



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

TESIS:

PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA DE LAS
INSTALACIONES DE ALUMBRADO EN LOS MÓDULOS
A, B, C, D, F DEL ICBI

**QUE PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIEROS INDUSTRIALES
PRESENTAN:**

P.D.I.I. AVILA JIMÉNEZ ROGELIO
P.D.I.I. MONTIEL DAVILA JORGE ALBERTO

DIRECTOR:

ING. CRUZ BAUTISTA ERNESTO ALONSO

SEPTIEMBRE DEL 2008.

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por permitirme un logro más en mi vida al lado de toda la gente que quiero, y por todos aquellos momentos maravillosos por los que he pasado.

A mis padres:

Por darme todo el apoyo necesario sin escatimar esfuerzos, por su gran confianza que me brindaron, por todo ese apoyo y motivación que siempre me dieron y por todos sus desvelos, sacrificios y confianza. Que Dios me de la dicha de contar con ustedes por muchos años más, ya que son el tesoro más valioso de mi vida.

A mi hermano:

Pedro, por haber creído en mí, y por todo el apoyo que me ha brindado el cual siempre recordare y sobre todo por soportarme. Lo quiero mucho.

A mi asesor:

Por haber confiado en mí y brindarme su amistad, por ayudarme a uno de los logros más importantes de mi vida y tenerme la paciencia y tiempo suficiente para el logro de nuestra tesis.

A mi familia:

Por haberme motivado, por enseñarme a tener confianza en mí, y a disfrutar cada momento de mi vida y por todo el cariño que me han dado con sus palabras de aliento para concluir este proyecto.

A mis amigos:

Por su inigualable amistad en las buenas y en las malas, y por sus palabras de aliento cuando más las necesite.

A los catedráticos:

A todos aquellos profesores que me dieron clases a lo largo de mi vida de estudiante, a quienes me formaron como profesionista para la sociedad.

A mis padres:

Porque siempre en la vida cada persona necesita de alguien que lo guíe, que lo apoye y que sepa que nunca le fallara en las buenas y en las malas, es por eso que evoco el agradecimiento mas infinito a ustedes que siempre estuvieron al pendiente, y que sin ustedes yo no sería la persona que soy.

A mis hermanos:

A quienes siempre tuvieron un gesto de sonrisa, demostrando que también se pudo contar con su más sincero apoyo en todo momento al encontrarnos en las mismas circunstancias, dentro del estudio.

A mi asesor:

Que siempre tuvo la atención y dedicación suficiente y necesaria para la investigación y desarrollo de este proyecto, y más aun por la amistad y confianza que siempre me brindo durante mi estancia en la universidad.

A los catedráticos:

A todos mis catedráticos que siempre dieron todo de sí para que nosotros como alumnos llegáramos a ser los grandes profesionistas que ellos quisieron y los grandes seres humanos que forjaron dentro de las aulas de clase.

Y una dedicatoria muy especial y mi agradecimiento a todas aquellas personas que me apoyaron de una u otra forma durante mi carrera profesional, dentro y fuera de la escuela.

MUCHAS GRACIAS.

**“PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA DE LAS INSTALACIONES DE
ALUMBRADO EN LOS MÓDULOS A, B, C, D, F DEL ICBI”**

INDICE

	Pág.
Primera parte	
Introducción	
Objetivo	II
Objetivos específicos	II
Hipótesis	III
Introducción	IV
Capítulo I	
Conceptos generales de la luz	
1.1 ¿Qué es la luz?	2
1.1.1 Como se genera	3
1.1.2 Propiedades de la luz	4
1.1.3 Como se mide la luz	7
1.2 El proceso visual y sus características	8
1.2.1 El campo visual	9
1.2.2 Partes del ojo y sus funciones	10
1.2.3 La sensibilidad y los tipos de visión	12
1.2.4 Curvas de distribución	14
1.2.5 Factores que influyen en la visión	15
1.3 El color	18
1.3.1 Temperatura de color	20
Capítulo II	
Conceptos generales de lámparas y balastos	
2.1 Fuentes de luz más comunes	25
2.1.1 Tipos y características de las fuentes de luz más comunes	26
2.1.1.1 Lámparas incandescentes	26
2.1.1.2 Lámparas de descarga	28
2.1.1.3 Lámparas especiales	30
2.1.1.4 Lámparas fluorescentes	31
2.1.1.4.1 Funcionamiento de las lámparas fluorescentes	31
2.1.1.4.2 Partes principales de las lámparas fluorescentes	34
2.1.1.4.3 Datos técnicos de lámparas fluorescentes	36
2.2 lámparas ahorradoras fluorescentes	39
2.2.1 Características de las lámparas ahorradoras fluorescentes	40
2.2.2 Ventajas de lámparas ahorradoras fluorescentes vs lámparas incandescentes	44
2.2.3 Precios del uso de lámparas ahorradoras fluorescentes vs lámparas normales	45
2.3 Luminarias	45
2.4 Balastos	48

	Pág.	
Capítulo III	Planteamiento del problema y metodología para optimizar un sistema de iluminación.	
3.1	Levantamiento de información del sistema en estudio	55
3.2	Localización de luminaria	56
3.3	Dimensiones del local	66
3.4	Costumbres de uso	67
3.5	Color del local	67
3.6	Tipo de lámpara y potencia	68
3.7	Tipo de control de luminaria	69
3.8	Tipo de gabinete y difusor	69
3.9	Carga total instalada actual	70
3.10	Observaciones	71
Capítulo IV	Sistema propuesto	
4.1	Método de cálculo de lumen o cavidad zonal	74
4.1.1	Explicación de método de cavidad	74
4.1.2	Ejemplo de método de cavidad	75
4.2	consideraciones generales de sistema propuesto	84
4.2.1	Selección de lámparas	85
4.2.2	Selección de luminarias	85
4.3	Nueva propuesta de iluminación	85
4.3.1	Localización de luminaria en sistema propuesto	92
Capitulo V	Análisis económico	103
	Conclusiones	111
	Bibliografía	113
	Cibergrafía	114
	Glosario	115

Índice de figuras

- Figura 1: Espectro electromagnético.
- Figura 2: Fenómeno de reflexión.
- Figura 3: Fenómeno de refracción.
- Figura 4: Fenómeno de transmisión.
- Figura 5: Foto de luxómetro.
- Figura 6: Comparación del ojo con cámara fotográfica.
- Figura 7: Formación de la imagen del ojo.
- Figura 8: Campo visual.
- Figura 9: Localización de partes del ojo.
- Figura 10: Curvas de sensibilidad del ojo.
- Figura 11: Grafica efecto purkinje.
- Figura 12: Comparación de distancia de objeto.
- Figura 13: Influencia del nivel de iluminación sobre la agudeza visual.
- Figura 14: La agudeza visual.
- Figura 15: Intensidad del contraste.
- Figura 16: Influencia del color en el ambiente.
- Figura 17: Espectro Electromagnético.
- Figura 18: Partes del funcionamiento lámparas fluorescentes.
- Figura 19: Funcionamiento de lámparas fluorescentes.
- Figura 20: Partes principales de lámparas fluorescentes.
- Figura 21: Lámparas ahorradoras fluorescentes.
- Figura 22: Comparación de lámpara con reflector y sin reflector
- Figura 23: Balastros.
- Figura 24: Color de paredes y techo en aula.
- Figura 25: Tipo de luminarias en aulas.
- Figura 26: Control de luminarias en aulas.
- Figura 27: Diagrama de método de cavidad.
- Figura 28: Nomenclatura de cavidad por zonas
- Figura 29: Comparación de la colocación de luminarias entre el sistema actual y el propuesto
- Figura 30: Diagrama de costo beneficio
- Figura 31: Grafica de diferencia de costo de equipo actual y propuesto.
- Figura 32: Grafica de diferencia de costo de equipo actual y propuesto.

Índice de tablas

Tabla 1:	Tabla de absorción.
Tabla 2:	Color y su longitud de onda.
Tabla 3:	Sensaciones asociadas a los colores.
Tabla 4:	Efecto de la luz coloreada sobre los objetos de color.
Tabla 5:	Efecto de la luz coloreada sobre los objetos de color.
Tabla 6:	Apariencia de color y rendimiento en color.
Tabla 7:	Espectro electromagnético.
Tabla 8:	Características de las lámparas incandescentes normales.
Tabla 9:	Espectro electromagnético.
Tabla 10:	Espectro electromagnético.
Tabla 11:	Datos técnicos de lámparas fluorescentes.
Tabla 12:	Datos técnicos de lámparas fluorescentes.
Tabla 13:	Tonalidades de lámparas.
Tabla 14:	Comparación de lámparas y balastos.
Tabla 15:	Costo de lámparas.
Tabla 16:	Comparación de sistemas ahorradores y estándar.
Tabla 17:	Hoja de levantamiento A.
Tabla 18:	Hoja de levantamiento B.
Tabla 19:	Características de lámparas actuales.
Tabla 20:	Áreas de aulas.
Tabla 21:	Tipo de luminarias en aulas.
Tabla 22:	Carga total instalada sistema actual.
Tabla 23:	Consumo actual.
Tabla 24:	Ejemplo de método de cavidad.
Tabla 25:	Reflexiones recomendadas en %.
Tabla 26:	Formula y calculo de relación de cavidad.
Tabla 27:	Datos cavidad por zonas.
Tabla 28:	% Reflexión efectiva de la cavidad del piso o techo.
Tabla 29:	Datos de unidades de alumbrado.
Tabla 30:	Coefficientes de utilización para una unidad con 2 lámparas de ancho con rejilla plástica blanca de 45°.

- Tabla 31: Cálculo de número de unidades de alumbrado.
- Tabla 32: Número de unidades requeridas para producir un número dado de luxes.
- Tabla 33: Cantidad de lámparas actuales.
- Tabla 34: Cálculo de la totalidad de lámparas en sistema actual y sistema propuesto.
- Tabla 35: Diferencias técnicas entre equipos de iluminación.
- Tabla 36: Diferencias técnicas entre equipos de iluminación.
- Tabla 37: Cuadro comparativo de ahorro de energía.
- Tabla 38: Diferencias de cargas en Kw entre sistema actual y propuesto.
- Tabla 39: Ahorros de cargas en Kw entre sistema actual y propuesto.
- Tabla 40: Diferencias de consumo en Kwh entre sistema actual y propuesto.
- Tabla 41: Diferencia de costo de equipo actual y propuesto.

Introducción

Objetivo General	II
Objetivos Específicos	II
Hipótesis	III
Introducción	IV

Objetivo General

El objetivo del presente trabajo es diseñar un programa de ahorro de energía eléctrica para el sistema de iluminación de los módulos A, B, C, D, y F del INSTITUTO de CIENCIAS BÁSICAS e INGENIERÍA de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, con el fin de reducir los altos costos que implica contar con un tipo de alumbrado tradicional, contribuyendo de esta manera a un uso más inteligente de la energía

Objetivos Específicos:

Dar a conocer los principales conceptos de la luz y la visión así como su relación entre estos.

Mostrar un panorama general acerca de las nuevas tecnologías aplicadas a los sistemas de alumbrado así como describir sus principales características.

Describir detalladamente el sistema iluminación existente y sus condiciones físicas, con el propósito de realizar un análisis comparativo, con la tecnología que existe actualmente en el mercado, buscando una mejor opción en cuanto a características físicas y consumo de energía.

Realizar una propuesta para mejorar el sistema de iluminación existente, así como reducir costos por consumo y mantenimiento del mismo.

Realizar un análisis económico buscando analizar si es rentable el sistema propuesto

Hipótesis

Se supone que la implementación de un nuevo sistema de alumbrado con equipo de ahorro de energía eléctrica dará como resultado la disminución en el consumo de energía eléctrica el cual se verá reflejado en los costos de consumo, un aumento en la calidad de la iluminación y la reducción de horas y costos de mantenimiento.

Introducción

El calentamiento global del planeta causado en mayor parte por la quema de combustibles provenientes del petróleo, ha encaminado a las sociedades del mundo a ir en busca de nuevas fuentes de energía, así como hacer un uso más racional de estas, una manera de ahorrar energía y contribuir a disminuir la quema de hidrocarburos es el empleo de lámparas ahorradoras de energía eléctrica. Tecnología que ha resultado eficiente ya que consumen menos energía que las lámparas incandescentes y aportan igual o mayor flujo luminoso que estas.

Uno de los problemas que actualmente enfrenta la universidad autónoma del estado de Hidalgo, es la falta de equipos ahorradores de energía eléctrica, lo cual podría solucionarse implementando nuevos sistemas, con equipos innovadores de alta tecnología, para así reducir el consumo de energía y el sistema de mantenimiento

CAPÍTULO I

Conceptos generales de la luz

1.1	¿Qué es la luz?	2
1.1.1	Como se genera	3
1.1.2	Propiedades de la luz	4
1.1.3	Como se mide la luz	7
1.2	El proceso visual y sus características	8
1.2.1	El campo visual	9
1.2.2	Partes del ojo y sus funciones	10
1.2.3	La sensibilidad y los tipos de visión	12
1.2.4	Curvas de distribución	14
1.2.5	Factores que influyen en la visión	15
1.3	El color	18
1.3.1	Temperatura de color	20

CAPITULO I CONCEPTOS GENERALES DE LA LUZ**1.1 ¿Que es la luz?**

La luz se forma por saltos de los electrones en los orbitales de los átomos. Los electrones poseen la extraña cualidad de moverse en determinados orbitales sin consumir energía, pero cuando caen a un orbital inferior de menor energía (más próximo al núcleo) emiten energía en forma de radiación. Algunos de esos saltos producen radiación visible que llamamos luz, radiación que ven nuestros ojos en su manifestación de color.

La luz, que llega a nuestros ojos y nos permite ver, es un pequeño conjunto de radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre los 380 nm y los 770 nm.

La luz es una forma de energía radiante que se evalúa en cuanto a su capacidad para producir la sensación de la visión.

La energía visible es una porción sumamente pequeña del espectro electromagnético, enorme gama de energía radiante que se desplaza a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas . todas estas radiaciones son parecidas en su naturaleza y la velocidad en que se transmiten (300 000 Km. por segundo), diferenciándose tan solo en su frecuencia y longitud de onda, así como en las formas en que se manifiestan.

El espectro actualmente conocido abarca desde los rayos cósmicos, de una longitud de onda de 1×10^8 cm. Y una frecuencia de 3×10^{10} ciclos por segundo, hasta las ondas de corriente alterna de 60 ciclos, de una longitud de onda de 4989 Km. El ojo humano responde solamente a la energía que está dentro del aspecto visible, el cual comprende una estrecha banda de longitudes de onda entre los 3.800 y 3.600 Ångstrom.

El espectro de una fuente de luz puede ser *continuo*, incluyendo todas las longitudes de onda visibles, o un espectro *lineal* o de banda conteniendo solamente uno o varios grupos separados de longitudes de onda. un espectro de energía *uniforme*, esto es, con todas las longitudes de ondas visibles en igual cantidad, produce la sensación de luz blanca. La luz del sol a medio día se aproxima a un espectro de esta clase.”¹

1.1.1 Como se genera la luz

La luz forma parte del espectro electromagnético que comprende tipos de ondas tan dispares como los rayos cósmicos, los rayos gamma, los ultravioletas, los infrarrojos y las ondas de radio o televisión entre otros. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda (λ) o la frecuencia (f). Recordemos que la relación entre ambas es:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Donde c es la velocidad de la luz en el vacío ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s).²

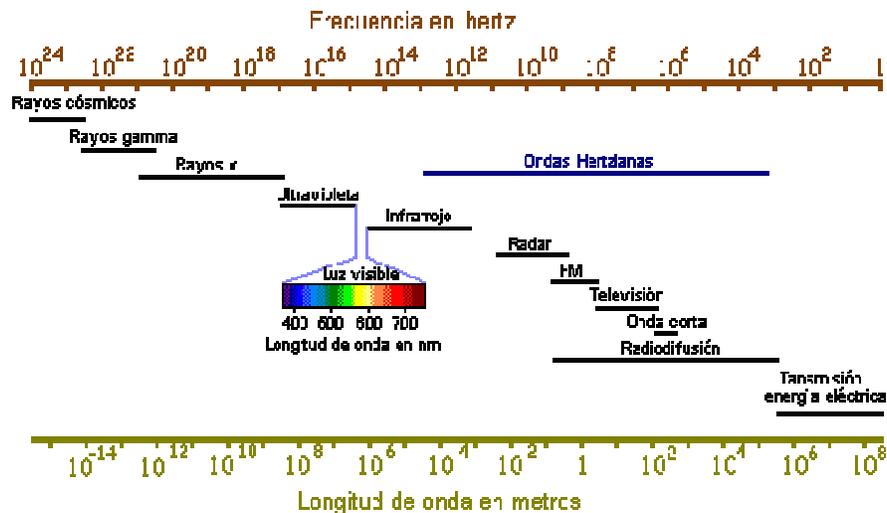


Figura 1: Espectro Electromagnético.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

¹ <http://www.educar.org/comun/actividadeseducativas/serhumano/partesdelojo.asp>

² http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

1.1.2 Propiedades de la luz

Cuando la luz encuentra un obstáculo en su camino choca contra la superficie de este y una parte es reflejada. Si el cuerpo es opaco el resto de la luz será absorbida. Si es transparente una parte será absorbida como en el caso anterior y el resto atravesará el cuerpo transmitiéndose. Así pues, tenemos tres posibilidades:

Reflexión.

Transmisión-refracción.

Absorción.

La luz tiene también otras propiedades, como la polarización, la interferencia, la difracción o el efecto fotoeléctrico, pero estas tres son las más importantes en luminotecnia.

A) La reflexión: es un fenómeno que se produce cuando la luz choca contra la superficie de separación de dos medios diferentes (ya sean gases como la atmósfera, líquidos como el agua o sólidos) y está regida por la ley de la reflexión. La dirección en que sale reflejada la luz viene determinada por el tipo de superficie. Si es una superficie brillante o pulida se produce la reflexión regular en que toda la luz sale en una única dirección. Si la superficie es mate y la luz sale desperdigada en todas direcciones se llama reflexión difusa. Y, por último, está el caso intermedio, reflexión mixta, en que predomina una dirección sobre las demás. Esto se da en superficies metálicas sin pulir, barnices, papel brillante, etc.

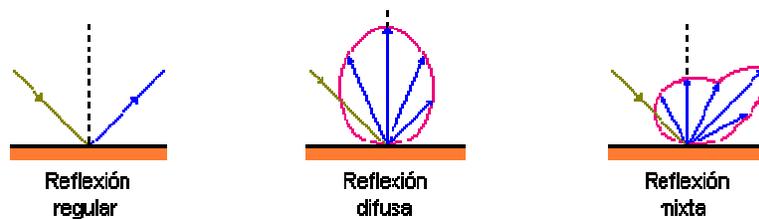


Figura 2: Fenómeno de reflexión.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

B) La refracción: se produce cuando un rayo de luz es desviado de su trayectoria al atravesar una superficie de separación entre medios diferentes según la ley de la refracción. Esto se debe a que la velocidad de propagación de la luz en cada uno de ellos es diferente.

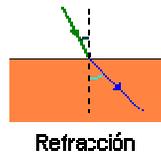


Figura 3: Fenómeno de refracción.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

C) La transmisión: se puede considerar una doble refracción. Si pensamos en un cristal; la luz sufre una primera refracción al pasar del aire al vidrio, sigue su camino y vuelve a refractarse al pasar de nuevo al aire. Si después de este proceso el rayo de luz no es desviado de su trayectoria se dice que la transmisión es regular como pasa en los vidrios transparentes. Si se difunde en todas direcciones tenemos la transmisión difusa que es lo que pasa en los vidrios translúcidos. Y si predomina una dirección sobre las demás tenemos la mixta como ocurre en los vidrios orgánicos o en los cristales de superficie labrada.

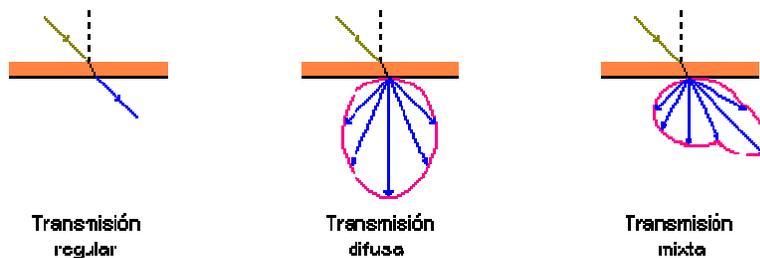


Figura 4: Fenómeno de transmisión.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

D) La absorción: es un proceso muy ligado al color. El ojo humano sólo es sensible a las radiaciones pertenecientes a un pequeño intervalo del espectro electromagnético. Son los colores que mezclados forman la luz blanca. Su distribución espectral aproximada es:

Tipo de radiación	Longitudes de onda (nm)
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-770

Tabla 1: Tabla de absorción.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

Cuando la luz blanca choca con un objeto una parte de los colores que la componen son absorbidos por la superficie y el resto son reflejados. Las componentes reflejadas son las que determinan el color que percibimos. Si la refleja toda es blanca y si las absorbe todas es negro. Un objeto es rojo porque refleja la luz roja y absorbe las demás componentes de la luz blanca. Si iluminamos el mismo objeto con luz azul lo veremos negro porque el cuerpo absorbe esta componente y no refleja ninguna. Queda claro, entonces, que el color con que percibimos un objeto depende del tipo de luz que le enviamos y de los colores que este sea capaz de reflejar.

1.1.3 Como se mide la luz.

Las medidas de iluminación se hacen comúnmente con uno de los distintos tipos de luxómetros, que llevan incorporadas células fotosensibles del tipo de capa-barrera. Este tipo de células consiste en esencia en una película de material sensible a la luz, dispuesta sobre una placa metálica de base y cubierta con una capa translúcida muy fina de metal pulverizado sobre su superficie exterior.

Un manejo cuidadoso y calibrado frecuente ayudan a mantener su fiabilidad, pero no puede esperarse que las medidas hechas en este campo tengan una exactitud mayor de más o menos el cinco por ciento, en las condiciones más favorables. Además, todas las células sensibles a la luz tienen ciertas características inherentes que el usuario debe conocer si quiere obtener los mejores resultados posibles

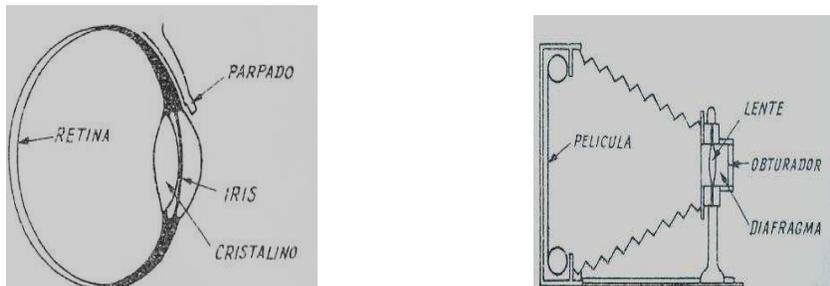


Figura 5: Foto de luxómetro.

Fuente: Elaboración propia

1.2 El proceso visual y sus características

A menudo, se compara el funcionamiento del ojo con el de una cámara fotográfica. La pupila actuaría de diafragma, la retina de película, la córnea de lente y el cristalino sería equivalente a acercar o alejar la cámara del objeto para conseguir un buen enfoque. La analogía no acaba aquí, pues al igual que en la cámara de fotos la imagen que se forma sobre la retina está invertida. Pero esto no supone ningún problema ya que el cerebro se encarga de darle la vuelta para que la veamos correctamente.



Fuente: Manual de alumbrado westinghouse

El ojo es un órgano viviente extraordinariamente adaptable, y opera en un campo de niveles de iluminación variables entre límites que guardan entre sí una relación de más de un millón a uno. Además los continuos cambios necesarios para una buena visión en condiciones continuamente variables se efectúan automáticamente, sin esfuerzo consciente.

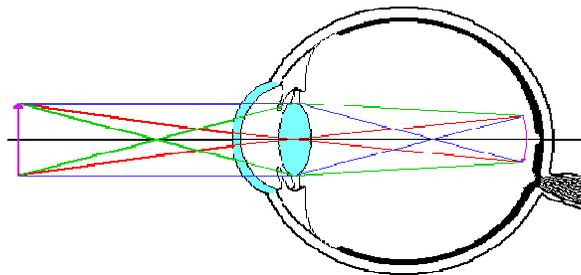


Figura 7: Formación de la imagen del ojo.

Fuente: Manual de alumbrado westinghouse

1.2.1 El campo visual

Volviendo al ejemplo de la cámara de fotos, el ojo humano también dispone de un **campo visual**. Cada ojo ve aproximadamente 150° sobre el plano horizontal y con la superposición de ambos se abarcan los 180° . Sobre el plano vertical sólo son unos 130° , 60° por encima de la horizontal y 70° por debajo.

