



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL SISTEMA DE ILUMINACION DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

FEDERICO BENJAMIN BETANZO CORREO

DIRECTOR DE TESIS: ING. ADRIAN VALERA NEGRETE

MEXICO, D. F..

280652
2000.





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

EN MEMORIA A MI PADRE CELSO

CON AMOR A MI MADRE JOVITA.

**HAGO PATENTE MI AGRADECIMIENTO A
MIS TÍOS: RUBEN, IMELDA Y VIDAL
CORREO, POR HABERME BRINDADO SU
HOGAR, CARIÑO Y EL APOYO PARA
LOGRAR ESTA META.**

**A MIS HERMANOS FRANCISCO Y
DOLORES, TODA MI ADMIRACIÓN.**

A MI HIJO LENIN, MI AMOR DE PADRE.

	<u>INDICE</u>	<u>PÁGINA</u>
	INTRODUCCIÓN.	1
I.	ILUMINACIÓN.	2
II.	LÁMPARAS, BALASTROS Y DISPOSITIVOS AHORRADORES DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN.	7
III.	SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL Y PROPUESTO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	21
IV.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL CON EL PROPUESTO.	32
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	42

INTRODUCCIÓN.-

Hoy en día, debido al incremento del costo de la electricidad y la competitividad de precios ante los tratados de Libre Comercio, los diferentes sectores de la sociedad están interesados en incorporarse a la nueva corriente mundial de ahorrar energía eléctrica. El panorama para dicho ahorro abarca el campo industrial, comercial, residencial, municipal y de servicios.

Actualmente se hacen esfuerzos para inducir a la sociedad a que adquiera una nueva CULTURA ENERGÉTICA en la que, al hacer uso de los recursos con que cuenta, lo haga de un modo más racional y eficiente, evitando el funcionamiento de lo superfluo, eliminando los desperdicios, operando las instalaciones con estrategias, de tal forma, que no afecten la calidad y cantidad de producción atendiendo las nuevas tarifas eléctricas para reducir la demanda y el consumo de electricidad.

También, el ahorro de energía se puede conseguir con la revisión de las instalaciones que cuando se diseñaron bajo las circunstancias propias de ese momento fueron las idóneas, pero ahora, con el transcurso de los años, se han envejecido y aumentado pérdidas, además que se han mejorado las tecnologías.

Las ideas y lineamientos que se indican en este trabajo y que nos pueden conducir al ahorro de energía eléctrica se clasifican en tres aspectos:

1. Acciones que son de naturaleza inmediata, que no requieren inversiones y que se fundamentan principalmente en encendidos y apagados programados en el sistema de iluminación, dan por resultado la reducción de la demanda eléctrica y de la energía consumida
2. Acciones a corto plazo, basadas en las modificaciones y ajustes de operación en un mantenimiento adecuado y que no requieren de inversión adicional.
3. Acciones a mediano plazo que implica modificaciones o sustituciones de equipo y/o instalaciones, las cuales mediante un estudio previo se diagnostica que realizarán el proceso de iluminación más eficiente, con menos pérdidas, y por lo tanto, con el consiguiente ahorro de energía eléctrica. Así que, se entiende por ahorro de energía eléctrica como la reducción del consumo de energía eléctrica mediante el uso eficiente y racional de las instalaciones, equipos, dispositivos y materiales que la generan, transmiten, distribuyen y utilizan.

CAPITULO I

I.- ILUMINACIÓN

DEFINICIONES.

Los siguientes términos, los mas importantes para uso eficiente de energía en sistemas de iluminación se entienden y se definen como sigue:

ALUMBRADO EXTERIOR.-

Alumbrado de espacios descubiertos, entre los que destacan, estacionamientos, calles, patios, fachadas, monumentos, áreas de material de descarga, obras, pistas deportivas, etc.

ALUMBRADO INTERIOR.-

Alumbrado de espacios cubiertos, entre los que destacan, salas de espectáculos, naves industriales, centros comerciales, restaurantes, casas habitación, escuelas, etc.

LÁMPARA FLUORESCENTE AHORRADORA.-

Es una lámpara con bajo consumo de energía eléctrica, un alto rendimiento luminoso y un promedio de vida elevado.

LUMINARIA.-

Es un aparato que distribuye, controla la luz emitida por una o varias lámparas, el cual incluye todos los accesorios necesarios para la fijación, protección y funcionamiento de dichas lámparas.

FLUJO LUMINOSO.-

Es la energía radiante de una fuente de luz que produce una sensación luminosa, es decir:

$$\phi = I * W \quad [\text{lumen}]$$

CANTIDAD DE LUZ.-

Equivale al producto del flujo luminoso emitido por la unidad de tiempo, es decir:

$$Q = \phi * t \quad [\text{lumen- hora}]$$

EFICACIA O RENDIMIENTO LUMINOSO.-

Es la relación entre el flujo emitido y la potencia consumida:

$$n = \frac{\phi}{P} [\text{lumen / watt}]$$

INTENSIDAD LUMINOSA.-

Es la densidad de flujo a través de un ángulo sólido en una dirección determinada, se representa por la letra [I]

$$I = \frac{\varphi}{W} [\text{candela}]$$

ILUMINANCIA.-

La iluminancia de una superficie es la relación entre el flujo luminoso incidente y el área:

$$E = \frac{\varphi}{S} [\text{Lux}]$$

LUMINANCIA.-

Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente en la dirección determinada:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \delta} \left[\frac{\text{Candela}}{\text{m}^2} \right]$$

En el siguiente cuadro se resumen los parámetros luminotécnicos fundamentales.

RESUMEN DE LOS PARÁMETROS LUMINOTECNICOS FUNDAMENTALES:

Magnitud	Simb.	Sistema Internacional	Ecuación
Flujo luminoso	φ	Lumen (lm)	$\varphi = I \cdot w$
Eficacia	n	Lumen/watt	$n = \frac{\varphi}{w}$
Cantidad de luz	Q	Lumen-segundo	$Q = \varphi \cdot t$
Intensidad luminosa	I	Candela	$I = \frac{\varphi}{W}$
Iluminancia	E	Lux	$E = \frac{\varphi}{S}$
Luminancia	L	Nit Stilb <i>Candela</i> m^2	$L = \frac{I}{S}$

SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

Un sistema de iluminación debe dar el nivel adecuado a los locales o áreas por iluminar para las actividades que se desarrollan en ellas. Además debe haber ausencia de deslumbramiento y brindar una tonalidad de colores satisfactoria. El sistema de iluminación debe ser el óptimo para obtener la iluminación necesaria con un menor consumo de energía.

Para la realización de un diseño adecuado de un sistema de iluminación, con el objeto de optimizar el uso de la energía eléctrica, se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones y/o recomendaciones.

DISPOSICIÓN Y COLOR DEL MOBILIARIO.-

Se recomienda que el color del mobiliario sea claro y sin brillantez y su disposición sea la adecuada para obtener un mejor aprovechamiento del sistema de iluminación, es importante instalar ventanas de dimensiones adecuadas o domos y cualquier medio para introducir luz natural.

REFLECTANCIA DEL LOCAL.-

Para mejorar reflectancias en interiores, se recomienda utilizar colores claros y superficies lisas.

ÁREAS ILUMINADAS.-

Cualquier espacio, residencial, laboral, social etc., que tenga varias áreas de utilización, deberá tener control de alumbrado para cada una de ellas, además cada área debe contar con un número adecuado de controles.

TENSIÓN DE OPERACIÓN.-

Todo tipo de lámpara debe ser alimentada a la tensión nominal para obtener una buena operación y un máximo rendimiento.

LUZ NATURAL.-

Se debe utilizar y aprovechar al máximo la luz natural para iluminación de interiores. Es de mucha importancia considerar la instalación de ventanas de dimensiones adecuadas, domos y cualquier medio para introducir luz natural, además de hacer una buena distribución del mobiliario.

DISPOSITIVOS AHORRADORES DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN.-

La optimización del uso de la energía en sistemas de iluminación, depende, en mucho, de los dispositivos utilizados para reducir o apagar dicha iluminación en respuesta a los siguientes factores:

- 1).- Disponibilidad de luz natural
- 2).- Horario de presencia (en el área de utilización)
- 3).- Facilidades de limpieza, y
- 4).- Mantenimiento del sistema de iluminación.

SELECCIÓN DE EQUIPO.

- a. Fuentes de luz.- Es importante desde el punto de vista de ahorro de energía, seleccionar las fuentes de luz de mayor eficacia evaluando conceptos como: rendimiento luminoso, color, características ópticas, vida útil, eficacia inicial y depreciación.
- b. Balastra.- La balastra tiene un considerable impacto en los lúmenes de salida de las lámparas de descarga y en el consumo de energía. Su selección requiere tomar en cuenta algunos aspectos importantes como:
- ◆ Factor de balastra
 - ◆ Factor térmico de la luminaria
 - ◆ Factor de potencia
 - ◆ Factor de eficiencia de balastra, etc.
- c. Luminaria.- Un parámetro en la selección de una luminaria, es su curva de distribución, para tener un máximo aprovechamiento de la iluminación.

FACTORES DE PERDIDA DE LUZ.-

En la selección de lámparas, luminarias, balastos, etc. Para el diseño de un sistema de iluminación, se deben tomar en cuenta los distintos factores de pérdida de luz, citaremos los más importantes:

- 1.- Acumulación de polvo y envejecimiento de la lámpara
- 2.- Suciedad en la luminaria
- 3.- Acumulación de polvo en paredes
- 4.- Temperatura y humedad
- 5.- Posición de la lámpara (se debe utilizar la recomendada por el fabricante)

CRITERIOS DE DISEÑO.

Un adecuado proyecto de iluminación conduce a un ahorro y uso racional de la energía; para lograr esto se deben considerar los tres aspectos siguientes:

1.- Iluminación del medio.

- a).- Tarea visual
- b).- Nivel de iluminación
- c).- Distribución de iluminación
- d).- Confort visual
- e).- Control de deslumbramiento
- f).- Rendimiento de color, y
- g).- Apariencia física

2.- Medio físico.

