000	7,03	4,57	0,65	5	22,84	16,56	573,07
5. Abogado General	24000	7,03	4,08	0,58	5	20,38	14,77	511,35
6. Proyecto Forestal	36000	10,54	3,16	0,30	6	18,98	13,76	396,74
7. Recursos Humanos	60000	17,57	12,83	0,73	6	76,95	55,78	1608,99
8. Jefe de R.H.	18000	5,27	2,21	0,42	5	11,07	8,02	277,72
9. Recursos Materiales	90000	26,35	26,35	1,00	6	158,13	114,63	3306,15
10. Jefatura R. M.	18000	5,27	5,27	1,00	5	26,35	19,10	661,23
11. Manejo I. de R. C.	36000	10,54	8,22	0,78	6	49,34	35,76	1031,52
12. Laboratorio de Microantropodos	18000	5,27	5,27	1,00	5	26,35	19,10	661,23
13. Revista Mexicana	18000	5,27	3,43	0,65	5	17,13	12,42	429,80
			242,48			1397,62	1013,13	30418,78

**Tabla 4.21** Consumo de energía de A.A. referido al periodo intermedio con alternativas. Edificio Rectoría

El consumo de energía es de 385 740 kW-h al año, el costo por consumo de energía es de \$279 624-año y el costo por demanda es de \$365 028-año para hacer un total de \$644 652-año.

Aplicando un factor de trabajo anual de 0.14 queda el consumo de 331 736 kW-h al año. El costo por consumo y demanda queda \$554 401 al año.

Esto con la propuesta de disminuir las horas de operación mediante la puesta de controladores.

## Resultado para aire acondicionado edificio Rectoría

### Ahorros de energía y económicos.

De acuerdo a los resultados de tablas 3.29 y 4.21 se determinaron los siguientes ahorros. El consumo de energía del sistema de A.A. instalados en el edificio Rectoría es de 33 574 kWh al mes y de 402 883 kWh al año. El costo por consumo y demanda del edificio es de \$50 498 mensuales y 605 970 anuales. Implementando alternativas el consumo de energía sería de 27 645 kWh al mes y 331 736 anuales, el costo por consumo y demanda sería de \$ 46 200 mensuales y \$ 554 401 anuales. De lo anterior se deduce que el ahorro de energía implementando alternativas en el sistema de A.A. sería de 5 929 kWh mes y 71 148 kWh anuales. El ahorro económico sería de \$4 297 mensuales y \$51 569 anuales.

### 4.2.4 Sistema Aires Acondicionados Biblioteca

De acuerdo a los estudios realizados en el presente diagnóstico energético, capítulo VI, las alternativas que se consideran para hacer un uso eficiente de energía por concepto de acondicionamiento de aire son:

#### Propuestas para el ahorro de energía.

	Alternativas.
1	Instalar dos equipos de aires acondicionados fan-cool de 36000BTU por el equipo actual de 240 000 BTU ubicado en la oficina de jefatura.
2	Instalar dos extractores en la azotea de cada uno de los sanitarios.
3	Dar mantenimiento correctivo a los compresores hermético. Consiste en drenar el aceite contenido en los compresores y recargar el fluido refrigerante mediante un ajuste de rangos de presión y nivel de acuerdo a los valores nominales indicados en la placa del sistema.
4	Instalar equipo controlador programable de tiempo de encendido y apagado de acuerdo a un programa de operación horario.
5	Reubicar la instalación actual de los termostatos e instalación de rejilla de protección manual.
6	Instalar cancelería de aluminio y vidrio para limitar la zona de acondicionamiento.
7	Reparar las fugas de aire en los evaporadores que actualmente tienen los equipos de 160 000 Btu.

Tabla 4.22 Propuestas Edificio Biblioteca

Con estas propuestas el consumo de energía será menor debido a la potencia instalada y de igual forma será posible apagar el equipo cuando los usuarios de las oficinas se retiren. Además con la instalación de equipos de controlador programable se evitarán las horas pico y se le podrá dar descanso a los equipos para que tengan una mejor operación. Adicionalmente poniendo la cancelaría de aluminio principalmente en las áreas se podrá aprovechar la carga de aire acondicionado por zonas y los equipos podrán descansar cuando lleguen a una temperatura deseada y así reducir las horas de operación de los mismos.

**Costos propuestos e operación.**

A continuación se presenta el ahorro que se obtendría si se implementan las alternativas de ahorro de energía propuestas.