El campo visual de cada ojo es de tipo monocular, sin sensación de profundidad, siendo la visión en la zona de superposición de ambos campos del tipo binocular. La sensación de profundidad o visión tridimensional se produce en el cerebro cuando este superpone e interpreta ambas imágenes.

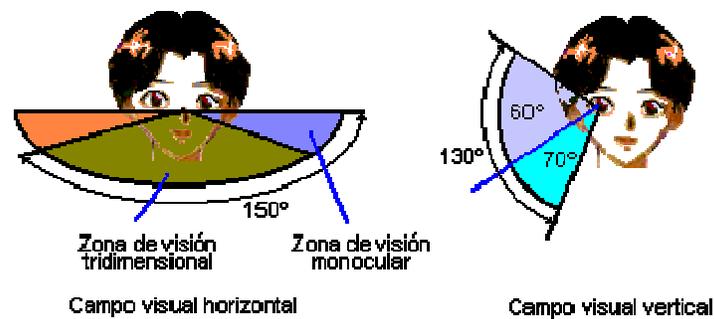


Figura 8: Campo visual.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/p_visual.html

1.2.2 Partes del ojo y sus funciones

El ojo humano está formado por un grupo óptico - la córnea, el iris, la pupila y el cristalino-, uno fotorreceptor - la retina- y otros elementos accesorios encargados de diversas tareas como protección, transmisión de información nerviosa, alimentación, mantenimiento de la forma, etc.

Párpado: pliegue de piel que protege el ojo y que , en condiciones de la luz brillante , ayuda a regular la cantidad de luz que llega a él.

Córnea: porción transparente de la membrana exterior que rodea al ojo; sirve como parte del sistema refractor.

Iris: parte del ojo que funciona como un diafragma, controlando la cantidad de luz que entra en él.

Pupila: abertura en el centro del iris, por la que entra la luz en el ojo. El tamaño de la abertura se controla por la acción de músculos involuntarios.

Cristalino: cápsula transparente situada detrás del iris, cuya forma puede cambiar para enfocar objetos a distintas distancias.

Músculo ciliar: músculo en forma de anillo que ajusta la tensión aplicada al cristalino, cambiando así su curvatura y enfocando objetos cercanos o lejanos.

Retina: superficie sensible a la luz, situada en la parte posterior del globo ocular. Contiene una delicada película de fibras nerviosas que parten del nervio óptico y que terminan en pequeñas estructuras con formas de conos y bastoncillos.

Conos: receptores de la retina que hacen posible la discriminación de los detalles finos y la percepción del color. Son insensibles a los niveles bajos de

iluminación; se encuentran principalmente cerca del centro de la retina, con mayor concentración en la fóvea, zona de 0,3 mm de diámetro aproximadamente, que sólo está compuesta de conos³

Bastones: receptores de la retina, sensibles niveles bajos de iluminación. No responden al color y existen solamente fuera de la región foveana, aumentando su número a medida que aumenta su medida a la fóvea.

Púrpura retiniana (rhodopsin): es un líquido purpúreo que se encuentra en los bastones, sensible a la luz, y se decolora rápidamente cuando es expuesto a ella. Su regeneración es un factor importante en la adaptación a la oscuridad.

Punto ciego: es el punto de la retina por donde entra en el ojo el nervio óptico, el cual conduce las sensaciones de luz al cerebro. En este punto no hay bastones ni conos y por consiguiente un estímulo de luz no provoca sensación alguna.

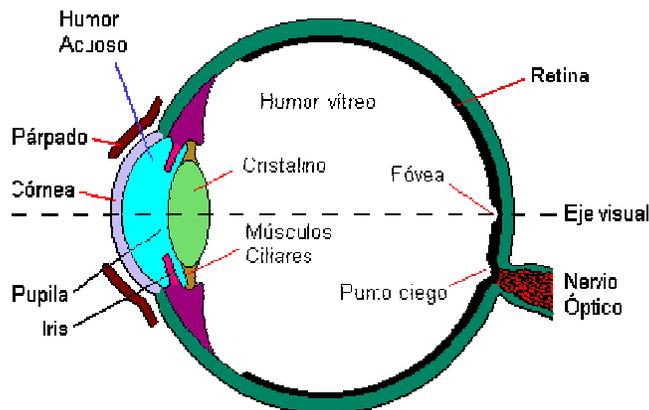


Figura 9: Localización de partes del ojo.

Fuente: <http://www.educar.org/comun/actividadeseducativas/serhumano/partesdelojo.asp>

³ <http://www.educar.org/comun/actividadeseducativas/serhumano/partesdelojo.asp>

1.2.3 La sensibilidad y los tipos de visión

Al igual que en la fotografía, la cantidad de luz juega un papel importante en la visión. Así, en condiciones de buena iluminación (más de 3 cd/m^2) como ocurre de día, la visión es nítida, detallada y se distinguen muy bien los colores; es la **visión fotópica**. Para niveles inferiores a 0.25 cd/m^2 desaparece la sensación de color y la visión es más sensible a los tonos azules y a la intensidad de la luz. Es la llamada **visión escotópica**. En situaciones intermedias, la capacidad para distinguir los colores disminuye a medida que baja la cantidad de luz pasando de una gran sensibilidad hacia el amarillo a una hacia el azul. Es la **visión mesiópica**.

En estas condiciones, se definen unas **curvas de sensibilidad del ojo** a la luz visible para un determinado observador patrón que tiene un máximo de longitud de onda de **555 nm** (amarillo verdoso) para la **visión fotópica** y otro de **480 nm** (azul verdoso) para la **visión escotópica**. Al desplazamiento del máximo de la curva al disminuir la cantidad de luz recibida se llama **efecto Purkinje**.⁴

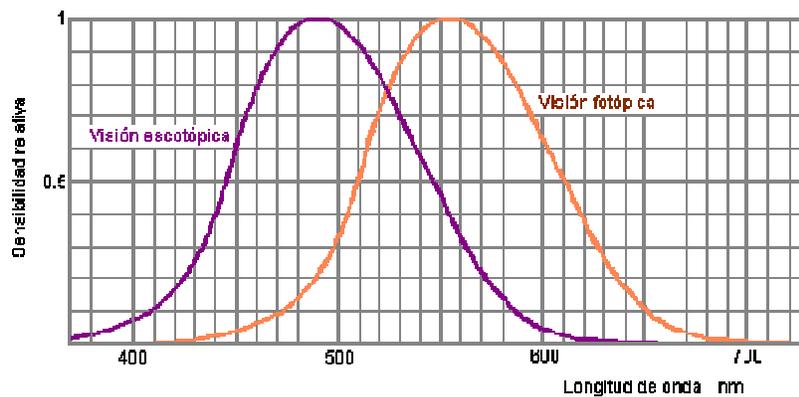


Figura 10: curvas de sensibilidad del ojo.

Fuente: Manual de alumbrado westinghouse

⁴ Westinghouse, Manual del alumbrado, 4ª. Edición, Ed. Limusa

Toda fuente de luz que emita en valores cercanos al máximo de la visión diurna (555 nm) tendrá un rendimiento energético óptimo porque producirá la máxima sensación luminosa en el ojo con el mínimo consumo de energía. No obstante, si la fuente no ofrece una buena reproducción cromática puede provocar resultados contraproducentes.

A) La acomodación: Se llama acomodación a la capacidad del ojo para enfocar automáticamente objetos situados a diferentes distancias. Esta función se lleva a cabo en el cristalino que varía su forma al efecto. Pero esta capacidad se va perdiendo con los años debido a la pérdida de elasticidad que sufre; es lo que se conoce como presbicia o vista cansada y hace que aumente la distancia focal y la cantidad de luz mínima necesaria para que se forme una imagen nítida.

B) La adaptación: La adaptación es la facultad del ojo para ajustarse automáticamente a cambios en los niveles de iluminación. Se debe a la capacidad del iris para regular la abertura de la pupila y a cambios fotoquímicos en la retina. Para pasar de ambientes oscuros a luminosos el proceso es muy rápido pero en caso contrario es mucho más lento. Al cabo de un minuto se tiene una adaptación aceptable. A medida que pasa el tiempo, vemos mejor en la oscuridad y a la media hora ya vemos bastante bien. La adaptación completa se produce pasada una hora.

C) Efecto purkinje: la curva normal (fotópica) de sensibilidad del ojo está basada en la visión de conos, esto es, en los niveles ordinarios durante el día, en los que la sensación de la visión incumbe principalmente a los conos. En niveles de iluminación muy bajos, donde el brillo es del orden de 0,00000107 lamberts o menos, los conos no pueden operar y los bastones se encargan de todo el proceso visual. La visión mediante los bastones, denominada, visión escotópica, se verifica de acuerdo con una nueva curva de la misma formas que la fotópica, pero desplazada 480 Angstroms hacia el extremo azul del espectro. Esta traslación, que es conocida como efecto Purkinje, desplaza la sensibilidad máxima del ojo de los 5.550 a los 5.070 Angstroms.⁵

⁵ Westghouse, Manual del alumbrado, 4ª. Edición, Ed. Limusa

El resultado es que en la oscuridad, a pesar de que la visión carece por completo de color, el ojo se vuelve relativamente muy sensible a la energía del extremo azul del espectro y casi ciego a la del rojo. Si un rayo de luz rojo y un rayo de luz azul, de intensidades iguales a niveles en que el trabajo visual está a cargo de los conos, se reducen en la misma proporción se reducen hasta niveles en que el trabajo visual corresponde a los bastones, la luz azul aparecerá mucho más brillante que la roja. Las implicaciones del efecto Purkinje son importantes en las instalaciones de alumbrado que presentan niveles muy bajos de iluminación, y el hecho de no tenerlo en cuenta puede conducir a serios errores en la medida de los valores del brillo e iluminación.

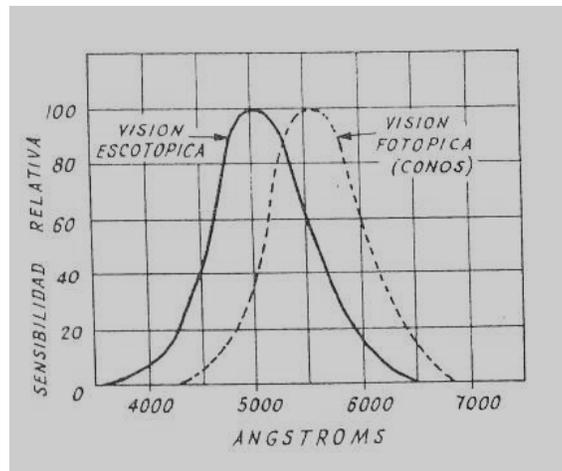


Figura 11: grafica efecto purkinje.

Fuente: westinghouse

1.2.4 Curvas de distribución

Un equipo de alumbrado se diseña para distribuir la luz de diversas formas, según la finalidad a la que vaya destinada. Esta distribución de la luz puede representarse gráfica o numéricamente por diferentes métodos, el más común de los cuales es el de la curva de distribución luminosa.

Una curva de distribución luminosa es el resultado de tomar medidas de intensidad a diferentes ángulos al rededor de una fuente de luz o luminaria y de representarlas en forma gráfica, normalmente en coordenadas polares. La distancia

de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

La iluminación recibida desde una sola fuente de luz sobre cualquier superficie dada puede calcularse a partir de los datos de la curva de distribución luminosa de dicha fuente. Cuando la relación entre el tamaño de la fuente y la distancia fuente-superficie es tal que puede aplicarse la ley de la inversa de los cuadrados, el cálculo se reduce a tomar en la curva de distribución la lectura de la intensidad luminosa para el Angulo requerido, dividiendo por el cuadrado de la distancia en metros y multiplicando por la función trigonométrica apropiada si la superficie no es perpendicular a la dirección de los rayos de luz que salen de la fuente. Cuando el tamaño de la fuente no permita la aplicación directa de la ley de la inversa de los cuadrados se requiere un proceso de cálculo más complejo.

1.2.5 Factores que influyen en la visión.

Los factores externos que influyen sobre la formación de una buena imagen en la retina pueden dividirse en dos clases: los subjetivos y los objetivos. Los primeros dependen del propio individuo como su salud visual (depende de la edad y del deterioro de la vista), el nivel de atención en lo que mira, si está en reposo o en movimiento o la comodidad visual (nivel de iluminación y deslumbramiento). Mientras que los segundos dependen de lo que estemos mirando, del objeto visual. Son los factores objetivos y son *el tamaño, la agudeza visual, el contraste y el tiempo.*

A) El tamaño: El tamaño aparente de un cuerpo en relación con el resto de los elementos que forman el campo visual es un factor importante para distinguirlo con rapidez. Si analizamos las fotos, vemos que la iglesia de la foto de la izquierda parece más pequeña que la de la derecha. Comparada con otros objetos más cercanos, como el árbol que hay en primer plano, parece pequeña. Pero vista de cerca parece muy grande. ¿Qué ha ocurrido si el tamaño real del edificio es el mismo? Lo que ha pasado es que el ángulo visual del ojo abarcado por la construcción respecto al ocupado por el fondo ha aumentado.



Objeto cercano



Objeto lejano

Figura 12: Comparación de distancia de objeto.

Fuente: Elaboración propia

B) La agudeza visual: La agudeza visual es la capacidad de distinguir entre objetos muy **próximos entre sí. Es una medida del detalle más pequeño que podemos diferenciar y está** muy influenciada por el nivel de iluminación. Si este es bajo como ocurre de noche cuesta mucho distinguir cosas al contrario de lo que ocurre de día.



Figura 13: Influencia del nivel de iluminación sobre la agudeza visual.

Fuente: Elaboración propia



Figura 14: la agudeza visual.

Fuente: <http://www.opticasamerica.com/saludvisual/agudeza.htm>

C) El contraste: el contraste se produce por diferencias entre colores o luminancias (porción de luz reflejada por un cuerpo que llega al ojo) entre un elemento del campo visual y el resto. Mientras mayor sea mejor lo veremos, más detalles distinguiremos y menos fatigaremos la vista. Una buena iluminación ayudará mucho y puede llegar a compensar bajos contrastes en colores aumentando la luminancia.

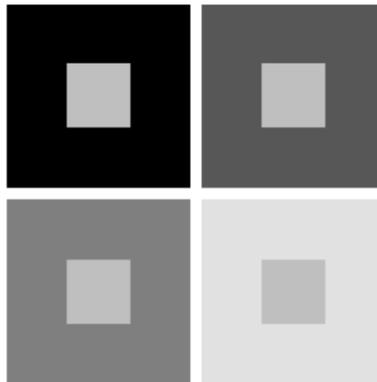


Figura 15: intensidad del contraste.

Fuente: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/1364.php>

D) El tiempo: Como ya sabemos el ojo dispone de mecanismos para enfocar la imagen y transmitirla al cerebro. Este proceso no es instantáneo y requiere un cierto **tiempo**. Esta inercia es lo que nos permite disfrutar del cine, la televisión o los dibujos animados que no son más que una serie de imágenes estáticas sucesivas. Si, por el contrario, el objeto está en movimiento y hay un alto nivel de iluminación, la inercia visual provocará la impresión de una sucesión de imágenes fijas como ocurre en las discotecas. Es el llamado **efecto estroboscopio** que fuera de estos usos se debe evitar. Por otro lado, mientras más tiempo dispongamos para ver una imagen, más nítida y detallada será. Con una buena iluminación podremos reducirlo y aumentar la **velocidad de percepción**.

1.3 El color

Al hablar del color hay que distinguir entre el fenómeno físico donde intervienen la luz y la visión (sensibilidad y contraste) y el fenómeno sensorial. Como fenómeno físico comentaremos, además, los sistemas de especificación y la realización de mezclas.

A) El color como fenómeno físico: Recordemos brevemente que la **luz blanca** del sol está formada por la unión de los colores del arco iris, cada uno con su correspondiente longitud de onda. Los colores van del violeta (380 nm) hasta el rojo (770 nm) y su distribución espectral aproximada es:⁶

Color	Longitud de onda (nm)
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-770

Tabla 2: Color y su longitud de onda.

Fuente: Manual de Alumbrado Westinghouse

⁶ http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/factores.html

Cuando un cuerpo opaco es iluminado por luz blanca refleja un color o una mezcla de estos absorbiendo el resto. Las radiaciones luminosas reflejadas determinarán el color con que nuestros ojos verán el objeto. Si la refleja toda será blanca y si las absorbe todas negro. Si, por el contrario, usamos una fuente de luz monocromática o una de espectro discontinuo, que emita sólo en algunas longitudes de onda, los colores se verán deformados. Este efecto puede ser muy útil en decoración pero no para la iluminación general.

B) El color como fenómeno sensorial: El color como otras sensaciones que percibimos a través de los sentidos está sometida a criterios de análisis subjetivos. Depende de las preferencias personales, su relación con otros colores y formas dentro del campo visual (el contraste, la extensión que ocupa, la iluminación recibida, la armonía con el ambiente...), el estado de ánimo y de salud, etc.

Tradicionalmente distinguimos entre **colores fríos** y **cálidos**. Los primeros son los violetas, azules y verdes oscuros. Dan la impresión de frescor, tristeza, recogimiento y reducción del espacio. Por contra, los segundos, amarillos, naranjas, rojos y verdes claros, producen sensaciones de alegría, ambiente estimulante y acogedor y de amplitud de espacio.

Sensaciones asociadas a los colores.	
Blanco	Frialdad, higiene, neutralidad.
Amarillo	Actividad, impresión, nerviosismo.
Verde	Calma, reposo, naturaleza.
Azul	Frialdad
Negro	Inquietud, tensión.
Marrón	Calidez, relajación.
Rojo	Calidez intensa, excitación, estimulante.

Tabla 3: Sensaciones asociadas a los colores.

Fuente: Manual de Alumbrado Westinghouse

Hay que destacar también el factor cultural y climático porque en los países cálidos se prefieren tonos fríos para la decoración de interiores mientras que en los fríos pasa al revés.

Para hacernos una idea de como afecta la luz al color consideremos una habitación de paredes blancas con muebles de madera de tono claro. Si la iluminamos con lámparas incandescentes, ricas en radiaciones en la zona roja del espectro, se acentuarán los tonos marrones de los muebles y las paredes tendrán un tono amarillento. En conjunto tendrá un aspecto cálido muy agradable. Ahora bien, si iluminamos el mismo cuarto con lámparas fluorescentes normales, ricas en radiaciones en la zona azul del espectro, se acentuarán los tonos verdes y azules de muebles y paredes dándole un aspecto frío a la sala. En este sencillo ejemplo hemos podido ver cómo afecta el color de las lámparas (su apariencia en color) a la reproducción de los colores de los objetos (el rendimiento en color de las lámparas).

1.3.1 Temperatura de color

La temperatura del color es un término que se usa para describir el color de una fuente luminosa comparándola con el de un cuerpo negro, que es el de teóricamente “radiante perfecto”.

La **apariencia en color** de las lámparas viene determinada por su **temperatura de color** correlacionada. Se definen tres grados de apariencia según la tonalidad de la luz: luz fría para las que tienen un tono blanco azulado, luz neutra para las que dan luz blanca y luz cálida para las que tienen un tono blanco rojizo.

Temperatura de color correlacionada	Apariencia de color
$T_c > 5.000 \text{ K}$	Fría
$3.300 \leq T_c \leq 5.000 \text{ K}$	Intermedia
$T_c < 3.300 \text{ K}$	Cálida

Tabla 4: Efecto de la luz coloreada sobre los objetos de color.

Fuente: <http://es.shvoong.com/books/guidance/1669474-iluminaci%C3%B3n-luz-color/>

A pesar de esto, la apariencia en color no basta para determinar qué sensaciones producirá una instalación a los usuarios. Por ejemplo, es posible hacer que una instalación con fluorescentes llegue a resultar agradable y una con lámparas cálidas desagradable aumentando el nivel de iluminación de la sala. El valor de la iluminancia determinará conjuntamente con la apariencia en color de las lámparas el aspecto final.

Iluminancia (lux)	Apariencia del color de la luz		
	Cálida	Intermedia	Fría
$E \leq 500$	agradable	neutra	fría
$500 < E < 1.000$	↓	↓	↓
$1.000 < E < 2.000$	estimulante	agradable	neutra
$2.000 < E < 3.000$	↓	↓	↓
$E \geq 3.000$	no natural	estimulante	agradable

Tabla 5: Efecto de la luz coloreada sobre los objetos de color.

Fuente: <http://es.shvoong.com/books/guidance/1669474-iluminaci%C3%B3n-luz-color/>

El **rendimiento en color** de las lámparas es una medida de la calidad de reproducción de los colores. Se mide con el **Índice de Rendimiento del Color (IRC o Ra)** que compara la reproducción de una muestra normalizada de colores iluminada con una lámpara con la misma muestra iluminada con una fuente de luz de referencia.

Grupo de rendimiento en color	Índice de rendimiento en color (IRC)	Apariencia de color	Aplicaciones
1	$IRC \geq 85$	Fría	Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta
		Intermedia	Escaparates, tiendas, hospitales
		Cálida	Hogares, hoteles, restaurantes
2	$70 \leq IRC < 85$	Fría	Oficinas, escuelas, grandes

			almacenes, industrias de precisión (en climas cálidos)
		Intermedia	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas templados)
		Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, ambientes industriales críticos (en climas fríos)
3	Lámparas con IRC <70 pero con propiedades de rendimiento en color bastante aceptables para uso en locales de trabajo		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S (especial)	Lámparas con rendimiento en color fuera de lo normal		Aplicaciones especiales

Tabla 6: Apariencia de color y rendimiento en color.

Fuente: <http://es.shvoong.com/books/guidance/1669474-iluminaci%C3%B3n-luz-color/>

Ahora que ya conocemos la importancia de las lámparas en la reproducción de los colores de una instalación, nos queda ver otro aspecto no menos importante: la elección del color de suelos, paredes, techos y muebles. Aunque la elección del color de estos elementos viene condicionada por aspectos estéticos y culturales básicamente, hay que tener en cuenta la repercusión que tiene el resultado final en el estado anímico de las personas.



Figura 16: Influencia del color en el ambiente .

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/p1.html

Los tonos fríos producen una sensación de tristeza y reducción del espacio, aunque también pueden causar una impresión de frescor que los hace muy adecuados para la decoración en climas cálidos. Los tonos cálidos son todo lo contrario. Se asocian a sensaciones de exaltación, alegría y amplitud del espacio y dan un aspecto acogedor al ambiente que los convierte en los preferidos para los climas cálidos.

De todas maneras, a menudo la presencia de elementos fríos (bien sea la luz de las lámparas o el color de los objetos) en un ambiente cálido o viceversa ayudarán a hacer más agradable y/o neutro el resultado final.

Conceptos generales de lámparas y balastos

2.1	Fuentes de luz más comunes	25
2.1.1	Tipos y características de las fuentes de luz más comunes	26
2.1.1.1	Lámparas incandescentes	26
2.1.1.2	Lámparas de descarga	28
2.1.1.3	Lámparas especiales	30
2.1.1.4	Lámparas fluorescentes	31
2.1.1.4.1	Funcionamiento de las lámparas fluorescentes	31
2.1.1.4.2	Partes principales de las lámparas fluorescentes	34
2.1.1.4.3	Datos técnicos de lámparas fluorescentes	36
2.2	lámparas ahorradoras fluorescentes	39
2.2.1	Características de las lámparas ahorradoras fluorescentes	40
2.2.2	Ventajas de lámparas ahorradoras fluorescentes vs lámparas incandescentes	44
2.2.3	Precios del uso de lámparas ahorradoras fluorescentes vs lámparas normales	45
2.3	Luminarias	45
2.4	Balastos	48

CAPITULO II CONCEPTOS GENERALES DE LAMPARAS Y BALASTROS

En este capítulo se pretende dar un panorama general acerca de las nuevas tecnologías aplicadas a los sistemas de alumbrado así como describir sus principales características.

2.1 Fuentes de luz más comunes

Las lámparas empleadas en iluminación de interiores abarcan casi todos los tipos existentes en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc.). Las lámparas escogidas, por lo tanto, serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento, etc.) mejor se adapte a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación...)