- a).- Tamaño y geometría del espacio
- b).- Localización y orientación del plano de trabajo
- c).- Divisiones y obstáculos (Local).
- d).- Reflectancia de superficies
- e).- Condiciones Atmosféricas: humedad y temperatura
- f).- Disponibilidad de la luz natural
- g).- Vibración y
- h).- Condiciones de tensión

3.- Selección de equipo

- a).- Eficiencia y rendimiento de lámparas y luminarias
- b).- Eficiencia y rendimiento de balastras, y
- c).- Procedimiento o método de cálculo

LAMPARAS, BALASTROS Y DISPOSITIVOS AHORRADORES DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN.-

El uso racional de la energía eléctrica es de vital importancia en la economía nacional, donde la luz artificial o de iluminación juega un papel importante en nuestra vida diaria, prolonga la jornada laboral aumentando nuestra capacidad productiva y nuestros estándares de calidad; sin embargo, a pesar de tales beneficios, la industria eléctrica, aún trabajando a su máxima capacidad, no pueden responder al ritmo de tales demandas si quisiera satisfacer todas las necesidades de los consumidores. Con el propósito de darle un uso racional a la energía eléctrica, tenemos por ejemplo, que en los edificios existe potencial para ahorros de energía, pero que dependerán tanto de las condiciones particulares existentes, así como la capacidad de inversión para llevar a cabo las modificaciones de iluminación, sin descuidar el tiempo de recuperación deseado para dicha inversión, y para ello hay dos posibilidades para hacer frente al creciente aumento en la demanda de la energía eléctrica:

- ♦ Una de ellas es generarla en mayor cantidad, sin embargo, la construcción de nuevas centrales eléctricas y la extensión de la red nacional exige una gran inversión por kilowatt generado.
- ♦ La segunda alternativa es menos costosa y la más factible: El aprovechamiento bien administrado del suministro eléctrico existente.

Para este fin, las diferentes compañías dedicadas al ramo de la construcción, han creado nuevas innovaciones tecnológicas de muy alto rendimiento que reducen el consumo de energía eléctrica en un gran porcentaje, sin sacrificar la cantidad de luz emitida.

Entre las innovaciones tecnológicas que destacan en el sistema de iluminación están por ejemplo; las nuevas lámparas fluorescentes y los nuevos balastros, cuyas funciones principales son las siguientes:

- ❖ La lámpara fluorescente es una fuente de descarga eléctrica que hace uso de la energía ultravioleta generada a una alta eficiencia por un vapor de mercurio en un gas inerte (Argón, Kriptón o Neón) a baja presión para activar un revestimiento de material fluorescente (fósforo) depositado sobre la superficie interna de un tubo de vidrio.
El fósforo simplemente actúa como transformador para convertir la luz ultravioleta invisible en luz visible y con respecto al

- ❖ Balastro, su principal función es:
 - regular o limitar la corriente en una lámpara fluorescente,
 - suministrar el voltaje adecuado para arrancar la lámpara y
 - suministrar bajo voltaje para calentar los cátodos continuamente.

Por otra parte uno de los desperdicios más comunes de energía se tiene en el sistema de iluminación en los edificios de:

- ◆ plantas industriales
- ◆ grandes y medianas empresas
- ◆ oficinas gubernamentales
- ◆ hospitales y
- ◆ escuelas

Sin embargo, este tipo de desperdicio, afortunadamente es el más fácil de evitar ya que para ello, existen tres sencillas maneras de ahorrar millones de pesos por este concepto.

1. Lámparas y balastos
2. Reflectores ópticos
3. Controles de iluminación

Y debido a que un sistema de iluminación está formado por cuatro elementos básicos que son:

- ◆ Lámpara
- ◆ Balastro
- ◆ Control y
- ◆ Luminaria

A continuación se mostrarán ventajas y beneficios de ahorro al hacer usos de estos cuatro elementos:

LÁMPARA.-

En el mercado existe una gran variedad de lámparas fluorescentes ahorradoras de energía que pueden sustituir a las lámparas tradicionales debido a que emiten el mismo flujo luminoso, duran 1.8 veces más y emiten además una luz bastante agradable.

Las lámparas fluorescentes, ahorradoras de energía, representan un gran adelanto tecnológico en iluminación, ya que tienen una eficiencia mayor que las lámparas convencionales, pero con un consumo de energía mucho menor.

Diseñadas específicamente para satisfacer la creciente necesidad de ahorro de energía, las lámparas ahorradoras de energía tienen las mismas dimensiones que las lámparas equivalentes normales, utilizan el mismo casquillo y se pueden colocar en los mismos balastos (a excepción de los llamados de baja

energía o económicos), lo que las hace completamente intercambiables; pero debido a la inclusión de una nueva mezcla de gases en su interior y a los polvos fluorescentes que la recubren, se logra mantener la misma cantidad de luz que las lámparas convencionales, ahorrando hasta un 23% en el consumo de energía.

Datos técnicos de Lámparas Fluorescentes

Pot. (Watts)	Casquillo	Bulbo	Arranque	Flujo luminoso	Acabado
TL 32 W.	G13	T8	Rápido	3050 Lumens	Blanco Frio
TL 34 W	G13	T12	Rápido	2650 Lumens	Blanco Frio
TL 39 W	Fa8	T12	Instantáneo	2500 Lumens	Luz de Día
TL 40 W	G13	T12	Rápido	2600 Lumens	Luz de Día
TL 60 W	Fa8	T12	Instantáneo	5400 Lumens	Blanco Frio
TL 75 W	Fa8	T12	Instantáneo	5200 Lumens	Luz de Día

Con referencia a balastos se puede decir que:

Usando las lámparas ahorradoras en combinación con balastos ahorradores se logran ahorros hasta del 37% en el consumo de energía, sin sacrificar nivel de iluminación, ya que es otra de las grandes ventajas de estas nuevas lámparas.

Las lámparas ahorradoras de energía, son ideales para aplicarse en edificios de oficinas, fábricas, escuelas, hospitales, centros comerciales, industrias, pasillos, etc.

CUADRO DE EQUIVALENCIAS

AHORRADORA DE ENERGÍA	CONVENCIONAL	AHORRO
TL 34w A. Rápido	TL 40w A. Rápido	15%
TL 30w Slimline	TL 39w Slimline	23%
TL 60w Slimline	TL 75w Slimline	20%

Para los tradicionales sistemas de iluminación fluorescente, actualmente existen tubos y balastos de las mismas dimensiones que son ahorradoras de energía (Ver figura 2).

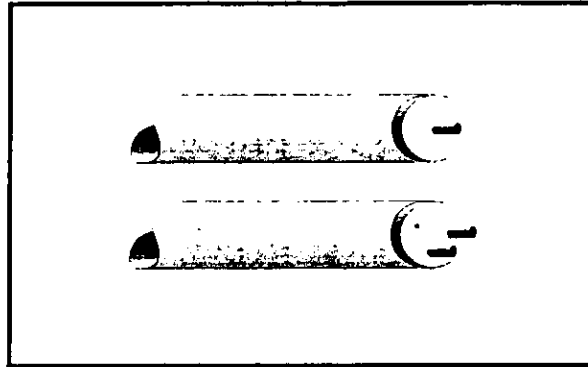


FIGURA N° 2

FLUORESCENTE TRADICIONAL CON BALASTRO TRADICIONAL	VS	FLUORESCENTE AHORRADORA CON BALASTRO AHORRADOR
75 W	=	60 W
40 W	=	34 W
39 W	=	32 W

Cabe mencionar que los sistemas de 2 pines son más eficientes y duran más que los de uno, por lo que se sugiere sustituir los sistemas de 39W (de un pin) por sistema de 34 W (de dos pines) o 32 W.

Veamos un ejemplo, al comparar una lámpara ahorradora de 60 Watts contra una normal de 75 Watts, ambas proveen aproximadamente el mismo nivel de iluminación en las oficinas.

Supongamos que éstas encienden unas 3,600 horas al año. Si se está ahorrando 15 Watts por hora tomando en cuenta las pérdidas de los balastos, el ahorro total será de 54,000 Watts hora por año (54 kW/h).

Si una oficina tuviera 20 lámparas en uso, el ahorro llegaría a los 1,080 kW/h al año, ahorro que justifica plenamente la pequeña inversión adicional de estas lámparas, recuperando el costo adicional con el uso de las lámparas y balastos.

Por lo que se refiere a la:

- Lámpara de 39 W (T-12), luz de día proporciona 2,500 lúmenes y la
- Lámpara de 40 W (T-12), luz de día proporciona 2,600 lúmenes, el cambio opera con la
- Lámpara de 34 W blanco frío proporciona 2,650 lúmenes obteniéndose un incremento de iluminación.

Pero, la lámpara T-8 de 32 W constituye uno de los adelantos tecnológicos más importantes en lo que a iluminación se refiere, pues su diámetro de 1 pulgada se ha reducido en comparación con la convencional (T-12 de 39 W y 40 W de 1.5 pulgs. de diámetro) con el único objeto de obtener un mayor flujo luminoso el cual llega a 3050 lúmenes que significa un incremento del 22% y de 34.61% con respecto a las de 2,500 y 2,600 lúmenes.

BALASTROS.-

El balastro tiene un considerable impacto en los lúmenes de salida de las lámparas de descarga y en el consumo de energía.

Su selección requiere tomar en cuenta algunos aspectos importantes tales como:

- ◆ Factor de balastra
- ◆ Factor térmico de la luminaria
- ◆ Factor de potencia
- ◆ Factor de eficiencia de balastra, etc.

COMPATIBILIDAD.-

Se deben utilizar balastros adecuados a las lámparas a utilizar.

Evitar el uso de balastros ahorradores de energía con lámparas que no sean compatibles.

SISTEMA DE ENCENDIDO.-

Con el fin de tener un menor consumo de energía, se recomienda utilizar el mismo sistema de encendido instantáneo o rápido.

- ◆ Los balastros de encendido instantáneo, están diseñados para operar lámparas Slim Line de in pin y lámparas de encendido instantáneo de dos pines.

Las lámparas de encendido instantáneo no requieren calentamiento previo de los cátodos ni dispositivo arrancador, pero exige un voltaje de encendido mayor.

- ◆ Cuando se usa un balastro de encendido rápido con lámparas de encendido rápido se tiene un encendido suave y virtualmente instantáneo, ya que en unos dos segundos se tienen las lámparas operando a plena brillantez.

Las lámparas de encendido rápido cuentan con cátodos que deben permanecer activados por el balastro, sin el uso del arrancador, mientras dure encendida la lámpara.

TEMPERATURA DE OPERACIÓN.-

Con el objeto de mantener la temperatura de los balastos dentro de los rangos indicados por el fabricante, se recomienda tener en cuenta los siguientes puntos:

- ◆ Instalarlos en lugares que no se encuentren a altas temperaturas.
- ◆ Colocarlos sobre una superficie metálica de modo que la base completa quede en contacto directo sobre el metal.
- ◆ Si un mismo gabinete o luminaria contiene dos o más balastos, separarlos y orientarlos de manera que no transmitan calor entre sí.

TIPOS DE BALASTROS.-

Desde el punto de vista de ahorro de energía, los balastos pueden ser:

- ◆ Ahorradores de energía
- ◆ Híbridos y
- ◆ Electrónicos

BALASTROS AHORRADORES.-

Estos balastos para lámparas fluorescentes de 40 W o 34 W arranque rápido o para lámparas de 75 W o 60 W Slime Line operan adecuadamente tanto con lámparas normales como con lámparas ahorradoras de energía.