ZONAS	BTU	Kw	Demanda máxima	Factor de demanda	HORAS	Consumo kW-h/día	Costo por consumo \$-kW
MODULO A	72 000	21,08	12,65	0,60	5	63,25	45,85
MODULO B	240,000	70,27	21,08	0,30	4	84,32	61,12
MODULO C	240,000	70,27	52,70	0,75	10	527	382,02
MODULO D	240,000	70,27	21,08	0,30	4	84,32	61,12
MODULO E	240,000	70,27	45,68	0,65	9	411,12	298,02
MODULO F	160,000	46,60	13,98	0,30	6	83,88	60,81
MODULO G	160,000	46,60	13,98	0,30	4	55,92	40,54
MODULO H	240,000	70,27	42,16	0,60	8	329,28	238,7
Total	1 760 000	465,63	223,31			1639,09	1188,18

**Tabla 4.23** Consumo de energía de los equipos de A.A. Edificio H

En la tabla anterior se puede observar el consumo de energía por concepto de los equipos de aire acondicionado con respecto a las alternativas para el ahorro de energía y en la cual se puede deducir que el ahorro sería de 18 608,15 kW-mes por concepto de consumo, de \$13 557,58 al mes por concepto de costo de energía y de \$3 702,28 –mes por demanda. Haciendo un total de \$17 259,86 al mes y \$207 118,32 al año.



**Resultado Aire Acondicionado edificio Biblioteca**

**Dimensionamiento.**

Lugar	Carga Instalada BTU	Carga demandada BTU	Diferencia
Techumbre Primera etapa 1	640000	488681,31	151318,69
Techumbre primera etapa 2	240000	77014,52	162985,48
Techumbre Ampl. 2ª Etapa 1	160000	54202,66	105797,34
Techumbre Ampl. 2ª Etapa 2	240000	80794,20	159205,80
Ampliación segunda etapa 1	240000	103320,83	136679,18
Ampliación segunda etapa 2	240000	104364,96	135635,04

**Tabla 4.24** Tabla comparativa edificio biblioteca.

En la tabla 4.24 se puede observar que los equipos fueron sobredimensionados puesto que la carga instalada en la mayoría de los casos es mucho mayor que la carga demandada. Esto se refiere a que está mal distribuida además de que existen equipos para grandes áreas lo que repercute en los hábitos de los usuarios.

**Ahorros de energía y económicos.**

De acuerdo a los resultados de las tablas 3.30 y 4.23, en el edificio biblioteca se tiene los siguientes ahorros, \$ 17 260 al mes y \$ 207 118 al año. Esto implementando alternativas de ahorro.

**4.3 Ahorro total por iluminación y A.A. para el edificio K**

ALTERNATIVAS	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN \$	AHORRO ANUAL. \$-año	T.R ( AÑOS )
Mantenimiento e implementación de alternativas para el ahorro de energía en el sistema de Aires Acondicionados.	143 000	262 741	0,54
Implementación de alternativas para el ahorro de energía en el sistema de iluminación del edificio	5 000	6 478,5	0,77
TOTAL	148 000	269 219,5	0,55

**Tabla 4.25** Costos de inversión, Ahorros y tiempo de recuperación. Edificio K

**Ahorro Total por Iluminación y A.A. para el edificio D**

ALTERNATIVAS	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN \$	AHORRO ANUAL. \$-año	T.R ( AÑOS )
Mantenimiento e implementación de alternativas para el ahorro de energía en el sistema de Aires Acondicionados.	122 000	118 008	1,03
Implementación de alternativas para el ahorro de energía en el sistema de iluminación del edificio	25 000	17 215	1,45
TOTAL	147 000	134 223	1,1

**Tabla 4.26** Costos de inversión, Ahorros y tiempo de recuperación. Edificio D

La tabla anterior muestra los resultados de los ahorros económicos al año mediante puesta en marcha de alternativas para el ahorro de energía. De igual forma muestra los costos de inversión. Asociados al tiempo de recuperación en que se recuperaría la inversión en cada alternativa.

**4.5 Ahorro Total por el sistema de Iluminación y de A.A. para el edificio Rectoría.**

ALTERNATIVAS	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN \$	AHORRO- ANUAL \$-AÑO	T.R ( AÑOS )
Mantenimiento, sustitución de equipos e implementación de alternativas para el ahorro de energía en el sistema de Aires Acondicionados del edificio Rectoría.	132 690	51 569	2,57
Sustitución de equipos e implementación de alternativas para el ahorro de energía en el sistema de iluminación del edificio Rectoría.	76 274	35 930	2,12
TOTAL	208 964	87 499	2,38

**Tabla 4.27** Costos de inversión, Ahorros y tiempo de recuperación. Edificio Rectoría

**4.6 Ahorro Total por iluminación y A.A. en el edificio Biblioteca.**

ALTERNATIVAS.	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN. \$	AHORRO ANUAL \$	T.R (AÑOS)
Mantenimiento, sustitución de equipos e implementación de alternativas para el ahorro de energía en el sistema de Aires Acondicionados del edificio Biblioteca.	209 800	207 118	1
Implementación de alternativas para el ahorro de energía en el sistema de iluminación del edificio	70 000	43 364	1,61
TOTAL	279 800	250 482	1,12

**Tabla 4.28** Costos de inversión, Ahorros y Tiempo de recuperación. Edificio Biblioteca

La tabla 4.28 muestra los resultados de los ahorros económicos al año mediante puesta en marcha de alternativas para el ahorro de energía. De igual forma muestra los costos de inversión asociados al tiempo de recuperación que se tendría al realizar la inversión en cada alternativa.

