



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

ILUMINACIÓN EFICIENTE MEDIANTE SOFTWARE DIALUX EN BIBLIOTECA CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA

Guillermo Rodas Carhuajulca

Piura, 12 de Agosto de 2005

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Mecánico-Eléctrica

Agosto 2005



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Programa Académico de Mecánico-Eléctrica



“Iluminación eficiente mediante software Dialux en Biblioteca Central de la
Universidad de Piura”

Tesis para optar el Título de:

Ingeniero Mecánico-Eléctrico

Guillermo Rodas Carhuajulca

Asesor: Justo Ernesto Oquelis Cabredo

Piura, Agosto 2005

*A los maestros....amigos,
y al alumnado en general.*

PROLOGO

La preocupación por el agotamiento de los combustibles fósiles agravada con frecuencia por las crisis provocadas por conflictos internacionales, que involucran a los principales productores, se suma a los problemas ambientales ocasionados por la generación de energía eléctrica utilizando esa fuente primaria.

Ante el constante aumento de la demanda por energía, los países han adoptado la promoción de la generación limpia mediante el uso de fuentes renovables. A su vez, se adoptaron criterios técnicos denominados de "conservación de la energía", tratándose, simplemente de mejorar la eficiencia en las distintas etapas de conversión de energía de forma tal que se reduzca el consumo total, sin disminuir el confort en los usos finales. Para la provisión de servicios energéticos debemos buscar opciones que requieran poca o no requieran provisión artificial de energía, a un bajo costo, y con mínimo o nulo impacto ambiental.

Realizando un análisis por usos finales de la electricidad dentro de cada sector de consumo (considerando tan sólo los tres sectores más importantes), se observa que la iluminación tiene una participación destacada fundamentalmente en el sector residencial, comercial y público, luego en el industrial y en menor grado en el minero metalúrgico. Se deduce que este servicio puede ser mas eficiente pudiendo ser provistos naturalmente con un adecuado diseño de instalaciones, en concordancia con requisitos normalizados.

Se estima que el 80% del consumo total de electricidad en la biblioteca central de nuestra universidad corresponde a la iluminación de los ambientes de estudio, sectores destinados a oficinas y pasillos. Esta estimación junto a la precaria situación en que se encuentra el alumbrado en la mayoría de ambientes llevó a la adopción de medidas conducentes a mejorar la eficiencia de la instalación.

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el objetivo de proponer un proyecto de iluminación eficiente para la biblioteca de la universidad, con el cual se pretende alcanzar los niveles necesarios de acuerdo a las normas vigentes en iluminación sin dejar de lado el aspecto ergonómico de la misma.

Se inspeccionó y realizó las mediciones luminotécnicas y eléctricas respectivas a todos los ambientes de biblioteca, notando la carencia en niveles y uniformidad de iluminación en algunos casos y en otros deslumbramiento pronunciado dificultando la visión. Esto con el fin de elaborar propuestas de mejora a ser evaluadas tanto en el aspecto luminotécnico como económico financiero, siendo dos las propuestas:

La propuesta económica, emplea los equipos que pueda del precario sistema de iluminación actual, más equipos de iluminación menos costosos pero no menos eficientes para llegar a los objetivos de iluminación.

La propuesta de iluminación denominada ideal supone un cambio radical en los sistemas de iluminación empleando equipos de última tecnología cambiando la disposición y con un sistema de iluminación amigable a la arquitectura.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1: USO DE LA ENERGÍA EN LA ILUMINACIÓN	3
1.1 Los Recursos energéticos en la Humanidad	3
1.1.1 Energía y recursos energéticos	4
1.1.2 Energía y recursos económicos	7
1.1.3 Energía y Medio ambiente	7
1.2 Uso eficiente de la Energía	9
1.2.1. Uso eficiente de la Energía en el Perú	11
1.3 La Iluminación Eficiente	14
1.4 Conclusiones	18
Capítulo 2: NORMAS REFERIDAS A LA ILUMINACIÓN DE INTERIORES	19
2.1 Introducción	19
2.2 Iluminación	20
2.2.1 Iluminación Nominal	20
2.2.2 Iluminación recomendada para Interiores	22
2.2.3 Factor de mantenimiento	25
2.3 Distribución de luminancias en el campo visual: Uniformidad	26
2.4 Límites del Deslumbramiento	27
2.5 Dirección de incidencia de la Luz y Efecto de Sombra	29
2.6 Color de luz y reproducción de color	30
2.6.1 Temperatura de color	30
2.6.2 Reproducción del Color	31
2.7 Equipos de iluminación	32
2.7.1 Lámparas	32
2.7.1.1 Lámparas fluorescentes tubulares	33
2.7.1.2 Lámparas de haluro metálico	34
2.7.2 El equipo auxiliar: Balastos	35
2.7.2.1 Balastos para Tubos Fluorescentes	35
2.7.2.2 Balastos para Lámparas de Alta Intensidad de Descarga (HID)	37
2.7.3 Luminarias	38
2.7.3.1 Luminaria con reflector de aluminio anodizado de alta pureza	38
2.7.3.2 Luminaria con reflector acrílico	39
2.7.3.3 Luminarias económicas con regletas	40
2.7.3.4 Luminarias con reflectores especulares	40
2.7.3.5 Luminarias adosadas a pared	41
2.8 Conclusiones	41
Capítulo 3: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA BIBLIOTECA	43
3.1 Alcance	43
3.2 El edificio de biblioteca	45
3.3 Análisis de la situación actual	49
3.3.1 Hall de Ingreso	50
3.3.2 Sala de Referencia	52

3.3.3 Sala de Lectura	55
3.3.4 Sala de Profesores	59
3.3.5 Deposito de Libros	61
3.4 Diagnóstico del sistema de iluminación	63
3.5 Conclusiones	67
3.6 Recomendaciones	67
Capítulo 4 PROPUESTAS DE ILUMINACIÓN	71
4.1 Introducción	71
4.2 Propuestas de Iluminación	72
4.2.1 Propuesta Económica	75
4.2.1.1 Evaluación Luminotécnica de la propuesta económica	77
4.2.1.2 Evaluación Económica - Financiera de la propuesta económica	82
4.2.2 Propuesta Ideal	89
4.2.2.1 Evaluación Luminotécnica de la propuesta ideal	91
4.2.2.2 Evaluación Económica - Financiera de la propuesta ideal	96
4.3. Comentarios y conclusiones generales	103
Capítulo 5: SELECCIÓN DE LA PROPUESTA DE ILUMINACIÓN	105
5.1 La Propuesta Ideal	105
5.2. Características de las nuevas instalaciones	105
5.2.1. Hall de Ingreso	110
5.2.2. Salones de Lectura	110
5.2.3. Lugares auxiliares y complementarios	118
5.3. Comentarios y conclusiones	121
Capítulo 6: CONTROL DE LA ILUMINACIÓN	123
6.1 Introducción	123
6.2 Sistema Automático de Control de Iluminación	125
6.2.1 Entradas	125
6.2.1.1. Sensor Ocupacional	125
6.2.1.2. Sensor fotoeléctrico	126
6.2.1.3. Sensor horario	127
6.2.2 Salidas	129
6.2.2.1 Salida a interruptores	129
6.2.2.1 Salida a Atenuadores	130
6.3 Niveles de control de la iluminación	131
6.4 Ajuste de los sistemas de control	132
6.5 Limitaciones de la tecnología de los SACI	134
6.6 Selección de estrategia de control	135
6.6.1 Selección de Sensor ocupacional	135
6.6 Conclusiones	136
BIBLIOGRAFÍA	137

ANEXOS

A. Resultados de los cálculos de simulación para el estado actual	A-1
Hall de Ingreso, atención y consulta	A-3
Sala de Referencia	A-15
Sala de Lectura	A-23
Sala de Profesores	A-29
Deposito de Libros	A-37
B. Resultados de los cálculos de simulación para la propuesta económica	B-1
Hall de Ingreso, atención y consulta	B-3
Sala de Referencia	B-15
Sala de Lectura	B-23
Sala de Profesores	B-29
Deposito de Libros	B-37
C. Resultados de los cálculos de simulación para la propuesta ideal	C-1
Hall de Ingreso, atención y consulta	C-3
Sala de Referencia	C-15
Sala de Lectura	C-23
Sala de Profesores	C-29
Deposito de Libros	C-37
D. Método de Cálculo realizado con Software Dialux	
D.1 Introducción	D-1
D.2 Elaborar Geometría del Local	D-2
D.2.1. Planta DXF como fondo	D-2
D.2.2 Edición del local	D-3
D.3 Insertar mueblería	D-5
D.3.1. Edición de objetos insertados	D-5
D.3.2. Edición de superficies de objetos	D-6
D.3.3. Edición de ventanas, puertas y superficies de cálculo	D-7
D.4 Insertar y editar luminarias y disposiciones de luminarias	D-8
D.5 Trabajando en la Vista 3D	D-9
D.5.1. Setup la vista 3D	D-9
D.5.2. Revisar los valores del cálculo en la vista 3D	D-9
D.6 Outputs	D-10
D.6.1 Visualización de los resultados de cálculo	D-10
D.6.2 Raytracer	D-12

PLANOS

Plano N° 01	Sistema de Iluminación actual
Plano N° 02	Propuesta Económica de Ahorro de Energía del sistema de Iluminación.
Plano N° 03	Propuesta Ideal de Ahorro de Energía del Sistema de Iluminación.

INTRODUCCIÓN

Nuestro país ganó su experiencia más importante en el rendimiento energético en 1994, cuando hizo frente a un déficit de energía eléctrica. Para evitar este problema, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) creó un programa de ahorro de energía (PAE) para administrar una serie de iniciativas de rendimiento energético dirigidas a reducir la demanda de la hora de máximo consumo en 100 MW. PAE puso estos programas en ejecución conjuntamente con CENERGIA, una ONG local dedicada a la conservación de energía. La campaña de PAE-CENERGIA evitó con éxito la crisis, pero sirvió principalmente a ciudadanos del centro y cercados en la ciudad capital de Lima.

Diversos factores contribuyen a que la iluminación sea uno de los primeros usos finales donde se haya comenzado a trabajar aplicando medidas de eficiencia energética

1. El potencial de ahorro para este uso final demuestra ser muy elevado.
2. Algunas alternativas de eficiencia en iluminación no representan costo adicional alguno y en otros casos el uso eficiente de la energía eléctrica en la iluminación es una medida altamente rentable.
3. Debido a su alta coincidencia con la demanda pico vespertina de electricidad, una reducción en el consumo energético se reflejaría también en una disminución de la demanda de punta, permitiendo importantes ahorros en las inversiones necesarias para suministrar dichos picos.

En particular para el sector residencial,

4. Pocos puntos luminosos de las residencias concentran la mayor parte del consumo, lo que permite un gran aprovechamiento del potencial de ahorro cambiando pocas lámparas.

Debido a la corta vida útil, al bajo costo de las lámparas a reemplazar (incandescentes) y a que la tecnología para efectuar el cambio se halla disponible en el mercado, la sustitución puede realizarse en plazos relativamente breves.

Muchos países han puesto en marcha diversos tipos de programas de iluminación eficiente. Estos programas contemplan campañas de información, difusión y demostración, normativas de eficiencia, sistemas de etiquetado, distintas metodologías de financiación de los productos, etc.

Uno de ellos es el Programa de Iluminación Eficiente (Efficient Lighting Initiative, ELI), que funciona en Argentina, Filipinas, Hungría, Letonia, Perú, República Checa y Sudáfrica. El propósito de este programa en Perú es dinamizar el tema de iluminación eficiente dentro de las facultades de ingeniería del país, incluyendo la nuestra, y gracias a este programa se aprendió todo lo se mostrara en este proyecto.

En el primer capítulo se detalla el porque del gran potencial de ahorro en energía del área de iluminación en el Perú y el mundo para llegar a un desarrollo sostenido. Seguidamente, el capítulo referido a la normativa referente a la iluminación de interiores, información sobre tarifas eléctricas, y equipos para sistemas de iluminación de uso comercial.

En el capítulo 3 se analiza la situación actual de la biblioteca central para poder ver las características de las instalaciones, ventajas y desventajas en los sistemas de iluminación existentes. Se plantean dos propuestas de mejora en el capítulo 4 para resolver los problemas de bajo nivel y uniformidad de iluminación generalmente vistos en análisis de la situación actual. Se detallaran las características de mejora en iluminación de la mejor propuesta en el capítulo 5, esta propuesta satisficará no sólo el análisis luminotécnico o económico –financiero sino también la ergonomía del mismo. Para terminar algo de los sistemas de alumbrado autónomo o control automático de la iluminación con los cuales se pueden obtener grandes ahorros.

Agradezco especialmente al Arq. Cesar Jhusey Ch. experto en al área de iluminación con amplia experiencia en los campos de Iluminación y normativo; profesor del programa Eli, el cual con la capacitación que nos brindo en la universidad sirvió de mucho para la realización de este proyecto.

Tengo que agradecer en forma especial al Ing. Manuel Gálvez C. quien con su orientación y asesoramiento me guió en el desarrollo de la tesis.

Finalmente deseo agradecer a la Dra. Dr. Genara Castillo C, directora de la biblioteca central de la universidad por el apoyo brindando las facilidades de ingreso a las instalaciones de biblioteca. Y al Dr. Ing. Justo Oquelis, por su final y acertada orientación en la misma.

Capítulo 1

USO DE LA ENERGÍA EN LA ILUMINACIÓN

1.1 Los Recursos energéticos en la Humanidad

La población humana ha crecido exponencialmente hasta alcanzar en la década del '90 los 6.000 millones de habitantes. Pero la evolución del consumo energético no sólo ha acompañado al incremento de habitantes sino que a éste debemos agregarle — sinérgicamente — el proceso de industrialización y la transformación cultural que ha significado la conversión hacia una “sociedad de consumo”. Citando al sabio griego Tanakis “*Somos más, podemos más y queremos más*”. Actualmente cada uno de los 6.000 millones de habitantes consumen en *promedio* 8 veces más energía que lo que hacía el hombre hace 90.000 años¹.

¹ Carlos Tanides “Uso eficiente de la Energía en Iluminación”

La Fig. 1.1 esquematiza la progresión del consumo de energía desde la Revolución Industrial hasta nuestros días; sus fuentes principales y su relación con los desarrollos tecnológicos. Como medida de este vertiginoso crecimiento se hace notar que cinco décadas atrás (1950) el consumo mundial de petróleo era 7 veces menor que el actual.

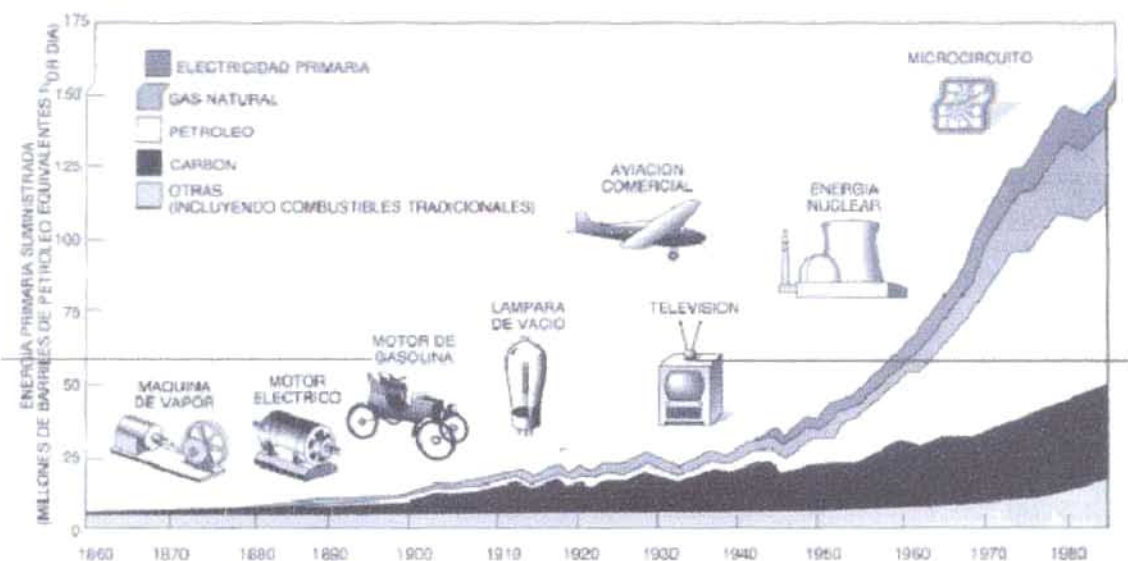


Fig 1.1 Utilización mundial de Energía Primaria durante el último siglo. (Fuente: Davis, 1990)

El explosivo incremento en el consumo energético conduce a un conflicto con el concepto de Desarrollo Sustentable² conocido como *trilema energético* caracterizado por tres elementos fundamentales: las **limitaciones de los recursos energéticos**, los **factores económicos** y los **efectos ambientales** asociados a la transformación y consumo de energía¹.

1.1.1. Energía y recursos energéticos :

En nuestros días, las fuentes de *energía primaria* a partir de las cuales se impulsa la humanidad son casi en un 86% combustibles fósiles, no renovables. Por definición, una fuente energética no renovable es aquella cuyo stock es fijo o tiene una velocidad de renovación sumamente lenta, y por lo tanto se encontrará disponible sólo hasta que se agoten sus existencias. En cuanto a la distribución de estos recursos, sabemos que 2/3 de todos ellos son consumidos por tan sólo el 25% de la población humana que corresponde a los países desarrollados y que alrededor de 2.000 millones de personas en todo el planeta no tienen acceso a la energía comercial.

Las fuentes no renovables están limitadas por la magnitud de su recurso. Tenemos cierta cantidad, podemos utilizarla más o menos rápidamente, pero no podemos aumentar su existencia. Distintas razones de índole técnica y política hacen que sea

² Se recurrirá al concepto de Desarrollo Sustentable dado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (de las Naciones Unidas) que lo definió como aquel "desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias".

difícil obtener cifras confiables respecto a las reservas de combustible. En 1990, se estimaba que las existencias de carbón, gas natural y petróleo podrían durar 1.500, 120 y 60 años respectivamente [Fulkerson et al., 1990].

Actualmente, se estima que hacia el final de la primera década del 2000 asistiremos a un lento pero inexorable descenso de los niveles de producción del petróleo, y a la extinción de la era del petróleo barato, a no ser que la demanda del mismo decaiga abruptamente. [Campbell y Laherrere, 1998]

En el caso de Perú tenemos un gran potencial en reservas de gas natural y líquidos. En segundo lugar tenemos un potencial atractivo de reservas de hidroenergía. Por último, las reservas de petróleo crudo y carbón se encuentran en menor proporción. Las reservas probadas de petróleo a fines del 2003 fueron 55 millones de metros cúbicos y con los niveles actuales de producción (5.3 millones de metros cúbicos) estas reservas pueden satisfacer la demanda interna hasta el año 2014 si no se siguen descubriendo nuevos pozos.

Comparando la estructura de la producción de energía comercial con sus reservas probadas, se observa que existe un mayor consumo de las reservas escasas que de las abundantes y de las no renovables que de las renovables. Esto se puede notar en la Fig. 1.2, [Balance energético nacional, 2003].

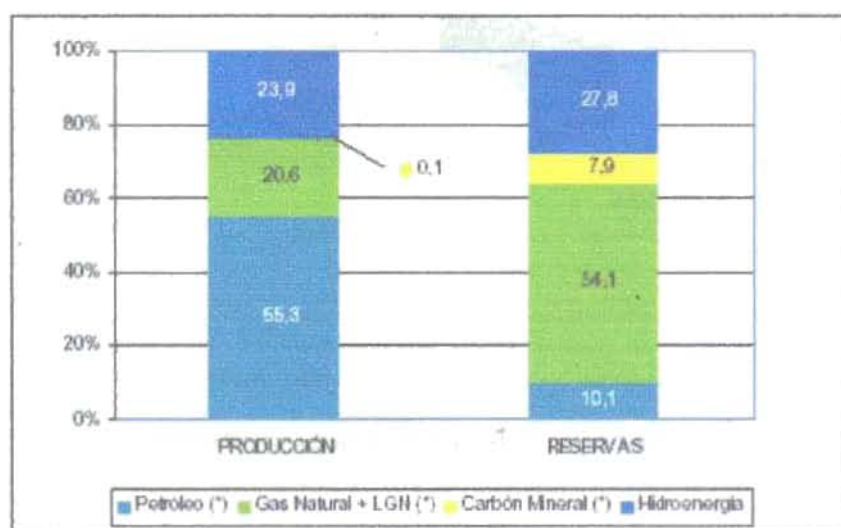
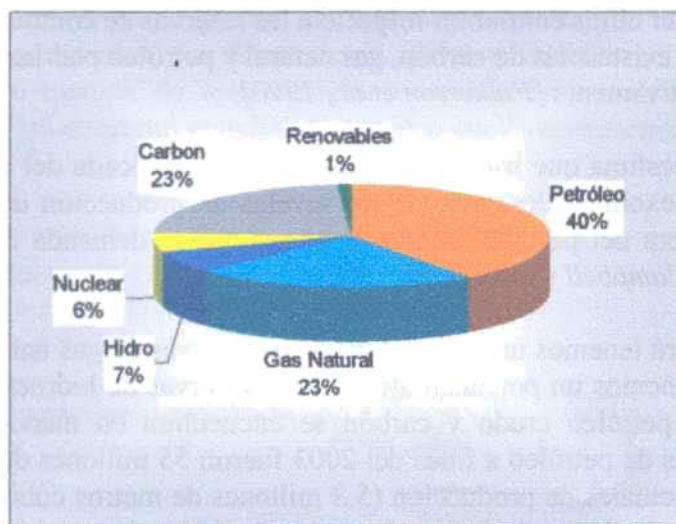


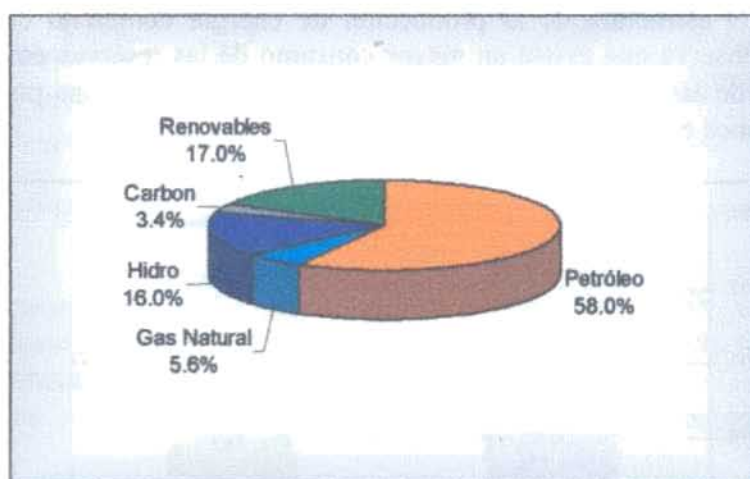
Fig. 1.2 Producción y Reservas Comerciales, Perú 2003

Cada combustible o forma de energía tiene, debido a sus características, usos preferenciales: el petróleo se destina principalmente al transporte; el carbón a la generación de electricidad y la industria; el gas natural al sector industrial, residencial, generación de electricidad y transporte y las energías hidráulica y nuclear casi exclusivamente a la generación eléctrica.

En la Fig. 1.3 podemos apreciar la distribución de las distintas fuentes de energía primarias que abastecen actualmente al mundo y al Perú. En dicha figura, "renovables" incluye biomasa, geotérmica, solar y producción de electricidad a partir de la energía eólica, y para Perú el 79% de los renovables son leña.



Totales Mundiales (1998)
[International Energy Annual 2000]



Perú (2003)
[Balance Nacional de Energía MEM, 2003]

Fig. 1.3 Consumo de energía primaria por fuente

Por otra parte, las fuentes *renovables* provienen directa o indirectamente del Sol³, que si bien por definición es un recurso prácticamente inagotable, tiene otro tipo de limitación que radica en que éste proporciona en forma directa cuando mucho un kilowatt de potencia por metro cuadrado de superficie terrestre. Esto implica que aunque el flujo total de potencia solar que llega hasta la tierra es inmenso—alrededor de 15.000 veces el consumo mundial total de 1990— su baja densidad energética limita o dificulta, su utilización.

³ La excepción la constituyen la energía geotérmica y la mareomotriz.

1.1.2 Energía y recursos económicos

La energía siempre esta ligada al desarrollo y bienestar de una sociedad, por ellos los economistas muchas veces miden el grado de desarrollo de un país, en base a la intensidad energética, es decir los kilowatt - hora (KWh) consumidos en un año, por persona promedio.

El razonamiento (desarrollado abajo) seguido es el siguiente: para obtener Desarrollo se debe crecer económicamente, lo cual implica un mayor consumo energético

Desarrollo \implies *crecimiento económico* \implies *mayor PBI* \implies *mayor consumo de energía*

En particular, para el **sector eléctrico**, la lógica se completa de la siguiente forma:

Mayor consumo energía \implies *Mayor consumo electricidad* \implies *Generación centralizada*⁴

Para los Países en Vías de Desarrollo (PVD), como el Perú cuyo consumo energético era relativamente pequeño, este esquema implicaba un gran y rápido incremento en la disponibilidad energética para hacer factible el desarrollo económico. En efecto, el consumo energético ha ido creciendo rápidamente en la mayoría de los PVD, pero la proyección hacia el futuro de estas tendencias no es sostenible en el tiempo debido a las restricciones mencionadas en el trilema energético.

1.1.3 Energía y Medio ambiente

Los científicos durante la ultima década, venían advirtiendo que el contenido de dióxido de carbono(CO₂) en la atmósfera se estaba incrementando de manera importante y pronosticaban que esto produciría el calentamiento de la tierra, que se conoce comúnmente con el nombre de *Efecto Invernadero*. Ver figuras 1.4 y 1.5 :

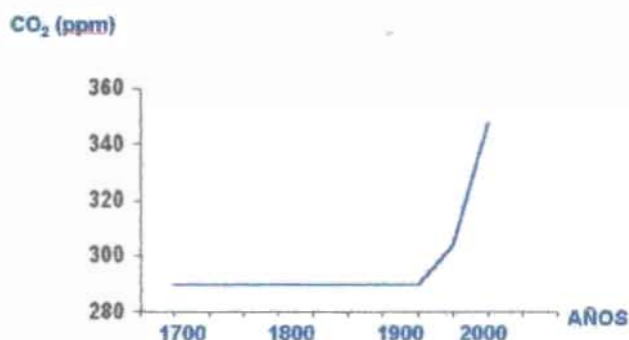


Fig. 1.4 Evolución de la concentración de CO₂ en la atmósfera en lo últimos 100 años

⁴ Se entiende por *Generación Centralizada* de la energía eléctrica a aquella que se realiza en centrales eléctricas de gran potencia —cientos de MW— y que luego se distribuye (a veces a través de grandes distancias) hacia los centros de consumo por líneas de transmisión y redes de distribución de la energía eléctrica.

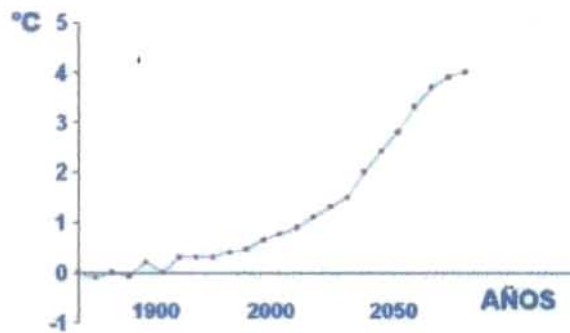


Fig. 1.5 Evolución de la temperatura de la Tierra en los últimos 100 años
[World Resources Institute. Climate Protection and the National Interest, 1997]

Siendo el objeto de estudio la iluminación eléctrica se mostrarán las diversas formas de impacto ambiental asociadas a la generación de energía eléctrica que, sintéticamente, pueden resumirse en:

- Contaminación del aire por centrales térmicas que utilizan combustibles fósiles — carbón mineral, petróleo, gas natural— y emiten gases y partículas a la atmósfera
- Cambio de clima a partir de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), el principal gas del efecto invernadero
- Alteración de ecosistemas (centrales hidroeléctricas)
- Contaminación del agua y contaminación térmica (centrales térmicas que utilizan cuerpos de agua en su ciclo de refrigeración)
- Contaminación por radioactividad (centrales térmicas nucleares), accidentes, generación de residuos de alta actividad.
- Por el calentamiento prolongado, el rebrote de enfermedades tropicales (malaria, cólera, dengue fiebre amarilla)

El crecimiento en el uso de energía acentúa los daños y los riesgos ambientales asociados. Entonces desde luego las medidas más efectivas para reducir el efecto invernadero consisten en:

- a. Implementar programas de eficiencia energética, con la finalidad de racionalizar el consumo y de esta manera reducir las emisiones ambientales que inevitablemente se producen cuando se genera energía.
- b. Utilizar energías alternativas limpias, como las renovables, para ir sustituyendo progresivamente las fuentes de energía que funcionan como combustibles fósiles.
- c. Fomentar los programas de forestación y reforestación a fin de aumentar la capacidad de absorción de las plantas del planeta.

Con la finalidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y evitar el cambio climático, durante la Cumbre de Río, que se llevó a cabo en 1992 y a la que asistieron 172 países, se acordó suscribir el Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. En Diciembre de 1997, las partes firmantes se reunieron en Kyoto (Japón) para aprobar el denominado *Protocolo de Kyoto*. El acuerdo ambiental, exige que los países industrializados reduzcan sus emisiones de ese tipo de gases en un promedio de 5% entre los años 2008 y 2012, con relación a las emisiones registradas en 1990. Específicamente, la Unión Europea se había comprometido en Kyoto a disminuir en 8% -durante el mismo período- sus emisiones de seis gases contaminantes, muy en especial el dióxido de carbono.

El presidente de EE.UU., George W. Bush, se retiró del protocolo en 2001, con el argumento de que éste dañaría gravemente la economía de su país.

Para que el protocolo entrara en vigor, tenía que ser ratificado por los países industrializados causantes del 55% de las emisiones de estos gases. Cuatro de los 34 países originales no lo han ratificado: Estados Unidos (responsable por el 36,1% de las emisiones entre los países industrializados en 1990), Australia (2,1%), Liechtenstein (0,001%) y Mónaco (0,001%). En 2004, después de dos años de debates y negociaciones, Rusia ratificó el protocolo, lo que posibilitó que 90 días después, el 16 de febrero del presente año, éste entrara en vigor.

1.2 Uso eficiente de la Energía

Se entiende por *servicio energético* (o uso final de la energía) a aquella prestación, provista naturalmente o por un dispositivo, que utiliza energía para satisfacer una necesidad humana. De este modo, la demanda de energía no tiene dinámica propia, sino que surge del requerimiento de los innumerables *servicios energéticos*, en cantidad y calidad, que la energía.

Un análisis completo para la provisión de servicios energéticos debería tener como propósito la búsqueda de opciones que requieran poca o no requieran provisión artificial de energía, a un bajo costo, y con mínimo o nulo impacto ambiental. Para ello se deberán identificar principalmente aquellos servicios que puedan ser provistos naturalmente con un adecuado diseño de instalaciones y/o procesos, en concordancia con estos requisitos. Los casos típicos en donde esto es factible son: **iluminación** y climatización ambiental.

En virtud de lo analizado en el trilema energético, la creciente demanda de servicios energéticos y consecuentemente de los recursos energéticos, representa uno de los desafíos más importantes que deberá enfrentar la humanidad en el futuro.

Algunos países desarrollados reaccionaron frente a las crisis energéticas de los '70 obteniendo ciertos éxitos recortando la demanda de petróleo mediante una combinación de medidas que involucraban la **substitución de combustibles** y el **uso eficiente de la energía**. Por lo tanto, lo que se proponía era explotar los "yacimientos de ahorro" a través de la mejora de los hábitos de consumo, la utilización de equipos eficientemente energéticos en todos los sectores de consumo y el mejoramiento de la arquitectura de edificios y viviendas. Como resultado de esta intervención, los precios del crudo cayeron. Los años posteriores a 1973 demostraron un quiebre en la histórica correlación que existía entre el consumo energético y la actividad económica en la mayoría de los países industrializados: *el Producto Bruto creció mientras que el Consumo de Energía Total se mantuvo prácticamente constante en los niveles de 1973* (hasta mediados de la década del '80). La Fig. 1.6 muestra este fenómeno para el caso de los EE.UU.

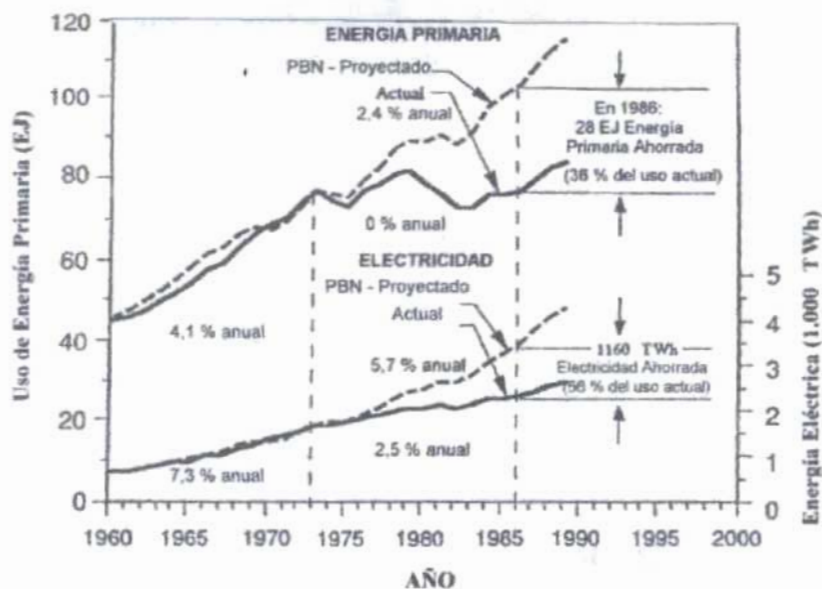


Fig. 1.6 Evolución de los totales de Energía Primaria y Electricidad usada en los EE.UU.
 (Fuente: Datos de energía y PBN del *Monthly Energy Review*, Energy Information Agency, US Department of Energy.)

Programas similares se realizaron en otras regiones del mundo, logrando que su Producto Bruto Interno (PBI) continuara creciendo, mientras que su consumo total de energía se estancara y el consumo de petróleo incluso se redujera. Puede verse que antes de 1973, el porcentaje de crecimiento del PBI traía aparejado un crecimiento del consumo de energía de la misma magnitud. Ver figuras 1.7 y 1.8.

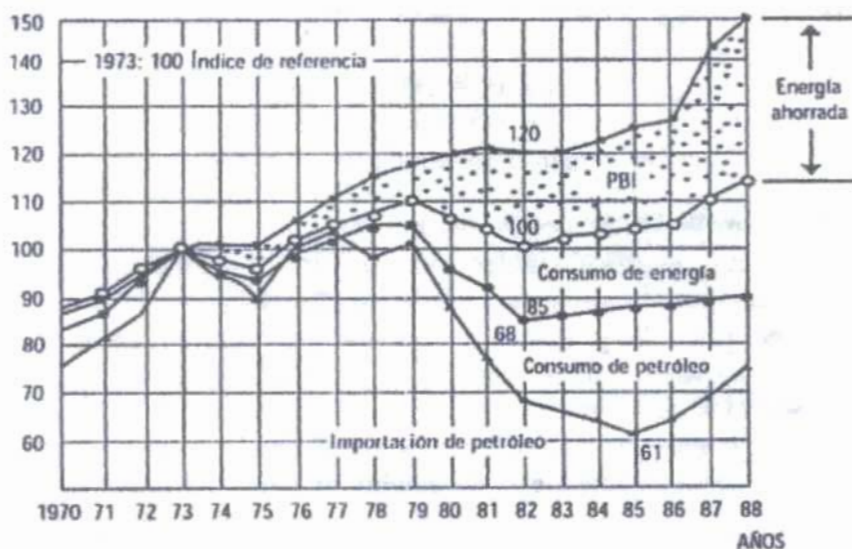


Fig. 1.7 Evolución del crecimiento del PBI y consumo de energía en la Unión Europea
 (Fuente: OECD "Energy balance")

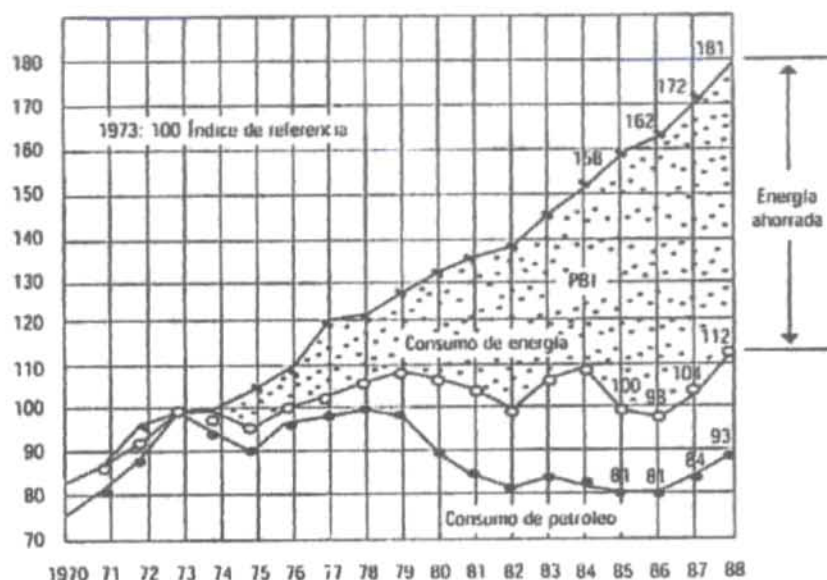


Fig. 1.8 Evolución del crecimiento del PIB y consumo de energía de Japón
(Fuente: OECD "Energy balance")

Entonces se entiende por **uso eficiente de la energía** a la aplicación de: a) tecnologías, sistemas o modos de uso que reduzcan la cantidad de energía consumida para conseguir el servicio energético deseado y de b) las metodologías necesarias para la promoción de a).

La **gestión de la demanda** se refiere a la aplicación de metodologías y/o tecnologías que modifiquen la forma de la curva de carga sin que esto implique necesariamente un menor consumo energético. Esto es fundamental **en el caso de la energía eléctrica** —que no puede ser convenientemente almacenada en grandes cantidades, y en donde el suministro debe seguir a la demanda instantánea a instantánea— razón por la cual la variación temporal de la carga es tan importante como la magnitud de la energía consumida.

La eficiencia energética y la gestión de la demanda van de la mano en un futuro energético orientado a los usos finales. Como se aprecia, la estrategia cuestiona la correlación entre desarrollo y consumo energético con todas las consecuencias ya descritas conduciendo a una identificación de escenarios energéticos futuros que son mucho menos intensivos en capital y recursos (además de ser menos costosa en general), y ambientalmente menos conflictiva.

1.2.1. Uso eficiente de la Energía en el Perú

El Perú desarrollo acciones de ahorro de energía desde 1973, año en que se produjo la gran crisis energética a nivel mundial debido al incremento del precio del petróleo, insumo que en ese entonces importábamos en cantidades considerables ya que nuestra producción era muy limitada. Sin embargo estas fueron acciones periódicas y no sostenibles en el tiempo, debido a la fuerte subvención que tuvieron durante la década del 70 y el 80, tanto las tarifas eléctricas como los combustibles desalentaban la realización de estos programas. En 1985 fue creado el Centro de Conservación de Energía y del Ambiente (CENERGIA), entidad

que desde esa fecha ha realizado principalmente la tarea de promoción de la eficiencia energética en el sector industrial.