Características principales:

- ◆ No disminuyen el flujo luminoso
- ◆ Son más versátiles, es decir, pueden ser utilizados tanto en lámparas estándar como en lámparas ahorradoras de energía.
- ◆ Consumen menos energía (hasta un 30% de ahorro).
- ◆ Tienen una menor temperatura de operación.
- ◆ Tienen una mayor vida.
- ◆ Tienen menos costos de operación.
- ◆ Operan con alto factor de potencia.

COMPARACION ENTRE SISTEMAS AHORRADORES Y ESTANDAR				
SISTEMA	LAMPARA/BALASTRO	CONSUMO (W)	AHORRO (W)	AHORRO (%)
2 x 34/40 A. Rápido	Estandar/Estandar	96	---	---
	Ahorradora/ahorrador	72	24	25
2 x 60/75 Slimeline	Estandar/Estandar	173	---	---
	Ahorradora/ahorrador	123	50	29

Balastos Híbridos:

Estos para lámparas fluorescentes de encendido rápido, es la combinación de componentes tanto electromagnéticos como electrónicos. Con estos dispositivos se pueden reducir gastos de energía superiores al 35 % (se logran ahorros del 35%), comparados con los balastos convencionales ya que tienen integrado un circuito electrónico que reduce la potencia de los cátodos de la lámpara después de que fueron encendidas.

Al energizar los filamentos, reduce el uso de dos Watts por lámpara. Estos balastos tienen la inconveniencia, de reducir aproximadamente el 6% del flujo luminoso de las lámparas, el cual no es perceptible a la vista normal.

BALASTROS ELECTRÓNICOS.-

Debido a su exclusivo diseño, basado en el uso de un circuito integrado, los Balastos Electrónicos ofrecen ventajas únicas para la operación de sistemas de iluminación fluorescente de Arranque Rápido.

- ◆ Máximo ahorro en el consumo de energía.

Ya que su funcionamiento se basa en el uso de componentes electrónicos de alta eficiencia, los Balastos Electrónicos en combinación con lámparas ahorradoras de 34 W de Arranque Rápido, ofrecen un 37% de ahorro en el consumo de energía.

- ◆ Salida de luz constante.

Gracias a la excelente regulación que tienen los Balastos, las lámparas ofrecen siempre un flujo luminoso constante. Esto sin importar las variaciones que se tengan en el voltaje de alimentación al balastro.

- ◆ Operación segura.

Gracias a que su diseño incorpora protecciones para cumplir con los requerimientos de las normas internacionales más estrictas, ANSI, IEEE, FCC, UL,

NOM, los Balastos Electrónicos garantizan una operación segura aún para aquellas aplicaciones como centros de cómputo, hospitales, etc.

- ◆ Operación silenciosa.

El balastro electrónico opera en forma por demás silenciosa, ya que sólo produce el 25% del ruido generado por un balastro electromagnético clase A.

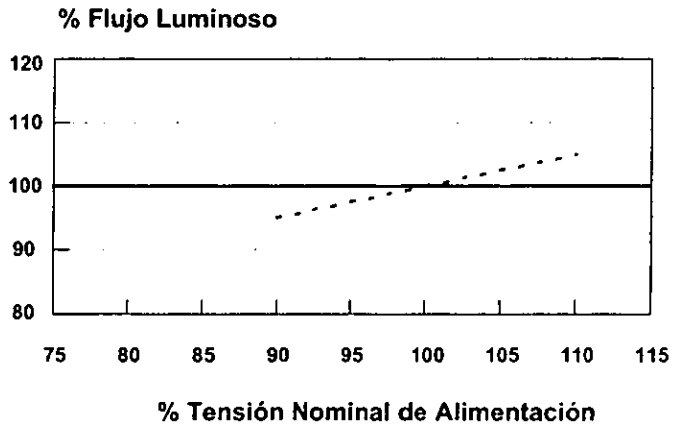
- ◆ Versatilidad.

Los balastos electrónicos ofrecen la ventaja única de operar satisfactoriamente cualquiera de los siguientes tipos de lámpara de arranque rápido: 40, 34, 35 W T-12; 32, 36 W T-8; PL-L 36 W, CURVALUME 40 W.

- ◆ Mayor eficiencia de lámparas.

Al operar los balastos electrónicos de alta frecuencia (25 kHz) en lámparas fluorescentes, estos logran encendidos sin destellos, eliminan el parpadeo y el efecto estroboscópico, mejorando con esto la iluminación; pero lo más importante es que se logra una reducción de hasta un 40% en el consumo de energía con respecto al uso de los balastos de tipo electromagnético.

REGULACION DEL BALASTRO



BALASTRO

— AHORRADOR - - - MAGNETICO

BALASTROS ELECTRÓNICOS CON CONTROL DE ILUMINACIÓN

Los balastros electrónicos para lámparas fluorescentes de arranque rápido poseen un circuito integrado controlable que le permite, además de ofrecerle todas las ventajas de los balastros, tener control sobre el flujo luminoso de las lámparas, logrando de esta forma un mejor aprovechamiento de su sistema de iluminación y por lo tanto, máximos ahorros en el consumo de energía.

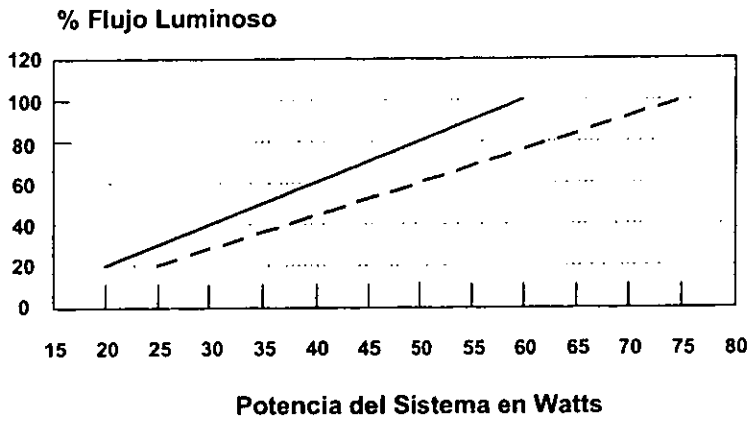
Con la ayuda de unidades de control compatibles con el balastro, tales como: controles manuales, sensores de luz ambiental, detectores de presencia y movimiento; es posible variar el flujo luminoso emitido por las lámparas desde un 20% hasta un 100% de su valor máximo sin que esto afecte su vida, lo que significa un ahorro superior al 37%.

Debido a lo anterior, es posible utilizar los balastros en un sinnúmero de aplicaciones. Por ejemplo, con la ayuda de un control manual, es posible que se controle el flujo luminoso que tiene en la oficina, o en una sala de juntas y con la ayuda de un detector de presencia, es posible encender al máximo la iluminación, en forma automática, cuando alguien entra a la sala; o bien atenuarla al mínimo una vez que la sala ha sido evacuada.

Para aquellos lugares en los que la contribución de luz ambiental juega un papel importante, un detector compatible evitaría el uso innecesario de energía eléctrica al ajustar la salida de luz de las lámparas, también en forma automática, conforme aumente o disminuya la contribución de luz ambiental.

De esta forma, gracias a la ayuda de los balastros electrónicos y uno o varios controles en forma simultánea, es posible tener la cantidad de luz adecuada en el lugar y tiempo precisos, y lo mejor de todo, ahorrar el máximo de energía.

RANGO DE ATENUACION



TIPO DE LAMPARA

— 2 x 34 W

- - - 2 x 40 w

DISPOSITIVOS AHORRADORES DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN.-

La optimización del uso de la energía en sistemas de iluminación, depende, en mucho, de los dispositivos utilizados para reducir o apagar dicha iluminación en respuesta a los siguientes factores:

- 1).- Disponibilidad de luz natural
- 2).- Horario de presencia (en el área de utilización)
- 3).- Facilidades de limpieza, y
- 4).- Mantenimiento del sistema de iluminación.

CONTROL.-

Debemos tomar en cuenta que el control de encendido y apagado de las lámparas representa un factor fundamental en la operación de los sistemas de alumbrado, ya que influye directamente en el consumo de energía eléctrica. Por lo que se recomienda la utilización de los siguientes dispositivos de control:

TEMPORIZADORES (TIMERS).-

Actualmente existen controles de encendido y apagado del sistema de alumbrado en forma automática en base a horarios preestablecidos (timer). Lo anterior es posible realizarlo, ya que existen actividades bien definidas. Este tipo de controles es con el fin de evitar desperdicios.

Lo antes mencionado se logra mediante un sistema de monitoreo y control basado en un microprocesador en combinación con un reloj electrónico.

SENSORES DE PRESENCIA.-

Son dispositivos electrónicos que energizan el Sistema de alumbrado, solo cuando hay personas presentes, están basados en tecnología de punta, son interruptores automáticos que utilizan en conjunto sensores electrónicos que permiten el encendido de las lámparas, y apagado de estas hasta dos minutos después del último movimiento registrado, su instalación es la misma requerida para un interruptor convencional, funciona para lámparas incandescentes y fluorescentes y es capaz de manejar consumos de potencia hasta de 300 Watts, recomendable para utilizarse en pasillos, descansos y cualquier área en donde dejar las lámparas prendidas continuamente es un desperdicio de energía.

Existe la NOM de eficiencia energética de iluminación en edificios no residenciales donde se bonifica por estos dispositivos.

ATENUADOR (FOTOCELDA).-

Este dispositivo ya fue mencionado en Balastos Eléctricos.

ATENUADORES INTEGRADOS A SENSORES DE PRESENCIA.-

Los atenuadores integrados a sensores de presencia, ya fueron mencionados también en Balastos Electrónicos.

LUMINARIA.-

Es un aparato que distribuye, filtra y controla la luz emitida por una o varias lámparas, el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, sostener, proteger y conectar al circuito de alimentación y funcionamiento de dichas lámparas.

Ahora bien, para darle un uso eficiente a las fuentes luminosas, se recomienda el buen diseño y selección de las luminarias, ya que esto permitirá una buena distribución del flujo luminoso, pero esto se logrará si se incorporan a la luminaria:

- ◆ Reflectores ópticos
- ◆ Difusores de alta eficiencia
- ◆ Rejillas parabólicas
- ◆ Tipo y potencia de la lámpara
- ◆ Resistencia a las condiciones ambientales y meteorológicas del lugar de instalación y
- ◆ Utilizar luminarias con lámparas en posición horizontal.