El resultado del análisis se muestra en la tabla 4.29 en la cual se puede observar los resultados de cada edificio para hacer un total de la Universidad de Quintana Roo Campus Chetumal.

ALTERNATIVAS	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN \$	AHORRO ANUAL. \$-año	T.R (AÑOS)
Implementación de alternativas para el ahorro de energía en el sistema de Iluminación y de Aires Acondicionados en el Edificio K	148 000	269 207	0,55
Implementación de alternativas para el ahorro de energía en el sistema de Iluminación y de Aires Acondicionados en el Edificio D.	147 000	134 223	1.1
Implementación de alternativas para el ahorro de energía en el sistema de Iluminación y de Aires Acondicionados en el Edificio Rectoría.	208 964	87 499	2.38
Implementación de alternativas para el ahorro de energía en el sistema de Iluminación y de Aires Acondicionados en el Edificio Biblioteca.	279 800	250 482	1,12
TOTAL	783 764	741 411	1,06

**Tabla 4.29** Costos de inversión, Ahorros y Tiempo de recuperación. Universidad Campus Chetumal

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las cargas instaladas en la Universidad de Quintana Roo se distribuyen en forma porcentual de la siguiente manera:

Aires acondicionados	71%
Iluminación Interior	7%
Iluminación exterior	5%
Otras cargas	17%

Los gastos por facturación de consumo de energía eléctrica en la Universidad de Quintana Roo se han ido incrementando en los últimos años de manera significativa, esto en referencia que se han ido creando nuevos edificios para solventar la demanda universitaria. Otra de las razones pudiera ser que se ha ido incrementando los sistemas tanto de iluminación como de A.A. debido a adaptaciones que se le han hecho a los edificios como crear cubículos o modificar áreas.

En el año 2003 el gasto era alrededor de 1,5 millones de pesos, en el 2004 estaba por encima de los 2 millones de pesos y en el 2005 se incremento alrededor de 2.5 millones de pesos.

Si se implementan propuestas para el ahorro de energía se puede tener un ahorro con un tiempo de recuperación relativamente corto. Para los sistemas de iluminación y de A.A. instalados en la Universidad de Quintana Roo, campus Chetumal, referente a los cuatro edificios más importantes, esto con referencia al consumo de energía que estos demandan, el tiempo de recuperación sería de 1.06 años en el total de los edificios.

En el diagnóstico energético realizado, se pudo evaluar el consumo de energía actual y como resultado se ha detectado que el sistema de aire acondicionado es el que está contribuyendo en mayor grado en el costo operativo global del servicio de energía eléctrica de la Universidad.

De igual forma, se pudo evaluar el nivel de iluminación actual y si se aplican las alternativas se obtendrán resultados satisfactorios lo cual son los recomendados por la normatividad vigente Nom-025-STPS. **Condiciones de iluminación en los centros de trabajo** y Nom-008-ENER-2001, **Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales**. En este sentido, se pudo ver que existe un potencial para el ahorro de energía y económico lo que permite ver que la Universidad en un futuro verá reducido sus costos de operación.

Así mismo se tomo en consideración el potencial de ahorro de energía que existe mediante la colaboración del personal y usuarios.

De lo anterior se llego a la conclusión de que se puede reducir los consumos de energía de la Universidad de Quintana Roo a través de aplicar las metodologías establecidas en las Normas Nacionales sobre diagnostico energético y proponer medidas de ahorro de energía y por lo tanto es factible reducir considerablemente los gastos de facturación por energía eléctrica en la UQROO campus Chetumal si se implementa este programa de ahorro de energía.

### **Recomendaciones.**

- Se recomienda invertir en las propuestas u opciones proporcionadas en el presente estudio, ya que el costo de inversión es relativamente bajo comparado con el tiempo de recuperación que se tendría.
- Otro aspecto que augura la viabilidad de la inversión en este proyecto, se basa en que con la implementación de las alternativas propuestas, se lograrían reducir los costos de mantenimiento correctivo en los aires acondicionados. En lo que respecta al sistema de Iluminación los costos de inversión por sustitución de equipos se compensarían con el uso de lámparas de mayor eficiencia y tiempo de vida útil.
- Por último, se recomienda que una vez establecido este sistema, se debe implantar en las instalaciones de la Universidad anuncios alusivos sobre el uso eficiente de la energía, esto permitirá garantizar el continuo ahorro y la operatividad de los sistemas de iluminación en las instalaciones.