A fines de 1992, con la finalidad de mejorar el servicio de electricidad y ganar eficiencia nivel sistema, se promulgó la Ley de Concesiones Eléctricas el mismo que promueve el desarrollo del sector electricidad en base a la participación del sector privado y la competencia. Con esta finalidad esta ley establece una reestructuración en el sistema eléctrico y separa las actividades de generación, transmisión y distribución como unidades de negocios diferentes.

A fines de 1994 fue creado el Proyecto de Ahorro de Energía (PAE) por el Ministerio de Energía y Minas, para desarrollar las acciones bajo el concepto del *Ahorro de Energía* en vista de que no se tenían los márgenes necesarios de reserva suficientes para soportar la reactivación económica y el crecimiento del índice de electrificación que se venía produciendo desde 1993. A ello se sumaba los pronósticos que los años 95 y 96 serían secos, lo que sin duda afectaría el sistema hidroeléctrico reduciendo más la oferta, el margen de reserva y poniendo el riesgo el normal desarrollo del país. Debido a esta situación el objetivo principal de la campaña durante 1995 y 1996 fue evitar que se produjeran racionamientos en el Sistema Interconectado del Cono Norte (SICN) a través de la reducción de la demanda en 100 MW, lo que se cumplió, ya que durante esos 2 años no se registraron restricciones de fluido eléctrico en ningún momento.

Dadas las escasas reservas de generación y en especial de capacidad efectiva que poseía el país cuando se inició la privatización, una modalidad importante dentro de dicho proceso fue la de los compromisos de inversión para construir nuevas plantas, lo que dio como resultado elevar la potencia instalada durante los años 1995 al 2002 manteniéndose casi constante desde entonces como se puede apreciar en la Fig. 1.9.



Fig. 1.9 Potencia instalada a nivel nacional (GW. h)

[MEM, Evolución del Sector Electricidad 1995- 2000]

Por otro lado la privatización ha mejorado la eficiencia del sistema y que las pérdidas se reduzcan sustancialmente durante los últimos años. Durante los últimos años la intensidad de energía eléctrica como consecuencia del programa económico y de la campaña de ahorro de energía no ha seguido creciendo y se ha detenido.

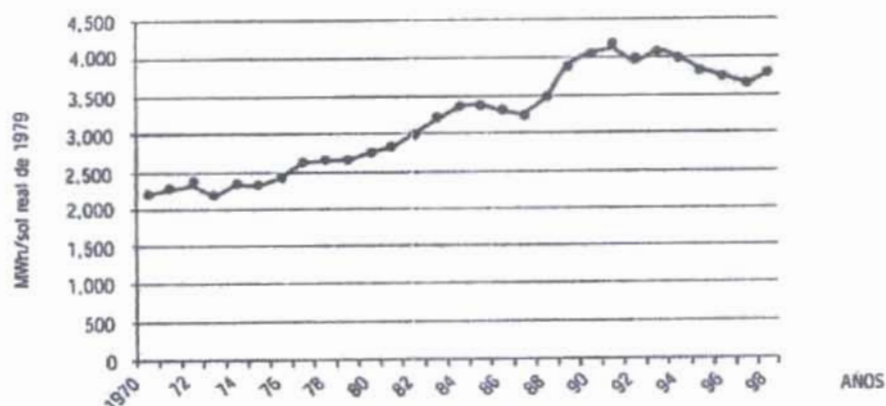


Fig. 1.10 Evolución de la intensidad eléctrica en el Perú

(Consumo de energía/PBI en soles reales de 1979)

Fuente: Elaboración PAE - 1999.

La campaña de ahorro de energía, desarrollada principalmente en el sector residencial y comercial, realizó tres actividades paralelas y complementarias entre sí: una campaña educativa, una campaña publicitaria y una campaña demostrativa informativa. El resultado fue que desde 1994 (antes de la campaña) hasta 1999 la evolución de la máxima demanda del SICN solo ha crecido en un 10%, mientras que el PBI en ese periodo lo hizo en 23%.



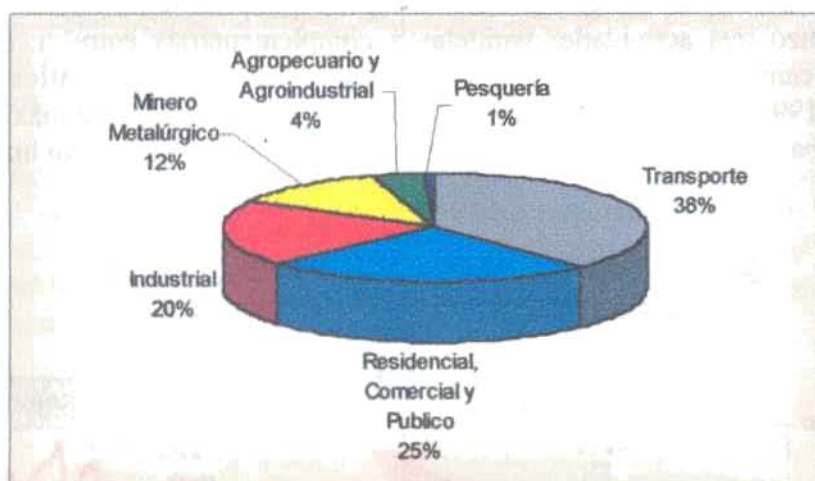
Fig. 1.11 Evolución de la Máxima Demanda en el Sistema Interconectado Centro - Norte (SICN) desde 1993 hasta 2000

Fuente: Estudios de Eficiencia Energética, elaboración PAE - MEM

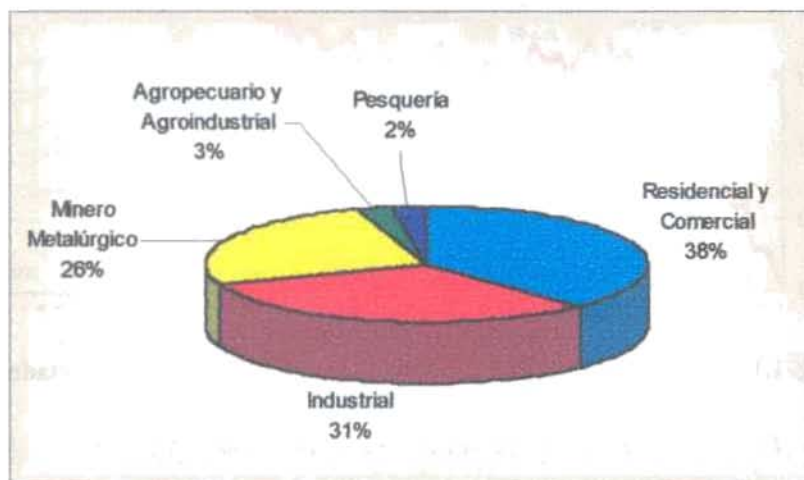
1.3 La Iluminación Eficiente

A excepción de las áreas rurales y aquellas fuera del alcance de las redes de electricidad, el resto de la iluminación en los sectores industrial, comercial y público, residencial urbano y el alumbrado público se basan en el uso de energía eléctrica. Por ello, para la provisión de luz por medios artificiales la mejor forma que tenemos (en el presente y dentro del futuro previsible), es a partir de la energía eléctrica.

En una primera aproximación al sector energético del Perú se observa que desde un punto de vista del consumo final de energía por sector, estos se ordenan de mayor a menor de la siguiente manera: residencial, comercial y público, transporte, industrial (Fig. 1.12 a). Sin embargo, al repetir la comparación pero a partir del consumo final de energía eléctrica por sector, ahora el sector transporte prácticamente pierde toda relevancia y tan sólo tres sectores acaparan el 95% del consumo. Estos son sector, residencial, comercial y público, industrial y minero metalúrgico. (ver Fig. 1.12 b).



a) Consumo final de energía por sectores económicos: 2003



b) Consumo final de energía eléctrica por sectores: 2003

Figura 1.12 Consumo final de energía por sector en Perú

[Fuente: Balance energético nacional, 2003]

Ahora bien, una estrategia de optimización de la eficiencia con que se utiliza la electricidad en los distintos sectores usuarios requiere focalizar los esfuerzos en los usos que concentran el consumo de este energético en cada uno de estos sectores. Lamentablemente carecemos de dicha información en el Perú, por ellos se mostraran las graficas de los consumos eléctricos por sectores y usos de Argentina y Chile como países vecinos latinoamericanos que tienen un consumo similar al peruano eléctricamente hablando.

En la Figura 1.13 se grafica la distribución del consumo por usos finales de energía eléctrica en cada uno de los sectores y en el total del país de Chile, y en la Figura 1.14 se muestra lo mismo pero para el país de Argentina.

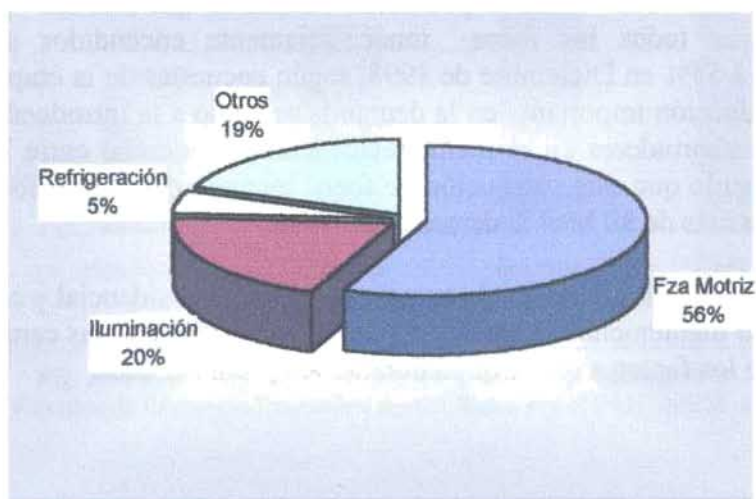


Fig. 1.13 Consumo final de energía eléctrica en Chile (1994) por sector y uso final.
[Fuente: Perúcobre, elaboración en base a estudios del PRIEN (Prog. Identificaciones de Energía), 1994]

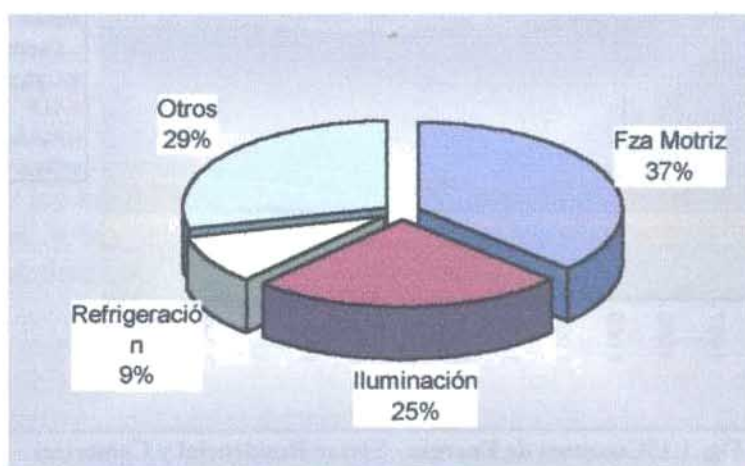


Fig. 1.14 Consumo final de energía eléctrica en Argentina (1997) por sector y uso final.
[Fuente: Balance energético nacional de Argentina 1997]

Realizando un análisis por usos finales de la electricidad dentro de cada sector de consumo para la energía eléctrica para el Perú (considerando tan sólo los tres sectores más importantes), se observa que la iluminación tiene una participación destacada fundamentalmente en el sector residencial, comercial y público, luego en el industrial y en menor grado en el minero metalúrgico.

Es por ello que en el Perú, se implementaron programas para el ahorro de energía, los cuales, como se mostró en la Fig. 1.11, influyo en el menor crecimiento de la máxima demanda, mediante la modificación de los hábitos de consumo. En especial, la actitud que ahora toma la población en las "horas punta" (concepto que se introdujo en la campaña de ahorro energético del año 1995) con relación a la utilización de la iluminación, que constituye el consumo principal en el cual se puede ahorrar mas en esas horas y a otros artefactos electrodomésticos.

En la actualidad mas del 60% de la población conoce lo que son las "horas punta y la actitud de "apagar todos los focos innecesariamente encendidos en casa" se ha incrementado en a 55% en Diciembre de 1998, según encuestas de la empresa Apoyo. Por otro lado, una reducción importante en la demanda se debió a la introducción acertada de 1 500 000 focos ahorradores en el sector residencial y comercial entre los años 1995 y 1999. Se ha estimado que esta sustitución de focos incandescentes por focos ahorradores, había reducido en mas de 80 MW la demanda en 1998.

Por otro lado, el consumo promedio de energía en el sector residencial y comercial a nivel nacional se ha ido manteniendo desde 1995 (ver Fig. 1.15), siendo las campañas de ahorro de energía uno de los factores que influyó durante los primeros años.

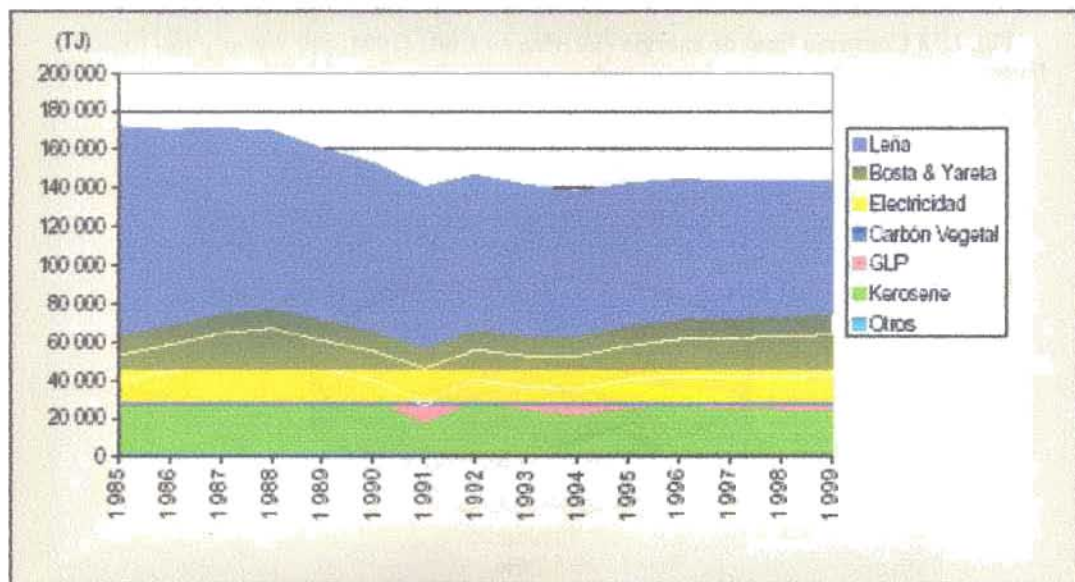


Fig. 1.15 Consumo de Energía - Sector Residencial y Comercial
[Fuente: Balance energético nacional, Perú 1999]

El objetivo principal para los próximos años para el abatimiento de la demanda y ahorro de energía en el Perú, según el Ministerio de Energía y Minas (MEM) es la continuación de

programas de ahorro de energía para consolidar y ampliar los ahorros logrados. Para ello se utilizará el concepto de *Uso Racional de la Energía*. Para lograr ello se apuntará a:

- Mejorar los hábitos de consumo de energía, mediante la formación de una nueva conciencia y cultura de uso racional de todas las formas de energía.
- Incluir a que todos los sectores de consumo sustituyan sus equipos ineficientes por equipos eficientemente energéticos.

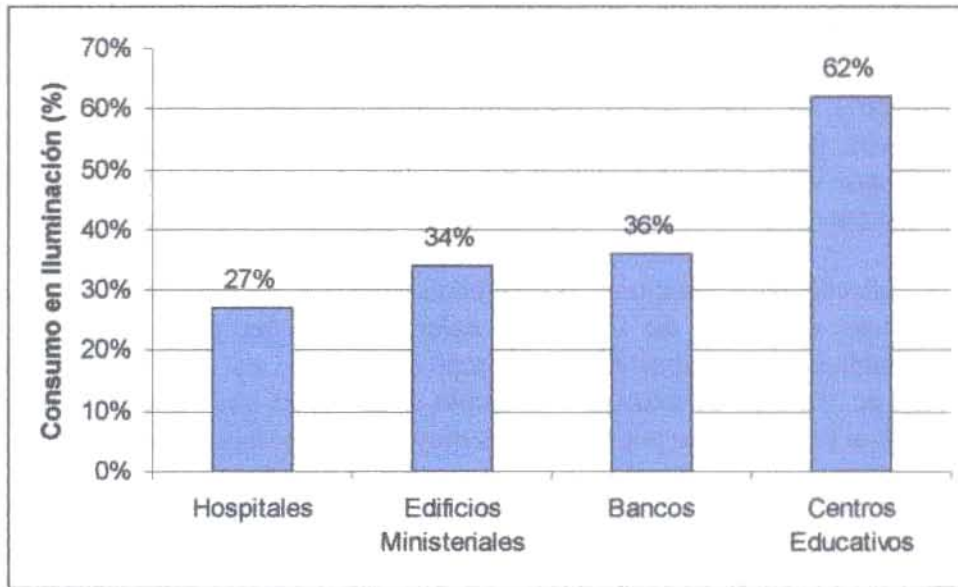


Fig. 1.16 Porcentaje de Consumo en consumo en iluminación

FUENTE: Estudios de Eficiencia Energética desarrollados por el PAE -MEM. Junio 2000.

Según un estudio de eficiencia energética realizado por el PAE y el MEM en edificios dedicados a la educación el porcentaje de consumo en iluminación es más del 60% del consumo total (ver Fig. 1.16). Entonces en función de lo visto, podemos analizar la eficiencia en la provisión del servicio de iluminación en los distintos niveles. En primer lugar las lámparas que son el artefacto del uso final que transforman la energía eléctrica en luz, existen miles de lámparas distintas, que utilizan diferentes tecnologías para conseguir su propósito, y que brindan prestaciones diversas con distintos niveles de eficiencia en la conversión de energía eléctrica en energía luminosa. Seguidamente los elementos asociados a las lámparas que son básicamente las luminarias (elementos pasivos) que son los artefactos encargados de distribuir adecuadamente el flujo luminoso emitido por éstas; y los balastos (elementos activos) necesarios para el encendido y el correcto funcionamiento de las lámparas del tipo de descarga.

Finalizando este capítulo introductorio relacionado con el uso eficiente de la energía resta mencionar la posibilidad de cuantificar la magnitud de los beneficios a obtener por el uso eficiente de la energía. Para poder determinar en forma más o menos precisa el potencial de ahorro en iluminación se requiere en primera instancia conocer el consumo eléctrico para este uso final en forma desagregada para poder evaluar las alternativas más eficientes.

1.4 Conclusiones

- En cuanto al consumo de recursos energéticos es muy adecuado y conveniente utilizar los recursos renovables como los hídricos, o en todo caso aprovechar la abundancia de los recursos naturales no renovables como el gas natural o líquidos, para poder reemplazar los menos abundantes como el petróleo.
- Para que sea sostenible en el tiempo la teoría de Goldemberg (1988: "para obtener desarrollo se debe crecer económicamente, lo cual implica un mayor consumo energético"), se debe prever las limitaciones del trilema energético (recursos energéticos, factores económicos y efectos ambientales) y plantear alternativas de ahorro para la energía. Y esto porque el desarrollo (crecimiento del PBI) y el consumo energético no deben aumentar con el mismo índice de crecimiento.
- Sería inadecuado no mencionar la gran contaminación que supone el desarrollo con el aumento alarmante de CO₂ y al calentamiento del planeta debido al uso indiscriminado de combustibles no limpios, por ello es conveniente limitar la emisión de este tipo de gases. El Protocolo de Kyoto es una solución mínima pero necesaria al problema, es por ello que es muy necesaria su práctica.
- Para el uso eficiente de la energía es necesario la aplicación de tecnologías, sistemas o modos de uso que reduzcan la cantidad de energía consumida para conseguir el servicio energético deseado y de las metodologías necesarias para la promoción de tales sistemas.
- La eficiencia energética y la gestión de la demanda van de la mano en un futuro energético orientado a los usos finales. Como se apreció, la estrategia cuestiona la correlación entre desarrollo y consumo energético con todas las consecuencias ya descritas conduciendo a una identificación de escenarios energéticos futuros que son mucho menos intensivos en capital y recursos (además de ser menos costosa en general), y ambientalmente menos conflictiva.
- En vista de que en el sector residencial y comercial, el ahorro energético en iluminación es considerable, las acciones que se tomen para disminuir el consumo de energía eléctrica sin perjudicar el confort visual o los niveles de iluminación serían muy favorables no solo para el usuario, cuyo beneficio es directo y económico, sino también al desarrollo del país.
- Los factores que contribuyen a que la iluminación sea uno de los usos finales donde se comience a trabajar aplicando medidas de eficiencia energética son:
 1. El potencial de ahorro para este uso final demuestra ser muy elevado.
 2. Algunas alternativas de eficiencia en iluminación no representan costo adicional alguno y en otros casos el uso eficiente de la energía eléctrica en la iluminación es una medida altamente rentable.
 3. Debido a su alta coincidencia con la demanda pico vespertina de electricidad, una reducción en el consumo energético se reflejaría también en una disminución de la demanda de punta, permitiendo importantes ahorros en las inversiones necesarias para suministrar dichos picos.

Capítulo 2

NORMAS REFERIDAS A LA ILUMINACIÓN DE INTERIORES

2.1 Introducción

En el Perú, se estableció la Norma Técnica de Alumbrado mediante el DGE 017-AI-1/1982 "Norma de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos". La DGE 017 tiene por objeto uniformizar criterios en la elaboración de proyectos referentes al alumbrado de interiores en general y no ha sido modificada a la fecha. La norma peruana detalla muy bien los niveles de iluminación de interiores no habiendo discrepancia con los internacionales, sin embargo existen otras normas los cuales modifican las perspectivas del diseño. Estas normas son mas puntuales y específicas en los niveles de reflexión y deslumbramiento, la CIE (*the International Commission on Illumination*) y el proyecto de norma española LG son un ejemplo de ello. A continuación se detallará cada aspecto referente a la iluminación de interiores tomados no solo de la norma peruana sino de manuales luminotécnicos y ergonómicos referentes para luego aplicarlos al proyecto en cuestión.

2.2 Iluminación

Según la Norma Técnica de Alumbrado "Norma de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos", los requerimientos del alumbrado se basan en los siguientes criterios de ingeniería de alumbrado:

- Nivel de iluminación;
- Distribución de la iluminancia;
- Limitación del deslumbramiento;
- Dirección de incidencia de la luz y efecto de sombra;
- Color de luz y reproducción del color.

Una instalación de alumbrado puede satisfacer los requerimientos para los cuales está destinada, sólo si cumple con todos los criterios de calidad. Se puede dar más importancia a uno u otro criterio, dependiendo de la naturaleza y dificultad de la tarea visual, o del tipo de recinto.

2.2.1 Iluminación Nominal

El valor medio de iluminación para una determinada actividad está en función de una serie de factores entre los que se pueden citar:

- Tamaño de los detalles a captar.
- Distancia entre el ojo y el objeto observado.
- Factor de reflexión del objeto observado.
- Contraste entre los detalles del objeto y el fondo sobre el que se destaca.
- Tiempo empleado en la observación.
- Rapidez de movimiento del objeto.

Entre mayor sea la dificultad para la percepción visual, mayor deberá ser el nivel medio de iluminación. Esta dificultad se acentúa mucho más en las personas de edad avanzada. De ahí que necesiten más luz que los jóvenes para realizar un trabajo con igual facilidad. Se ha comprobado que mientras un niño de 10 años, para leer normalmente una página de un libro con buena impresión necesita un nivel medio de iluminación de 175 luxes, una persona de 40 años precisa 500 luxes y otra de 60 años requiere de 2.500 luxes.

El paso previo para determinar la iluminación nominal, es establecer la categoría de iluminación apropiada para la dificultad visual presentada por la tarea y luego de determinar el valor de iluminación nominal de esta categoría (bajo, medio o alto), en base a las siguientes características:

- La edad de los observadores
- La importancia de la velocidad y/o precisión para el rendimiento visual.
- El grado de reflexión del fondo sobre el cual se realizará la tarea.

Los pasos a seguir para la selección de la iluminación nominal, según la norma peruana son los siguientes:

PASO 1 Definir la Tarea Visual.-

Actividades que requieren gran concentración, de gran contraste y de tamaño pequeño.

PASO 2 Seleccionar la Categoría de Iluminación.-

Seleccionar la categoría de iluminación de una de las formas siguientes:

- De la Tabla 2.1, cuando se conocen los tipos específicos de recintos o actividades.
- De la Tabla 2.2, conociendo el tipo genérico de actividad cuando no se conozca la actividad específica, o cuando dicha actividad no esté incluida en la Tabla 2.1.

De la Tabla 2.1 vemos que la categoría de iluminación para los ambientes de la biblioteca pueden ser D o E, de acuerdo al tipo de ambiente.

PASO 3 Establecer el Nivel de Iluminación.-

De la categoría de iluminación seleccionada en el paso 2, se debe establecer la iluminación nominal en base a varios factores. Estos factores varían dependiendo de la tarea visual. Para las categorías "A" hasta "C" se debe usar el paso "a" dado a continuación y para las categorías "D" hasta "H" el paso "b".

a) **Categorías "A" hasta "C".-** Para establecer un valor de iluminación nominal apropiado, el proyectista debe estar familiarizado con el recinto a ser iluminado y con sus futuros ocupantes, a tal punto que pueda determinar la siguiente información:

1. Edad de los ocupantes
2. Grado de reflexión de las superficies del recinto.

Después que la información indicada línea arriba ha sido establecida, el proyectista puede determinar un valor de iluminación nominal apropiado usando la Tabla 2.2 como sigue:

- a. Analizar cada una de las dos características y determinar los factores de ponderación apropiados (-1, 0, +1).
- b. Sumar algebraicamente los dos factores, tomando en cuenta los signos.
- c. Si el factor de ponderación total es -2 usar el menor valor de los tres valores de iluminación en la categoría establecida; si el factor total es +2, usa el mayor valor de los tres; para cualquier otro factor total usar el valor medio.

b) **Categorías "D" hasta "H".-** El proyectista debe estar familiarizado con la tarea a realizarse y con los futuros ocupantes del recinto, a tal punto que pueda determinar la siguiente información.

1. El grado de reflexión de la superficie sobre la cual se realizará la tarea.
2. Edad de los ocupantes.
3. Importancia de la velocidad y/o precisión (no importante, importante o crítica).

Después que la información indicada líneas arriba ha sido establecida, el proyectista puede determinar un valor de iluminación nominal apropiado usando la Tabla 2.2 como sigue:

- a. Analizar cada una de las tres características y determinar los factores de ponderación apropiados (-1, 0, +1).
- b. Sumar los tres factores algebraicamente tomando en cuenta los signos.
- c. Si el factor de ponderación total es -2 o -3, usar el menor de los tres valores de iluminación nominal en la categoría establecida; si el factor total es +2 ó +3, usar el mayor valor de los tres; para cualquier otro factor total es usar el valor medio.

Tales factores, considerados en conjunto determinan la cantidad de luz necesaria.

2.2.2 Iluminación recomendada para Interiores

En la Tabla 2.1 siguiente se dan los valores mínimos a considerarse en una instalación de alumbrado, referentes a la categoría de iluminación, al color de luz, al grado de reproducción del color, y a la clase de calidad de la limitación del deslumbramiento directo correspondiente al tipo de recinto o actividad.

Columna 1: Tipo de recinto o actividad

Si una actividad particular no figura en la Tabla 2.1, se consideran aplicables las recomendaciones dadas para una actividad similar.

Columna 2: Categoría de iluminación

Cada categoría de iluminación esta compuesta por tres valores de iluminación nominal. La iluminación nominal esta referida a:

- La edad promedio de la instalación de alumbrado.
- El recinto o zona del recinto para una actividad particular.
- Generalmente, a un plano de trabajo horizontal o a una altura de 0.85m. sobre el nivel del piso.
- La línea central a una altura de 0.2 m sobre el nivel del piso, en áreas de circulación de las edificaciones.

Cuando se combine el alumbrado general y el alumbrado localizado, la iluminación nominal está referida al puesto de trabajo.

Columna 3: Color de luz

Clasificación de lámparas por sus colores de luz:

- Bc : Blanco cálido (o cálido);
- Bn : Blanco neutro (o intermedio);
- Bd : Blanco luz del día (o frío).

La información acerca del color de luz de las lámparas debe ser dada en los catálogos de los fabricantes.

Columna 4: Grado de reproducción del color.

La información acerca del grado de reproducción del color de las lámparas debe ser dada en los catálogos de los fabricantes.

Por razones de limpieza y seguridad, no se permite el uso de lámparas con radiación monocromática (p.e. : lámparas de sodio de baja presión) en recintos de trabajo. Esta regla puede obviarse por razones de necesidad de una planta específica.

Columna 5: Clase de calidad del deslumbramiento directo.

Las instalaciones de alumbrado interior están clasificadas de acuerdo con la calidad de la limitación del deslumbramiento directo.

- Clase de calidad 1 : Alto
- Clase de calidad 2 : Medio requerimiento de limitación.
- Clase de calidad 3 : Bajo deslumbramiento directo.

Columna 6: Observaciones

Si en la columna de observaciones de la Tabla 2.1 se permite el alumbrado localizado, se deberá aplicar dicho tipo alumbrado si fuera necesario.

Tabla 2.1

Valores de Iluminación Nominal recomendable para interiores en general

1	2	3	4	5	6
Tipo de recinto o actividad	Categoría de iluminación	Color de luz	Grado de reproducción del color	Limitación del Destumbramiento Directo	Observaciones
OFICINAS Y RECINTOS SIMILARES - Oficinas con luz de día orientado a los puestos de trabajo que están en la proximidad directa de la ventana solamente. - Oficinas - Dibujo técnico - Salas de asambleas y conferencias - Salas de recepción - Recintos usados por el público - Salas para procesamiento de datos	D E E D B D E	bc, bn	2 2 2 2 2 2 2	1 1 1 1 1	Aluminado general localizado, al menos 0.8 en puestos de trabajo. Se permite aluminado localizado. Es referida a un tablero de dibujo a 75° con la horizontal, a una altura de 1.2 m en el punto central.
CENTROS DE ENSEÑANZA - Salón de clases, auditorios. - Laboratorios, bibliotecas, salas de lectura, salas de exposiciones.	D E	bc, bn, bd	2 2	1 1	

Tabla 2.2

Categorías de Iluminación y Valores de Iluminación para tipos genéricos de actividades en interiores

Tipo de Actividad	Categoría de Iluminación	Iluminación Nominal lx
Espacios públicos con alrededores oscuros.	A	20 - 30 - 50
Simple orientación para visitas cortas temporales.	B	50 - 75 - 100
Recintos de trabajo donde las tareas visuales solo ocasionalmente.	C	100 - 150 - 200
Realización de tareas visuales de gran contraste o gran tamaño.	D	200 - 300 - 500
Realización de tareas visuales de contraste medio o pequeño tamaño.	E	500 - 750 - 1000
Realización de tareas visuales de bajo contraste o muy pequeño tamaño.	F	1000 - 1500 - 2000
Realización de tareas visuales de bajo contraste o muy pequeño tamaño a través de un prolongado periodo.	G	2000 - 3000 - 5000
Realización de tareas visuales muy prolongadas y exactas.	H	5000 - 7500 - 10000

Tabla 2.3**Factores de Ponderación para la selección específica de la Iluminación Nominal**

a) Para categorías de iluminación "A" hasta "C"

Características del Recinto y Ocupantes	Factor de Ponderación		
	- 1	0	+ 1
Edad de los ocupantes en años	Menor de 40	40 a 55	Mayor de 55
Grados de Reflexión de las superficies del recinto. (*)	Mayor de 70%	De 30 a 70%	Menor de 30%

b) Para categorías de iluminación "D" hasta "H"

Características de la Tarea y del Trabajo	Factor de Ponderación		
	- 1	0	+ 1
Edad de los trabajadores en años	Menor de 40	40 a 55	Mayor de 55
Velocidad y/o Precisión	No importante	Importante	Crítico
Grados de Reflexión de las superficies en la que se realiza la tarea.	Mayor de 70%	De 30 a 70%	Menor de 30%

(*) Promedio de los grados de reflexión de las superficies involucradas que puede incluir la reflexión de las paredes, el piso y el techo.

2.2.3 Factor de mantenimiento

El valor de la iluminación se reduce continuamente debido a la edad y ensuciamiento de las lámparas y luminarias y también a consecuencia del ensuciamiento de las superficies que limitan el recinto y de las superficies de los accesorios. Por consiguiente la iluminación en los puestos de trabajo debe ser evaluada regularmente.

Tabla 2.4

Reducción de la Iluminación y Factores de Mantenimiento

Reducción de la iluminación debido al ensuciamiento y edad de las lámparas, luminarias y recintos.	Factor de mantenimiento Fm
Alto	0.8
Medio	0.7
Bajo	0.6

El valor medio aritmético de la iluminación en el puesto de trabajo, no debe ser menor que 0.8 veces la iluminación nominal, independientemente de la edad de la instalación de alumbrado.

La iluminación no puede en ningún caso ser menor que 0.6 veces la iluminación nominal, para cualquier puesto de trabajo y bajo cualquier grado de envejecimiento.

Esto quiere decir que la instalación requerirá mantenimiento si la iluminación media en puestos de trabajo baja a menos de 0.8 la iluminación nominal, o a menos de 0.6 la iluminación en el puesto de trabajo más desfavorable desde el punto de vista de tecnología de alumbrado.

Para propósitos del proyecto, los valores de iluminación nominal deben de afectarse por el factor de mantenimiento, a fin de tomar en cuenta la edad y el grado de contaminación de la instalación. El proyecto del alumbrado interior, con alumbrado artificial debe basarse en un factor de mantenimiento (fm) de 0.8.

2.3 Distribución de luminancias en el campo visual:

Uniformidad

Si no tuviéramos dos ojos, no veríamos los objetos en relieve; es decir unos más cerca que otros. Ello se debe a que en cada ojo se forma una imagen ligeramente distinta y al juntarse las dos en el cerebro dan la sensación de relieve. Pero, además, para poder captar el relieve de los objetos es preciso que éstos presenten unas zonas menos iluminadas que otras. Estas zonas menos iluminadas son las sombras, las cuales destacan las formas plásticas de los objetos.

Las sombras en si son el resultado de una diferencia de luminancia respecto a zonas más iluminadas. Se distinguen dos clases de sombras: fuertes y suaves. Sombras fuertes son las que resultan de iluminar un objeto con luz dirigida intensa desde un punto determinado más o menos alejado, y que se caracterizan por su profunda oscuridad y dureza. En contraposición a las sombras fuertes, las sombras suaves son las que resultan de iluminar un objeto con una luz difusa y que se caracterizan por su suavidad y menor efecto de relieve.

Los siguientes aspectos son de particular importancia para la distribución de luminancia:

- a) Los grados de reflexión en la vecindad inmediata del material de trabajo deben ser seleccionados de modo de obtener una relación de luminancia que no exceda de 3:1, entre el campo de trabajo (campo interior) y los alrededores (campo exterior), con la finalidad de mejorar el rendimiento visual. Para las superficies de trabajo se recomiendan grados de reflexión de 0.2 hasta 0.5.

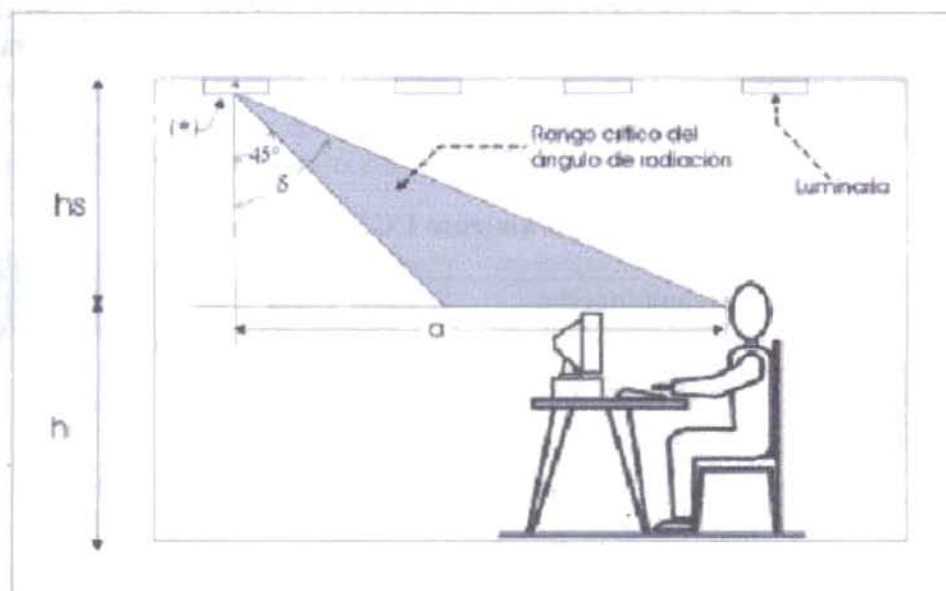
Debe mantenerse una relación uniforme de iluminación Min : E de alrededor de 1 : 1.5 para el pleno de trabajo horizontal en el recinto usada para una actividad particular, a fin de obtener una distribución balanceada de luminancia.

- b) El tipo de alumbrado, los grados de reflexión y el color de grandes superficies en el campo visual (p.e. : paredes y techos), deben ser seleccionados de modo de producir una distribución de luminancia agradable en el recinto. Las luminancias insuficientes y también las diferencias de color insuficientes, producen una impresión monótona en el recinto. Por otra parte, deben evitarse las relaciones de luminancia mayores de 10:1 entre las superficies de trabajo y superficies grandes más alejadas en el campo visual.
- c) Se puede llevar a cabo una adecuada iluminación de las superficies que limitan el recinto y un alumbrado eficiente, con grados medios de reflexión de 0.7 para techos, 0.5 para las paredes y 0.2 para el piso.
- d) Los valores de luminancia excesiva en el campo visual pueden aumentar el deslumbramiento, a fin de evitar el deslumbramiento directo, la luminancia de superficies visibles iluminadas no debe exceder determinados valores límites.

2.4 Limites del Deslumbramiento

Cuando la luminancia es excesiva, provoca una enérgica reacción fotoquímica en la retina, insensibilizándola durante un cierto tiempo, transcurrido el cual vuelve a recuperarse. La reacción, cuando es por poca luminancia, se tarda hasta 40 minutos en recuperarse y se conoce como encandilamiento por falta de luminancia, en tanto que en el caso de excesiva luminancia lo puede hacer en menos de un minuto.

Para instalaciones con luminancias dispuestas individualmente y en serie se considera que el deslumbramiento directo está adecuadamente restringido, si la luminancia media de las luminarias en el rango crítico de deslumbramiento $45^\circ \leq \delta \leq 85^\circ$ (Véase la Fig. 2.1) no excede los valores de las curvas de limitación de luminancias mostradas en las figuras 2.2 y 2.3.



* Luminaria más alejada de la visión

"h" se considera que es de 1.20 m y 1.55 para una persona sentada y parada respectivamente.

Fig. 2.1 Rango de radiación de una luminaria dentro del cual debe mantenerse la restricción de luminancia.