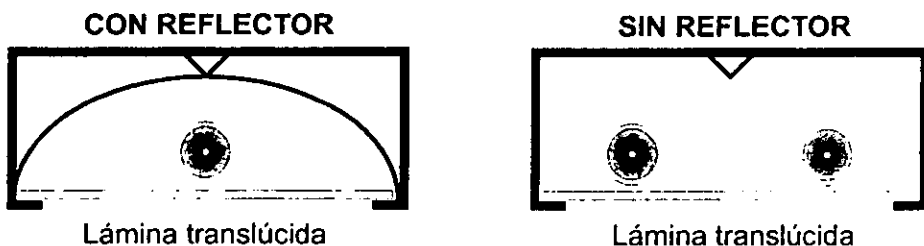
Donde:

- ◆ En la construcción de los "reflectores ópticos", la cavidad de la lámpara está diseñada con el objeto de tener un buen control de salida de flujo luminoso, además de que multiplica la capacidad de distribución permitiendo al máximo su utilización.
- ◆ Los "difusores de alta eficiencia", contruidos de materiales tales como los policarbonatos, los de cristal, los acrílicos, son los que presentan mejores ventajas para proyectar una luz bastante uniforme, estable y agradable, pero la principal característica de estos difusores es que conservan su transparencia a través del tiempo.
- ◆ El término "parabólica" aplicada a las rejillas y reflectores, es precisamente por su forma parabólica, donde una fuente luminosa actúa como punto focal, dando como resultado una luz orientada o dirigida paralelamente al eje geométrico de la parábola.
- ◆ Referente al tipo y potencia de la lámpara el balastro deberá ser seleccionado tomando en cuenta el tipo de encendido de las lámparas, así como su potencia. Estos también son factores determinantes en la selección del balastro, ya que estos son intercambiables entre los diferentes tipos de encendido de las lámparas y potencias de las mismas.
- ◆ Referente al la resistencia a las condiciones ambientales y meteorológicas del lugar de instalación, diremos que cualquier tipo de luminario debe proteger y mantener en condiciones óptimas las lámparas, dispositivos ópticos y eléctricos contra la acción de la intemperie o de agentes del medio ambiente para evitar su eficiencia luminosa.

- ◆ Los luminarios con "lámparas de posición horizontal" para iluminación de interiores para empotrar donde la altura de montaje es de 2.4 a 6 m. para una o dos lámparas fluorescentes tubulares T8 de 32 W, son ideales para diversas aplicaciones tales como oficinas, bancos, bibliotecas, vestíbulos, tiendas departamentales, salones de clase, salas de conferencias, etc. en donde se requiere un control preciso de la luz que evite el deslumbramiento en el plano de trabajo obteniendo un confort visual principalmente en lugares donde se tenga equipo de cómputo.

Es importante observar que una manera realmente simple de reducir los consumos de energía y el número de lámparas a la mitad, consiste en la utilización de reflectores. Esto implica utilizar superficies reflejantes en los gabinetes de las lámparas fluorescentes. La reflexión lograda, permite utilizar el 50% de lámparas y balastos, lo que significa ahorros del 50% de consumo y 50% de gasto de reposición de lámparas. (ver figura)

COMPARACION DE LAMPARAS CON O SIN REFLECTOR



Cabe mencionar que el material utilizado en el reflector es de aluminio anodizado con una capa de película dieléctrica (el fabricante presenta resultados de diversas pruebas desarrolladas en laboratorio). Los dobleces tienen una exactitud milimétrica de acuerdo con las dimensiones del gabinete y la disposición de estos (espaciamiento y altura de montaje), de tal manera que siendo altamente reflectivo, su propósito consiste en mejorar el control direccional de la luz, el cual minimiza las pérdidas dentro del gabinete hasta el punto de hacerlas casi nulas.

Una vez ejecutados los dobleces adecuados, el reflector produce múltiples imágenes, haciendo que proporcione una luz bastante intensa.

CAPITULO III

SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL Y PROPUESTO PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

En el Edificio Principal de la Facultad de Ingeniería, actualmente existe una mezcla de iluminación, con luminarias de: (2X39W), (2X40W) y (2X75W), es decir no hay un sistema homogeneizado, por lo que en general, al hacer la evaluación económica se debe tomar en cuenta:

- Lo que se tiene instalado en el equipo
- Las sugerencias y
- Las modificaciones que se le hagan

Asimismo, cuando la evaluación se lleva a cabo escrupulosamente permite

- Optimizar los recursos materiales y humanos
- Cuantificar esfuerzos
- Estimar los efectos de acciones futuras
- Establecer nuevas estrategias para alcanzar las metas deseadas y
- Corregir desviaciones de los objetivos establecidos al inicio

El edificio principal cuenta con 103 salones de clase con un área promedio de 5,820 m², 4 laboratorios de eléctrica, térmica, hidráulica y materiales, laboratorios en salón para geología, biblioteca, 33 cubículos, un área de oficinas de 800 m², pasillos y salas de usos diversos (firmas, almacén, de café, etc.).

De las instalaciones anteriores se tiene las siguientes lámparas:

574 de 39 W, 690 de 40 W, 1,444 de 75 W y 48 de 32 W, colocadas en 1,410 luminarias. Más adelante (hoja 26) se da una tabla más detallada al respecto.

Los siguientes cuadros comparativos muestran el sistema de iluminación actual comparado con el propuesto, considerando mantener los flujos actuales, aunque como se puede observar resultan ligeramente mayores los propuestos:

A continuación, se presentan las características de los sistemas de iluminación a aplicarse en salones, cubículos, salas, oficinas y pasillos del Edificio Principal de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.

DIFERENCIAS ENTRE EQUIPOS

Equipo actual	Equipo propuesto
<p>Características técnicas para luminarias con :</p> <p>Lámpara : 2X39 W Tubo : T-12 Arranque : Instantáneo Tonalidad : color luz de día Flujo luminoso : 2,500 lúmenes Vida promedio : 9,000 hrs. Balastro : electromagnético de baja eficiencia Control : apagador normal Reflector : normal y con pintura deteriorada Difusor : de baja calidad</p>	<p>Características técnicas para luminarias con :</p> <p>Lámpara : 1X32 W Tubo : T-8 (1) Arranque : rápido Tonalidad : color blanco frío Flujo luminoso : 3,050 lúmenes Vida promedio : 20,000 hrs. Balastro : electrónico ahorrador de alta eficiencia Control : sensor de presencia (2) Reflector : especular de aluminio anodizado (3) Difusor : de alta calidad</p>

Se gana un flujo luminoso de 22 % con un tubo.

Nota (1) : El diámetro reducido (T-8) incrementa la eficiencia de reflexión.

Nota (2) : Este sistema de control permite el encendido y apagado de la iluminación solo cuando es necesario, para asegurar su efectividad será necesario cerrar los salones de clase cuando no estén programadas actividades académicas.

Nota (3) : Aumenta el índice de reflexión, lo que permite retirar una de cada dos lámparas, quedando la carga instalada al 50 % (reducir hasta el 50 % el consumo de energía eléctrica).

DIFERENCIAS ENTRE EQUIPOS

Equipo actual	Equipo propuesto
Características técnicas para luminarias con : Lámpara : 2X40 W Tubo : T-12 Arranque : rápido Tonalidad : color luz de día Flujo luminoso : 2,600 lúmenes Vida promedio : 9,000 hrs. Balastro : electromagnético de baja eficiencia Control : apagador normal Reflector : normal y con pintura deteriorada Difusor : de baja calidad	Características técnicas para luminarias con : Lámpara : 1X32 W Tubo : T-8 (1) Arranque : rápido Tonalidad : blanco frío Flujo luminoso : 3,050 lúmenes Vida promedio : 20,000 hrs. Balastro : electrónico ahorrador de alta eficiencia Control : sensor de presencia (2) Reflector : especcular de aluminio anodizado (3) Difusor : de alta calidad

Se gana un flujo luminoso de 18 % con un tubo.

Nota (1) : El diámetro reducido (T-8) incrementa la eficiencia de reflexión.

Nota (2) : Este sistema de control permite el encendido y apagado de la iluminación solo cuando es necesario, para asegurar su efectividad será necesario cerrar los salones de clase cuando no estén programadas actividades académicas.

Nota (3) : Aumenta el índice de reflexión, lo que permite retirar una de cada dos lámparas, quedando la carga instalada al 50 % (reducir hasta el 50 % el consumo de energía eléctrica).

DIFERENCIAS ENTRE EQUIPOS

Equipo actual	Equipo propuesto
Características técnicas para luminarias con :	Características técnicas para luminarias con :
Lámpara : Tubo : Arranque : Tonalidad : Flujo luminoso : Vida promedio : Balastro : Control : Reflector : Difusor :	Lámpara : Tubo : Arranque : Tonalidad : Flujo luminoso : Vida promedio : Balastro : Control : Reflector : Difusor :
2X75 W T-12 instantáneo color luz de día 5,200 lúmenes 12,000 hrs. electromagnético de baja eficiencia apagador normal normal y con pintura deteriorada de baja calidad	1X60 W T-12 instantáneo color blanco frío 5,400 lúmenes 12,000 hrs. electrónico ahorrador de alta eficiencia sensor de presencia (1) especular de aluminio anodizado (2) de alta calidad

Se gana un flujo luminoso de 4 % con un tubo.

Nota (1) : Este sistema de control permite el encendido y apagado de la iluminación solo cuando es necesario, para asegurar su efectividad será necesario cerrar los salones de clase cuando no estén programadas actividades académicas.

Nota (2) : Aumenta el índice de reflexión, lo que permite retirar una de cada dos lámparas, quedando la carga instalada al 50 % (reducir hasta el 50 % el consumo de energía eléctrica).

Nota: En lo que respecta al tubo T-12, el diámetro es el mismo, ya que el mercado no ha lanzado otra lámpara de diámetro menor.

