

E S C U E L A P O L I T E C N I C A N A C I O N A L

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

DEPARTAMENTO DE POTENCIA

PROYECTO DE ILUMINACION DEMOSTRATIVA-

SALA DE LECTURA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL
TITULO DE INGENIERO ELECTRICO

MANUEL ANTONIO ZURITA CORDOVA

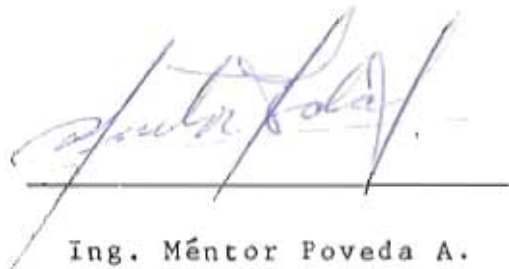
QUITO - 1980

002664



C E R T I F I C O

Que el presente trabajo ha sido
realizado en su totalidad por el
Sr. Manuel Antonio Zurita Córdova

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ing. Méntor Poveda A.', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Méntor Poveda A.
DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Méntor Poveda A.
Director de Tesis, por
su magnífica dirección
y oportunas sugerencias.

Al Sr. Pablo Poveda A.
por la excelente calidad
de su trabajo fotográfico

Y a todas las personas que de una
u otra forma colaboraron para la
realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos.

A Virginia y Olivia Córdova B.

I N D I C E

	Pág.
Introducción	9
 <u>CAPITULO 1</u>	
<u>El diseño tradicional del alumbrado interior</u>	11
1.1. Método Philips	12
1.2. Método I.E.S.	18
 <u>CAPITULO 2</u>	
<u>El diseño del alumbrado con interrelaciones estéticas y tecnológicas.</u>	26
2.1. El Sistema Unificado actual	27
2.1.1. Introducción	27
2.1.2. Transición- Relación del espacio a diseñar con otras zonas . .	29
2.1.3. Manifestaciones básicas- Espaciales, Sicológicas-Funcionales. .	30
2.1.4. Expresión Espacial	30
2.1.5. Expresión Sicológica	33
2.1.6. Expresión Funcional	35
2.1.7. Composición Espacial	35
2.1.8. Composición Sicológica	36
2.1.9. Composición Funcional	37
2.1.10. Costo	43
2.2. Ventajas y desventajas frente al diseño tradicional	45
2.3. Deslumbramiento	48
 <u>CAPITULO 3</u>	
<u>Diseños del alumbrado de la sala</u>	52
3.1. Diseño del alumbrado para lectura y conferencias	52
3.1.1. Consideraciones	52
3.1.2. Uso del Sistema Unificado	53
3.2. Diseño de la iluminación para baile y reuniones informales . .	91
3.2.1. Consideraciones	91
3.2.2. Diseño	92
3.2.3. Cálculo del factor de pérdidas	95
3.2.4. Cálculos del nivel de iluminación	98
3.2.5. Diagrama	100
3.3. Diseño de la iluminación para presentaciones artísticas . . .	102

3.3.1. Consideraciones	102
3.3.2. Iluminación de los actores	104
3.3.3. Iluminación del afea de acción	105
3.3.4. Iluminación del fondo	107
3.3.5. Diagramas	109
3.4. Equilibrio entre luz diurna y luz artificial	111
3.5. Coordinación con el diseño acústico	115
3.5.1. Acondicionamiento acústico	115

CAPITULO 4

<u>Sistemas de atenuación</u>	127
4.1. Variaciones del flujo luminoso de una fuente de luz	128
4.1.1. Lámpara de incandescencia	128
4.1.2. Lámpara de descarga	130
4.2. Reguladores de flujo luminoso	131
4.2.1. Primer sistema de regulación luminosa	131
4.2.2. Sistema de regulación con resistencia variable	132
4.2.3. Sistema de regulación con inductancia variable	133
4.2.4. Sistema de regulación con autotransformador de cursor	134
4.2.5. Sistema de regulación con tiratrones con transductor	135
4.2.6. Sistema de regulación con tiratrones de gas	138
4.2.7. Sistema de regulación con tiristores	139
4.2.7.1 Mando de los tiristores	141
4.2.7.2 Uso de los tiristores en un circuito constituido por lámpara incandescentes	142
4.2.7.3 Uso de los tiristores en un circuito constituido por lámpara de descarga	148
4.3. Campos de aplicación de los diferentes sistemas de regulación	154
4.3.1. Corriente continua	154
4.3.2. Corriente alterna	154
4.4. Comparación de los diferentes sistemas de regulación	155
4.4.1. Sistema de resistencia variable	155
4.4.2. Sistema de inductancia variable	157
4.4.3. Sistema de autotransformador de cursor	158
4.4.4. Sistema de transductores	159
4.4.5. Sistema de tiratrones de gas	161
4.4.6. Sistema de tiristores	163

CAPITULO 5

<u>Modelo demostrativo del alumbrado</u>	166
5.1. Influencia del color de la luz sobre el color de las paredes	166
5.2. Diseños tentativos para la sala de lectura	170
5.2.1. Comparación entre mesas de distinto color con lámparas Luz del Día normales	172
5.2.2. Comparación de superficies de distinto color con lámparas - Luz del Día de lujo	172
5.2.3. Influencia de la luz en superficies oscuras de las mesas	174
5.2.4. Influencia del color de la luz en superficies claras de las mesas	177

5.3.	Simulación del alumbrado para reuniones informales	180
5.4.	Simulación del alumbrado para presentaciones artísticas . . .	183
5.5.	Modelo demostrativo del alumbrado	185
5.6.	Mezcla luminosa incandescente fluorescente	189
5.6.1.	Color	189
5.6.2.	Temperatura de Color	191
5.6.3.	Colorimetría	193
5.6.4.	Mezcla incandescente-fluorescente	196
5.6.4.1	Coordenadas tricromáticas de la luz mezcla. Método gráfico. .	197
5.6.4.2	Coordenadas tricromáticas de la luz mezcla. Método analítico.	198
5.6.5.	Adecuadas e inadecuadas mezclas incandescente-fluorescente. .	204

CAPITULO 6

<u>Diseño del tablero de control</u>	208
6.1. Consideraciones	208
6.2. Diseño del tablero de mando	209
6.2.1. Control para conferencias y lectura	209
6.2.2. Control para reuniones informales	210
6.2.3. Control para presentaciones artísticas y teatrales	212
6.3. Esquema del tablero de control	213

CAPITULO 7

<u>Diseño de las instalaciones eléctricas</u>	214
7.1. Consideraciones	214
7.2. Instalaciones eléctricas para conferencias y lectura	216
7.2.1. Diagrama de las instalaciones eléctricas para conferencias y lectura	216
7.3. Instalaciones eléctricas para reuniones informales	218
7.3.1. Diagrama de las instalaciones eléctricas para reuniones informales	218
7.4. Instalaciones eléctricas para presentaciones artísticas	220
7.4.1. Diagrama de las instalaciones eléctricas para presentaciones artísticas	220
7.5. Diagrama esquemático de las instalaciones eléctricas	221

CAPITULO 8

<u>Conclusiones y recomendaciones</u>	222
Glosario	235
<u>Apéndices</u>	244
Apéndice 1 : Implantaciones de la sala de lectura	245
Apéndice 2 : Curvas de distribución espectral de algunas lámparas fluorescentes	247
Apéndice 3 : Factores de conversión	249
<u>Bibliografía</u>	250

I N T R O D U C C I O N

En nuestro país, lamentablemente, todavía no se ha desarrollado la idea de lo que es un buen sistema de iluminación interior. Se piensa que distribuyendo uniformemente el número de luminarias resultante de un proceso de cálculo sencillo, se ha cumplido con el trabajo encomendado y, peor aún, en muchas ocasiones no se hace ni siquiera esto, es decir, no hay preocupación de la calidad del alumbrado, sino que el diseño gira alrededor de un único objetivo: llegar al nivel de iluminación requerido.

No se ha hecho conciencia de que el alumbrado sirve para algo tan importante como es la visión, muchas ocasiones nuestra vista se fatiga, no por exceso de trabajo, sino por la mala iluminación.

El presente trabajo tiene como objetivos principales: dotar a la Facultad de Ingeniería Eléctrica de una sala de fines múltiples gracias a la versatilidad de adecuados sistemas de iluminación; dar a conocer en forma detallada el Sistema Unificado

para diseño de sistemas de iluminación interiores que toma en cuenta, prioritariamente, la calidad del alumbrado y aplicarlo al caso específico de la sala de lectura.

Los distintos diseños tentativos se han logrado objetivizar y estudiar en un modelo demostrativo, a escala, de la sala de lectura.

De esta manera, el presente trabajo espera haber cubierto, en algo, la carencia de investigación que existe en el país con respecto al alumbrado interior.

CAPITULO 1

EL DISEÑO TRADICIONAL DEL ALUMBRADO INTERIOR

El diseño de sistemas de alumbrado, como en otros campos de aplicación de la ingeniería, requiere el uso de técnicas matemáticas o gráficas para obtener una solución.

El diseño común del alumbrado actualmente se limita a un proceso de cálculo, que consistió en seguir una serie de pasos consecutivos, todos ellos tendientes a obtener la cantidad requerida de iluminación en el plano de trabajo. Los manuales de alumbrado hablan de calidad; pero no dicen claramente como lograrla; dan una guía para el proceso de cálculo, generalmente se trata de distribuir uniformemente el número de luminarias resultantes de este cálculo.

Si se quiere dar un nivel de iluminación promedio, con un razonable grado de uniformidad, se usará el "Método de los lúmenes". Si se quiere iluminación para una localización específica de una tarea, se podrá usar el método de "Punto por Punto", que es también muy utilizado para el diseño de alumbrado público.

En el diseño de alumbrado interior, para el proceso de cálculo, dos métodos son los más conocidos actualmente: El sistema Philips, usado en casi toda Europa y el sistema I.E.S. (Illuminating Engineering Society), usado en América del Norte. Si bien básicamente son los mismos, su diferencia radica en que el segundo de ellos, para determinar reflectancias y coeficientes de utilización, usa el método de las Cavidades Zonales, además que el factor de conservación es calculado y no estimativo, como en el sistema Philips.

1.1. METODO PHILIPS (1)

Todo diseño de alumbrado se le puede dividir en tres fases principales: a) Consideraciones previas; b) Cantidad y calidad; y c) Cálculos.

a) Consideraciones previas

- ¿Qué tipo de trabajo se va a realizar en el local?

- ¿El alumbrado servirá para: visión, ventas, circulación o decoración?

- Limitaciones arquitectónicas: Altura de montaje, altura de trabajo, disposición de los objetos.

- Limitaciones económicas.

b) Cantidad y Calidad

Para determinar la cantidad de iluminación que se necesita en un diseño, existe, de acuerdo a los locales o actividades, tablas con niveles recomendados de iluminación.

Para lograr una buena calidad en un diseño de alumbrado habrá - que tomar en cuenta: La distribución de luminancias en el campo visual (relación de luminancias); prevención de deslumbramiento; buena impresión tridimensional (modelado); aspecto cromático (frío, intermedio o cálido) y capacidad de discriminación cromática (índice de rendimiento en color: Ra) de las fuentes de luz.

c) Cálculos

Reducido a lo esencial el proyecto de alumbrado fija el número , la naturaleza y la posición de las fuentes necesarias para alumbrar un local en el cual se practica una actividad conocida.

Al emplear el método de los lúmenes, han de tomarse en cuenta - los siguientes pasos fundamentales:

c-1. Determinar el nivel de iluminación requerida.

En tablas se pueden encontrar muchas de las tareas más comunes, junto con la cantidad de iluminación que ha de proporcionarse para cada una de ellas.

c-2. Selección de la luminaria

La elección de la luminaria está más o menos impuesta por su destino: el alumbrado de un taller, una oficina, un almacén, un escaparate, etc., piden ya un cierto material. Se podrá elegir también entre luminarias directas, semidirectas, difusas, semi-indirectas o indirectas.

c-3. Determinar el índice de local (k)

El índice de local es función de sus dimensiones y se calcula por la fórmula:

$$k = \frac{l \times a}{hm \times (1 + a)}$$

donde:

l = longitud del cuarto

a = ancho del cuarto

hm = altura de montaje de las luminarias

(distancia desde la fuente de luz al plano de trabajo.)

c-4. Determinar el factor de utilización (FU)

Para cada tipo de luminaria Philips, en las Hojas de Datos Fotométricos se dan los factores de utilización en función del índice de local y de las diferentes reflectancias de techo, paredes y suelo.

c-5. Estimar el factor de mantenimiento (M)

El factor de mantenimiento es estimativo. Hay tres categorías:

- Limpio, condiciones ambientales limpias.
- Mediano, no hay demasiada suciedad en el ambiente.
- Sucio, hay mucha suciedad en el ambiente.

Los valores dependen de la depreciación de las lámparas y luminarias y vienen dados, para cada luminaria, en las Hojas de Datos Fotométricos.

c-6. Calcular el número de luminarias

Se calcula primero el flujo luminoso total necesario con la fórmula:

$$F = \frac{E \times l \times a}{FU \times M}$$

en donde:

- F = flujo luminoso total
- l = largo de la sala
- a = ancho de la sala
- FU = factor de utilización de la luminaria
- M = factor de mantenimiento estimado

El número de luminarias será igual a:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de luminarias} = \frac{\text{flujo luminoso total}}{\text{Flujo luminoso de cada luminaria}}$$

El flujo luminoso de cada luminaria se podrá saber a través de catálogos de los fabricantes de lámparas.

c-7. Calcular el espaciamiento entre luminarias

En las Hojas de Datos Fotométricos vienen también, para cada luminaria, el espaciamiento máximo al que se deben poner las luminarias. Con este espaciamiento se calcula el número de lámparas, a lo largo y a lo ancho de la sala.

c-8. Verificar la iluminación mantenida

El número de luminarias resultantes del paso 7, deberá ser mayor o igual que las del paso 6; pero en ningún caso menor, por lo que es necesario comprobar el número de lux resultantes del paso 7, de la siguiente manera:

$$F = \text{N}^{\circ} \text{ de lámparas} \times \text{Flujo luminoso por cada lámpara}$$

$$E = \frac{F \times \text{FU} \times \text{M}}{l \times a}$$

El sistema Philips, resumido, queda explicado en la figura 1.1.

FIGURA 1.1. SISTEMA PHILIPS Pasos para Cálculo de Iluminación	
A)	Consideraciones
A.1)	¿Trabajo a realizar en el local a iluminar?
A.2)	¿Para qué actividades servirá el alumbrado?
A.3)	Limitaciones Arquitectónicas
A.4)	Limitaciones Económicas
B)	Cantidad y Calidad
B.1)	La cantidad requerida se puede ver en las tablas de recomendación.
B.2)	Para la calidad, se tomará en cuenta: <ul style="list-style-type: none">- Relación de luminancias.- Prevención de deslumbramiento.- Modelado.- Aspecto y discriminación cromáticas de las fuentes de luz.
C)	Cálculos
C.1)	Determinar nivel de iluminación requerido.
C.2)	Selección de luminaria.
C.3)	Cálculo de índice de local.
C.4)	Determinar factor de utilización.
C.5)	Estimar factor de mantenimiento.
C.6)	Calcular el número de luminarias
C.7)	Espaciamiento entre luminarias.
C.8)	Verificar la iluminación mantenida.

La Illuminating Engineering Society (I.E.S.) de Estados Unidos, ha adoptado el "Método de los Lúmenes" para el diseño de alumbrado de interiores, donde se requiera proveer un nivel de iluminación promedio, con un grado razonable de uniformidad. Para determinar el coeficiente de utilización y las reflectancias de techo y piso, utiliza el Método de las Cavidades Zonas. El procedimiento general consiste en los siguientes pasos:

1- Tarea Visual

Es importante un completo conocimiento y entendimiento de los requerimientos visuales, para proveer la iluminación apropiada.