El valor máximo tolerable de luminancia para la visión directa es de $0,75 \text{ cd/cm}^2$. (Unas 7500 Cd/m^2). El obtener una limitación de luminancia determinada para las luminarias depende de:

- El tipo y disposición de las luminarias;
- El ángulo de apantallamiento;
- La clase de calidad de limitación del deslumbramiento;
- La iluminación nominal.

Los factores determinantes del deslumbramiento son:

- La luminancia de la fuente de luz o de las superficies iluminadas. A mayor luminancia corresponde mayor deslumbramiento.

- Las dimensiones de la fuente de luz en función del ángulo subtendido por el ojo a partir de los 45 grados con respecto a la vertical. Un área grande de baja luminancia como un panel luminoso, o varias bombillas en conjunto, cada una de ellas con fuentes pequeñas de mayor luminancia.
- La localización de la fuente de luz. Cuanto más lejos se encuentre la fuente en la línea de visión menor deslumbramiento produce.
- Por otra parte, también disminuye el deslumbramiento a medida que la fuente queda más por encima del ángulo visual normal
- El contraste entre la luminancia de la fuente de luz y la de sus alrededores. A mayor contraste de luminancia, mayor deslumbramiento.
- El tiempo de exposición. Una luminancia de bajo valor puede producir deslumbramiento si el tiempo de exposición es largo.

La evaluación del deslumbramiento molesto se realiza mediante el índice UGR (*Unified Glare Rating*) de la *Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE). El índice UGR y sus métodos de cálculo se describen en la publicación CIE nº117-1995: "*Discomfort Glare in interior lighting*". En la tabla 2.5 se muestra la escala UGR que cuantifica el deslumbramiento molesto.

Tabla 2.5

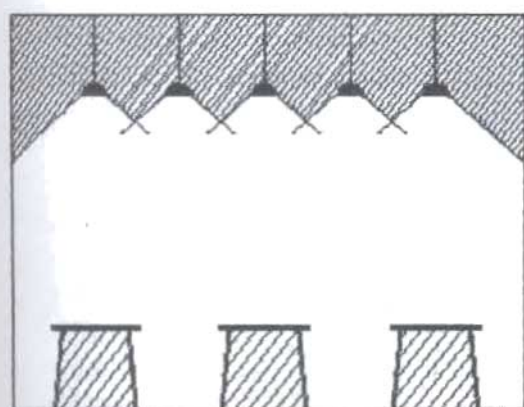
Valores de deslumbramiento UGR según la CIE

Denominación	Valor UGR
Imperceptible	10
Apenas perceptible	13
Perceptible	16
Apenas aceptable	19
Inaceptable	22
Apenas incómodo	25
Incómodo	28
Casi intolerable	31

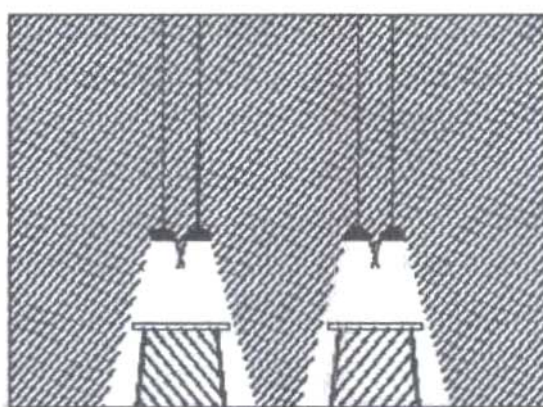
En España el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, delega en el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (INSHT) la elaboración de la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. En esta se fijan los valores máximos del índice UGR admisibles para cada tipo de actividad, así como los valores mínimos de iluminancia media y índice de reproducción cromática.

2.5 Dirección de incidencia de la Luz y Efecto de Sombra

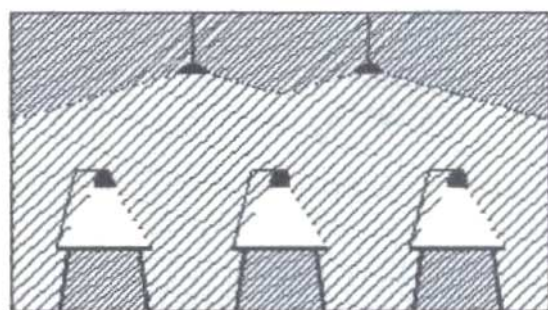
- Si el alumbrado tiene como función permitir un apropiado reconocimiento de los objetos y estructuras de superficies iluminadas, se requiere un adecuado efecto de sombra.
- El alumbrado difuso da origen a una ausencia de sombras, produciéndose un efecto subjetivamente desagradable, el cual es tan indeseable como las sombras profundas y los límites de sombra claramente definidos.
- Pueden evitarse las sombras profundas, con una disposición apropiada de varios luminarias, con una distribución de intensidad luminosa no demasiada interrelacionada, o por el uso de las luminarias de pared y de mobiliario.
- Para ciertas tareas visuales, tales como el control de calidad de superficies, se requiere de una luz dirigida con un efecto de sombra pronunciado. Esto puede llevarse a cabo, por ejemplo, por el uso de luminarias localizadas adicionales.
- **Efecto Estroboscópico:** Las variaciones del flujo luminoso originadas por al corriente alterna, pueden dar origen a interferencias o errores visuales en la observación de partes en movimiento. Este efecto puede evitarse tomando medidas adecuadas (p.e. usando circuitos bifásicos o trifásicos).



a) Iluminación General



b) Iluminación Localizada



c) Iluminación general más localizada

Fig. 2.2 Tipos de Iluminación

2.6 Color de luz y reproducción de color

2.6.1 Temperatura de color

En la práctica, el color de luz de una fuente luminosa, para aquellas que no tengan un color señalado, se da a conocer por su temperatura de color, expresada en Kelvin (K) como temperatura absoluta (T), lo cual resulta más fácil ya que para ello basta con emplear sólo un número.

Los colores de luz usados para propósitos de alumbrado general pueden ser divididos en tres grupos:

- menores de 3300°K : Color de luz blanco cálido (o cálido) (bc).
- entre 3300 – 5000° K : Color de luz blanco neutro (o intermedio) (bn)
- mayores de 5000° K : Color de luz blanco luz del día (o frío) (bd)

Los colores de luz recomendados para actividades particulares se indican en Tab. 2.1

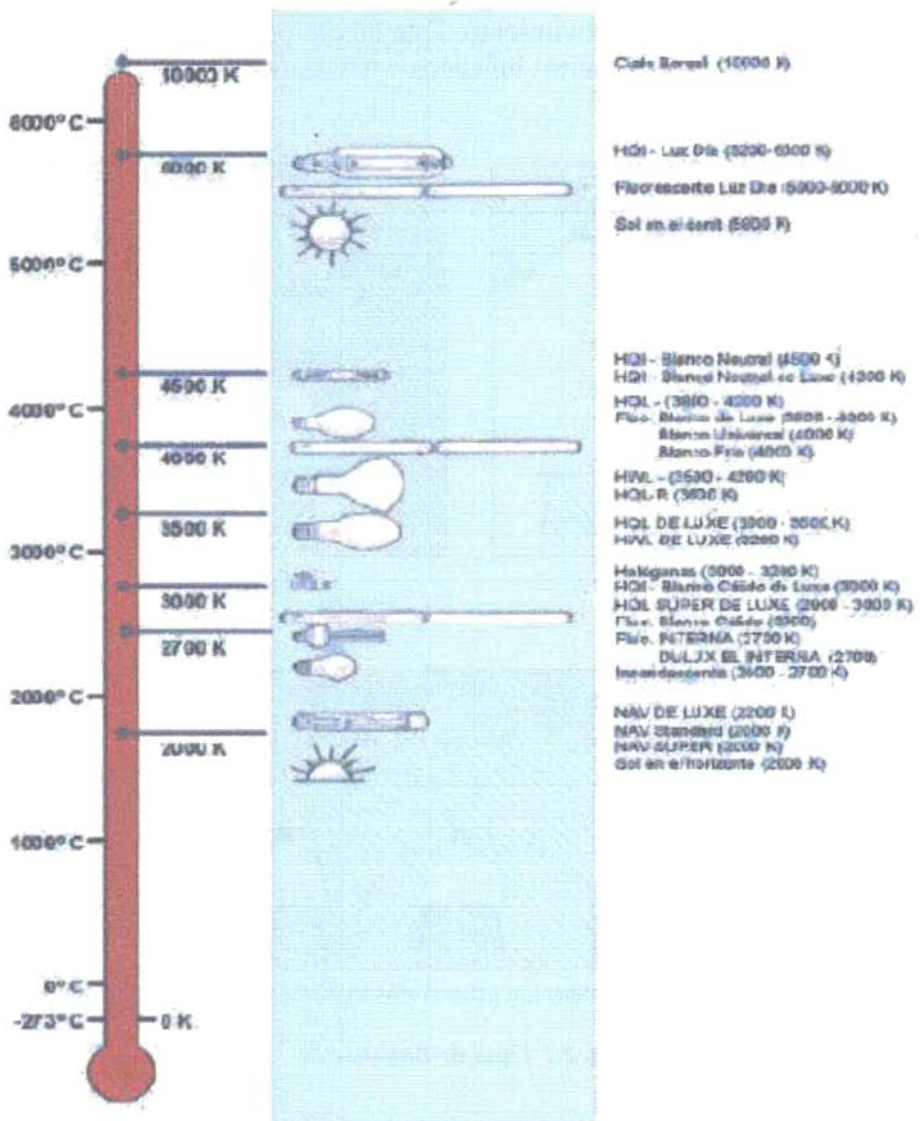


Fig. 2.3 Temperatura de color de fuentes luminosa

2.6.2 Reproducción del Color

Los requerimientos de producción del color, pueden cumplirse mediante la selección de lámparas con adecuadas propiedades de reproducción del color. Estas propiedades están designadas por el índice general de reproducción del color Ra y por índices especiales de reproducción del color.

Las recomendaciones para propiedades específicas de reproducción del color como una función de la iluminación, están basadas en la siguiente Tabla:

Tabla 2.6

Rango según trabajo del índice Ra

Grado de reproducción del color	Rango de Ra
1	$85 \leq Ra$
2	$70 \leq Ra \leq 85$
3	$40 \leq Ra \leq 70$
4	$Ra \leq 40$

Está demostrado que el color del medio ambiente en el que nos desenvolvemos influye notablemente en nuestro estado de ánimo. Por ello, el emplear los colores de forma adecuada es un tema del mayor interés para los psicólogos, arquitectos, luminotécnicos y decoradores.

No se pueden establecer reglas fijas para la elección del color apropiado con el fin de conseguir un efecto determinado; pues cada caso requiere ser tratado de una forma particular. Sin embargo, existe una serie de experiencias en las que se han comprobado las sensaciones que producen en el individuo determinados colores. Una de las primeras sensaciones es la de calor o frío, de aquí que se hable de *colores cálidos* y *colores fríos*.

Los colores cálidos son los que en el espectro visible van desde el rojo al amarillo verdoso (Temperatura de color correlacionada <2700 K) y los fríos (Temperatura de color correlacionada >4000 K), desde el verde hasta el azul. Un color será más cálido o más frío según sea su tendencia hacia el rojo o el azul, respectivamente.

Los colores cálidos son dinámicos, excitantes y producen una sensación de proximidad, mientras que los colores fríos calman y descansan, produciendo una sensación de lejanía son depresivos y dan la sensación de espacios distantes. Así mismo, los colores claros animan y dan sensación de ligereza, mientras que los colores oscuros deprimen y producen sensación de pesadez.

2.7 Equipos de iluminación

En la eficiencia de una instalación de iluminación interior intervienen *las lámparas, los equipos auxiliares, las luminarias*, las características de la instalación y, por último, el control y regulación de la misma. Es por ello que se hará una selección en equipos para las propuestas tratando que cumplan unos requisitos luminotécnicos acordes con las normas para la biblioteca.

2.7.1 Lámparas

En las lámparas, la conversión de la energía eléctrica en luz está definida por la eficacia luminosa. Por tanto, la eficacia luminosa es la relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia consumida y se expresa en lm/w (lúmenes / vatio). Además de este parámetro cuantitativo, las lámparas se caracterizan por:

- el color aparente
- el rendimiento de color
- la potencia unitaria
- la rapidez de funcionamiento a pleno régimen
- el período de encendido y reencendido
- la posibilidad de regulación

En la práctica las lámparas necesitan equipo auxiliar para su funcionamiento y la eficacia luminosa tiene en cuenta las pérdidas de dicho equipo. A título informativo, en el cuadro siguiente se establecen los valores luminotécnicos de diversas tipos de lámparas:

Tabla 2.7 Valores Luminotécnicos de algunos tipos de Lámparas

Lámpara	Potencia Nominal (W)	Eficacia luminosa (lm / W)		Reproducción del color (IRC)	Temperatura de color (K)	Vida útil (horas)
		media	máxima			
Incandescente estándar	5 - 500	15	20	Buena (100)	2,700	1,000 - 3,000
Incandescentes halógena	12 - 100	20	25	Buena (100)	3,000	2,000 - 5,000
De inducción	23 - 85	65	72	Buena (100)	3,000 - 4,000	10,000 - 60,000
Fluorescente compacta	5 - 55	60	90	Buena (85)	2,700 - 5,000	5,000 - 10,000
Fluorescente tubular	4 - 100	80	100	De correcta a buena (85)	2,700 - 6,500	10,000 - 15,000
Mercurio alta presión	80 - 750	60	67	Correcta (65)	3,300 - 3,800	20,000
Halogenuros metálicos	35 - 2,000	90	120	De buena a excelente (85)	3,000 - 5,000	6,000 - 20,000
Sodio alta presión	50 - 1,000	120	140	De incorrecta a buena (25)	2,000 - 2,500	6,000 - 24,000
Sodio baja presión	26 - 180	150	200	Color amarillo monocromático (21)	1,800	16,000

Elaboración propia.

Fuentes: Manual de Iluminación Eficiente, Catálogos Josef y Catálogos Phiplis.

Las lámparas que se deben elegir para iluminar un centro de estudio como la biblioteca principalmente debe tener la mayor eficiencia posible, además una buena reproducción de color. De acuerdo a la tabla anterior mostrada las lámparas fluorescentes tubulares junto a las de haluro metálico se adecuan a estos requerimientos, además éstas poseen un largo tiempo vida y se encuentran en el mercado local fácilmente.

A continuación una breve descripción del tipo de lámpara usarán en las propuestas de iluminación, con sus ventajas y desventajas.

2.7.1.1 Lámparas fluorescentes tubulares

Son lámparas de mercurio de baja presión, constan de una envoltura de vidrio, cubierta interiormente con compuestos de fósforo y de un cátodo en cada extremo para emitir electrones. Las lámparas fluorescentes necesitan equipo de control externo para efectuar el arranque y para regular la corriente de la lámpara. El color de la luz viene determinado por el revestimiento fosfórico. Existe toda una gama de materiales fosfóricos con diversas características de coloración y reproducción del color.

La evolución tecnológica para las lámparas fluorescentes de los últimos 50 años ha sido enorme en eficacia de lámparas y luminarias, índice de reproducción de color (IRC), balastos electrónicos, vida útil, etc. Es por ello que se muestra a continuación un resumen con las características más representativas de un grupo de lámparas fluorescentes que podría ponerse como solución en las propuestas.

Tabla 2.8 Cuadro comparativo de Lámparas Fluorescentes Tubulares Rectas

Fluorescente tubular	40 W	36 W	36 W	35 W
Modelo	T12	T8	T8 trifosforo	T5
Diámetro (mm.)	38	26	26	16
Longitud (mm.)	120	120	120	120
Flujo luminoso (lumen)	2400 - 2650	2400 - 2500	3200 - 3350	3400 - 3650
Eficiencia (lm / W)	60	66.7	93	104
Índice de reproducción cromática (%)	60 - 70	65 - 70	85 - 95	95
Temperatura de color (°K)	3000, 4000, 6500	3000, 4000, 5000, 6500	2700, 3000, 4000, 6000	2700, 3000, 4000, 5000
Tiempo de Vida Útil	Considerando encendido / apagado 8 veces al día			
Con balastro electromagnético (hora)	8000 - 9500	9000 - 10000	12000	No usa
Llega un flujo luminoso de (%)	70	70	> 80	—
Con balastro electrónico (hora)	10500 - 12500	12000 - 13000	16000	16000
Llega un flujo luminoso de (%)	90	90	>90	92

Elaboración Propia.

Fuentes: Arq. Cesar Jhusey Ch. con colaboración de Ing. Carlos Rodríguez (Osram). Universidad Nacional de Ingeniería – Centro de Energías renovables, Catálogos Philips.

Existe buena variedad para elegir el tipo de lámpara fluorescente que deseamos de acuerdo a nuestras necesidades. Como los requisitos que buscamos son máxima eficiencia y buena reproducción de color se puede escoger entre la lámpara fluorescente T8 trifosforada o la lámpara mas compacta T5.

2.7.1.2 Lámparas de haluro metálico

Las lámparas de haluro metálico son de construcción similar a las de mercurio de alta presión, la diferencia principal es que el tubo de descarga de la primera contiene una cantidad de haluros metálicos. Además del mercurio, estos haluros son en parte vaporizados cuando la lámpara alcanza su temperatura normal operativa.

La bombilla de haluro metálico es la fuente de luz blanca de mayor eficacia disponible hoy en día. Con la adición de haluros metálicos al mercurio, se obtiene mayor cantidad de luz roja y se mejora la reproducción de los colores de la bombilla de vapor de mercurio a alta presión, con excelente uniformidad durante su vida útil. Las bombillas de haluro metálico, al igual que las bombillas de descarga en gas a baja presión, deben ser operadas con un balasto, ya que éste es requerido para poder limitar la corriente y proporcionar tensiones adecuadas en condiciones de arranque y operación

Como sabemos, la biblioteca actualmente emplea lámparas de vapor de mercurio de alta presión para su iluminación. A continuación se muestra un cuadro comparativo de las lámparas de descarga de alta intensidad para ver mas aun las ventajas y desventajas de dichas lámparas.

Tabla 2.9 Cuadro comparativo de Lámparas de Alta intensidad

		Vapor de Mercurio de alta presión 250 W	Haluro Metálico 250 W
Flujo luminoso	Lumen	13 750	19 500
Eficacia	lm. / W	55	78
Reproducción del color	IRC	40	70
Temperatura de color	K	4100	4100
Vida útil	horas	12 000 – 16 000	10 000
Conservación del flujo tras 10 000 h. de uso		86 % del flujo luminoso	80 % flujo luminoso
Tiempo de encendido	min.	3 – 9	3 – 5
Tiempo de reencendido	min.	5 – 10	4 - 20
Aplicaciones		- Iluminación pública, parques, estacionamientos.	- Iluminación interna, comercial industrial. - Iluminación pública, parques, estacionamientos.

Elaboración propia.

Fuentes: Manual de Iluminación Eficiente, Manual de Alumbrado publico de Colombia 2000, Catálogos Phiplis.

Entonces ventaja de las lámparas de mercurio es su largo tiempo de vida, sin embargo esto no sirve de mucho sino cumple los requisitos luminotécnicos necesarios, su aplicación es predominantemente es para exteriores pues resaltan muy bien los colores verdosos. En cambio las lámparas de haluro metálico poseen mayor eficacia y reproducción de color, proveen un mayor flujo luminoso y su tiempo de encendido es casi la mitad del tiempo de encendido de una lámpara de mercurio de alta presión. En resumen para interiores sería mucho mejor usar haluro metálico que vapor de mercurio, esto siempre y cuando sea a bajas potencias(<150 W) pues a mayores potencias las lámparas de haluro metálico van perdiendo reproducción de color.

2.7.2 El equipo auxiliar: Balastos

En términos generales puede definirse como equipo auxiliar, a aquel dispositivo asociado eléctricamente a una lámpara para proveer medios de encendido y/o reencendido y además permitir la estabilización en los valores nominales de funcionamiento. También hay algunas propuestas innovadoras como ejercer el control de la lámpara, sea para encenderla, apagarla o atenuar su flujo luminoso, además del monitoreo de los parámetros de funcionamiento de la lámpara, para programar el mantenimiento.

Los funciones convencionales de los equipos auxiliares se origina en el hecho de que las lámparas de descarga no son capaces de arrancar ni de controlar por si solas la corriente de circulación, debido a que representan una impedancia variable con la corriente. El equipo auxiliar tiene la finalidad de proveer los medios de arranque, fijando la corriente del tubo de descarga a los parámetros preestablecidos de funcionamiento, siendo un aditamento indispensable de las lámparas, además de jugar un importante rol en las condiciones de servicio, duración y eficacia de las mismas.

Entonces veamos algunos equipos auxiliares usados para el correcto funcionamiento de las lámparas en las propuestas planteadas:

2.7.2.1 Balastos para Tubos Fluorescentes

- Balasto electromagnético

Este tipo de balasto es usado en lámparas fluorescentes T8 o sus versiones anteriores. El precalentamiento con reactor inductivo tipo serie es el circuito más sencillo de todos y uno de los más eficientes. Consiste en un reactor, el cual se conecta en serie con el tubo y dispositivo de arranque. La tensión de la red varía sinusoidalmente y la corriente de arco también varía en la misma forma, haciendo que el flujo luminoso tenga fluctuaciones de frecuencia igual a dos veces la de la red. Aunque el fósforo que recubre internamente el tubo conserva su brillo por algún tiempo, se puede presentar parpadeo de no más de 3 segundos que es característico en este tipo de lámparas.

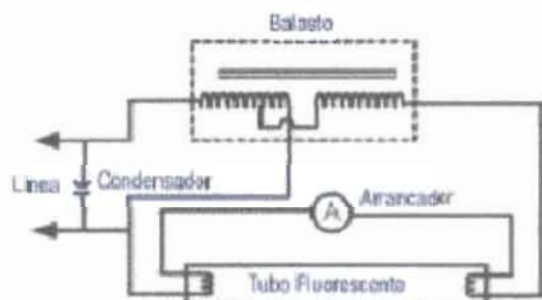


Fig. 2.4: Balasto Inductivo-Capacitor (la inductancia y el capacitor regulan los parámetros de la lámpara).

Balasto Electrónico:

El balasto para tubos de arranque instantáneo como las lámparas fluorescentes T5, se basa fundamentalmente en la técnica de la alta frecuencia. En corriente alterna cuando la onda de corriente pasa por cero el arco se extingue, re-encendiéndose nuevamente con el siguiente hem ciciclo. Esto resta eficacia al sistema ya que, durante el lapso en que el arco está apagado, hay desaparición de portadores por recombinación, y una cierta energía es necesaria para la re-ionización, unas 120 veces/seg con frecuencia de 60Hz. Si se aumenta la frecuencia (entre los 25 y 60 KHz), el fenómeno de recombinación se hace menos importante ya que los portadores disponen de menos tiempo para ello. Este es el fundamento del aumento de eficacia de las lámparas de descarga con la frecuencia.



Fig. 2.5: Balasto Electrónico (reemplaza 3 componentes: arrancador, reactor y condensador).

Tabla 2.10: Cuadro comparativo de balastos para lámparas fluorescentes

Balasto Electromagnético	Balasto Electrónico
Es necesario un arrancador y un condensador además del reactor o balasto.	Reemplaza a 3 componentes (arrancador, reactor y condensador)
Tiene pérdidas de 7.5W por cada fluorescente 36 / 40W.	Tiene pérdidas de 5W para uno o dos fluorescentes de 35W.
Trabaja a 60 Hz y produce parpadeo al encender: Efecto estroboscópico.	No produce efecto estroboscópico ni zumbido al encender pues trabaja a más de 40,000 Hz.
El factor de potencia puede llegar a 0.95 si se usa en combinación con los condensadores adecuados.	El factor de potencia es igual o mayor a 0.95, lo cual disminuye el costo por consumo de energía reactiva.
Permite una vida útil de 12000 horas para las T8 36W.	En el caso de las T8 36W. trifosforadas, mejora la vida útil de 12,000 horas a 16,000 horas.
No se puede dimerizar ni aplicar un control.	Dimerizables, y con entrada para sistema de control de alumbrado.
	El peso, dimensiones y calor generado son menores a los reactores convencionales
	La estabilidad de la lámpara reduce la fatiga de la vista y mejora las condiciones de trabajo y productividad.

Como se aprecia el balasto electrónico supera ampliamente a los balastos convencionales, esto debido a que es una nueva tecnología que se está implementando. Esta tecnología de los balastos electrónicos ha venido evolucionando en aplicaciones y costos, pero en el Perú es relativamente nueva y por tanto muy costosa en comparación a los balastos convencionales. Sin embargo, como tratamos de implementar bajo la nueva óptica de operación y mantenimiento, se considerará de particular de interés a ser evaluados en las propuestas.

2.7.2.2 Balastos para Lámparas de Alta Intensidad de Descarga (HID)

Existen cuatro tipos de balasto electromagnético para bombillas de alta intensidad de descarga, estos son: balasto tipo reactor, balasto tipo auto transformador, balasto autorregulado o CWA (*Constant Wattage Autotransformer*) y balasto regulado o tipo CW (*Constant Wattage*). Cada uno de estos posee ventajas y desventajas que se enumeran en la tabla 2.11, pero el usado actualmente en los equipos de vapor de mercurio de alta presión es el de tipo reactor.

Tabla 2.11: Cuadro comparativo de balastos para lámparas de gran descarga

Balastos Tipo	Ventajas	Desventajas
Reactor	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo inicial (Ref. 100%) - Liviano y pequeño (Ref. 100%) - Bajas pérdidas eléctricas (<10% Potencia nominal) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo factor de potencia (50%) - Regulación (5% V / 12% W) - Corriente de operación alta - Corriente de arranque mayor - Bajo grado de protección, no aísla la carga de la entrada
Autotransformador	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo inicial ($\approx 120\%$) - Liviano y pequeño ($\approx 115\%$) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo factor de potencia (50%) - Regulación (5% V / 12% W) - Corriente de operación alta - Corriente de arranque mayor - Bajo grado de protección, no aísla la carga de la entrada
CWA	<ul style="list-style-type: none"> - Regulación (10% V / 5% W) - Alto factor de potencia (90%) - Altos voltajes de arranque y reencendido (metal halide) - Corriente de operación baja - Corriente de arranque menor 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo inicial ($\approx 160\%$) - Altas pérdidas eléctricas ($\pm 20\%$ Potencia nominal) - Bajo grado de protección, no aísla la carga de la entrada - Condensador es particular a cada balasto (marca)
CW	<ul style="list-style-type: none"> - Alto grado de seguridad, aísla la carga de la entrada - Regulación (13% V / 2% W) - Corriente de operación baja - Corriente de arranque menor 	<ul style="list-style-type: none"> - Muy alto costo ($\approx 200\%$) - Requiere de 3 devanados, por diseño del balasto - Pérdidas mayores que el CWA - Pesado ($\approx 220\%$) - Grande ($\approx 200\%$) - Condensador es particular

Las lámparas de halogenuro pueden utilizar el mismo balasto que las lámparas de mercurio pero necesitan un ignitor para el arranque además del condensador apropiado para mejorar el factor de potencia. Por tanto se considerará emplear los mismos balastos si se encuentran en buenas condiciones y operativos como una herramienta de ahorro, siempre considerando las prescripciones técnicas de compatibilidad entre estos equipos. En su funcionamiento se debe considerar 3 fases bien diferenciadas: ignición, encendido y estabilización.

2.7.3 Luminarias

La luminaria es un aparato que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que, además de los accesorios necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarlas al circuito eléctrico de alimentación contiene, en su caso, los equipos auxiliares necesarios para su funcionamiento. Entonces bien, para el logro de estos objetivos, una luminaria debe proveer las siguientes funciones:

- Distribuir adecuadamente la luz en el espacio.
- Evitar toda causa de molestia provocada por deslumbramiento o brillo excesivo.
- Satisfacer las necesidades estéticas y de ambientación del espacio al que están destinadas.
- Optimizar el rendimiento energético, aprovechando la mayor cantidad de flujo luminoso entregado por las lámparas.

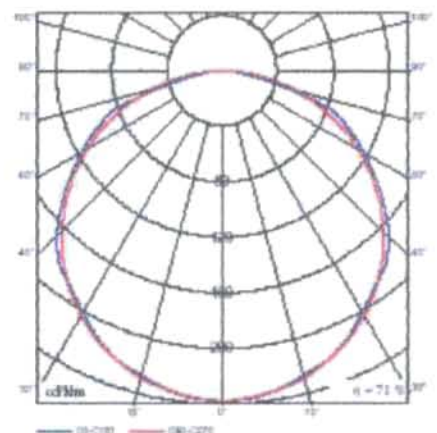
En la actualidad, la tecnología de las luminarias ha permitido superar ampliamente a aquellas con las cuales se buscaba casi exclusivamente el apantallamiento de la lámpara, que en general tenían una escasa eficiencia. Sin embargo, en el campo de las luminarias decorativas la eficiencia es secundaria frente a los aspectos estéticos. A continuación una descripción de luminarias que se usan actualmente y otras que podrían usarse para reemplazar a las existentes.

2.7.3.1 Luminarias económicas con regletas

Luminarias económicas para fluorescentes tubulares 2x36W con regletas industriales blancas que brindan una iluminación difusa. Se están realizando renovaciones en edificios con una canaleta industrial con difusor pintado bajo las lámparas. Se asocian varios problemas con este tipo de luminaria: produce luz no uniforme, provee una iluminación vertical pobre y es ineficiente; en esencia no hay control de luz, tan sólo se descarga bajo la luminaria.



a) Foto de la luminaria,



b) curva fotométrica

Fig. 2.6 Luminaria económica con regletas

2.7.3.2 Luminarias con reflectores especulares

La especularidad es la medida de la capacidad de una superficie de reflejar toda la luz a la inversa del ángulo que se recibe. Los reflectores tienen alta especularidad (92 por ciento) y permiten un alto grado de control de luz.

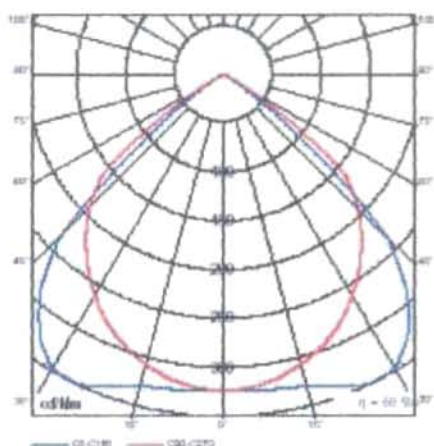
Lo contrario a especular es difuso, la pintura blanca es difusa. Cuando la luz llega a la pintura blanca, se dispersa en muchas direcciones porque tan sólo tiene seis por ciento de especularidad. Puede aplicarse muy poco control cuando una superficie pintada de blanco se utiliza como reflector.

Las luminarias con regletas son casi imposibles de alcanzar altos niveles de luz vertical con una luminaria con baffle por su cut-off mecánico; por otro lado, la amplia fotometría producida por un reflector especular facilita los altos niveles de luz vertical.

Con frecuencia, al utilizar este tipo de reflectores especulares con lámparas T-8 y balastos electrónicos se reduce a la mitad el número de lámparas requeridas; como resultado se tiene mejor uniformidad y mayor nivel de luz con luminarios que requieren la mitad de la energía.



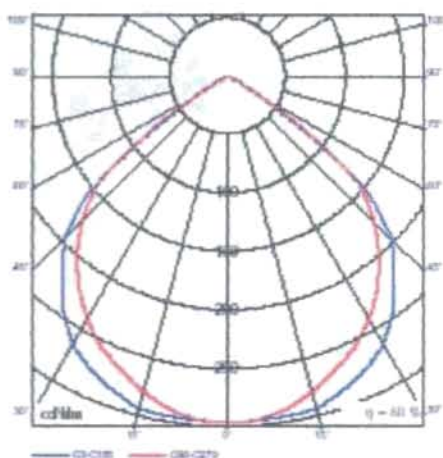
a) *Luminaria Adosada*



b) *Curva fotométrica 2x35W*



c) *Luminaria Suspendida*



b) *Curva fotométrica 2x35W*

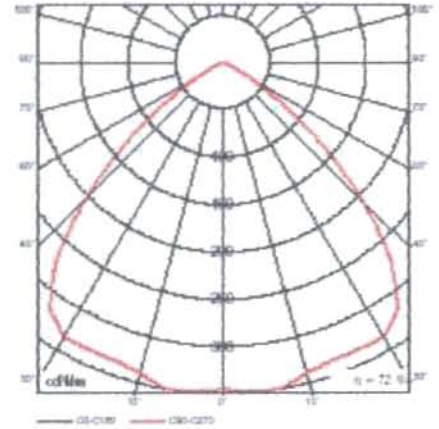
Fig. 2.7 Luminaria reflector especular.

2.7.3.3 Luminaria con reflector de aluminio anodizado de alta pureza,

Usado actualmente, su diseño permite distribuir la luz uniforme en los planos vertical y horizontal con un mínimo deslumbramiento y reducción de sombras en superficie de trabajo. Puede ser suspendida directamente mediante el gancho de suspensión con la que es suministrado. La caja porta equipo en plancha de hierro se encuentra ubicada en la parte superior del reflector en el que se encuentran los accesorios eléctricos de arranque. El detalle se muestra en la Fig. 2.6.



a) Foto de la luminaria,



b) curva fotométrica

Fig. 2.8 Luminaria reflector de aluminio

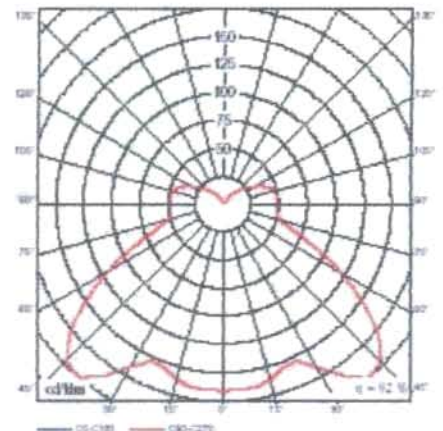
2.7.3.4 Luminaria con reflector acrílico

Diseñada para integrarse a interiores comerciales o industriales donde además de iluminar el área de trabajo, también se requiere una iluminación ambiental en la parte superior. Ver figura adjunta. Características principales son:

- Eficiencia del flujo luminoso de 82% al piso lograda gracias al sistema óptico de reflexión - refracción de acrílico prismático.
 - Ligero en peso, por lo tanto no requiere de estructuras especiales para su apoyo.
 - Altura de montaje recomendada de 5 a 8 metros.
- Espaciamiento recomendado 1.3 veces la altura sobre el plano de trabajo.



a) Foto de la luminaria,



b) curva fotométrica

Fig. 2.9 Luminaria reflector de acrílico

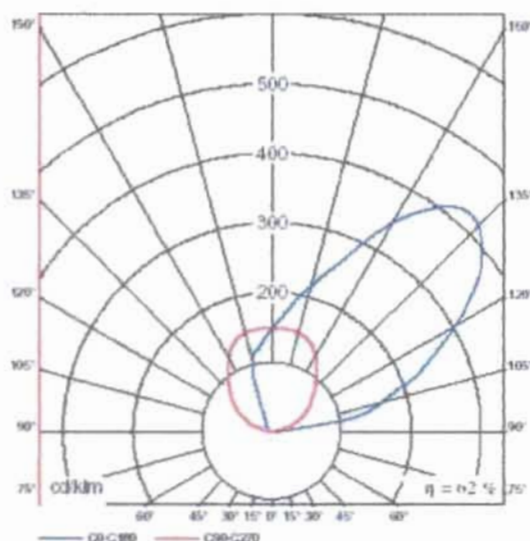
2.7.3.5 Luminarias adosadas a pared

Elimina virtualmente las sombras y el deslumbramiento directo y reflejado pero tiene baja eficiencia energética. Requiere altas reflectancias de paredes y cielorraso, además de un adecuado programa de mantenimiento de artefactos y superficies. Hay que cuidar el balance de luminancias con el cielo raso.



a) Luminaria Adosada a pared

Emisión de luz 1:



b) Curva fotométrica 1x70W

Fig. 2.10 Luminaria decorativa.

2.8 Conclusiones

- Siguiendo el procedimiento establecido por la norma de alumbrado de interiores podemos establecer los niveles nominales de iluminación de acuerdo a los ambientes de la biblioteca, estos niveles son:

- Sala de lectura, hemeroteca	350 lx
- Sala de referencia	350 lx
- Sala de profesores	450 lx
- Deposito de Libros	200 lx
- Oficinas administrativas	450 lx
- Hall de ingreso	300 lx
- Recepción	450 lx
- Librería	350 lx
- El proyecto del alumbrado interior se basará en un factor de mantenimiento (fm) de 0.8, esto quiere decir que la instalación requerirá mantenimiento, si la iluminación media en puestos de trabajo baja a menos de 0.8 la iluminación nominal, o a menos de 0.6 la iluminación en el puesto de trabajo más desfavorable.

- Con grados medios de reflexión de 0.7 para techos, 0.5 para las paredes y 0.2 para el piso se puede llevar a cabo una adecuada iluminación de las superficies que limitan el recinto y un alumbrado eficiente. Sin embargo debido a que se emplea colores oscuros para resaltar las vigas y columnas con un tono oscuro predominante como detalle de decoración, se prevé que esto ira en perjuicio de los niveles de luz, uniformidad y efectos visuales para las labores que se desempeñan.
- Debe mantenerse una relación uniforme de iluminación ($E_{min} : E$) como mínimo de 0.6 sobre el plano de trabajo a fin de obtener una distribución balanceada de luminancia. Y evitar las relaciones de luminancia mayores de 10: 1 entre las superficies de trabajo y superficies grandes más alejadas en el campo visual.
- Se debe tratar en lo posible que el índice UGR (Unified Glare Rating) de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) para medir el deslumbramiento molesto debe ser igual a 10 o en todo caso no mayor a 19 sino el deslumbramiento será incomodo molestando la vista.
- Una fuente de color luz día o fría con una temperatura de color entre 4000 a 5000 K da sensación de alerta y ayuda a la concentración, además de una buena reproducción del color $R_a > 80$
- Se pueden emplear lámparas fluorescentes lineales, compactas o lámparas de haluro metálico de baja potencia ($< 150 W$) pues cumplen muy bien los índices de temperatura y reproducción de color.
- En cuanto a balastos se vio que los balastos electrónicos son mucho mas ventajosos que los balastos electromagnéticos sin embargo la única desventaja es que puede llegar a costar más del doble que un electromagnético.
- Existen diversos tipos de luminarias, sin embargo las que mas se adaptan al diseño arquitectónico de la biblioteca son las suspendidas, esto debido a la altura del techo raso que posee.

Capítulo 3

ANÁLISIS DE LA SITUACION ACTUAL DE LA BIBLIOTECA

3.1 Alcance

La ciudad universitaria de la Universidad de Piura se amplia acomodándose a las demandas actuales de infraestructura y población universitaria. Tratando siempre de cumplir en la medida de lo posible las demandas en infraestructura, locaciones universitarias y demás.

Este es el caso de la biblioteca central de la universidad que cada año académico ha sido fruto de una reestructuración en sus ambientes y mobiliario de acuerdo al abastecimiento en materiales educativos como también del crecimiento de la población universitaria. Todo ello con el fin de poder brindar una mejor atención y facilidad al alumno y docente universitario. Sin embargo en el tema de iluminación ha habido poco o ningún cambio significativo que marque diferencia desde hace mas de 10 años.

De la inspección hecha a la biblioteca se observó que los niveles, la uniformidad y el deslumbramiento luminotécnicamente hablando no eran los adecuados, y esto afecta tremendamente el rendimiento de los alumnos debido al cansancio visual que sufren a causa de esta falta. Por tanto, éste edificio tendría que ser objeto de una importante restauración que supone reemplazar la iluminación actual, que tiene principalmente implementación industrial mediante lámparas de descarga vapor de mercurio de alta presión, con una iluminación acorde con una biblioteca.