Cuadros comparativos de ahorro de energía de los diferentes sistemas de lámparas y balastros en operación:

a) Para sistemas actuales con lámparas de 2X39 W por luminaria :

	Lámpara	Balastro	Conjunto	Demanda (%)
Actuales	2X39 W	19.5 W	97.5 W	100
Propuestas (*)	1X32 W	-----	32.0 W **	33
Ahorros	46.0 W	19.5 W	65.5 W	67

b) Para sistemas actuales con lámparas de 2X40 W por luminaria:

	Lámpara	Balastro	Conjunto	Demanda (%)
Actuales	2X40 W	20.0 W	100.0 W	100
Propuestas (*)	1X32 W	-----	32.0 W **	32
Ahorros	48.0 W	20.0 W	68.0 W	68

c) Para sistemas actuales con lámparas de 2X75 W por luminaria

	Lámpara	Balastro	Conjunto	Demanda (%)
Actuales	2X75 W	37.5 W	187.5 W	100
Propuestas	1X60 W	-----	52.0 W **	28
Ahorros	90.0 W	45.5 W	135.5 W	72

Nota (*): Datos actuales de catálogo indican una potencia en la lámpara T-8 de 29.5 W. en lugar de los 32 W considerados teniendo un ahorro de:

68.00 W equivalente al 69.75 % en las lámparas de 2X39 W. y de

70.50 W equivalente al 70.50 % en las lámparas de 2X40 W. y con una duración de 24,000 horas de vida promedio.

**

Demanda una potencia igual o menor a la nominal por operar la lámpara con balastro electrónico de alta frecuencia

Número de Luminarias	Tipo de Sistema Actual	Carga Unitaria W	Carga Total KW	Tipo de Sistema Propuesto	Carga Unitaria W	Carga Total KW	Reducción en Potencia KW
281	Fluorescente 2 x 39 W.	97.50	27.400	1 X 32 W	32.00	8.992	18.408
345	Fluorescente 2 x 40 W.	100.00	34.500	1 X 32 W	32.00	11.040	23.460
708	Fluorescente 2 x 75 W.	187.50	132.750	1 X 60 W	52.00	36.816	95.934
24	Fluorescente 1 x 75 W.	93.75	2.250	1 X 60 W	52.00	1.248	1.002
1	Fluorescente 4 x 75 W.	375.00	0.375	2 X 60 W	104	0.104	0.271
3	Fluorescente 4 x 39 W.	195.00	0.585	2 X 32 W	64.00	0.192	0.393
48	Fluorescente 1 x 32 W.	32.00	1.536	1 X 32 W	32.00	1.536	0.000
20	Lamps. de Vapor de Mercurio 250 W.	250	5.000	Lamps. de Vapor de Mercurio 400 W.	400.00	8.000	-3.000
8	Lamps. de Vapor de Mercurio 400 W.	400.00	3.200	Lamps. de Vapor de Mercurio 400 W.	400.00	3.200	0.000
112	Focos Incs. 150 W.	150.00	16.800	Eliminar	Eliminar	0.000	16.800
	Carga con Equipo Actual		224.396	Carga con Equipo Propuesto		71.128	153.268

Carga con Equipo Actual	224.396 KW	100.00 %
Carga con Equipo Propuesto	71.128 KW	31.70 %
Con un Ahorro de	153.268 KW	68.30 %

Factor de Pérdidas del Balastro Convencional	1.25
Factor de Pérdidas del Balastro Electrónico	1.00

Consumo Actual		Consumo Propuesto	
Carga de iluminación:	224.396 kW.	Carga de iluminación:	71.218 kW.
Horas de consumo diario:	14:00 hrs. *	Horas de consumo diario:	12:00 hrs.
Días de consumo:	5 días	Días de consumo:	5 días
Consumo semanal: (224.396)(14)(5) =	15,710.00 kWh	Consumo semanal: (71.128)(12)(5) =	4,268 kWh.

* Se estima un consumo diario promedio de 14 hrs. al tomar en cuenta lo siguiente:

- Seis hrs. en el turno matutino más seis hrs. en el turno vespertino más dos hrs. en promedio general de los salones que se quedan encendidas las lámparas durante dos hrs. en el intermedio de cada turno.
- Solo se considera el consumo de energía cinco días a la semana, sin embargo, los sábados también se encienden las lámparas en el turno matutino en un gran número de salones de clase y no se considera este día en el cálculo.
- Las lámparas de los pasillos y corredores en general, están encendidas por 12 hrs. al día, pero se incluyen junto al total de lámparas a un promedio global de 14 hrs. al día por lo anterior expuesto.

Otros usos en la semana:
258.000 KW - 224.396 KW = 33.604 KW.

Consumo semanal en otros usos :
19,038.00 KWH - 15,710.00 KWH = 3,328.00 KWH.

Quedando que

El consumo semanal total es de : 3,328.00 KWH + 4,268.00 KWH = 7,596.00 KWH
y la demanda máxima de: 71.128 KW + 33.604 KW = 104.732 KW.

Y por lo tanto el:

consumo semanal actual
consumo semanal propuesto
ahorro semanal propuesto

19,038.00 KWH	-----	100.00%
7,596.00 KWH	-----	40.00%
11,442.00 KWH	-----	60.00%

y la:

demanda total actual
demanda total propuesta
ahorro total propuesto

258.000 KW	-----	100.00%
104.732 KW	-----	40.00%
153.268 KW	-----	60.00%

Nota: Los valores de 19,038.00 KWH, y la de 258.000 KW, y la de 258.000 KW, son datos del estudio del P.U.E. (U.N.A.M) del Anexo No.1

Por otro lado, el Programa Universitario de Energía (P.U.E.) de la U.N.A.M. realizó un estudio en la Facultad de Ingeniería a fin de conocer las demandas máximas (KW) y consumos (KWH) totales máximos semanales, de esta información se obtienen las demandas y consumos totales máximos actuales y propuestos en el presente trabajo, tal como se muestran a continuación:

- El consumo de energía semanal es de 19,038 KWH derivado del estudio hecho por el P.U.E., así, el consumo de energía semanal con el cambio del sistema de iluminación sería de 7,596.00 KWH.
- La demanda máxima actual, medida también por el P. U. E., es de 258 KW, así la demanda máxima propuesta con el cambio del sistema de iluminación sería de 104.732 KW.
- Se consideran 14 hrs. de consumo diario por la siguiente razón: las actividades académicas se realizan en dos turnos de 6 hrs. cada uno, de 7:00 a 13:00 Hrs. y de 16:00 a 22:00 Hrs. que suman 12:00 Hrs. Debido a que no existe una cultura de ahorro de energía de los usuarios, dejan encendidas la gran mayoría de las lámparas de 13:00 a 16:00 Hrs., casi 3:00 Hrs., pero se consideran 2 hrs. en promedio que sumadas a las 12:00 Hrs., totalizan las 14:00 hrs. de consumo diario de energía.

Para asegurar su efectividad será necesario cerrar los salones de clase cuando no estén programadas actividades académicas.

- Asimismo, se consideran 12 hrs. de consumo propuesto por los sensores de presencia, ya que estos dispositivos activan el sistema de iluminación solo cuando es necesario.

El análisis se basa en 5 días de consumo a la semana, debido a que los sábados y domingos no se consideran, por ser valores poco significativos para el estudio.

RESUMEN DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	Demanda máxima		Demanda máxima en iluminación		Demanda máxima en otros servicios	
Actual	258.000 KW	100.00 %	224.396 KW	100.00 %	33.604 KW	100.00 %
Propuesto	104.732 KW	40.00 %	71.128 KW	32.00 %	33.604 KW	100.00 %
En ahorro	153.268 KW	60.00 %	153.268 KW	68.00 %	0	0

	Consumo		Consumo en iluminación		Consumo en otros usos	
Actual	19,038.00 KWH	100.00 %	15,710.00 KWH	100.00 %	3,328.00 KWH	100.00 %
Propuesto	7,596.00 KWH	40.00 %	4,268.00 KWH	27.00 %	3,328.00 KWH	100.00 %
En ahorro	11,442.00 KWH	60.00 %	11,442.00 KWH	73.00 %	0	0

De los cuadros anteriores se observa que:

- La demanda máxima disminuye de 258.000 KW a 104.732 KW, con un ahorro de 153.268 KW equivalente al 60.00%.
- El consumo se reduce de 19,038.00 KWH a 7,596.00 KWH, con un ahorro de 11,442.00 KWH equivalente al 60.00%.

Nota: Los valores de 258.000 KW a 18,038 KWH son datos del estudio del P.U.E. (U.N.A.M) del Anexo No. 1

Con respecto al sistema de iluminación, este resulta bastante atractivo ya que:

- La demanda total disminuye de 224.396 KW a 71.128 KW, con un ahorro de 153.268 KW equivalente al 68.00%.
- El consumo máximo se reduce de 15,710.00 KWH a 4,268.00 KWH, con un ahorro de 11,442.00 KWH equivalente al 73.00%.

Referente a otros servicios, tanto en demanda y consumo, estos no cambian, permanecen constantes, ya que el problema de alto consumo de energía se debe principalmente al sistema de iluminación.

El hecho de reducir al 50% el número de lámparas por el uso del reflector especular de aluminio, no solo significa un ahorro substancial en el consumo de energía eléctrica, sino ahorros adicionales por concepto de mantenimiento ya que al término de su vida útil, sólo serán reemplazados el 50 % tanto en lámparas como en balastos.

Por lo tanto, el proyecto que se propone en el presente trabajo, puede convertirse en uno de los más eficientes utilizando materiales con tecnología de punta.

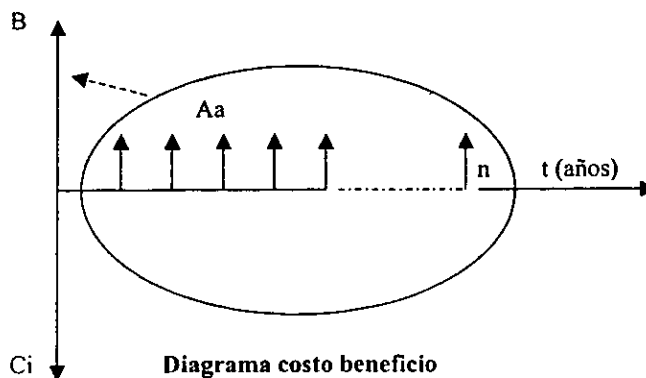
CAPITULO IV

EVALUACION ECONOMICA DEL SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL CON EL PROPUESTO

El propósito de este capítulo es comprobar la rentabilidad del presente proyecto donde se utilizan materiales con tecnología de punta en el sistema de iluminación, es decir, se pretende que la U.N.A.M. se beneficie con los ahorros de energía eléctrica. Cabe mencionar que si el costo de energía eléctrica aumenta, se incrementa la importancia al invertir en este tipo de proyectos.

Para valorar la rentabilidad del proyecto se utiliza el método de medición detallada, el cual consiste en evaluar los ahorros anuales durante toda la vida útil del equipo en el tiempo presente, es decir, en el momento de realizar la inversión, de esta evaluación se obtiene la recuperación del capital; para que la valoración resulte favorable, el resultado de la relación beneficio / costo debe ser mayor que uno y como criterio el tiempo de recuperación del capital invertido no debe rebasar el 40 % de la vida útil del equipo, lo que nos indica que es rentable la inversión en este tipo de proyecto.

En la siguiente figura se observan los ahorros anuales (Aa) desde el año de la inversión hasta el año "n" de la vida útil del equipo, y como se trasladan a valor presente se le denomina beneficio (B), éste se compara con el costo inicial (Ci).