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Doméstico	<ul style="list-style-type: none"> • Incandescente • Fluorescente • Halógenas de baja potencia • Fluorescentes compactas
Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> • Alumbrado general: fluorescentes • Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión
Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> • Incandescentes • Halógenas • Fluorescentes • Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos

Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los tipos • Luminarias situadas a baja altura (≤ 6 m): fluorescentes • Luminarias situadas a gran altura (>6 m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores • Alumbrado localizado: incandescentes
Deportivo	<ul style="list-style-type: none"> • Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes • Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión

Tabla 7: Espectro Electromagnético.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

2.1.1 Tipos y Características de las fuentes de luz más comunes

2.1.1.1 Lámparas incandescentes

El principio de funcionamiento de la lámpara incandescente se basa en que un filamento de tungsteno de espiral simple o doble se lleva hasta la incandescencia con el paso de la corriente eléctrica. Con el objeto de que no se quemara el filamento se encierra en una ampolla o bulbo de vidrio dentro del cual se hace el vacío y se introduce un gas inerte (argón, criptón, etc.)

Se estima que una lámpara incandescente operando a su voltaje nominal tiene una vida de 1000 horas, se fabrican en rangos de 25 hasta 1000 watts, su característica principal es su facilidad de utilización y bajo costo, ya que no requiere de ningún aparato auxiliar.¹

¹ Enríquez Harper, El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión, México, 2000, 2ª. Edición, Ed. Limusa

La eficiencia de las lámparas incandescentes normales es baja en comparación con los otros tipos de lámparas, y aumenta cuando aumenta la potencia de la lámpara.

El campo de empleo de las lámparas incandescentes, se encuentra principalmente en el alumbrado general y localizada en interiores (casas habitación, oficinas, negocios, etc.).

Para lámparas normales, se usa el empleo de 75 a 150 watts, con alturas no superiores a 3.0 mts.

Ventajas:

Encendido inmediato sin requerir aparatos auxiliares, ocupan poco espacio.

No tienen ninguna limitación en para la posición de su funcionamiento.

Es la más popular por su bajo precio y el color cálido de su luz.

Nos ofrece muy buena reproducción de los colores (rendimiento de color), ya que no emite en la zona de colores fríos, pero al ser su espectro de emisiones continuo logra contener todas las longitudes de onda en la parte que emite del espectro.

Desventajas:

La de menor rendimiento luminoso de las lámparas utilizadas: 12...18 lm/W (lúmenes por vatio) y la que menor vida útil tiene, unas 1000 horas.

Potencial nominal (WATTS)	Flujo Luminoso (lumen)		Eficiencia Luminosa (lumen/watt)	
	127 V.	220 V.	127 V.	220 V.
25	220	220	8.8	8.8
40	430	350	10.8	8.8
60	750	630	12.5	10.5
100	1380	1250	13.8	12.5
150	2300	2090	15.4	14.0
200	3200	2920	16.0	14.6
300	4950	4610	16.5	15.3

Tabla 8: Características de las lámparas incandescentes normales

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

2.1.1.2 Lámparas de descarga

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso, su uso está tan extendido hoy en día. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros.

Funcionamiento

En las lámparas de descarga, la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado.

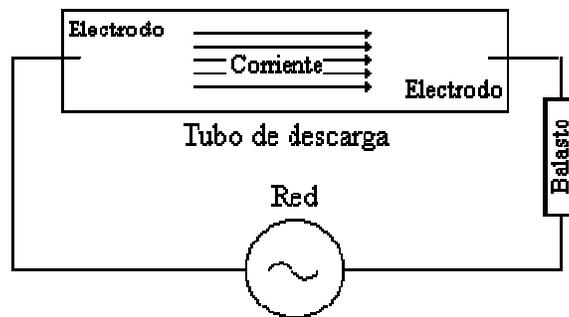


Figura 17: Espectro Electromagnético.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas como consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos. Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. Cuando uno de ellos choca con los electrones de las capas externas de los átomos les transmite energía

Elementos auxiliares

Para que las lámparas de descarga funcionen correctamente es necesario, en la mayoría de los casos, la presencia de unos elementos auxiliares: cebadores y balastos. Los cebadores o ignitores son dispositivos que suministran un breve pico de tensión entre los electrodos del tubo, necesario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica. Tras el encendido, continua un periodo transitorio durante el cual el gas se estabiliza y que se caracteriza por un consumo de potencia superior al nominal.

Los **balastos**, por contra, son dispositivos que sirven para limitar la corriente que atraviesa la lámpara y evitar así un exceso de electrones circulando por el gas que aumentaría el valor de la corriente hasta producir la destrucción de la lámpara.

Características de duración

Hay dos aspectos básicos que afectan a la duración de las lámparas. El primero es la depreciación del flujo. Este se produce por ennegrecimiento de la superficie de la superficie del tubo donde se va depositando el material emisor de electrones que recubre los electrodos. En aquellas lámparas que usan sustancias fluorescentes otro factor es la pérdida gradual de la eficacia de estas sustancias.

El segundo es el deterioro de los componentes de la lámpara que se debe a la degradación de los electrodos por agotamiento del material emisor que los recubre. Otras causas son un cambio gradual de la composición del gas de relleno y las fugas de gas en lámparas a alta presión.

Tipo de lámpara	Vida promedio (h)
Fluorescente estándar	12500
Luz de mezcla	9000
Mercurio a alta presión	25000
Halogenuros metálicos	11000
Sodio a baja presión	23000
Sodio a alta presión	23000

Tabla 9: Espectro Electromagnético.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

2.1.1.3 Lámparas especiales

Estas lámparas son de cátodo frío. Los tubos son muy largos, pudiendo ser el diámetro de 13, 17 o 22 mm. Los electrodos están constituidos de pequeños cilindros de fierro electrolítico y de níquel - cromo. Los colores que se obtienen en estas lámparas dependen del gas que se les introduce.

GAS	COLOR OBTENIDO
Neón	Rojo – anaranjado
Helio	Rosa
Mercurio	Azul verdoso
Sodio	amarillo

Tabla 10: Espectro Electromagnético.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

La potencia absorbida varia de 20 a 30 watts/metro y la eficiencia luminosa se ubica alrededor de 7 lumen/watt. Su vida media es de alrededor de 10,000 horas.

La tensión de alimentación se expresa en términos de la longitud del tubo y dependiendo del diámetro y del tipo del tubo, puede estar entre 800 y 1,000 volts por metro²

² Enriquez Harper, El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión, México, 2000, 2ª. Edición, Ed. Limusa

2.1.1.4 Lámparas fluorescentes

En la actualidad las lámparas fluorescentes se han convertido en el medio de iluminación de uso más generalizado en comercios, oficinas, sitios públicos, viviendas, etc. Sin embargo, no todas las personas conocen como funcionan, como emiten luz sin generar apenas calor, ni como pueden desarrollar más lúmenes por watt (lm/w) con menor consumo de energía eléctrica, comparadas con lámparas incandescentes en igualdad de condiciones de iluminación.

2.1.1.4.1 Funcionamiento de las lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes funcionan de la siguiente forma:

- 1.** Cuando activamos el interruptor de una lámpara de luz fluorescente que se encuentra conectada a la red doméstica de corriente alterna, los electrones comienzan a fluir por todo el circuito eléctrico, incluyendo el circuito en derivación donde se encuentra conectado el cebador (estárter).
- 2.** El flujo de electrones de la corriente eléctrica al llegar al cebador produce un arco o chispa entre los dos electrodos situados en su interior, lo que provoca que el gas neón (Ne) contenido también dentro de la cápsula de cristal se encienda. El calor que produce el gas neón encendido hace que la plaquita bimetálica que forma parte de uno de los dos electrodos del cebador se curve y cierre un contacto eléctrico dispuesto entre ambos electrodos.
- 3.** Cuando el contacto del cebador está cerrado se establece el flujo de corriente eléctrica necesaria para que los filamentos se enciendan, a la vez que se apaga el gas neón.
- 4.** Los filamentos de tungsteno encendidos provocan la emisión de electrones por caldeo o calentamiento y la ionización del gas argón (Ar) contenido dentro del tubo. Esto crea las condiciones previas para que, posteriormente, se establezca un puente de plasma conductor de la corriente eléctrica por el interior del tubo, entre un filamento y otro.

5. La plaquita bimetálica del cebador, al dejar de recibir el calor que le proporcionaba el gas neón encendido, se enfría y abre el contacto dispuesto entre los dos electrodos. De esa forma el flujo de corriente a través del circuito en derivación se interrumpe, provocando dos acciones simultáneas:

a. Los filamentos de la lámpara se apagan cuando deja de pasar la corriente eléctrica por el circuito en derivación.

b. El campo electromagnético que crea en el enrollado del balasto la corriente eléctrica que también fluye por el circuito donde éste se encuentra conectado, se interrumpe bruscamente. Esto provoca que en el propio enrollado se genere una fuerza contra electromotriz, cuya energía se descarga dentro del tubo de la lámpara, en forma de arco eléctrico. Este arco salta desde un extremo a otro del tubo valiéndose de los filamentos, que una vez apagados se convierten en electrodos de la lámpara.

6. Bajo estas nuevas condiciones, la corriente de electrones, que en un inicio fluía a través del circuito en derivación de la lámpara donde se encuentra conectado el cebador, comienza hacerlo ahora atravesando interiormente el tubo de un extremo a otro, valiéndose de los dos electrodos.

7. La fuerte corriente que fluye por dentro del tubo provoca que los electrones comiencen a chocar con los átomos del gas argón, aumentando la cantidad de iones y de electrones libres. Como resultado se crea un puente de plasma, es decir, un gas compuesto por una gran cantidad de iones y de electrones libres, que permite que estos se muevan de un extremo a otro del tubo.

8. Esos electrones libres comienzan a chocar con una parte de los átomos de mercurio (Hg) contenidos también dentro del tubo, que han pasado del estado líquido al gaseoso debido a la energía que liberan dichos electrones dentro del tubo. Los choques de los electrones libres contra los átomos de mercurio excitan a sus electrones haciendo que liberen fotones de luz ultravioleta.

9. Los fotones de luz ultravioleta, invisible para el ojo humano, impactan a continuación contra la capa de fósforo (P) que recubre la pared interior del tubo fluorescente. El impacto excita los electrones de los átomos fósforo (P), los que emiten, a su vez, fotones de luz visible, que hacen que el tubo se ilumine con una luz fluorescente blanca.

10. El impacto de los electrones que se mueven por el puente de plasma contra los dos electrodos situados dentro del tubo, hace que estos se mantengan calientes (a pesar de que los filamentos se encuentran ya apagados). Mantener caliente esos dos electrodos se hace necesario para que la emisión de electrones continúe y el puente de plasma no se extinga. De esa forma, tanto el ciclo de excitación de los átomos de vapor de mercurio como el de los átomos de fósforo dentro del tubo continúa, hasta tanto activemos de nuevo el interruptor que apaga la lámpara y deje de circular la corriente eléctrica por el circuito.

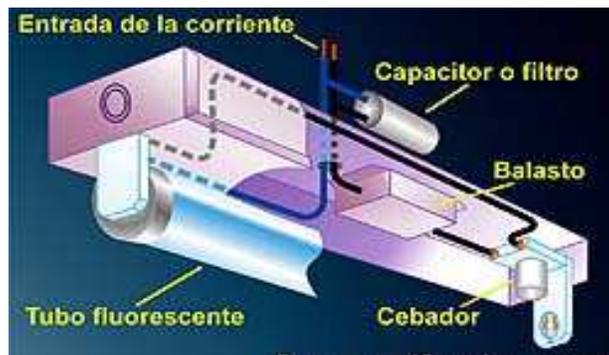


Figura 18: Partes del funcionamiento lámparas fluorescentes.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

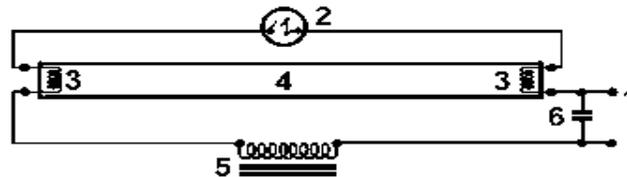
2.1.1.4.2 Partes principales de lámparas fluorescentes

Figura 19: Funcionamiento de lámparas fluorescentes.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

Esquema del circuito eléctrico de una lámpara fluorescente de 20 watt de potencia:

1. Entrada de la corriente alterna.
2. Cebador.
3. Filamentos de tungsteno.
4. Tubo de descarga de luz fluorescente.
5. Balasto o inductancia.
6. Capacitor o filtro.

Veamos a continuación cuáles son las partes principales que componen las lámparas fluorescentes más elementales:

- Tubo de descarga
- Casquillos con los filamentos
- Cebador, encendedor o arrancador (starter)
- Balasto (ballast)

A) Tubo de descarga. El cuerpo o tubo de descarga de las lámparas fluorescentes se fabrica de vidrio, con diferentes longitudes y diámetros. La longitud depende, fundamentalmente, de la potencia en watt (W) que desarrolle la lámpara. El diámetro, por su parte, se ha estandarizado a 25,4 mm (equivalente a una pulgada) en la mayoría de los tubos. Los más comunes y de uso más generalizado tienen forma recta, aunque también se pueden encontrar con forma circular.

La pared interior del tubo se encuentra recubierta con una capa de sustancia fosforescente o fluorescente, cuya misión es convertir los rayos de luz ultravioleta (que se generan dentro y que no son visibles para el ojo humano), en radiaciones de luz visible. Para que eso ocurra, su interior se encuentra relleno con un gas inerte, generalmente argón (Ar) y una pequeña cantidad de mercurio (Hg) líquido. El gas argón se encarga de facilitar el surgimiento del arco eléctrico que posibilita el encendido de la lámpara, así como de controlar también la intensidad del flujo de electrones que atraviesa el tubo.

B) Casquillos. La mayoría de los tubos fluorescentes rectos poseen en cada uno de sus extremos un casquillo con dos patillas o pines de contactos eléctricos externos, conectadas interiormente con los filamentos de caldeo o de precalentamiento. Estos filamentos están fabricados con metal de tungsteno, conocido también por el nombre químico de wolframio (W), recubiertos de calcio (Ca) y magnesio (Mg) y su función principal en los tubos de las lámparas fluorescente es calentar previamente el gas argón que contienen en su interior para que se puedan encender.

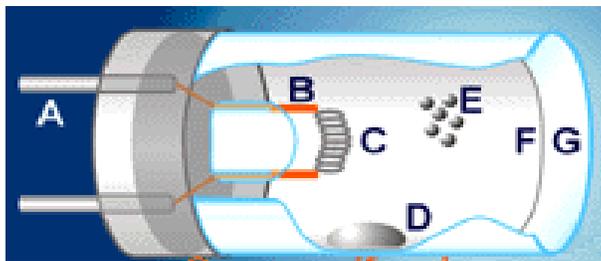


Figura 20: Partes principales de lámparas fluorescentes.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

- A. Patillas o pines de contacto.
- B. Electrodo.
- C. Filamento de tungsteno.
- D. Mercurio (Hg) líquido.
- E. Átomos de gas argón (Ar).
- F. Capa o recubrimiento fluorescente de fósforo (P).
- G. Tubo de descarga. De cristal.

El recubrimiento de calcio y magnesio que poseen los filamentos facilita la aparición del flujo de electrones necesario para que se efectúe el encendido de la lámpara. En medio de ese proceso los filamentos se apagan y se convierten en dos electrodos, a través de los cuales se establece ese flujo de corriente o de electrones.

2.1.1.4.3 Datos técnicos de lámparas fluorescentes

Pot. (watts)	Casquillo	Bulbo	Arranque	Flujo luminoso	Acabado
TL 32 W.	G13	T8	Rápido	3050 lumens	Blanco frío
TL 34 W.	G13	T12	Rápido	2650 lumens	Blanco frío
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 frío
TL 75 W.	Fa8	T12	Instantáneo	5200 lumens	Luz de día

Tabla 11: Datos técnicos de lámparas fluorescentes.

Fuente: Manual de Alumbrado Westinghouse

Tipo de lámpara		Costo relativo lámpara	Eficiencia luminosa	Aspecto Cromático	Reproducción de colores	Aplicaciones
Incandescente		Bajo	Muy baja	Cálido	Excelente	-Ámbito de aplicación muy general -Se presta bien a los alumbrados localizados y decorativos -Dado su bajo costo son interesantes en utilización intermitente
Halógenas		Medio-bajo	Baja	Cálido	Excelente	-Alumbrado interior decorativo -Alumbrado por proyectos en zonas deportivas, aeropuertos, monumentos.
Fluorescentes	Blanca cálida	Medio-elevado	Media-alta	Cálido	Buena	-Alumbrado publico -Las de lujo son indicadas para carnicerías, restaurantes, etc.

	Blanca fría	Medio-elevado	Media-alta	Intermedio	Buena	-Naves industriales, almacenes, escuelas, oficinas. -Las de lujo son indicadas para tiendas, comercios y oficinas que no necesitan un buen rendimiento de color.
	Luz día	Medio-elevado	Media-alta	Frió	Buena	-Con altos niveles de iluminación (1000 luxes) -Las de lujo en tiendas de tejido.
	Nueva generación (trifosforo)	Elevado	Alta	Frió Intermedio Cálido	Buena	-Aplicaciones que necesitan alto rendimiento luminoso y de color.
Vapor de mercurio		Medio	Media	Frió	Media	-Las de bulbo claro en jardines y parques -Las de color corregido se utilizan en la industria y alumbrado publico
Halogenuros metálicos		Elevado	Alta	Frió	Buena	-Alumbrado en grandes espacios y vestíbulos de gran altura por proyectores
Vapor de sodio de alta presión		Elevado	Alta	Cálido	Media	-Alumbrado publico -Alumbrado industrial naves altas
Vapor de sodio de baja presión		Elevado	Muy alta	Cálido	Muy pobre	-Alumbrado publico -Alumbrado de seguridad -Alumbrado arquitectónico

Tabla 12: Datos técnicos de lámparas fluorescentes.

Fuente: Manual de alumbrado westinghouse

2.2 Lámparas ahorradoras y balastos

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, generando el desarrollo económico de los pueblos; sin embargo, a pesar de tales beneficios, la industria eléctrica, aún trabajando a su máxima capacidad, no puede 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 invasión 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.

2.2.1. Características y descripción de las lámparas ahorradoras fluorescentes

- Son compatibles con los portalámparas, zócalos o “sockets” de las lámparas incandescentes de uso común.
- Al igual que las lámparas incandescentes, sólo hay que enroscarlas en el portalámparas, pues no requieren de ningún otro dispositivo adicional para funcionar.
- Disponibles en tonalidades “luz de día” (daylight) y “luz fría” (cool light), sin que introduzcan distorsión en la percepción de los colores.
- Encendido inmediato tan pronto se acciona el interruptor, pero con una luz débil por breves instantes antes que alcancen su máxima intensidad de iluminación.
- Precio de venta al público un poco mayor que el de una lámpara incandescente de igual potencia, pero que se compensa después con el ahorro que se obtiene por menor consumo eléctrico y por un tiempo de vida útil más prolongado.

Fueron desarrolladas para sustituir a las fluorescentes normales, pero operando con 10–20% menos de consumo a cambio de 5–10% de reducción de luz.

A) Características físicas: Están rellenas de mejores gases, recubrimientos fosfóricos especiales, algunos tipos incorporan una guarda para disminuir la depreciación de lúmenes y una fina banda conductora interna para arrancar con menor OCV.

B) Aplicación: Pueden usarse en prácticamente todos los casos en que se encuentren instaladas lámparas convencionales, ya que se fabrican de las mismas dimensiones y formas, aunque deben observarse las recomendaciones que se mencionan posteriormente.

C) Ahorro de energía: Depende de los colores y potencias, pero el aumento de eficacia es de 7% en promedio. Las lámparas más eficaces hasta el momento están cerca de los 100 Lm/W, como la FO32T8/(7-8)(30-35-41) ER de 1.22 m de largo y la FO96T8/(7-8)(30-35-41), de 2.44 m de largo.³

³ Hernández Cruz Víctor Hugo, Planeación e instalaciones eléctricas en edificios para el ahorro y uso racional de la energía eléctrica, México, 2001, Tesis Licenciatura (Ingeniero Mecánico Electricista)- UNAM, Facultad de Estudios Superior Cuautitlan.

D) Beneficios para el usuario: Cuando se operan con balastos adecuados, se obtiene una reducción promedio en el consumo de 24% Contra 10% en reducción de luz.

E) Recomendaciones: Las lámparas ahorradoras siempre deben acoplarse a balastos compatibles con ellas. Debe evitarse su uso con balastos del tipo baja energía o incluso normales y con dispositivos que se intercalan para lastrar la corriente del circuito. Por sus características de construcción, deben operarse a temperaturas mínimas de 15°C. Su operación óptima se obtiene con balastos electromagnéticos de alta eficiencia o electrónicos con operación a alta frecuencia.

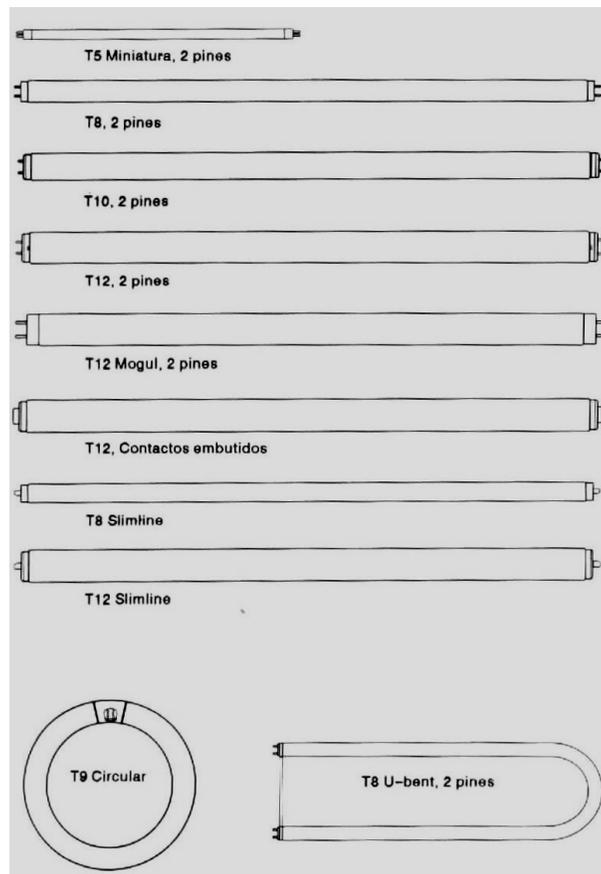


Figura 21: lámparas ahorradoras fluorescentes.

Fuente: http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html

Tonalidades lámparas fluorescentes

Tonalidades	Temperatura del color en grados Kelvin (°K)
Blanco extra cálido	2 700 (Igual que una incandescente)
Blanco cálido	3 500
Blanco	3 500
Blanco frío	4 000 (Predominio del color azul)

Tabla 13: Tonalidades de lámparas.

Fuente: Manual de alumbrado westinghouse

Comparación entre lámparas fluorescentes tradicionales y lámparas fluorescentes ahorradoras

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

Tabla 14: comparación de lámparas y balastos.

Fuente: Manual de alumbrado Westinghouse

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 39 W (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 ésta 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 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 frio 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 de 40 W de 1.5 pulg. 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.

2.2.2 Ventajas de las lámparas ahorradoras CFL comparadas con las incandescentes.

- Ahorro en el consumo eléctrico. Consumen sólo la 1/5 parte de la energía eléctrica que requiere una lámpara incandescente para alcanzar el mismo nivel de iluminación, es decir, consumen un 80% menos para igual eficacia en lúmenes por watt de consumo (lm-W).
- Recuperación de la inversión en 6 meses (manteniendo las lámparas encendidas un promedio de 6 horas diarias) por concepto de ahorro en el consumo de energía eléctrica y por incremento de horas de uso sin que sea necesario reemplazarlas.
- Tiempo de vida útil aproximado entre 8000 y 10000 horas, en comparación con las 1000 horas que ofrecen las lámparas incandescentes.
- No requieren inversión en mantenimiento.
- Generan 80% menos calor que las incandescentes, siendo prácticamente nulo el riesgo de provocar incendios por calentamiento si por cualquier motivo llegaran a encontrarse muy cerca de materiales combustibles.
- Ocupan prácticamente el mismo espacio que una lámpara incandescente.
- Tienen un flujo luminoso mucho mayor en lúmenes por watt (lm-W) comparadas con una lámpara incandescente de igual potencia.
- Se pueden adquirir con diferentes formas, bases, tamaños, potencias y tonalidades de blanco.

2.2.3 Costos de lámparas ahorradoras comparándolos con lámparas normales.

Aunque originalmente aparecieron en el mercado con un alto costo, actualmente cuestan entre 50 y 110% más que las lámparas normales equivalentes.

	100W Incand. clara	20W Bajo Consumo
Costo de compra	\$ 1,00	\$ 1 200
Vida útil	1 200 hrs.	6 000 hrs.
Consumo de energía En 6 000 hrs.	600 kwh	12 kwh
Costo de energía p/h De funcionamiento	\$ 0.015	\$ 0.003
Costo de energía por día	\$ 0.075	\$ 0.015

Tabla 15: Costo de lámparas.