Entonces para este proyecto se comenzó por un análisis destinado a reunir datos que permiten determinar las demandas, visuales, emocionales y estéticas, de iluminación y establecer los alcances y limitaciones del trabajo. La identificación clara y precisa de estas cuestiones es fundamental para acertar en el éxito del proyecto.

Las demandas visuales son una consecuencia de la realización de actividades y para determinarlas se evalúa la dificultad de las tareas en función de sus características y condiciones de realización. Los requerimientos emocionales, en cambio, surgen por la influencia que la luz ejerce sobre el estado de ánimo, motivación, sensación de bienestar y seguridad de las personas. Estos dos tipos de demandas son variables entre individuos por razones de edad, entrenamiento, aptitud, condiciones de visión, etc. Este hecho fue tenido en cuenta en el análisis.

Las demandas estéticas por su parte, se refieren a la posibilidad de crear ambientación visual, destacar la arquitectura, ornamentación, etc. Para esto hay que considerar las características físicas y arquitectónicas del ambiente así como del mobiliario y del entorno, la importancia y significado del espacio.

Otras restricciones pueden surgir de cuestiones normativas o reglamentarias, por razones de seguridad o debido a la conformación del espacio, por ejemplo, la existencia de elementos estructurales, arquitectónicos o canalizaciones de otros servicios suelen impedir el emplazamiento de luminarias y/o equipos auxiliares.

Todos los datos necesarios para el análisis del proyecto se obtuvieron de un levantamiento de información técnica (medición de niveles de luz, cantidad, características y ubicación de equipos, golpes de encendido, actualización de plantas y cortes en software Autocad 2D). Pero también se realizó un relevamiento visual (y eventualmente fotométrico, eléctrico y fotográfico) en el edificio, ya que esto permitió verificar y completar datos técnicos e identificar detalles difíciles de especificar en planos. Por último, la entrevista a los usuarios es también de mucha ayuda, ya que brinda la oportunidad de conocer sus opiniones, necesidades y preferencias respecto de las condiciones de iluminación.

3.2. El edificio de biblioteca

En esta biblioteca y sobre un área de 1800 m², contiene diversos ambientes: un hall de ingreso para atención y consulta, salas de referencia, consulta, lectura, manuales, hemeroteca, también una sala de estudio para profesores, además del depósito de libros, librería, y oficinas administrativas. Sus ambientes interiores de tono predominantemente claro, sus paredes son de color blanco y como detalle decorativo un tono gris oscuro para resaltar vigas y columnas. Techo escarchado color blanco con lumiductos y piso de loseta en franjas blanca, marrón y en algunos casos totalmente negro.

Piura, ciudad donde se localiza la universidad, esta caracterizada por su clima cálido con un ambiente soleado en la mayoría del año, con lo cual el aporte de luz natural es considerable. La arquitectura del edificio emplea doble nivel de grandes ventanales y repisas de material noble. Las repisas de las ventanas y el techo impiden el ingreso de la luz solar directa sobre el plano de trabajo pero permite el ingreso de un gran aporte de luz natural difusa. Por tanto todos los ambientes tienen gran aporte de luz natural gracias a las amplias ventanas originales y lumiductos del techo.

El mantenimiento de los equipos, debido a que la época de menos afluencia de alumnado es en los meses de enero a marzo, se realiza en este periodo, un solo mantenimiento al año. A continuación se muestra el cuadro 01 los equipos empleados para la iluminación de los diversos ambientes:

Cuadro 3.1. Inventario actual de los equipos utilizados en la iluminación actual

Tipo de Luminaria	Tipo de Lámpara	EQUIPO				Consum W	Cant. Lámp	Kw Total
		1X1	1X2	1X3	1X4			
Hall de Ingreso								
Lumin. Adosable Rectangular 2x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W		3			49	6	0.29
Lumin. Industrial t/campana lamp. vapor mercurio 250 W C/Equip. C/Vidr.	Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovoide E40	4				268	4	1.07
Atención Consulta								
Lumin. Adosable Rectangular 1x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W	2				49	2	0.10
Lumin. Adosable Rectangular 2x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W		8			49	16	0.78
Lumin. Industrial t/campana lamp.vapor mercurio 250 W C/Equip. C/Vidr.	Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovoide E40	4				268	4	1.07
Galería de Exposiciones								
Lumin. Industrial t/campana lamp.vapor mercurio 250 W C/Equip. C/Vidr.	Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovoide E40	2				268	2	0.54
Sala de Referencia								
Reflector Robusto asimet. Compacta Halogenuro Met. 150W D.T. Y Equipo	Lámpara de Halogenuros Metálicos 150W Doble Terminal	2				170	2	0.34
Lumin. Industrial t/campana lamp. vapor mercurio 250 W C/Equip. C/Vidr.	Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovoide E40	6				268	6	1.61
Sala de Lectura								
Lumin. Adosable Rectangular 4x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W			1		49	4	0.20
Lumin. Industrial t/ campana lamp. vapor mercurio 250 W C/Equip. C/Vidr.	Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovoide E40	6				268	6	1.61

Tipo de Luminaria	Tipo de Lámpara	EQUIPO				Consum. W	Cant. Lámp	Kw Total
		1X1	1X2	1X3	1X4			
Hemeroteca								
Lumin. Adosable Rectangular 2x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W		5			49	10	0.49
Depósito de Libros								
Primer nivel								
Lumin. Adosable Rectangular 1x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W	36				49	36	1.76
Segundo nivel								
Lumin. Adosable Rectangular 2x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W		36			49	72	3.53
Lumin. Industrial t/campana lamp.vapor mercurio 250 W C/Equip. C/Vidr.	Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovoide E40	7				268	7	1.88
Sala de Profesores								
Lumin. Adosable Rectangular 2x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W		3			49	6	0.29
Lumin. Adosable Rectangular 4x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W				2	49	8	0.39
Lumin. Industrial t/campana lamp.vapor mercurio 250 W C/Equip. C/Vidr.	Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovoide E40	6				268	6	1.61
Oficinas Administrativas								
Lumin. Adosable Rectangular 2x36/40W rejilla aluminio mate	Lámpara Fluorescente estándar 36W		9			45	18	0.81
Lumin. Adosable Rectangular 4x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W				2	49	8	0.39
SSHH de Administrativos								
Lumin. Adosable Rectangular 2x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W		1			49	2	0.10
Lumin. Circular Adosable 32W Dif, Acrílico	Lámpara Fluorescente 32W CIRCULAR.	1				41	1	0.04
Librería Universitaria								
Lumin. Adosable Rectangular 2x36/40W rejilla aluminio mate	Lámpara Fluorescente estándar 36W		4			45	8	0.36
SSHH Alumnos								
Lumin. Adosable Rectangular 2x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W		4			49	8	0.39
Deposito Limpieza								
Lumin. Adosable Rectangular 2x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W		2			49	4	0.20
Oficina Dirección								
Lumin. Adosable Rectangular 2x36/40W rejilla aluminio mate	Lámpara Fluorescente estándar 36W		1			45	2	0.09
Sala de Reuniones								
Lumin. Adosable Rectangular 4x36/40W Dif. Acrílico	Lámpara Fluorescente estándar 40W				3	49	12	0.59
Total de Potencia Instalada sin Proyecto								20.53

Para la iluminación artificial de biblioteca se emplearon principalmente dos tipos de luminarias las tipo campana y otras adosadas con cubierta acrílico opal. En el capítulo anterior ya se describió las características y usos para estos tipos de luminarias, excepto por los reflectores de sodio mostrados en la figura 3.1. Estos reflectores emplean en sala de referencia lo cual es muy inapropiado como detallaré mas adelante en el análisis luminotécnico de esta sala.

PHILIPS TCS 097 TCS097/236 O 2xTL-D36W/830

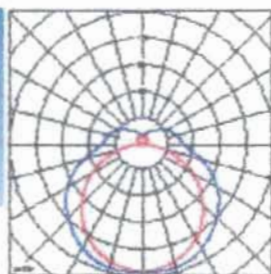
N° de artículo:

Flujo luminoso de las luminarias: 6400 lm

Potencia de las luminarias: 72 W

Clasificación luminarias según DIN: B31

Armamento: 1 x 2 x TL-D36W (Factor de corrección 1.000).



PHILIPS HDK 100 HPK100 +GPK100 NB 1xHPL-C250W

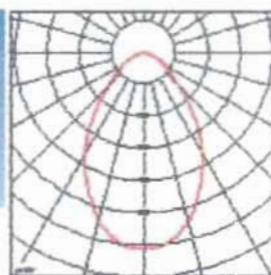
N° de artículo:

Flujo luminoso de las luminarias: 14200 lm

Potencia de las luminarias: 269 W

Clasificación luminarias según DIN: A60

Armamento: 1 x 1 x HPL-C250W (Factor de corrección 1.000).



PHILIPS SNF 100 SNF100 /6 1xSON-TP150W

N° de artículo:

Flujo luminoso de las luminarias: 16500 lm

Potencia de las luminarias: 168 W

Clasificación luminarias según DIN: A60

Armamento: 1 x 1 x SON-TP150W (Factor de corrección 1.000).

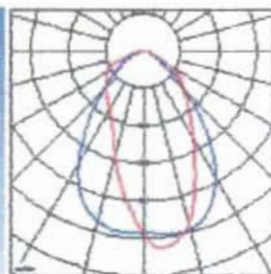
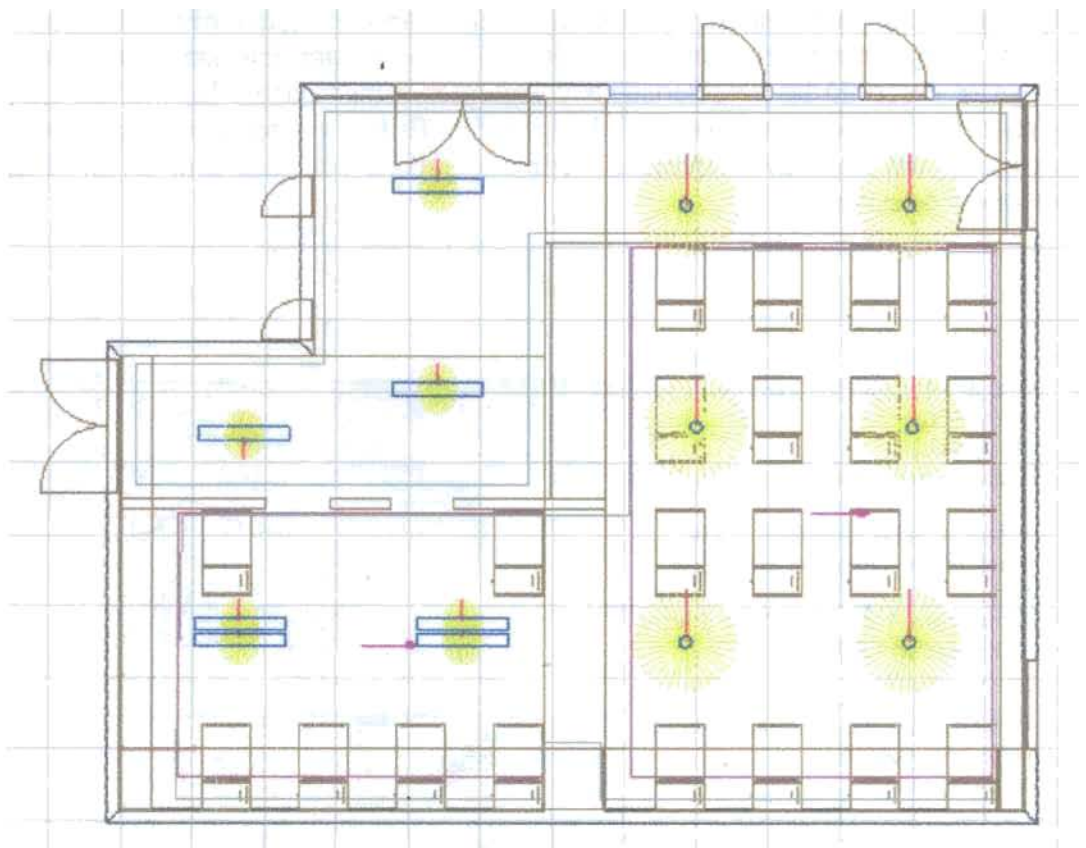
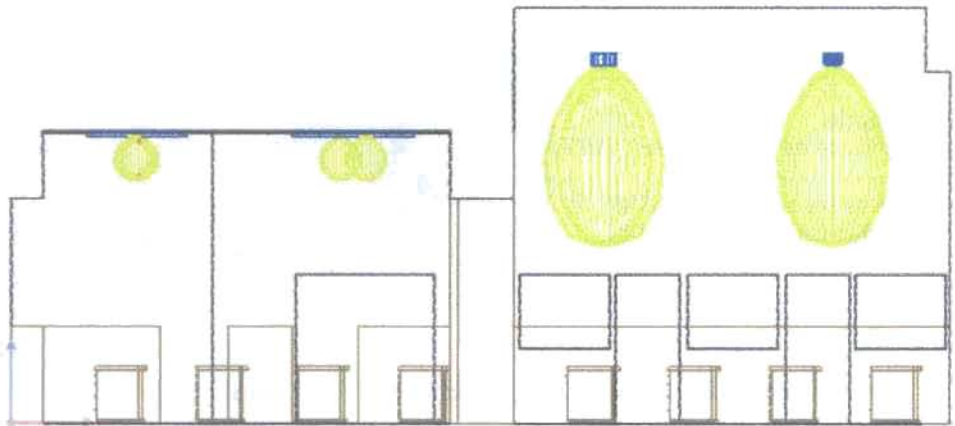


Fig. 3.1 Luminarias empleadas en la iluminación artificial actual de biblioteca.

El tipo de iluminación empleado es una iluminación general mediante el empleo de las campanas de uso industrial, o también por las luminarias adosadas con cubierta acrílica opal tal como se muestra en la Fig. 3.2



a) Vista de Planta



a) Vista frontal

Figura 3.2 Disposición de luminarias

3.3. Análisis de la situación actual

3.3.1. Hall de Ingreso

Es el primer ambiente, o ambiente de ingreso y salida obligatorio de todo el público en general, por tanto la primera impresión que obtiene el visitante acerca de la biblioteca. Este ambiente de unos 280 m² consta de tres ambientes: el hall de recepción y entrega de libros, el de atención y consulta, y una pequeña galería, todos ellos provistos de iluminación natural favorable de día. Pero como en todo edificio la iluminación artificial debe colaborar al embellecimiento y a las tareas que en estos ambientes se realizan.

El hall de ingreso se ilumina con luminarias tipo campana con lámpara de vapor de mercurio 250W de alta presión, tratando de distribuir las de manera. Además sobre el hall de atención y consulta se complementa la iluminación con luminarias adosadas al techo de 5.5 metros de alto, con lámparas fluorescentes de 2 x 40 W. Observar figuras 3.3.



a) Hall de atención y consulta de libros, iluminación diurna.



b) Hall de atención y consulta, iluminación artificial.



c) Sala de exposición, iluminación natural diurna.



d) Sala de exposición, iluminación artificial nocturna.



e) sala de recepción y entrega de libros.

Fig. 3.3. Ambientes del hall de ingreso a la biblioteca.

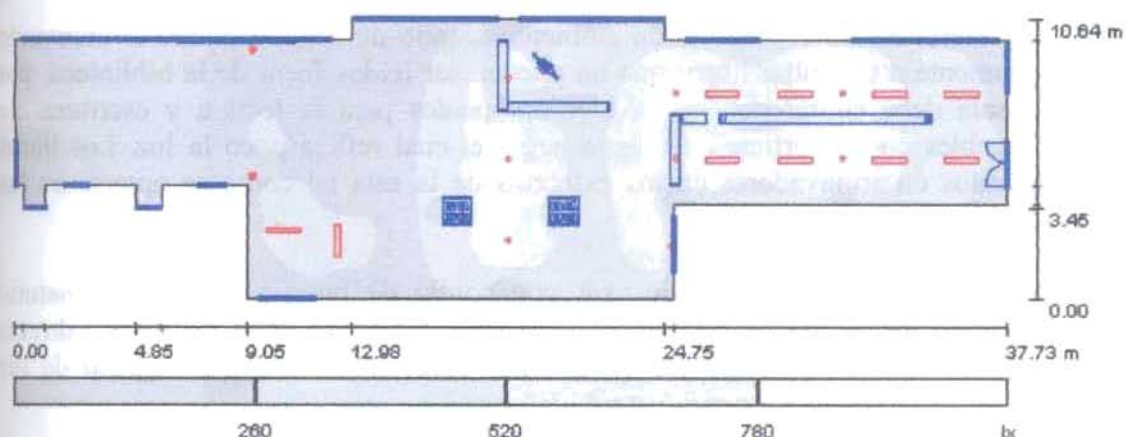


Fig. 3.4. Curvas isolux sobre el plano útil del hall de ingreso.

Comentarios

- Según el levantamiento de información hecha (medición de niveles de luz, cantidad, características y ubicación de equipos) el hall de ingreso de la biblioteca no cumple con los estándares en niveles iluminación y uniformidad en sus ambientes de trabajo según normas vistas en el capítulo 2. Existen zonas demasiado iluminadas y otras muy oscuras en la misma sala. El deslumbramiento es controlado debido a la altura instalada de los equipos de iluminación. Los colores no se notan provocando una sensación de pesadumbre y mal ambiente de trabajo.
- El hall de atención y consulta posee zonas exageradamente iluminadas (ver Fig. 3.4.) pero la iluminación es poco uniforme debido a la falta de simetría en la disposición de sus luminarias tipo campana. Las luminarias para fluorescentes de 40W con cubierta opal adosadas al techo de 6 m. se ven muy opacadas con la presencia de las campanas de mayor potencia. El deslumbramiento en esta sala que ofrecen las lámparas de 250W de las luminarias tipo campana es apenas aceptable según la norma CIE.
- De similar forma sucede en el hall de ingreso, existe mucha sombra sobre los planos de trabajo, hay zonas muy oscuras en el ambiente, no se aprecian los colores, en general el ambiente es opaco. Esto produce sensación de pesadumbre en los trabajadores, puede bajar su rendimiento.
- Las entradas y salidas a los diversos ambientes no están bien iluminados, la zona de salida lateral no está iluminada, y por ser zona de muy bajo nivel de iluminación distrae al alumnado no notando su presencia en biblioteca.

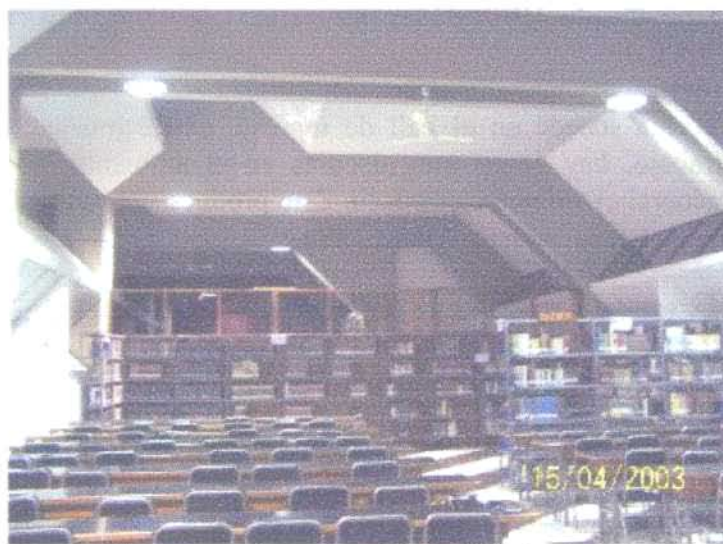
3.3.2 Sala de Referencia

La sala de referencia de 170 m² es un ambiente amplio de estudio donde el alumnado acude diariamente a consultar libros que no pueden ser leídos fuera de la biblioteca, por tanto esta sala debe contar con los niveles apropiados para la lectura y escritura. Se emplean muebles con superficie de trabajo negra el cual refleja poco la luz. Los libros están dispuestos en archivadores en los extremos de la sala tal como se aprecia en las figuras 3.5.

Gracias a la arquitectura del edificio esta sala consta de buen aporte de luz natural mediante lumiductos, parasoles y repisas que impiden que la luz caiga de manera directa sobre los planos de trabajo pero que dirigen y orientan permitiendo el ingreso de luz natural difusa. Observar las figuras 3.5. a y b.



a) Vista general, iluminación diurna.



b) Vista general, iluminación artificial asimétrica.



c) Contrasten color en el sistema de iluminación artificial .



d) Ingreso y salida de la sala.

Fig. 3.5. Sala de Referencia de biblioteca.

La iluminación artificial actual esta a cargo de seis luminarias tipo campana, distribuidas de manera asimétrica, además de dos reflectores de vapor de sodio apuntando a mesas específicas como se observa en la figura 3.5. c).

La figura 3.6 muestra la simulación de la iluminación artificial existente sobre el plano de trabajo, las curvas isolux muestran la intensidad de la iluminación, los resultados concuerdan con los medidos en situ si.

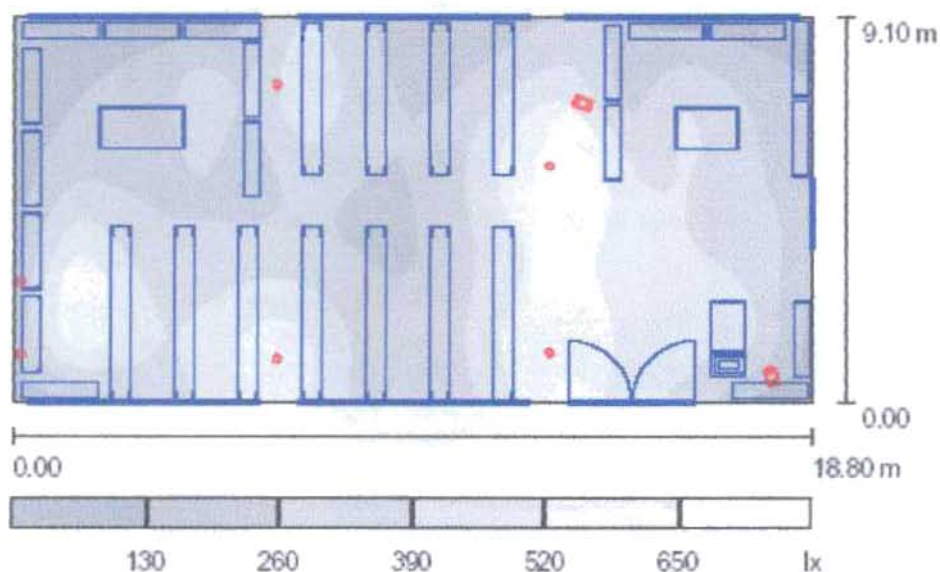


Fig. 3.6. Curvas isolux sobre el plano útil de la Sala de Referencia,

Comentarios

- El nivel de iluminación media sobre los planos de trabajos no llega al mínimo requerido para este tipo de ambiente. La superficie de trabajo oscura tampoco ayuda a la reflexión de la luz.
- La disposición asimétrica perjudica la uniformidad de iluminación, existiendo unas zonas más iluminadas que otras, los estantes de libros ubicados debajo de las luminarias forman paredes produciendo sombras. Existe una mala disposición de las luminarias, formando una mala iluminación general de la sala.
- Los reflectores de sodio provocan demasiado deslumbramiento molestando la vista, con las campanas se obtiene un deslumbramiento apenas aceptable.
- La combinación de lámparas de vapor de mercurio y vapor de sodio produce contraste perjudicando la reproducción del color en las diversas mesas de trabajo.
- Las lámparas de vapor de mercurio de 250 W no distinguen muy bien los colores, reflejan más los colores verdosos por eso es que se emplea más lámparas de esta potencia en iluminación de jardines o parques para resaltar el color verde, por tanto su empleo en esta sala es inadecuado.
- Los reflectores de vapor de sodio se usan solo para exteriores pues poseen muy buena eficiencia pero muy mala reproducción del color. Su empleo en esta sala es inadecuado.

3.3.3 Sala de Lectura

La sala de lectura es la sala de mayor área (200 m^2) y junto con la altura de 5.5 m que caracteriza todo el edificio de biblioteca debido a su arquitectura. Posee un gran ambiente de lectura con mesas distribuidas a lo largo de la sala, cuenta además con una Hemeroteca donde se almacena todo lo referente a periódicos, revistas, y afines. Gracias a la arquitectura del edificio esta sala consta de buen aporte de luz natural mediante lumiductos, parasoles y repisas que impiden que la luz caiga de manera directa sobre los planos de trabajo pero que dirigen y orientan permitiendo el ingreso de luz natural difusa.

Esta amplia sala se ilumina con seis lámparas tipo campana, distribuidas de manera asimétrica (Ver Fig. 3.9.), perjudicando la uniformidad de la iluminación en las diversas mesas de trabajo, existiendo unas zonas mas iluminadas que otras. El mobiliario es variable de acuerdo al crecimiento de la universidad. También existen luminarias adosadas a la pared para tratar de iluminar las zonas oscuras existentes, son luminarias con cubierta acrílica opal para fluorescentes de 40W.



a) Sala de Lectura.



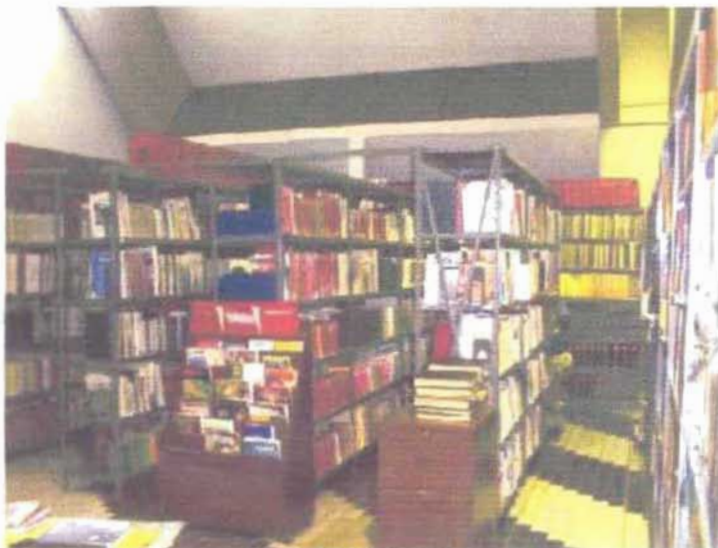
b) Vista Lateral de la sala.



c) Vista general exterior de Hemeroteca.



d) Vista de un pasillo en Hemeroteca.



e) Vista Lateral de la Hemeroteca.

Fig. 3.7. Sala de Lectura y Hemeroteca de biblioteca.

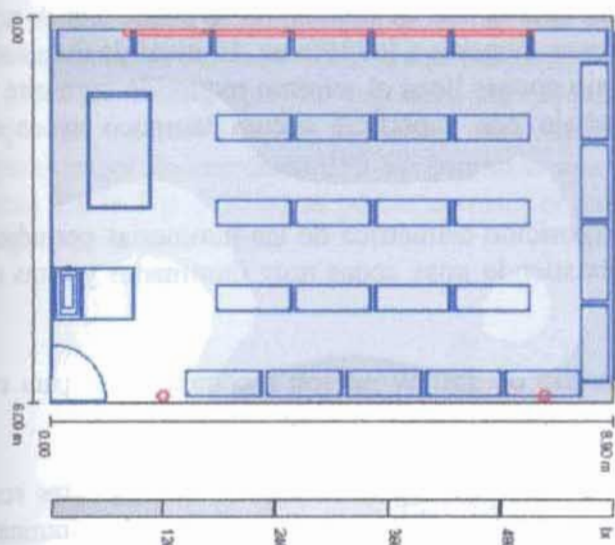


Fig. 3.8. Curvas isolux sobre el plano útil de la Sala de Lectura

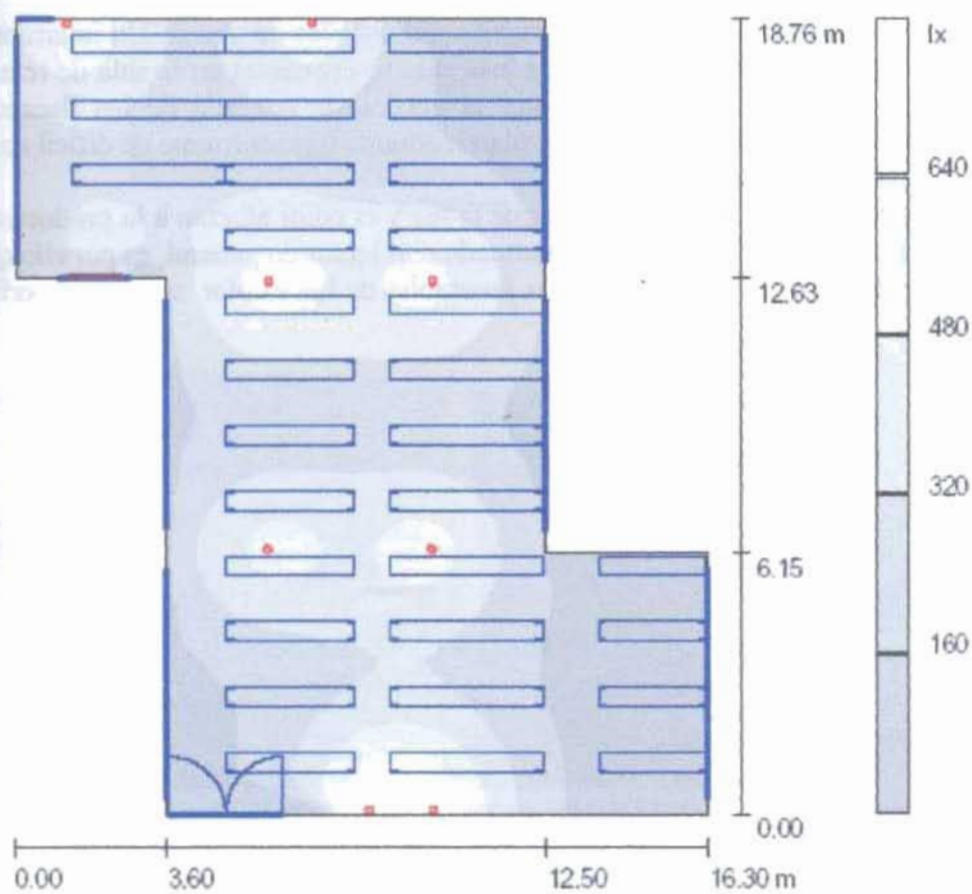


Fig. 3.9. Curvas isolux sobre el plano útil de la Sala de Lectura

Comentarios

- Existen zonas demasiado oscuras para la sala de lectura, no se puede leer de noche con niveles tan bajos, algunas zonas menores a los 100 lux. El nivel de iluminación media sobre los planos de trabajo apenas llega al mínimo requerido para este tipo de ambiente. Las mesas de trabajo con superficie oscura tampoco ayuda a la reflexión de la luz.
- Hay demasiado contraste, la disposición asimétrica de las luminarias perjudica la uniformidad de iluminación, existiendo unas zonas muy iluminadas y otras muy oscuras.
- Las lámparas de vapor de mercurio de 250 W no son recomendables para estas zonas de lectura por su baja reproducción de color y lento encendido.
- La cubierta acrílica opal de las luminarias para lámparas fluorescentes restan demasiado la capacidad de iluminación de la lámpara, por tanto estas luminarias son muy ineficientes. Mucho peor si son montadas a gran altura como es el caso en hemeroteca, en donde esta montada una fila de cinco luminarias para tratar de mejorar una zona demasiado oscura sin embargo el resultado no es muy bueno.
- Los interruptores de encendido /apagado son difíciles de ubicar. Un interruptor que controla parte de la iluminación de esta sala se encuentra en la sala de referencia. No existe interruptor para controlar el encendido apagado de los fluorescentes ubicados en la hemeroteca, se controlan mediante tomacorriente de difícil acceso.
- En general hay que tener presente que la luz y el color afectan a la productividad y al bienestar psicofisiológico del alumnado o al lector en general, es por ello que hay que determinar las condiciones más favorables de luz y color sobre la superficie de trabajo.

3.3.4. Sala de Profesores

La sala de profesores posee dos ambientes de trabajo diferenciados por la altura del techo de los mismos tal como se mostró en la Fig. 3.2. Para la primera zona de trabajo con una altura de techo de 2.5 m se ilumina con lámparas fluorescentes 4 x 40 W adosadas al techo con cubierta acrílico opal, no logrando una iluminación adecuada. La segunda zona de trabajo con un techo a 5.5 m, utiliza seis luminarias suspendidas tipo campana con lámparas vapor de mercurio 250 W, logrando una iluminación excesiva en tan pequeño espacio. En la Fig. 3.10 b) se puede apreciar el excesivo contraste entre estos ambientes contiguos de la misma sala.



a) Iluminación natural en la Sala de Profesores.



b) Iluminación artificial en Sala de Profesores.

Fig. 3.10. Sala de estudio para profesores.

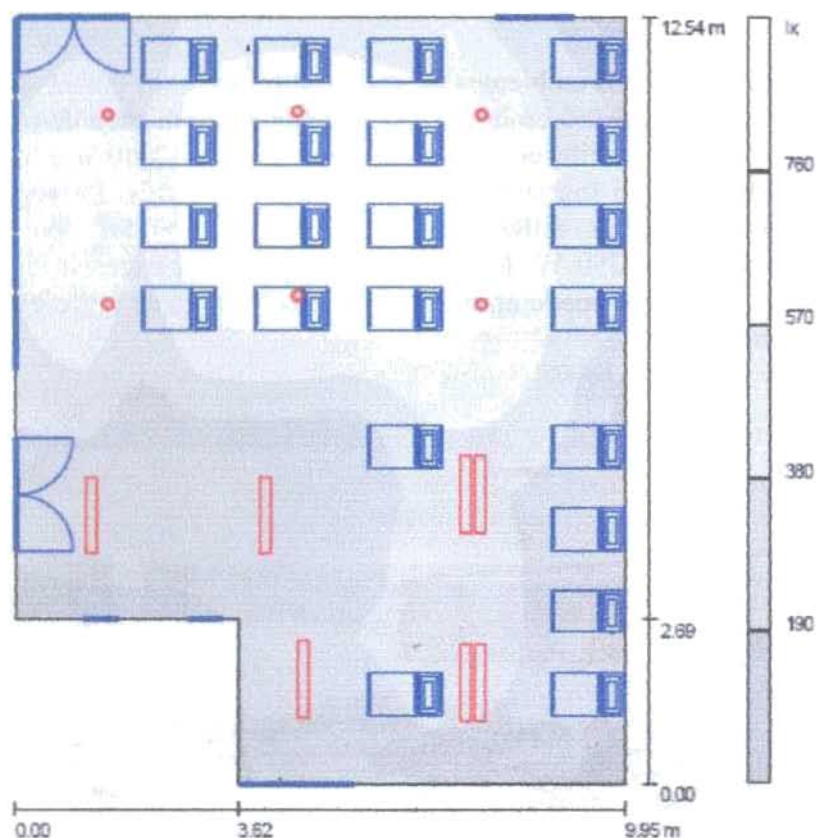


Fig. 3.11 Curvas isolux sobre el plano útil de la Sala para profesores.

Comentarios

- El nivel de iluminación media es excesivo en una zona y buena en otra, en cada ambiente por separado la uniformidad es buena sin embargo como es una misma el contraste en los niveles hace que la uniformidad sea mala. La mesas de trabajo con superficie oscura y el piso negro con bajo nivel de reflexión ayudan a la reflexión de la luz.
- La disposición simétrica de las luminarias hace que exista buena uniformidad, sin embargo existen unos escritorios debajo de los parasoles produciendo sombra que perjudica la uniformidad de iluminación.
- El empleo de lámparas de vapor de mercurio en una zona y de lámparas fluorescentes en otra produce un contraste en el color debido a que estas poseen diferentes características luminotécnicas en cuanto a temperatura e índice de reproducción de color. Además el calor producido por tener seis lámparas de alta presión en un ambiente pequeño también afecta a la productividad.
- Es buena la idea de tener mayor cantidad luxes en esta sala pues la emplean profesorado de edad avanzada, pero hay que tener presente los criterios de uniformidad y reproducción de color si deseamos tener un ambiente grato de estudio.

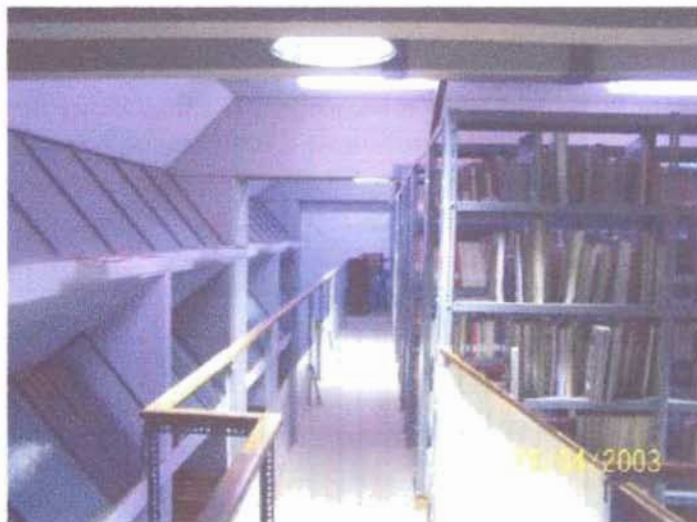
3.3.5 Deposito de Libros

Es un ambiente de la biblioteca que se adaptó para el almacenamiento de libros de consulta diaria, posee dos niveles de 3 metros de alto cada uno aproximadamente. Para la iluminación artificial se emplea igual que los ambientes anteriores una mezcla entre luminarias tipo campana y las adosadas con cubierta acrílica opal.