### TABLAS DEL CAPITULO 4

- Tabla 4.1** Densidades de Potencia Eléctrica edificio K.
- Tabla 4.2** Densidades de Potencia Eléctrica edificio D.
- Tabla 4.3** Densidades de Potencia Eléctrica del edificio Rectoría.
- Tabla 4.4** Densidades de Potencia Eléctrica Edificio Biblioteca.
- Tabla 4.5** Consumo de energía de la potencia instalada que tiene de más el sistema de iluminación Edificio D.
- Tabla 4.6** Costo por demanda de energía eléctrica en iluminación Edificio D.
- Tabla 4.7** Ahorro económico Global por iluminación Edificio D.
- Tabla 4.8** Consumo de energía propuesto del sistema de iluminación Edificio Rectoría
- Tabla 4.9** Costo por demanda propuesto de energía eléctrica en iluminación Edificio Rectoría.
- Tabla 4.10** Ahorro económico Global por iluminación Edificio Rectoría.
- Tabla 4.11** Consumo de energía de la potencia instalada que tiene de más el sistema de iluminación en el edificio de la Biblioteca.
- Tabla 4.12** Costo por demanda de energía eléctrica en iluminación Edificio Biblioteca.
- Tabla 4.13** Ahorro económico Global por iluminación Edificio Biblioteca.
- Tabla 4.14** Consumo y costo por consumo de energía sin periodo punta Edificio K.
- Tabla 4.15** Tabla comparativa Edificio K.
- Tabla 4.16** Tabla de sobredimensionamiento Edificio K.
- Tabla 4.17** Consumo y costo por consumo de energía sin periodo punta Edificio D.
- Tabla 4.18** Tabla comparativa Edificio D.
- Tabla 4.19** Tabla de sobredimensionamiento Edificio D.
- Tabla 4.20** Propuestas para el sistema de A.A Edificio Rectoría.
- Tabla 4.21** Consumo de energía de A.A. referido al periodo intermedio con alternativas. Edificio Rectoría
- Tabla 4.22** Propuestas Edificio Biblioteca
- Tabla 4.23** Consumo de energía de los equipos de A.A. Edificio H
- Tabla 4.24** Tabla comparativa edificio biblioteca.
- Tabla 4.25** Costos de inversión, Ahorros y tiempo de recuperación. Edificio K
- Tabla 4.26** Costos de inversión, Ahorros y tiempo de recuperación. Edificio D
- Tabla 4.27** Costos de inversión, Ahorros y tiempo de recuperación. Edificio Rectoría
- Tabla 4.28** Costos de inversión, Ahorros y Tiempo de recuperación. Edificio Biblioteca
- Tabla 4.29** Costos de inversión, Ahorros y Tiempo de recuperación. Universidad Campus Chetumal

APÉNDICE A  
ECUACIONES EMPLEADAS EN LOS CALCULOS

**Ecuaciones empleadas para el cálculo de la ganancia de calor [1]**

La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio, es la suma de ganancia de calor por conducción, mas la ganancia de calor por radiación solar.

$$\phi_T = \phi_C + \phi_R \text{-----} (1)$$

en donde:

- $\phi_T$  Es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio, en W.
- $\phi_C$  Es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y transparentes de la envolvente del edificio proyectado, en W.
- $\phi_R$  Es la ganancia de calor por radiación solar a través de las partes transparentes de la envolvente del edificio proyectado, en W.

**Ganancia de calor por conducción.**

Es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, y utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_C = \sum_{i=1}^6 \phi_{Ci} \text{-----} (2)$$

En donde:

- $i$  Son las diferentes orientaciones: 1 es el techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste y 6 es la superficie inferior.

La ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación  $i$ , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{Ci} = \sum_{j=1}^n [K_j * A_{ij} * (t_{ei} - t)] \text{----- (3)}$$

En donde:

$\phi_{Ci}$  Es la ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación i, en W;

$j$  Son las diferentes porciones que forman la parte de la componente de la envolvente. Cada porción tendrá un coeficiente global de transferencia de calor.

$K_j$  Es el coeficiente global de transferencia de calor de cada porción, en W/m<sup>2</sup>K;

$A_{ij}$  Es el área de la porción j con orientación i, en m<sup>2</sup>.

$t_{ei}$  Es el valor de la temperatura equivalente promedio, para la orientación i, en °C;

t es el valor de la temperatura interior del edificio.

Nota: este valor de temperatura interior 25° C, es solo una referencia para el cálculo de ganancia de calor.

### **Ganancia de calor por radiación.**

Es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las componentes Transparentes, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_R = \sum_{i=1}^5 \phi_{Ri} \text{----- (4)}$$

En donde:

$i$  Son las diferentes orientaciones: 1 es el techo, 2es el norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste;

La ganancia de calor por radiación solar a través de la componente en orientación i, se calcula utilizando la siguiente ecuación:



$$\phi_{Ri} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} * CS_j * FG_i * SE_{ij}] \text{----- (5)}$$

En donde:

- $\phi_{Ri}$  Es la ganancia de calor por radiación solar a través de las porciones transparentes de la envolvente del edificio proyectado, en W;
- $j$  Son las diferentes porciones transparentes que forman la parte de la componente de la envolvente.
- $A_{ij}$  Es el área de la porción transparente  $j$  con orientación  $i$ , en  $m^2$ ;
- $CS_j$  Es el coeficiente de sombreado del vidrio de cada porción transparente, según la especificación del fabricante, con un valor adimensional entre cero y uno;
- $FG_i$  Es la ganancia de calor solar por orientación, en  $W/m^2$ ;
- $SE_{ij}$  Es el factor de corrección por sombreado exterior para cada porción transparente con valor adimensional entre cero y uno.