Del diagrama anterior se iguala el beneficio con el costo inicial, para que de esta ecuación despejar el tiempo de recuperación "m", las variables involucradas para tal efecto son:

Ci costo inicial (I : inversión)
 Aa ahorro anual
 I tasa de descuento = [(taza interbancaria - inflación) / (1 + inflación)]
 N vida útil

FVP factor de valor presente = [{1- (1 + i)⁻ⁿ} / i]
 B beneficio = Aa * FVP

Para obtener el periodo de recuperación del capital se igualan los valores B = Ci

$$Aa * FVP = Ci$$

$$Aa * \{ [1 - (1 + i)^{-n}] / i \} = Ci$$

Despejando "n", y cambiándola a la variable "m" como el tiempo de recuperación del capital :

$$m = \{ - \ln [(- Ci * i / Aa) + 1] \} / \ln(1 + i)$$

Al relacionar la recuperación del capital "m" con el tiempo de vida útil del equipo "n" se obtiene un cociente, el cual debe ser menor o igual al 40 % para que la recuperación del capital sea rentable.

$$m/n \leq 40 \%$$

Cabe mencionar que al invertir en el sistema de iluminación, además de obtener ahorros de energía, se adquiere otro ahorro económico, que es el de mantenimiento, ya que la instalación de lámparas y balastos se reduce al 50 %, porque éstas se reducen a la mitad.

En el siguiente cuadro 4.1, se muestran los costos actuales y propuestos de los diferentes componentes del sistema de iluminación, así como sus correspondientes diferencias:

Cuadro 4.1

Cantidad de Equipo	Tipo de Sistema Actual	Precio Unitario (\$)	Costo Total (\$)	Tipo de Sistema Propuesto	Precio Unitario (\$)	Costo Total (\$)	Diferencia (\$)
281	Fluorescente 2 x 39 W.	31.00	17,422.00	1 X 32 W	26.00	7,306.00	-10,116.00
345	Fluorescente 2 x 40 W.	31.00	21,390.00	1 X 32 W	26.00	8,970.00	-12,420.00
708	Fluorescente 2 x 75 W.	34.20	48,427.20	1 X 60 W	18.00	12,744.00	-35,683.20
24	Fluorescente 1 x 75 W.	34.20	820.80	1 X 60 W	18.00	432.00	-388.80
1	Fluorescente 4 x 75 W.	34.20	136.80	2 X 60 W	18.00	36.00	-100.80
3	Fluorescente 4 x 39 W.	31.00	372.00	2 X 32 W	26.00	156.00	-216.00
48	Fluorescente 1 x 32 W.	26.00	1,248.00	1 X 32 W	26.00	1,248.00	0
80	Sin Sensor			Sensor	160.00	12,800.00	12,800.00
632	Balastos E. M. 2 x 39 y 40 W.	72.00	45,504.00	Balastro Electrónico 1 x 32 W.	126.00	79,632.00	34,128.00
722	Balastos E. M. 2 x 75 W.	86.00	62,092.00	Balastro Electrónico 1 x 60 W.	182.00	131,404.00	69,312.00
632	Sin Reflector			Reflectores 1 x 32 W.	123.00	77,736.00	77,736.00
738	Sin Reflector			Reflectores 1 x 60 W.	242.00	178,596.00	178,596.00
632	Luminarias			Luminarias 1 x 32 W.	81.00	51,192.00	51,192.00
734	Luminarias			Luminarias 1 x 60W.	123.00	90,282.00	90,282.00
20	Lamps. de Vapor de Mercurio 250 W.	897.00	17,940.00	Lamps. de Vapor de Mercurio 400 W. *	897.00	17,940.00	0
8	Lamps. de Vapor de Mercurio 400 W.	897.00	7,176.00	Lamps. de Vapor de Mercurio 400 W.	897.00	7,176.00	0
	Costo con Equipo Actual		222,528.80	Costo con Equipo Propuesto		677,650.00	455,121.20

Nota : Debido a que los 112 focos incandescentes de 150 W instalados en el área de laboratorios no se utilizan comúnmente, no se consideraran en este análisis económico.

* Debido a que con lámparas de Vapor de Mercurio de 250 W en los Laboratorios de Térmica, Hidráulica y Materiales la iluminación es pobre, se recomienda cambiar a 400 W la potencia de dichas lámparas (como se realizó en el Laboratorio de Ingeniería Eléctrica).

Como se puede observar, el costo del sistema propuesto se incrementa de \$222,528.80 a \$677,650.00, lo que implica una erogación adicional de \$455,121.00 equivalente a un 67.00 %

Del análisis anterior podemos decir que el costo adicional de \$455,121.00 generará un ahorro anual de \$247,148.00 como se muestra en la siguiente tabla 4.2 de RESUMEN DE COSTOS POR ENERGIA .

En el presente proyecto, el ahorro de energía semanal calculado en el capítulo III es de 11,442.00 KWh, si el precio por KWh es de \$ 0.45 según la tarifa HM, el ahorro anual sería de 549,217.68 KWh que equivaldría a un ahorro en pesos de \$ 247,148.00

En base a los precios de los materiales en el mercado, se tiene un costo inicial adicional de inversión de \$ 455,121.00 para el sistema de iluminación, contando además con una vida útil de 66 meses (5.5 años) dada en promedio por los diferentes proveedores .

Por otro lado, el Banco de México informa que la tasa intercambiaria (interés bancario) es de 26 % anual y la inflación presente es de 12 % anual, en base a estos datos es posible aplicar el método de medición detallada para verificar la rentabilidad de esta inversión, además de obtener el tiempo de recuperación del capital.

Datos :

Ci (Inversión)	\$ 455,121.00
A a	\$ 247,148.00 anual; \$ 20,596.00 mensual
Taza intercambiaria (I b)	26 % anual
Inflación	12 % anual
n (vida útil)	66 meses (5.5 años)

Calculando la tasa de descuento tenemos :

$$i = [(0.26 - 0.12) / (1+0.12)] = 0.12 \text{ anual} = 0.01 \text{ mensual}$$

Calculando el factor del valor presente se obtiene :

$$F.V.P. = [\{ 1 - (1 + i)^{-n} \} / i]$$

$$F.V.P. = [\{ 1 - (1 + 0.01)^{-66} \} / 0.01] = 48.145$$

A continuación se presentan los costos que representarían los consumos energéticos de acuerdo a las tarifas eléctricas vigentes:

Tabla 4.2 RESUMEN DE COSTOS POR ENERGIA:

SEMANAL

	Total		En iluminación		En otros usos	
Actual	\$ 8,567.00	100.00 %	\$ 7,068.00	100.00 %	\$ 1,449.00	100.00 %
Propuesto	\$ 3,418.00	40.00 %	\$ 1,919.00	27.00 %	\$ 1,449.00	100.00 %
En ahorro	\$ 5,149.00	60.00 %	\$ 5,149.00	73.00 %	0	0

MENSUAL

	Total		En iluminación		En otros usos	
Actual	\$ 34,268.00	100.00 %	\$ 28,272.00	100.00 %	\$ 5,596.00	100.00 %
Propuesto	\$ 13,672.00	40.00 %	\$ 7,676.00	27.00 %	\$ 5,596.00	100.00 %
En ahorro	\$ 20,596.00	60.00 %	\$ 20,596.00	73.00 %	0	0

ANUAL

	Total		En iluminación		En otros usos	
Actual	\$ 411,216.00	100.00 %	\$ 339,264.00	100.00 %	\$ 71,952.00	100.00 %
Propuesto	\$ 164,068.00	40.00 %	\$ 92,116.00	27.00 %	\$ 71,952.00	100.00 %
En ahorro	\$ 247,148.00	60.00 %	\$ 247,148.00	73.00 %	0	0

Nota: El costo es a un precio medio de la tarifa de \$ 0.45 / KWH.

(Dato proporcionado por el FIDE, como resultado de sus proyectos de aplicación)

Con el F.V.P. y el ahorro mensual se obtiene el beneficio, el cual representa los ahorros durante la vida útil en valor presente .

$$B = (48.145) (20,596.00) = \$ 991,594.42$$

La relación beneficio costo nos indica la ganancia producto de la inversión, tomando como unidad de referencia la inversión .

$$B/C = \$ 991,594.42 / \$ 455,121 = 2.17$$

Como el resultado es mayor que uno, el proyecto es rentable .

La recuperación del capital es recomendable obtenerla menor al 40 % de la vida útil del equipo, y se calcula de la siguiente manera :

$$m = \{ - \ln [(- C_i \cdot i / Aa) + 1] \} / \ln(1 + i)$$

$$m = \{ - \ln [- (455,121 \cdot 0.01 / 20,596.00) + 1] \} / \ln(1 + 0.01)$$

$$m = 25.096 \text{ meses} = 2.091 \text{ años}$$

$$m / n = 2.091 / 5.5 = 0.3801; m / n = 38.01 \%$$

Como la relación es menor que el 40.00 %, la inversión es rentable .

A continuación, en la tabla del cuadro comparativo de inversiones en proyectos de ahorros de energía, se presenta el análisis económico en forma mensual que representa la sustitución de cada uno de los componentes que integran el sistema a sustituir, como son las lámparas, balastos, luminarias y sensores de presencia, observando que las lámparas y sensores de presencia serían las inversiones mas atractivas de llevarse a cabo, sin embargo, es rentable en conjunto efectuar las cuatro medidas conjuntamente .