2- Calidad Requerida

Es necesario cumplir con los requerimientos visuales, tales como: relaciones de luminancia recomendables, luminancia de las luminarias, criterio de confort de luminaria, reflexiones por velo y requerimientos físicos tales como : los porcentajes permisibles de lámparas quemadas y los ciclos de limpieza normales.

3- Cantidad de Iluminación Requerida

Ver tablas de recomendaciones.

4- Atmósfera

Un local puede considerarse dentro de cualquiera de los siguientes cinco ambientes: muy limpio, limpio, medio, sucio o muy sucio.

5- Descripción del Area y su Uso

Dimensiones del cuarto, reflectancias, localización del trabajo - planos de trabajo, horas usuales de uso del sistema, horas de operación por día.

6- Selección de Luminaria

Depende de los requerimientos y condiciones en los pasos 2 al 5.

7- Factor Total de Pérdidas

El factor total de pérdidas de luz es, simplemente, el resultado de multiplicar todos los factores que contribuyen a estas pérdidas:

$$FP = 7a \times 7b \times 7c \times 7d \times 7e \times 7f \times 7g \times 7h$$

y que están descritos a continuación:

7a- Temperatura ambiente de la luminaria:

Variaciones en temperatura arriba o abajo de las normalmente encontradas en interiores, tienen pequeños efectos sobre el rendimiento de luz.

7b- Voltaje en la luminaria:

Voltaje alto o bajo del nominal en la luminaria, afectará el rendimiento de los lúmenes de salida.

7c- Factor de balasto:

Se deberá consultar al fabricante para los factores necesarios.

7d- Depreciación de la superficie de la luminaria:

Resulta de cambios en los materiales usados para las luminarias, debido a la atmósfera y al paso del tiempo.

7e- Depreciación por suciedad de la superficie del cuarto:

La acumulación de suciedad sobre la superficie del cuarto, reduce la cantidad de flujo luminoso reflejado e interreflejado al plano de trabajo.

7f- Cambio de lámparas quemadas:

El reemplazo de lámparas quemadas variará en cantidad, dependiendo de la bondad de las lámparas y el programa usado de reemplazo.

7g- Depreciación delúmenes de las lámparas:

7g- Depreciación de lúmenes de las lámparas:

Esta información es disponible de tablas de fabricantes y gráficos para depreciación de lúmenes y mortalidad de lámparas.

7h- Depreciación por suciedad de la luminaria:

La acumulación de suciedad en las luminarias da por resultado, - pérdidas en la producción de luz y, por tanto, pérdidas en el plano de trabajo. Las luminarias se clasifican en seis categorías de mantenimiento.

8- Iluminación Promedio

Durante los pasos del procedimiento, se ha establecido la tarea visual junto con sus requerimientos de cantidad y calidad. Se ha calculado un valor que representa las pérdidas de luz (FP). Se calcula entonces la iluminación Promedio de la siguiente manera:

8a- Determinar la relación de cavidad del cuarto (RCR)

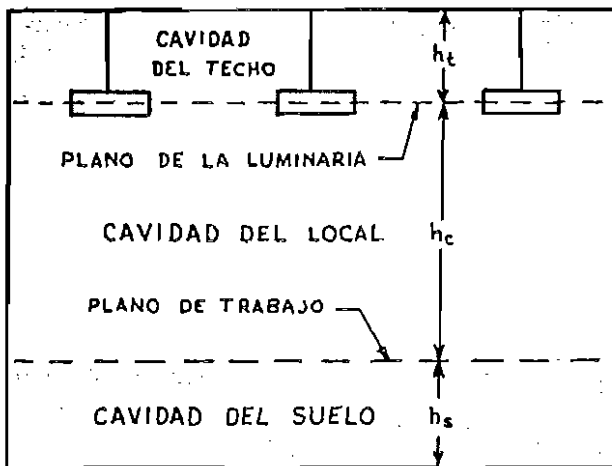
$$RCR = \frac{5 hc \times (1 + a)}{l \times a}$$

en donde:

- hc, altura entre la luminaria y el plano de trabajo.
- l; largo del cuarto.
- a, ancho del cuarto.

8b- Estimar la reflectancia del techo entre los siguientes valores: 10, 30, 50, 70, 80 % .

8c- Estimar la reflectancia de las paredes entre los siguientes valores: 10, 30, 50 % ; o ver en la tabla de reflectancias, en donde a cada color le corresponde un valor reflectancia. Se pueden también calcular las reflectancias de techo y piso, con sus cavidades y a través de tablas.



Relación de cavidad del techo:

$$CCR = \frac{5 h_t (1 + a)}{1 \times a}$$

Relación de cavidad del piso:

$$FCR = \frac{5 h_p (1 + a)}{1 \times a}$$

FIGURA 1.2

Las tres cavidades usadas en el Método de las Cavidades

Zonales

8d- Obtener el coeficiente de utilización (CU), de la tabla correspondiente.

8e- Calcular el número de luminarias:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de luminarias} = \frac{E \times l \times a}{\text{Lúmenes por Luminaria} \times \text{CU} \times \text{FP}}$$

en donde:

- E = nivel de iluminación (lux)
- l = largo del cuarto (metros)
- a = ancho del cuarto (metros)
- CU = coeficiente de utilización
- FP = factor total de pérdidas

8f- Se deberá chequear que las luminarias estén separadas de acuerdo a su espaciamiento máximo.

9- Disposición

En la elaboración de la disposición de las luminarias, tienen que ser considerados: la tarea, requerimientos de calidad, el área, el tipo y distribución de la luminaria, los requerimientos para uniformidad y apariencia.

10- Revisión Conforme los Objetivos

Se debe revisar la solución al problema dado, determinar si se cumplen los objetivos de cantidad y calidad de iluminación y determinar si

es o no un sistema económico.

El sistema I.E.S. está resumido en la Figura 1.3.

FIGURA 1.3. SISTEMA I.E.S.	
PASOS PARA CALCULOS DE ILUMINACION	
A) Objetivos y Especificaciones	C) Factores de Pérdidas de Luz Recobrables
1- Tarea Visual 2- Calidad Requerida 3- Cantidad Requerida 4- Atmósfera 5- Descripción del Area y Uso 6- Selección de Luminaria	7e- Depreciación por suciedad del cuarto 7f- Lámparas quemadas 7g- Depreciación de lúmenes de la Lámpara 7h- Depreciación por suciedad de la luminaria
B) Factores de Pérdidas de Luz no Recobrables	D) Cálculos
7a- Temperatura ambiente 7b- Voltaje en la luminaria 7c- Factor de balasto 7d- Depreciación de superficie de la luminaria	7) Factor total de pérdidas de luz 8) Cálculo de número de luminarias 9) Disposición 10) Revisión conforme los objetivos

REFERENCIAS

- (1) - PHILIPS, "Manual de Alumbrado", Segunda Edición.
Editorial Paraninfo, Madrid, 1979, Capítulo 5 .
- POVEDA, Mentor, "Apuntes de Instalaciones Eléctricas".
Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería -
Eléctrica, Quito, 1977.
- (2) - ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY. "IES Lighting Hand-
book". Quinta Edición. Publicado por la Sociedad de
Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, Capítulo 9.
- COMMITTEE ON LIGHTING EDUCATION OF THE ILLUMINATING EN-
GINEERING SOCIETY. "IES Lighting Fundamentals Course"
Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1960,
Lección 6.



CAPITULO 2

EL DISEÑO DEL ALUMBRADO CON INTERRELACIONES

ESTETICAS Y TECNOLOGICAS

Hasta hoy los diseños de sistemas de alumbrado se han basado, fundamentalmente, en la tarea visual y tratan de cantidades físicas, tales como lúmenes, luxes, lámparas y armaduras; es decir, se preocupan del aspecto objetivo del diseño, olvidándose de la reacción subjetiva de la gente, lo que incluso podría ser más importante que las cantidades físicas.

De esta manera, se han establecido algunas de las condiciones limitadoras del campo visual y se han desarrollado métodos para evitar características indeseables del ambiente. Pero, se ha escrito poco sobre su diseño, que hable de reacciones subjetivas al espacio y su integración con los requerimientos funcionales de la iluminación.

A continuación se presenta un resumen de tres aproximaciones, con respecto al diseño: espacial, psicológica y funcional. Las tres se influyen mutuamente y dan lugar a una conclusión. Luego se evalúa ésta, para deter-

minar una solución que satisfaga los objetivos deseados del alumbrado; es decir, se trata de llegar a una solución verdaderamente satisfactoria.

Y por cuanto el término "deslumbramiento", usado constantemente en capítulos posteriores, no tiene una definición claramente comprensible, en la segunda parte del presente capítulo se da una pequeña explicación sobre este estado de la visión.

2.1. EL SISTEMA UNIFICADO ACTUAL (1)

2.1.1. Introducción

El propósito del presente capítulo es delinear un esquema para unir los parámetros del diseño ambiental, en un flujo organizado del problema a la solución.

Cada fase involucra datos de diseño. Algunos de ellos se conocen con exactitud; con respecto a otros, se dispone de datos tentativos y, en algunas fases, los datos de diseño faltan completamente.

Traducido en palabras, el flujo de proceso de diseño presentado en este capítulo, se representa por las cinco fases representadas en la figura 2.1.

Sin embargo esta representación no proporciona una idea clara de los caminos del diseño y sus interrelaciones. Una representación más clara la presenta el diagrama esquemático de la Fig. 2.2.

Transición	Manifestaciones básicas	Definición de objetivos	Diseño	Evaluación
relación del espacio a diseñar a otras zonas	de composición/espaciales psicológicas funcionales	zona focal zonas secundarias carácter funcional circulación descanso	color del recinto tipo y color de la lámpara selección de luminarias cálculos L E ESI VCP disposición	costo costo relaciones basadas en el costo integración — térmica — acústica

Figura 2.1.

Fases constitutivas del diseño en el sistema unificado.

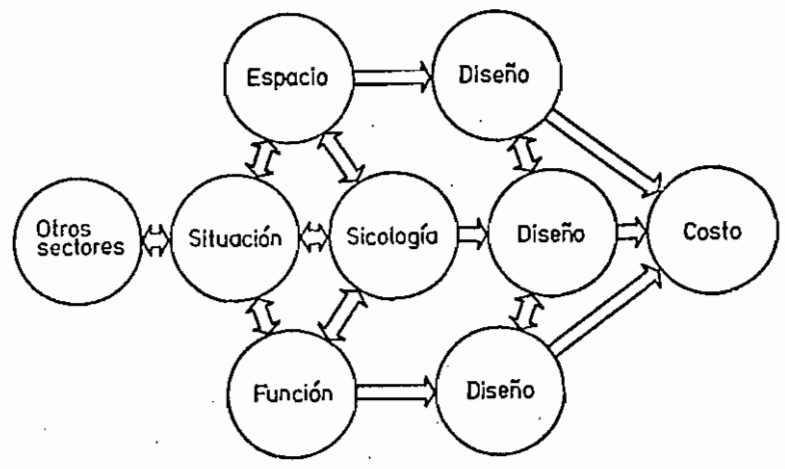


Figura 2.2.

Red de procedimiento del diseño

2.1.2. Transición.- Relación del espacio a diseñar con otras zonas.

El punto de partida es la situación para la cual el proyectista ha de hallar una solución. Puede verse que hay tres caminos de diseño : uno que se refiere al espacio, uno a la psicología que acarrea y otro, a las funciones. Cada uno influye en los demás, llegándose a una fase de diseño que se une en una conclusión. Esto se evalúa en términos de conformidad con los objetivos originales.

Cada situación debe considerarse en relación con las demás áreas, de la forma ilustrada abajo. Pueden ser adyacentes, con la transición realizada por una persona que se mueve de una área a otra; o pueden verse otras áreas, en relación con área que se está diseñando. Véase la figura 2.2. para la posición de esta figura en la totalidad de la red.

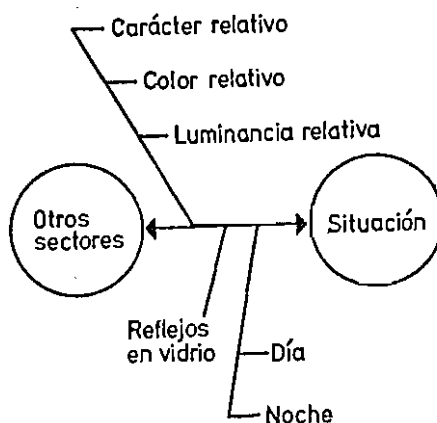


Figura 2.3.
Aspectos de transición del diseño
de alumbrado.

2.1.3. Manifestaciones básicas.- Espaciales - Sicológicas - Funcionales.

En tres trayectorias básicas pueden encuadrar todos los parámetros de diseño para un espacio (Figura 2.4.). En estas tres trayectorias: expresiones espacial, sicológica y funcional (figura 2.5., 2.6. y 2.7.); se definen todos los objetivos que se quieren lograr en la fase del diseño. (Figura 2.8., 2.9., 2.10. y 2.11.).

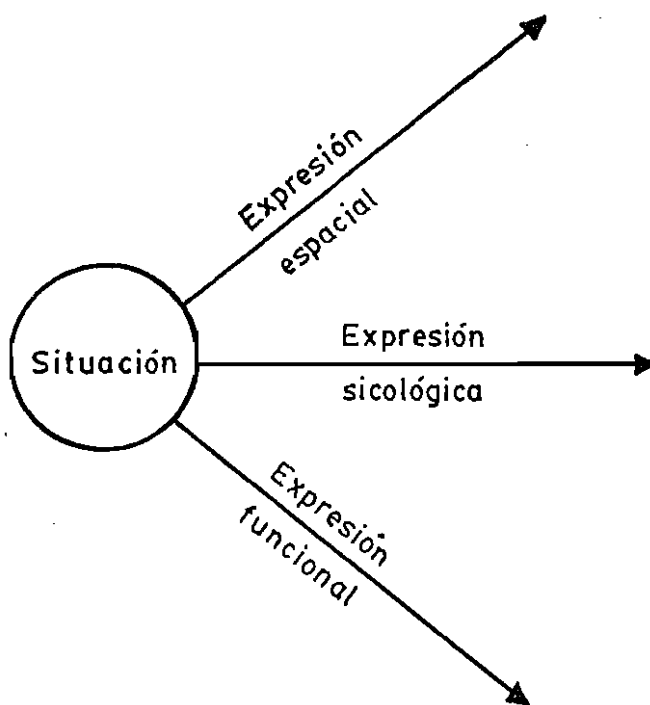


Figura 2.4.

Las tres manifestaciones básicas en el diseño de alumbrado.

2.1.4. Expresión Espacial

Al camino de diseño, concerniente al espacio, se refiere la expli

cación compositiva de la figura 2.5., que puede consolidarse en dos subtrayectorias que se refieren al área focal y a las zonas de énfasis secundarias. (Ver figura 2.2.).

Un aspecto de la situación de diseño es la composición tridimensional constituida por el espacio en que la persona se visualiza a sí misma. Siguiendo la línea de explicación, el punto de partida en el diseño es el área focal. Area focal es el lugar donde se concentra la atención del diseño del alumbrado. Es el sitio (s) para el que deben darse adecuadas soluciones de cantidad y calidad. Es conveniente responder si el sistema de alumbrado identifica adecuadamente, centros de atención primaria y secundaria. Se pueden dar como ejemplos: una exhibición, una pintura, un cuadro, una pared a destacar, la superficie de un escritorio en una oficina, etc.