Fuente: Manual de Alumbrado Westinghouse

2.3 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
- Utilizar luminarias con lámparas en posición horizontal

Donde:

- En la construcción de los “reflectores ópticos”, la cavidad de la lámpara esta 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 termino “parabólica” aplica 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 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 a la resistencia, a las condiciones ambientales y meteorológicas del lugar de instalación, diremos que cualquier tipo de luminaria 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 luminarias 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 ideas para diversas aplicaciones tales como oficinas, bancos, bibliotecas, vestíbulos, tiendas, departamentos, 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 computo.

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.

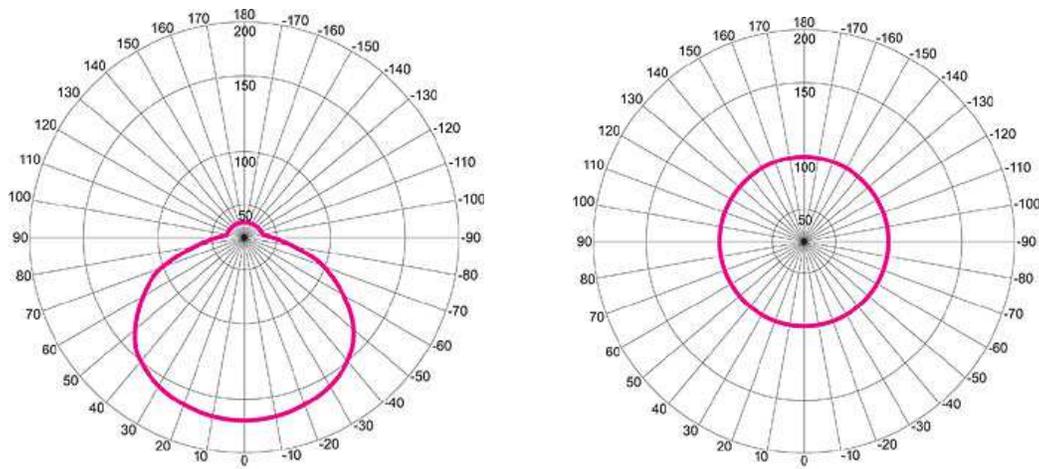


Figura 22: Comparación de lámpara con reflector y sin reflector

Fuente: Westinghouse

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.⁴

2.4 Balastos.

Descripción

Son balastos de estado sólido que pueden ser discretos ó integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (4 a 6 Watts promedio) mejorando además la eficacia de la lámpara.

Características físicas

Se pueden instalar directamente en lugar de los electromagnéticos porque son de las mismas dimensiones, aunque su peso es mucho menor. Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscópico y el flicker. Los hay de potencia de lámpara constante y de potencia variable (dimmeables).

Aplicación

En todas las aplicaciones de los balastos normales, excepto en lugares con temperaturas o vibración excesivas.

Ahorro de energía

En combinación con lámparas ahorradoras pueden permitir ahorros de hasta 35% si se les compara con los balastos y lámparas normales, pero el ahorro depende de una serie de variables que deben ser siempre consideradas.

⁴ Hernández Cruz Víctor Hugo, Planeación e instalaciones eléctricas en edificios para el ahorro y uso racional de la energía eléctrica, México, 2001, Tesis Licenciatura (Ingeniero Mecánico Electricista)- UNAM, Facultad de Estudios Superior Cuautitlan.

Costo

El costo depende del tipo de balastro y la marca. Se fabrican ya en México en las potencias más comerciales con precios entre 2 y 3 veces mayores que los normales. Algunos modelos importados cuestan entre 4 y 5 veces más que los convencionales.

Vida útil

Aunque es uno de los parámetros más difíciles de evaluar se estima una vida de 20 años, pero esto depende del fabricante y de las condiciones de operación. Para fines prácticos generalmente se consideran 50000 horas.

Beneficios para el usuario

Como trabajan con máximo Factor de Eficacia de Balastro (BEF), a alta frecuencia, con factor de cresta idóneo, excelente regulación, mínimo nivel de ruido, dermatoprotector integrado, pérdidas reducidas y otras cualidades, prestan una serie de beneficios técnicamente insuperables para el usuario, a un costo alto que en las condiciones actuales tendrá que evaluarse para decidir su aplicación.

Recomendaciones

Deben instalarse en lugares con ventilación aceptable y poca vibración, que dispongan además de una buena tierra. En productos importados se debe verificar que su tensión nominal corresponda a la tensión de suministro en México y también es recomendable que ostenten el sello UL y CBM.



Figura 23: Balastros.

Fuente: Manual de Alumbrado Westinghouse

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.

Tipos de balastros

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

- Ahorradores de energía.
- Híbridos y
- Electrónicos

A) Balastos 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 costo de operación.
- Operan con alto factor de potencia.

SIATEMA	LAMPARA/BALASTRO	CONSUMO (w)	AHORRO (w)	AHORRO (%)
2 x 34/40	Estándar / Estándar	96	-----	-----
A. Rápido	Ahorradora/ Ahorradora	72	24	25
2 x 60/75	Estándar / Estándar	173	-----	-----
Slimeline	Ahorradora/ Ahorradora	123	50	29

Tabla 16: comparación de sistemas ahorradores y estándar.

Fuente: Manual de Alumbrado Westinghouse

B) 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 balastos convencionales ya que tienen integrado un circuito

electrónico que reduce la potencia de los cátodos de la lámpara después de que fueran encendidas.

Al energizar los filamentos, reduce el uso de los 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.

C) Balastos 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 34W de arranque rápido, ofrece 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 solo 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 40W.

- **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.

CAPÍTULO III

Planteamiento del problema y metodología para optimizar un sistema de iluminación.

3.1	Levantamiento de información del sistema en estudio	55
3.2	Localización de luminaria	56
3.3	Dimensiones del local	66
3.4	Costumbres de uso	67
3.5	Color del local	67
3.6	Tipo de lámpara y potencia	68
3.7	Tipo de control de luminaria	69
3.8	Tipo de gabinete y difusor	69
3.9	Carga total instalada actual	70
3.10	Observaciones	71

**CAPITULO III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y METODOLOGIA
PARA OPTIMIZAR UN SISTEMA DE ILUMINACION**

La problemática que enfrentamos en este trabajo, es el alto pago de consumo de energía eléctrica, debido la ineficiencia de los equipos de alumbrado, ya sea por envejecimiento de los mismos, falta de mantenimiento o deficiencias en su diseño.

3.1 Levantamiento de la información del sistema en estudio

El Instituto de ciencias Básicas de la Universidad del Estado de Hidalgo cuenta con 5 módulos de aulas y 1 centros de investigación y 3 laboratorios. En el presente trabajo nos abocaremos a analizar el sistema de iluminación de los módulos A,B,C,D Y E por albergarse en ellos el mayor número de aulas de estudio, que son áreas donde se requiere un nivel elevado de iluminación, además de ser las más transitadas.

Los módulos de estudio cuentan en forma global con 195 de aulas, distribuidos de la manera siguiente:

Localización del luminaria	Dimensiones			Costumbre de uso		Color del local			Tipo de luminaria y potencia de la lámpara y balastro
	Ancho	Largo	Alto	Horas al día	Días al mes	Piso	Techo	Pared	

Tabla 17: Hoja de levantamiento A.

Fuente: Manual de Alumbrado Westinghouse

Localización del luminaria	Costumbre de uso		Nivel de iluminación		Tipo de control de luminarias	Tipo de gabinete y difusor	observaciones
	Fuera de servicio	Total	Actual	Recomendado			

Tabla 18: Hoja de levantamiento B.

Fuente: Manual de Alumbrado Westinghouse

Las lámparas encontradas en esos módulos cuentan con las características siguientes:

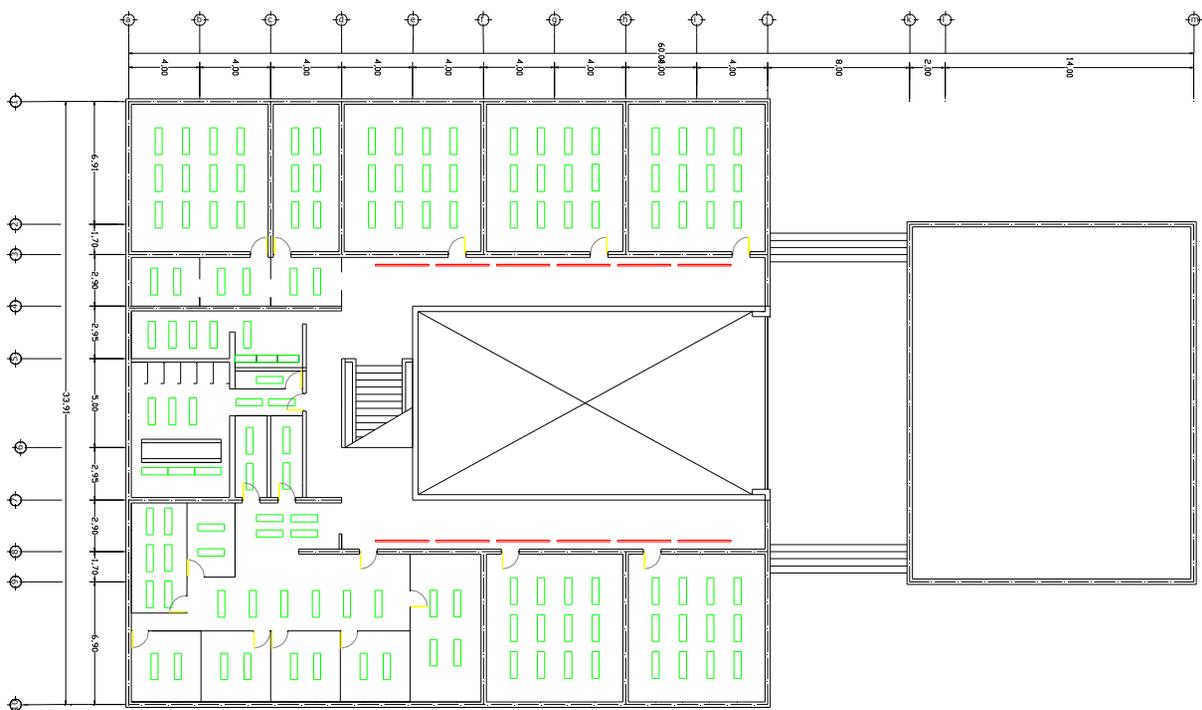
Equipo actual		Equipo actual	
Características técnicas Para luminarias con:		Características técnicas Para luminarias con:	
Lámpara:	2X40w	Lámpara:	2X75w
Tubo:	T-12	Tubo:	T-12
Arranque:	Instantáneo	Arranque:	Instantáneo
Tonalidad:	Color luz de día	Tonalidad:	Color luz de día
Flujo luminoso:	2600 lumenes	Flujo luminoso:	5200 lumenes
Vida promedio:	9 000 hrs.	Vida promedio:	12 000 hrs.
Balastro:	Electromagnético de baja eficiencia.	Balastro:	Electromagnético de baja eficiencia.
Control:	Apagador normal	Control:	Apagador normal
Reflector:	Normal y con pintura deteriorada	Reflector:	Normal y con pintura deteriorada
Difusor:	De baja calidad	Difusor:	De baja calidad

Tabla 19: Características de lámparas actuales

Fuente: Manual de Alumbrado Westinghouse

3.2. Localización de luminaria

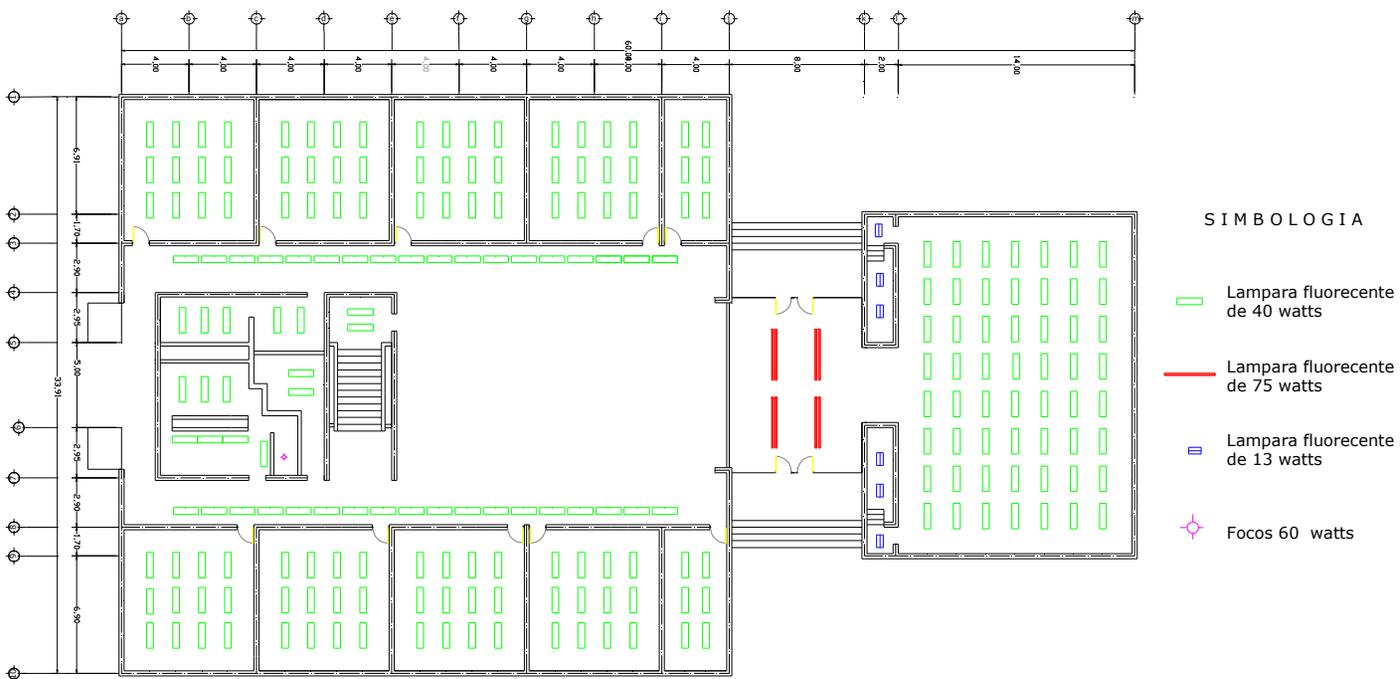
A continuación se muestra la distribución espacial actual de las luminarias instaladas en los módulos A, B, C, D y F del I.C.B.I.



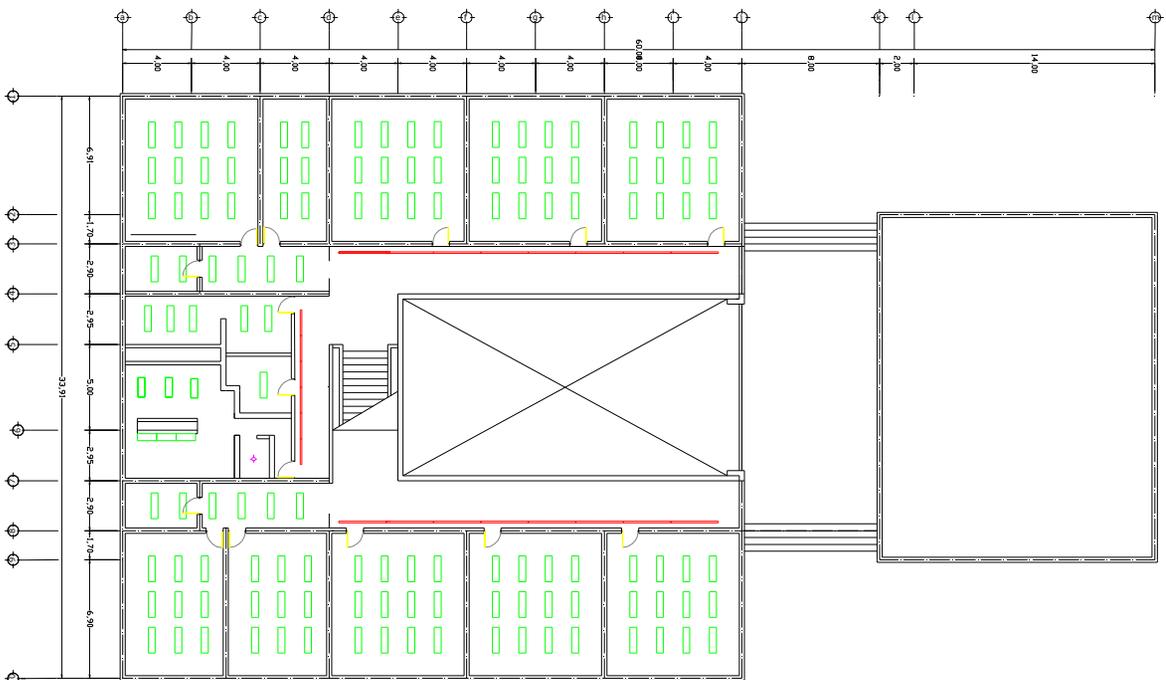
SIMBOLOGIA

-  Lampara fluorescente de 40 watts
-  Lampara fluorescente de 75 watts
-  Lampara fluorescente de 13 watts
-  Focos 60 watts

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROGELIO AVILA JIMENEZ JORGE ALBERTO MONTIEL DAVILA	NOMBRE DE PLANO: MODULO "A" (Planta Alta)	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL		ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA		REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA



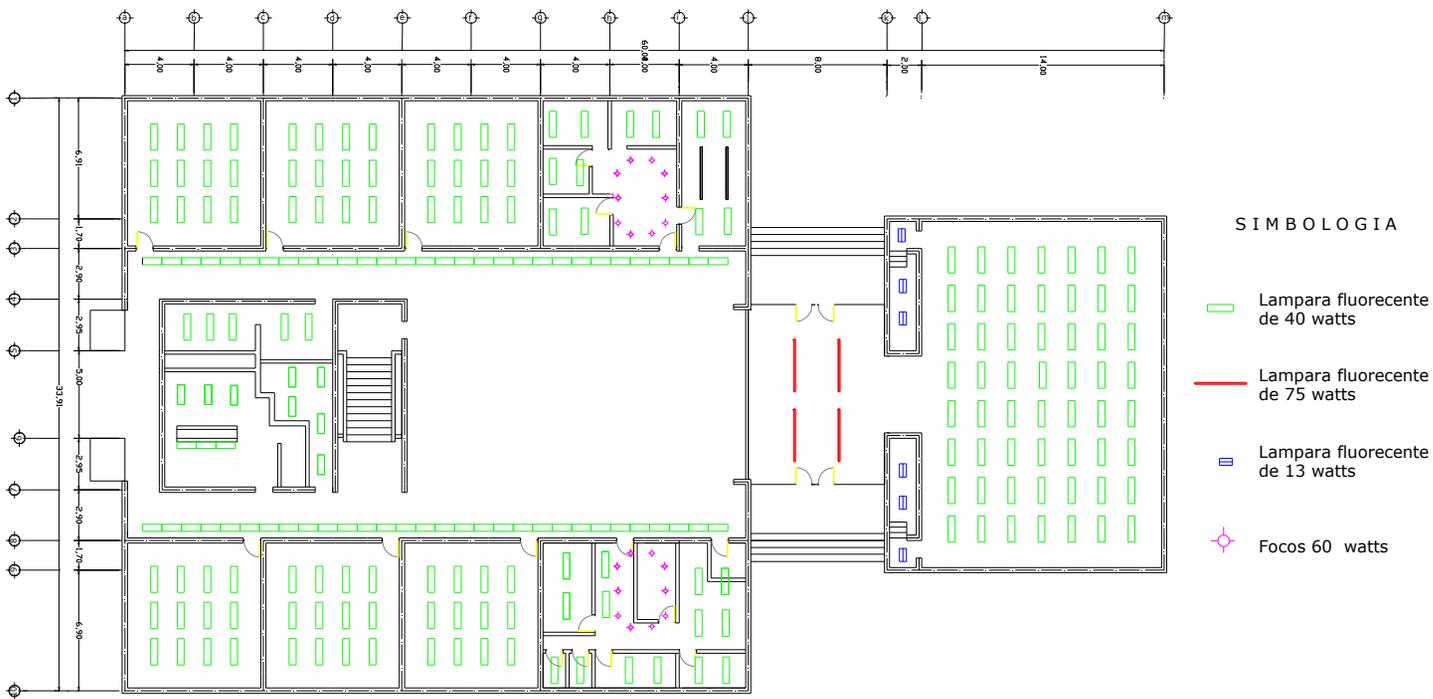
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROGELIO AVILA ZIMENEZ JORGE ALBERTO MONTEIL DAVILA	NOMBRE DE PLANO:	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL	MODULO "A"	ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA	(Planta Baja)	REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA



SIMBOLOGIA

- ▭ Lámpara fluorescente de 40 watts
- Lámpara fluorescente de 75 watts
- ▭ Lámpara fluorescente de 13 watts
- ★ Focos 60 watts

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROGELIO AVILA IMENEZ JORGE ALBERTO MONTIEL DAVILA	NOMBRE DE PLANO: MODULO "B" (Planta Alta)	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL		ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA		REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA



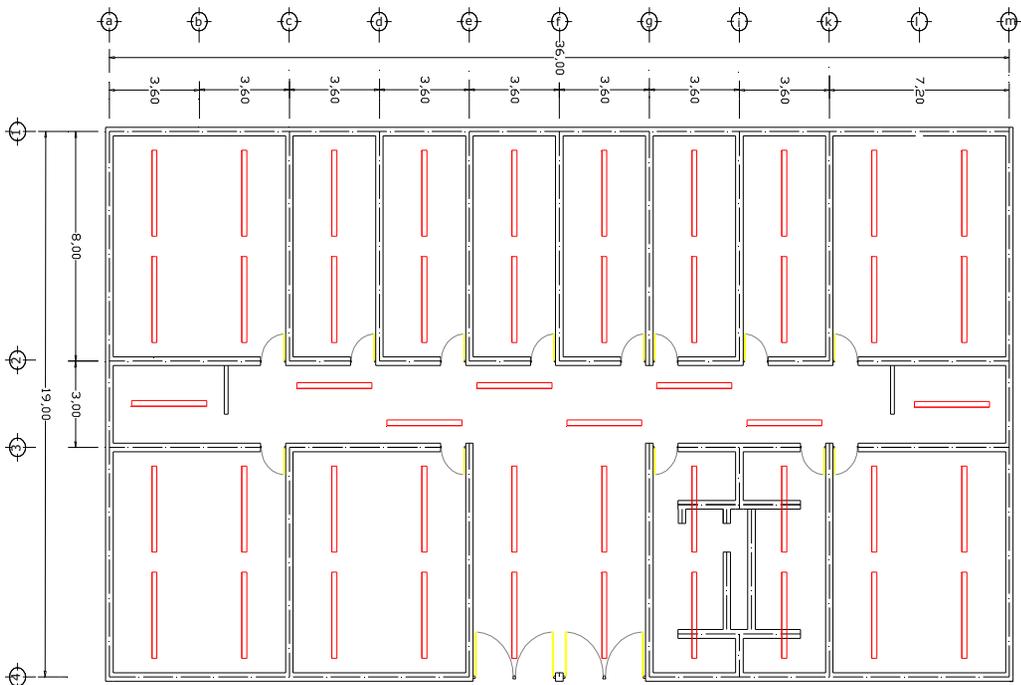
SIMBOLOGIA

-  Lámpara fluorescente de 40 watts
-  Lámpara fluorescente de 75 watts
-  Lámpara fluorescente de 13 watts
-  Focos 60 watts