El coeficiente global de transferencia de calor se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$K = \frac{1}{M} \text{----- (6)}$$

Donde:

- $K =$  es el coeficiente global de transferencia de calor de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, en  $W/m^2 K$ ;
- $M =$  es el aislamiento térmico total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, en  $m^2 K /W$ .

### B.1 Aislamiento térmico total de las porciones de la envolvente de un edificio formado por capas homogéneas.

El aislamiento térmico total de una porción de la envolvente del edificio formado con capas térmicamente homogéneas, y perpendiculares al flujo del calor, deben de calcularse con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} \text{ ----- (7)}$$

Donde:

M = es el aislamiento térmico total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, en m<sup>2</sup> K/W;

hi = es la conductancia superficial interior, en W/m<sup>2</sup> K. Su valor es 8,1 para superficies verticales, 9,4 para superficies horizontales con flujo de calor hacia arriba (del piso hacia el aire interior o del aire interior hacia el techo), y 6,6 para superficies horizontales con flujo de calor hacia abajo (del techo al aire interior o del aire interior al piso).

he = es la conductancia superficial exterior, y es igual a 13 W/m<sup>2</sup> K; n es el número de capas que forman la porción de la envolvente del edificio; l es el espesor de cada uno de los materiales que componen la porción de la envolvente del edificio, en m; λ es el coeficiente de conductividad térmica de cada uno de los materiales que componen la porción de la envolvente del edificio, en W/m K.

### **2.4 Ecuación para calcular la densidad de potencia eléctrica por área (DPEA) [2].**

Con el propósito de promover la utilización de equipos y sistemas de control de alumbrado como una alternativa que propicie el uso eficiente de la energía en sistemas de alumbrado, se calcula la densidad de potencia eléctrica del edificio que es el índice de la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción.

La expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) es:

$$DPEA = \frac{\text{Carga Total Conectada para Alumbrado}}{\text{Área Total Iluminada}} \text{ ----- (8)}$$

Donde la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) está expresada en W/m<sup>2</sup>, la carga total conectada para alumbrado está expresada en Watts y el área total iluminada está expresada en m<sup>2</sup>. Aplicando la fórmula se obtienen las DPEA.

### 2.5 Ecuación para calcular el Factor de demanda.

$$Factor\ de\ demanda = \frac{Demanda\ maxima}{Capacidad\ No\ min\ al\ del\ Equipo} \text{ ----- (9)}$$

## Universidad de Quintana Roo

Donde la demanda máxima se toma como referencia las mediciones hechas por el instrumento Fluke 434 y la capacidad nominal del equipo es la capacidad que tiene el equipo referidas en kW.

### Ecuaciones para el cálculo de Ganancias Internas.

Ganancias internas de calor aportado por personas

$$Q_{ip} = N \cdot \text{personas} * (\text{Disipación de calor dependiendo de la actividad})$$
$$Q_{ip} = N \cdot \text{personas} * (225 \text{ Btu / hora})$$

Ejemplo:  $Q_{ip} = 1 \text{ Persona} * (225 \text{ Btu / hora})$   
 $Q_{ip} = 225 \text{ Btu / hora-persona.}$   
 $Q_{ip} = 225 \text{ Btu / hora} * (1 \text{ Kw} / 3415 \text{ Btu-Hora}) = 0.06 \text{ Kw}$

**Factor de conversión: 3415 Btu / hora = 1 kW.**

Ganancias internas de calor aportado por luminarias

$$Q_{ia} = \text{Potencia Útil} * 0.75 + 0.25 \text{ Potencia Útil} * 0.25 \dots (\text{Watts})$$

Factor de conversión: 3415 Btu / hora = 1 kW.

Ejemplo:  $Q_{ia} = (4*34) * 0.75 + 0.25 (4*34) * 0.25 \dots (\text{Watts})$   
 $Q_{ia} = (102 + 8.5)$   
 $Q_{ia} = 110.5 \text{ Watts}$   
 $Q_{ia} = 0.1105 \text{ Kw}$

**$Q_{ia} = 377.35 \text{ Btu / hora}$**

**Factor de conversión: 3415 Btu / hora = 1 kW.**

Ganancias internas de calor aportado por equipos de cómputo

$$Q_{ie} = N \cdot \text{equipos} * (\text{Disipación de calor del equipo})$$
$$Q_{ie} = N \cdot \text{equipos} * (1200 \text{ Btu / hora})$$

Ejemplo:  $Q_{ie} = 1 \text{ equipo} * (1200 \text{ Btu / hora})$   
 $Q_{ie} = 1200 \text{ Btu / hora-equipo}$   
 $Q_{ie} = 1200 \text{ Btu / hora} * (1 \text{ Kw} / 3415 \text{ Btu-Hora}) = 0.35 \text{ Kw}$

**Factor de conversión: 3415 Btu / hora = 1 kW.**

### REFERENCIAS

- [1] Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.
- [2] Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2004, Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

**APENDICE B  
TARIFAS ELECTRICAS [1]**

Tarifa H-m. Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más.