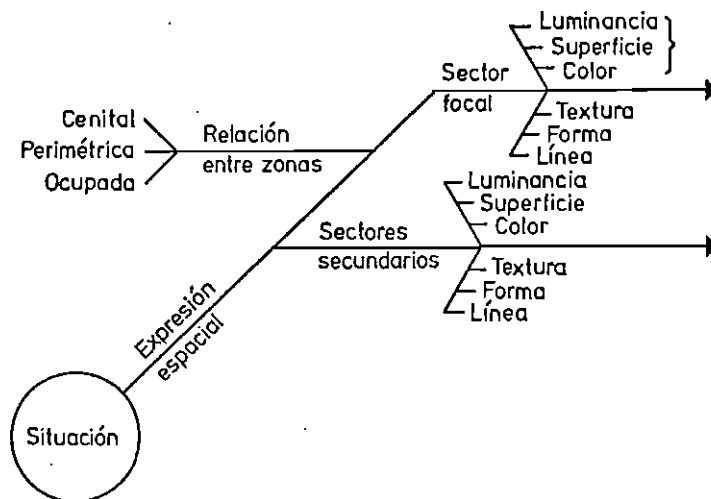


Figura 2.5.
Definición de los Objetivos
Componentes del espacio

Los factores que influyen en el diseño del área focal, son la luminancia de la superficie comprometida, la superficie en metros cuadrados del área focal y su color. Entre sí, estos factores definen el impacto del área focal. Los datos de diseño comprometidos aquí serán el trabajo que debe llevarse a cabo, para determinar el tamaño de un área que se precisa para tener una determinada luminancia o una determinada saturación cromática (*). Existen datos cuantitativos referentes a estas relaciones. Cuantitativamente, las áreas más grandes deberán tener una menor luminancia y colores menos saturados. Influyen en las áreas focales también la forma, la textura y las líneas de los objetos comprometidos (sea una estatua, un cuadro, una placa o un tapiz mural).

Luego, ha de considerarse el impacto relativo del perímetro del techo y de las zonas ocupadas. La exposición de la situación debe incluir cuál ha de ser este énfasis. Será distinto para distintos tipos de funciones, ya que el tumbado (zona cenital), es usualmente subordinado o de interés secundario relativo a la actividad, se deberá considerar la apropiada influencia de forma, modelo y luminancia en esta área.

El "desorden visual" puede causar aquí confusión en la comprensión espacial y orientación. En muchos casos, (particularmente donde se desee una sensación de relajación), la luminancia de la zona perimétrica (alrededores del cuarto que se está diseñando) deberá ser más grande que la luminancia de la zona del tumbado. En la Zona Ocupada es donde usualmente hay énfasis en la actividad o en lo funcional.

(*) Sobre color y cromaticidad se habla en la Sección 5.6.

Después hay que definir las zonas de énfasis secundarias, y aquí las consideraciones son semejantes a las del área focal, pero de diferentes magnitudes.

2.1.5. Expresión Sicológica

La manifestación sicológica, Fig. 2.6., tiene que ver con los atributos de diseño estrechamente relacionados con el comportamiento de los que se hallan en el espacio. Cae por su peso que, aparte de las consideraciones sicológicas presentadas, puede haber otras. Así, se desarrolla la trayectoria de diseño sicológica. Ver Figura 2.2..

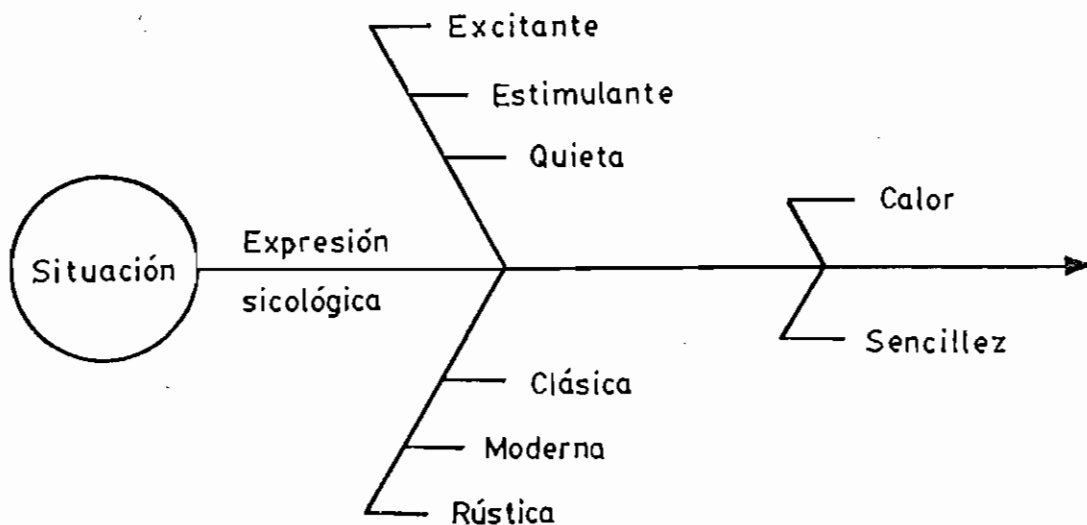


Fig. 2.6. Definición de los objetivos -
Carácter del espacio.

2.1.6 Expresión Funcional

La exposición funcional de más abajo, Fig. 2.7., distingue entre

áreas que sirven para trabajo (o ventas en una tienda) y espacios que pueden servir para circulación o reposo. Esto conduce a dos caminos de diseño. Uno está relacionado con la tarea, el otro, con los espacios de circulación o de reposo. Ver. Fig. 2.2.

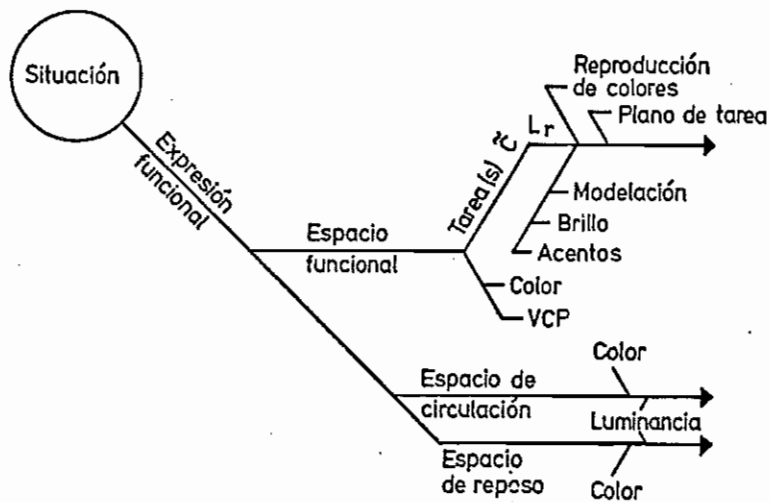


Figura 2.7.

Definición de los Objetivos
Uso del Espacio.

En esta figura se puede observar \tilde{C} , es el Contraste Equivalente y es usado como una descripción numérica de la visibilidad relativa de una tarea. Se usa para determinar el valor de la luminancia requerida (L_r) de diseño y con esta se conoce E_r , iluminancia requerida con la fórmula:

$$E_r = L_r / \beta$$

$$\beta = \text{Es el factor de luminancia (*)}$$

(*) La manera como se obtiene o se calcula cada uno de estos parámetros está claramente explicado en el ejemplo de aplicación del Cap.3. Sec.3.1.

El valor de Contraste Equivalente, \tilde{C} , se puede medir una vez terminada la instalación, con un instrumento llamado Evaluador de Tareas Visuales (VTE, Visual Task Evaluator), que es una clase de medidor de visibilidad. (2)

En la Figura 2.7., se puede también observar las iniciales VCP que significan: Probabilidad de Comodidad Visual (Visual Comfort Probability), se trata de un sistema de Evaluación de Deslumbramiento Directo.- Se juzga que el deslumbramiento directo no constituirá problema en las instalaciones de alumbrado con una VCP de 70 o más (3). El VCP indica el porcentaje de gente que sí están sentados en el lugar más indeseable, esperarán encontrarlo como aceptable.

El manual I.E.S., Capítulo 3, Sección "Luz y Visión", da dos alternativas para el cálculo de VCP, un procedimiento amplio en su página 3-24 y un procedimiento simplificado en su página 3-25.

2.1.7. Composición Espacial

Consúltese la Fig. 2.5, para la relación con la Fig. 2.8., de abajo. La fase de diseño para el área focal implica selecciones familiares. Puede hacer falta un bucle de realimentación para ajustar el encuadre de los patrones de luminancia, con las exposiciones de objetivos originales. La fase de diseño para las zonas secundarias es semejante.

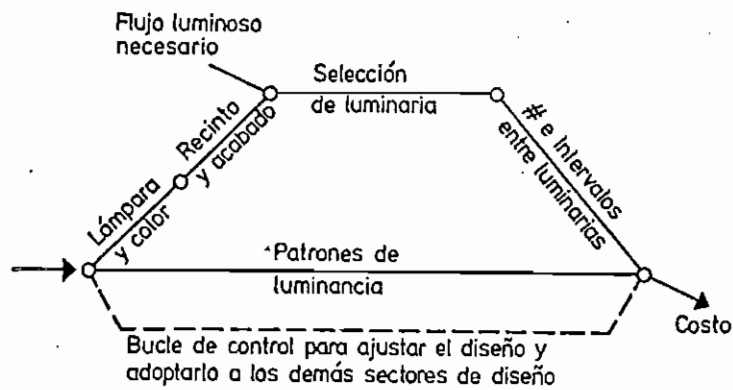


Figura 2.8.

Fase del Diseño Zona Focal
(Zonas Secundarias Semejantes)

2.1.8. Composición Sicológica

La fase de diseño relacionada con la exposición sicológica, Fig. 2.6., desarrolla el carácter del espacio, Fig. 2.9. Cuando las luminarias están expuestas, su relación al diseño arquitectónico, motivos, detalles, brillo, etc., influyen en el carácter del interior. Las luminarias escondidas tienen que ver más con el suministro de iluminación y ambiente. Se puede observar que esta fase obra recíprocamente con la selección de luminarias de las Figuras 2.8. y 2.10.

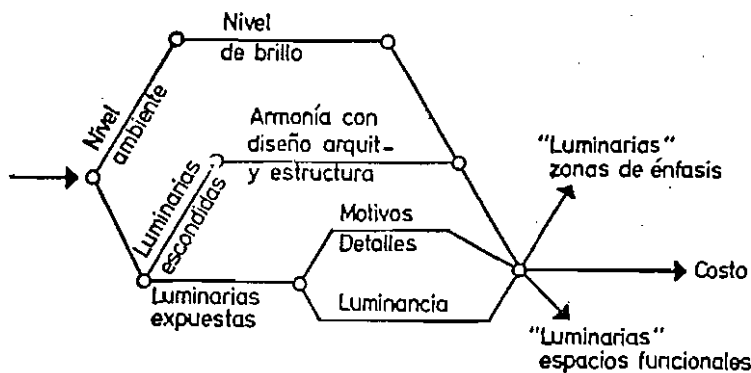


Figura 2.9.

Fase del Diseño -
Carácter

Igual que en algunos de los diagramas precedentes, resulta evidente que algunos de los parámetros que determinan el carácter del espacio en este momento son casi totalmente cualitativos. A menudo, las armaduras y faroles se conectan a atenuadores, tanto para adaptar el diseño a relaciones agradables, como para proporcionar flexibilidad del interior para varias funciones a diferentes horas del día.

2.1.9. Composición Funcional

La fase de diseño en el espacio funcional, Fig. 2.10., acarrea las selecciones familiares en la aproximación tradicional al diseño del alumbrado. Es importante que se establezcan factores de respuesta de contraste (CRF). El factor de respuesta de contrastes (CRF, Contrast Rendition Factor), es la cantidad que indica en que medida cierta instalación de alumbrado disminuye la visibilidad de una tarea debido a los reflejos ocultadores,

los mismos que destruyen el contraste entre las letras y el fondo en los impresos y escritos. Es éste el nuevo sistema de diseño adoptado en los Estados Unidos para eliminar los reflejos ocultadores.

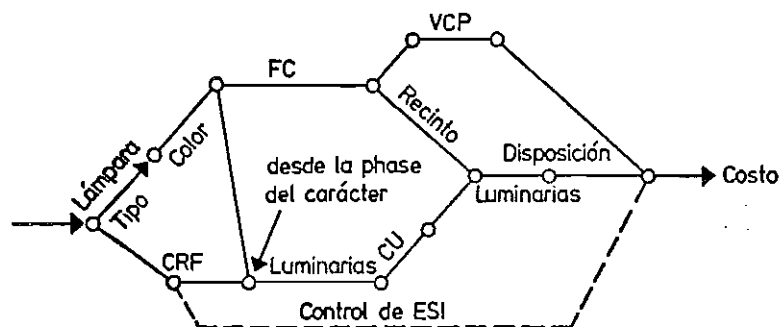


Figura 2.10.

Fase del Diseño
Espacio Funcional.

Hay que determinar la disposición definitiva de las luminarias y establecer un bucle de realimentación para cuidar de que la disposición - proporcione de hecho la iluminación esférica equivalente (ESI) deseada.

E S I La iluminancia esférica equivalente (Equivalent Sphere Illumination, ESI), es el nivel de alumbrado dentro de una esfera fotométrica que produciría una visibilidad de trabajo equivalente a la creada por un ambiente luminoso específico. Sólo una pequeña parte de la luz reflejada - dentro de una esfera blanca alcanza un puesto de trabajo desde direcciones desfavorables (4).

¿ Qué es una esfera fotométrica?

Es una esfera hueca pintada interiormente con una pintura blanca difusa de una reflectancia alta especial.

La luz es introducida a través de una abertura en la cubierta de la esfera. La luz llega a un cono de dispersión causando que la luz llegue a la tarea después de múltiples reflexiones dentro de la esfera. Una segunda apertura es localizada en la esfera con un ángulo de visión dado para la medida de la luminancia de la tarea y la luminancia del fondo.

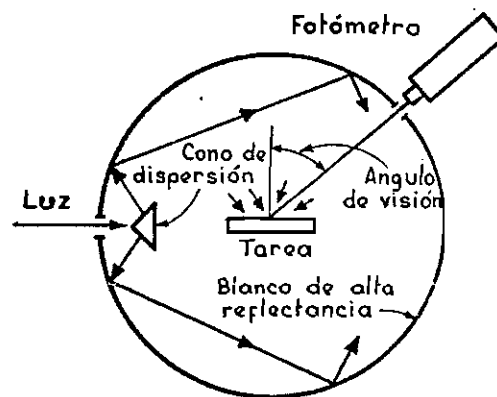


Figura 2.11.
Esfera Fotométrica

¿ Por qué una esfera fotométrica?

Una esfera fotométrica es simplemente una referencia o condición standard de iluminación con la que se puede comparar las actuales condiciones de un sistema de alumbrado.

La esfera fotométrica no ha sido seleccionada porque produce la mejor iluminación que cualquier otro sistema de alumbrado, esta no es nece

sariamente la iluminación ideal o la mejor posible. Es solamente una condición de alumbrado referencial.

El diseñador del alumbrado no usa la esfera fotométrica. La esfera fue desarrollada sólo como una referencia standard.

¿ Qué principios se involucran en la determinación de la ESI ?

La ESI expresa la calidad de producción de contrastes en lugares y direcciones visuales específicas para cada instalación de alumbrado. El método de la ESI iguala la visibilidad de una tarea en el medio real a su visibilidad bajo condiciones referenciales de alumbrado (esfera). Se pregunta:

- Qué nivel de iluminación se requiere dentro de la esfera para proveer la misma visibilidad que produce la iluminación en el medio real? Esto es, cuál es la iluminación esférica equivalente?