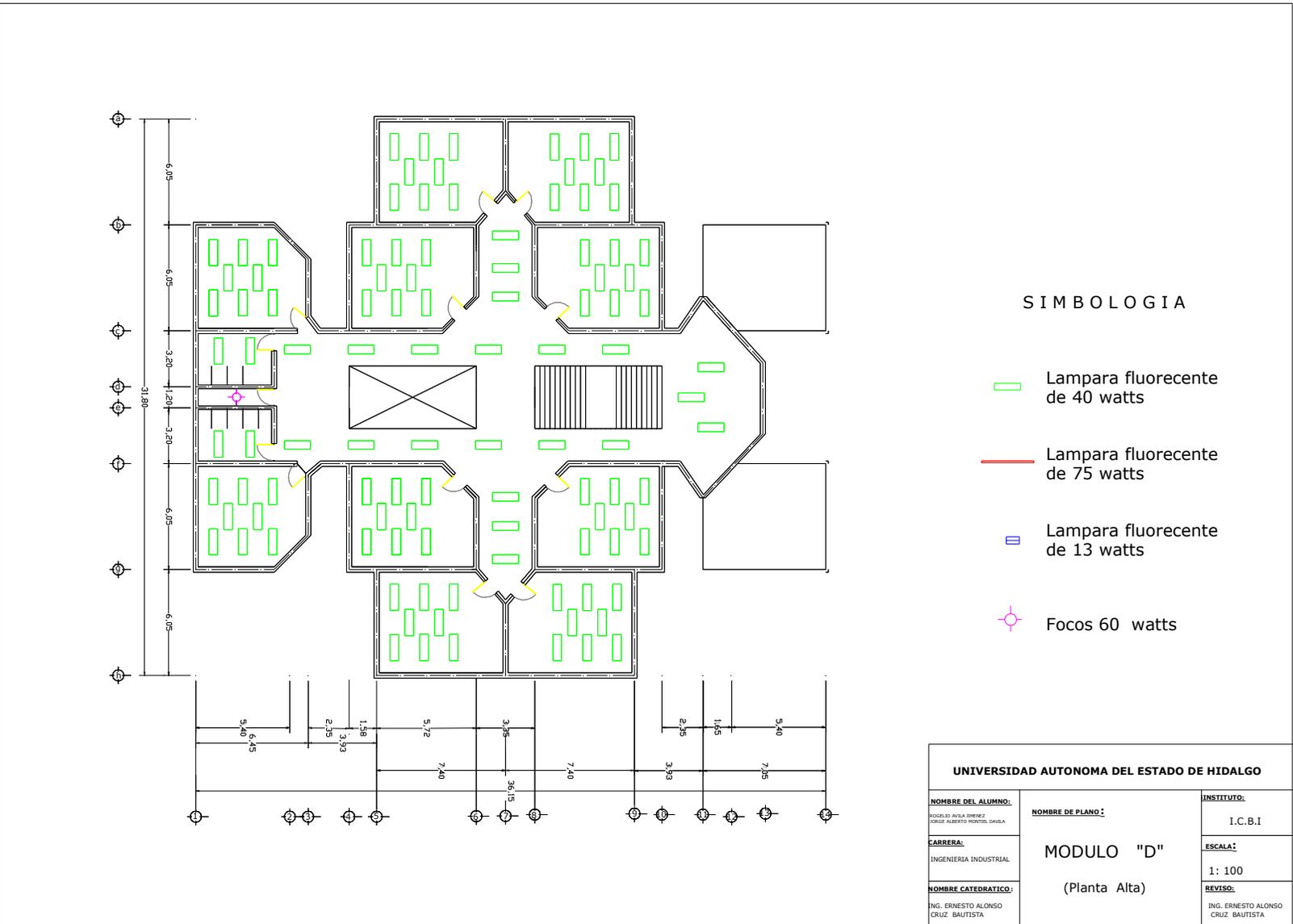
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROGELIO AVILA JIMENEZ JORGE ALBERTO MONTEL DAVILA	NOMBRE DE PLANO: MODULO "B" (Planta Baja)	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL		ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA		REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA

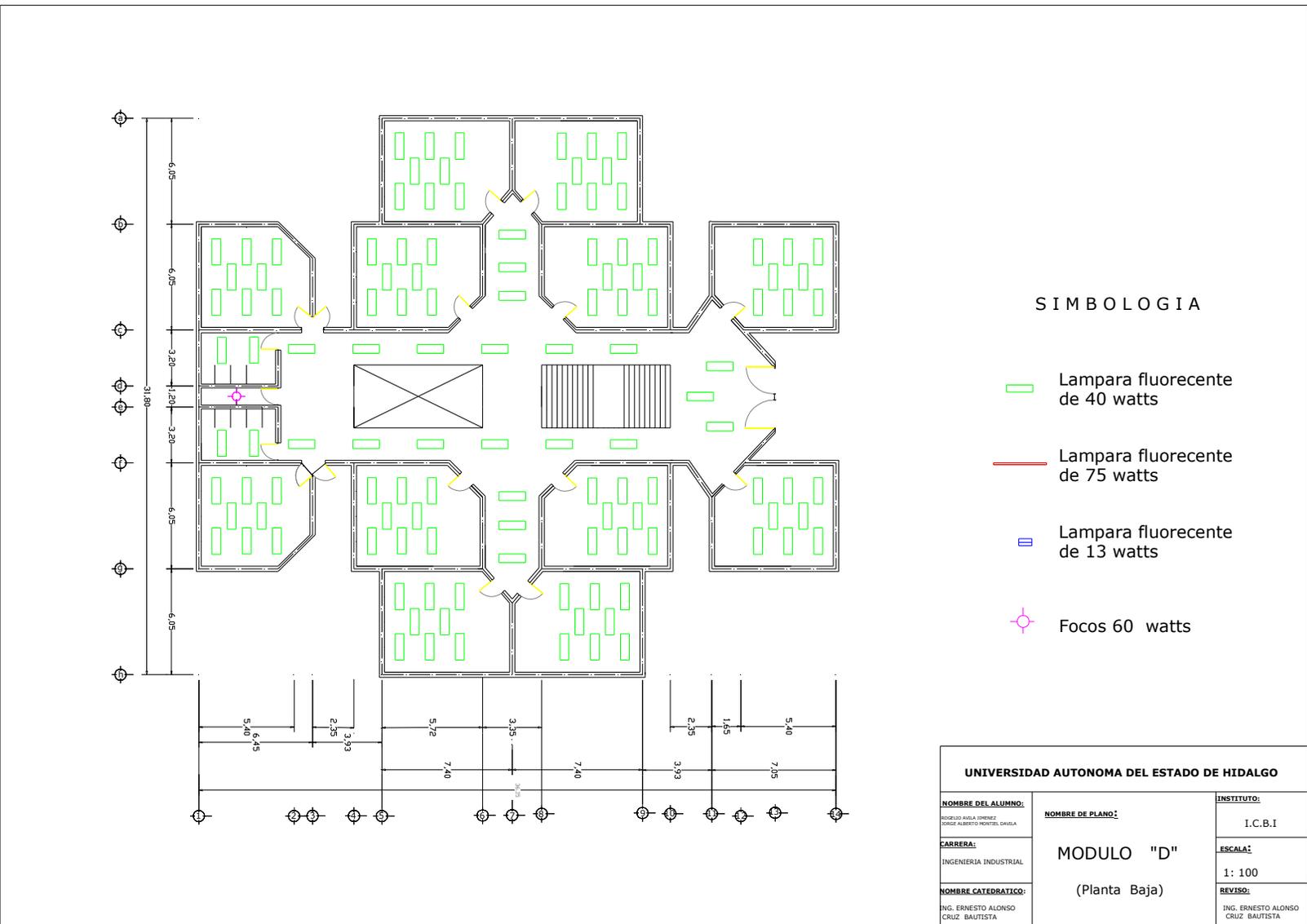
SIMBOLOGIA

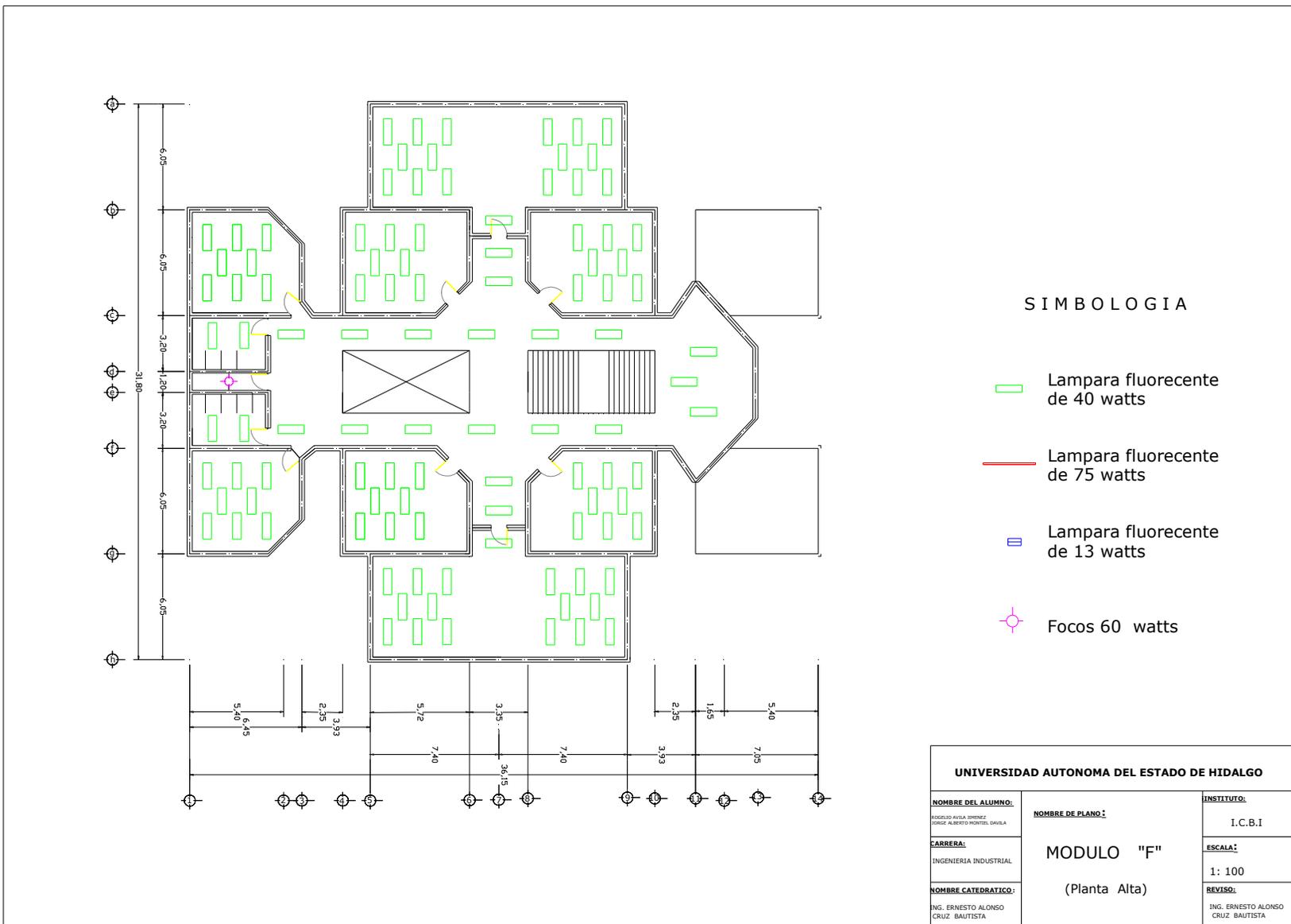
-  Lampara fluorecente de 40 watts
-  Lampara fluorecente de 75 watts
-  Lampara fluorecente de 13 watts
-  Focos 60 watts

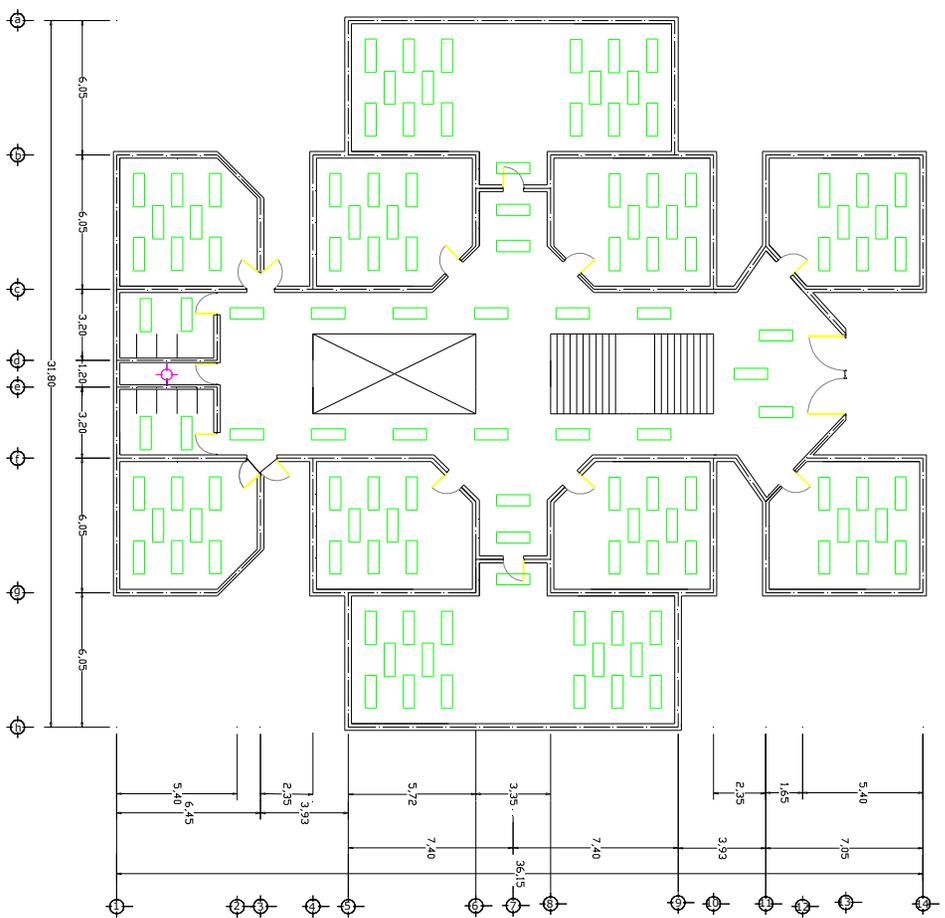


UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROSELIO AVILA JIMENEZ JORGE ALBERTO MONTEL DAVILA	NOMBRE DE PLANO: MODULO "C"	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL		ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA		REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA









SIMBOLOGIA

-  Lampara fluorecente de 40 watts
-  Lampara fluorecente de 75 watts
-  Lampara fluorecente de 13 watts
-  Focos 60 watts

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROGELIO AVILA IRRINEZ INGEN. ALBERTO MONTEZ DAVISLA	NOMBRE DE PLANO: MODULO "F" (Planta Baja)	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL		ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA		REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA

3.3 Dimensiones del local

Los módulos A, B, C, D y E, tienen están divididos en aulas de diferente área, como lo muestra la siguiente tabla:

AREA EN m ²	NUMERO DE AULAS POR MODULO					TOTAL DE AULAS
	A	B	C	D	F	
280	1	1				2
182				2	2	4
108	2	2				4
84					4	4
79.5			1			1
68.88	14	13				27
57.6			6			6
47.57		2				2
42				22	14	36
34.44	5	1				7
28.8			8			8
18				4	4	8
16.5	8	9				17
14.4				4	4	8
14.25			2			2
12	16	16				32

Tabla 20: Áreas de aulas.

Fuente: Elaboración propia

3.4 Costumbres de uso

Los módulos A, B, C, D y E, están divididos en aulas de diferente área, como lo muestra la tabla anterior; y de estas aulas, algunas son para usos diversos como aulas, baños, pasillos, cubículos, área de oficinas, y salas de usos diversos.

La iluminación se utiliza aproximadamente 14 hrs al día en un promedio de 280 hrs. Mensuales.

3.5 Color del local

Las instalaciones o inmuebles, tienen el piso color blanco, las paredes color blanco y el techo color blanco las y tienen ventanas de cristal transparente.



Figura 24: Color de paredes y techo en aula.

Fuente: Elaboración Propia

3.6 Tipo de lámpara y potencia.

De las instalaciones anteriores se tienen las siguientes lámparas:

Tipo de lámpara	cantidad
Fluorescente de 40 W.	2330
Fluorescente de 75W.	192
Fluorescente de 13 W.	24
Incandescente de 100W	27

Tabla 21: tipo de luminarias en aulas.

Fuente: Elaboración propia



Figura 25: Tipo de luminarias en aulas.

Fuente: Elaboración propia

3.7 Tipo de control de luminaria

El tipo de control de luminaria de las instalaciones mencionadas se realiza a través de un apagador individual.



Figura 26: Control de luminarias en aulas.

Fuente: Elaboración propia

3.8 Tipo de gabinete y difusor

El gabinete es rectangular de aluminio, con una dimensión de 1.25 mts de largo x .0.22 mts de ancho, el cual se encuentra empotrado con una tapa de acrílico.

Checar en los manuales, gabinete para lámpara T 12 de 39 y 75 W

3.9 Carga total instalada Actual

Cantidad de lámparas	Tipo de sistema actual	Carga unitaria W	Carga total Kw
2330	Fluorescente 40 W	50.00	116.5
192	Fluorescente 75 W	93.75	18
24	Fluorescente 13 W	24.00	.576
27	Incandescente 100 w.	150.00	4.05
	Carga con equipo actual		139.12

Tabla 22: Carga total instalada sistema actual.

Fuente: Elaboración propia

Consumo actual	
Carga de iluminación:	139.12 Kw
Horas de consumo diario:	14hrs.
Días de consumo:	5
Consumo semanal: (139.12)(14)(5)=	9,738.4 Kwh
Costo KWH= 2.46 Costo mensual: (9,738.4)(4)(2.46)=	\$60,698.04

Tabla 23: Consumo actual.

Fuente: Elaboración propia

3.10 Observaciones

En esta investigación se llego a las siguientes conclusiones:

- A través de este estudio se pudo destacar la pérdida de iluminación, así como los interruptores de apertura, cierre de los circuitos eléctricos.
- El gasto de energía eléctrica innecesario.
- Se constato que la falla de limpieza de los diversos aparatos de alumbrados, disminuye la cantidad de flujo luminoso que va dirigido hacia el área a iluminar.

Todo lo antes expuesto constituye un basamento relevante para este trabajo de investigación, ya que se pudo notar que la relación que existe entre los trabajos revisados y la investigación presentan en forma indirecta el método de sistema de iluminación interior, debido a que los objetivos generales de ambos trabajos guardan ciertas características sobre los métodos de cálculos de un sistema de iluminación interior que es lo que se quiere lograr ó alcanzar en el desarrollo del sistema de iluminación de las aulas de clase de los módulos A,B,C,D y E del INSTITUTO DE CIENCIAS BASICAS e INGENIERIA.

Sistema propuesto

4.1	Método de cálculo de lumen o cavidad zonal	74
4.1.1	Explicación de método de cavidad	74
4.1.2	Ejemplo de método de cavidad	75
4.2	consideraciones generales de sistema propuesto	84
4.2.1	Selección de lámparas	85
4.2.2	Selección de luminarias	85
4.3	Nueva propuesta de iluminación	85
4.3.1	Localización de luminaria en sistema propuesto	92

CAPITULO IV SISTEMA PROPUESTO

El agotamiento de los recursos naturales y de los combustibles derivados del petróleo están ocasionando que en todas partes del mundo se busquen nuevas fuentes de energía alternativas, así como concientizar a la población en general sobre la importancia del ahorro de la misma, por lo cual en este trabajo proponemos una alternativa viable.

En la investigación realizada se plantea como objetivo principal la optimización del sistema de alumbrado de los 5 módulos principales del instituto del instituto de ciencias básicas e ingeniería (ICBI) de la universidad autónoma del estado de Hidalgo.

Este estudio se realizó debido a la gran deficiencia que viene presentando el sistema de iluminación de las aulas de clase del módulo A, B, C, D y E así como también la importancia que tiene una buena distribución de las lámparas que garantizan el flujo luminoso adecuado en las áreas donde se imparten clase sobre todo en los horarios nocturnos. Para lograr los objetivos planteados se utilizó el diseño de investigación de campo, además de lo descriptivo y exploratorio, logrando de esta manera conocer en profundidad el estado actual del sistema de iluminación de los módulos antes mencionados, así como también los pasos que se deben seguir para garantizar un buen nivel de iluminación a través de cálculos y lograr de manera eficaz la calidad en los servicios prestados al estudiantado y a los profesores de esta Institución.

Los sistemas de iluminación se diseñan para realizar determinadas tareas o necesidades sin embargo, por diferentes motivos se van realizando, de tal manera que también cambian los requerimientos de iluminación, pero muy pocas veces se toman en cuenta las necesidades luminosas. En otros casos los sistemas de iluminación desde su diseño original no contemplan el nivel de iluminación adecuado para la tarea a realizar.

El objetivo de esta metodología es rediseñar sistemas de iluminación actuales y obtener sistemas nuevos que garanticen los niveles de iluminación requeridos en esa área. Además hacer uso de nueva tecnología en lámparas y balastos ahorradores de energía y mejorar el confort visual.

4.1 Método de cálculo de lumen o cavidad zonal

El método de cavidades zonales está basado sobre la teoría de que la iluminación media es igual al flujo que incide sobre el plano de trabajo dividido por el área sobre la cual se distribuye. Este avance en el cálculo del factor de utilización se caracteriza principalmente por la introducción de medios, por los cuales pueden calcularse estos para muchas condiciones variables, que antiguamente o bien se ignoraban o se establecían como valores o relaciones fijos.

El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques:

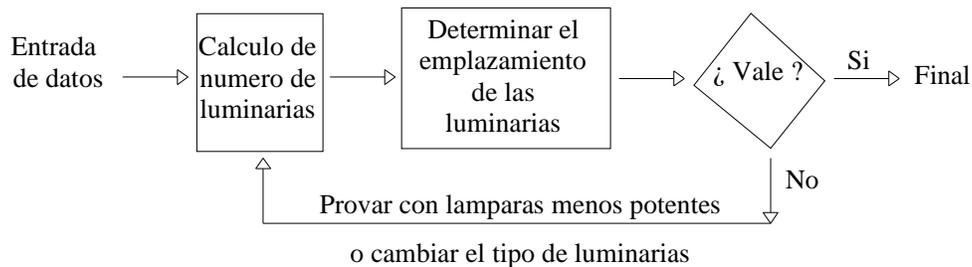


Figura 27: Diagrama de método de cavidad.

Fuente: Elaboración propia

4.1.1 Explicación de método de cavidad

En general el método de cavidad por zonas comprende:

- 1) La suposición o medición de las reflexiones del techo (acabado), pared y piso.
- 2) Substitución de valores en fórmulas simples, para encontrar las relaciones de cavidad del cuarto.

- 3) Uso de una tabla para encontrar las reflexiones efectivas por cavidad.
- 4) Uso de tablas de fabricantes para encontrar los coeficientes de utilización de las unidades de alumbrado que se van a utilizar.
- 5) Substitución de valores en una fórmula simple para encontrar los footcandles (o el número de unidades de alumbrado).

Las tablas presentadas aquí son para fines de explicación únicamente.

4.1.2 Ejemplo de método de cavidad

Para entender mejor el método de cavidad por zonas se pone un ejemplo de un aula del modulo A del instituto de ciencias básicas e ingeniería dando la explicación paso por paso y el esquema de nomenclatura de cavidad por zonas.

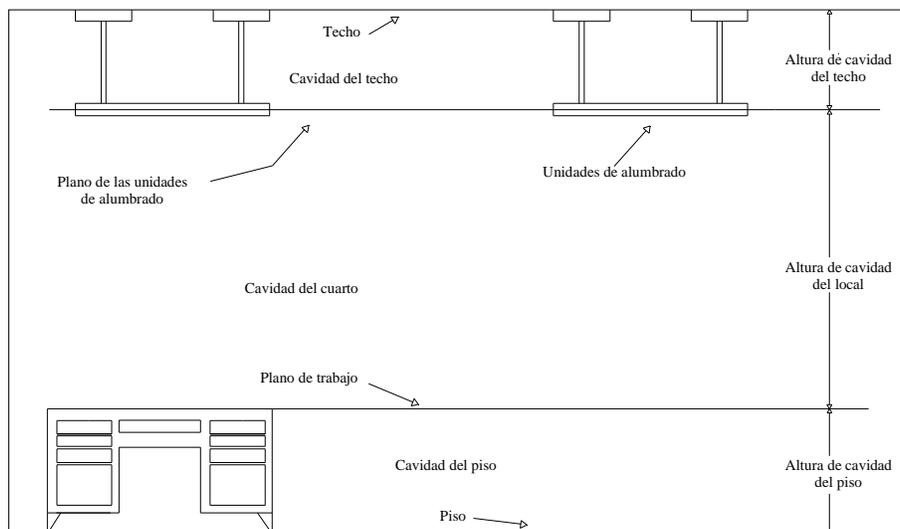


Figura 28: Nomenclatura de cavidad por zonas

Fuente: Elaboración propia

A. Datos del cuarto

Líneas 1 a 4: Estos son datos físicos obtenidos de planos o mediciones del local. Se supone que nuestra aula tiene las siguientes dimensiones. La longitud 8 mts (línea 1), el ancho 8.61mts (línea 2); el área del piso 68.88 mts² (línea 3); y la altura del techo 3 mts (línea 4).