Cuadro Comparativo de Inversiones en Proyectos de Ahorro de Energía (Hoja 2)

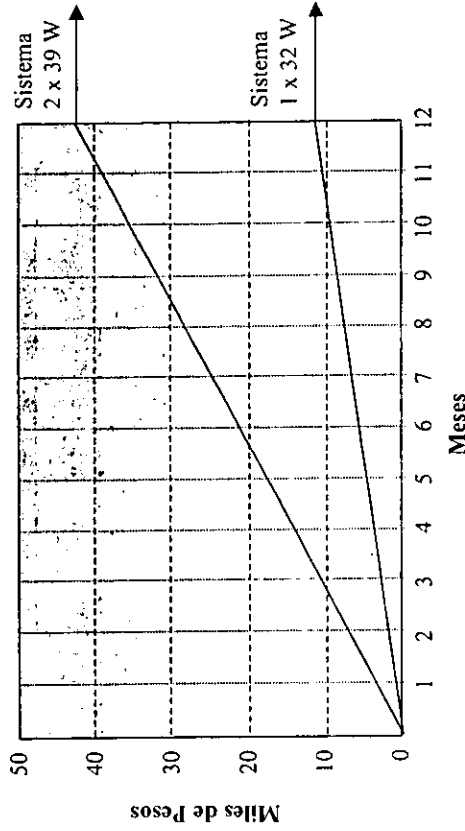
Concepto	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5
Tasa de descuento (anual o mensual)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vida útil (años o meses)	66	66	66	66	66
kWh ahorrados (anual o mensual)	45 768.14	3 207.1	12 721.2	21 864	7 975.84
kW reducidos	0	0	0	0	0
Porcentaje de pérdidas en energía	0	0	0	0	0
Porcentaje de pérdidas en demanda	0	0	0	0	0
Costo kWh (\$/kWh)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Costo kW (\$/kW)	0	0	0	0	0
Ahorro constante (anual o mensual en \$)	20 595.66	1 443.20	5 724.54	9 838.8	3 589.128
Factor de valor presente (FVP)	48.145	48.145	48.145	48.145	48.145
Valor presente (\$)	991 581.41	69 482.85	275 608.87	473 690.56	172 799.12
Inversión (\$)	455 121	-58 925	103 440	397 806	12 800
Periodo de recuperación (años o meses)	25.10	-34.41	20.03	52.06	3.64
Recuperación / Vida útil (%)	38.02	-52.13	30.35	78.88	5.52
TREMA (anual o mensual)	0.0423	0.016	0.0535	0.0162	0.28
Comprobación TREMA = Inversión	455 279	58 561	103 569	397 052	12 818
Relación Beneficio / Costo	2.18	-1.18	2.66	1.19	13.49

Indica datos

- Proyecto 1 UNAM Sistema Total
- Proyecto 2 UNAM Solo Lámparas
- Proyecto 3 UNAM Solo Balastros
- Proyecto 4 UNAM Solo Luminarias
- Proyecto 5 UNAM Solo Sensores de Presencia

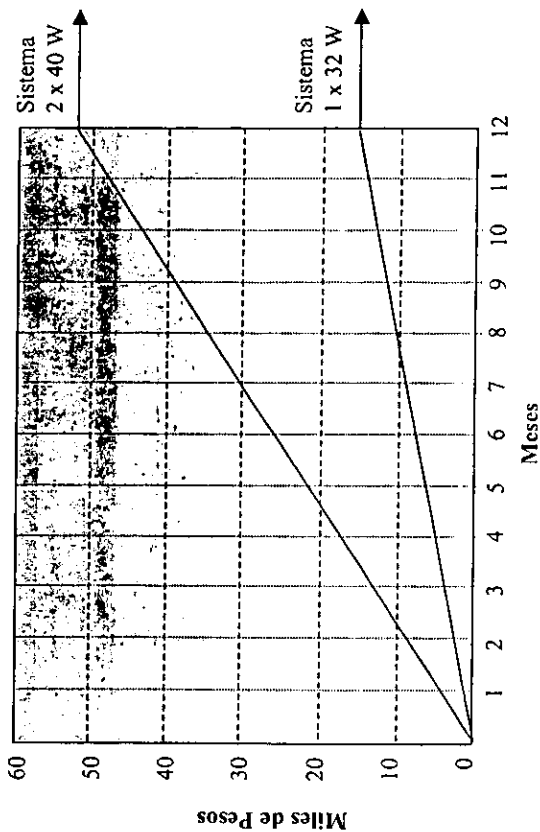
Analizando los luminarias por potencia de lámpara mayormente existente en la Facultad de Ingeniería de 2X39 W., 2X40 W. y 2X75 W. con balastos convencionales, en comparación con otros de 1X32 W y 1X60 W con balastos electrónicos, en un período de encendido de 14 y 12 horas diarias respectivamente, con un costo promedio de tarifa eléctrica de \$0.45 / KWH. del año de 1999, se tienen los siguientes ahorros:

Numero de Luminarias	Tipo de Sistema	Carga Unitaria W	Carga Total KW.	Consumo Diario (14 H y 12 H) KWH	Costo Diario \$0.45 / KWH	Costo Mensual (20 Dias)	Costo Anual
281	2 X 39 W	97.5	27.400	383.60	\$ 172.62	\$3,452.40	\$41,428.80
281	1 X 32 W	32.0	8.992	107.91	\$ 48.56	\$ 971.00	\$ 11,654.40
Ahorro		65.50	18.408	275.69	\$ 124.06	\$ 2,481.40	\$ 29,774.40



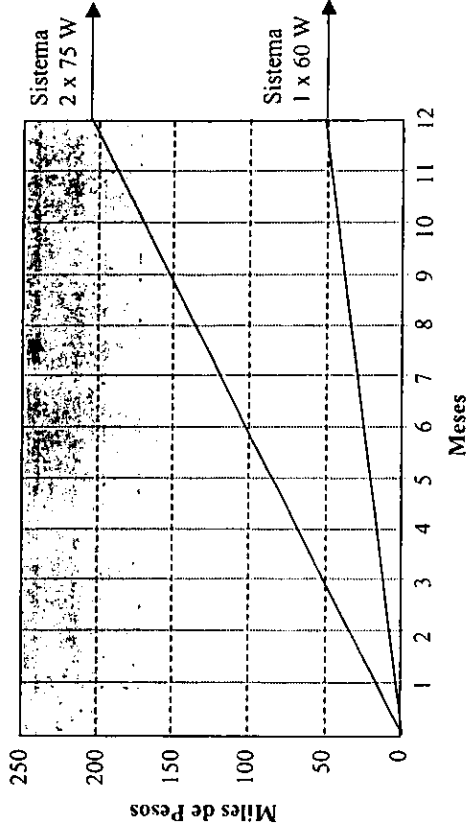
Por los que se refiere al nivel de iluminación, una lámpara de 39 W luz de día, proporciona 2 500 lúmenes, mientras que la de 32 W blanco frío, proporciona 3 050 lúmenes, logrando así no solo el ahorro sino que se incrementa en forma significativa el nivel de iluminación.

Numero de Luminarias	Tipo de Sistema	Carga Unitaria W	Carga Total KW.	Consumo Diario (14 H y 12 H) KWH	Costo Diario \$0.45 / KWH	Costo Mensual (20 Dias)	Costo Anual
345	2 X 40 W	100.00	34.50	483.00	\$ 217.35	\$ 4,347.00	\$ 52,164.00
345	1 X 32 W	32.00	11.04	132.48	\$ 59.61	\$ 1,192.20	\$ 14,306.40
Ahorro		68.00	23.46	350.52	\$ 157.74	\$ 3,154.50	\$ 37,857.60



Por los que se refiere al nivel de iluminación, una lámpara de 40 W luz de día, proporciona 2 600 lúmenes, mientras que la de 32 W blanco frío, proporciona 3 050 lúmenes, logrando así no solo el ahorro sino que se incrementa en forma significativa el nivel de iluminación.

Numero de Luminarias	Tipo de Sistema	Carga Unitaria W	Carga Total KW.	Consumo Diario (14 H y 12 H) KWH	Costo Diario \$0.45 / KWH	Costo Mensual (20 Días)	Costo Anual
708	2 X 75 W	187.50	132.750	1,858.50	\$ 836.33	\$ 16,726.60	\$ 200,719.20
708	1 X 60 W	52.00	36.816	441.80	\$ 198.81	\$ 3,976.20	\$ 47,714.40
Ahorro		135.50	95.934	1,416.70	\$ 637.52	\$ 12,750.40	\$ 153,004.80



Por los que se refiere al nivel de iluminación, una lámpara de 75 W luz de día, proporciona 5 200 lúmenes, mientras que la de 60 W blanco frío, proporciona 5 400 lúmenes, logrando así no solo el ahorro sino que se incrementa en forma significativa el nivel de iluminación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la nueva tecnología:

- La instalación de reflectores especulares de aluminio de alta reflectancia en los luminarias, permitiría retirar una de cada dos lámparas en todos los gabinetes, quedando la carga instalada y el consumo de energía hasta el 50 %, lo cual sería un gran ahorro y sin ninguna disminución en los niveles de iluminación.
- El uso de balastos electrónicos de alta eficiencia permitiría obtener importantes ahorros de energía eléctrica, además de alargar la vida de las instalaciones eléctricas.
- El mantenimiento programado de las luminarias (gabinetes) con respecto a la limpieza, permitiría recuperar en forma impactante los niveles de iluminación y mejorarían las condiciones visuales.
- Es importante que en un proyecto de estas características, pensar no solo en el ahorro de energía, sino también poner atención en lograr niveles de confort adecuados en cualquier instalación.
- Se pueden evitar grandes desperdicios de energía eléctrica mediante la instalación de sensores de presencia.
- No se habían aprovechado los avances tecnológicos en materia de iluminación, ya que tanto las lámparas como los balastos eran de baja eficiencia.
- Se pueden lograr resultados ventajosos mejorando los índices de reflexión de los gabinetes que han perdido sus características originales a través del tiempo.
- Los recursos generados con el ahorro mencionado, permitirían realizar acciones semejantes en otros edificios de esta institución.
- Disminución de los gastos de mantenimiento al tener accesorios (lámparas, balastos, reflectores, etc.) de alta calidad, alta eficiencia y de mayor vida útil.

- Se puede afirmar que en este tipo de instituciones, el principal potencial de ahorro de energía eléctrica se encuentra en el sistema de iluminación, el cual permanece encendido la mayor parte del tiempo.

Se tendrían las siguientes ventajas:

La demanda máxima en iluminación, disminuiría de:

224.396 KW a 71.128 KW con un ahorro de 153.268 KW
equivalente al 68 %

Con respecto al consumo semanal en iluminación, disminuiría de:

15,710.00 KWH a 4,268.00 KWH con un ahorro de 11,442.00 KWH
equivalente al 73 %

Por lo que se refiere al pago en el sistema de iluminación de acuerdo al cuadro 4.2:

El actual es de \$ 7,068.00 semanal
y con el proyecto propuesto sería de \$1,919.00 a la semana,
que semanalmente representaría un ahorro de \$ 5,149.00,
que equivaldría al 73 % de ahorro,
que mensualmente sería de \$ 20,596.00
y anualmente de \$ 247,148.00,
con una inversión requerida de \$ 455,121.00
obteniéndose un tiempo de recuperación de la inversión de 2.09 años
contra una vida útil de 5.5 años promedio de los equipos sustituidos.

RECOMENDACIONES ADICIONALES.-

- Mantener limpios los reflectores y acrílicos.
- Pintar las paredes con colores claros y
- Hacer un programa de mantenimiento del sistema de iluminación.