En la fase del diseño se puede valorar la ESI de la siguiente manera:

- 1.- Con el valor de iluminancia del diseño (en la tarea), se ve en el gráfico 2.12., el valor de RCS, Sensibilidad Relativa de Contraste (Relative Contrast Sensitivity) al que corresponde la iluminancia de la tarea.
- 2.- Debido a reflexiones por velo, deslumbramiento perturbador, e-

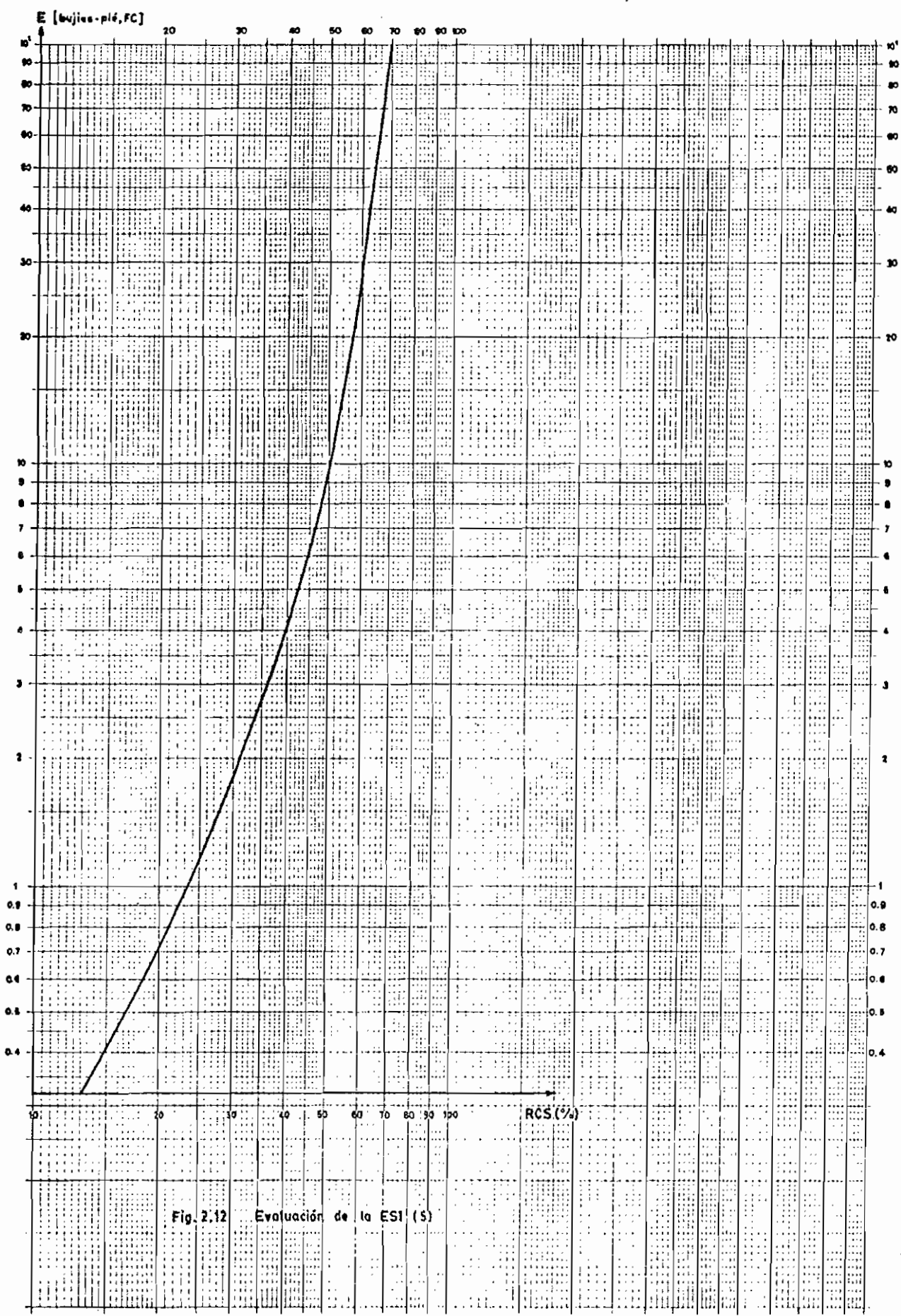


Fig. 2.12 Evaluación de la ES1 (s)

fecto de adaptación momentánea, este valor leído de RCS se ve disminuído en un porcentaje igual en el que disminuye el con -
traste C, por las mismas razones.

Entonces este nuevo valor de RCS es el RCS_e (RCS efectivo), que a través del gráfico 2.12, se puede ver a qué iluminancia co -
rresponde y ésta es la ESI.

¿ Qué es la RCS ?

La Sensibilidad Relativa de Contraste (Relative Contrast Sensitivi -
vity, RCS) es:

"... el valor de la sensibilidad al contraste expresada como un porcentaje del valor obtenido bajo un nivel muy alto de iluminación difusa de la tarea. La sensibilidad al contraste es la cantidad que, para un nivel dado de rendimiento visual, en términos del -
contraste de luminancia implica discriminación de con -
traste o resolución espacial" (6)

La trayectoria de diseño para lugares de circulación y reposo, -
Fig. 2.13., es semejante a las otras. Fíjese en el bucle de realimenta -
ción para ajustar esta trayectoria en términos de su relación con la tra -
yectoria psicológica.

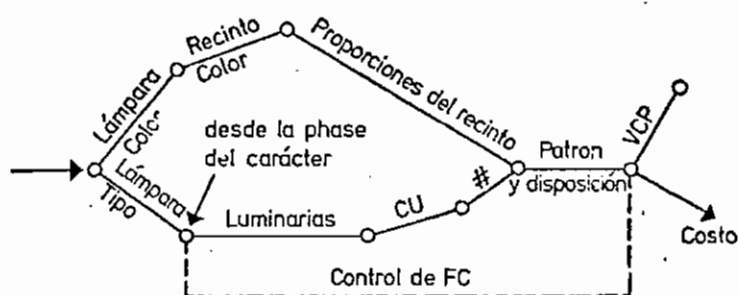


Figura 2.13.
Fase del Diseño
Espacios de Circulación y de Descanso.

Es interesante estudiar la trayectoria superior en mayor detalle de lo expuesto. Una vez escogido el color de las lámparas, hay que escoger los colores del recinto bajo la luz de este color. La tendencia general consiste en escoger colores que sean acentuados por el color de la lámpara. Si se escogen colores fríos para el interior con un color cálido de la lámpara, los colores fríos a menudo se enturbian. En el ramo siguiente, las proporciones del recinto se hacen importantes. En un recinto alto y estrecho, el color de la luz, que de hecho llega a la zona ocupada, será modificado considerablemente por reflejos desde las paredes. Por otra parte en un recinto muy amplio habrá poca modificación del color de la lámpara, a no ser que se produzca dentro de la luminaria.

2.1.10. Costo

Todas las trayectorias de diseño llevan a la fase de evaluación. Fig. 2.14. Ninguna solución tecnológica puede ser completa sin consideración del costo de alumbrado y de los demás gastos comprometidos en el funcionamiento de un establecimiento. Aparte de ello, los aspectos de energía del alumbrado deben ser integrados en los aspectos térmicos y acústicos del ambiente total. Podrían mostrarse bucles de realimentación para indicar que el proceso total de diseño debería ser repetido para cuadrar con la situación del alumbrado (o el problema) si la solución resulta insatisfactoria, de la Fig. 2.14.

La tendencia en la industria del alumbrado ha sido de acentuar las cantidades físicas y los componentes metálicos, tanto que la perspec-

tiva del alumbrado se enfoca más en los costos intrínsecos en lugar de continuar hasta el punto de establecer una relación práctica entre costo y rendimiento. Este último paso es inherente a toda solución significativa.

Si este tipo de sistema es reconocido por los comprometidos en el diseño ambiental, podrán aclararse las relaciones entre individuos, entre las diferentes empresas que se ocupan del diseño de construcción y entre las disciplinas involucradas.

Un aspecto importante es que si esto es reconocido por los expertos en el campo de alumbrado, el propietario se verá obligado a retener proyectistas. Una de las razones por qué tantos edificios y muchos recintos carecen de carácter, son mediocres e, incluso feos, es que, por omisión el proyectista del alumbrado falta en el equipo de la construcción. Así, el tipo de aproximación propuesto en el presente informe podrá ayudar a crear un clima más favorable para el proyectista.

Para terminar, una aproximación como este sistema indicará a los usuarios la exposición total que deberán hacer para asegurar que, una vez completo el edificio, dispongan del ambiente total que se habían imaginado al firmar el contrato de construcción.

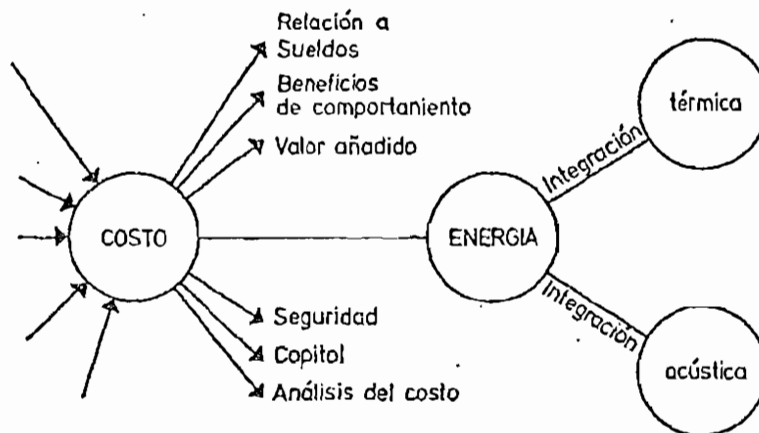


Figura 2.14.
Fase de Evaluación

Para una completa comprensión de la manera cómo están relacionadas las composiciones anteriores, en la Fig. 2.15 se representa el esquema total y detallado del Sistema Unificado.

2.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS FRENTE AL DISEÑO TRADICIONAL

Diseño tradicional.- Ventajas.

- Sistema sencillo
- Fácil utilización
- Sistema que emplea poco tiempo para determinar la cantidad de seada de iluminancia.

Diseño tradicional.- Desventajas.

- Exceso de uniformidad, lo que da por resultado un ambiente

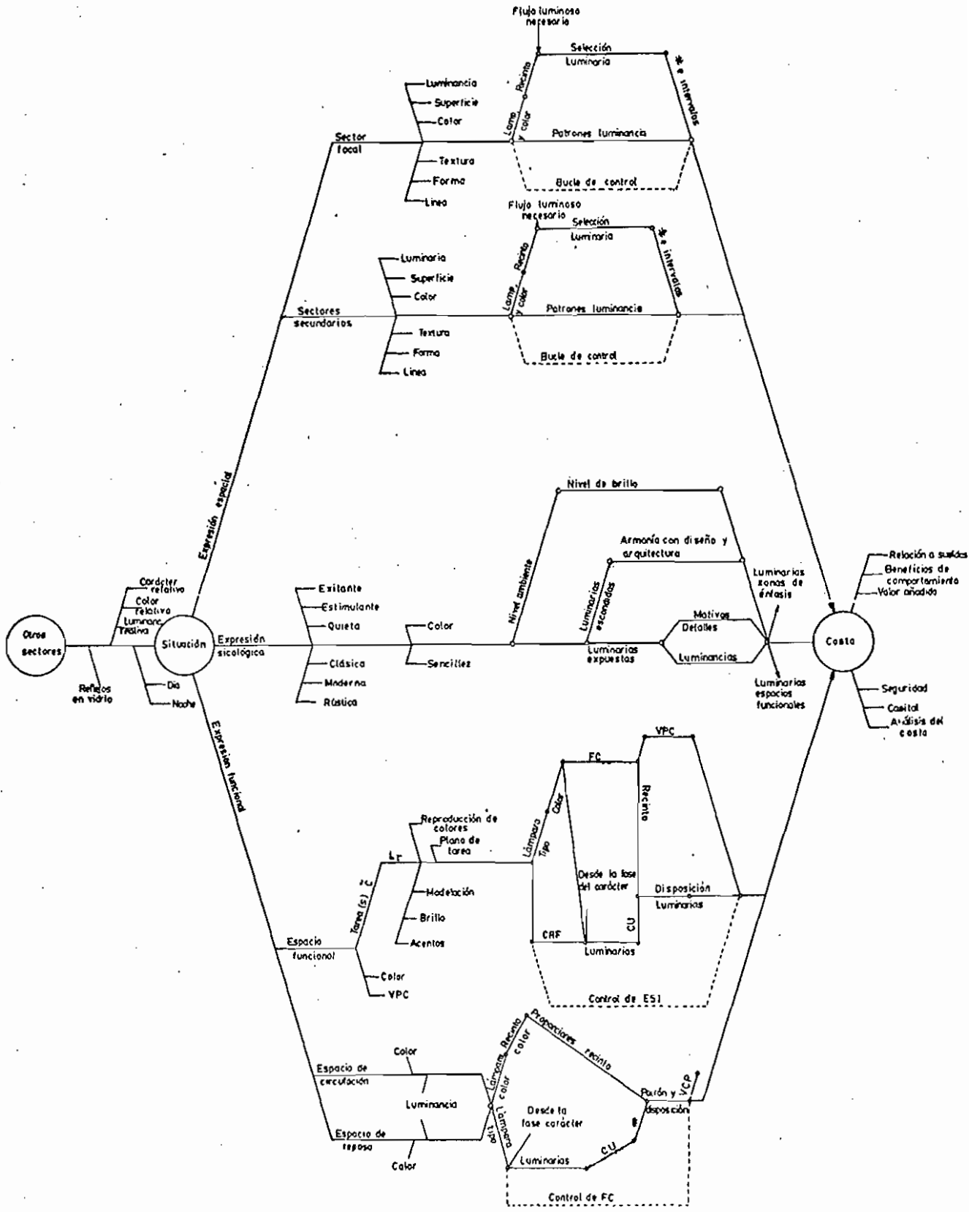


Fig. 2.15

SISTEMA UNIFICADO-
RED DEL PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO DETALLADA

monótono e impersonal.

- No toma en cuenta los contrastes, esto equivale a no tener niguna variedad, con una impresión no interesante por resultado.
- La atención se centra en lograr la cantidad deseada de alumbrado y la calidad no se dice claramente como obtenerla.

Sistema Unificado.- Ventajas.

- La solución a la que se llega es de buena cantidad y calidad, pues es el resultado de las aproximaciones estética y tecnológica.
- Toma en cuenta las reacciones subjetivas de las personas.
- Habla de contrastes, lo que equivale a tener un buen rendi - miento visual y a su vez un adecuado grado de modelado.
- Se establece un área focal.
- Distingue entre zonas de circulación y de trabajo.
- Elimina casi totalmente la posibilidad de deslumbramiento directo o reflejado.
- Existe relación entre el recinto y los otros sectores adyacentes a él.
- La elección de la lámpara, su color y su armadura son el re--sultado de la interrelación de alguna consideración en distin

tas etapas del diseño.

- Se habla del color del recinto y su acabado.
- La solución a la que se llega considera su costo (evaluación económica).
- Hay integración acústica y térmica.

Sistema Unificado.- Desventajas.

- Diseño complicado y elaborado.
- Para su utilización es necesario saber ciertos conceptos relativamente nuevos.
- El uso de este sistema lleva mucho tiempo antes de llegar a una solución.

2.3. DESLUMBRAMIENTO

El deslumbramiento, ya sea directo o reflejado, es consecuencia de la presencia de superficies de excesiva luminancia (luminarias y/o ventanas) comparados con el nivel general de luminancia del local.- Del deslumbramiento en el campo visual pueden resultar: incomodidad física (deslumbramiento molesto) o pérdidas en rendimiento visual y visibilidad (deslumbramiento perturbador).