Los pasillos se iluminan con los reflectores tipo campana para el primer y segundo nivel, quedando muy baja altura para el segundo nivel como se aprecia en la figura 3.12 b. Otro pasillo se ilumina con luminarias adosadas con lámparas fluorescentes 2 x 40W tal como se aprecia en la figura 3.12 d. Entre cada estante de libros se ilumina con las luminarias con cubierta opal, de 1x40W o 2x40W dependiendo del ancho del pasillo entre libros al parecer (ver Fig. 3.12 e y f).



a) Iluminación de pasillo 1er nivel



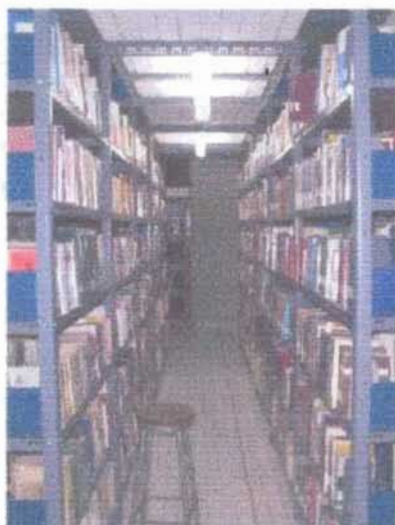
b) Iluminación de pasillo 2do nivel



c) Iluminación de pasillo de día



d) Iluminación de pasillo de noche



e) Pasillo entre libros 1er nivel



f) Pasillo entre libros 2do nivel

Fig. 3.12. Deposito de libros

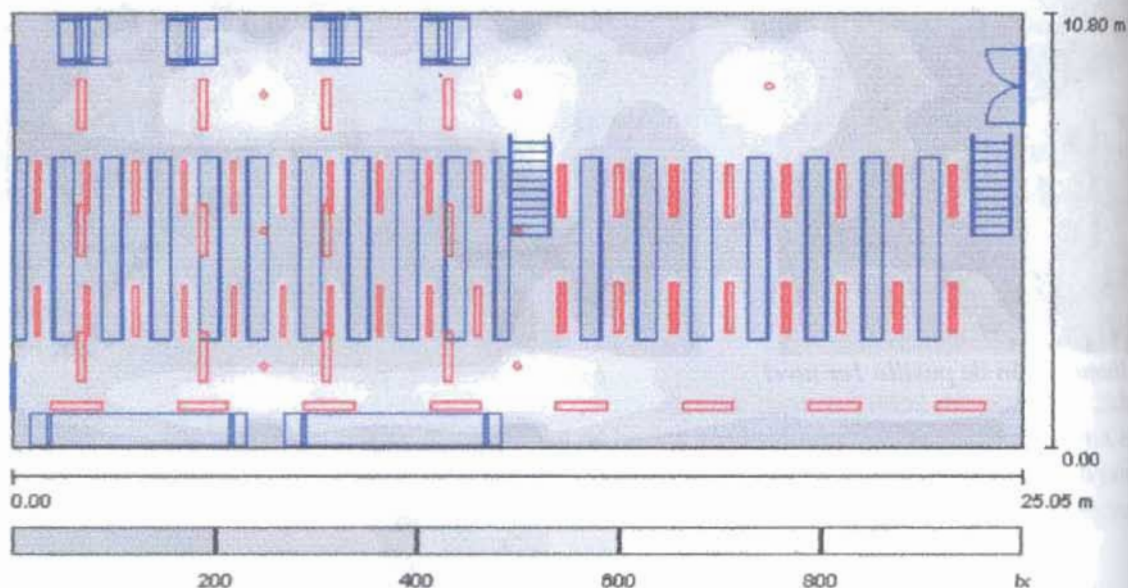


Fig. 3.13. Curvas isolux sobre el plano útil de la Sala para profesores.

Comentarios

- Niveles de iluminación general baja, no hay uniformidad, deslumbramiento excesivo en el segundo nivel al estar próximos a las campanas.
- No se aprecian bien los colores, el ambiente es opaco en algunas zonas y agresivamente deslumbrante en otras.
- Al parecer no se ha adaptado completamente el sistema de iluminación para que sea acorde a una iluminación de un almacén de libros de consulta diaria.

3.4 Diagnóstico del sistema de iluminación

En base a la información recopilada y trabajada, que cubre casi la totalidad del edificio de la biblioteca central de la universidad, se puede concluir:

- a) En cuanto a las lámparas instaladas, la mayoría son vapor de mercurio de alta presión 250W y fluorescentes rectos T12 40W, el resto son incandescentes, entre otras.
- b) Las luminarias empleadas, en su mayoría, son de 3 tipos:
 - a. Los modelos que predominan son las luminarias con difusor de acrílico opal para 1, 2, 3 o 4 fluorescentes rectos de 36/40W.
 - b. Luminarias tipo campana para lámparas de vapor de mercurio de 250W. con o sin protector de vidrio.
 - c. Luminarias con rejilla metálica esmaltada en blanco o de aluminio para 2 fluorescentes rectos de 36/40W.

Los dos primeros modelos son ineficientes e inapropiados para uso en oficinas, salas de lectura o de estudio, centros de computo o similares. Respecto al tercero y último modelo, se encuentra en muy pocos ambientes y principalmente de oficinas administrativas.

- c) Sobre los equipos auxiliares de las luminarias fluorescentes, se emplean reactores de pérdidas estándar (entre 9 a 12 W.). En algunos casos se usan condensadores independientes por lámpara pero no bancos de condensadores.
- d) El horario de funcionamiento de los ambientes es prácticamente durante todo el día incluyendo 1 o 2 horas a partir de las 18.00 horas, en horario en punta. En el caso de las oficinas o ambientes administrativos, es, en los casos más críticos, hasta de 4 o 5 horas en horario en punta.
- e) Los niveles de iluminación son, por lo general, 50% menores a la norma y a los estándares internacionales, motivado en principio por la poca cantidad y baja eficiencia de las lámparas y/o luminarias instaladas. La falta de un adecuado mantenimiento y reposición de equipos también colabora.
- f) Las luminarias se encuentran orientadas de manera que no deslumbran a los alumnos o al público general, esto debido sin embargo a la elevada altura a la cual están colocadas. En los casos de las lámparas de 250 W se encuentran colocadas en forma escondida entre vigas lo cual ayuda a no deslumbrar a los alumnos, sin embargo esta forma no aprovecha al máximo la iluminación de la lámpara.
- g) En muchos casos las luminarias se mantienen encendidas desde el inicio de labores hasta su culminación, sin apagarlas cuando los ambientes se encuentran vacíos, lo que conduce a un alto consumo eléctrico. Este hecho se produce aún cuando el ingreso de luz natural es suficiente, hasta en exceso en algunos casos, para el desarrollo de las labores diurnas.
- h) En cuanto al ingreso de luz solar, la arquitectura del edificio emplea repisas de material noble para bloquearla impidiendo el ingreso de la luz solar directa sobre el

plano de trabajo pero permite el ingreso de luz natural difusa. Así el nivel de iluminación decae en el interior de la habitación lo que vuelve necesario encender el sistema de luz artificial.

- i) El sistema de control (golpes de encendido) se realiza por módulos estructurales, no presenta graduaciones para ir aprovechando la luz natural.
- j) Los colores que se emplean en los ambientes interiores donde se cumplen funciones de lectura o escritura, y de oficina, son preferentemente claros, de paredes blancas. Sin embargo, se emplea colores oscuros para resaltar las vigas y columnas con un tono oscuro predominante, como detalle de decoración pero va en perjuicio de los niveles de luz, uniformidad y efectos visuales para las labores que se desempeñan.
- k) Hay excesos de contraste entre las paredes blancas y cielos rasos claros con el piso y los planos de trabajo (mesas de lectura o escritorios) que son de color muy oscuro en su mayoría. Lo cual produce en el organismo humano una acción física que no es necesariamente la deseada.
- l) El sistema de iluminación no tiene adecuado mantenimiento ni reposición de equipos. Se pueden encontrar algunos pocos casos de lámparas quemadas o semi-apagadas, reactores que zumban, etc. Las condiciones de limpieza no son buenas para las lámparas.

A continuación el resumen de los resultados obtenidos de las mediciones, cálculos y simulaciones realizadas en la evaluación luminotécnica y de consumo de los equipos instalados actualmente.

3.5. Conclusiones

- El sistema de iluminación empleado es de tecnología de hace más de 20 años.
- Se emplea de manera predominante las lámparas de vapor de mercurio de alta presión 250 W con carcasas tipo campana suspendidas. También es de uso predominante fluorescentes T12 40W con carcasas de acrílico opal que no ofrecen buena iluminación para las grandes zonas en las cuales se encuentran, la mala distribución que presentan sobre los planos de trabajo es también notable.
- En referencia a los equipos auxiliares para lámparas fluorescentes: los reactores empleados son de pérdidas convencionales y no usan equipos complementarios para elevar el factor de potencia que permitan disminuir el consumo de energía reactiva.
- Se considera la participación de la luz natural en los sistemas de iluminación empleados, gracias a los particulares ventanales de las salas grandes y a la zona de muy buena iluminación diaria.
- Se emplea colores oscuros para resaltar las vigas y columnas con un tono oscuro predominante, como detalle de decoración pero va en perjuicio de los niveles de luz, uniformidad y efectos visuales para las labores que se desempeñan.
- Se acostumbra apagar las lámparas cuando los ambientes no se usan. Previendo el desperdicio de energía eléctrica. El empleo de la iluminación de luz artificial es generalmente hasta las 8:30 de la noche solamente.
- La falta de asesoramiento y carencia de información actualizada de productos de iluminación dificulta la correcta adquisición de equipos de mayor eficiencia y modernidad.

3.6. Recomendaciones

- Se sugiere el uso de productos de buena calidad para las luminarias, lo cual permitirá lograr una buena performance del equipo y, como consecuencia, una prolongación de su vida útil.
- Se debe tomar como referencia los niveles de luz, índice unificado de deslumbramiento, índice de reproducción cromática e índice de eficiencia de estándares internacionales para lograr el adecuado rendimiento visual, confort visual y nivel de productividad. Los presentes parámetros permitirán decidir los modelos de lámparas y luminarias adecuados a la labor a desempeñarse en cada ambiente.
- En cuanto a las lámparas, se sugiere el cambio inmediato de las lámparas de mercurio de alta presión de las salas de lectura y de los fluorescentes rectos T12 40W. a T8 36W. estándar o mejor aun a T5 35W trifosforadas dependiendo si se

requiere igual o mayor flujo luminoso. El mencionado cambio nos ahorra aprox. el 10% por consumo eléctrico y, en el caso de las lámparas trifosforadas, puede brindar hasta un 40% adicional de flujo luminoso. El cambio de lámparas puede realizarse por etapas o conforme se van requiriendo nuevos lotes para reposición. Se recomienda cambiar zonas o áreas completas lo que permitirá lograr una iluminación homogénea, facilitará un adecuado control y mantenimiento.

- En cuanto a las luminarias, sería adecuado usar en las salas de lectura, estudio y oficinas luminarias con un buen control del deslumbramiento, las cuales podrían ser luminarias con un modelo de rejilla antideslumbrante o luminarias de luz directa / indirecta. Bajo este parámetro se debe diseñar la instalación dependiendo el tipo de luminarias escogido y la ubicación de las salidas de luz. No se debe olvidar considerar la participación de la luz natural que ingresa por las ventanas lo que permitiría lograr un ahorro sustancial al diseñar el sistema de control en filas paralelas a las mismas las cuales se encenderán conforme vaya oscureciendo el día.
- Respecto a los reactores para lámparas fluorescentes de 36/40W. se sugieren los de bajas pérdidas, alrededor de 7.5 W., complementándose con condensadores de 4.5uF. por cada dos lámparas, lo cual nos permitirá reducir el consumo de energía reactiva. Es recomendable, de ser posible, el empleo de balastos electrónicos, los cuales poseen como ventajas sobre los equipos convencionales, entre otras:
 1. Un balasto electrónico 1xTL 36/40W. reemplaza a 3 componentes (arrancador, reactor y condensador) y tiene pérdidas de 5W. En el caso de ser un balasto electrónico 2xTL 36/40W. reemplaza a 6 componentes (2 arrancadores, 2 reactores y 2 condensadores) con pérdidas de 5W. Al utilizar menos componentes, el cableado es más simple, el costo por mantenimiento de equipos y por mano de obra es menor. Normalmente el consumo eléctrico es alrededor de 25 % menos que con el sistema convencional, lo que se traduce en facturas de electricidad menores y posiblemente en menor generación de electricidad.
 2. El balasto electrónico no produce chispa ni parpadeo al encender la lámpara. No produce efecto estroboscópico pues trabaja a más de 40,000 Hz. vs. los 60 Hz habituales. La estabilidad de la lámpara reduce la fatiga de la vista y mejora las condiciones de trabajo y productividad.
 3. El factor de potencia es igual o mayor a 0.95, lo cual disminuye el costo por consumo de energía reactiva.
 4. En algunos casos logra mejorar el tiempo de vida útil de la lámpara hasta en 50%. En el caso de las T8 36W. trifosforadas, la vida útil es aprox. 12,000 horas, mejorando a 16,000 horas con balasto electrónico.
 5. El peso, dimensiones y calor generado son menores a los reactores convencionales lo que permite mejores diseños de luminarias con dimensiones más pequeñas.
- Se recomienda realizar acciones que incentiven a los usuarios a ahorrar energía eléctrica por consumo de luz artificial. Una de estas es motivando el uso de la luz natural. Se debe educar a los usuarios a encender las lámparas siempre y cuando el nivel de luz natural sea deficiente para la labor visual que realizan, y a apagarlas, cuando los ambientes de trabajo queden vacíos.
- En cuanto al ingreso de luz natural, la arquitectura del edificio emplea elementos que la captan, dirijan y distribuyan. Estos elementos arquitectónicos (repisas de

material noble o prefabricado, lumiductos, etc.) o accesorios (parasoles, cortinas, etc) los cuales impidan el ingreso de la luz solar directa sobre el plano de trabajo pero permitan el ingreso de luz natural difusa. Se debe poner énfasis en los ambientes donde se realizan actividades que requieren estudio y concentración en la tarea, pues deben contar con sistemas que permitan tanto el ingreso como el bloqueo de luz natural. Con los niveles de luz natural de Piura, se debería lograr un considerable ahorro de energía eléctrica solo empleando adecuadamente estos criterios.

- Los colores que deben emplearse en ambientes interiores donde se cumplen funciones de estudio o de oficina, deben ser preferentemente claros sin excesos de contraste. Cabe resaltar que no es conveniente el extremo opuesto y darle el mismo color claro a todos los objetos, pues se dificulta el distinguirlos con el siguiente cansancio visual. Se incluye en la recomendación tanto el ambiente (piso, techo y paredes) como el equipamiento y el mobiliario. De esta manera la luz se dispersa mejor en el ambiente y la vista no se agota en exceso.

- Respecto a los sistemas de control manual, deberían considerar la participación de la luz natural ordenando los encendidos de las luminarias en filas paralelas a las ventanas, sin olvidar los criterios de encendido referentes a la función que se desempeña en cada ambiente. Las filas se deben encender en principio las más alejadas de las ventanas y conforme oscurece el día, las más cercanas, para obtener paulatinamente niveles de luz apropiados sobre las áreas de trabajo, combinando la luz solar y la artificial. Este sistema puede originar un ahorro sustancial en el consumo eléctrico.

- Las recomendaciones anteriores no lograrán un funcionamiento óptimo en el tiempo si no cuentan con la supervisión, mantenimiento y reposición adecuada de los equipos, refiriéndonos a:

1. Limpieza de los equipos de iluminación y del local. La acumulación de polvo o suciedad en las lámparas y luminarias atenúa la luz emitida por la lámpara, reflejada por el reflector, pantalla o rejilla, y la que traspasa el difusor o vidrio de protección. En el caso del local (entiéndase paredes, piso, techo, ventanas, mobiliario), la reflexión de la luz sobre las superficies se ve disminuida por el mismo motivo, sea luz natural o artificial,
2. Empleo adecuado de los equipos e instalaciones. Cada lámpara y luminaria tiene características de funcionamiento y ubicación. Por ejemplo, una luminaria metálica para lámparas fluorescentes rectas se diseña para mantenerse encendida por horas continuas e instalarse en locales interiores. Una mala utilización sería ubicarla en alguna zona donde se deba prender/apagar en periodos cortos y varias veces por hora (cada 10, 5 minutos o menos), o, instalarla a la intemperie. Lo primero reduce el tiempo de vida de la lámpara y lo segundo puede provocar que el metal se oxide, se pueda acumular humedad o ingrese agua al interior del equipo con consecuencias mayores, entre otras.
3. Tiempo de vida útil de los equipos (lámparas, balastos, luminarias, cableado, etc.). En general, cada componente tiene un tiempo de vida promedio recomendado por el fabricante, Terminado este periodo los componentes disminuyen su eficacia o empiezan a ceder a esfuerzos mecánico/eléctricos lo cual perjudica el sistema. Cabe señalar que las lámparas fluorescentes tienen un periodo de vida útil que es menor que el tiempo de vida real (cuando la lámpara

deja de operar). La recomendación es reponerlas al fin de la vida útil, de lo contrario, aunque el sistema sigue funcionando, los niveles de luz disminuirán progresivamente más rápido hasta que las lámparas dejen de operar. A esta característica se le denomina Depreciación del Flujo Luminoso. Por ejemplo, la vida útil para una T8 36W, trifosforada operando con reactores convencionales, es en promedio de 12,000 horas habiendo disminuido su flujo luminoso hasta el 80%, pero puede seguir operativa debajo de este porcentaje por varios miles de horas adicionales, lo cual no es lo adecuado para el sistema inicialmente planificado.

4. Compatibilidad y calidad de equipos. La instalación de equipos compatibles íntegramente y de calidad certificada es la mejor garantía para mantener el sistema de iluminación en condiciones adecuadas de operatividad y duración. Cualquier componente de mala calidad puede afectar el funcionamiento de otro o más componentes que al final siempre perjudican el rendimiento de la lámpara en cuanto a su vida útil y emisión de luz.
5. Verificación de los niveles de luz en los ambientes. La mencionada verificación debe realizarse con ayuda de un luxómetro. La disminución de los niveles de luz puede ser motivada por el descuido en cualquiera de los temas anteriormente descritos o del conjunto de ellos. Se debe realizar un programa de evaluaciones periódicas, que se inicia en la etapa de adquisición, el cual permita planificar las fechas para el mantenimiento y reposición de los equipos. Es la única modalidad para mantener un sistema de iluminación eficiente, óptimo y duradero.

Capítulo 4

PROPUESTAS DE ILUMINACIÓN

4.1. Introducción

Estando en un mundo en permanente evolución, en el cual la ciencia y la tecnología son la avanzada para los cambios que se dan en todos los ámbitos, y en nuestro caso particular, el área de la iluminación, no será ajena a las innovaciones que se den. Esto puede llegar a traducirse entre otros, en componentes de una nueva generación, incluyendo aún nuevas fuentes luminosas o quizá en mejoras sustanciales de las existentes y aún llegando a establecer nuevos criterios de diseño para los sistemas de alumbrado.

El análisis luminotécnico que se realiza a las propuestas, por lo general, la restricción más importante que se puede hacer es de carácter presupuestario. Para analizar este aspecto se considera no sólo los costos de instalación sino también los de funcionamiento. Cuando las decisiones se toman solamente en función de la inversión inicial, como ocurre frecuentemente, se corre el riesgo de restringir seriamente los objetivos del proyecto o diseñar instalaciones donde los costos no previstos de consumo energético y mantenimiento hacen que su uso sea demasiado costoso. Un ejemplo de este punto lo constituyen las lámparas fluorescentes compactas, cuyo uso muchas veces se descarta por

su mayor precio en comparación con las fuentes incandescentes, a pesar que su alta eficiencia permite amortizar la inversión inicial en muy corto plazo.

4.2 Propuestas de Iluminación

Para obtener las propuestas de iluminación se realizó por un análisis destinado a reunir datos que permiten determinar las demandas, visuales, emocionales y estéticas, de iluminación y establecer los alcances y limitaciones del trabajo. La identificación clara y precisa de estas cuestiones se detallo en el capítulo 03 de la presente tesis.

En el capítulo 02, se estudio las restricciones que surgen de cuestiones normativas o reglamentarias debido a que el proyecto debe satisfacer los criterios luminotécnicos. Además, en este capítulo se concluyo con las selección de lámparas y luminarias que se pueden usar en este proyecto debido a sus características de funcionamiento, eficiencia, etc. El proyecto no sería aceptable si no cumple los criterios luminotécnicos planteados.

Para estimar el número de luminarias necesarios para obtener un cierto nivel de iluminancia media y así poder hacer la primera aproximación empleando la herramienta de cálculo Dialux, se emplea la siguiente expresión:

$$Em = \frac{N \cdot \phi_L \cdot \mu}{l \cdot a}$$

donde: *Em*: Iluminancia media sobre el plano de trabajo.
 ϕ Flujo de lámparas por luminarias en lúmenes
 μ_L Factor de utilización
N Numero de luminarias instaladas
l Longitud del local en metros
a Ancho del local en metros

El valor de iluminancia media recomendado se saco de normas en función de la dificultad visual de las tareas involucradas.

Para probar la confiabilidad del software Dialux se probó primero en las instalaciones actuales de biblioteca, demostrando coincidencias con los valores reales medidos manualmente en los diversos ambientes. Estos resultados se observan en el anexo A de la presente tesis.

Para información adicional acerca de las características mas importantes del software así como los pasos seguidos para simular lo mas real posible los diversos ambientes mostrados en los resultados obtenidos se puede consultar el anexo D de la presente tesis.

Luego de satisfacer los criterios luminotécnicos, la restricción más importante es de carácter presupuestario. Para analizar este aspecto se consideró no sólo los costos de instalación sino también los de funcionamiento. Cuando las decisiones se toman solamente en función de la inversión inicial, como ocurre frecuentemente, se corre el riesgo de restringir seriamente los objetivos del proyecto o diseñar instalaciones donde los costos no

previstos de consumo energético y mantenimiento hacen que su uso sea demasiado oneroso. Un ejemplo de este punto lo constituyen las lámparas fluorescentes compactas, cuyo uso muchas veces se descarta por su mayor precio en comparación con las fuentes incandescentes, a pesar que su alta eficiencia permite amortizar la inversión inicial en muy corto plazo.

Lógicamente que simular cada ambiente con diversas disposiciones y ubicaciones de las luminarias es parte del diseño, cada vez hay que ir replanteando tanto número como disposición de las luminarias pero si se superan las dos restricciones: luminotécnicas y económico-financieras se deja a la propuesta como posible proyecto a iluminar el edificio de biblioteca.

Esto es básicamente los pasos que se muestran en el diagrama de bloques mostrados en el cuadro 4.1.

Al empezar a diseñar imaginé varias alternativas para iluminar la biblioteca usando las luminarias ilustradas en el capítulo 2 pero debido a la geometría muy particular del edificio, sobre todo a su altura considerable se descartaron varias de ellas como:

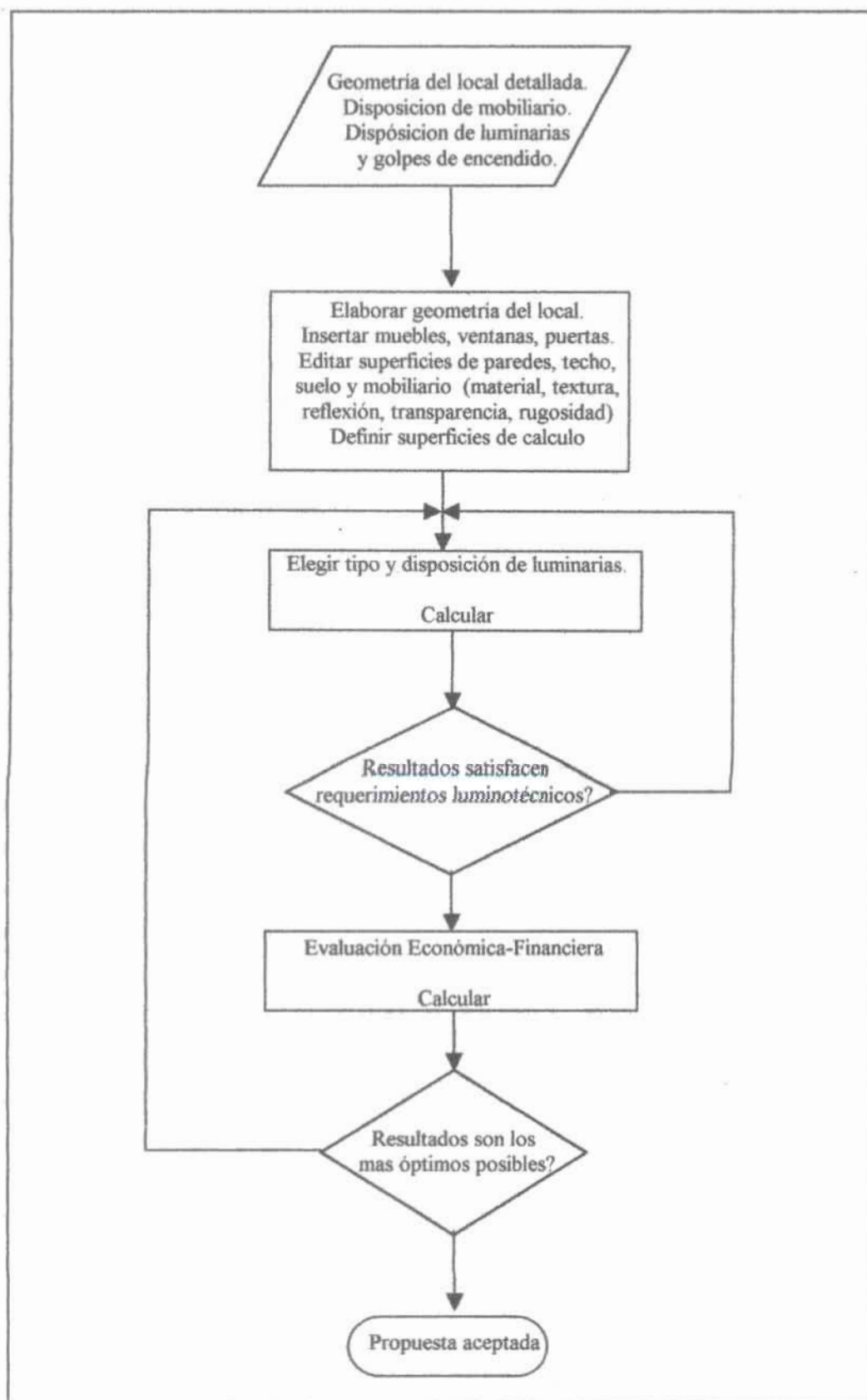
- El empleo de las luminarias económicas con regletas industriales que son las más comunes del mercado, pero no se logran obtener los niveles apropiados debido a que su iluminación es muy difusa, el color blanco de las regletas no refleja bien hacia abajo desperdiciando algo a los costados perdiendo eficacia la luminaria.
- Las luminarias tipo campana con reflector acrílico semitransparente deslumbran demasiado si pretendemos llegar a los niveles reglamentarios, estos ofrecerían una iluminación general, tipo difusa reflejando hasta el techo.

Entonces después de algunas pruebas opte por dos formas de iluminar ambientes tan amplios de manera adecuada, estas son:

- Iluminando desde el techo a gran altura con lámparas de descarga de alta presión, con lámparas de haluro metálico por las ventajas antes mencionadas con los reflectores metálicos existentes; y también
- Se podría tener una iluminación artificial suspendida sobre los planos de trabajo con lámparas de descarga de baja presión, y una iluminación indirecta mediante reflectores de pared

Estas serían las dos propuestas a considerar para iluminar estos ambientes del edificio de biblioteca, las propuestas serán estudiadas las cuales deben satisfacer los criterios luminotécnicos, económicos y financieros además de los ergonómicos los cuales ayudan a tomar una decisión final.

Cuadro 4.1. Pasos seguidos para la selección de las propuestas de iluminación mediante diagrama de bloques



4.2.1 Propuesta Económica :

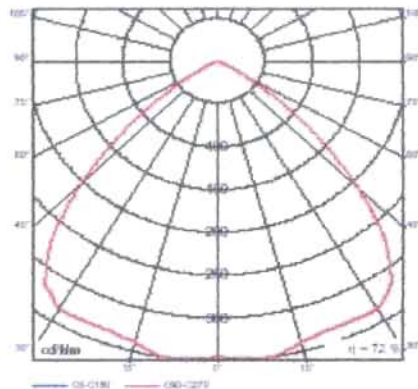
Se denomina a esta propuesta económica porque como su nombre lo indica es la de menos costo en la inversión inicial, lo cual no significa que sea la mejor como veremos mas adelante en los análisis realizados.

El motivo de que la inversión inicial sea la menor posible se debe al empleo de las mismas luminarias tipo campana existentes pero con un cambio de su lámpara: de vapor de mercurio a una de haluro metálico. Además se complementa el alumbrado de las campanas que acentúan mucho la iluminación bajo sus zonas, con luminarias tipo rejilla. Del tipo rejilla se escogió las de aluminio especular por sus buenas características luminotécnicas, además las adosadas al techo son las mas económicas. Se eligen las tipo adosadas al techo sin embargo como se ha hecho en instalaciones en el Perú, se colocaran suspendidas, todo esto con el fin de minimizar la inversión inicial.

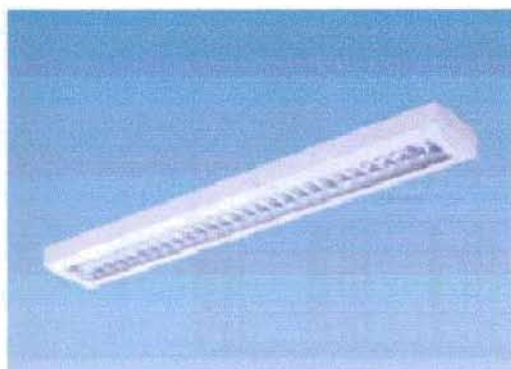
A continuación se muestran las luminarias empleadas:



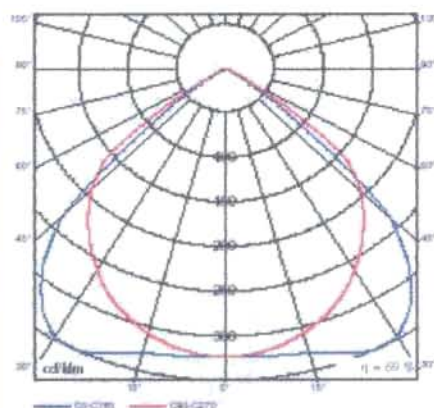
a) Luminaria tipo campana,



b) curva fotométrica



a) Luminaria adosable



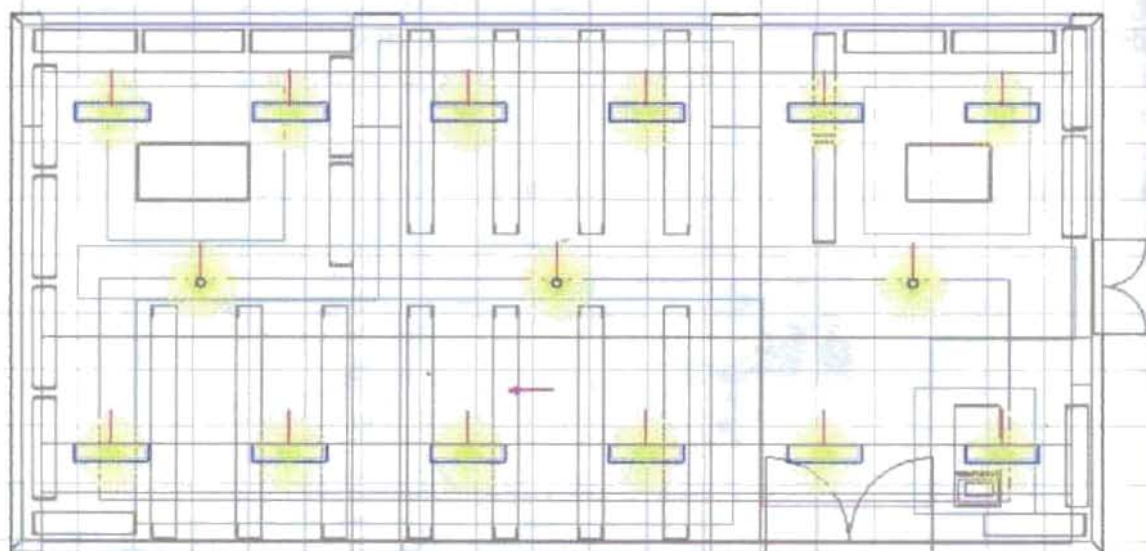
b) Curva fotométrica, 2x36W

Fig. 4.1. Luminarias empleadas en proyecto económico

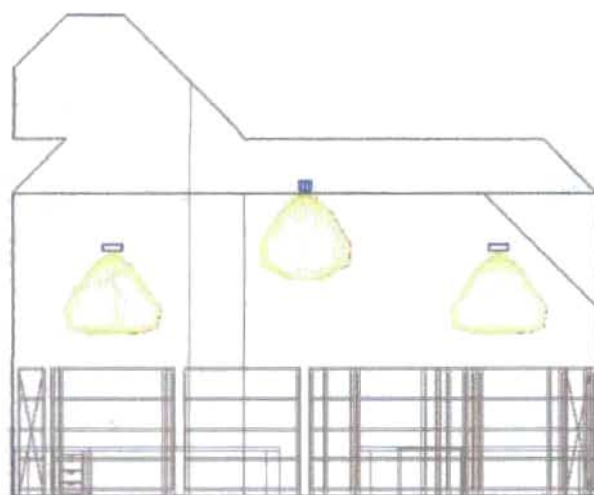
Se reutilizan las campanas existentes obviamente por criterios presupuestarios, pero anticipamos desde ya que no es la mejor propuesta de iluminación, solo se pondrá con

fines comparativos. Se demostrara después del análisis hecho que el empleo de luminarias reflectoras de mayor eficiencia con luminarias de características luminotécnicas mas acordes con la iluminación de oficinas no solo iluminan mejor sino que se obtiene un adecuado confort visual.

La combinación de estas luminarias se vera en detalle en cada tipo de ambiente, pero en general irán las campanas suspendidas en medio de la sala con las luminaria tipo rejilla a los extremos paralelos a la pared suspendidas a 4 m. (ver Fig. 4.2). Esto sobre todo para mejorar la uniformidad en la iluminación.



a) Vista de Planta



b) Vista de Perfil

Fig. 4.2. Disposición de las luminarias empleadas

4.2.1.1 Evaluación Luminotécnica de la propuesta económica:

Del cálculo realizado con el software de iluminación Dialux se obtiene resultados de niveles de iluminación, uniformidad y deslumbramiento, los requisitos que buscamos para este tipo de instalación. A continuación se muestra los niveles de iluminación sobre el plano útil para cada tipo de ambiente en estudio y una cuadro resumen con los resultados luminotécnicos obtenidos. (Cuadro 4.2).

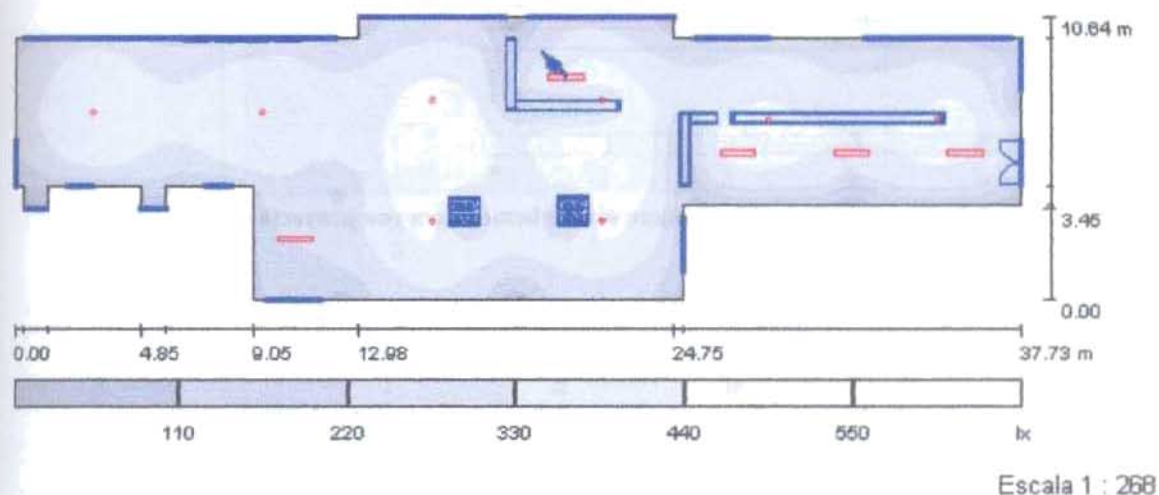


Fig. 4.3. Curvas isolux sobre el plano útil del hall de ingreso con proyecto económico.

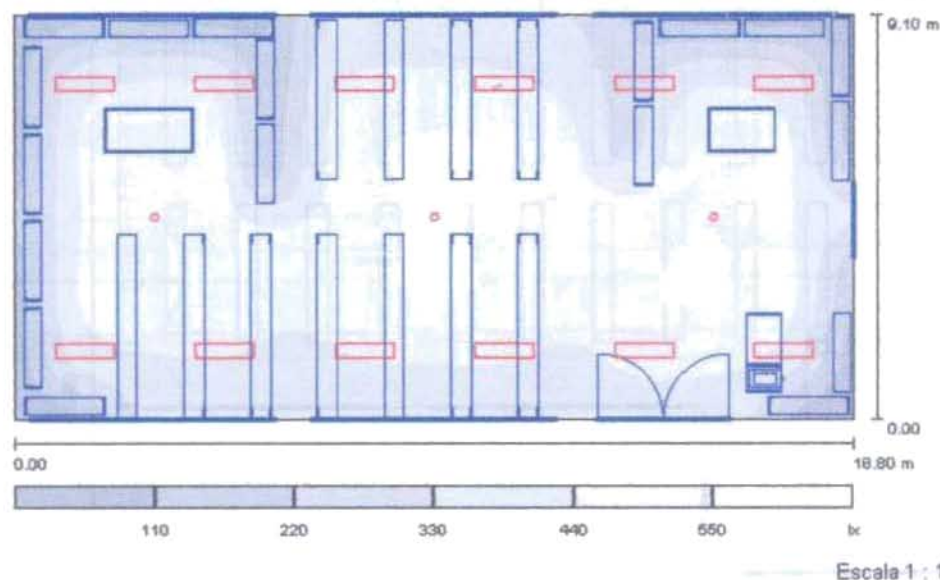


Fig. 4.4. Curvas isolux sobre el plano útil de la sala de referencia con proyecto económico.

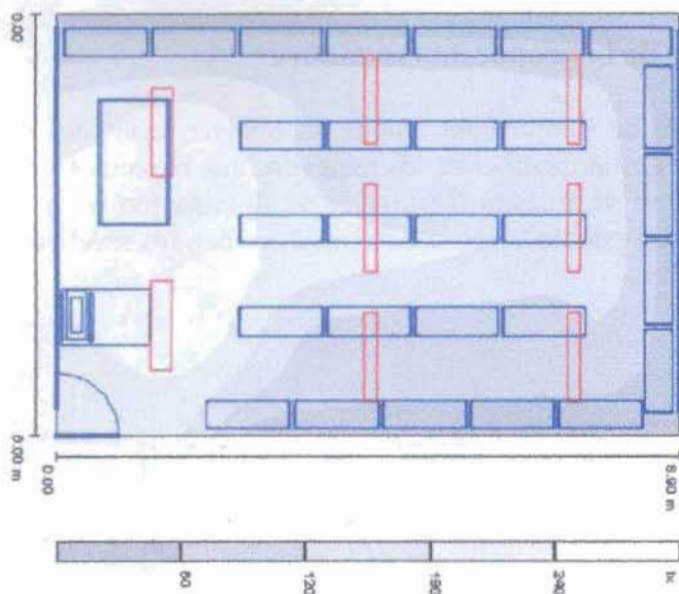
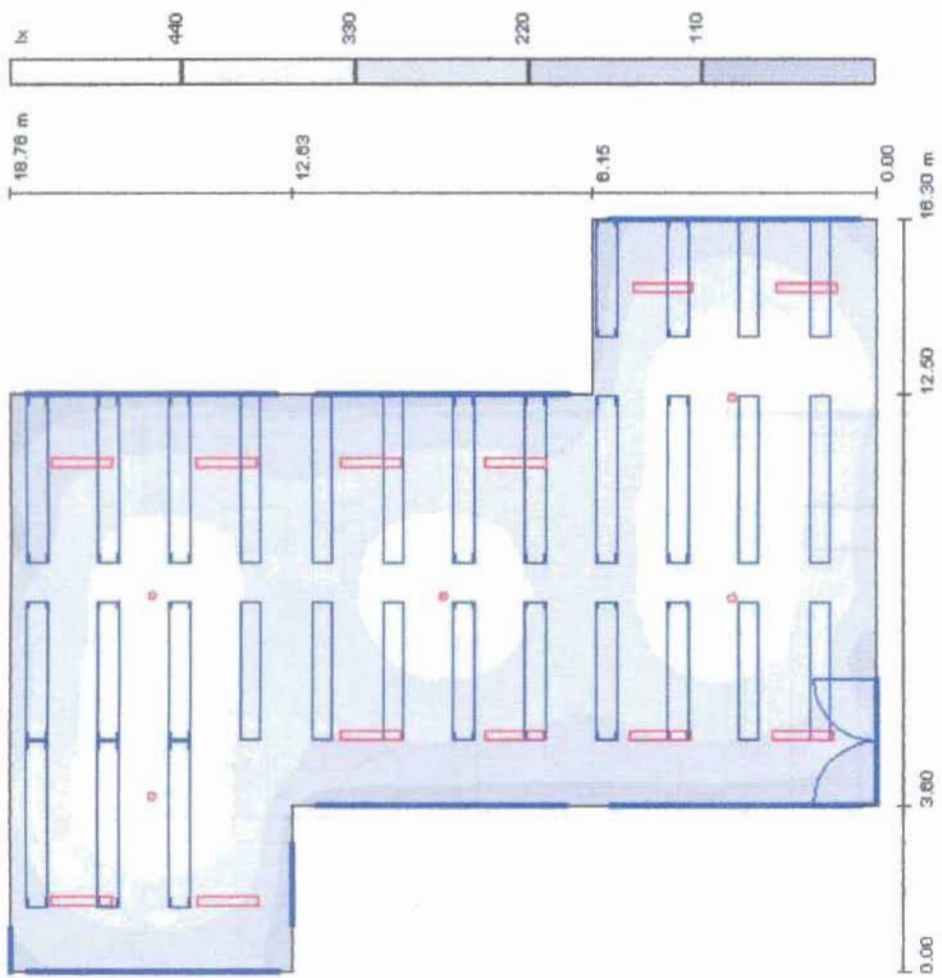


Fig. 4.5. Curvas isolux sobre el plano útil de hemeroteca con proyecto económico.