**Aplicación**

Esta tarifa se aplicara a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

Cuotas aplicables en el mes de junio de 2006.

Se aplicaran los siguientes cargos por demanda facturable, por la energía de punta, por la energía intermedia y por la energía de base.

Región	Cargo por kilowatt de demanda facturable	Cargo por kilowatt - hora de energía de punta	Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia	Cargo por kilowatt - hora de energía de base
Baja California	\$ 180.97	\$ 2.4732	\$ 0.6844	\$ 0.5378
Baja California Sur	\$ 173.91	\$ 1.9845	\$ 0.9500	\$ 0.6723
Central	\$ 125.45	\$ 2.3703	\$ 0.7582	\$ 0.6334
Noreste	\$ 115.33	\$ 2.1894	\$ 0.7039	\$ 0.5768
Noroeste	\$ 117.78	\$ 2.2021	\$ 0.6985	\$ 0.5856
Norte	\$ 115.89	\$ 2.2051	\$ 0.7107	\$ 0.5785
Peninsular	\$ 129.59	\$ 2.3189	\$ 0.7122	\$ 0.5867
Sur	\$ 125.45	\$ 2.3215	\$ 0.7249	\$ 0.6026

**REFERENCIAS**

[1][www.cfe.gob.mx/](http://www.cfe.gob.mx/) Tarifas eléctricas

**APENDICE C  
SISTEMA DE ILUMINACION**

**Descripción de la instalación de Iluminación.**

Con el paso del tiempo se han ido modificando los sistemas de iluminación de los diferentes edificios debido a las necesidades que se han presentado. En las tablas C.1, C.2 y C.3 se detallan las luminarias instaladas así como las características técnicas de cada una de ellas. Para el edificio D y el edificio K las luminarias que se encuentran instaladas son muy semejantes.

TIPOS DE LAMPARAS	Número de Lámparas por luminaria	Potencia por Luminarias	Potencia por Lámpara	Tipo de Balastro
Características		WATTS	WATTS	
Lámparas fluorescentes lineales T-8 de 32 Watts, 48" de arranque rápido. (LG MODELINE F32T8SP41). Temperatura de color de 4100 k.	3	96	32	Electrónico
Lámpara Incandescente de 50W Con luminarias tipo arbotante Con gabinete metálico	1	50	50	
Lámpara ahorradora Fluorescente compacta de 13 Watts. Con luminarias tipo empotrada y reflectores ópticos con difusores tipo difuso.	1	13	13	Electromagnético

**Tabla C.1** Tipos de Lámparas instaladas en el edificio K y D.

En el edificio Rectoría las luminarias que este presenta son las siguientes (Tabla C.2):

Tipo de lámparas	Lámparas por luminaria	Potencia por Luminarias	Potencia por Lámpara	Tipo de Balastro
Características				
Lámparas fluorescentes compactas ahorradoras de 13W. Con luminaria de Empotrar en plafón, reflector cromático y difusor cromático de aluminio y plástico con base metálica. Ubicadas en algunos pasillos de la planta Baja.	1	13	13	Electrónico
Lámparas fluorescentes tipo T12 de 37W. Con luminaria colgante Ubicada sobre los planos de Trabajo de algunas oficinas.	1	37	37	Electrónico
Lámparas Fluorescentes tipo T12 de 4*34W. Con luminaria de empotrar en plafón, reflector opaco y difusor cromático de aluminio y plástico con gabinete metálico.	4	136	34	Electromagnético
Lámparas Fluorescentes compactas de 13W. Con luminaria de empotrar en Plafón, reflector cromático y difusor cromático de aluminio y plástico, gabinete metálico. Ubicada en algunas bodegas	1	13	13	Electromagnético
Lámparas Reflectoras incandescentes de 50W. Tipo colgantes, utilizadas para iluminación Específica. Ubicadas en áreas públicas para alumbrado de anuncios.	1	50	50	
Lámparas Reflectoras incandescentes de 50W. Utilizadas para iluminación Específica. Ubicadas en áreas públicas para alumbrado de anuncios.	1	50	50	
Lámpara fluorescente compacta de 13 Watts con luminaria tipo arbotante con difusor opaco de plástico para instalar en muros, ubicada en los pasillos exteriores del edificio.	1	13	13	

**Tabla C.2** Tipos de Lámparas instaladas en el edificio Rectoría

## Universidad de Quintana Roo

En el edificio biblioteca se tienen identificadas las siguientes tipos de luminarias

(Tabla C.3).