Hay muchos factores involucrados en la producción de deslumbramiento.

miento. Uno es la cantidad de tiempo que la luminancia alta está presente. Otra es la relación de luminancias entre la fuente de deslumbramiento y su rededor en la principal porción del campo de la visión. Un tercer factor es la tarea involucrada. Elementos importantes que causan deslumbramiento son las fuentes de luz, su tamaño, su luminancia, su posición y la luminancia del rededor. Una pequeña fuente brillante directamente en la línea de la visión contra un fondo oscuro es un ejemplo de deslumbramiento exagerado.

El deslumbramiento es complejo y puede ser clasificado en dos tipos principales: directo e indirecto.

Deslumbramiento Directo.- Es debido al excesivo brillo de las fuentes de luz (luminarias y/o ventanas) en el campo de la visión que brilla directamente hacia los ojos, dando por resultado incomodidad y/o más pérdidas en visibilidad.

Deslumbramiento Indirecto.- Es debido a las fuentes de luz que son reflejadas desde las tareas hacia los ojos.

Relativo a la luminaria, la zona de deslumbramiento directo está asociada con la intensidad luminosa producida en la zona de 45° a 90° , mientras el deslumbramiento indirecto es afectado por la intensidad producida en la zona de 0° a 45° . Fig. 2.16.

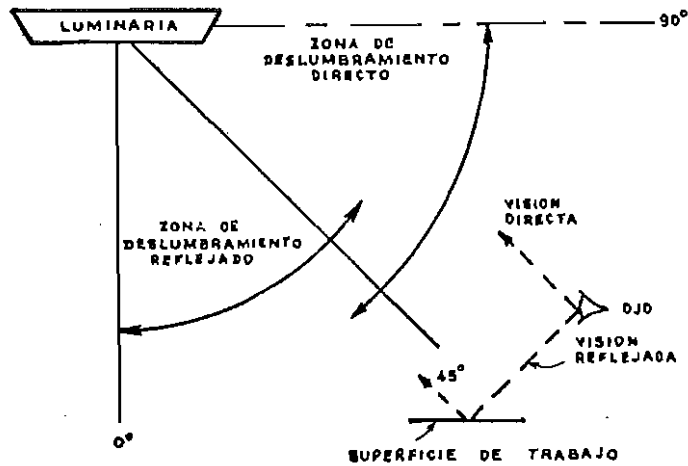


Figura 2.16.

Zonas de Deslumbramiento
Directo y Reflejado.

El deslumbramiento directo es evaluado en términos de la probabilidad de confort visual (VCP) mientras el deslumbramiento indirecto es evaluado en términos de iluminación esférica equivalente (ESI).

Hay dos formas de deslumbramiento indirecto:

Deslumbramiento reflejado y reflejos ocultadores.

Deslumbramiento reflejado.- Es causado por superficies especulares o brillantes que reflejan imágenes de las fuentes de brillo hacia los ojos. No tan aparente como el deslumbramiento reflejado, los reflejos ocultadores ocurren sobre superficies, reduciendo el contraste de la tarea. El principal problema con los reflejos ocultadores es que no son visibles, sin embargo reducen el contraste y así la visibilidad.

R E F E R E N C I A S

- (1) DORSEY Robert, "Un Sistema Unificado para las Aproximaciones Estética y Tecnológica con Respecto al Alumbrado", Revista Internacional de Luminotecnia, Publicada por 'Stichting Prometheus', Amsterdam, 1971, N° 3, Pág. 83-86.

- (2) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, Pág. 3-17.

- (3) PHILIPS, "Manual de Alumbrado", Segunda Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1979, Sección 3.1.

- (4) AMICK Charles, "Tendencias Modernas en el Alumbrado de Oficinas en América", Revista Internacional de Luminotecnia, Publicada por 'Stichting Prometheus', Amsterdam, 1978, - N° 2, Pág. 59.

- (5) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, Pág. 3-23.

- (6) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, Pág. 3-20.

.....

CAPITULO 3

DISEÑOS DEL ALUMBRADO DE LA SALA

La sala servirá fundamentalmente para lectura y eventualmente para conferencias, presentaciones artísticas o bailes. A continuación se detalla el diseño para cada una de estas necesidades, independientemente, tratando que se complementen unos con otros.

3.1. DISEÑO DEL ALUMBRADO PARA LECTURA Y CONFERENCIAS.

3.1.1 Consideraciones

Las salas de lectura y auditorios tienen casi los mismos requerimientos de iluminación por lo que se los considera conjuntamente.

Para este diseño se hace uso del Sistema Unificado , explicado en el Capítulo 2, como un ejemplo práctico de aplicación.

3.1.2. Uso del Sistema Unificado

TRANSICION: Relación del espacio a diseñar a otras zonas

Para poder ver la relación entre el espacio a diseñar (situación) y otras zonas hay que referirse a la Fig. 2.3: Aspectos de Transición del Diseño de Alumbrado.

El punto de partida es la situación(*), esta situación constituye la iluminación de la sala de lectura.

Siendo este el recinto a diseñar, los otros sectores con los que existe relación son: aulas de clase, oficinas, pasillos adyacentes. Deberá haber mayor relación con las aulas de clase, pues es aquí donde pasan la mayor parte del tiempo las personas que ocupan la sala de lectura y que son, en su gran mayoría, estudiantes, quienes requerirán de esta sala un ambiente similar al de las aulas. Estos requerimientos se cumplen actualmente, puese tiene:

- 1.- Carácter relativo similar: docente
- 2.- Color relativo igual: paredes, techo, piso
- 3.- Iluminación relativa igual: entre las aulas de clase y el nivel -

(*) Las palabras que en este capítulo aparecen subrayadas, forman parte de las figuras del Capítulo 2, a las que se hace referencia con anterioridad a cada explicación.

recomendada para la sala de lectura(*).

La relación del espacio a diseñar con las oficinas y pasillos adyacentes será en menor grado que con las aulas, porque en estos sitios los estudiantes pasan corto tiempo, de todas maneras se tiene un color igual, lo que evita un cambio, un tanto brusco, de ambiente al trasladarse una persona de un lugar a otro.

Los reflejos en vidrio que tienden a distraer a las personas que trabajan en la sala, se evitarán usando las persianas, principalmente durante la noche.

En el aspecto nocturno se nota la falta de iluminación en las zonas adyacentes a la sala. Se podrá incrementar el nivel de iluminancia, en el hall de entrada especialmente si en las salidas existentes en el techo, se colocan reflectores de 150W en cada una de ellas, debido a su gran altura de montaje (8 metros aproximadamente).

En el aspecto diurno existe un pequeño recobeco oscuro a la entrada, que se lo puede eliminar iluminando este sector con una luminaria de 2 x 40W y lámparas fluorescentes Daylight, que, como se analiza posteriormente, son las mejores para combinarse con la luz natural. Esta lámpara deberá permanecer prendida constantemente.

Al iluminar, convenientemente, durante el día y la noche, las zonas adyacentes al lugar que se está diseñando, se evita el malestar (ence -

(*) En mediciones realizadas en las aulas de clase se obtuvo un promedio de 500lux, únicamente con luz artificial.

guedamiento momentáneo a veces) que se produciría al entrar a la sala de -- lectura, por el deslumbramiento causado al pasar de un sector oscuro a otro muy iluminado.

De todo esto se concluye que existe una estrecha interrelación entre la zona a diseñar y los otros sectores, en los aspectos de Color, Carácter e Iluminancia, exigiéndose un único cambio, que es el aumento de iluminancia de la zona adyacente a la entrada de la sala, tanto el día como por la noche, por las razones ya expuestas.

MANIFESTACIONES BASICAS:

Espaciales, Sicológicas, Funcionales.

Expresión Espacial

El camino de diseño, concerniente al espacio, se puede resumir en la figura 2.5., componentes del Espacio, la que se tomará como referencia - para lo que se desarrolla a continuación.

El sector focal lo constituyen, en este caso, las mesas de lectura. Como se dijo, los factores que influyen en su diseño son la luminancia de la superficie comprometida, su área en metros cuadrados y su color.

La luminancia preferida en tareas visuales es de 100 a 400 cd/m² (1), aquí se tendrá con una iluminancia de 500 lux (nivel recomendado):

$$L_{\text{tarea}} = \frac{\rho_t \times E}{\pi} = \frac{0.75 \times 500}{3.14} = 120 \text{ cd/m}^2$$

Se ha calculado que la reflectancia de la tarea, ρ_t , es 75%. (*)

Este valor de luminancia de la tarea, 120 cd/m^2 , está entre valores recomendados de luminancia.

La luminancia del fondo de la tarea es:

$$L_f = \frac{\rho_f \times E}{\pi} = \frac{0.15 \times 500}{3.14} = 24 \text{ cd/m}^2$$

el fondo de la tarea son las superficies de las mesas, cuya reflectancia, ρ_f , se ha medido y es igual al 15% con el color actual.

La relación de luminancias entre la tarea y su fondo es:

$$r = \frac{L_f}{L_t} = \frac{24 \text{ cd/m}^2}{120 \text{ cd/m}^2} = 0.20$$

siendo el valor recomendado para la relación de luminancias entre la tarea y su fondo de uno a un tercio (2) se está fuera del límite permitido, esto crea una condición de visión incómoda, disminuyendo el rendimiento visual.

(*) Para el cálculo de las reflectancias que se mencionan aquí como calculadas, se ha procedido de la siguiente manera:

- 1º) Con la fotocélula del luxómetro vuelta hacia el material cuya reflectancia se quiere medir y colocada a una distancia de 20 cm. se toma una medida (E_1).
- 2º) Se hace una segunda medida (E_2), colocando un papel blanco en el lugar donde se hizo la primera, siempre a igual distancia y mismo sitio.
- 3º) Se supone que la reflectancia del papel es 90% y se calcula:

$$\rho = \frac{E_1}{E_2} \times 90$$

Para poder estar dentro del límite recomendado de luminancias, lo único que se podría hacer es aumentar la reflectancia del fondo, pues, la relación de luminancias se reduce a otra de reflectancias, de la siguiente manera:

$$r = \frac{L_f}{L_t} = \frac{\frac{\rho_f \times E}{\pi}}{\frac{\rho_t \times E}{\pi}} = \frac{\rho_f}{\rho_t}$$

la reflectancia de la tarea no se podría cambiar, pues, se trata de cuadernos y libros.

Se aumenta la reflectancia del fondo cambiando el color actual de las superficies de las mesas por otro cuya reflectancia esté dentro de los valores recomendados para pupitres: 35 al 50% (3). Escogiendo un color con reflectancia del 40%, se tendría que la relación de luminancias es:

$$r = \frac{\rho_f}{\rho_t} = \frac{0.40}{0.75} = 0.53$$

entonces se está dentro de la relación permitida de luminancias, usando de fondo de tarea superficies con reflectancias recomendadas que además deberán ser mates.

"Superficies mates que reducen reflexiones especulares y que tienen valores de reflectancia como las recomendadas son necesarias para desarrollar un medio visual confortable". (3).

En la figura 3.1., se puede ver claramente como en las superficies brillantes de los extremos se refleja la misma luminaria fluorescente, sin embargo, en la superficie central se pierde este efecto por ser mate.



Figura 3.1.
Superficies brillantes y mate

En el capítulo correspondiente se recomienda el material y color por los que debería cambiarse las superficies actuales de las mesas.

Luego ha de considerarse el impacto relativo del perímetro del techo y de las zonas ocupadas. La exposición de la situación debe incluir cual ha de ser este énfasis. La parte más alta del techo está a 3.20 m. del suelo, altura que no favorece a dar la sensación de amplitud en la sala, un tanto pequeña, esta desventaja se ve acentuada por el hecho de que se piensa poner un techo falso, por motivos acústicos, lo que vendrá a bajar más aún el techo, esto producirá una sensación de opresión para ciertas personas, especialmente cuando está llena la sala. Una impresión de aumen-

to de altura se logrará intensificando el brillo del cielo raso, el que deberá ser de un color frío (4). De esto se concluye que la zona de énfasis será el techo de la sala.

Después hay que definir las zonas de énfasis secundarias y aquí las consideraciones son semejantes a las del área focal, pero de diferentes magnitudes. En este diseño no podrán existir estas zonas secundarias debido a la proximidad de las mesas de trabajo que ocupan la totalidad de la sala.

Expresión Sicológica

La manifestación sicológica, figura 2.6., como se sabe, tienen que ver con los atributos de diseño estrechamente relacionados con el comportamiento de los que se hallan en el espacio. Lo que se dice a continuación tiene que ver con esta figura.

El ambiente (calor) que se necesita en una sala de lectura o en una de conferencias es el de quietud.

Por el aspecto del edificio, y por su construcción misma el diseño de la iluminación deberá tener una expresión moderna.

Expresión Funcional

La exposición funcional, figura 2.7., a la que se hace referencia enseguida, distingue entre áreas que sirven para trabajo y espacios que pueden servir para circulación o reposo.

Esta distinción de áreas es más conveniente para recintos como su permercados, almacenes en los que es necesario diferenciar entre sitios que sirven para trabajo (o ventas) y espacios que pueden servir para circulación o reposo. Este no es el presente caso, pues, si bien existen los espacios, para circulación formados por la disposición de las mesas, la proximidad de éstas entre sí, no permite hacer una adecuada distinción entre el espacio funcional y el espacio de circulación, valiéndose del alumbrado.

Ahora, en el espacio funcional, se toma en cuenta \tilde{C} , que es el Contraste Equivalente y para su evaluación se calcula previamente el contraste C . \tilde{C} se diferencia de C en que éste no toma en cuenta pérdidas de visi bilidad (contraste ideal) y aquel, para su evaluación, usa las pérdidas debi das a los efectos de la adaptación momentánea y al deslumbramiento tanto di recto como reflejado. (contraste real).

$$C = \frac{L_t - L_f}{L_f} = \frac{\rho_t - \rho_f}{\rho_f} = \frac{0.75 - 0.15}{0.15} = 4.00$$

aquí:

C , Contraste

L_t , luminancia de la tarea

L_f , luminancia de fondo de la tarea

ρ , reflectancia

Con la nueva reflectancia de fondo, $\rho_f = 40\%$, el contraste será:

$$C = \frac{\rho_t - \rho_f}{\rho_f} = \frac{0.75 - 0.40}{0.40} = 0.875 \quad \text{Ec. 3-A}$$

Con este valor de constraste se puede calcular el valor de la lumi

nancia requerida, L_r , así como iluminancia requerida, E_r , viendo en el gráfico 3.2.

$$\begin{aligned} \text{Con } C &= 0.875 & L_r &= 10.10 & \text{Lamberts - pié} \\ & & L_r &= 34.60 & \text{cd/m}^2 \end{aligned}$$

$$E_r = \frac{L_r}{\beta} \quad (5) \quad \begin{aligned} \text{aquí: } E_r &\text{ en bujías - pié} \\ L_r &\text{ en lamberts - pié} \end{aligned}$$

$$E_r = \frac{L_r \times \pi}{\rho} \quad (6) \quad \begin{aligned} \text{aquí: } E_r &\text{ en lux} \\ L_r &\text{ en cd/m}^2 \end{aligned}$$

$$\beta = \frac{\rho}{\pi} \quad (7) = \frac{0.75}{3.14} = 0.24$$

$$E_r = \frac{10.10 \text{ lamberts-pié}}{0.24} = 42.31 \quad \text{bujías-pié} = 455 \text{ lux}$$

Pero el contraste que realmente sirve es \tilde{C} , Contraste Equivalente, pues con este valor, a través del gráfico 3.2. se saca los valores de luminancia del diseño (L_d) y de la iluminancia del diseño (E_d).

$$\tilde{C} = C \times DGF \times CRF \times TAF \quad \text{donde:}$$

- CRF , Factor de respuesta de contraste (Contrast Rendition Factor)

$$CRF = 0.926 \quad \text{porque,}$$

$$L_v = 0.074 L \quad (5) \quad \text{Ec. (B)}$$

aquí L_v es la luminancia de velo equivalente y L es la luminancia de la ta rea o del fondo. Puesto que el contraste es una relación de luminancias -