Escala 1 : 146

Fig. 4.6. Curvas isolux sobre el plano útil de la sala de lectura con proyecto económico.

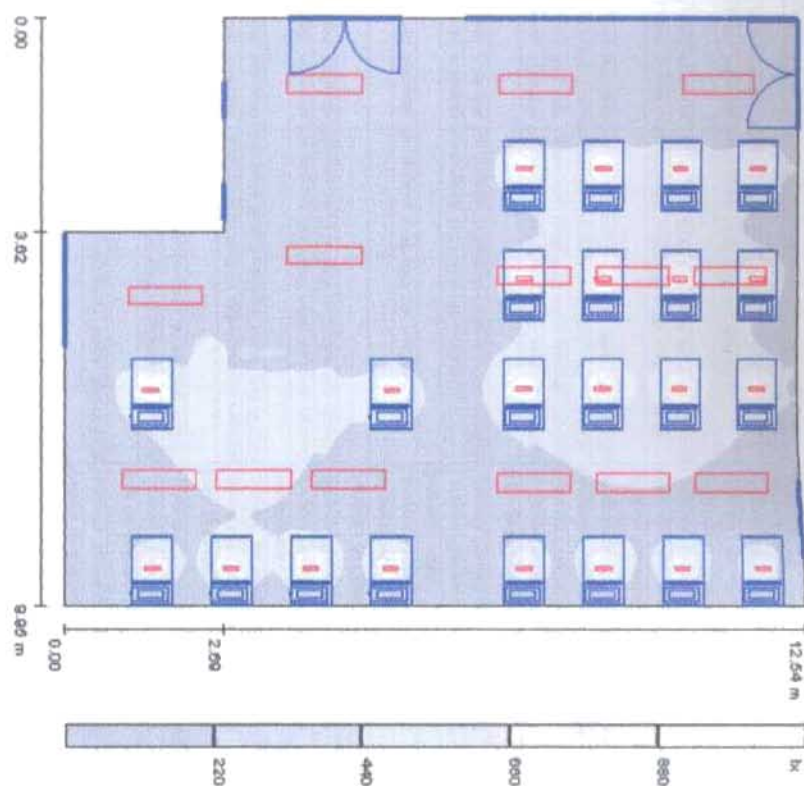


Fig. 4.7. Curvas isolux sobre el plano útil de la sala para profesores con proyecto económico.

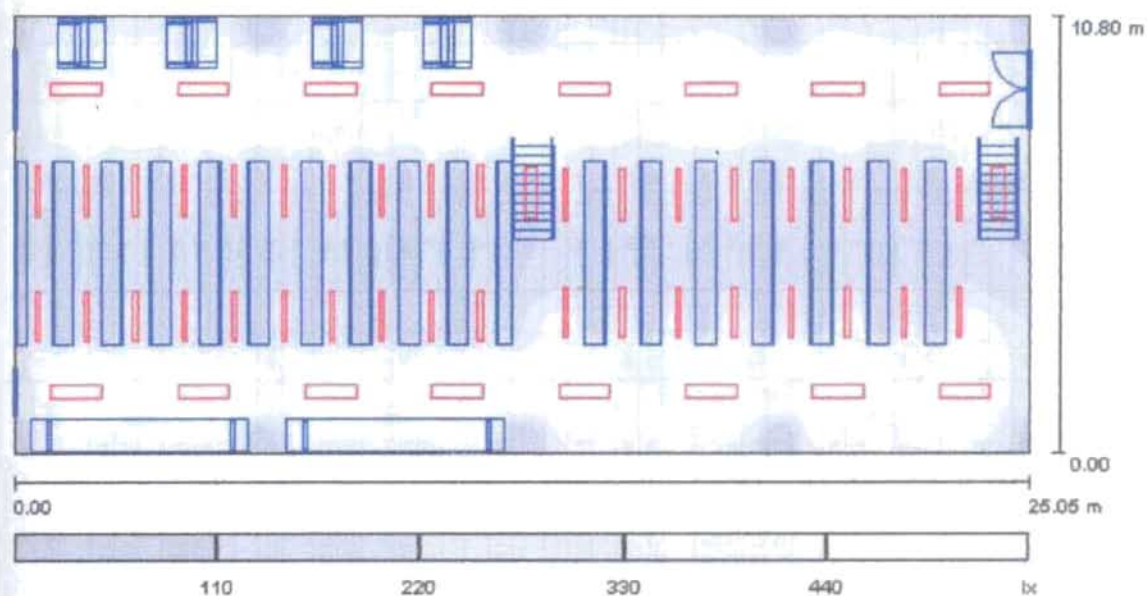


Fig. 4.8. Curvas isolux sobre el plano útil del deposito de libros con proyecto económico.

Cuadro 4.3. Evaluación de la instalación de alumbrado con Proyecto Económico

Ambiente	Superficie del local m ²	Potencia Instalada KW	W / m ²	Factor mnto Fm	Evaluación de Calidad de Instalación					
					Iluminación media Em	Emin	E _{max}	Uniformidad Emin/Em	Emin/E _{max}	Deslumbramiento UGR
Hall de Ingreso										
Hall	133.70	1.30	9.723	0.8	473	321	590	0.68	0.54	<10 - 23
Atención Consulta	78.00	0.83	10.641	0.8	480	337	611	0.70	0.55	13 - 24
Galería de Exposiciones	72.50	0.56	7.724	0.8	341	280	377	0.82	0.74	<10 - 23
SALA DE REFERENCIA										
Sala	171.00	1.92	11.228	0.8	406	240	390	0.59	0.62	<10 - 23
SALA DE LECTURA										
Sala	208.40	2.48	11.900	0.8	435	312	517	0.72	0.60	<10 - 29
Hemeroteca	51.60	0.54	10.465	0.8	324	207	401	0.64	0.52	18 - 24
DEPOSITO DE LIBROS										
Primer nivel	225.20	1.62	7.194	0.8	280	165	330	0.59	0.50	<10 - 26
Segundo nivel	145.00	3.24	22.345	0.8	200	100	275	0.50	0.36	<10
SALA DE PROFESORES										
Sala	104.15	1.46	13.999	0.8	427	290	663	0.68	0.42	<10 - 27
Librería Universitaria	42.45	0.36	8.481	0.8	200	180	250	0.90	0.72	
SSHH Alumnos	27.60	0.36	13.043	0.8						
Deposito Limpieza	7.80	0.18	23.077	0.8						
Oficina Dirección	9.80	0.09	9.184	0.8	200	150	230	0.75	0.65	
Sala de Reuniones	31.50	0.27	6.571	0.8	120	100	150	0.83	0.67	
Oficinas Administrativas	116.00	0.99	8.534	0.8	200	150	230	0.75	0.65	
SSHH de Administrativos	9.30	0.13	14.086	0.8						
	1434.00	16.33	11.387							

Comentarios del análisis luminotécnico:

- Esta propuesta cumple los estándares de iluminación media y uniformidad requeridos a costa de un deslumbramiento algo incomodo. Este problema que generalmente ocurre en la iluminación, a mejor nivel de iluminación peor deslumbramiento, o viceversa.
- El sistema de iluminación da la impresión de una iluminación exagerada y de mal gusto debido a que las luminarias empleadas son desproporcionadas y "amenazadoras" en lugar de agradables.
- Las luminarias empleadas tipo campana son de tipo industrial, se usan para iluminación general a grandes alturas (7 – 9 m) en la naves industriales o grandes almacenes debido a la poca uniformidad que proveen al iluminar. El tipo de material y su brillo interior de las campanas son inadecuados para oficinas.
- Además a pesar de que se emplean lámparas de haluro metálico para mejorar el índice de reproducción de color, a la potencia de 250W la reproducción de color disminuye para ese tipo de lámparas pero sigue siendo aceptable.
- Entonces, en resumen, con esta propuesta según el criterio luminotécnico, se logran buenos niveles a costa de un deslumbramiento algo molesto y no muy buena reproducción de color. Además el confort visual o la sensación de una atmósfera acogedora se pierde con el mal gusto en las luminarias empleadas. Sin embargo se tomo en cuenta esta propuesta porque es la de menor inversión inicial como veremos en el análisis económico-financiero.

4.2.1.2 Evaluación Económica – Financiera de la propuesta económica:

Debido a la gran cantidad de lámparas fluorescentes puede volverse apreciable el aumento de potencia reactiva haciendo disminuir el factor de potencia de nuestro sistema eléctrico, el cual es perjudicial porque ocasiona:

- Aumento de la intensidad de corriente.
- Pérdidas en los conductores y fuertes caída de tensión.
- La temperatura de los conductores aumenta y disminuye la vida de su aislamiento.
- Aumentos en sus facturas por consumo de electricidad.

Para conseguir de una forma práctica y económica mejorar y corregir la disminución del factor de potencia hasta elevarlo al exigido por la empresa eléctrica de distribución se instalaran condensadores eléctricos estáticos. Los condensadores mejoran el factor de potencia debido a que sus efectos son exactamente opuestos a los de las cargas reactivas ocasionadas por las lámparas fluorescentes, eliminando así el efecto de ellas. Es por ello que en la valorización se consideraran la adquisición de estos condensadores.

Para ver que tan ahorrativa es esta propuesta del inventario detallado se calcula el consumo de la propuesta comparándola con la existente. El ahorro conseguido por disminución de potencia y ahorro por cambio de lámpara serán los únicos ingresos que se tendrán en el análisis financiero. Obviamente se trata de recuperar la inversión inicial en el menor tiempo posible.

Los resultados son los que se verán a continuación en los siguientes cuadros:

Cuadro 4.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

INVENTARIO DE LOS EQUIPOS EXISTENTES /

Tipo de Lámpara	Consumo W	Cantidad Lámparas	Kw Total	Consumo Diario de Energía (kwh)				Días Trabajo Mensual	Costo Mensual de Energía			Costo Mensual de Potencia	
				Horas de Trabajo		Factor de Utilización			No Punta (\$/)	En Punta (\$/)	Total (\$/)	No Punta (\$/)	
				No Punta	En Punta	No Punta	En Punta						
Hall de Ingreso													
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	24	1.18	4.00	2.50	0.80	1.00	24.00	9.39	7.34	16.73	32.78	
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovale E40	398.00	10	2.98	4.00	2.50	0.80	1.00	24.00	21.41	16.72	38.13	74.99	
Sala de referencia													
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	-	-	5.00	2.00	0.90	1.00	24.00	-	-	-	-	
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovale E40	398.00	8	1.81	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	18.08	4.01	22.07	44.81	
Lámpara de Halógenos Metálicos 150W Doble Terminal	170.00	2	0.34	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	3.82	0.85	4.67	9.48	
Sala de Lectura													
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	4	0.20	2.00	2.50	0.80	1.00	24.00	0.78	1.22	2.01	5.48	
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovale E40	398.00	6	1.81	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	18.08	4.01	22.07	44.81	
Hematólogo													
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	10	0.49	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	5.50	1.22	6.72	13.88	
Lámpara de Halógenos Metálicos Ovale 250W E40	380.00	-	-	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	-	-	-	-	
Deposito de Línea													
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	108	5.29	8.00	3.00	0.90	0.80	24.00	95.10	31.70	126.80	147.48	
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovale E40	398.00	7	1.80	8.00	3.00	0.80	0.80	24.00	22.48	11.24	33.71	53.28	
Sala de Profesores													
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	14	0.68	7.00	2.50	0.90	0.80	24.00	9.98	3.42	13.42	18.12	
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovale E40	398.00	8	1.81	7.00	2.50	0.90	0.80	24.00	14.05	6.03	22.07	44.81	
Lámpara Fluorescente Compacta 11W, no integrable	11.00	-	-	7.00	1.50	0.50	0.80	24.00	-	-	-	-	
Oficinas													
Lámpara Fluorescente estándar 35W	45.00	20	0.90	7.00	2.00	0.90	0.90	24.00	7.88	4.94	11.91	25.08	
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	20	0.98	7.00	2.00	0.90	0.90	24.00	15.41	4.40	19.81	27.21	
Librería Universitaria													
Lámpara Fluorescente estándar 35W	45.00	8	0.36	6.00	2.00	0.80	1.00	24.00	2.58	1.80	4.38	10.03	
SSH													
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	14	0.68	1.00	1.00	0.80	1.00	24.00	1.37	1.71	3.08	18.12	
Lámpara Fluorescente 32W CROJAR	41.00	1	0.04	1.00	1.00	0.80	1.00	24.00	0.08	0.10	0.18	1.24	
Total de Potencia Instalada en Proyecto			28.53							344.80			572.00

Tarifa

MTSLP

Cargo por energía HFH

0.10

Cargo por pot. contratada o no (\$./Kwh)

27.87

\$./Kwh-mes

Tipo de Cambio (TC)

3.35

EVALUACION DE PROPUESTAS DE MEJORA

Tipo de Lámpara	Consumo W	Cantidad Lámparas	Kw Total	Consumo Diario de Energía (Kwh)				Días Trabajo Mensual	Costo Mensual de Energía			Costo Mensual de Potencia Total (S/.)	Ahorro en Energía (S/.)	Ahorro en Potencia (S/.)	AHORRO TOTAL (S/.)	
				Horas de Trabajo		Factor de Utilización			No Punta (S/.)	En Punta (S/.)	Total (S/.)					
				No Punta	En Punta	No Punta	En Punta									
Hall de Ingreso																
Lámpara Fluorescente estándar 30W	45.00	10	0.45	4.00	2.50	0.80	1.00	24.00	3.98	2.81	6.40	12.54	10.33	20.23	30.98	
Lámpara de Halógeno Metálico Oxido 250W E40	280.00	8	2.24	4.00	2.50	0.80	1.00	24.00	17.80	13.98	31.87	62.40	6.26	12.26	18.52	
Sala de referencia																
Lámpara Fluorescente estándar 30W	45.00	34	1.08	5.00	2.00	0.80	1.00	24.00	12.13	5.38	17.52	30.10	-17.82	-20.10	-47.82	
Lámpara de Halógeno Metálico Oxido 250W E40	280.00	3	0.84	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	8.43	2.10	11.53	23.41	20.54	21.40	31.95	
Lámpara de Halógeno Metálico 150W Doble Terminal	170.00	-	-	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	-	-	-	-	4.87	9.48	14.34	
Sala de Lectura																
Lámpara Fluorescente estándar 30W	45.00	24	1.08	2.00	2.00	0.80	1.00	24.00	4.31	8.74	11.09	30.10	-8.05	-24.84	-33.88	
Lámpara de Halógeno Metálico Oxido 250W E40	280.00	8	1.40	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	15.72	3.48	19.22	38.02	2.98	5.80	8.85	
Reanastilo																
Lámpara Fluorescente estándar 30W	45.00	12	0.54	5.00	1.00	0.80	1.00	24.00	8.07	1.35	7.41	15.05	-0.90	-1.30	-0.08	
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Oxido E40	280.00	-	-	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	-	-	-	-	-	-	-	
Deposito de Libros																
Lámpara Fluorescente estándar 30W	45.00	108	4.86	8.00	3.00	0.90	0.90	24.00	87.34	29.11	118.45	135.45	10.35	12.04	22.39	
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Oxido E40	280.00	-	-	8.00	3.00	0.80	0.80	24.00	-	-	-	-	23.71	52.28	80.00	
Sala de Profesores																
Lámpara Fluorescente estándar 30W	45.00	28	1.26	7.00	2.50	0.80	0.80	24.00	11.01	6.28	17.30	35.12	-7.88	-16.00	-23.88	
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Oxido E40	280.00	-	-	7.00	2.50	0.50	0.80	24.00	-	-	-	-	22.07	44.81	66.88	
Lámpara Fluorescente Compacta BW, no integrada	9.00	22	0.20	7.00	1.80	0.80	0.80	24.00	1.73	0.58	2.32	5.92	-3.32	-8.52	-7.54	
Oficinas																
Lámpara Fluorescente estándar 30W	45.00	20	0.90	7.00	2.00	0.50	0.90	24.00	7.86	4.04	11.91	25.06	-	-	-	
Lámpara Fluorescente estándar 30W	45.00	10	0.45	7.00	2.00	0.80	0.90	24.00	7.08	2.02	8.10	12.54	10.72	14.77	25.49	
Librería Universitaria																
Lámpara Fluorescente estándar 30W	45.00	8	0.36	8.00	2.00	0.80	1.00	24.00	3.59	1.80	5.39	10.03	-	-	-	
SSHH																
Lámpara Fluorescente estándar 30W	45.00	14	0.63	1.00	1.00	0.80	1.00	24.00	1.28	1.37	2.83	17.36	0.25	1.58	1.81	
Lámpara Fluorescente 32W CIRCULAR	41.00	1	0.04	1.00	1.00	0.80	1.00	24.00	6.08	0.10	0.18	1.14	-	-	-	
Total de Potencia Instalada con Proyecto			16.33									270.40	455.09	74.30	117.00	191.30
DISMINUCION DE POTENCIA INSTALADA			20.45%													

Nota: Los signos negativos en algunas de las propuestas de mejora significan que se al ambiente se le va a instalar más lámparas por falta de iluminación o que con un tipo nuevo de lámparas a instalar. En cualquier caso no significa que la propuesta sea negativa, el contrario se busca mejorar la iluminación.

Consumos de Energía y Potencia Projectados

Por Establecimiento	Ahorro en Consumo de Energía y Potencia dejada de consumir S/. / mes		
	Energía (S/.)	Potencia (S/.)	Ahorro Total (S/.)
BIBLIOTECA - UNIVERSIDAD DE PIURA	74.30	117.00	191.30
TOTAL	74.30	117.00	191.30

Valor promedio al mes S/.	S/. 74.30	S/. 117.00	S/. 191.30
TC S/ / US\$	\$3.35	\$3.35	\$3.35
Valor promedio al mes US\$	\$22.18	\$34.92	\$57.11
Anual US\$	\$266.17	\$419.10	\$685.26

Ahorro en Costo de mantenimiento

Renovación de stock de Lámparas Fluoresco	230.00 unidades
Costo de Mano de Obra por reposición	0.70 US\$/unidad
Total	161.00 2 veces al año

Renovación de stock de Lámparas Fluoresco	22.00 unidades
Costo de Mano de Obra por reposición	0.17 US\$/unidad
Total	3.74 Cada 2 años

Gasto del primer año de renovación	0.00 US\$
Gasto del segundo año de renovación	0.00 US\$
Gasto del tercer año de renovación	164.74 US\$

Inversión necesaria para cambio de lámparas :

	CANTIDAD	PRECIO US\$	TOTAL US\$
Lámpara Fluorescente standart 36W	230	\$1.17	\$269.10
Lámpara Fluorescente Compacta 9W, no inf	22	\$0.12	\$2.64
Costo de Mano de obra			
			\$271.74

Cuadro 4.6. Valorización de los Materiales Proyectados

BIBLIOTECA - UNIVERSIDAD DE PIURA

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	P. UNIT. (\$)	PARCIAL (\$)	SUB TOTAL (\$)	SUB TOTAL (S/.)	IGV (S/.)	TOTAL (S/.)
1	LAMPARAS							
	Lámpara Fluorescente standart 36W	230	1.17	269.10	269.10	901.49	171.28	1,072.77
	Lámpara Fluorescente Compacta 5W, no integrad	22	0.12	2.64	2.64	8.84	1.68	10.52
	Lámpara de Halogenuro Metalico Ovoides 250W E	16	25.21	403.36	403.36	1,351.26	256.74	1,607.99
	TOTAL DE INVERSION EN LAMPARAS :			\$675.10				
2	LUMINARIAS Y EQUIPOS							
	Lumin. Adosable Rectangular 2x38/40W rejilla alu	72	38.18	2,748.96	2,748.96	9,209.02	1,749.71	10,958.73
	Luminaria Braquete Dirigible Simple Lamp. Incan.	22	3.00	66.00	66.00	221.10	39.80	260.90
	Condensador 4.5 microfaradios 220V	72	1.96	141.12	141.12	472.75	85.10	557.85
	Balasto electromagnetico para fluorescente T8 36	144	2.50	360.00	360.00	1,206.00	217.08	1,423.08
	TOTAL DE INVERSION EN LUMINARIAS Y EQU			\$3,316.08				
				\$3,991.18	\$3,991.18	S/. 13,370.45	S/. 2,521	S/. 15,892
MONTO TOTAL A INVERTIR EN PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE ILUMINACION						S/. 15,891.84		

NOTA :

- * Los precios son referenciales, obtenidos de los registros del programa ELI; las lamparas, luminarias y equipos corresponden a marcas certificadas por el proyecto ELI (Philips, Osram, General Electric, Max Lite y Land lite).
- * El monto total a invertir calculado no incluye mano de obra ni accesorios de instalación.

Cuadro 4.7. EVALUACIÓN FINANCIERA

PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE ILUMINACION Y AHORRO DE ENERGIA

Cuadro Resumen de Flujo de Fondos en US\$

BIBLIOTECA - UNIVERSIDAD DE PIURA

Descripción	Periodo de Evaluación (Años)													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ingresos (I)														
Ahorro de energía	0.00	685.26	685.26	685.26	685.26	685.26	685.26	685.26	685.26	685.26	685.26	685.26	685.26	685.26
Ahorro por renovación de lámparas tradicionales	0.00	0.00	0.00	164.74	0.00	0.00	164.74	0.00	0.00	164.74	0.00	0.00	164.74	0.00
Total Ingresos	0.00	685.26	685.26	850.00	685.26	685.26	850.00	685.26	685.26	850.00	685.26	685.26	850.00	685.26
Gastos (G)														
Renovación de lámparas nuevas	0.00	0.00	0.00	0.00	269.10	0.00	403.36	0.00	269.10	0.00	0.00	0.00	672.46	0.00
Gastos financieros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total de Gastos	0.00	0.00	0.00	0.00	269.10	0.00	403.36	0.00	269.10	0.00	0.00	0.00	672.46	0.00
Margen M = I - G	0.00	685.26	685.26	850.00	416.16	685.26	446.64	685.26	416.16	850.00	685.26	685.26	177.54	685.26
Inversión														
Valor Inicial I_0	3,991.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valor Residual VR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flujo de Caja Neto $FCN = M - I_0 + VR$	-3,991.18	685.26	685.26	850.00	416.16	685.26	446.64	685.26	416.16	850.00	685.26	685.26	177.54	685.26

Tasa de Descuento	10.00%	12.00%	14.00%	TIR
VAN (13 años)	\$422.11	\$50.85	-\$257.48	12.30%

Tasa de Descuento Promedio	12.00%	PR
VAN	\$50	13 años

VAN : Valor Actual Neto

TIR : Tasa Interna de Retorno

PR : Periodo de recuperación de la inversión

Comentarios del análisis económico - financiera:

Como resultado de la visita realizada a sus instalaciones he efectuado la evaluación técnica y económica para el cambio de los equipos actuales por otros de mejor rendimiento y calidad, cuyos resultados se pueden resumir en el siguiente cuadro :

Potencia Instalada Actual	20.53 KW
Potencia Instalada Proyectada	16.33 KW
Disminución de Potencia Instalada	20.45 %
Ahorro Mensual por consumo	\$ 57.11
Inversión Necesaria Proyecto	\$ 3,991.18
Valor Presente Neto	\$ 50.35
Tasa Interna de Retorno	12.30 %
Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	13 años

Consideraciones:

- El "ahorro mensual por consumo", considera la valorización del ahorro en el consumo eléctrico debido al cambio de los equipos actualmente instalados por otros de mayor eficiencia.
- La "Inversión Necesaria por Proyecto", incluye, de ser requeridos, los costos de los equipos y luminarias asociadas al cambio de tecnología propuesta.
- El "Valor Presente Neto", "Tasa Interna de Retorno" y el "Periodo de Recuperación de la Inversión" no consideran el "valor residual" de los equipos y luminarias cuya duración excede el periodo de estudio.
- El análisis total no incluye los gastos por mano de obra ni por accesorios para instalación, como canaletas, cadenas para suspensión, entre otros.

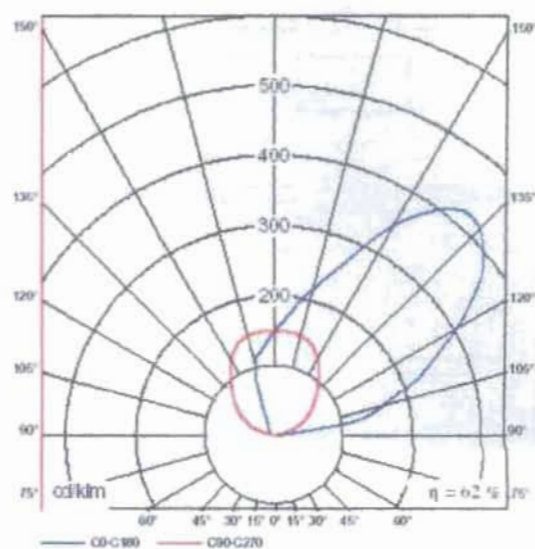
4.2.2 Propuesta Ideal :

El segundo proyecto emplea la mejor tecnología existente en cuanto a fluorescentes se refiere, estos son los fluorescentes T5 de solo 35W. Se emplean luminarias diseñadas para ser suspendidas con un simpático diseño que va muy bien con el edificio. Este proyecto emplea dos tipos de iluminación, una directa localizada directamente sobre los planos de trabajo y otra indirecta decorativa. Las luminarias empleadas en este proyecto se muestran a continuación:



a) Luminaria adosable a pared

Emisión de luz 1:

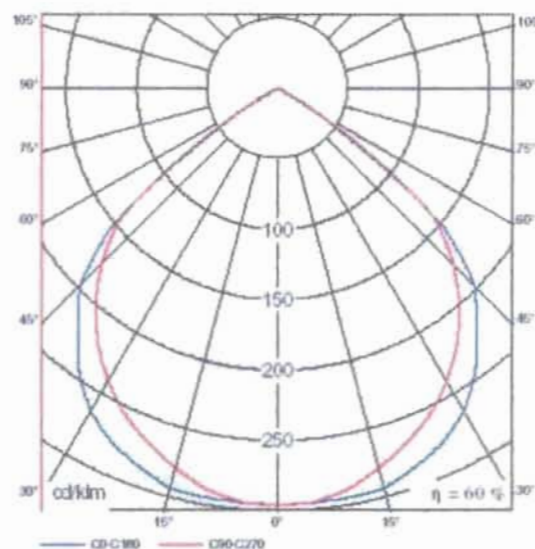


b) Curva fotométrica, CMD TD 70W



b) Luminaria suspendida

Emisión de luz 1:

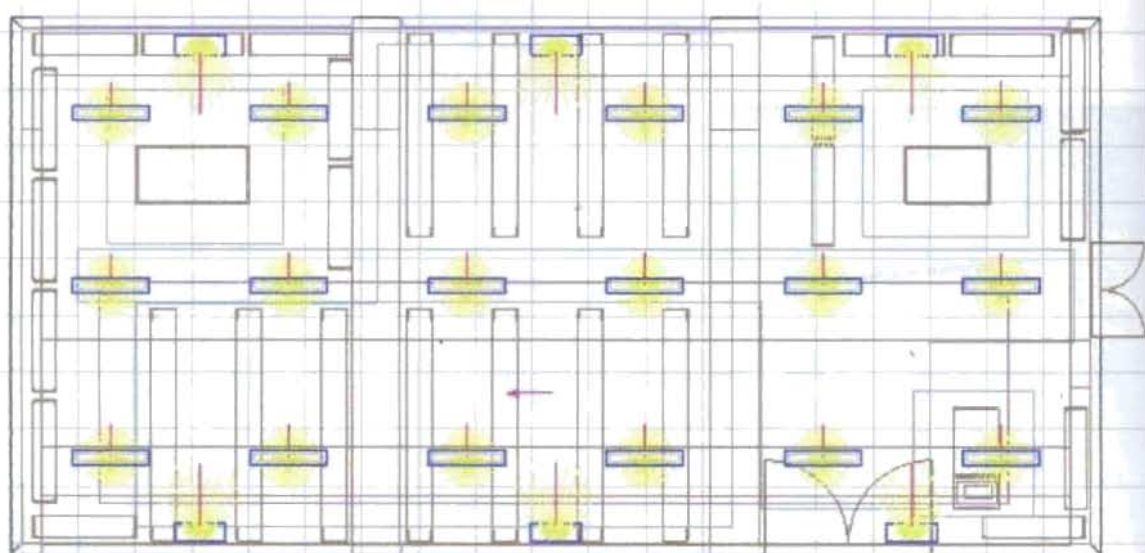


b) Curva fotométrica, 2x35W

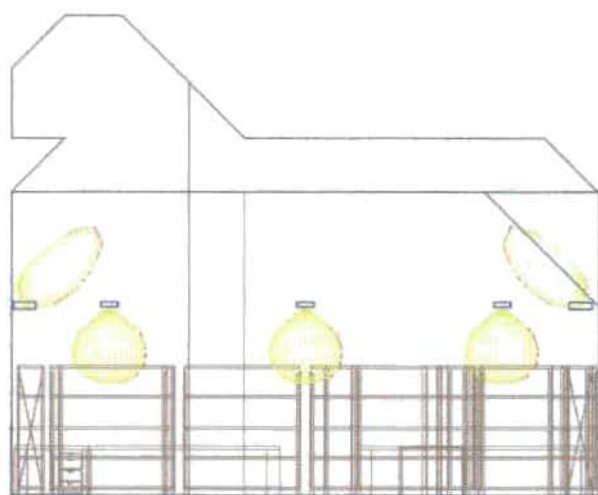
Figura 4.9. Luminarias empleadas en la propuesta ideal

La iluminación directa se hace mediante luminarias suspendidas a 3 metros del piso con lámparas fluorescente T5 de 35W, las cuales son muy ligeras, necesario para esta longitud de suspensión. El otro tipo de iluminación hará uso de bañadores de pared y techo adosados a la pared también a una altura de 3 m logrando una vista agradable al público visitante. Hay que notar que estos dos tipos de iluminación son totalmente independientes y se puede usar uno u otro o ambos a la vez si se desea, todo dependiendo de la situación o el momento.

La disposición es como se muestra:



a) Vista de Planta



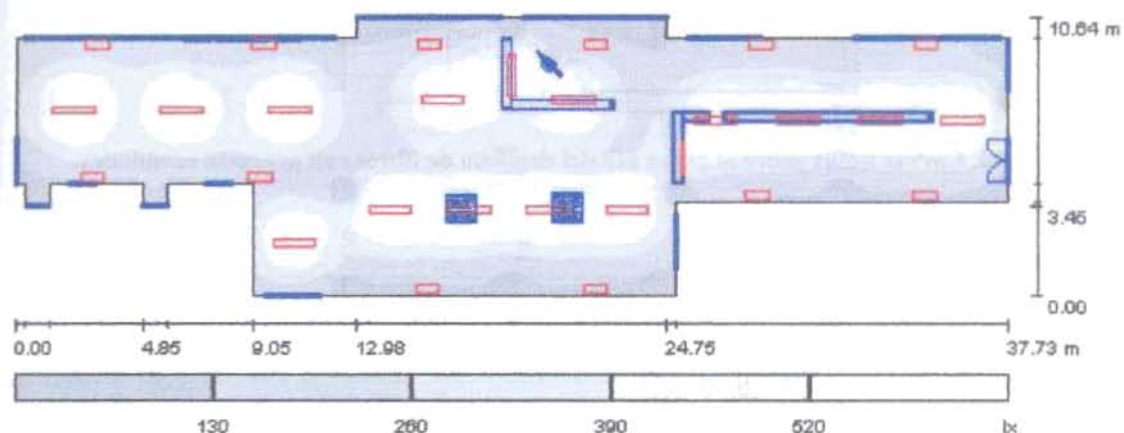
c) Vista de Perfil

Fig. 4.10. Disposición de las luminarias empleadas

4.2.2.1 Evaluación Luminotécnica de la propuesta ideal:

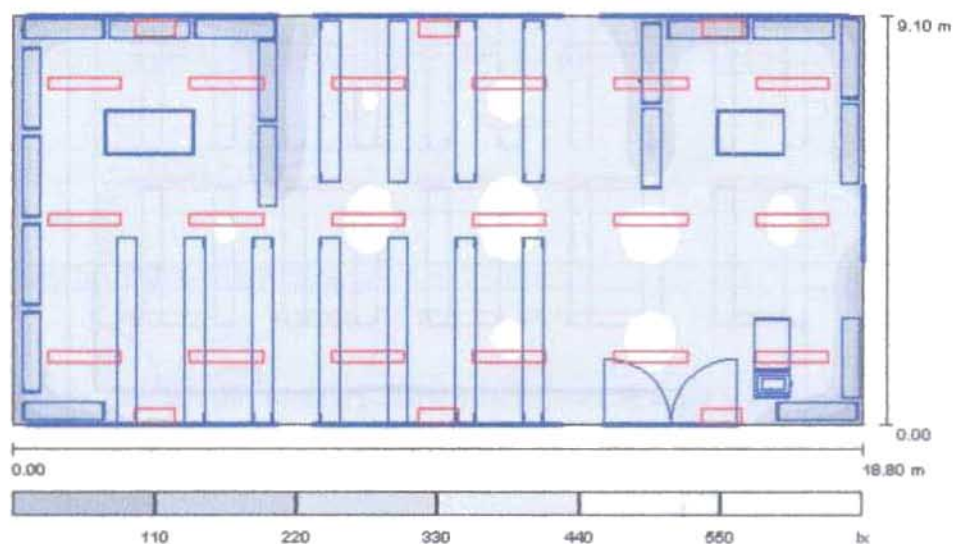
Con estos tipos de iluminación esta propuesta obtiene excelentes resultados luminotécnicos como veremos en el análisis. Se lograra un ambiente agradable en el cual los alumnos puedan concentrarse sin interrupciones y también dialogar con sus compañeros cuando sea necesario. La iluminación de esta propuesta trata de no distraer con deslumbramientos o parpadeos, no calentar el ambiente con lámparas que expiden mucho calor, se trata de crear una atmósfera adecuada y de ser funcional a la tarea de los usuarios.

A continuación, igual que en la propuesta anterior se muestra los resultados obtenidos en niveles de iluminación sobre el plano útil para cada tipo de ambiente en estudio y una cuadro resumen con los resultados luminotécnicos obtenidos. (Cuadro 4.9).



Escala 1 : 268

Fig. 4.11. Curvas isolux sobre el plano útil del deposito de libros con proyecto económico.



Escala 1 : 134

Fig. 4.12. Curvas isolux sobre el plano útil del deposito de libros con proyecto económico.

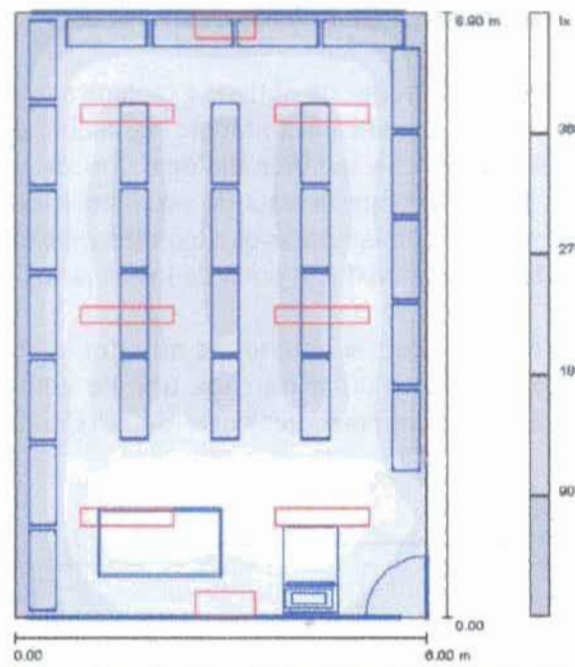


Fig. 4.13. Curvas isolux sobre el plano útil del deposito de libros con proyecto económico.

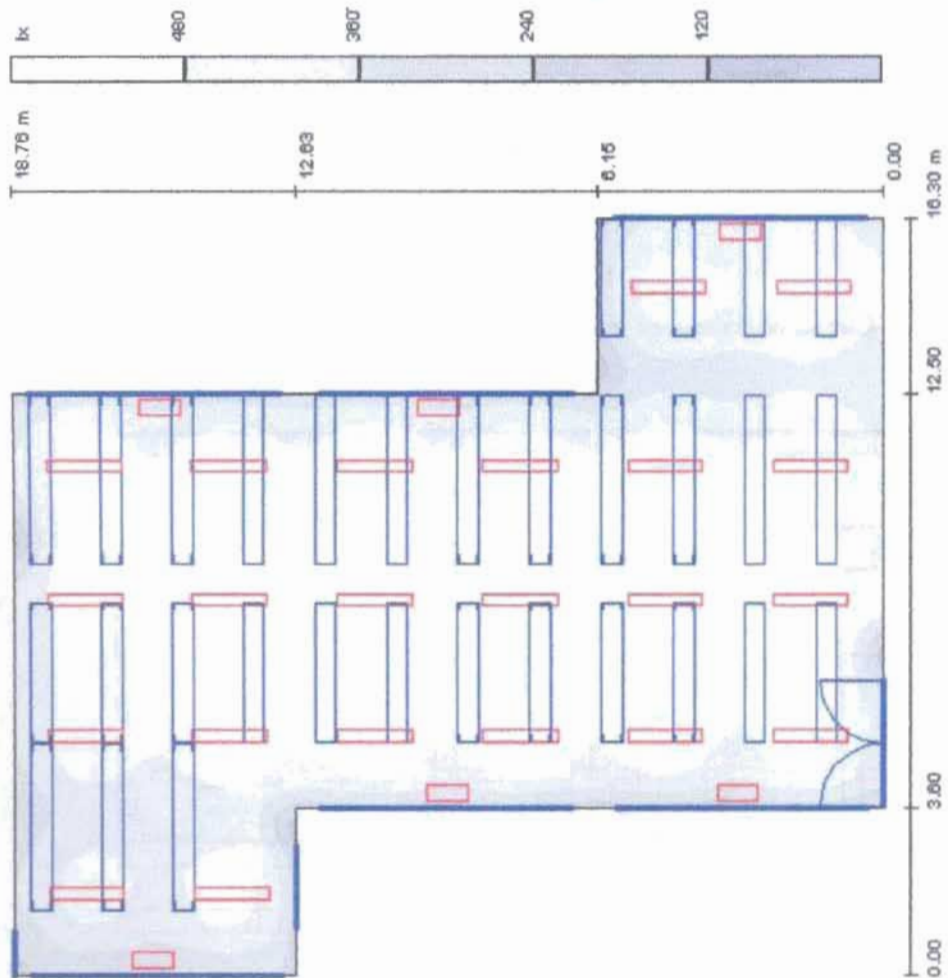


Fig. 4.14. Curvas isolux sobre el plano útil del deposito de libros con proyecto económico.