TIPOS DE LAMPARAS	Número de Lámparas por luminaria	Potencia por Luminarias	Potencia por Lámpara	Tipo de Balastro
Características			WATTS	
Lámparas fluorescentes lineales T-8 de 32 Watts, 23'' en forma de ''U'' de arranque rápido. (LG MODELINE F32T8SP41-U-6). Temperatura de color de 4100°k.	2	64	32	Electrónico
Lámparas fluorescentes lineales T-8 de 32 Watts, 48'' de arranque rápido. (LG MODELINE F32T8SP41). Temperatura de color de 4100°k.	3	96	32	Electrónico
Lámparas fluorescentes lineales T-12 de 39 Watts, 48'' de arranque rápido.	4	156	39	Electromagnético
Lámparas fluorescentes lineales T-12 de 32 Watts, 23'' en forma de ''U'' de arranque rápido.	2	64	32	Electromagnético
Lámpara ahorradora Fluorescente compacta de 13 Watts.	1	13	13	
Lámpara Incandescente de 50W Con luminarias tipo arbotante Con gabinete metálico	1	50	50	
Lámpara de descarga VSAP de 400 Watts.	1	400	400	Electromagnético

Tabla C.3 Tipos de Lámparas instaladas en el edificio biblioteca.

Área	45	37	13	50	Potencia por Área ( kW )	Área	45	37	13	50	Potencia por área ( kW )
	W	W	W	W		Áreas PLANTA BAJA	W	W	W	W	
<b>Áreas PLANTA ALTA</b>						<b>Dir. Administración</b>	4	0	2	0	0,206
<b>Planeación</b>	18	0	2	0	0,836	Secretaría de Dir. Adm.	4	0	1	0	0,193
<b>Área de Ciencias</b>	12	0	0	0	0,54	Rec. Financieros	4	0	0	0	0,18
Baño de ciencias	0	0	1	0	0,013	Contabilidad	4	0	0	0	0,18
<b>Cubículos de Docentes</b>	32	0	0	0	1,44	Tesorería	4	0	0	0	0,18
Sanitarios hombre	6	0	2	0	0,296	Área de caja general	20	0	0	0	0,9
Sanitario damas	4	0	2	0	0,206	Archivo de Rec. Financieros	2	0	0	0	0,09
<b>Innovación educativa</b>	8	0	0	0	0,36	<b>Revista Mexicana</b>	4	0	1	0	0,193
<b>Conmutador</b>	4	0	0	0	0,18	Sanitario mujeres	2	0	0	0	0,09
<b>Sala de rectores</b>	0	48	6	16	2,654	Sanitario hombres	2	0	0	0	0,09
Baño de sala de rectores	0	0	2	0	0,026	Admisiones	4	0	0	0	0,18
Oficina del Rector	28	0	1	0	1,273	Titulaciones	4	0	0	0	0,18
Baño de Rectoría	0	0	1	0	0,013	Control escolar	4	0	0	0	0,18
<b>Rectoría Recepción</b>	20	0	2	0	0,926	Bienestar estudiantil	4	0	0	0	0,18
<b>Secretaría Particular</b>		0	4	9	0,502						

# Universidad de Quintana Roo

## Continuación

Oficina del Secretario General	8	0	1	0	0,373	Áreas de servicios escolares	20	0	0	0	0,9
Baño Secretaría General	0	0	1	0	0,013	<b>Centro de copiado</b>	4	2	0	0	0,254
Auditor Interno	4	0	1	0	0,193	servicio social	4	0	0	0	0,18
Baño Auditor interno	0	0	1	0	0,013	Innovación educativa	4	0	0	0	0,18
Vestíbulo de Secretaría General	16	0	1	0	0,733	Jefe de Innovación	4	0	0	0	0,18
<b>Planificación</b>	4	0	2	0	0,206	Pasillo de Deportes y jurídico	12	0	0	0	0,54
Baño de Planificación	0	0	1	0	0,013	Psicología	4	0	0	0	0,18
Baño de Planificación	0	0	1	0	0,013	Intercambio académico	4	6	2	0	0,428
Secretario particular	4	0	3	0	0,219	<b>Dir. de Bienestar estudiantil</b>	8	0	3	0	0,399
Vestíbulo	0	0	4	8	0,452	<b>Dir. Jurídica</b>	12	0	1	0	0,553
<b>Pasillos Exteriores ( Balcones )</b>	0	0	66	0	0,858	Auxil. Jurídico	4	0	0	0	0,18
<b>TOTAL P.A.</b>	<b>168</b>	<b>48</b>	<b>105</b>	<b>33</b>	<b>12,351</b>	<b>Manejo integral de Rec. Costero</b>	20	0	0	0	0,9
						<b>Proyecto Forestal</b>	12	0	0	0	0,54
						<b>Jefe Rec. Mat.</b>	4	0	2	0	0,206
						<b>Extensión y Difusión cultural</b>	4	0	0	0	0,18
						<b>Mantenimiento</b>	4	0	0	0	0,18
						Extensión y Difusión cultural	4	0	0	0	0,18
						Adquisiciones	8	0	1	0	0,373
						<b>Área de Rec. Mat.</b>	12	0	0	0	0,54
						Extensión y Difusión cultural	4	0	2	0	0,206
						<b>Sanitario hombres</b>	0	0	2	0	0,026
						<b>Sanitario damas</b>	0	0	2	0	0,026
						Bodega de Intendencia	0	0	1	0	0,013
						<b>Jefe de Rec. Humanos</b>	4	0	0	0	0,18
						<b>Área de Rec. Humanos</b>	24	0	0	0	1,08
						Pasillo de Rec. Humanos	8	0	4	0	0,412
						Vestíbulo	8	0	4	17	1,262
						Baño de Rec. Humanos	0	0	1	0	0,013
						Baño de Rec. Materiales	0	0	2	0	0,026
						<b>Lab. Microantropodos</b>	12	0	1	0	0,553
						<b>TOTAL P.B.</b>	<b>274</b>	<b>8</b>	<b>32</b>	<b>17</b>	<b>13,892</b>
						<b>TOTAL EDIFICIO</b>	<b>442</b>	<b>56</b>	<b>137</b>	<b>50</b>	<b>26,243</b>

Tabla C.4 Censo de Cargas del sistema de iluminación Edificio Rectoría.