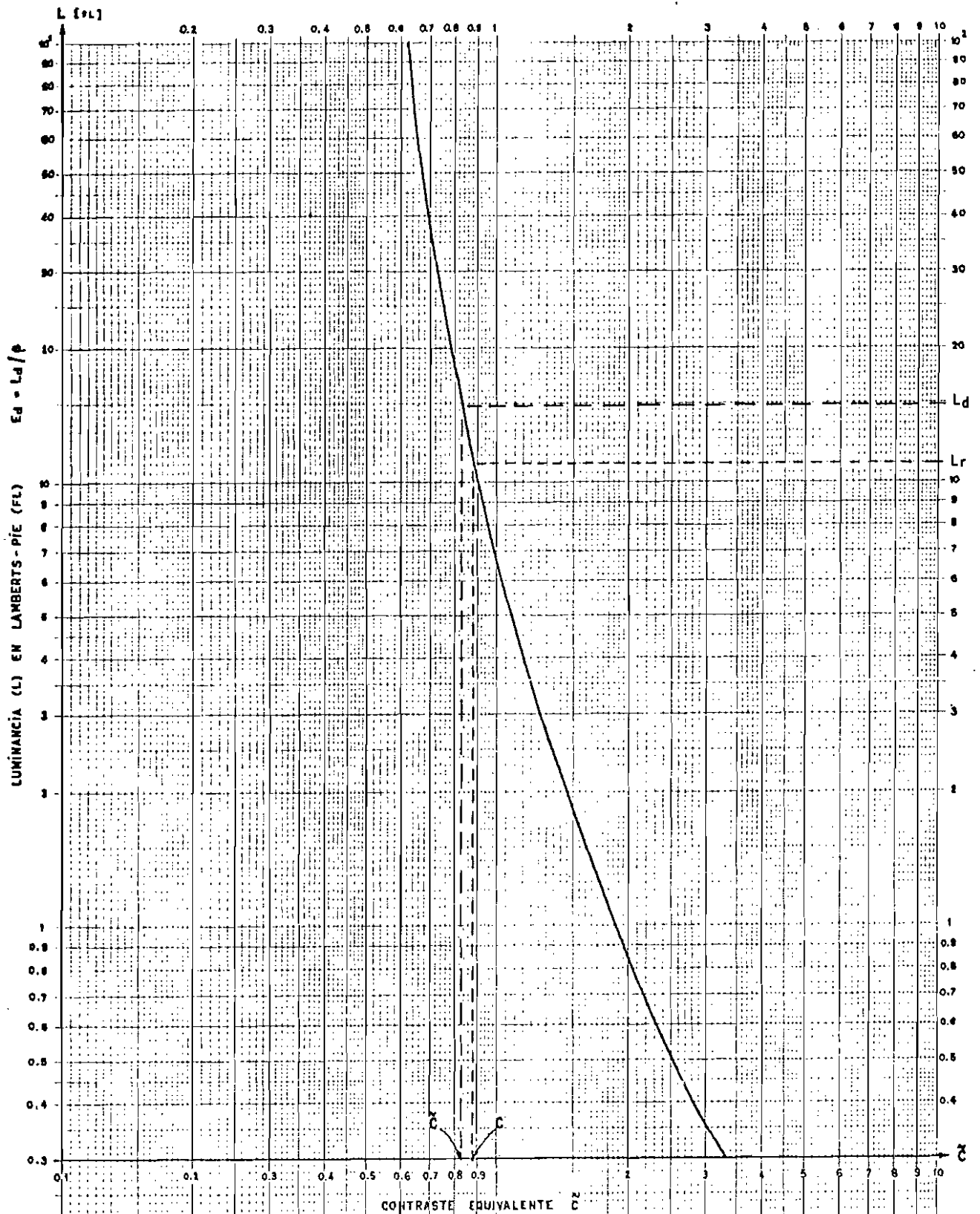


Fig. 3.2 Ilustración de la determinación de la luminancia del diseño (E_d) con la luminancia del diseño (L_d) (5)

(Ec.(A)), la ecuación (B) quiere decir que las reflexiones por velo (reflejos ocultadores) disminuyen el contraste en un 7.4%.

- DGF : Factor de deslumbramiento perturbador (Disability Glare Factor)
- DGF = 1.08 porque:

"En muchos medios ambientales reales que implican sólo luminarias montadas en el cielo raso en los que las tareas están localizadas sobre superficies horizontales, DGF igualará o excederá la unidad" (7).

Se ha aumentado DGF en proporción parecida a la que disminuye CRF.

- TAF : Factor de adaptación momentánea (Transient Adaptation Factor)
- TAF = 0.95, obtenido del gráfico 3.3. (b)

La Fig. 3.3. (a) es utilizada cuando un observador mira alternadamente a una luminancia diferente de la luminancia de fondo de la tarea.

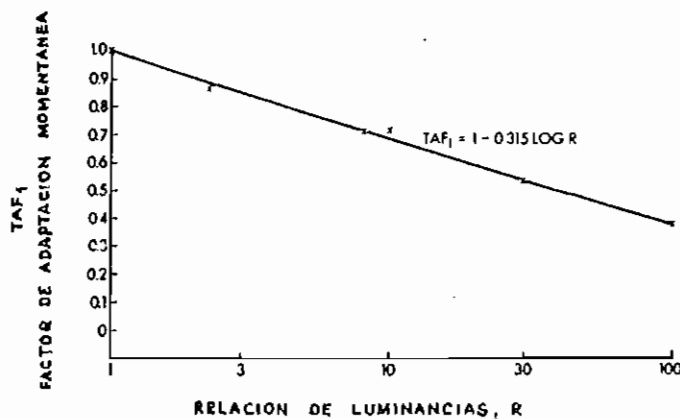


Figura 3.3. (a)
Factor de adaptación momentánea para
visión alternada de diferentes luminancias (8)

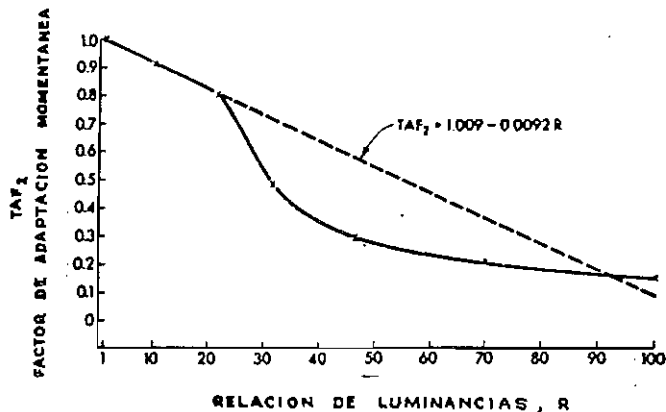


Figura 3.3 (b)
 Factor de Adaptación Momentánea en
 función de la relación de lu-
 minancias (8)

Entonces:

$$\tilde{C} = 0.875 \times 1.08 \times 0.926 \times 0.95$$

$$\tilde{C} = 0.83$$

Viendo en el gráfico 3.2:

$$\tilde{C} = 0.83 \quad L_d = 14.7 \text{ Lamberts-pié} \quad L_d: \text{luminancia diseño}$$

$$E_d = \frac{L_d}{\beta} = \frac{14.7}{0.24} = 61.25 \text{ bujias-pié} = 660 \text{ lux}$$

Esta es la iluminancia que se va a lograr con el diseño

La pérdida de contraste será igual a:

$$DGF \times CRF \times TAF = 1.08 \times 0.926 \times 0.95$$

$$DGF \times CRF \times TAF = 0.95 \quad (\text{Ec. (C)})$$

Siguiendo la explicación compositiva del uso del espacio, se ve la

reproducción de colores en el plano de la tarea. En una sala de lectura o en una de conferencias de reproducción de colores no tiene gran importancia, pero tampoco carece de ella, por esto se dirá que la reproducción de colores sí no es excelente, por lo menos deberá ser aceptable.

Nuevamente siguiendo el diagrama se habla ahora de modelación, brillo y acentos. En un diseño de alumbrado, una iluminación totalmente difusa no es suficiente para proporcionar una buena impresión tridimensional tanto de la gente como de los objetos. Los brillos y las sombras tienen también un papel importante en la impresión visual recibida. El índice de modelado está comprendido entre los valores 0 y 4 (9) (ausencia de sombras y oscuridad casi total respectivamente). En oficinas, aulas, salas de lectura y conferencias se consideran satisfactorios los valores comprendidos entre 1 y 2. Valores de este orden de magnitud son lo que normalmente se encuentran en interiores alumbrados con lámparas fluorescentes distribuidas en forma regular y simétrica.

El color del espacio funcional se refiere al color del área de trabajo (mesas de lectura), que por razones de luminancia, su reflectancia deberá ser del 40%; entre los colores que tienen esta reflectancia se elige el que tenga un matiz (tono) parecido al de la tarea de esta manera se logrará una mejor armonía de colores (10) en el espacio funcional. (*) .

La probabilidad de confort visual, VCP , no puede ser calculada aún, porque todavía no se sabe la disposición de las luminarias.

(*) La recomendación práctica consta en el capítulo 9.

Los espacios de circulación y de reposo, como ya se dijo, no existen, debido a la cercanía de las mesas.

Composición Espacial

Para hablar de la Composición Espacial, se hace uso de la fig.2.8 Fase del diseño - Zona Focal, y a lo que se refiere lo dicho a continuación.

Con las consideraciones hechas hasta aquí en la Expresión del Espacio, se elige la lámpara y su color, pero como no hay ninguna sugerencia en este sentido, se recurre a la interrelación Expresión Espacial ↔ Expresión Sicológica, aquí el carácter del espacio sugiere un ambiente de quietud, lo que se logra con lámparas fluorescentes "Luz del Día", que tienen un aspecto cromático frío. (11).

Una vez escogido el color de la lámpara, hay que elegir el color del recinto bajo la luz de este color. La tendencia general consiste en escoger colores que sean acentuados por el color de la lámpara. La lámpara - Daylight tiene una distribución de energía espectral uniforme, con ligero - acentamiento en los azules y verdes (Fig. 5.22 , lo que hace que la lámpara tenga el aspecto frío, pues:

"El azul y el verde producen una sensación de frialdad y tienden a crear una ilusión de espacio y distancia, además de ser calmantes". (12).

esto quiere decir que la sala deberá tener un color frío, con una reflectancia del 40 al 60%, de acuerdo a las recomendaciones para este tipo de recintos. (13).

Esta sugerencia significa cambiar el color actual de la sala (marfil) por otro frío (verde, por ejemplo), pero esta solución resulta anti-económica porque se debería cambiar no sólo el color de la sala, sino también de los pasillos adyacentes y aulas, para que, de esta manera, pueda haber la correcta "relación entre el espacio a diseñar y otras zonas", de la que se habló a principio de este capítulo. Por esta razón es preferible - mantener el color actual, toda vez que la lámpara Daylight, como se mencionó, tiene una distribución espectral uniforme y por lo que reproducirá el marfil (apenas amarillo) de una manera adecuada.

La lámpara "Daylight de Luxe" tiene una distribución espectral - más uniforme que la normal, por lo tanto, reproducirá en mejor forma los colores, no sólo de la pared sino de toda la sala. El aspecto cromático de esta lámpara, igual que la normal, es también frío.

Siguiendo con la Fig. 2.8. se encuentra los patrones de luminancia cuyas recomendaciones son las siguientes:

- entre la tarea y su fondo : uno a $1/3$

se cumplirá esta relación de luminancias siempre que se cambie el color actual de la superficie del área focal por el recomendado anteriormente,

- entre la tarea y sus alrededores : uno a $1/5$

se cumple actualmente entre la tarea con el piso y paredes, pero no con

las patas de las mesas, que casi constituyen un fondo, por su gran número, es necesario entonces aclarar el color de estas patas a otro con una reflectancia del 15%, (el color negro actual tienen una reflectancia del 7%) para cumplir con la relación recomendada. La recomendación práctica del color consta en el capítulo 9.

En la fig. 3.4. se puede ver la gran diferencia de contrastes, entre el fondo la tarea con dos superficies de distinto color. La superficie de la izquierda tiene una reflectancia del 40% (valor recomendado) y la derecha es la superficie actual de las mesas cuya reflectancia es del 15%. Con una superficie en las mesas similar a la de la izquierda existe mayor comodidad visual y no se obliga a reajustar continuamente los ojos de un nivel alto de luminancia (tarea) a otro bajo como ocurre con la superficie actual de las mesas.

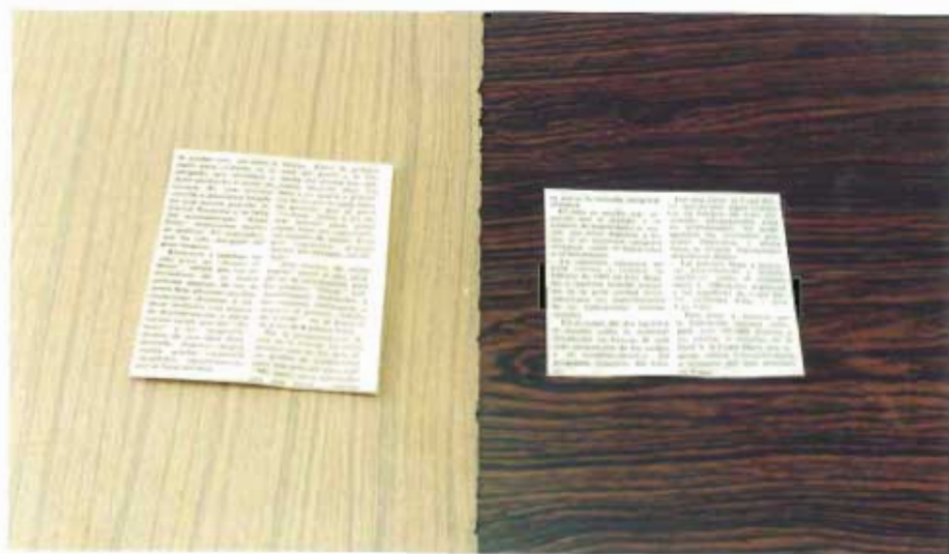


Figura 3.4.

Diferencias de contraste entre el fondo y la tarea para dos superficies de distinto color.

En este punto de diseño de la composición del Espacio se tiene - que calcular el flujo luminoso necesario, seleccionar la luminaria y calcular el número e intervalos entre luminarias, pero no se hará sino hasta ver las sugerencias dadas por el Carácter del Espacio y por el uso del mismo, es decir, se va a ver las interrelaciones entre las expresiones espacial, - psicológico y funcional, así también se hace uso del "Bucle de Control" para ajustar el diseño y adaptarlo a los demás sectores de diseño".

Composición Psicológica

De acuerdo a la figura 2.9., que es la continuación de la Expresión Psicológica, fig. 2.6., se tiene que escoger entre luminarias escondidas y luminarias expuestas. Se escoge entre las luminarias escondidas (empotradas o indirectas) por estar asociadas, en el gráfico, con la armonía del diseño arquitectónico y estructura del recinto, esto interesa, puesto - que :

"Los diseños serán más armoniosos psicológicamente si el alumbrado acentúa las características arquitectónicas del recinto". (14).

Entonces, se puede ya seleccionar la luminaria, Fig. 2.8., que en este caso será indirecta, por dos razones:

- 1.- La Expresión Espacial sugiere que la zona de énfasis sea el techo de la sala para dar sensación de mayor altura.

2.- La Composición Sicológica impone luminarias escondidas.