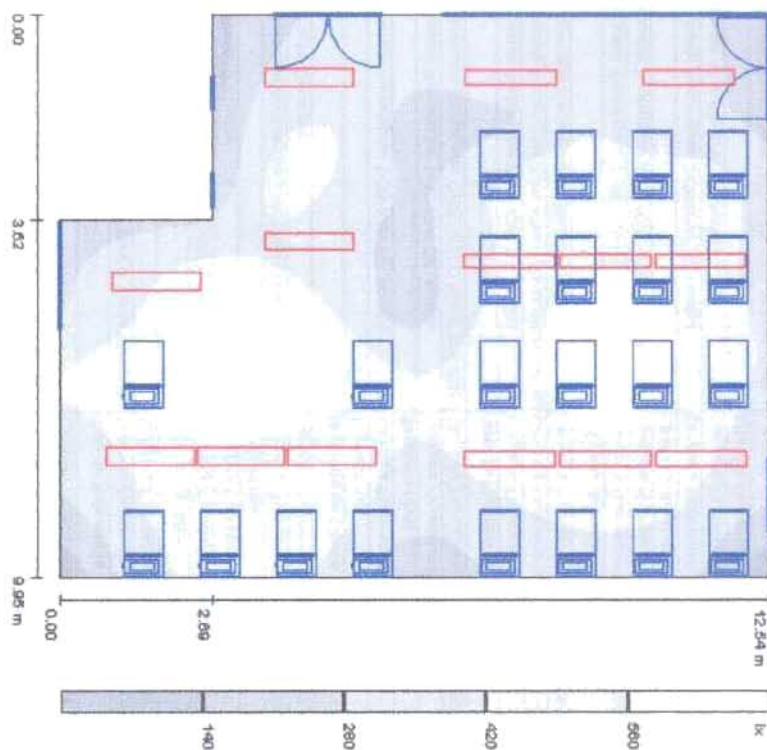


Fig. 4.15. Curvas isolux sobre el plano útil del deposito de libros con proyecto económico.

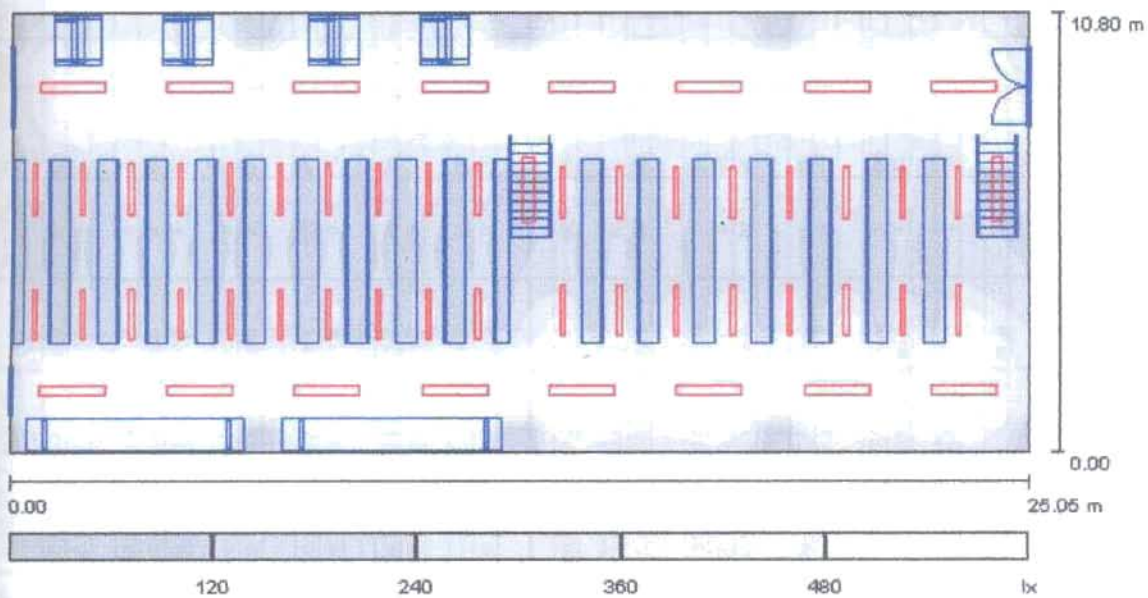


Fig. 4.16. Curvas isolux sobre el plano útil del deposito de libros con proyecto económico.

**Cuadro 4.9. Evaluación de la instalación de alumbrado
con Proyecto Ideal**

Ambiente	Superficie del local m ²	Potencia Instalada KW	W / m ²	Factor mnto Fm	Evaluación de Calidad de Instalación					Deslumbramiento UGR
					Iluminación media Em	Emin	E _{max}	Uniformidad Emin/Em	Emin/E _{max}	
Hall de Ingreso										
Hall	133.70	0.70	5.266	0.7	389	295	447	0.76	0.66	<10
Atencion Consulta	78.00	0.39	5.026	0.7	426	299	570	0.70	0.52	<10
Galeria de Exposiciones	72.50	0.31	4.331	0.7	245	198	309	0.81	0.64	<10
SALA DE REFERENCIA										
Sala	171.00	1.52	8.912	0.7	428	264	519	0.62	0.51	<10
SALA DE LECTURA										
Sala	208.40	1.84	8.810	0.7	440	287	518	0.65	0.55	<10
Hemeroteca	51.60	0.51	9.845	0.7	324	207	401	0.64	0.52	<10
DEPOSITO DE LIBROS										
Primer nivel	225.20	1.62	7.194	0.7	280	165	330	0.59	0.50	<10 - 19
Segundo nivel	145.00	3.02	20.855	0.7	200	100	275	0.50	0.36	<10
SALA DE PROFESORES										
Sala	104.15	1.13	10.831	0.7	427	290	683	0.68	0.42	<10 - 21
Librería Universitaria	42.45	0.36	8.481	0.7	200	180	250	0.90	0.72	<10
Oficina Direccion	9.80	0.08	7.959	0.7	200	150	230	0.75	0.65	<10
Sala de Reuniones	31.50	0.23	7.429	0.7	120	100	150	0.83	0.67	<10
Oficinas Administrativas	116.00	0.86	7.397	0.7	200	150	230	0.75	0.65	<10
	1434.00	13.25	9.241							

Comentarios del análisis luminotécnico de la propuesta ideal:

- Esta propuesta se logra superar muy bien los mínimos niveles requeridos para este tipo de ambientes cuidando la uniformidad sobre los planos de trabajo.
- El deslumbramiento es mínimo, esta muy bien controlado por el apantallamiento de las luminarias.
- Las luminarias son agradables a la vista y de simpática estética que no molesta al usuario , sino al contrario proporciona un ambiente acogedor.
- La reproducción de color de las lámparas fluorescentes T5 así como de las compactas reproducen un buen grado de reproducción del color, lo cual es necesario y favorable contribuyendo bien al desarrollo de las tareas propias de una biblioteca.

4.2.2.2 Evaluación Económica – Financiera de la propuesta ideal:

En esta propuesta no hay que preocuparse por el aumento de la energía reactiva pues como se mencionó anteriormente las lámparas fluorescente T5 son de última tecnología, emplean un balasto electrónico que controla muy bien la energía necesaria para la descarga sin perjudicar el factor de potencia, por tanto no habrá aumento de energía reactiva gracias a estos balastos. Por tanto tampoco es necesario incluir en la valorización de los equipos empleados condensadores para regular la disminución del factor de potencia.

El inconveniente vendría en la inversión inicial pues estos equipos son caros, aunque como se apreciará en la evaluación financiera, el periodo de recuperación de la inversión es tres años más.

Los resultados son los que se verán a continuación en los siguientes cuadros:

Cuadro 4.10. EVALUACIÓN ECONÓMICA

INVENTARIO DE LOS EQUIPOS EXISTENTES :

Tipo de Lámpara	Consumo W	Cantidad Lámparas	Fie Total	Consumo Diario de Energía (Kwh)				Días Trabajo Mensual	Costo Mensual de Energía			Costo Mensual de Potencia		Tarifa	NTSLP		
				Horas de Trabajo		Factor de Utilización			No Punta (\$/)	En Punta (\$/)	Total (\$/)	No Punta (\$/)	Total (\$/)				
				No Punta	En Punta	No Punta	En Punta										
Sala de Ingreso																	
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	24	1.18	4.00	2.50	0.80	1.00	24.00	9.30	7.34	16.73		32.78				
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovale E40	268.00	10	2.68	4.00	2.50	0.80	1.00	24.00	21.41	16.72	38.13		74.89	Cargo por energía HPP \$/ Kwh	6.10		
Sala de referencia																	
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	-	-	5.00	2.00	0.80	1.00	24.00	-	-	-		-	Cargo por pot. contratada a más \$/ Kwh-mes	27.97		
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovale E40	268.00	6	1.61	5.00	1.00	0.80	1.00	24.00	18.08	4.01	22.07		44.81	Tipo de Cambio (TC)	0.35		
Lámpara de Halógenos Metales 150W Doble Terminal	170.00	2	0.34	5.00	1.00	0.80	1.30	24.00	3.82	0.85	4.67		9.48				
Sala de Lectura																	
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	4	0.20	2.00	2.50	0.80	1.00	24.00	0.78	1.22	2.01		5.48				
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovale E40	268.00	6	1.61	5.00	1.00	0.80	1.00	24.00	18.08	4.01	22.07		44.81				
Hemeroteca																	
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	10	0.49	5.00	1.00	0.80	1.00	24.00	5.80	1.22	6.73		13.68				
Lámpara de Halógenos Metales Ovale 250W E40	268.00	-	-	5.00	1.00	0.80	1.00	24.00	-	-	-		-				
Deposito de Libros																	
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	108	5.29	6.00	3.00	0.80	0.80	24.00	85.10	31.70	126.80		147.48				
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovale E40	268.00	7	1.88	6.00	3.00	0.80	0.80	24.00	22.48	11.24	33.71		52.28				
Sala de Profesores																	
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	14	0.69	7.00	2.50	0.50	0.80	24.00	5.89	3.42	9.42		19.12				
Lámpara de Vapor de Mercurio 250W Ovale E40	268.00	6	1.61	7.00	2.50	0.50	0.80	24.00	14.05	6.03	22.07		44.81				
Oficinas																	
Lámpara Fluorescente estándar 36W	45.00	20	0.90	7.00	2.00	0.50	0.80	24.00	7.96	4.04	11.91		21.08				
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	20	0.98	7.00	2.00	0.80	0.80	24.00	15.41	4.40	19.81		21.31				
Librería Universitaria																	
Lámpara Fluorescente estándar 36W	45.00	8	0.36	6.00	3.00	0.50	1.00	24.00	3.89	1.80	5.39		10.83				
SINFI																	
Lámpara Fluorescente estándar 40W	49.00	14	0.69	1.00	1.00	0.80	1.00	24.00	1.37	1.71	3.08		11.12				
Lámpara Fluorescente 30W CIRCULAR	41.00	1	0.04	1.00	1.00	0.80	1.00	24.00	0.08	0.10	0.19		1.14				
Total de Potencia Instalada sin Proyecto			20.53									344.80	572.09				

EVALUACION DE PROPUESTAS DE MEJORA

Tipo de Lámpara	Consumo W	Cantidad Lámparas	Kw Total	Consumo Diario de Energía (Kwh)				Días Trabajo Mensual	Costo Mensual de Energía			Costo Mensual de Potencia Total (S/)	Ahorro en Energía (S/)	Ahorro en Potencia (S/)	AHORRO TOTAL					
				Horas de Trabajo		Factor de Utilización			No Punta (S/)	En Punta (S/)	Total (S/)									
				No Punta	En Punta	No Punta	En Punta													
Hall de Ingreso																				
Lámpara Fluorescente Trifásica 35W, Luz Día	39.00	30	1.17	4.00	2.00	0.80	1.00	24.00	8.35	7.30	15.65	32.81	0.09	6.17	0.25					
Lámpara Fluorescente Compacta 35W, Luz Blanca	39.00	12	0.24	4.00	2.50	0.80	1.00	24.00	1.82	1.50	3.41	6.66	34.71	66.00	102.72					
Sala de referencia																				
Lámpara Fluorescente Trifásica 35W, Luz Día	39.00	36	1.40	5.00	2.00	0.90	1.00	24.00	15.77	7.01	22.78	39.13	-32.79	-39.13	-61.91					
Lámpara Fluorescente Compacta 35W, Luz Blanca	39.00	6	0.12	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	1.35	6.30	1.85	3.34	20.43	41.47	61.90					
Lámpara de Halógenos Metálicos 150W Doble Terminal	170.00	-	-	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	-	-	-	-	4.67	6.46	14.14					
Sala de Lectura																				
Lámpara Fluorescente Trifásica 35W, Luz Día	39.00	44	1.72	3.00	2.50	0.80	1.00	24.00	6.85	10.71	17.56	47.82	-15.58	-42.36	-57.92					
Lámpara Fluorescente Compacta 35W, Luz Blanca	39.00	6	0.12	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	1.35	6.30	1.85	3.34	20.43	41.47	61.90					
Hemeroteca																				
Lámpara Fluorescente Trifásica 35W, Luz Día	39.00	12	0.47	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	5.26	1.17	6.42	13.04	0.30	0.61	0.92					
Lámpara Fluorescente Compacta 35W, Luz Blanca	39.00	2	0.04	5.00	1.00	0.90	1.00	24.00	0.46	0.10	0.56	1.11	-0.55	-1.11	-1.66					
Deposito de Libros																				
Lámpara Fluorescente estándar 35W	45.00	72	3.24	8.00	3.00	0.90	0.80	24.00	58.23	19.41	77.64	90.30	49.17	57.19	106.36					
Lámpara Fluorescente Trifásica 35W, Luz Día	39.00	36	1.40	5.00	3.00	0.80	0.80	24.00	16.82	8.41	25.23	39.13	8.48	13.15	21.54					
Sala de Profesores																				
Lámpara Fluorescente estándar 35W	45.00	8	0.27	7.00	2.50	0.50	0.80	24.00	2.36	1.36	3.71	7.52	5.71	11.29	17.30					
Lámpara Fluorescente Trifásica 35W, Luz Día	39.00	22	0.86	7.00	2.50	0.50	0.80	24.00	7.30	4.39	11.78	23.81	10.30	20.90	31.20					
Oficinas																				
Lámpara Fluorescente Trifásica 35W, Luz Día	39.00	20	0.78	7.00	2.00	0.90	0.90	24.00	8.81	3.90	10.32	21.74	1.99	3.34	4.93					
Lámpara Fluorescente Trifásica 35W, Luz Día	39.00	10	0.39	7.00	2.00	0.90	0.90	24.00	4.13	1.75	7.88	10.87	11.92	18.44	26.27					
Librería Universitaria																				
Lámpara Fluorescente estándar 35W	45.00	6	0.36	6.00	2.00	0.90	1.00	24.00	3.59	1.80	5.39	10.02	-	-	-					
SBPH																				
Lámpara Fluorescente estándar 35W	45.00	14	0.63	1.00	1.00	0.80	1.00	24.00	1.26	1.57	2.83	17.98	0.25	1.98	1.81					
Lámpara Fluorescente 52W CIRCULAR	41.00	1	0.04	1.00	1.00	0.80	1.00	24.00	0.08	0.10	0.18	1.14	-	-	-					
Total de Potencia Instalada con Proyecto			13.25													215.63	269.31	129.17	202.79	331.9

DISMINUCION DE POTENCIA INSTALADA
35.46%

Nota: Los signos negativos en algunas de las propuestas de mejora significan que se al ambiente se tuvo que instalar más lámparas por falta de iluminación o que son un tipo nuevo de lámparas a instalar. En cualquier caso no significa que se propusiera una negativa, al contrario se busca mejorar la iluminación.

Cuadro 4.11. Acumulado de Ahorros por Proyecto

Consumos de Energía y Potencia Proyectados

Por Establecimiento	Ahorro en Consumo de Energía y Potencia dejada de consumir \$/mes		
	Energía (\$/)	Potencia (\$/)	Ahorro Total (\$/)
BIBLIOTECA - UNIVERSIDAD DE PURA	129.17	202.78	331.95
TOTAL	129.17	202.78	331.95

Valor promedio al mes \$/	\$/ 129.17	\$/ 202.78	\$/ 331.95
TC \$/ / US\$	\$3.36	\$3.36	\$3.36
Valor promedio al mes US\$	\$38.56	\$60.53	\$99.09
Anual US\$	\$462.69	\$726.38	\$1,189.07

Ahorro en Costo de mantenimiento

Renovación de stock de Lámparas Fluorescentes	300.00 unidades
Costo de Mano de Obra por reposición	0.70 US\$/unidad
Total	210.00 2 veces al año

Renovación de stock de Lámparas Fluorescentes compactas	22.00 unidades
Costo de Mano de Obra por reposición	0.17 US\$/unidad
Total	3.74 Cada 2 años

Gasto del primer año de renovación	0.80 US\$
Gasto del segundo año de renovación	0.00 US\$
Gasto del tercer año de renovación	213.74 US\$

Inversión necesaria para cambio de lámparas :

	CANTIDAD	PRECIO US\$	TOTAL US\$
Lámpara Fluorescente Trifosforada 35W, Luz Día	210	\$2.00	\$420.00
Costo de Mano de obra			\$420.00

BIBLIOTECA - UNIVERSIDAD DE PIURA

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	P. UNIT. (\$)	PARCIAL (\$)	SUB TOTAL (\$)	SUB TOTAL (\$.)	IGV (\$.)	TOTAL (\$.)
1	LAMPARAS							
	Lámpara Fluorescente Trifosforada 35W, Luz Día	210	2.00	420.00	420.00	1,407.00	267.33	1,674.33
	Lámpara Fluorescente estándar 35W	82	1.17	107.64	107.64	360.59	68.51	429.11
	TOTAL DE INVERSION EN LAMPARAS :			\$527.64				
2	LUMINARIAS Y EQUIPOS							
	Lumin. Suspendida Rectangular 2x35x36W D Xtend TPS 496	87	70.00	6,090.00	6,090.00	20,401.50	3,876.29	24,277.79
	Ballasto electrónico para fluorescente T5 5W	105	4.00	420.00	420.00	1,407.00	267.33	1,674.33
	Lumin. Adosable Rectangular 2x36x40W rejilla aluminio especular	6	38.18	305.44	305.44	1,023.22	194.41	1,217.64
	Lumin. Reflector Decorativa	24	20.00	480.00	480.00	1,606.00	289.44	1,897.44
	TOTAL DE INVERSION EN LUMINARIAS Y EQUIPOS :			\$7,295.44				
				\$7,823.08	\$7,823.08	S/. 26,207.32	S/. 4,963	S/. 31,170.6

MONTO TOTAL A INVERTIR EN PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE ILUMINACION	S/. 31,170.63
--	----------------------

NOTA :

- Los precios son referenciales, obtenidos de los registros del programa ELI; las lámparas, luminarias y equipos corresponden a marcas certificadas por el proyecto ELI (Philips, Osram, General Electric, Max Lite y Land lite).
- El monto total a invertir calculado no incluye mano de obra ni accesorios de instalación.

Cuadro 4.13 EVALUACIÓN FINANCIERA

PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE ILUMINACION Y AHORRO DE ENERGIA

Cuadro Resumen de Flujo de Fondos en US\$

BIBLIOTECA - UNIVERSIDAD DE PIURA

Descripción	Periodo de Evaluación (Años)															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ingresos (I)																
Ahorro de energía	0.00	1,189.07	1,189.07	1,189.07	1,189.07	1,189.07	1,189.07	1,189.07	1,189.07	1,189.07	1,189.07	1,189.07	1,189.07	1,189.07	1,189.07	1,189.07
Ahorro por renovación de lámparas energéticas	0.00	0.00	0.00	213.74	0.00	0.00	213.74	0.00	0.00	213.74	0.00	0.00	213.74	0.00	0.00	213.74
Total Ingresos	0.00	1,189.07	1,189.07	1,402.81	1,189.07	1,189.07	1,402.81	1,189.07	1,189.07	1,402.81	1,189.07	1,189.07	1,402.81	1,189.07	1,189.07	1,402.81
Gastos (G)																
Renovación de lámparas nuevas	0.00	0.00	0.00	9.08	527.64	0.00	0.00	0.00	527.64	0.00	0.00	0.00	527.64	0.00	0.00	0.00
Gastos financieros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00
Total de Gastos	0.00	0.00	0.00	9.08	527.64	0.00	0.00	0.00	527.64	0.00	0.00	1.00	529.64	3.00	3.00	3.00
Margen M = I - G	0.00	1,189.07	1,189.07	1,402.81	661.43	1,189.07	1,402.81	1,189.07	661.43	1,402.81	1,189.07	1,188.07	873.17	1,186.07	1,186.07	1,399.81
Inversión Ia	7,823.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valor Residual VR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flujo de Caja Neto FCN = M - Ia + VR	-7,823.08	\$1,189.07	\$1,189.07	\$1,402.81	\$661.43	\$1,189.07	\$1,402.81	\$1,189.07	\$661.43	\$1,402.81	\$1,189.07	\$1,188.07	\$873.17	\$1,186.07	\$1,186.07	\$1,399.81

Tasa de Descuento	10.00%	12.00%	14.00%	TIR
VAN a los 15 años	\$934.23	\$20.42	-\$746.91	12.05%

Tasa de Descuento Promedio	12.00%	PR
VAN	\$20.42	15 años

VAN: Valor Actual Neto

TIR: Tasa Interna de Retorno

PR: Período de recuperación de la inversión

Comentarios del análisis económico - financiera:

Como resultado de la visita realizada a sus instalaciones hemos efectuado la evaluación técnica y económica para el cambio de los equipos actuales por otros de mejor rendimiento y calidad, cuyos resultados se pueden resumir en el siguiente cuadro :

Potencia Instalada Actual	20.53 KW
Potencia Instalada Proyectada	13.25 KW
Disminución de Potencia Instalada	35.45 %
Ahorro Mensual por consumo	\$ 99.09
Inversión Necesaria Proyecto	\$ 7,823.08
Valor Presente Neto	\$ 20.42
Tasa Interna de Retorno	12.05 %
Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	15 años

Consideraciones:

- El "ahorro mensual por consumo", considera la valorización del ahorro en el consumo eléctrico debido al cambio de los equipos actualmente instalados por otros de mayor eficiencia.
- La "Inversión Necesaria por Proyecto", incluye, de ser requeridos, los costos de los equipos y luminarias asociadas al cambio de tecnología propuesta.
- El "Valor Presente Neto", "Tasa Interna de Retorno" y el "Periodo de Recuperación de la Inversión" no consideran el "valor residual" de los equipos y luminarias cuya duración excede el periodo de estudio.
- El análisis total no incluye los gastos por mano de obra ni por accesorios para instalación, como canaletas, cadenas para suspensión, entre otros.

4.3. Comentarios y conclusiones generales:

A continuación se muestra un cuadro comparativo de los resultados luminotécnicos de las propuestas a su máxima potencia:

Ambiente	Proyecto Económico				Proyecto Ideal			
	W / m ²	Iluminación Media Em	Uniform. Emin/Em	Deslumb. UGR	W / m ²	Iluminación Media Em	Uniform. Emin/Em	Deslumb. UGR
Hall de Ingreso								
Hall	9.72	473	0.68	<10 - 23	5.27	580	0.70	<10
Atención Consulta	10.64	480	0.70	13 - 24	5.03	606	0.68	<10
Galería	7.72	341	0.82	<10 - 23	4.33	348	0.77	<10
Sala de Referencia								
Sala	11.23	460	0.70	<10 - 23	8.91	490	0.65	<10
Sala de Lectura								
Sala	11.90	412	0.62	<10 - 29	8.81	509	0.60	<10
Hemeroteca	10.47	324	0.64	18 - 24	9.84	324	0.64	<10
Deposito de libros								
Pasillos de trabajo	25.92	338	0.66	<10 - 24	22.46	390	0.66	<10 - 19
Pasillos entre libros	23.14	200	0.62	<10	23.14	200	0.62	<10
Sala de profesores								
Sala	14.00	427	0.68	<10 - 27	10.83	495	0.66	<10 - 19

El proyecto económico tiene buenos niveles de iluminación y uniformidad a costa de un deslumbramiento molesto. La reproducción de color con las lámparas empleadas es aceptable. Las luminarias algo exageradas.

El proyecto ideal con sus dos sistemas de iluminación directa e indirecta logra niveles mayores a los requeridos. Hay que notar que estos niveles bajarán unos 50 lux aproximadamente cuando sólo se use el sistema de iluminación directo, sin embargo esto no afectará los niveles pues siempre serán mayores a los requeridos.

Con las luminarias eficientes empleadas y las lámparas que ofrecen una reproducción de color muy buena el ambiente de trabajo será muy confortable.

El sistema de iluminación de la propuesta ideal es muy versátil y es capaz de adaptarse a cualquier cambio futuro en cuanto a los usos de los ambientes.

En resumen los resultados económico – financieros son lo siguientes:

Propuesta	Económica	Ideal
Potencia Instalada Actual	20.53 KW	20.53 KW
Potencia Instalada Proyectada	16.33 KW	13.25 KW
Disminución de Potencia Instalada	20.45 %	35.45 %
Ahorro Mensual por consumo	\$ 57.11	\$ 99.09
Inversión Necesaria Proyecto	\$ 3,991.18	\$ 7,823.08
Valor Presente Neto	\$ 50.35	\$ 20.42
Tasa Interna de Retorno	12.30 %	12.05 %
Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	13 años	15 años

La ventaja de la propuesta económica de iluminación queda opacada con el análisis financiero al demostrar que el retorno de la inversión lo hace solo dos años menos que la propuesta ideal.

El proyecto ideal tiene una disminución de la potencia instalada de 35.5% aproximadamente, esto se refleja en un ahorro mensual de casi \$ 100.00. Es casi el doble del ahorro de la propuesta económica. Ambos son proyectos a largo plazo debido a que el único ingreso posible del proyecto es el ahorro obtenido.

Además de todo lo mencionado con el proyecto de iluminación ideal, hay muchas mas ventajas ergonómicas, de diseño y confort como veremos en le capítulo siguiente, a continuación algunas de ellas:

- Se logra un agradable confort visual, logrando el agrado del visitante a la biblioteca y de los trabajadores en general. Se pueden lograr dos efectos diferentes con la iluminación directa y la indirecta, pudiéndose usar separadas.
- La propuesta ideal logra en la noche una luz confortante, relajante y sosegada, lo cual es bueno para el ritmo humano de acuerdo al ciclo circadiano de los usuarios. Se logra una atmósfera adecuada y funcional de acuerdo al requerimiento de oficina.
- La propuesta ideal mejora del Sistema de Iluminación, adicionalmente de contribuir con la modernización de los equipos y protección del medio ambiente, está orientada a disminuir sus costos de operación, al proponer el uso de lámparas eficientes de menor consumo de energía, mayor tiempo de vida e igual o mejor nivel de iluminación.

Queda demostrado que a propuesta ideal es mejor a la económica.

Capítulo 5

SELECCIÓN DE LA PROPUESTA DE ILUMINACIÓN

5.1 La Propuesta Ideal

Como se concluyó en el capítulo anterior , el sistema de iluminación de la propuesta ideal mediante sus tipos de iluminación directa e indirecta lograba obtener ambientes mas acogedores y confortables para los usuarios. Además, obviamente, de conseguir los estándares de iluminación nominal para bibliotecas lograba hacer todo esto a menor consumo de energía eléctrica. En el presente capitulo se describirá el proyecto planteado.

5.2. Características de las nuevas instalaciones

- En general se puede deducir que la forma cómo nos sentimos en una habitación depende de la suma de sensaciones e impresiones físicas y sicológicas que

tenemos cuando estamos allí o cuando pasamos tiempo en dicho lugar. Es por eso que el proyecto conjuga el diseño de los ambientes pensando en eficiencia y confort, y la luz no se trató como una disciplina separada sino como parte integral del todo en donde la solución armoniza en su conjunto brindando una solución en un plan detallado.

- Se emplearon dos tipos de iluminación, la primera es la iluminación general, se produce cuando todo el flujo de las lámparas va dirigido directamente hacia el plano de trabajo. Este sistema es el más económico de iluminación y el que ofrece mayor rendimiento luminoso. Sin embargo, el riesgo de deslumbramiento directo es muy alto y produce sombras duras poco agradables para la vista.
- El otro sistema de iluminación es la iluminación indirecta, y es cuando casi toda la luz va al techo. Es la más parecida a la luz natural pero es una solución muy cara puesto que las pérdidas por absorción son muy elevadas. Por ello es imprescindible el que se usen pinturas de colores blancos con reflectancias elevadas como se viene haciendo. La usamos más que todo para decoración y realce de la arquitectura. Hay que notar que ambos sistemas se pueden usar independientemente y según los requerimientos.
- Se logra una adecuada iluminación de los espacios de trabajo con un buen control de brillo, esto quiere decir que hay Menor deslumbramiento, con mayor Iluminancia. Además se emplean luminarias eficientes con buen control de brillo para evitar reflejos indeseables en las pantallas de visualización.
- Se aprecia un espacio agradable y estimulante: la iluminación se adiciona con la decoración y guarda armonía con la Arquitectura.
- Favorece la formación de equipos de trabajo pues el usuario es el centro de diseño. Además el personal, se reúnen, conversan, piensan y realizan actividades intercambiando información usando diversos medios.

Gracias al software Dialux se puede juzgar con exactitud los resultados del proyecto elegido, pues tiene la posibilidad de desplazarse por una escena ya planeada. Esto resulta especialmente útil en la planificación de estos ambientes con abundante mobiliario.

Además se puede obtener *imágenes foto realísticas con el Raytracing*, que es un programa anexo al Dialux el cual permite visualizar mejor los efectos de los rayos de luz desde su propio punto de vista con respecto a la reflexión, la transparencia, y la aspereza de las superficies tal como veremos en las imágenes mostradas para cada ambiente.



Figura 5.1. Hall de ingreso a la biblioteca, combinación de iluminación directa e indirecta.



Figura 5.2. Hall de ingreso a la biblioteca, iluminada directamente sobre los planos de trabajo.



Figura 5.3. Hall de ingreso a la biblioteca, iluminación por reflejo del techo.

5.2.1 Hall de Ingreso

El hall de ingreso y recepción de libros de la biblioteca son áreas de oficinas abiertas al público. Estos son lugares de contacto personal entre el alumnado o visitante y el administrativo de la biblioteca. Ya que es una parte visible de la universidad su ambiente y atmósfera juega un plan vital como indicador de su estatus, competencia, eficiencia y calidad del servicio que ofrece. También es un lugar en donde se forman las primeras impresiones, en donde la universidad podrá ser aceptada o rechazada por su público objetivo.

Es por eso que la arquitectura, el mobiliario y la sensación de la habitación son extremadamente importantes. Y uno de los elementos fundamentales del diseño interior es la iluminación. La luz, sola con la arquitectura y el mobiliario, puede ser un importante estímulo psicológico en las áreas de recepción. El impacto de la luz sola puede generar brillo, atractivo, lujo, poniendo al visitante en una actitud positiva y mente abierta frente a la empresa. También creando zonas de diferente intensidad el sistema de iluminación puede proporcionar orientación hacia lugares específicos de manera tácita, sin señales de por medio. Ver el detalle de las fotos virtuales.

Si bien cada ambiente del hall llama a su propio concepto de iluminación este puede ser dividido para efectos del planeamiento de iluminación en tres zonas:

- La zona pública con 200 - 300 luxes
- La zona de atención al público con 500 luxes
- La zona de consulta de libros con 400 luxes

Adicionalmente

- Zonas de exhibición con 500 - 1000 luxes

5.2.2 Salones de Lectura

En los salones de estudio y lectura, la aclimatación de los espacios es crucial, los participantes necesitan una habitación en donde se sientan física y mentalmente cómodos para concentrarse y poder así rendir mucho más. El espacio, el mobiliario, la decoración, la acústica, la ventilación y la luz deben ser lo correcto si la sesión de estudio tiene que dar resultados positivos. Salones de lectura y salones de entrenamiento son utilizados generalmente para diversos eventos de comunicación. Mobiliario móvil requiere un sistema de iluminación general para cualquier necesidad y con un nivel de iluminación que alcance los 500 luxes. Para el diseño de la iluminación se tuvo en cuenta los siguientes factores:

Agudeza Visual

- Cuando una persona está trabajando en un plano de trabajo, por lo menos el 75% de la información sensorial para la tarea es visual
- En un escenario de baja luz hay menos estímulos en la retina
- Se reduce el detalle fino percibido por el cerebro
- La agudeza visual de la persona (habilidad del ojo de ver pequeños contrastes o brillos) se reduce con la edad.



Figura 5.4. Sala de Referencia , combinación de iluminación directa e indirecta.

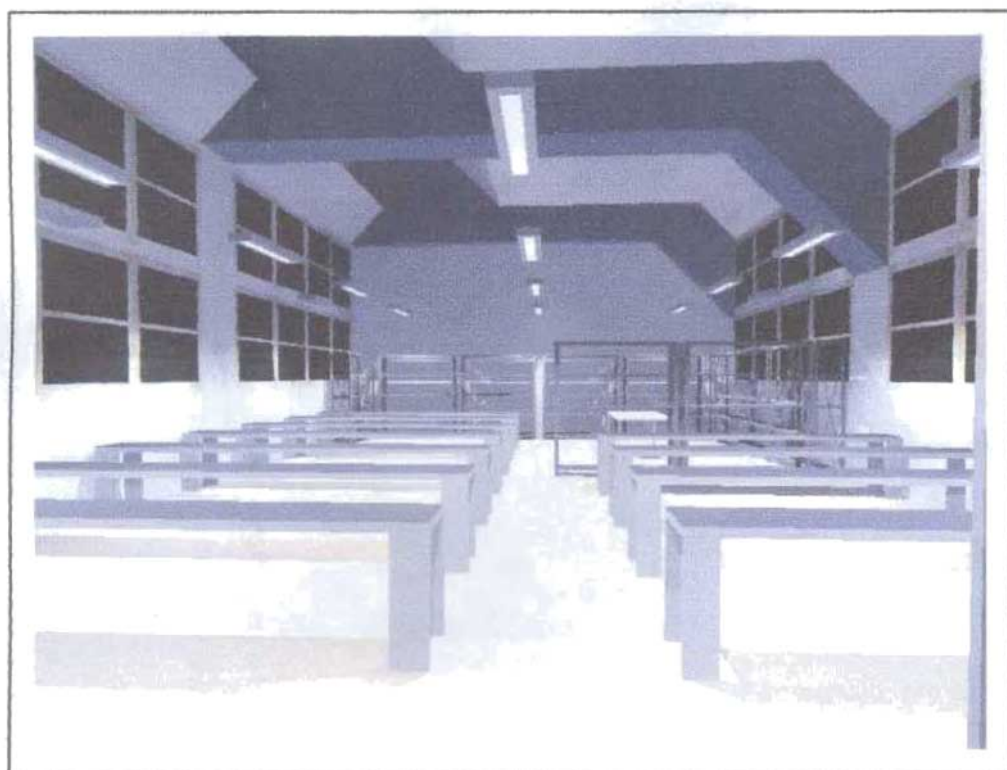


Figura 5.5. Sala de Referencia, iluminación general sobre los planos de trabajo.



Figura 5.6. Sala de Referencia, iluminación por reflejo del techo.



Figura 5.7. Sala de Lectura , combinación de iluminación directa e indirecta.



Figura 5.8. Sala de Lectura, iluminada directamente sobre los planos de trabajo.

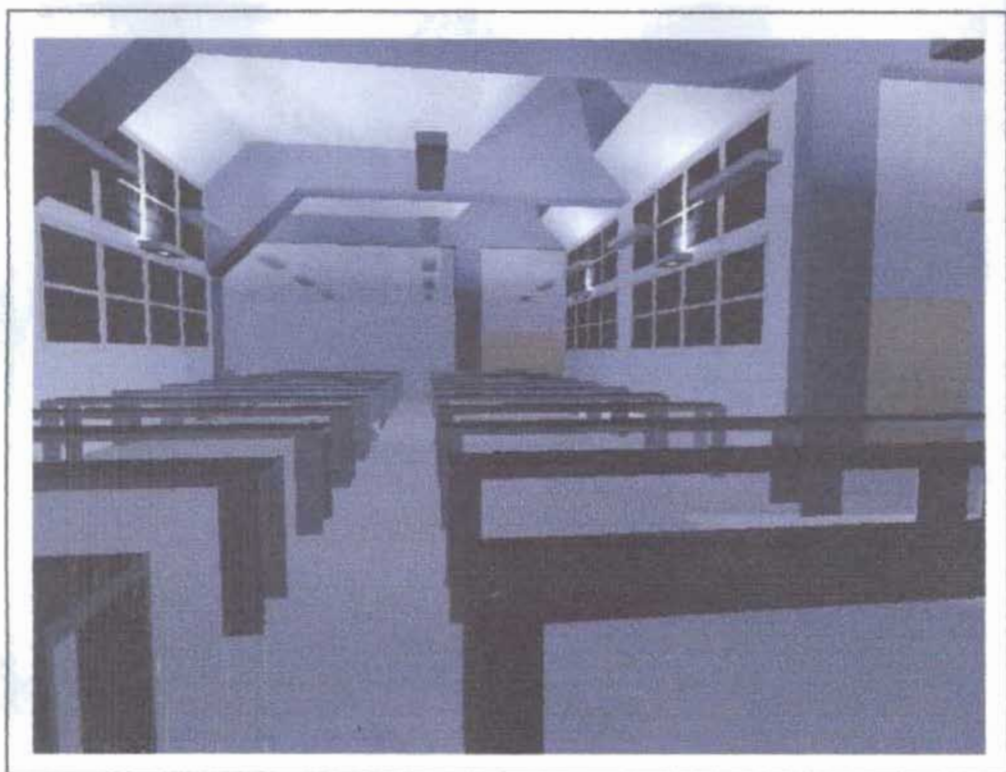


Figura 5.9. Sala de Lectura, iluminación por reflejo del techo.



Figura 5.10. Sala de Profesores, iluminación general acentuada en los planos de trabajo.

Visión y Percepción

- Los objetos son vistos a través de los ojos y la información visual de ellos es enviada al cerebro
- Si la iluminación y las proporciones de contraste son inadecuadas la percepción toma más tiempo
- Una mala visión se asocia con una percepción lenta.