### TABLAS DEL APENDICE C

Tabla C.1 Tipos de Lámparas instaladas en el edificio K y D.

Tabla C.2 Tipos de Lámparas instaladas en el edificio Rectoría

Tabla C.3 Tipos de Lámparas instaladas en el edificio biblioteca.

Tabla C.4 Censo de Cargas del sistema de iluminación Edificio Rectoría.



APENDICE D  
**CARACTERISTICAS TERMOFISICAS DE LOS MATERIALES**

Los materiales utilizados en la construcción de los edificios de la UQROO son:

Tipo de Materiales	Espesor M	Conductividad (w/° C-m)
Impermeabilizante	0,01	0,17
Concreto aplanado exterior	0,02	0,26
Capa impresión (compresión)	0,05	0,63
Block y vigueta-bovedilla	0,2	0,99

**Tabla D.1** Características termofísicas [1,2,3 y 4] de los materiales. Techumbre.

En la tabla D.1, Se pueden observar los materiales con los cuales se encuentran construidos la mayoría de los edificios de la institución. Las techumbres denominadas ampliación segunda etapa 1 y ampliación segunda etapa 2 (nota 22). Con lo referente a la Ampliaciones primera y segunda etapa los materiales y sus características están referenciados en las siguientes tablas (D.2 y D.3).

Tipo de Materiales	Espesor m	Conductividad (w/° C-m)
Impermeabilizante	0,02	0,17
Calcreto aplanado exterior	0,03	0,26
Concreto armado exterior	0,25	0,63

**Tabla D.2** Características termofísicas de los materiales. Ampliación primera etapa 1.

Tipo de Materiales	Espesor m	Conductividad (w/° C-m)
Impermeabilizante	0,02	0,17
Calcreto Aplanado exterior	0,02	0,26
Capa impresión	0,05	0,63
Capa compresión	0,15	0,63
Block vigueta-bovedilla	0,2	0,998

**Tabla D.3** Características termofísicas de los materiales. Ampliación primera etapa 2.

<sup>22</sup> Estas nomenclaturas se le otorgaron como referencia para poder estudiarlas.

## Universidad de Quintana Roo

En las tablas D.4, D.5 y D.6 se puede observar los materiales con los cuales se encuentra construidos los edificios de la Universidad en lo que respecta a muro, ventana y puerta de vidrio que son las partes que intervienen en los cálculos de ganancia de calor.

Tipo de Materiales	Espesor m	Conductividad (w/° C-m)
Block hueco vertical (60 a 67%) Solidó (TEXTUPIEDRIN)	0,15	0,998
Aplanado interior	0,02	1,514

**Tabla D.4** Características termofísicas de los materiales. Muro Opaco Block.

Tipo de Materiales	Espesor M	Conductividad (w/° C-m)
Vidrio	0,003	0,93

**Tabla D.5** Características termofísicas de los materiales. Ventana

Tipo de Materiales	Espesor m	Conductividad (w/° C-m)
Vidrio	0,006	1,16

**Tabla D.6** Características termofísicas de los materiales. Puerta.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA EN EL APENDICE D

- [1] **Incropera, Franck P. and De Witt, David P.** Fundamentos de transferencia de calor 4ª. Edición. Apéndice A-3 Propiedades termofísicas de materiales comunes. Prentice Hall de México 1999
- [2] **Incropera, Franck P. and De Witt, David P.** Fundamentos de transferencia de calor 4ª. Edición. Apéndice A-11 Propiedades solares radiativas para materiales seleccionados. P. 853 Prentice Hall de México 1999
- [3] **Freixanet Fuentes, Víctor.** Arquitectura y Energía. Control Térmico en edificaciones. Tabla 8.6 Absortancias y emitancias de algunas superficies. México Trillas 1991
- [4] **NOM-008-ENER-2001** Valores de conductividad térmica y aislamiento térmico de diversos materiales. Apéndice D. Pag. 99- 100.

## TABLAS DEL APENDICE D

- Tabla D.1** Características termofísicas de los materiales. Ampliación primera etapa 1.  
**Tabla D.2** Características termofísicas de los materiales. Ampliación primera etapa 2.  
**Tabla D.3** Características termofísicas de los materiales. Muro Opaco Block  
**Tabla D.4** Características termofísicas de los materiales. Ventana  
**Tabla D.5** Características termofísicas de los materiales. Puerta.