Líneas 5 a 7: la reflexión de una superficie es una medida de la cantidad de luz que se refleja de la superficie. Esto está expresado como un porcentaje de la cantidad total de luz que cae en la superficie con colores claros, tendrá reflexiones mayores que las superficies con los acabados oscuros.

El diseñador de escenarios, el ingeniero de alumbrado y el decorador de interiores deben estar de acuerdo para mantener las reflexiones esperadas. En la ausencia de cualquier información, los valores mostrados en la tabla de %s de reflexión recomendados pueden ser usados como una guía para efectuar cálculos de alumbrado.

Línea 8: si las unidades de alumbrado van a estar suspendidas, se considera la distancia de la unidad de alumbrado al piso. Si las unidades de alumbrado van a estar empotradas o sobre la superficie, considérese la altura del techo.

Suponiendo que para nuestra instalación: van a estar montadas sobre la superficie del techo 2 lámparas con rejilla. La altura de montaje será de 3mts que corresponderán a la línea 8.

A. Datos del cuarto

Dimensiones del cuarto	Longitud	¹ 8 mts
	Ancho	² 8.61 mts
	Área del piso	³ 68.88 mts
	Alturas al techo	⁴ 3 mts
Superficie reflejada	Techo	⁵ 80%
	Pared	⁶ 50%
	Piso	⁷ 30%
Altura de montaje de las unidades de alumbrado		⁸ 3.0 mts

Tabla 24: Ejemplo de método de cavidad

Fuente: Elaboración propia.

Reflexiones recomendadas en %					
Superficie	Oficinas	Plantas industriales	Escuelas	Residencias	Hospitales
Techo	80.92	80-.90	70-90	60-90	80-92
Paredes	40.60	40-60	40-60	35-60	40-60
Piso	21.39	Mínimo 20	30-50	15-35	20-40

Tabla 25: Reflexiones recomendadas en %

Fuente: Manual de alumbrado Westinghouse

B. Datos de cavidad

Líneas 9 a 16: supondremos que el nivel de escritorio está aproximadamente 0.8 mts del piso. Puesto que no hay cavidad del techo ya que las unidades de alumbrado están montadas sobre la superficie del techo, la altura de cavidad de techo será cero (línea 11). La altura de cavidad del piso será 0.8 mts (línea 14). La altura de cavidad del cuarto será así: 2.2 mts (línea 9).

Las fórmulas para determinar las relaciones de cavidad están indicadas en la tabla siguiente de la forma. Los valores se colocaran en los espacios indicados. La relación de cavidad del cuarto es 2.65 y se considera como la línea 10. Las relaciones de cavidad de techo y del piso 0 y 0.96 respectivamente, son consideradas en las líneas 12 y 15.

<p>Relación de cavidad = $\frac{5 \times \text{altura de la cavidad} \times (\text{longitud} + \text{ancho})}{\text{Longitud} \times \text{ancho}}$</p> <p>Cuarto:</p> $= \frac{5 \times 2.2 \times (8 + 8.61)}{8 \times 8.61} = 2.65$ <p>Techo :</p> $= \frac{5 \times 0 \times (8 + 8.61)}{8 \times 8.61} = 0$ <p>Piso :</p> $= \frac{5 \times 0.8 \times (8 + 8.61)}{8 \times 8.61} = 0.96$

Tabla 26: formula y calculo de relación de cavidad.

Fuente: Elaboración propia

La reflexión efectiva de las cavidades del piso y techo. Para un 80% de reflexión del techo (línea 5), un 50% de reflexión de pared (línea 6) y una relación de cavidad del techo de 0 (línea 12), la reflexión efectiva de cavidad del techo (de la tabla correspondiente) es 80%, la cual es considerada como línea 13.

B. Datos de cavidad

Cavidad del cuarto	Altura	⁹ 2.2 mts.
	Relación	¹⁰ 2.65
Cavidad del techo	Altura	¹¹ 0
	Relación	¹² 0
	Eficiencia de reflexión	¹³ 80%
Cavidad del piso	Altura	¹⁴ 0.8 mts
	Relación	¹⁵ 0.96
	Eficiencia de reflexión	¹⁶ 27%

Tabla 27: Datos cavidad por zonas

Fuente: Elaboración propia

Relación de cavidad del techo o piso	% de reflexión del piso o techo					
	90	80	70	50	30	10
	% de reflexión de pared					
	70 50 30	70 50 30	70 50 30	70 50 30	50 30 10	50 30 10
	% de reflexión de efectiva					
0.2	88 86 85	78 77 76	68 67 66	49 48 47	29 29 28	10 10 9
0.4	86 83 81	76 74 72	67 65 63	48 46 45	29 27 26	11 10 9
0.6	84 80 76	75 71 68	65 62 59	47 45 43	28 26 25	11 10 9
0.8	82 77 73	73 69 65	64 60 56	47 43 41	27 25 23	11 10 8
1.0	80 74 69	71 66 61	63 58 53	46 42 39	27 24 22	11 9 8
1.2	78 72 65	70 64 58	61 56 50	45 41 37	26 23 20	12 9 7
1.4	77 69 62	68 62 55	60 54 48	45 40 35	26 22 19	12 9 7
1.6	75 66 59	67 60 53	59 52 45	44 39 33	25 21 18	12 9 7

Tabla 28: % Reflexión efectiva de la Cavidad del piso o techo

Fuente: Manual de alumbrado Westinghouse

Para una reflexión del piso de 30% (línea 7), una reflexión de la pared de 50% (línea 6) y una relación de cavidad del piso de 0.96 (línea 15), la reflexión efectiva de la cavidad del piso será de 27 (de tabla correspondiente).

C) Datos de unidades de alumbrado

Líneas 17 a 22: supondremos que las 2 lámparas fluorescentes con rejilla de la tabla de coeficientes de utilización para este tipo de lámparas serán las que utilizemos, con un alto grado de eficiencia en lámparas de 3050 lumens. Las líneas 17 a 20 se llenan de acuerdo con estos datos. Por consiguiente de la tabla anterior se encuentra el valor de coeficiente de utilización.

Para un 80% de reflexión efectiva para la cavidad de techo (línea 13), a un 50% de reflexión de la pared (línea 6) y una relación de cavidad del cuarto de 2.75 (línea 10), la tabla anterior da un valor de coeficiente de utilización (CU) de 0.73.

Nota: los coeficientes de utilización dados en la tabla son para 30% de reflexión efectiva para la cavidad del piso. Nuestro valor (línea 16) fue de 27%. Para valores de una reflexión efectiva de la cavidad del piso mayor del 30%, se aplicaran los factores de corrección de la tabla correspondiente.

Fue hecha esta tabla de CU para reflexiones efectivas de 30% y es aplicable para valores menores de 30%, de acuerdo a las instrucciones de la tabla.

Para demostrar el uso de la tabla de coeficientes de utilización para reflexiones efectivas de cavidad de piso diferentes de 30.

El factor de mantenimiento (FM) indicado por la línea 22 se usa cuando es “mantenido”, como opuesto a, “inicial”, siendo calculados los luxes. Este factor toma en cuenta la reducción en rendimiento de la lámpara debido al envejecimiento de la lámpara y por qué se acumula polvo. El manual de alumbrado IES, 4ª edición, tienen tablas y curvas las cuales pueden usarse para encontrar un factor de mantenimiento adecuado para cualquier condición y tipo de lámpara indicada. Supondremos que para nuestra condición se tiene un FM de 0.8, indicado en la línea 22.

C) Datos de unidades de alumbrado

Fabricante	17
No. Catálogo	18
Lámparas por unidad de alumbrado	19 2
Lumens por lampara	20 3050

Coeficiente de utilización	²¹ 0.63
Factor de mantenimiento	²² 0.8

Tabla 29: Datos de unidades de alumbrado

Fuente: Elaboración propia

Relación de cavidad del cuarto	% de reflexión efectiva en la cavidad del techo					
	80	70	50	30	10	0
	% de reflexión de pared					
	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	0
	Coeficientes de utilización para 20% de reflexión efectiva para la cavidad del piso					
	1	0.59 0.57 0.56	0.58 0.56 0.55	0.56 0.54 0.53	0.53 0.52 0.51	0.51 0.51 0.50
2	0.53 0.50 0.47	0.52 0.49 0.47	0.50 0.48 0.46	0.48 0.46 0.45	0.47 0.45 0.44	0.43
3	0.48 0.44 0.41	0.47 0.43 0.40	0.45 0.42 0.40	0.44 0.41 0.39	0.42 0.40 0.39	0.38
4	0.43 0.39 0.36	0.42 0.39 0.36	0.41 0.38 0.35	0.40 0.37 0.35	0.39 0.36 0.34	0.33
5	0.39 0.34 0.31	0.38 0.34 0.31	0.37 0.33 0.31	0.36 0.33 0.30	0.35 0.32 0.30	0.29

Tabla 30: Coeficientes de utilización para una unidad con 2 lámparas de ancho con rejilla plástica blanca de 45°

Fuente: Manual de alumbrado Westinghouse

D) Numero de luminarias y lámparas

Líneas 23 a 25:

(1) Para determinar cuántas unidades de alumbrado o lámparas se requieren para producir un determinado nivel de iluminación en Luxes.

(2) Para determinar que nivel de alumbrado se producirá con un numero dado de unidades de alumbrado

En nuestro caso hemos considerado alumbrar un aula a 300 luxes, por lo que consideramos este valor en la línea 23 y procederemos a encontrar el número de unidades de alumbrado para producir los 300 luxes. Este cálculo se encuentra en la tabla siguiente de la forma. Colocando los valores conocidos en los espacios correspondientes, encontramos que se requieren 6.72 unidades de alumbrado, la cual se debe redondear a un numero entero y será 7, lo que indica la línea 24, y el numero de lámparas se coloca en línea 25.

$\text{Número de unidades de alumbrado} = \frac{\text{área del piso} \times \text{luxes deseados}}{\text{Lámparas por unidad de alumbrado} \times \text{lumens por lámpara} \times \text{coeficiente de utilización} \times \text{factor de mantenimiento}}$
$\text{Número de unidades de alumbrado} = \frac{68.88 \times 300}{2 \times 3050 \times 0.63 \times 0.8} = 6.72 \text{ redondeando} = 7$
$\text{Numero de lámparas} = \text{Numero de unidades de alumbrado} \times \text{lámparas de unidad de alumbrado}$
$\text{Numero de lámparas} = 7 \times 2 = 14$

Tabla 31: Calculo de número de unidades de alumbrado

Fuente: Elaboración propia.

Número de unidades requeridas para producir un numero dado de luxes	
Nivel de iluminación deseado	23
	300
Número de unidades de alumbrado	24
	7
Numero de lámparas	25
	14

Tabla 32: Número de unidades requeridas para producir un numero dado de luxes

Fuente: Elaboración propia

4.2 Consideraciones generales.

Para resolver la iluminación interior del en los módulos del instituto del ICBI, se han de considerar diversos aspectos, como son el estético, muy importante en este tipo de edificios, el de confort visual, y el de eficiencia lumínica y energética.

Tanto en la elección de la lámpara o tipo de luminaria, se ha diferenciado el tratamiento a tomar en 3 diferentes bloques, con soluciones lumínicas distintas, aspectos justificados posteriormente. Dichas zonas las resumimos en:

□ *Iluminación decorativa* en pasillos, recepción, salas de estar y cafetería. En estas zonas impera el sentido estético y no el de rendimiento lumínico. Por lo tanto, se ha adoptado alumbrado semi directo en los pasillos y salas para atenuar el efecto de sombras y brillos producidos por el alumbrado directo. En recepción y en algunos puntos muy concretos de ha adoptado alumbrado directo con lámparas halógenas de bajo voltaje, para reforzar la iluminación realzando el aspecto decorativo.

□ *Iluminación en zonas de trabajo administrativo.* En estos recintos, como pueden ser oficinas, aulas y salas de conferencias, impera el aspecto de confort visual, así como el estético. Se utilizarán luminarias aptas para todo tipo de fluorescencia, de luminancia suave, proporcionando sensación de bienestar con bajo contraste entre los diferentes elementos del sistema.

□ *Iluminación en zonas con atmósferas sucias, corrosivas o en contacto con el exterior* (como cocina, salas de máquinas y almacenes). En estas dependencias impera el sentido de seguridad, además del de rendimiento lumínico. En previsión de condensaciones peligrosas y posibles oxidaciones aceleradas, así como de polución, se las ha dotado de luminarias para fluorescencia estancas IP-55 e IP-54, según normas.

4.2.1 Selección de lámparas

Se descartarán lámparas de incandescencia por su bajo rendimiento y alto consumo. Se adoptarán lámparas fluorescentes, tanto en su versión lineal como compacta, debido a su bajo consumo, larga vida útil y que reproducen perfectamente todas las tonalidades de luz requeridas en cada recinto.

4.2.2 Selección de luminarias

Todas las luminarias a aplicar tendrán rendimientos elevados, con luminancias suaves, especialmente en aulas de estudio, para que no se produzca el indeseable fenómeno del deslumbramiento.

4.3 Nueva propuesta de iluminación

Debido a los datos arrojados por el levantamiento, se requiere adecuar el sistema de iluminación, ya que excede de los niveles adecuados a cada área, y debido a esto se incrementa el costo por uso de energía eléctrica.

Se requiere hacer una nueva propuesta de iluminación para todas las aulas, cubículos, oficinas, bodegas, baños, salas de juntas y audiovisuales; todas estas tienen diferentes dimensiones de ancho y largo, pero todas tienen 3 m de altura y se ocuparán 3050 lumens por lámpara.

Esta propuesta se va realizar de acuerdo al método de cavidad zonal o método de lumen, el cual ya se explico anteriormente y se describe de la siguiente manera.

En la actualidad en el modulo A se tiene un mismo tipo de aula, cuyas dimensiones son de 8mts de ancho, 8.61mts de largo y 3mts de alto y en la cual se tienen 12 gabinetes con 24 lámparas fluorescentes T-12 de 40 W y con el sistema propuesto se tendrían 7 gabinetes con 14 lámparas fluorescentes T-8 de 32W y se tendría un ahorro de 5 gabinetes y 10 lámparas fluorescentes T-12.

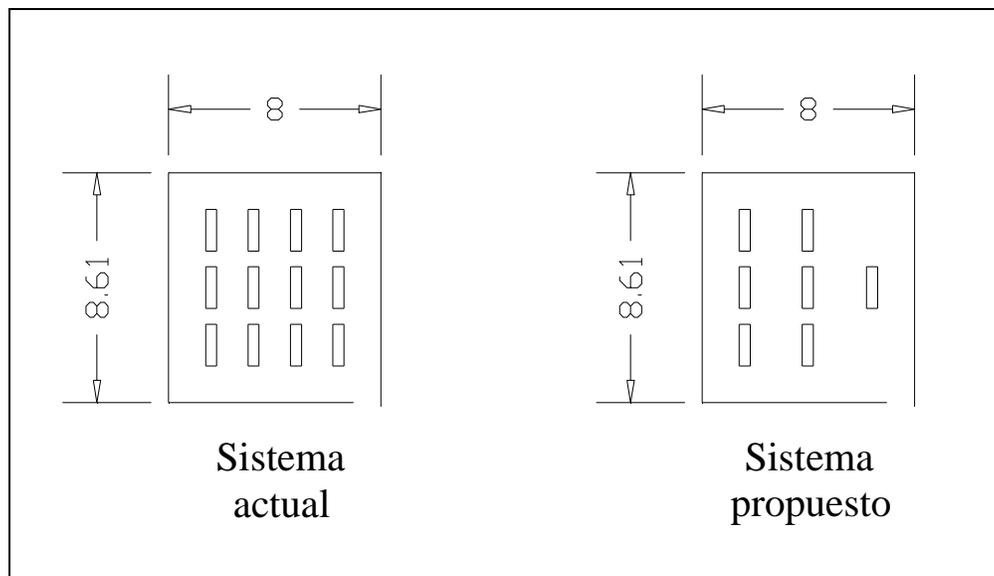


Figura 29: Comparación de la colocación de luminarias entre el sistema actual y el propuesto

Fuente: Elaboración propia

En los levantamientos realizados anteriormente se encuentran lámparas fluorescentes T-12 de 40W, T-12 de 75 W, T-12 de 13 W y lámparas incandescentes de 100 W, pero solo las T-12 de 40 W (todas) y las T-12 de 75 W (modulo C) serán las consideradas para la propuesta ya que las demás no tienen un uso continuo mas sin embargo se contarán para el consumo de energía.

Tipo de lámpara	cantidad
Fluorescente de 40 w.	2 330
Fluorescente de 75w.	192
Fluorescente de 13 w.	24
Incandescente de 100W	27

Tabla 33: Cantidad de lámparas actuales

Fuente: Elaboración propia

El siguiente cuadro comparativo muestra el número de lámparas del sistema actual comparado con el propuesto:

AREA EN m²	NUMERO LAMPARAS SISTEMA ACTUAL POR AULA	NUMERO DE LAMPARAS SISTEMA PROPUESTO POR AULA
280	112 (40W)	52 (32W)
182	30 (40W)	34 (32W)
108	48 (40W)	26 (32W)
84	32 (40W)	16 (32W)
79.5	12 (75W)	18 (32W)
68.88	24 (40W)	14 (32W)
57.6	8 (75W)	12 (32W)
47.59	12(40w)	4(32W)
42	16 (40W)	10 (32W)
34.44	12 (40W)	8 (32W)
28.8	4 (75W)	6 (32W)
18	6 (40W)	4 (32W)
16.5	8 (40W)	4 (32W)
14.4	4 (40W)	4 (32W)
14.25	2 (75W)	4 (32W)
12	4 (40W)	4 (32W)

Tabla 34: Calculo de la totalidad de lámparas en sistema actual y sistema propuesto

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presentan las características y comparaciones entre el sistema de iluminación actual y el sistema de iluminación propuesto a aplicarse en salones, cubículos, salas, oficinas y pasillos de los diferentes módulos del instituto de ciencias básicas e ingeniería

Diferencias entre equipos:

Equipo actual		Equipo propuesto	
Características técnicas Para luminarias con:		Características técnicas Para luminarias con:	
Lámpara:	2X40w	Lámpara:	2X32 W
Tubo:	T-12	Tubo:	T-8
Arranque:	Instantáneo	Arranque:	Rápido
Tonalidad:	Color luz de día	Tonalidad:	Fría
Flujo luminoso:	2,500 lumens	Flujo luminoso:	3,050 lumens
Vida promedio:	9 000 hrs.	Vida promedio:	20,000hrs.
Balastro:	Electromagnético de baja eficiencia.	Balastro:	Electrónico ahorrador
Control:	Apagador normal	Control:	sensor de presencia (2)
Reflector:	Normal y con pintura deteriorada	Reflector:	especular de aluminio anodizado (3)
Difusor:	De baja calidad	Difusor:	de alta calidad

Tabla 35: Diferencias técnicas ente equipos de iluminación.

Fuente: Elaboración propia

Equipo actual		Equipo propuesto	
Características técnicas Para luminarias con:		Características técnicas Para luminarias con:	
Lámpara:	2X75w	Lámpara:	2X32 W
Tubo:	T-12	Tubo:	T-8
Arranque:	Instantáneo	Arranque:	Rápido
Tonalidad:	Color luz de día	Tonalidad:	Fría
Flujo luminoso:	5200 lumenes	Flujo luminoso:	3,050 lumens
Vida promedio:	12 000 hrs.	Vida promedio:	20,000hrs.
Balastro:	Electromagnético de baja eficiencia.	Balastro:	Electrónico ahorrador
Control:	Apagador normal	Control:	sensor de presencia (2)
Reflector:	Normal y con pintura deteriorada	Reflector:	espeular de aluminio anodizado (3)
Difusor:	De baja calidad	Difusor:	de alta calidad

Tabla 36: Diferencias técnicas ente equipos de iluminación.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro comparativos de ahorro de energía de los diferentes sistemas de lámparas y balastos en operación

Para sistemas actuales con lámparas de 2x40 W por luminaria:

	Lámpara	Balastro	Conjunto	Demanda (%)
Actuales	2x40 W	20.0 W	100 W	100
Propuestas	2x32 W	-----	64 W	64
Ahorro	16 W	20.0 W	36 W	36

	Lámpara	Balastro	Conjunto	Demanda (%)
Actuales	2x75 W	37.5 W	187.5 W	100
Propuestas	2x32 W	-----	64 W	64
Ahorro	86 W	37.5 W	123.5 W	36

Tabla 37: Cuadro comparativo de ahorro de energía.

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestran los cuadros comparativos de ahorro de energía de los diferentes sistemas de lámparas y balastos en operación:

Diferencias de cargas en Kw de sistema actual y el propuesto

Cantidad de equipo actual	Tipo de sistema actual	Carga unitaria W	Carga total Kw	Cantidad de Equipo propuesto	Tipo de sistema propuesto	Carga unitaria W	Carga total Kw	Reducción en potencia Kw
2330	Fluorescente 40 W	50.00	116.5	1632	Fluorescente 32w	32	52.22	64.28
192	Fluorescente 75 W	93.75	18	96	Fluorescente 32w	93.75	9	9
24	Fluorescente 13 W	24.00	.576	24	Fluorescente 13W	24.00	.576	0
27	Incandescente 100 w.	150.00	4.05	27	Incandescente 100 w.	150	4.05	0
	Carga con equipo actual		139.12		Carga con equipo actual		65.84	73.28

Tabla 38: Diferencias de cargas en Kw ente sistema actual y propuesto.

Fuente: Elaboración propia

Carga con equipo actual	139.12	100 %
Carga con equipo propuesto	65.84	47.32 %
Con un ahorro de	73.28	52.68%

Tabla 39: Ahorros de cargas en Kw ente sistema actual y propuesto.

Fuente: Elaboración propia

consumo actual		Consumo propuesto	
Carga de iluminación:	139.12 Kw	Carga de iluminación:	65.84 Kw
Horas de consumo diario:	14hrs.	Horas de consumo diario:	14 hrs.
Días de consumo:	5	Días de consumo:	5
Consumo semanal:	9 738.4	Consumo semanal:	4 608.8
(139.12)(14)(5)=	Kwh	(65.84)(14)(5)=	Kwh

Tabla 40: Diferencias de consumo en Kwh ente sistema actual y propuesto.

Fuente: Elaboración propia

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

- 4 hrs en el turno matutino, mas 5 horas en el turno vespertino y de los módulos A y B, y los módulos C, E y F se quedan encendidas las lámparas por 16 hrs, es por eso que se toma la media y son 14 hrs.
- Solo se considera el consumo de energía 5 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 ocasiones están encendidas por más horas, pero se incluyen junto al total de lámparas a un promedio global de 14 horas al día por lo anterior expuesto.

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

- La demanda total disminuye de 139.12 Kw a 65.84 Kw con un ahorro de 73.28 Kw equivalente a 52.68 %.
- El consumo máximo se reduce de 9 738.4 KWH a 4 608.8 KWH, con un ahorro de 5 129.6 KWH equivalente al 47.32 %.

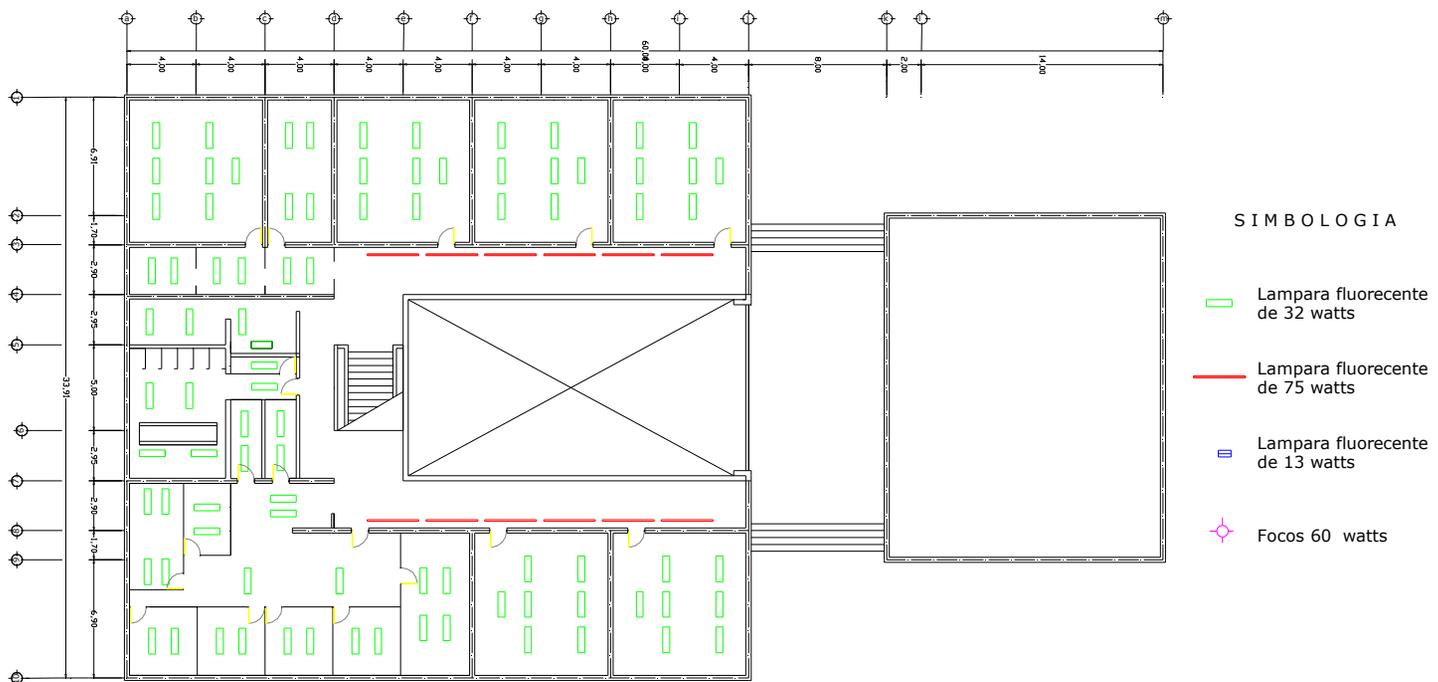
Referente a otros servicios, tanto en demanda y consumo, estos no cambian, permanecen constantes, ya que el problema de alto consumo de energía se debe principalmente al sistema de iluminación.