De esto se concluye que se necesita cornisas indirectas que irán junto a las vigas, para que el alumbrado acentúe las características arquitectónicas del recinto. De esta manera la sensación de calma que se requiere para la sala de Lectura (Expresión Sicológica) se acentúa, pues, el alumbrado indirecto provee una atmósfera uniforme y tranquila.

Volviendo a la Fig. 2.8., y una vez seleccionada la luminaria, se puede calcular el flujo luminoso necesario:

$$F = \frac{\text{Area} \times \text{Lux}}{\text{CU} \times \text{FP}} = \frac{11.6 \times 8,5 \times 660}{0.353 \times 0.523} = 352488 \text{ lúmenes}$$

se tiene que buscar las lámparas adecuadas que den este flujo luminoso. Los valores del coeficiente de utilización, CU, y del factor de pérdidas, FP, se justificarán después debidamente.

El número e intervalo entre luminarias viene dado por el número de vigas, las que tendrá dos cornisas indirectas a cada lado, con dos vigas centrales y dos semi-ocultas en los extremos de la sala dan un total de 6 cornisas y su intervalo será la distancia entre vigas (3.5 m).

Composición Funcional

Lo que se dice a continuación tiene que ver con la fig. 2.10., Fase del diseño.- Espacio Funcional.

En la Composición Espacial se eligió ya la lámpara, tipo y color; aquí, en la Composición Funcional, existe también esta elección de acuerdo a las sugerencias dadas por la Expresión Funcional (Fig. 2.7.). Para la selección definitiva de la lámpara y su color se hace la interrelación Composición Espacial ↔ Composición Funcional: la única sugerencia que dio el análisis de la Fig. 2.7., fue la de que en el recinto se necesita una aceptable reproducción de colores, requerimiento que se cumple con la lámpara "Luz del Día", elegida en la Composición Especial, pues, tiene un índice de rendimiento en color : $R_a = 75$ (15) que es considerado como bueno. (16). Se ratifica, nuevamente, la elección de la lámpara hecha anteriormente.

Siguiendo con la Fig. 2.10. se encuentra FC , Foot-Candles (Bujías-pié); de acuerdo a los cálculos hechos en la Expresión Funcional, el diseño requiere 660 lux, que son equivalentes a 61 bujías-pié. Puesto que la Composición Sicológica impone cornisas indirectas, se tiene que chequear si con seis de ellas, máximo número que se puede poner en la sala, se obtendrá los 660 lux requeridos.

Luego de cálculos tentativos previos se ha llegado a concluir que las lámparas fluorescentes, "Luz del Día", que se necesitan deben dar el mayor flujo luminoso posible; estas lámparas serán similares a las Sylvania - F96T12/D/VHO, Very High Output, que además existen en el mercado local, tienen 2.44 metros de longitud y dan 12400 lúmenes iniciales. (17).

En cada cornisa, de 8.5 metros de ancho, entrarán 3 lámparas, dando un total de 18. El nivel luminoso será entonces:

$$E_i = \frac{F \times CU \times FP}{Area} = \frac{18 \times 12400 \times 0.353 \times 0.526}{11.6 \times 8.5} = 420 \text{ lux}$$

faltarían 242 lux para completar los 660 lux requeridos.

240

La iluminancia faltante se puede proveer con una fila de luminarias directas, empotradas en el cielo raso falso, en la mitad de las cornisas indirectas, de esta manera, la combinación de los dos sistemas, directo e indirecto, dará el mejor resultado, pues, los efectos desfavorables de un sistema serán compensados por los favorables del otro.

Para hacer coincidir este diseño con ciertos requerimientos de la sala cuando se use como salón de baile, se utilizarán lámparas similares a las Sylvania de 40 W, Luz del Día, F40D, que dan 2650 lúmenes iniciales (18).

En los 8.5., metros de ancho de la sala, entran 6 luminarias de 2 x 40W, con tres filas dan en total 36 lámparas. El nivel de iluminancia que se obtendrá es:

$$E_d = \frac{F \times CU \times FP}{Area} = \frac{36 \times 2650 \times 0.426 \times 0.645}{98.6} = 266 \text{ lux}$$

La iluminancia total quedaría:

$E_r = E_i + E_d = (420 + 266) \text{ lux} = 686 \text{ lux}$ que son 26 lux más que el nivel requerido.

Estos valores de CU y FP se justificarán al final, conjuntamente con los de las luminarias indirectas.

Continuando con la fig. 2.10., se encuentra la Probabilidad de Confort Visual, VCP, como se dijo en el capítulo 2, evalúa el deslumbramiento directo. Las luminarias indirectas, indudablemente, carecerán de este tipo de deslumbramiento y probabilidad de deslumbramiento directo producido por las luminarias empotradas directas, se ve disminuído notablemente con la luz indirecta proveniente de las cornisas, puesto que:

" Quanto menor sea el contraste de luminancias entre la luminaria y el techo, tanto menor serán el deslumbramiento directo". (19).

esto garantiza un VCP de más del 70%, que es el valor recomendado para que no haya deslumbramiento directo.

En este diseño, no se calculará el VCP ni por el procedimiento amplio ni por el simplificado, explicados, no muy claramente, en el Manual del I.E.S., pues, ambos procedimientos requieren de datos muy complejos de las luminarias, imposible obtener de los fabricantes locales.

En Estados Unidos, por medio de computadora, se ha evaluado, para distintas disposiciones de luminarias, valores de VCP, es así como para una situación parecida a la que ve va a tener en la sala de lectura, han sido obtenidos los resultados que se pueden ver en la Fig. 3.5.

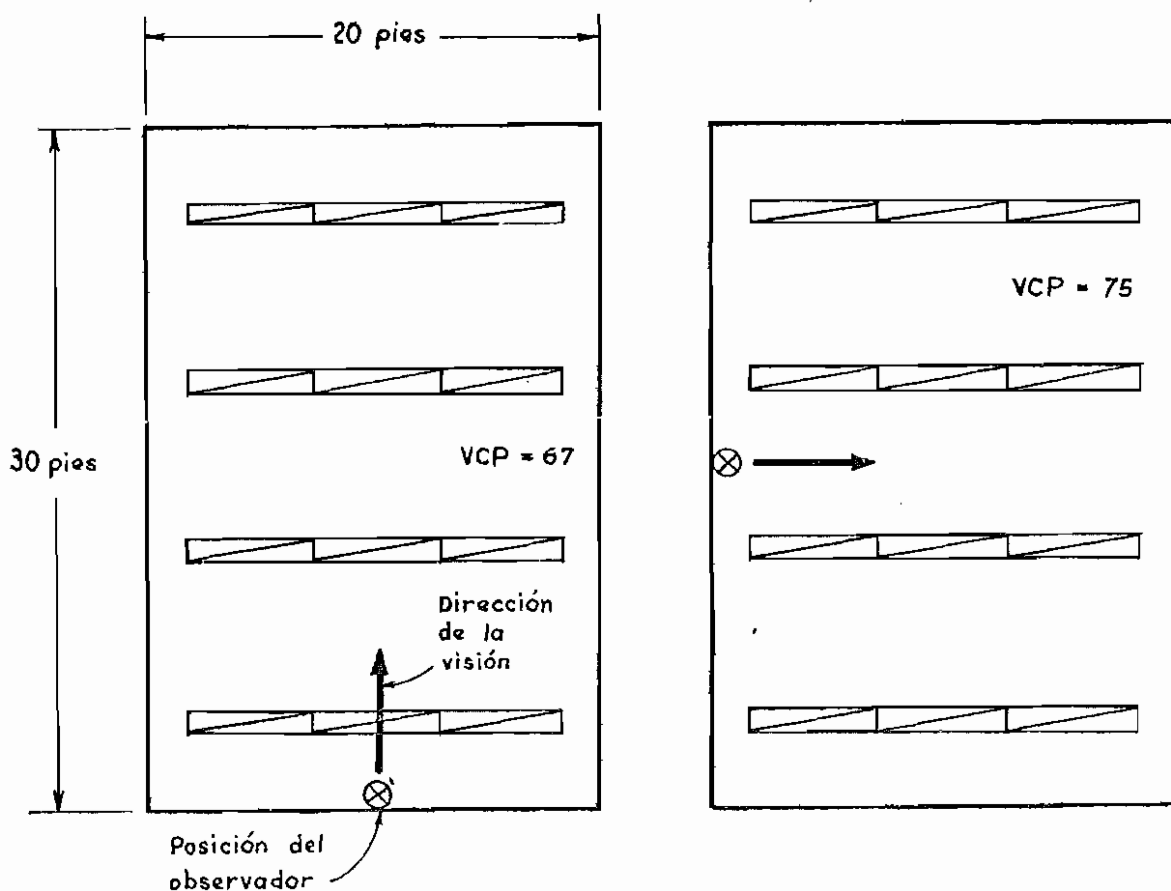


Figura 3.5.
Posibles Disposiciones de Luminarias
y Valores de VCP (20)

Se puede concluir entonces que la estimación hecha de que el VCP será más del 70%, es correcta, puesto que las luminarias usadas en la Fig. 3.5. son directas únicamente.

Continuando con la Fig. 2.10., se encuentra CRF, Factor de Respuesta de Contrastes, que será el adecuado si se cumplen con las condiciones dadas de luminancia, iluminancia, reflectancias, garantizando así una buena reproducción de contrastes.

Desde la fase del carácter se han escogido ya las luminarias y su coeficiente de utilización (CU) se justificará posteriormente.

La disposición de las luminarias ha sido también realizada, tanto para las directas como para las indirectas, por lo que es necesario hacer uso del bucle de realimentación para controlar la Iluminancia Esférica Equivalente. (ESI).

Se tendrá, una ESI adecuada cuando la relación

$$\text{LEF} = \frac{\text{ESI}}{E_t} \text{ se aproxime a la unidad o sea mayor que ella (21)}$$

Aquí:

LEF, Factor de Eficacia del Alumbrado (Lighting Effectiveness Factor)

ESI, Iluminancia Esférica Equivalente

E_t , Iluminancia de la tarea.

A través del gráfico 3.6., similar al 2.12., con la $E_t = 660 \text{ lux}$

(61.25 bujías-pié), se tiene que $RCS = 66$. Para el cálculo de \tilde{C} se asumió ya una pérdida de contraste del 5% (Ec. (C)) debido a las reflexiones por velo (CRF), efectos de deslumbramiento perturbador (DGF) y los efectos de adaptación momentánea (TAF) igual porcentaje de pérdida se asume para la sensibilidad de contraste (RCS), por las mismas razones entonces:

$$RCS_e = 0.95 RCS = 0.95 \times 66 = 62.7 \text{ (sensitividad de contraste relativa efectiva).}$$

Este valor de RCS_e corresponde en el gráfico 3.6. a una ESI de 42.5 bujías-pié (458 lux).

Es necesario el control de la ESI, puesto que se recomienda:

"El diseño debe continuar hasta que el valor de la ESI iguale o exceda E_r " (8)

Nuestra ESI (458 lux) es apenas mayor que E_r (455 lux), por lo que se considera que la ESI está correcta, aunque el LEF sea de:

$$LEF = \frac{ESI}{E_t} = \frac{458}{660} = 0.70$$

este valor de LEF significa que unicamente con el 70% de la iluminancia del diseño, $E_d = 660$ lux, es decir con 458 lux sería suficiente para la tarea visual, pero debe diseñarse para 660 lux para compensar los efectos de reflejos por velo, deslumbramiento perturbador y adaptación momentánea.

Valores altos de LEF es posible obtener en locales privados, en donde se puede evitar que haya luminarias encima y ligeramente delante del trabajador (zona ofensóra), fig. 3.7. , lo que no se puede hacer en la sa-

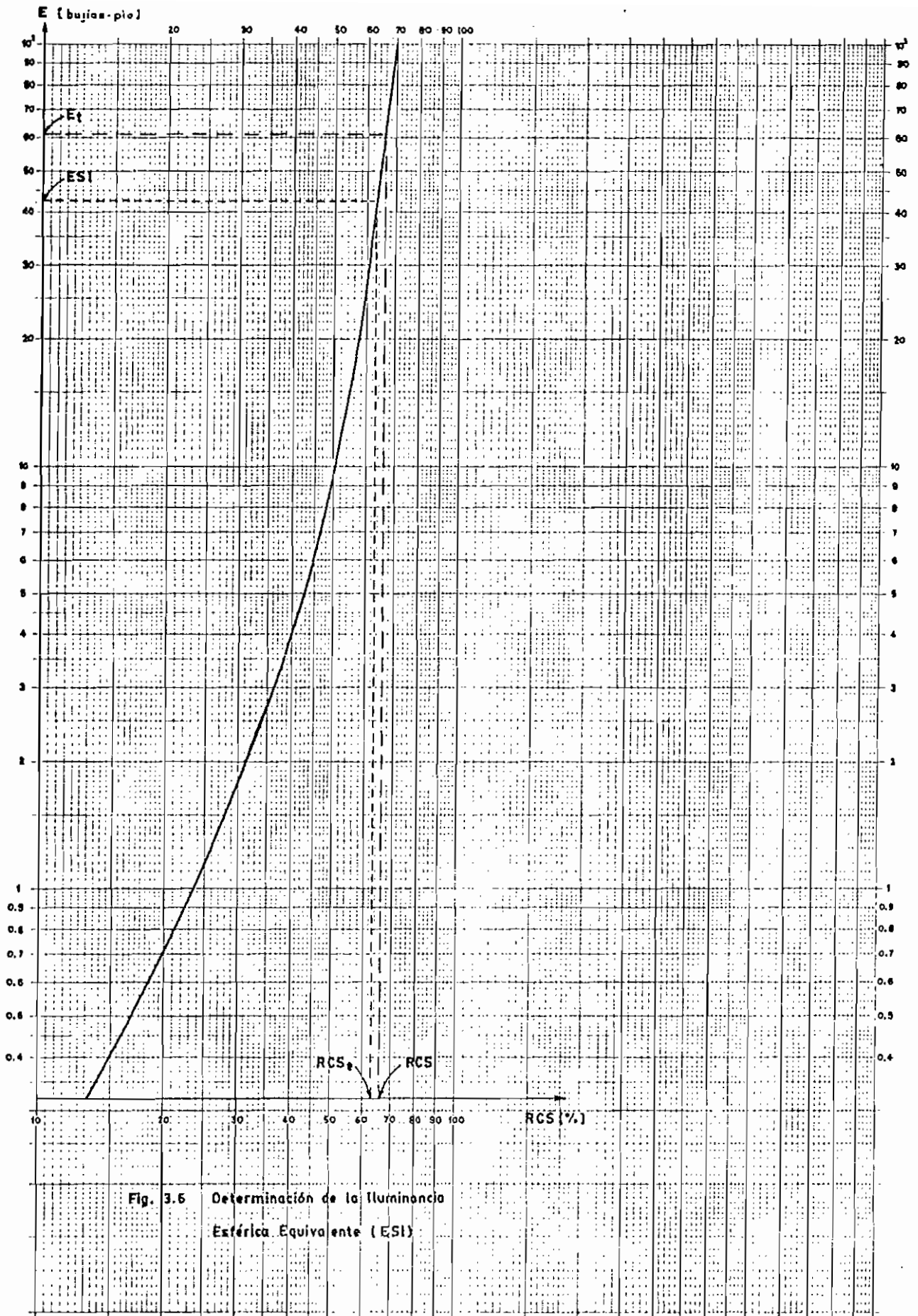


Fig. 3.5 Determinación de la Iluminancia Esférica Equivalente (ESI)

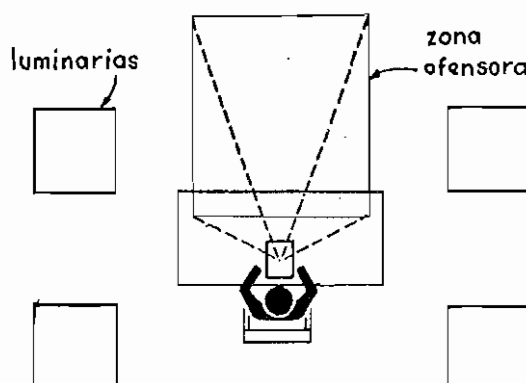


Figura 3.7.
Geometría de las reflexiones
por velo

la de lectura, porque:

"....., en las oficinas generales, clases, sala de dibujo, etc., la proximidad de personas y su orientación y dirección visual aleatorias hacen difícil o imposible colocar los puestos de trabajo de modo que no haya nunca para na die una luminaria en la zona ofensora". (21)

El diseño con el LEF más grande será el más efectivo en reducir el consumo eléctrico.