Diseño Ergonómico

- Desde un enfoque ergonómico la noche no existe
- Es una representación mental específica de para cada persona asociada a un rendimiento debido de sus sentidos, su potencial visual y su fondo psicológico
- Una iluminación conveniente y una distribución de acentuaciones lumínicas ayudan a la persona principalmente en condiciones de baja iluminación
- Las sombras deben ser evitadas para no generar confusión
- El diseño debe lumínico debe propiciar el aumento de cualquier información visual para el estudiante / trabajador
- Si el alumbrado es pobre la persona puede no ser capaz de medir las distancias y otros detalles adecuadamente

5.2.3 Lugares auxiliares y complementarios

La iluminación necesaria en corredores (medida en un plano no mayor a 20 centímetros del piso) dependerá de los niveles de iluminación de las áreas adyacentes. Una zona de adaptación deberá de ser creada para evitar cambios bruscos de niveles de iluminación entre habitaciones muy brillantes y otras muy oscuras.

Las escaleras son zonas que requieren precaución y una buena luz es necesaria, en donde el nivel de modelado debe estar presente para marcar los peldaños.



Figura 5.11. Hemeroteca, sistema de iluminación general.



Figura 5.12. Deposito de Libros, detalle de la iluminación en escaleras y pasillo de libros.



Figura 5.13. Deposito de Libros, iluminación en pasillos y escaleras de ingreso.

5.3. Comentarios y conclusiones:

- El proyecto mejora del sistema de iluminación, adicionalmente de contribuir con la modernización de los equipos y protección del medio ambiente, está orientada a disminuir sus costos de operación, al proponer el uso de lámparas eficientes de menor consumo de energía, mayor tiempo de vida e igual o mejor nivel de iluminación.
- Para mantener una renovación de iluminación dentro de presupuesto, se analizó una serie de factores, tales como el consumo de energía, la vida útil de lámparas y balastos, costos de instalación y de mantenimiento. Como se dedujo este sistema de iluminación es más costoso en un inicio pero el ahorro a través de los años justificará el gasto.
- Este proyecto se logra cumplir principalmente dos demandas: la demanda del personal que utiliza las oficinas solicitando mayor confort y mejores condiciones de trabajo y la demanda de la eficiencia y racionalización.
- Al diseñar un sistema de iluminación se tuvo presente la flexibilidad; se pensó que las salas dentro de la biblioteca deben ser versátiles. El sistema de iluminación es capaz de adaptarse a los cambios futuros.
- Conociendo la importancia de una buena iluminación en el rendimiento académico se propone un sistema de iluminación adecuado para el proceso enseñanza aprendizaje y a otras actividades nocturnas propias de biblioteca con tal de contribuir.
- Este proyecto logra en la noche una luz confortante, relajante y sosegada, lo cual es bueno para el ritmo humano de acuerdo al ciclo circadiano de los usuarios. Se logra una atmósfera adecuada y funcional de acuerdo al requerimiento de oficina.
- La cooperación y planeamiento entre la ventilación y la iluminación en el techo darán como resultado un cielo raso bien planificado, siendo el orden y la estética su razón primordial.

Capítulo 6

CONTROL DE LA ILUMINACIÓN

6.1 Introducción

En los últimos años han aumentado de modo impresionante las exigencias en cuanto al alumbrado de oficinas y edificios. La moderna instalación de alumbrado debe proporcionar la debida cantidad de luz, en el lugar justo y en el momento adecuado, utilizando la mínima energía; debe poder instalarse fácil y económicamente, así como poseer un grado de flexibilidad. Todos los factores deberán garantizar el máximo de comodidad para el usuario y para el mantenimiento del edificio. Todos estas características nos brindan los módulos inteligentes de iluminación.

La iluminación inteligente de un edificio se puede realizar programando fechas, horarios, nivel de iluminación y sus controles. Asimismo se puede dimmerizar el cual permite la programación de escenas de iluminación que se ajustan a distintas necesidades para los diversos tipos de local. A continuación un resumen de los diversos sistemas de control de iluminación y sus dispositivos que se encuentran en el mercado.

6.2 Sistema Automático de Control de Iluminación

Un Sistema Automático de Control de Iluminación (SACI) es un dispositivo de control del alumbrado artificial, que tiene la finalidad de proveer alguna de las siguientes funciones:

- Encendido
- Apagado
- Atenuación (control del flujo luminoso)

Los sistemas de control automático (SACI) aparecen como una alternativa al control manual, realizado por el usuario o por el encargado (administrador) según su propio criterio; con los SACI se ejecutan las mismas tareas automáticamente, y de acuerdo a un patrón preestablecido, orientado al ahorro energético y en función de una o más de las siguientes variables:

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

Pertenece a esta categoría una amplia gama de equipos, desde simples relojes controladores de iluminación hasta módulos de control conectados, por interfaces apropiadas, a complejas centrales de administración y control de un edificio domótico. La finalidad de estos sistemas es el control de todos los subsistemas, incluidos los de iluminación, luz de emergencia, señalización de vías de escape, alarmas de seguridad, etc. Cada módulo, compuesto por una red de sensores y de dispositivos varios, realiza el monitoreo de las condiciones operativas, la detección de fallas, predicción del mantenimiento, etc., información que es luego procesada por la central de control.

En el presente capítulo nos referiremos a los SACI como módulos independientes y al ahorro energético como la más importante finalidad de los mismos y lo aplicaremos al proyecto de ahorro energético de la biblioteca.

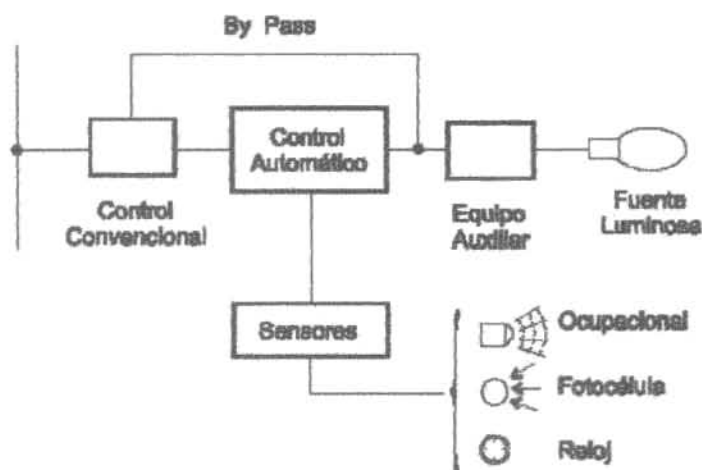


Fig. 6.1- Esquema de un sistema automático de control de una lámpara de descarga, con los diferentes tipos de sensores con los que puede operar. El bypass permite la anulación del control automático, recuperando el control manual.

La figura 6.1 muestra esquemáticamente los constituyentes de un SACI. El equipo de control actúa sobre el equipo auxiliar o directamente sobre la lámpara asociada, pudiendo *conmutar* (encender o apagar) o bien *atenuar* la potencia de las mismas. La atenuación es realizada, por lo general, con balastos electrónicos de alta frecuencia, también con componentes convencionales (balastos inductivos), aunque son menos apropiados. La acción de control se ejerce sobre una o varias luminarias, pudiendo ser:

- Con salida a interruptores (control si/no).
- Con salida a atenuadores (regulación continua).

Se describen, a continuación, cada uno de los componentes y sus aplicaciones.

6.2.1 Entradas: SENSORES

La finalidad de un sensor de un sistema de control es evaluar las condiciones de los ambientes (cantidad de luz natural, presencia o ausencia de ocupantes, etc.) para generar la señal de control. Los tipos más conocidos son:

- Sensor ocupacional
- Sensor fotoeléctrico
- Sensor de tiempo (reloj)

6.2.1.1. Sensor Ocupacional

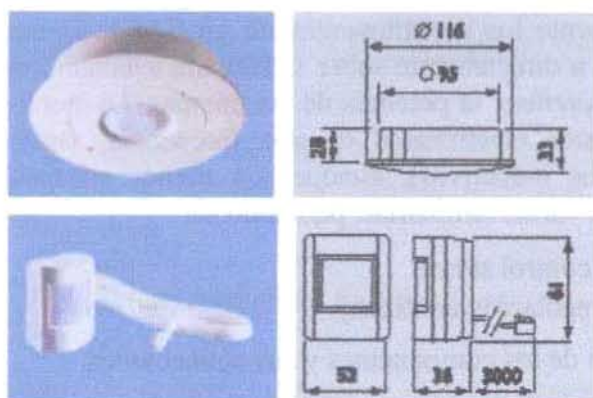
El derroche por factor ocupacional ha sido caracterizado como un importante factor en la ineficiencia en los sistemas de alumbrado. Valores típicos del desperdicio por luces encendidas, en locales desocupados de un edificio, pueden ser del 25% de la energía total disipada en iluminación (Tabla 6.1). El sensor ocupacional es un dispositivo que detecta la presencia de personas en los locales para realizar el control.

Tabla 6.1. Derroche por factor ocupacional (Dfo) producido en locales no ocupados con luces encendidas.

TIPO DE LOCAL	Dfo
Baños-Servicios	43%
Oficinas individuales	27%
Salas de Reunión	23%
Laboratorios	19%
Talleres	3%

Están basados principalmente en dos tipos de tecnología: de *infrarroja* y de *ultrasonido*. En este caso, el control es del tipo Sí/No, no siendo compatibles las salidas de atenuación.

Tecnología de infrarroja: Los sensores infrarrojos pasivos (PIR, passive infrared) consisten en opto-resistencias que se hallan colimadas por una lente de Fresnel. Detectan la ocupación del espacio por diferencias de temperatura entre los cuerpos en movimientos y el ambiente. Las lentes de Fresnel les otorgan una gran cobertura espacial. La principal ventaja es que son económicos y el área de control está perfectamente delimitada.



Detector de movimiento para control automático de sistemas de alumbrado cuenta con retardo de apagado ajustable de 0 a 45 min.

Detector de movimiento de infrarrojos pasivos para montaje en pared.

Fig. 6.2. Ejemplo de sensores de tecnología infrarroja.

Tecnología Ultrasónica: actúan por efecto Doppler producido por el movimiento de la fuente emisora. La señal ultrasónica de un emisor de cristal de cuarzo, reflejada por los objetos del local, es recibida por uno o más receptores, permitiendo la detección de movimiento por cambios en el tiempo de retorno de la señal. Debido a que el sonido se propaga en todas direcciones, se denominan también detectores volumétricos, característica que deberá considerarse cuando se realiza el diseño de una instalación con este tipo de sensores, en atención a la existencia de fuentes de perturbación que ocasionen falsos disparos.

6.2.1.2. Sensor fotoeléctrico

Un foto sensor es un dispositivo de control electrónico que permite variar el flujo luminoso de un sistema de iluminación en función de la iluminancia detectada.

El control con sensor fotoeléctrico ahorra las molestias al ocupante de considerar si la luz que está ingresando por la ventana es suficiente para la remisión total o parcial de la luz artificial; siendo casi infalible en la evaluación de la cantidad de luz, como es el caso de los sensores PIR.

Los sensores no son otra cosa que elementos fotosensibles colimados por una lente enfocada sobre el área de interés. Cuando se pretende integrar señales de un área importante del local son apropiadas las lentes de *Fresnel*, o bien lentes comunes orientadas sobre un área más reducida, ya sea un escritorio o una porción de pared. La ubicación de este punto, junto con el enfoque del sensor, parecieran ser los puntos críticos de esta técnica, que frecuentemente se ve perjudicada por falsos disparos.

Las lentes son enfocados a partes testigos del área de trabajo (Figura 6.3), generándose la señal de control, según la cantidad de iluminación que está recibiendo esa zona del local. Si esta cantidad es mayor que el valor de calibración (coincidente con el nivel de iluminancia de servicio) una proporción de la potencia de las lámparas controladas es atenuada. Las luminarias deben estar dispuestas en filas paralelas a la ventana. Primero se conmutará (o atenuará, según el tipo de control) la fila más próxima a la ventana, siguiendo con las restantes, según la cantidad de luz natural disponible en cada zona. El gradiente de esta atenuación debería ser tal que los usuarios no lleguen a percibir cambios ni diferencias de su medio ambiente visual.

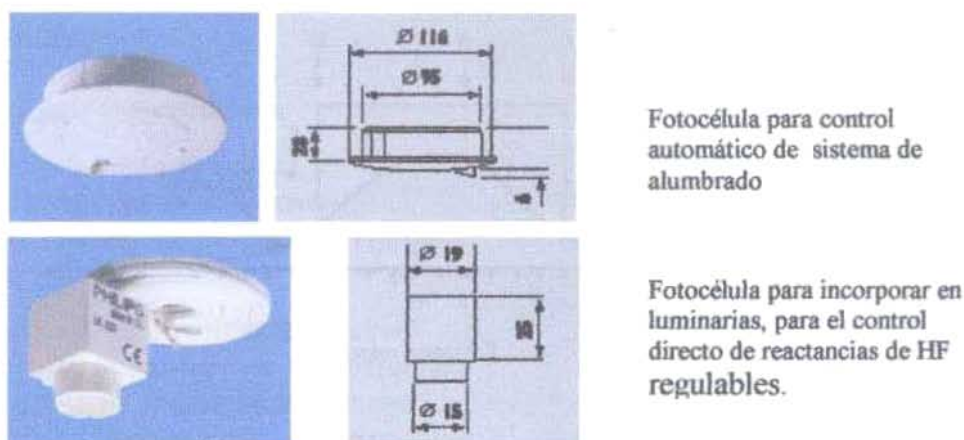


Fig. 6.3.- Sensores fotoeléctricos para área de trabajo que recibe luz natural y artificial.

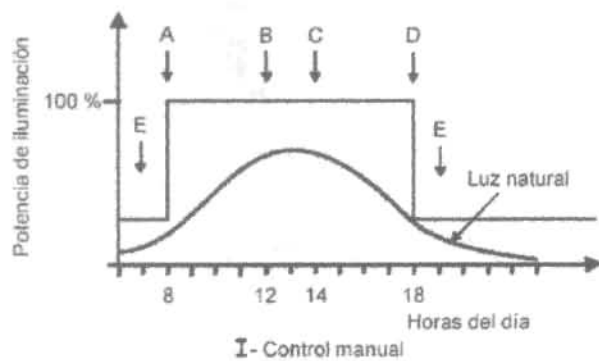
El control fotoeléctrico es recomendable sólo en locales o zonas que dispongan de una buena contribución de luz natural, como el caso de la sala de lectura, sala de referencia y el hall de ingreso.

6.2.1.3. Sensor horario

Son interruptores horarios programables que poseen más de un ciclo de apagado. En los modernos relojes de tiempo electrónico y en ciertos PLCs, puede realizarse una programación en forma diaria, semanal, mensual o anual y hasta incluir feriados. Una memoria no volátil con reserva horaria evita que un eventual corte de energía borre la programación.

Estos dispositivos están indicados preferentemente para locales con un patrón de ocupación muy regular y conocido, por ejemplo aulas escolares, naves industriales, o locales de oficinas, para la pausa del mediodía o al final de la jornada. En una oficina, cuyos horarios incluyan una pausa al mediodía, un control horario induce un ahorro adicional, al estimular un mayor uso de la luz natural debido a que al regreso de la pausa, coincidente con la hora de mayor aporte de luz natural, los ocupantes de los locales tienden a encender en menor proporción las luces. (Figuras 6.4)

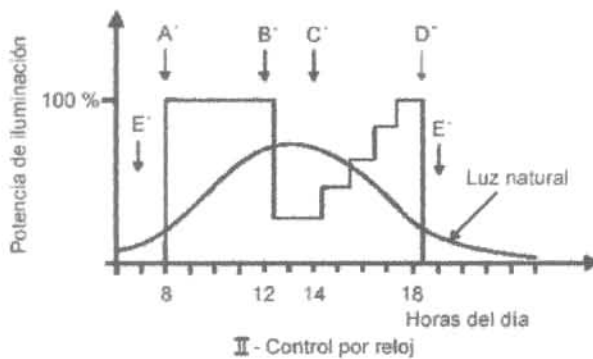
Los dispositivos con control horario no se usan, por lo general, para *encender* luces, quedando esta función como atributo de los ocupantes, que las ejecutan según sus necesidades. Resulta menos problemático y beneficioso usar el dispositivo de control para *apagar* antes que para *encender* luces. Ya que es frecuente que algunos ocupantes permanezcan en los lugares de trabajo más allá de los horarios establecidos, se recomienda incluir una señal que les advierta que las luces van a ser apagadas, en cuyo caso los usuarios optarán por retirarse o permanecer en los locales anulando el dispositivo de control.



**Fig. 6.4a.- Diagrama de carga de iluminación en una oficina típica.
Control convencional (I) :**

(I) Control convencional (usuarios)

- A- Por las mañanas al inicio de las tareas, la disposición de luz natural es mínima, los usuarios encienden todas las luces (la utilización de la iluminación es máxima-100%).
- B-C En la pausa del medio día, coincidente con la hora de máxima disposición de luz natural, los ocupantes abandonan su locales dejando las luces encendidas.
- D- Al final de las tareas, por descuido, algunas luces quedan encendidas
- E- Luces encendidas hasta la próxima jornada.



**Fig. 6.4b.- Diagrama de carga de iluminación en una oficina típica.
Control automático (II):**

(II) Control por reloj , programado para apagar las luces a las 12:00 y 18:00 hs.; con retardo ($tr=20'$) los usuarios pueden encenderlas a voluntad

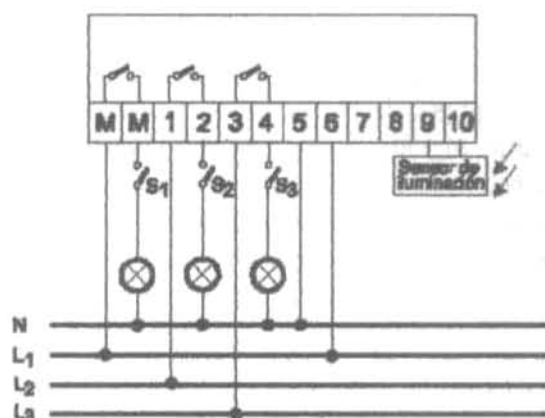
- A'- Por las mañanas al inicio de las tareas, la disposición de luz natural es mínima, los usuarios encienden todas las luces (utilización 100%)
- B'- A las 12:00 Hs pausa del medio día, el sistema apaga las luces. Sólo quedan encendidas unas pocas luces indispensables.
- C'- Al regresar a sus tareas, coincidentes con la hora de máxima luz solar, los ocupantes sólo encienden parte de la lámparas, aumentandose gradualmente según las necesidades, según declina la luz diurna.
- D'- Corte de las 18:00 Hs. Con un dispositivo de control automático,
- E'- Ninguna lámpara queda encendida una vez finalizada la tarea.

6.2.2 Salidas

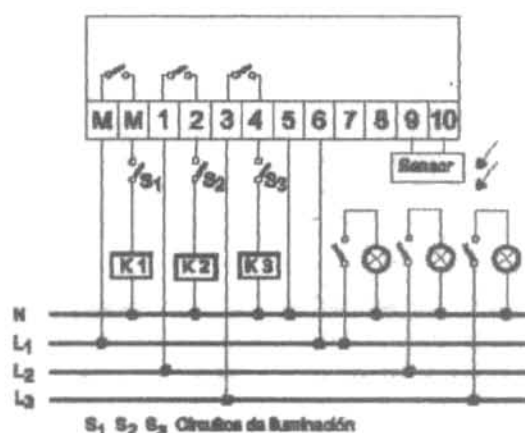
6.2.2.1 Salida a interruptores

La salida a interruptores provee un control tipo Si/No, su confiabilidad deviene en que no involucra componentes sofisticados. El control (apagar o encender) puede ejercerse sobre una o más luminarias, pudiendo emplearse tanto con sensores ocupacionales como con sensores de nivel luminoso.

Los equipos ofrecidos comercialmente soportan por lo general cargas de hasta 10 Amperes, lo que es suficiente para conmutar directamente unas 25 lámparas fluorescentes de 36 W. Como en el caso de la biblioteca se utilizaran una mayor cantidad de lámparas es recomendable y necesaria la ayuda de relés o contactores (Figura 6.5).



a) cargas menores de 10 Amperes pueden ser controladas directamente



b) para cargas mayores se utilizan contactores o relés

Fig. 6.5.- Diagrama de un SACI con salida si/no,.

Si se usan sensores fotoeléctricos, con salida si/no, el control se hace por escalones, es decir se apagan o encienden *grupos* de luminarias a la vez. Cuanto mayores sean estos escalones, más económica resultará la instalación, aunque menor será el aprovechamiento de la luz natural disponible.

Por el contrario, escalones pequeños, aunque resulten más onerosos, no sólo permiten un mejor aprovechamiento energético sino que evitan las distracciones de los usuarios ocasionadas por las variaciones perceptibles del nivel de iluminación. Para evitar esto, los escalones de control no deben ser superiores al 30 % de la potencia total instalada en luz en los locales bajo control; por esta razón, el control por atenuación del nivel de iluminancia, mediante sensores fotoeléctricos es más apropiado que el si/no.

6.2.2.1 Salida a Atenuadores

Es un sistema de control proporcional, la señal de control determina cuál es la proporción de atenuación del flujo luminoso de las lámparas, disminuyéndoles su potencia. La relación directa entre flujo luminoso y potencia, denominada eficiencia luminosa, puede modificarse con la regulación del flujo luminoso de la lámpara.

Si se realiza la regulación a un tubo fluorescente con un dispositivo que no provoque distorsiones en la forma de corriente de alimentación de la lámpara, la eficacia puede aumentar hasta en un 12%. Equipos de mala calidad no sólo empeoran la eficacia luminosa con la atenuación, sino que pueden afectar la duración de la lámpara. No todas las lámparas son aptas para la regulación de su flujo luminoso sin que experimenten algún tipo de inconvenientes. Recientes desarrollos electrónicos permiten hacer funcionar tubos fluorescentes en regímenes de baja potencia, por lo tanto, no hay limitaciones en el grado de atenuación que puede realizarse, desde el 100% a valores tan bajos como 1%, sin parpadeos.

Algunos fabricantes han desarrollado líneas especiales de lámparas con capacidad de ser atenuadas, para ser usadas con balastos de alta frecuencia preferentemente en instalaciones que posean regulación de flujo. La información necesaria para una adecuada selección puede obtenerse de los catálogos.

Merece destacarse que la regulación del flujo luminoso de lámparas posibilita el máximo aprovechamiento de las continuas variaciones de la luz natural con mínimas molestias para el usuario quien no percibe ningún cambio en la iluminación. Además, permite ahorrar la energía del exceso de iluminación que puede estar originado, por ejemplo, por sobredimensionado inicial de la instalación para lograr un buen *factor de mantenimiento*. Este sobredimensionado inicial de la instalación –del orden del 20 al 25%– se realiza para que la depreciación luminosa hasta el momento del mantenimiento no deteriore el nivel de iluminación por debajo del mínimo recomendable. Esto puede representar una economía de un 10 al 15% de la energía consumida, entre períodos de mantenimiento.

6.3. Niveles de control de la iluminación

El control de la iluminación puede producirse en tres niveles: dentro de una luminaria, de un espacio (sala) o de todo el edificio.

6.3.1 Nivel de luminaria: luminaria inteligente con sensor incorporado

Una nueva moda en sistemas de control consiste en integrar la función de control en la propia luminaria ("luminaria inteligente"). Esta funciona con independencia del resto, estando controlado su situación y su nivel por un sensor que "vigila" la oficina.

La ventaja de este método radica en que no se requieren obras de planificación e instalaciones adicionales. Ya que se consideran "luminarias normales". Pueden incorporarse en una fase muy adelantada de la construcción de un edificio, e incluso ser utilizadas en aplicaciones de remodelación/conversión.

6.3.2 Nivel de sala: localizado en la habitación, regulación flujo luminoso, On-off

En este caso, el control tiene lugar en cada una de las habitaciones un único sistema responde a los sensores o señales procedentes de interruptores o reguladores y controla toda la instalación. Es posible reducir su flujo luminoso, desconectar por completo una parte (luminarias próximas a las ventanas), o dejar encendidas determinadas luminarias como alumbrado localizado.

Este sistema, aunque requiere un mayor esfuerzo de instalación que las luminarias inteligentes, es más apropiado para edificios nuevos, en los que se puede prever su inclusión durante la construcción.

6.3.3. Nivel de edificio (autocontroladores, sensores y controles de mando conectados entre si, integrado a la gestión global)

Los sistemas de control de iluminación más sofisticada son los edificios. Constan de diversos fotocontroladores, sensores y controles manuales distribuidos por todo el edificio y conectados entre si por un cable especial: la línea (o canal o bus). El sistema acepta tanto el control local como la centralización, estando en este último caso conectadas las distintas unidades de control a través de la línea. Usan un protocolo de comunicación: LonWork de Echelon (USA, Europa y Asia), Batbus (Francia), EIB (Alemania).

La funcionalidad de estos sistemas de control de iluminación de edificios es prácticamente infinita. Pueden controlar la luz central, local, manual y automático, a través de pulsadores, mandos a distancia, relojes, calendarios y sensores diversos. No obstante, los sistemas también pueden usarse para recoger datos relevantes, tales como las horas reales de funcionamiento de las lámparas y la cantidad de energía consumida. Asimismo pueden ejecutar programas de mantenimiento preventivo y controlar funciones como la acumulación de cargas.

El sistema de control de iluminación puede integrarse igualmente en un sistema de gestión global de edificios, donde participaría en el control, por ejemplo, de personas, de persianas, calefacción, seguridad, etc.

6.4 Ajuste de los sistemas de control

Un tema crítico de estos sistemas lo constituye el ajuste post-instalación. Ninguno de ellos sale de fábrica listo para operar inmediatamente después de instalado, requiriendo el ajuste a cada local en particular. Esta tarea puede demandar varias jornadas de control y observación en prevención de cualquier funcionamiento inapropiado. Las situaciones imprevisibles derivadas de instalaciones no bien ajustadas pueden ocasionar conflictos con los ocupantes o bien el desaprovechamiento del potencial de ahorro de los locales, dos circunstancias que hay que evitar.

A continuación, se destacan los puntos que deben considerarse en el ajuste de los diferentes tipos de sensores:

- *Retardo de prevención:* La acción de control con cualquier tipo de sensor debe estar precedida por un retardo a fin de evitar alteraciones molestas en el ambiente iluminado, producidas por cambios momentáneos de la variable de control, tales como usuarios que se alejan de sus lugares de tareas para retornar inmediatamente, o variaciones de la luz natural provocados por un nublado pasajero, etc. No hay una regla sobre la magnitud de tal retardo, empero entre 5 y 10 minutos pareciera ser un tiempo suficiente para abarcar la mayoría de las situaciones que pueden considerarse como transitorias.
- *Sensores fotoeléctricos:* El ajuste o calibración del sistema de control es la tarea mediante la cual se relaciona la señal del sensor con los valores de iluminancia horizontal. Esto se realiza en cada instalación según el control sea tipo SI/NO o de atenuación. En el primer caso debe conocerse cuál es la Iluminancia horizontal de servicio (E_s), un valor establecido por las normas de diseño, según el tipo de local y la Iluminancia de conmutación (E_c), ésta es, la contribución de las luminarias controladas por el dispositivo en ajuste, obtenido por medición. La señal medida por el sensor es proporcional a la iluminancia sobre el plano de trabajo (E) y la acción de control se realizará de acuerdo a las siguientes condiciones:

si $E > E_s + E_c$ durante un lapso de tiempo $t > t_r$, entonces **apaga**

si $E < E_s + E_c$ durante un lapso de tiempo $t > t_r$, entonces **enciende**

Es decir que la acción de control no se ejecutará en forma inmediata, sino luego de que la condición se prolongue un período mayor que el tiempo de retardo, t_r , generalmente de entre 5 y 10 minutos.

- Es indispensable que el sensor integre sólo la luz que aportan las luminarias bajo control, lo cual puede lograrse mediante una apropiada *zonificación* del local (Figura 6.6). La ubicación del sensor es otro factor a tomar en cuenta para evitar falsos disparos debido a reflejos o altas luminancias. Si no se pudiese evitar la aparición de las mismas dentro del área de sensibilidad, es recomendable el apantallado o enmascarado del sensor de las probables fuentes de perturbación.

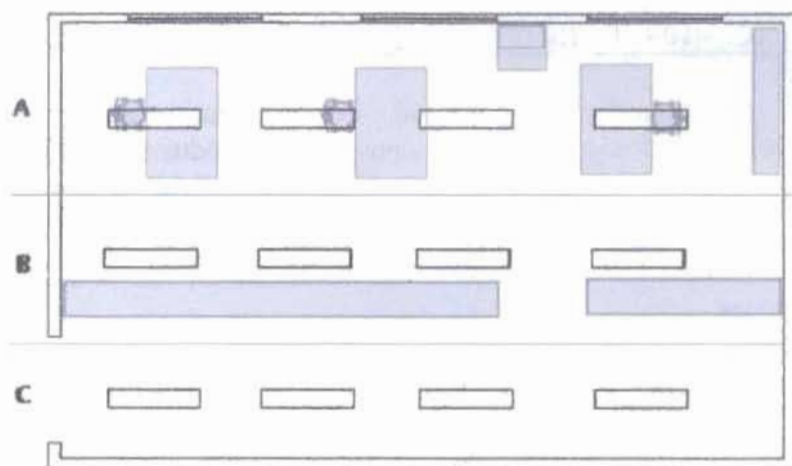


Fig. 6.6 Zonificación en una oficina multi ocupacional para la instalación de sensores fotoeléctricos con atenuación. Se diferencian 3 zonas de control A (escritorios), B (mostradores) y C (pasillos), con sus respectivas luminarias, dispuestas longitudinalmente a la línea de ventanas.

- *Sensores ocupacionales:* El área barrida por estos sensores debe limitarse a los espacios bajo control. Para evitar falsos disparos no debe hallarse expuesta a señales espurias, originadas por la presencia dentro del área sensible de objetos de alta reflectancia o que presenten rápidos cambios de temperatura, tales como calefactores, acondicionadores de aire o ventanas (Figura 6). También debe contemplarse cierto retardo de tiempo antes del apagado de luces, a fin de evitar cortes frecuentes e improductivos por ausencias breves de los usuarios.

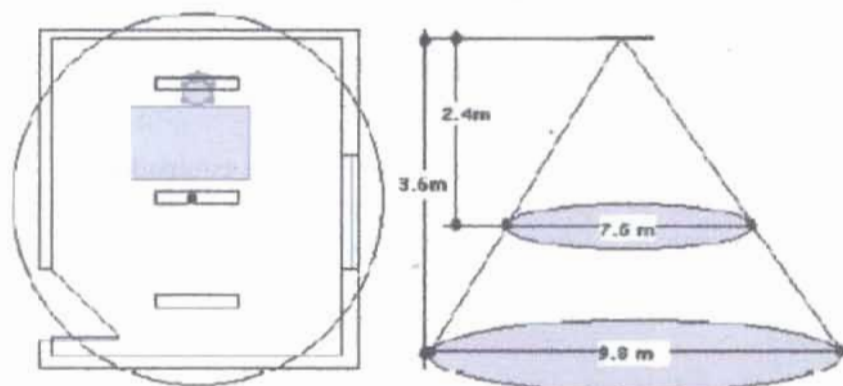


Fig. 6.7. Vista en planta del esquema de alcance de un sensor ocupacional instalado zenitalmente en una oficina individual (izquierda). El sensor cubre un área cónica, siendo el radio de acción proporcional a la altura de montaje (derecha)

- *Relojes:* Un apagado a escalones de 15 minutos de duración, por lo menos, puede servir de advertencia para que los usuarios tengan conocimiento de que las luces van a ser apagadas y que la hora de desocupar los locales se ha cumplido.

6.5 Limitaciones de la tecnología de los SACI

Como toda tecnología de innovación, corresponden mencionarse limitaciones e inconvenientes derivados de ella. Los inconvenientes, todos superables desde el punto de vista tecnológico, sobre los que se debe tomar las precauciones necesarias son:

- a) Dificultad en la predicción del ahorro que es posible lograr
 - b) Funcionamiento no deseado de las instalaciones, sea en el encendido o apagado de luces.
 - c) Dificultad de especificaciones y calidad de los equipos.
 - d) Reacción adversa de los ocupantes a este tipo de instalación.
- Según una investigación realizada en los EEUU (RPI, 1997), los detectores infrarrojos PIR han sido disparados por corrientes de aire, reflejos u otras señales espurias, provocando encendidos o apagados innecesarios de luces. También se objeta que los sensores utilizados no son de presencia, sino de movimiento, lo cual es cierto en parte: es más fácil la detección de personas en movimiento que la detección sin movimiento. Si el usuario permanece inmóvil durante cierto tiempo, el sensor puede interpretarlo como una "ausencia de ocupante" y producir un disparo falso. Por esta razón no son apropiados para locales como baños u oficinas individuales, curiosamente en donde mayor derroche por factor ocupacional se verifica (Tabla 6.1). La tecnología dual (combinación PIR y ultrasonido) es más recomendable en cualquier situación dudosa, con mucho menos posibilidades de falsos disparos.
 - Los detectores ultrasónicos pueden ser activados también con señales provenientes desde zonas fuera del área de interés, tal como corredores adyacentes o aún zonas exteriores a una puerta o ventana. Las características acústicas, de cada una de las superficies de los locales, influyen en el rendimiento y funcionamiento de estos equipos; superficies tales como alfombras y tapices disminuyen el alcance debido a que absorben la señal.
 - Las reacciones adversas, de los ocupantes de locales equipados con sistemas de control SACI, parecen ser el punto más limitante de esta tecnología. Afortunadamente la mayoría de las quejas se originan principalmente en el mal funcionamiento de estos equipos, ya sea porque incurren en apagados incorrectos o bien incluyen operaciones frecuentes y distractivas, tal como se comentó anteriormente.
 - Aunque la queja de los usuarios u ocupantes pueda hallar en los sistemas de control, la oportunidad para canalizar otras insatisfacciones, mayormente relacionadas con el medio ambiente laboral, un aspecto a considerar es la no-resignación a la pérdida de control de la iluminación, percibiendo en ello una restricción de sus atribuciones. Sólo un diseño inobjetable de la instalación puede prevenir un conflicto de esa naturaleza. Por lo demás, en caso de dudas, es aconsejable la coexistencia del control manual y el automático, en el cual el usuario conserve la facultad de encender y aún de apagar las luces a su voluntad.

6.6 Selección de estrategia de control

La selección de la estrategia de control está orientada a lograr un buen resultado del método de control. Una selección adecuada implica la elección del sensor apropiado según el tipo de ocupación y la cantidad de ocupantes. La tabla 6.2 incluye las recomendaciones del *Building Research Establishment (BRE)* de Gran Bretaña, de los sensores más apropiados según el tipo de ocupación y la cantidades de ocupantes.

Tabla 6.2. Recomendaciones respecto a los sensores más apropiados en distintas circunstancias.

Tipo de ocupación	Cantidad de ocupantes	Sensor horario	Sensor ocupacional	Sensor fotoeléctrico
Variable	Muchos	+++	+	+
Variable	Uno o dos	+	++	+
Horario Intermitente	Muchos	+++	+	+
Continua	Muchos	+++	Solo en áreas localizadas	+++
Continua	Uno o dos	+	Solo en áreas localizadas	++
Horario Intermitente	Uno o dos	---	+++	+
Eventual	Cualquiera	+++	+++	---

Notas: +++ Muy apropiado ; ++ Aceptable; + No recomendable; --- No aplicable

6.6.1 Selección de Sensor ocupacional

La Tabla 6.3 contiene la elección más adecuada para sensores ocupacionales, en función del local a controlar. La misma está basada en información de diversos fabricantes.

Tabla 6.3. Tipos de sensores ocupacionales más adecuados en función del espacio a controlar.

Tipo de local	Sensor PIR	Sensor ultrasónico	PIR + ultrasónico
Oficinas con cerramientos	+++	+	+++
Depósitos	+++	+	+++
Baños	+	+++	+++
Con techos altos	+++	+	+
Aulas	+++	+	+++
Salas de reuniones	+	+++	++
Con generadores de calor	+	++	+++
Cocinas	+	+++	+++
Pasillos confinados	+++	+++	+++
Oficinas Individuales	+	++	+++

Notas: +++ Muy apropiado; ++ Aceptable; + No recomendable

6.7 Conclusiones:

- Se recomienda disponer de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real del espacio así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones que lo hagan viable como las salas de lectura y la sala de referencia, así como el hall de ingreso debido a sus amplias dimensiones y al gran aporte de luz natural que estas ofrecen.
- Para lograr estos es necesario que las luminarias tengan instalados balastos electrónicos atenuables (dimables) para lámparas fluorescentes controladas por sensores que regularían el flujo luminoso emitido por los fluorescentes automáticamente dependiendo la cantidad de luz natural que ingrese al ambiente y el nivel programado.
- La regulación del nivel de iluminación en función de la aportación de luz natural deberá efectuarse mediante sensores y fotocélulas que medirán la contribución de luz natural y ajustarán automáticamente la luz artificial necesaria, bien por medio de sistemas todo / nada, o de regulación progresiva, con balastos electrónicos regulables en el caso de lámparas fluorescentes y reguladores especiales adaptados al comportamiento de los transformadores, en el caso de lámparas halógenas. No se usaran sensores ocupacionales (infrarrojos o ultrasónicos) debido a las desventajas que estos muestran.
- En todo caso, puede disponerse de un sistema centralizado de gestión de las instalaciones de iluminación interior que permita la maniobra y el control energético de dichas instalaciones. Asimismo, en lo concerniente a la instalación eléctrica se puede proyectar distintos circuitos que permitirán la zonificación de la instalación, con la finalidad de realizar encendidos parciales mediante interruptores manuales o temporizados.
- En lo relativo a la selectividad de la instalación de alumbrado interior, las luminarias están conectadas, según el proyecto, a varios circuitos eléctricos, separando las situadas próximas a las ventanas, para poder controlar su encendido independiente del resto de luminarias.
- El sistema automatizado en mención es el elemental pues se encuentran en el mercado sistemas de mayor amplitud, con diferentes grados de automatización, que pueden llegar a controlar algunas salas, pabellones o todo el edificio de biblioteca desde una computadora personal, con la cual se pueden programar horarios y sectores de encendido / apagado de la iluminación, los niveles de luz, entre otras funciones.
- Debido al gran aporte de luz natural existente en la región este sistema de control puede aprovechar al máximo un control sobre la iluminación aunque el costo inicial es un poco elevado para este tipo de instalaciones, de acuerdo a experiencia en edificios similares se puede lograr hasta un ahorro de 30 a 50 % en el consumo eléctrico por alumbrado con un sistema integral. Es difícil dar una cifra exacta pero se puede dejar la inquietud para un estudio futuro al respecto.

BIBLIOGRAFÍA

Assaf L. y Avellaneda de Wilde, M., 1985. "*Dispositivos electrónicos como equipos auxiliares de fuentes luminosas*".

CENDOYA M. y G. CUEVA "*Guión para proyectos de Iluminación*" 1974

DGE 017-AI-1/1982 "Norma de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos"

IEC, 1989. Normas IEC 928 e IEC 929. *Electronic ballasts for tubular fluorescent lamps. International Electrotechnical Commission.*

IRAM, 1996. Norma IRAM 2465. *Balastos electrónicos para lámparas tubulares fluorescentes.* Instituto Argentino de Normalización.

MEM Ministerio de Energía y Minas "*Proyecto para ahorro de Energía*" 2000.

MEM Ministerio de Energía y Minas "*Balance Energético Nacional Perú*" 1999 – 2000.

MEM Ministerio de Energía y Minas "*Balance Energético Nacional Perú*" 2003.

PHILIPS "Manual de Iluminación"

TANIDES Carlos, "*Introducción al Uso Eficiente de la Energía en la Iluminación*" 1998