A N E X O S

**DATOS PROPORCIONADOS
POR EL GRUPO DE AHORRO
DE ENERGÍA DEL P.U.E - U.N.A.M.**

F. ING. (2-3-1998/3-3-1998)

	C. Base (kWh)	C. Pico (kWh)	C. Interm (kWh)	C. Total (kWh)
Lunes	92	700	2 539	3 332
Martes	143	753	2 521	3 418
Miércoles	188	711	2 496	3 396
Jueves	135	780	2 464	3 384
Viernes	229	620	2 419	3 269
Sábado	278	82	1 016	1 377
Domingo	483	0	376	860
Periodo L-V	791	3 567	12 442	16 800
Periodo S-D	762	82	1 392	2 238
Total Semana	1553	3 649	13 835	19 038

Consumos

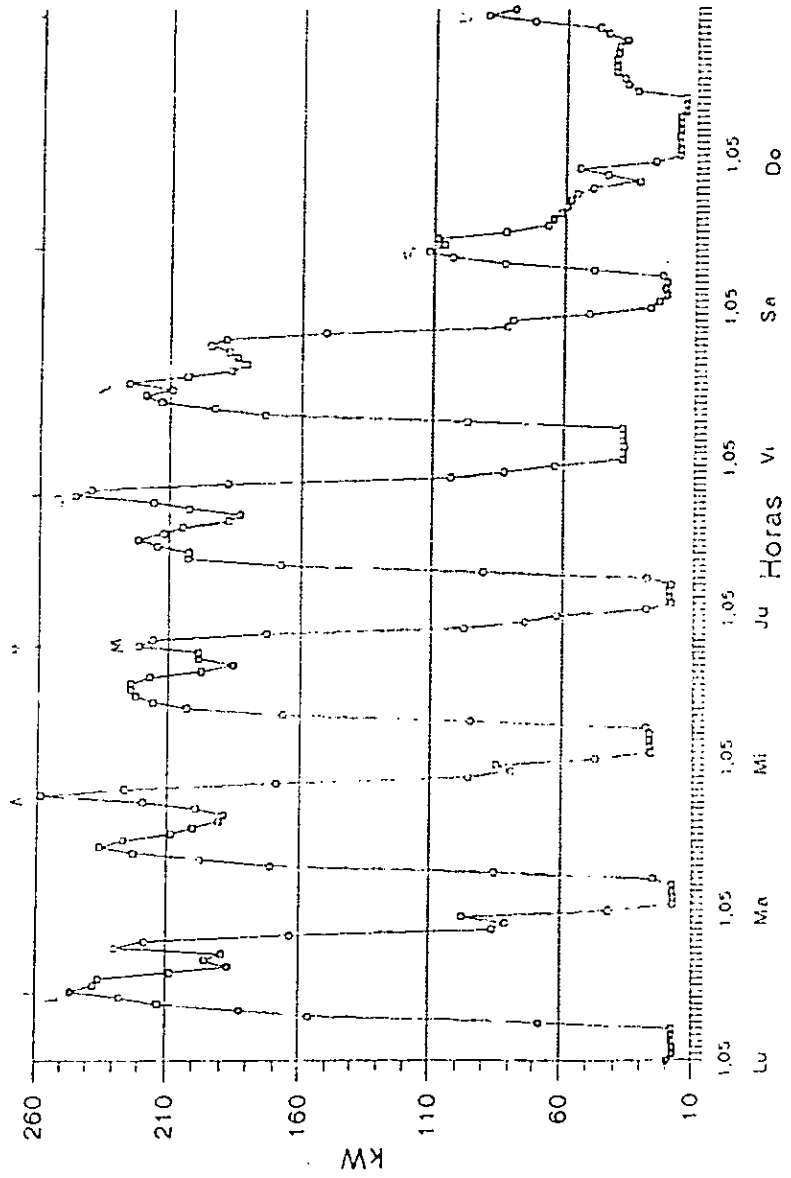
	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	Sap	DOM
KW	246	258	224	246	226	112	91
Hr.	12 PM.	7 PM.	1 PM.	7 PM.	1 PM.	10 AM.	11 PM.

Demanda
Máxima

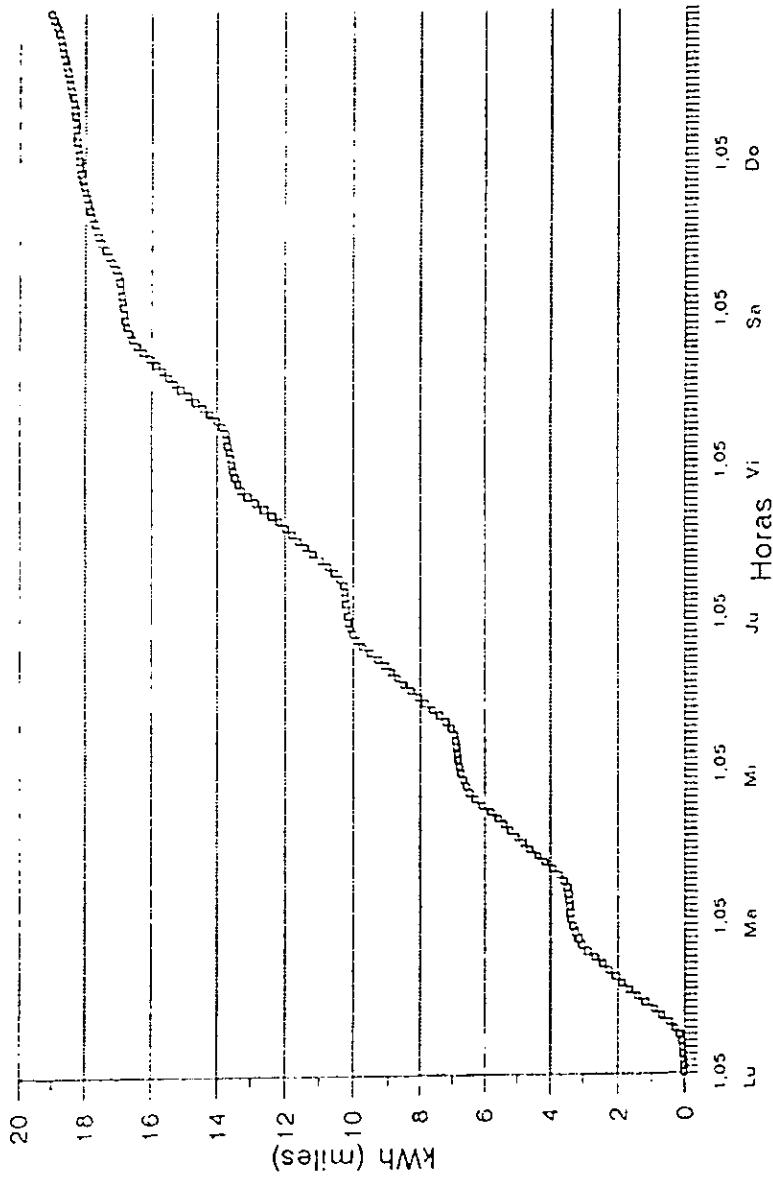
	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM
Dem. Media (kW)	138	142	141	141	136	57	35
Dem. Máxima (kW)	246	258	224	246	226	112	91
Fac. de Carga (%)	56	55	63	57	60	51	39

Factor de
Demanda

Demanda Total
Facultad de ingenieria (02-08/Mar/98)



Consumos Acumulados Totales Facultad de ingeniería (02-08/Mar/98)



Inversión en lámparas

Sistema ahorrador:

\$ 26.00 X 632 (lámps. 32 W)	= \$	16,432.00
\$ 18.00 X 734 (lámps. 60 W)	= \$	13,121.00
Subtotal:	= \$	29,644.00

Sistema actual:

\$ 62.00 X 632 (lámps. 39,40 W)	= \$	39,184.00		Diferencia de:	
\$ 68.40 X 722 (lámps. 75 W)	= \$	49,385.00			\$ 29,644.00
Subtotal:	= \$	88,569.00	Total:		-\$ 88,569.00
					-\$ 58,925.00

Inversión en balastos

Sistema ahorrador:

\$ 126.00 X 632 (bals. 32 W)	= \$	79,632.00
\$ 182.00 X 722 (bals. 60 W)	= \$	131,404.00
Subtotal:	= \$	211,036.00

Sistema actual:

\$ 72.00 X 632 (bals. 39, 40 W)	= \$	45,504.00		Diferencia de:	
\$ 86.00 X 722 (bals. 75 W)	= \$	62,092.00			\$ 211,036.00
Subtotal:	= \$	107,596.00	Total:		\$ 107,596.00
					\$ 103,440.00

Inversión en reflectores y luminarios

Sistema ahorrador:

\$ 123.00 X 632 (reflectores de 32 W)	= \$	77,736.00
\$ 182.00 X 722 (luminarios de 32 W)	= \$	51,192.00
Subtotal:	= \$	128,928.00

				Suma:	
\$ 72.00 X 632 (reflects. de 60 W)	= \$	178,596.00			\$ 128,928.00
\$ 86.00 X 722 (lumins. de 60 W)	= \$	90,282.00			\$ 268,878.00
Subtotal:	= \$	268,878.00	Total:		\$ 397,806.00

Inversión en sensores:

Sistema ahorrador:

\$ 160.00 X 80 (sens. de 32 y 60 W) = \$12,800.00 Total: \$ 12,800.00

Inversión total:

Sistema ahorrador:

677 luminarios de 32 W:	\$ 232,640.00
734 luminarios de 60 W:	\$ 419,893.00
Subtotal:	\$ 652,533.00

Sistema actual:

1,264 lámparas de 39 y 40 W:	\$ 39,184.00
1,444 lámparas de 75 W:	\$ 49,384.00
632 balastos de 39 y 40 W:	\$ 45,504.00
722 balastos de 75 W:	\$ 62,092.00
48 lámparas de 32:	\$ 1,248.00
Subtotal:	\$ 197,412.00

Diferencia de:

	\$ 652,533.00
	- \$ 197,412.00
Total:	\$ 455,121.00

Suma de Totales:

Total:	- \$ 58,925.00	en lámparas
Total:	\$ 103,440.00	en balastos
Total:	\$ 397,806.00	en reflectores y luminarios
Total:	\$ 12,800.00	en sensores
Gran total:	\$ 455,121.00	

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

BIBLIOGRAFIA :

REVISTAS PUBLICADAS POR EL FIDE
DEL AHORRO DE ENERGIA ELÉCTRICA.

APUNTES DE AHORRO DE ENERGIA
DEL INGENIERO ADRIAN VALERA NEGRETE.

CATALOGO GENERAL DE ESPECIFICACIONES
DE LA PHILIPS.

MANUAL DE LUMINOTECNIA
DE LA OSRAM.

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL USO
EFICIENTE DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA Y EL
COMERCIO DE LA SECRETARIA DE PATRIMONIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL.

CATALOGO GENERAL DE "CONSTRULITA"
CONCEPTOS EN ILUMINACION ARQUITECTÓNICA.

CATALOGO DE "BITICINO"
EN SENSORES DE PRESENCIA.

REPORTES DEL P.U.E.