El hecho de reducir al 30% el número de lámparas, no solo significa un ahorro substancial en el consumo de energía eléctrica, sino ahorros adicionales por concepto de mantenimiento ya que el término de su vida útil es de más del 50%.

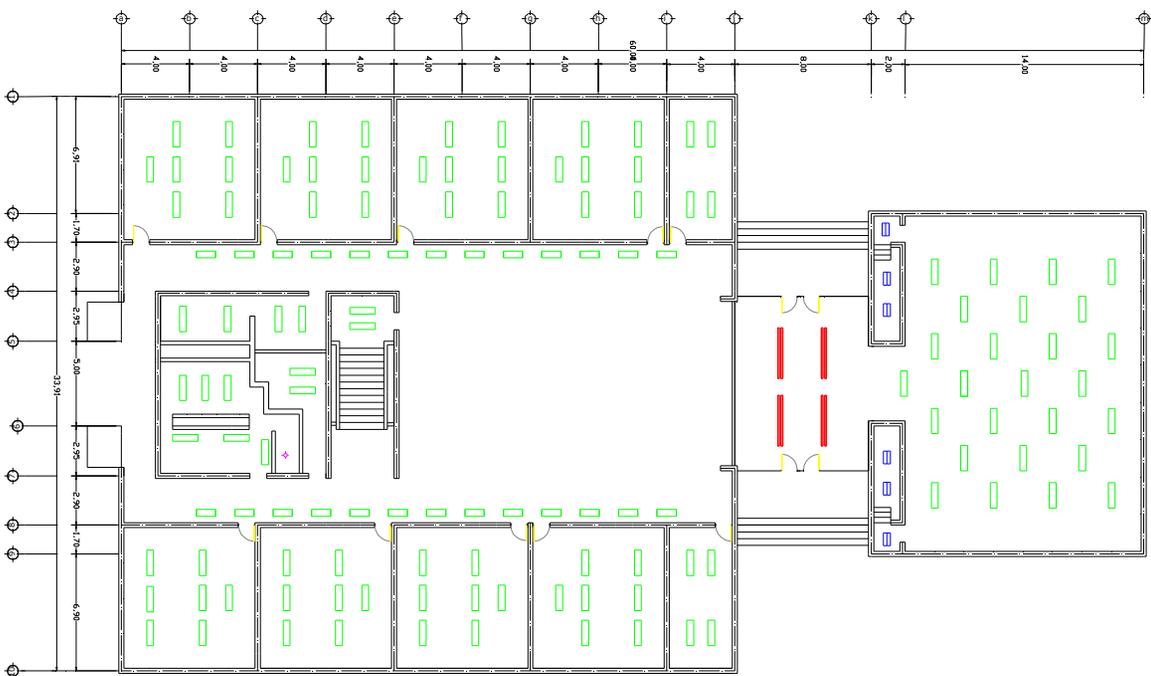
Por lo tanto, el proyecto que se propone en el siguiente trabajo, puede convertirse en uno de los más eficientes utilizando materiales con tecnología de punta.

4.3.1 Localización de luminaria en sistema propuesto

A continuación se muestra la distribución espacial propuesta de las luminarias instaladas en los módulos A, B, C, D y F del I.C.B.I.



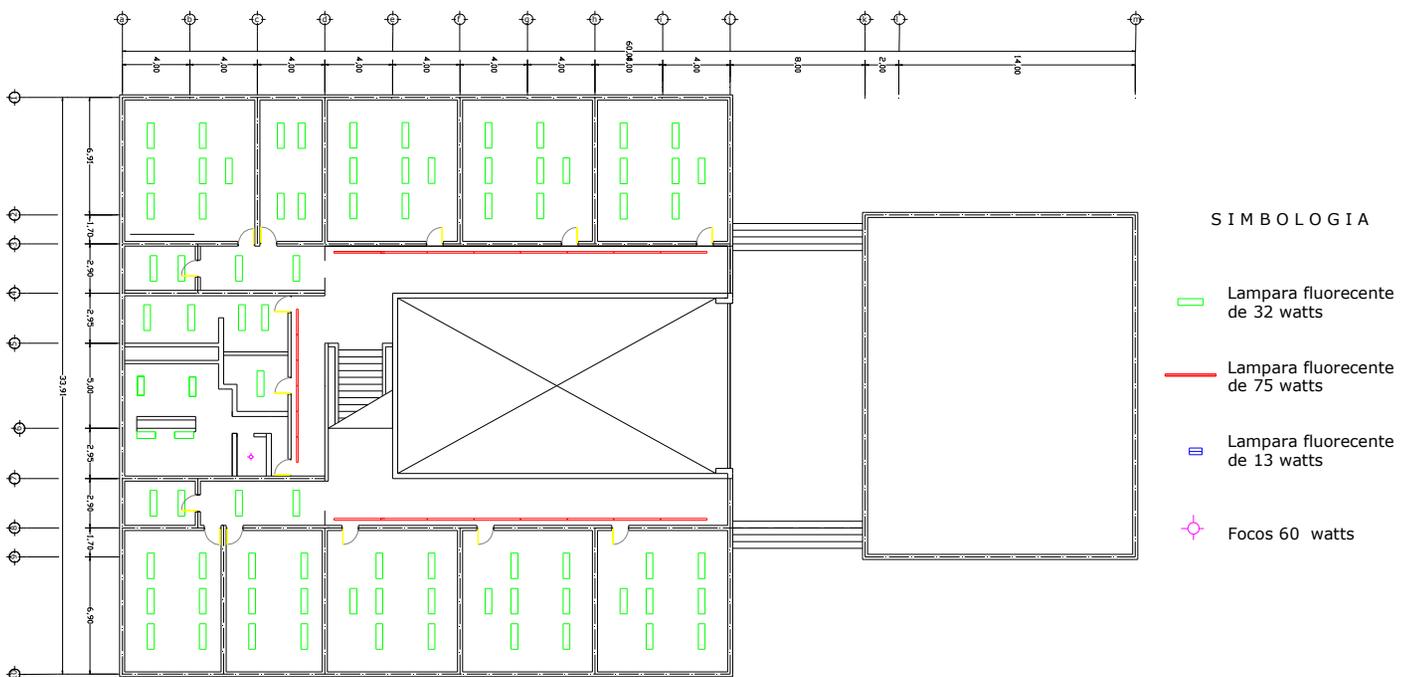
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROGELIO AVILA IBANEZ JORGE ALBERTO MONTEIL DAVILA	NOMBRE DE PLANO: MODULO "A" (Planta Alta)	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL		ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA		REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA



SIMBOLOGIA

-  Lampara fluorescente de 32 watts
-  Lampara fluorescente de 75 watts
-  Lampara fluorescente de 13 watts
-  Focos 60 watts

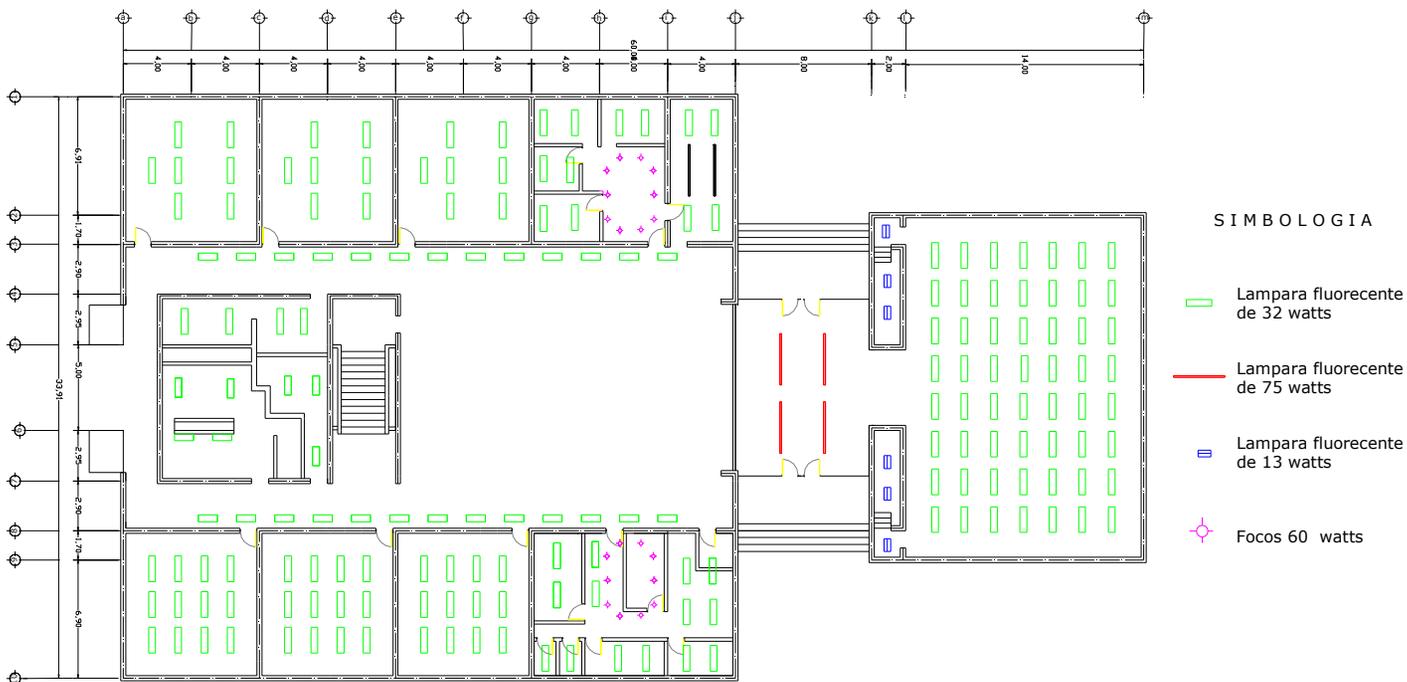
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROGELIO AVILA JIMENEZ JORGE ALBERTO MONTEL DAVILA	NOMBRE DE PLANO: MODULO "A" (Planta Baja)	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL		ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA		REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA



SIMBOLOGIA

- ▭ Lampara fluorescente de 32 watts
- Lampara fluorescente de 75 watts
- ▭ Lampara fluorescente de 13 watts
- ★ Focos 60 watts

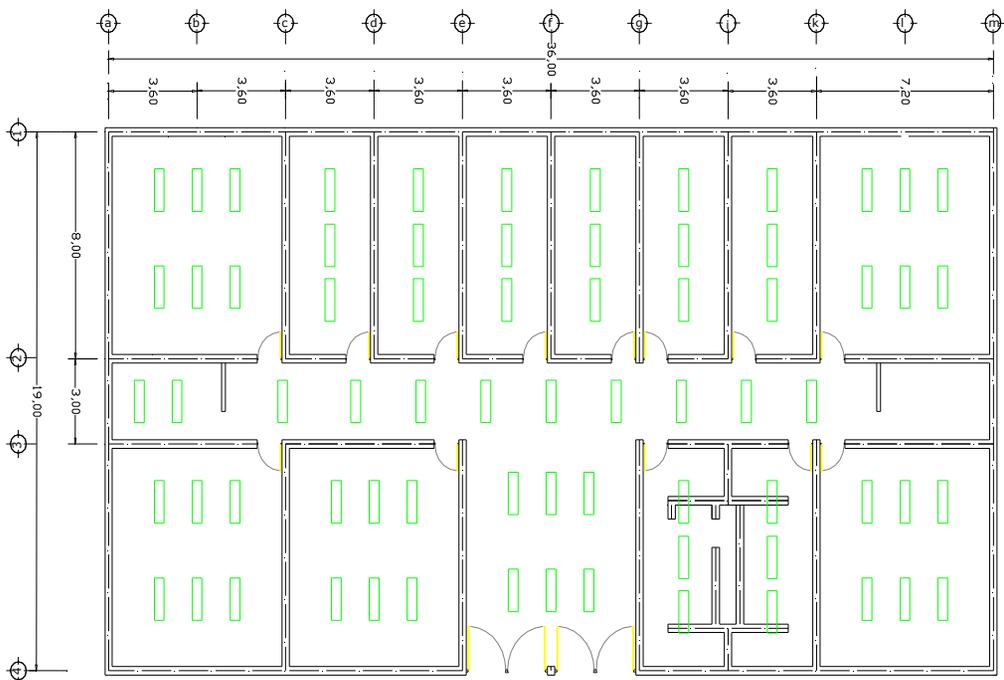
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROGELIO AVILA Jimenez JORGE ALBERTO MONTIEL DAVILA	NOMBRE DE PLANO: MODULO "B" (Planta Alta)	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL		ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA		REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA



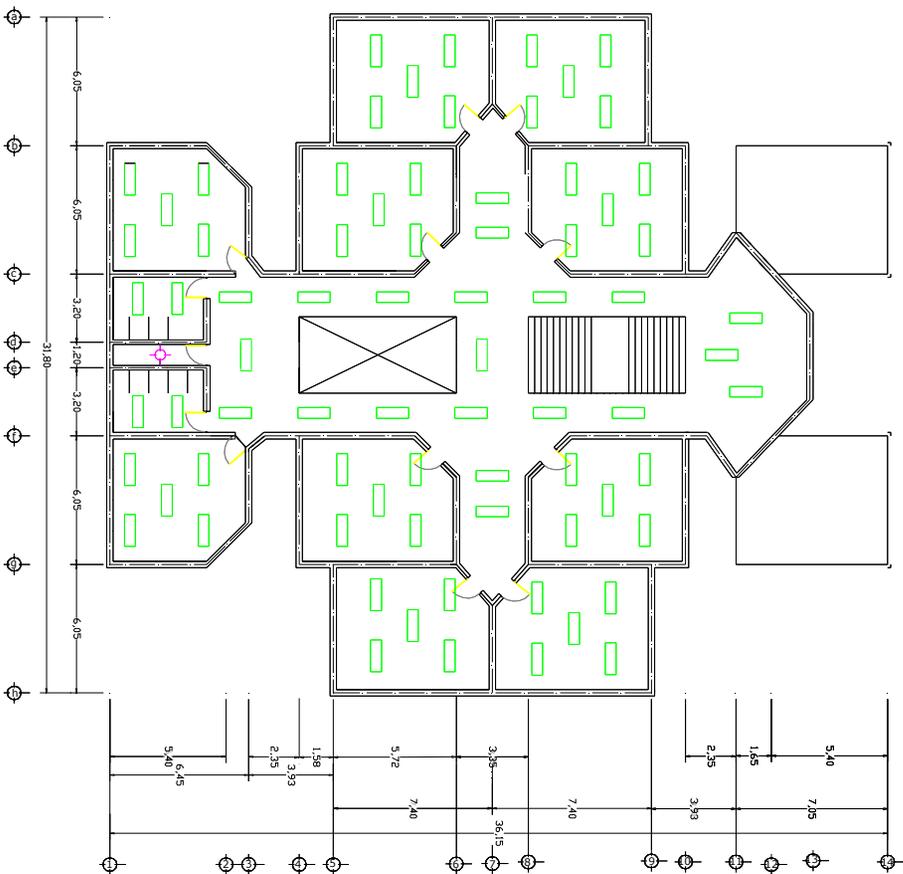
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROCELIO AVILA JIMENEZ JORGE ALBERTO MONTEAL DAVILA	NOMBRE DE PLANO:	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL	MODULO "B"	ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA	(Planta Baja)	REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA

SIMBOLOGIA

-  Lámpara fluorescente de 32 watts
-  Lámpara fluorescente de 75 watts
-  Lámpara fluorescente de 13 watts
-  Focos 60 watts



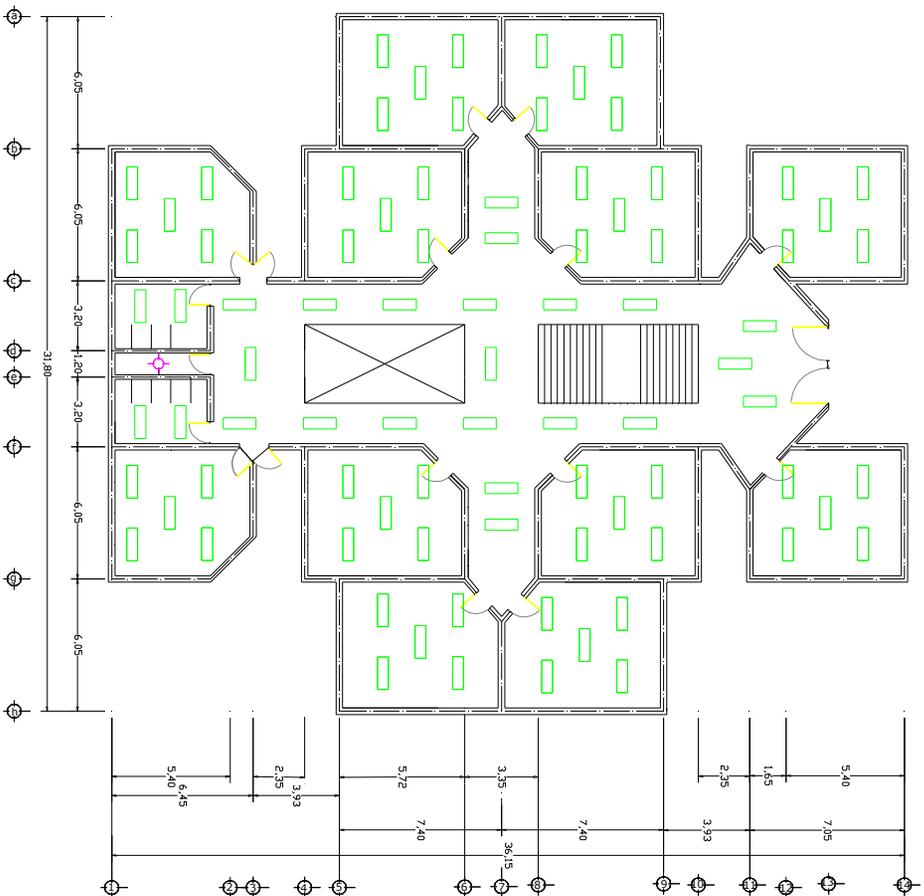
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROGELIO AVILA JIMENEZ JORGE ALBERTO MONTEL DAVILA	NOMBRE DE PLANO: MODULO "C"	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL		ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA		REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA



SIMBOLOGIA

-  Lampara fluorecente de 32 watts
-  Lampara fluorecente de 75 watts
-  Lampara fluorecente de 13 watts
-  Focos 60 watts

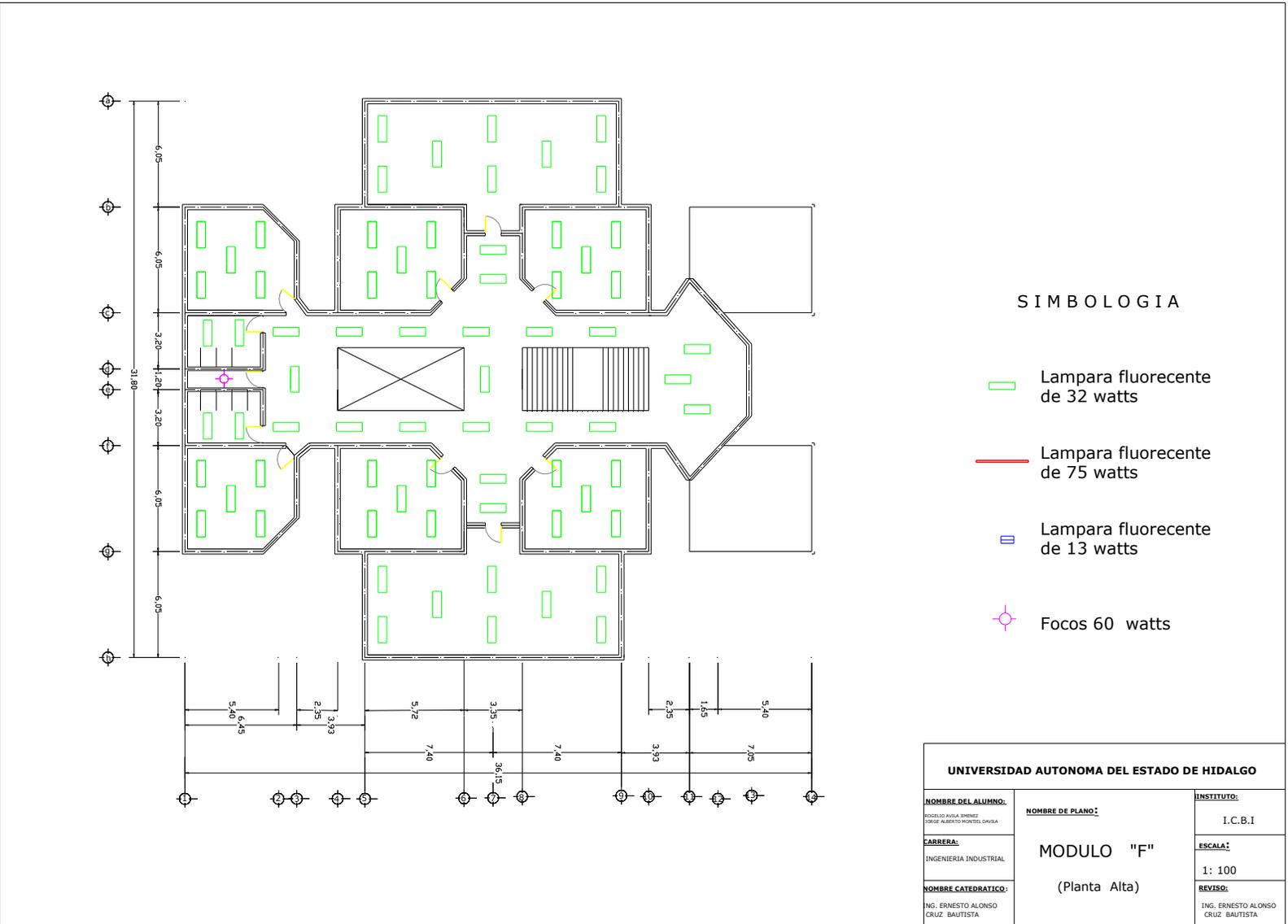
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROSELIO AVILA SANCHEZ ERICK ALBERTO MONTEZ ORIELA	NOMBRE DE PLANO:	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL	MODULO "D" (Planta Alta)	ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA		REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA

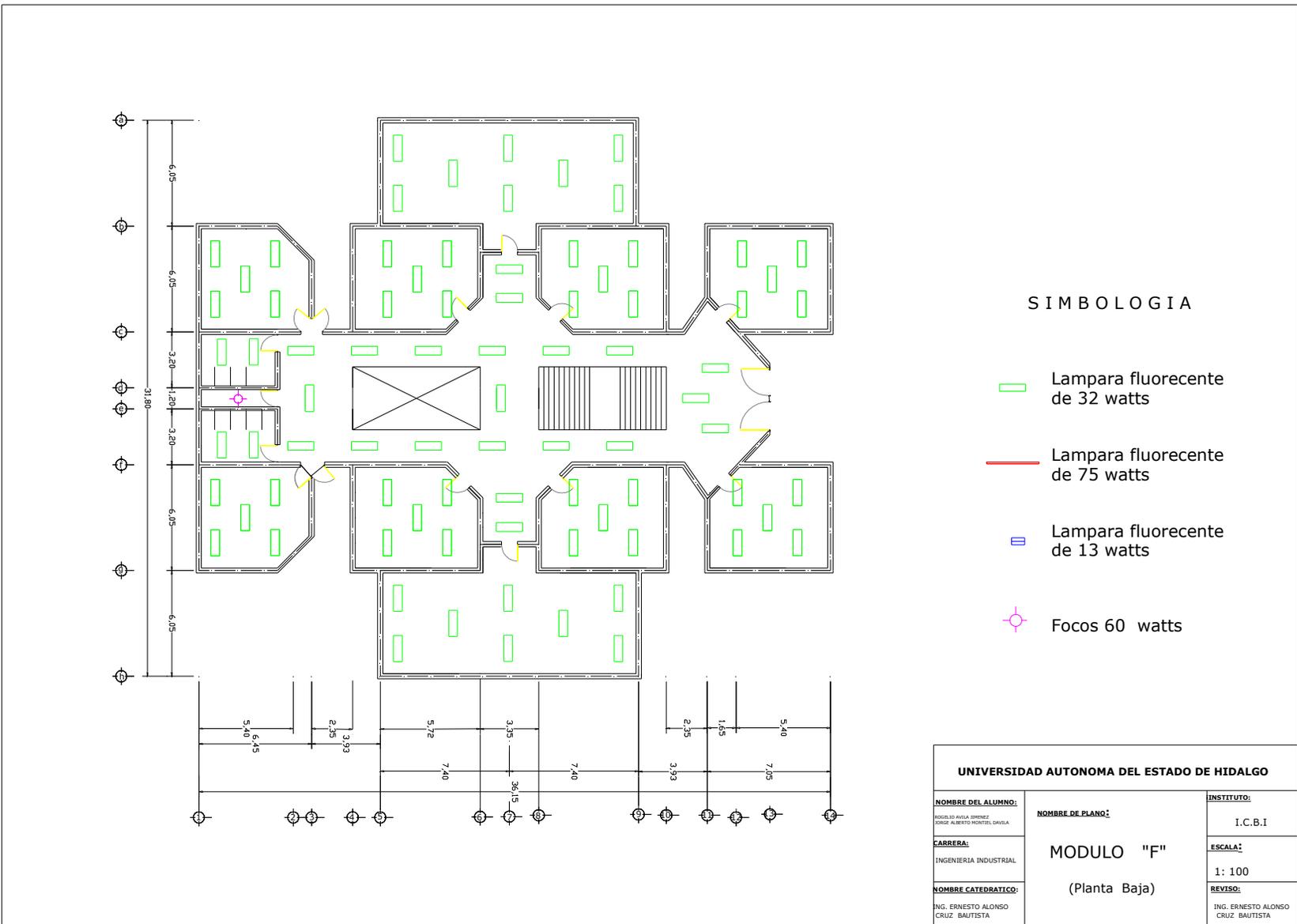


SIMBOLOGIA

-  Lámpara fluorescente de 32 watts
-  Lámpara fluorescente de 75 watts
-  Lámpara fluorescente de 13 watts
-  Focos 60 watts

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO		
NOMBRE DEL ALUMNO: ROGELIO AVILA SPINZ JORGE ALBERTO MONTEAL DAVILA	NOMBRE DE PLANO:	INSTITUTO: I.C.B.I
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL	MODULO "D" (Planta Baja)	ESCALA: 1: 100
NOMBRE CATEDRATICO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA		REVISO: ING. ERNESTO ALONSO CRUZ BAUTISTA





Análisis económico

Capítulo V. Análisis económico del sistema actual con el propuesto

El propósito de este capítulo es comprobar la rentabilidad del presente proyecto donde se utilizan materiales junto con tecnología de punta en el sistema de iluminación, es decir se pretende que el instituto del I.C.B.I 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 para que el resultado de la relación beneficio / costo debe ser mayor que uno y como criterio del 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.

A continuación se presenta un diagrama en el que 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), este se compara con el costo inicial (Ci).

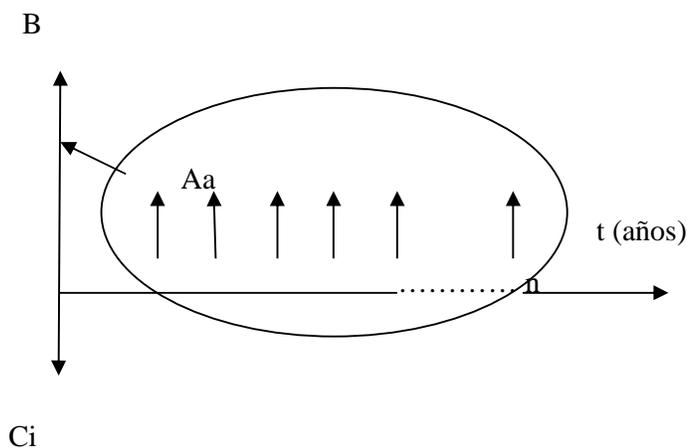


Figura 30: Diagrama de costo beneficio

Fuente: Elaboración propia

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

$$\begin{aligned} Aa * FVP &= Ci \\ Aa * [\{1-(1+i)^{-n}\} / i] &= Ci \end{aligned}$$

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% por que estas se reducen a la mitad.

En esta tabla se muestran los costos actuales y propuestos de los diferentes componentes del sistema de iluminación, así como sus correspondientes diferencias.

Cantidad de equipo actual	Tipo de sistema actual	Precio Unitario (\$)	Costo Total (\$)	Cantidad de Equipo propuesto	Tipo de sistema propuesto	Precio Unitario (\$)	Costo Total (\$)
2 330	Fluorescente 40 W	22.51	52 448.30	1632	Fluorescente 32w	44.90	73 276.80
192	Fluorescente 75 W	28.00	5 376.00	96	Fluorescente 75w	28.00	2 688.00
24	Fluorescente 13 W	24.00	576.00	24	Fluorescente 13w	24.00	576.00
27	Incandescente 100 w.	8.00	216.00	27	Incandescent e 100 w.	8.00	216.00
1 165	Balastro c/gabinete p/40w	399.00	464 835.00	816	Balastro c/gabinete p/32w	359.00	292 944.00
96	Balastro c/gabinete p/ 75w	419.00	40 224.00	48	Balastro c/gabinete p/ 75w	419.00	20 112.00
12	Balastro c/gabinete p/13w	315.00	3,780.00	12	Balastro c/gabinete p/13w	315.00	3,780.00
	Costo con equipo actual		567 455.30		Costo con equipo propuesto		393 592.8

Tabla 41: Diferencia de costo de equipo actual y propuesto.

Fuente: Elaboración propia

Nota: solo se consideran las lámparas de 75W del modulo C, y debido a que los focos de 100 W, y las lámparas fluorescentes de 13 W y el resto de las lámparas de 75W, instalados en los módulos no se utilizan comúnmente, no se consideran en este análisis económico.

Como se puede observar el costo del sistema propuesto disminuye de \$567 455.30 a \$393 592.80 lo que implica una disminución de \$173 862.50 equivalente a 30.63%, este sistema propuesto nos implica una erogación adicional de \$393 592.80 ya que el sistema actual está instalado y solo se invertiría en el sistema propuesto.

Del análisis anterior podemos decir que el costo adicional de \$393 592.80 genera un ahorro anual de \$330,446.88

Resumen de costos por energía

En el presente proyecto, el ahorro de energía semanal calculada en el capítulo IV es de 5 129.60 KWH, si el precio de KWH es de \$2.46 según la tarifa de luz y fuerza, el ahorro anual sería de 246 220.8 KWH que equivaldría a un ahorro anual de \$605 703.16

En base a los precios de los materiales en el mercado, se tiene un costo inicial de \$393 592.80 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 intercambiaría (interés bancario) es de 17.8% y la inflación presente es de 7.94% anual, en base a estos datos es posible aplicar el método de medición detallada para verificar la rentabilidad de esa inversión, además de obtener el tiempo de recuperación del capital.

Datos:

Ci (inversión):	\$ 393 592.80
Aa:	\$ 605 703.16 anual; \$50 475.26 (mensual)
Taza intercambiaría:	17.8% anual
Inflación:	7.94%
n (vida útil):	66meses (5.5) años

Calculando la tasa de descuento tenemos:

$$i = [(0.178 - 0.0794) / (1 + 0.0794)]$$

$$i = [0.098 / 1.0794] = 0.09 \text{ anual} = 0.0075 \text{ mensual}$$

Calculando el factor del valor presente se obtiene:

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

$$F.V.P = [\{ 1 - (1+0.0075)^{-66} \} / 0.0075]$$

$$F.V.P = [\{ 1 - (1.0075)^{-66} \} / 0.0075]$$

$$F.V.P = [1 - (0.61) / 0.0075]$$

$$F.V.P = [.39 / 0.0075]$$

$$F.V.P = 52$$

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

$$B = (52) (50\,475.26) = \$2\,624\,713.6$$

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

$$B/C = \$2\,624\,713.6 / \$393\,592.80 = 6.66$$

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:

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

$$m = \{ - \ln [-(393\,592.80 * 0.0075) / 50\,475.26) + 1] \} / \ln (1+0.0075)$$

$$m = 0.06026 / 0.00742$$

$$m = 8.14 \text{ meses} = 0.67 \text{ años}$$

$$m/n = 0.67 / 5.5 = 0.12; m/n = 12\%$$

Como la relación es menor que el 40%, la inversión es rentable.

Analizando las luminarias por potencia de lámpara mayormente existen en el instituto del ICBI lámparas de 2X40 W. con balastos convencionales, en comparación con otros de 2X32 con balastos electrónicos, en un periodo de encendido de 14 horas diarias respectivamente, con un costo promedio de tarifa eléctrica de \$ 2.46/KWH, y con estos datos se tienen los siguientes ahorros:

SISTEMA	Numero de luminarias	Tipo de sistema	Carga unitaria W	Carga total KW	Consumo diario (14 h) KWH	Costo diario \$2.46/KWH	Costo mensual (20días)	Costo anual
ACTUAL	1165	2X40W	100	116.5	1631	3 995.95	79 919.00	959028.00
PROPUESTO	816	2X32W	64	52.22	731.08	1 791.14	35 822.80	429873.60
	Ahorro		36	64.28	899.92	2 204.81	44 096.20	529154.00

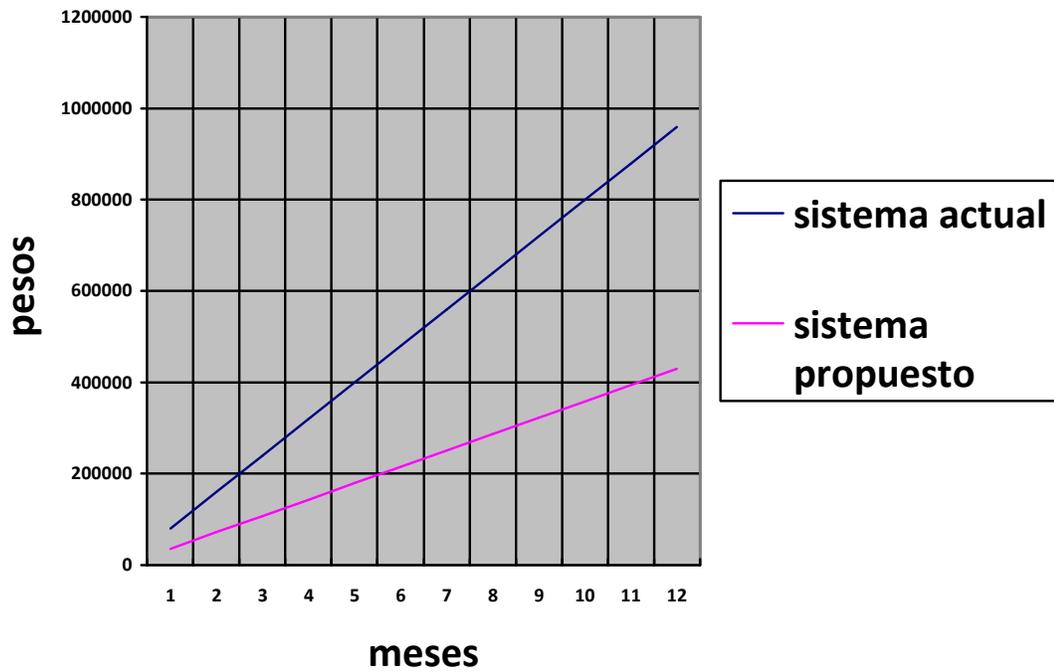


Figura 31: Grafica de diferencia de costo de equipo actual y propuesto.
Fuente: Elaboración propia

SISTEMA	Numero de luminarias	Tipo de sistema	Carga unitaria W	Carga total KW	Consumo diario (14 h) KWH	Costo diario \$2.46/KWH	Costo mensual (20días)	Costo anual
ACTUAL	48	2X75W	132.5	6.36	89.04	219.03	4 380.76	52 569.21
PROPUESTO	73	2X32W	64	4.67	65.38	160.83	3216.69	38600.35
	Ahorro		68.5	1.69	23.66	58.2	1 164.07	13968.86

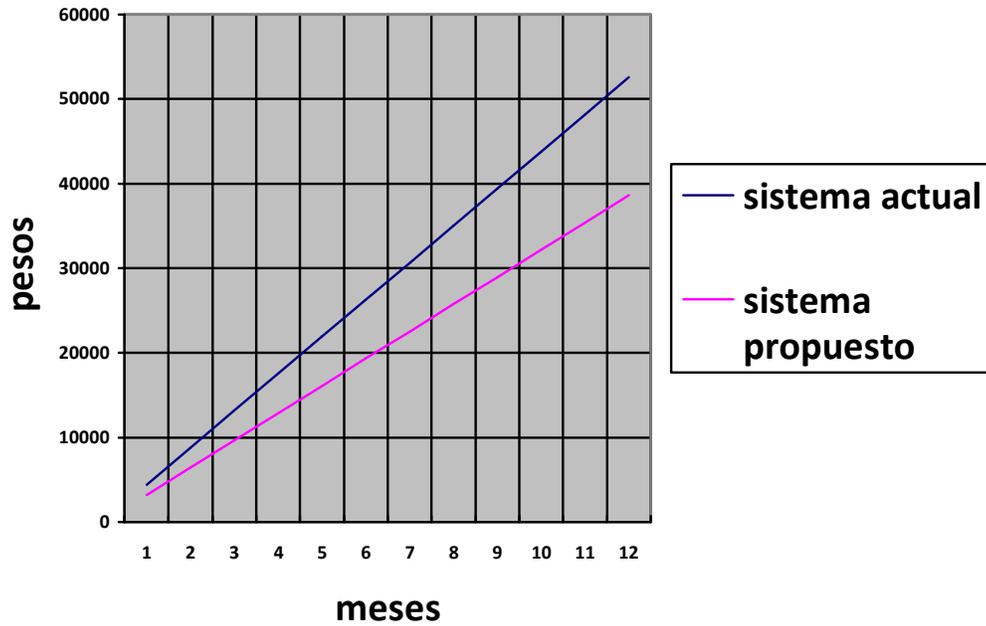


Figura 32: Grafica de diferencia de costo de equipo actual y propuesto.
Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Los sistemas de alumbrado diseñados adecuadamente presentan una excelente oportunidad para el ahorro de energía, sin embargo deben tomarse en cuenta las tareas visuales efectuadas ya que una iluminación insuficiente disminuirá la productividad de las personas. Adicionalmente, debe mencionarse que es necesario conocer los avances tecnológicos en lámparas, luminarias y controles de alumbrado para seleccionar la mejor alternativa.

Uno de los grandes problemas a la hora de afrontar el ahorro de energía es el hecho de que existen demasiadas luminarias en zonas comunes, con lo que se está derrochando la mayor parte de la energía utilizada. La solución a este problema es la inclusión de un económico sistema de ahorro racional del consumo eléctrico.

El caso particular de este proyecto, fue importante para darse cuenta del consumo innecesario que tienen los módulos del instituto del ICBI y no siempre podemos disponer de toda la luz natural que nos gustaría y siempre necesitamos contar con un sistema de iluminación artificial, para poder utilizarlas de noche y para compensar la falta de luz en áreas oscuras de escasa claridad, incluyendo iluminación general y puntual en zonas concretas donde realizamos tareas específicas.

Este sistema propuesto de ahorro de energía es un buen sistema de iluminación ya que se está ahorrando en consumo de energía, mantenimiento, y en calidad de iluminación, y sobre todo puede facilitar el cumplimiento de sus propósitos y objetivos.

Este sistema propuesto permite un ahorro de energía de sistemas de iluminación de interiores, se destaca en el mismo el uso de un sistema de lámparas con mejor tecnología comparándolo con el sistema actual, que permite simular el nivel de iluminación del estado de las aulas luego de la implementación del sistema diseñado.

CONCLUSIONES

En el análisis del sistema actual se evidencia que existe insatisfecha la iluminación en comparación con el sistema propuesto, a la vez, los resultados de inspecciones demuestran la debilidad en la iluminación de los interiores en las aulas.

El precio de un producto exclusivo y novedoso, se compensa con el valor agregado que puede verse reflejado en los beneficios “graduar intensidad de luz “que este ofrezca aparte de su función principal “iluminar”.

Bibliografía

1. Enríquez Harper, El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión, México, 2000, 2ª. Edición, Ed. Limusa.
2. N. Braut E. Campero, Instalaciones eléctricas conceptos básicos y diseño, México, 1995, 2ª. Edición, Ed. Alfaomega.
3. Philips Lighting, Catalogo general de especificaciones, México, 2001, Philips.
4. Westinghouse, Manual del alumbrado, 4ª. Edición, Ed. Limusa.

Cibergrafía

1. Horowitz J. Marvin. Energy Efficiency Improvements and Investment Behavior in Small Commercial Buildings, Energy, vol.14, num 11, 1993.
2. Illuminating Engineering Society Of North America. IES Lighting Handbook.- Reference % Application, 8th edition, 1996.
3. Pacific Gas & Electric (PGE). Cost Effective Lighting, Control Retrofits. Retro Building Solutions, San Diego Cal., 1993.
4. Stewart Frank M. Energy Efficiency Programs for Existing Buildings, Applied Energy, núm 36, pp. 21-27.
5. U.S. Department of Energy. Model Energy Audit Program Guidelines, St Paul Minnesota.
6. http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html
7. http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/factores.html
8. http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/p_visual.html
9. <http://www.educar.org/comun/actividadeseducativas/serhumano/partesdelojo.asp>
10. <http://www.desarrolloweb.com/articulos/1364.php>
11. <http://es.shvoong.com/books/guidance/1669474-iluminaci%C3%B3n-luz-color/>
12. <http://www.opticasamerica.com/saludvisual/agudeza.htm>

GLOSARIO

Glosario

Amperes

Medida de corriente eléctrica. En las lámparas incandescentes, la corriente se relaciona con el voltaje y la potencia de la siguiente forma: corriente (Amps)=potencia (Watt)/voltaje (volts).

Vida nominal promedio

La vida promedio que dura una lámpara. Por ejemplo, se espera que una lámpara Soft White de 60 watt funcione durante 1000 horas en promedio. Tomando como base las pruebas continuas de las lámparas en los laboratorios, el valor nominal de 1000 horas es el punto en el tiempo en que el 50% de las muestras sometidas a prueba se han fundido y el 50% continúa funcionando.

Balastro

Equipo auxiliar diseñado para arrancar y controlar de manera adecuada el flujo de energía hacia las fuentes de luz del tipo de descarga de gas, tales como las lámparas de descarga de alta intensidad.

Candela

La unidad internacional (SI) de intensidad luminosa. El término se ha conservado desde los primeros días de la iluminación cuando se utilizaba una vela normal de un tamaño y composición fija con base para evaluar la intensidad de las otras fuentes de luz.

Intensidad lumínica

La intensidad de la iluminación expresada en candelas. Los planos gráficos de la intensidad de la iluminación, llamadas curvas de distribución de intensidad luminosa, se utilizan para indicar las características de la distribución de intensidad en las lámparas tipo reflector.

Índice de rendimiento de color

Sistema internacional usado para evaluar la capacidad que tiene una lámpara para reproducir los colores de objetos. Entre más alto sea el IRC (basado en una escala 0-100), mejor aceptara el color. Los IRC de diferentes lámparas se pueden comparar, sin embargo, la comparación numérica solo es válida si las lámparas que se evalúan tienen la misma cromaticidad (temperatura de color) generalmente las diferencias en el IRC existen entre las lámparas no son significativas (visibles a la vista) a menos que dicha diferencia sea mayor que 3-5 puntos.

Espectro electromagnético

Un continuo de radiación eléctrica y magnética que puede caracterizarse por frecuencia o longitud de onda. La luz visible incluye una pequeña parte de espectro electromagnético en la región, desde aproximadamente 380 nanómetros (rojo) por la longitud de onda.

Balastro electrónico

Nombre corto para el balastro electrónico fluorescente de alta frecuencia. Los balastos electrónicos utilizan componentes electrónicos de estado sólido y, normalmente, operan lámparas fluorescentes en frecuencias que se encuentran dentro de un rango de 25-35 Khz. Las ventajas son: aumenta la eficiencia de la lámpara, reducen las pérdidas de balastos, son más pequeños y ligeros comparados con los balastos magnéticos. Los balastos electrónicos también se pueden usar con las lámparas HID, sin embargo los circuitos son algo diferentes, actualmente existen pocos diseños y únicamente se obtiene una pequeña mejoría en la eficiencia de la lámpara.

Pie-bujía (footcandle)

Unidad de iluminación o luz recibida sobre una superficie. Un footcandle es igual a 1 lumen por pie cuadrado. Ver también lux.

Iluminancia

La cantidad de luz (lúmenes/área) que incide sobre una superficie. La iluminancia se mide en footcandles y luxes.

Lumen

La unidad internacional (SI) para medir el flujo luminoso o cantidad de luz por ejemplo, la vela de un candelabro proporciona cerca de 12 lúmenes. Una lámpara incandescente Soft White de 60 watts proporciona 725 lúmenes.

Mantenimiento de lumen

Es una medida de cómo la lámpara mantiene su producción de luz contra el tiempo. Se puede expresar como una grafica de la producción de luz contra el tiempo. Se puede expresar como una grafica de la producción de luz contra el tiempo, o bien, en forma numérica.

Lúmenes por watt (LPW)

Medida de eficacia, mejor dicho, de “eficiencia” de una fuente de luz. La eficacia es fácil de calcular tomando la producción de lúmenes de una lámpara y dividiéndola entre los watt de la misma. Por ejemplo una lámpara de 100 watts que produce 1425 lúmenes tiene una eficacia de 14.25 lúmenes por watt.

Luminancia

Anteriormente era la medida del brillo fotométrico. La luminancia tiene una definición matemática bastante complicada que involucra la intensidad y dirección de la luz. Se debe expresar en candelas por pulgada cuadrada o candelas por metro cuadrado, aunque algunas veces todavía se utiliza la unidad antigua “pie-lambert”. La luminancia es una cantidad medible, mientras que el brillo es una sensación subjetiva.

Eficacia luminosa

La producción de luz de una fuente luminosa dividida entre la alimentación de energía total hacia esa fuente. Se expresa en lúmenes por watt (ver lúmenes por watt).

Lux (lx)

La unidad SI (internacional) de iluminancia. Un lux es igual a 1 lumen por metro cuadrado.

Lúmenes medios

Es la producción de luz promedio de una lámpara durante su vida nominal. Para las lámparas fluorescentes y de aditivos metálicos, los índices de lúmenes medios se miden en el 40% de la vida nominal de la lámpara. En el caso de las lámparas incandescentes, de mercurio y de sodio a alta presión, los índices de lúmenes medidos se miden en el 50% de la vida nominal de la lámpara.

Voltaje

Medida de la fuerza electromotriz en un mecanismo o circuito eléctrico expresada en volts. El voltaje puede considerarse como análogo a la presión en la tubería de agua.

Watt

Unidad de energía eléctrica. Las lámparas se clasifican en watts para indicar su consumo de energía. La energía consumida a través del tiempo es igual a la energía utilizada.

Radiación ultravioleta (UV)

La energía emitida que se encuentra en el rango de 100-380 nanómetros (nm). Para aplicaciones prácticas, la banda UV se desglosa aun más de la siguiente forma:

Productora de ozono.....	180 - 220 nm
Bactericida (germicida).....	220 - 300 nm
Epidérmica (enrojecimiento de la piel).....	280 - 320 nm
Luz “negra”.....	320 – 400 nm

La Comisión Internacional sobre iluminación (CIE) define la banda UV como UV-A (315 – 400nm), UV-B (280 – 315nm) y UV-C (100 – 280nm).