La figura 2.13., no se hace uso aquí puesto que en este diseño - los espacios de circulación y reposo no se han considerado.

Justificación de coeficientes de utilización (CU)

Los valores de coeficientes de utilización, empleados anteriormente, han sido extraídos del Manual del I.E.S. (22), tanto para las luminarias directas como indirectas. Se han hecho las siguientes consideraciones:

Luminarias directas:

- Se ha escogido la N° 33 (22) por tener rejilla difusora, lo que mantendrá el equilibrio térmico de la luminaria que es empotrada.
- La reflectancia del techo, ρ_c , se ha estimado como del 80%, porque también se utilizarán luminarias indirectas, que requieren la mayor reflectancia del techo.
- La reflectancia de la pared, ρ_w , para el color "marfil" actual es del 60%, pero la mayor reflectancia de la tabla de coeficientes de utilización es del 50%, quedando con este valor.
- La relación de cavidad del cuarto, RCR, se calculó así:

$$\begin{aligned} \text{RCR} &= \frac{5hc (1 + a)}{l \times a} \\ &= \frac{5 \times 2.3 (11.60 + 8.5)}{11.60 \times 8.50} \end{aligned}$$

$$\text{RCR} = 2.34$$

- Para la luminaria N° 33, con $\rho_c = 80\%$, $\rho_w = 50\%$ y $\text{RCR} = 2.34$ se puede ver en la pág. 34, Manual I.E.S., que el coeficiente de utilización corresponde a :

$$\text{CU} = 0.426$$

Luminarias Indirectas:

- La cornisa indirecta corresponde a la luminaria N° 45 (22)

- La reflectancia del techo, ρ_c , será del 80%, la mayor en la tabla de coeficientes de utilización.
- La reflectancia de la pared será del 50%, por la razón expuesta en las luminarias directas.
- El RCR será igual que el anterior : 2.34
- Para la luminaria N° 45, con $\rho_c = 80\%$, $\rho_w = 50\%$ y RCR = 2.34 se puede ver en la pág. 9.30, Manual I.E.S. que el coeficiente de utilización corresponde a:

$$CU = 0.353$$

Justificación de factores de pérdidas (FP)

Los valores de factores de pérdidas (FP), empleados anteriormente, para luminarias directas e indirectas, han sido calculados de la siguiente manera:

Pérdidas irrecobrables.

- Temperatura ambiente de la luminaria. (F_t).

Las lámparas fluorescentes normalmente se calibran fotométricamente a 25°C. Desviaciones significativas de esta temperatura, por encima o por debajo, pueden producir pérdidas sustanciales de la emisión luminosa, como se puede apreciar en la figura 3.8. Aquí se muestran los cambios en el rendimiento lumínico con la temperatura ambiente de las lámparas fluorescentes desnudas en aire calmado.

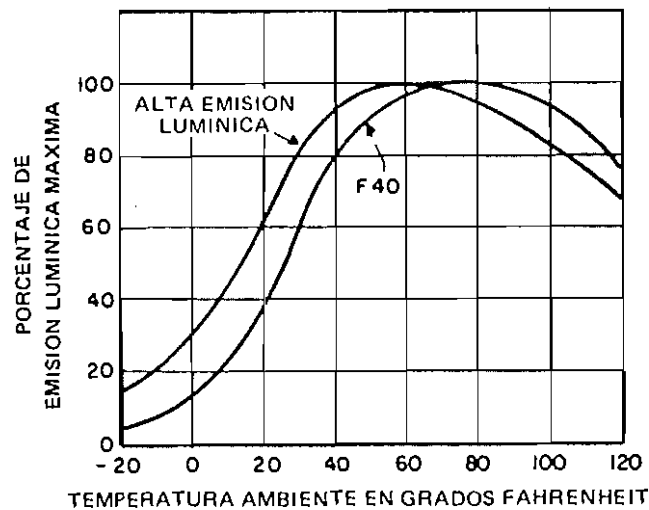


Figura 3.8.

Cambios en el rendimiento lumínico con la temperatura ambiente de las lámparas fluorescentes desnudas en aire calmado (23)

Considerando una temperatura ambiente media de 15°C (60°F), se tiene:

Para las luminarias directas, que utilizan lámparas F40, el factor de pérdidas por temperatura será: 0.98

Para las luminarias indirectas, que utilizan lámparas VHO, alta emisión lumínica, el factor de pérdidas por temperatura será: 1.00

$$F_t = 1.00 \text{ (indirectas)} \quad F_t = 0.98 \text{ (directas)}$$

- Voltaje nominal de la luminaria (F_v)

La tensión de servicio es difícil de predecir, pero se asume que las luminarias se alimentan con voltaje nominal, entonces el factor de pérdi

didadas será 1.0 para los dos tipos luminarias.

$$F_v = 1.00$$

- Factor de balasto (F_b)

Las especificaciones de la "Certified Ballast Manufacturers Association" para lámparas fluorescentes requieren una reactancia tal que haga trabajar a la lámpara al 95% de la emisión luminosa que proporciona cuando trabaja con una reactancia patrón, entendiéndose por esta a una de laboratorio usada por los fabricantes para establecer los valores nominales de la lámpara. Entonces el factor de balasto, para ambos tipos de luminarias será del 95%.

$$F_b = 0.95$$

- Depreciación de la superficie de la luminaria (F_c)

En el ambiente no hay vapor corrosivo, vapor de aire que podrían desgastar la superficie de la luminaria, se considera entonces este factor como 1.0, para las luminarias directas e indirectas.

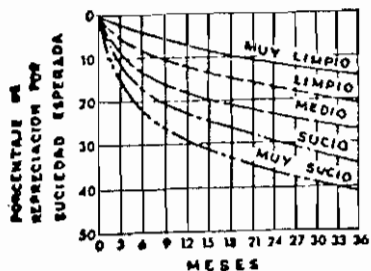
$$F_c = 1.00$$

Pérdidas recobrables

- Depreciación por suciedad de la superficie del cuarto. (F_{sc})

Para evaluar este factor se utiliza la Fig. 3.9.

Primeramente se evalúa el Porcentaje de Depreciación Esperada por Suciedad con: el período de limpieza y el ambiente al que pertenece el local. Luego, con este porcentaje, el tipo de distribución de la luminaria y el RCR se ve el F_{sc} .



Porcentaje de depreciación por suciedad esperada	Tipo de distribución de la luminaria																			
	Directa				Semi-Directa				Direct-Indirecta				Semi-Indirecta				Indirecta			
	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
Relación de Cavidad del cuarto																				
1	.98	.96	.94	.92	.97	.92	.89	.84	.94	.87	.80	.76	.94	.87	.80	.73	.90	.80	.70	.60
2	.98	.96	.94	.92	.96	.92	.88	.83	.94	.87	.80	.75	.94	.87	.79	.72	.90	.80	.69	.59
3	.98	.95	.93	.90	.96	.91	.87	.82	.94	.86	.79	.74	.94	.86	.78	.71	.90	.79	.68	.58
4	.97	.95	.92	.90	.95	.90	.85	.80	.94	.86	.79	.73	.94	.86	.78	.70	.89	.78	.67	.56
5	.97	.94	.91	.89	.94	.90	.84	.79	.93	.86	.78	.72	.93	.86	.77	.69	.89	.78	.66	.55
6	.97	.94	.91	.88	.94	.89	.83	.78	.93	.85	.78	.71	.93	.85	.76	.68	.89	.77	.66	.54
7	.97	.94	.90	.87	.93	.88	.82	.77	.93	.84	.77	.70	.93	.84	.76	.68	.89	.76	.65	.53
8	.96	.93	.89	.86	.93	.87	.81	.75	.93	.84	.76	.69	.93	.84	.76	.68	.88	.76	.64	.52
9	.96	.92	.88	.85	.93	.87	.80	.74	.93	.84	.76	.68	.93	.84	.75	.67	.88	.75	.63	.51
10	.96	.92	.87	.83	.93	.86	.79	.72	.93	.84	.75	.67	.92	.83	.75	.67	.88	.75	.62	.50

Figura 3.9.

Factores de depreciación por Suciedad de la Superficie del cuarto

Entre los cinco grados de condiciones de suciedad se considera a la sala de lectura en la categoría "limpio" y estimando que las lámparas, paredes, techos se limpian cada 12 meses, la Depreciación Esperada por Suciedad es del 18%. Con este valor y para RCR = 2.34, ya calculado, se ve en el gráfico 3.9., que, para la luminaria directa, el factor de depreciación por suciedad de la superficie del cuarto es 0.975 y para la indirecta 0.88.

$$F_{sc} = 0.975 \text{ (directas)} \quad F_{sc} = 0.88 \text{ (indirectas)}$$

- Factor de lámparas quemadas. (F_q).

Un porcentaje razonable de disminución de flujo luminoso, por lám-

para quemadas, podría ser el 5%, entonces el factor de lámparas quemadas, F_q , sería 0.95. Este valor corresponde al 60% de la vida nominal de las lámparas (Fig. 3.10.)

$$F_q = 0.95$$

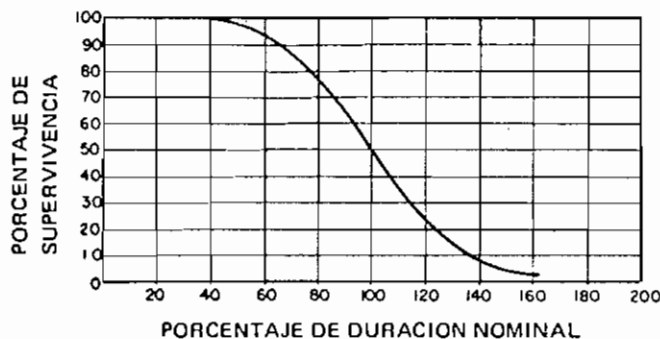


Figura 3.10.

Curva típica de esperanza de duración y de mortalidad para las lámparas fluorescentes (23)

- Depreciación de lúmenes de la lámpara (F_1)

Considerando que las lámparas trabajarán 3000 horas por año y 5 horas por arranque, las lámparas F40 (directas) durarían aproximadamente 20000 horas, unos 7 años y los VHO (indirectas) durarían 10000 horas, unos 3 años y medio, como se puede ver en la fig. 3.11.

Tipo de lámpara	Horas por arranque					
	3	6	10	12	18	Continuo
De precalentamiento de 40W	12,000	14,000	17,000	18,000	20,000	22,500
De arranque rápido de 40W	18,000	22,000	25,000	26,000	28,500	34,000
De alta emisión lumínica	12,000	14,000	17,000	18,000	20,000	22,500
De muy alta emisión lumínica	9,000	11,300	13,500	14,400	16,200	22,500
Slimline (96T12)	12,000	14,000	17,000	18,000	20,000	22,500

Figura 3.11.

Promedio de duración en horas de las lámparas fluorescentes a distintos ciclos de encendido (23)

Si no se quiere que el flujo luminoso disminuya más del 5%, por lámparas quemadas, entonces se tienen que cambiar todas las lámparas cuando transcurra el 60% de su vida nominal, es decir:

Para lámparas F40,

$$20000 \text{ horas} \times 0.60 = 12000 \text{ horas}$$

$$\frac{12000 \text{ horas}}{3000 \text{ horas/año}} = 4 \text{ años}$$

las lámparas F40 se cambiarían cada 4 años.

Para las lámparas VHO, se cambiarían cada 2 años, pues, su vida nominal es la mitad de las F40.

La ^{ca}depraección por flujo luminoso se ve en la fig. 3.12. con el 70% del tiempo que las lámparas estarán instaladas (25).

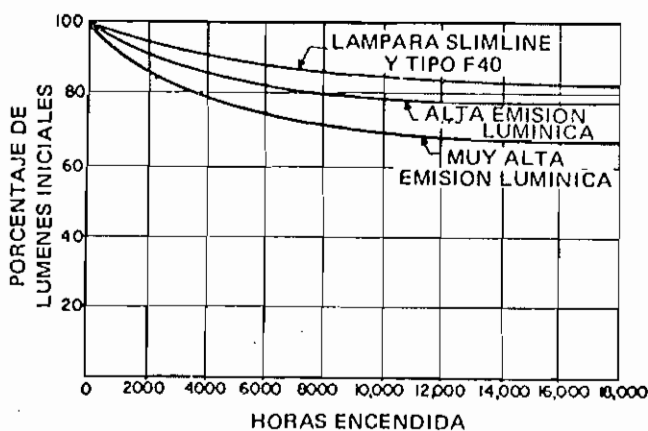


Figura 3.12.

Mantenimiento de lúmenes aproximado de varios tipos de lámparas fluorescentes (23)

Para las lámparas F40:

$$12000 \text{ horas} \times 0.70 = 8400 \text{ horas}$$

$$8400 \text{ h} \Rightarrow F_1 = 0.85 \text{ (directas)}$$

Para las lámparas VHO:

$$6000 \text{ horas} \times 0.70 = 4200 \text{ horas}$$

$$4200 \text{ h} \Rightarrow F_1 = 0.78 \text{ (indirectas)}$$

Depreciación por suciedad de la luminaria.- (F_{s1})

Para evaluar este factor hay que valerse de la fig. 3.13.

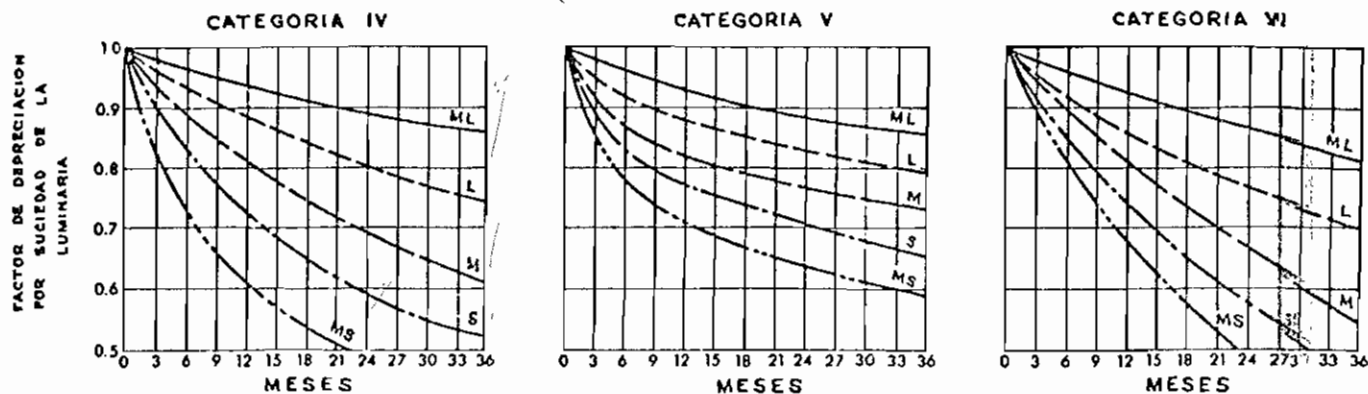


Figura 3.13.

Factores de depreciación por suciedad de la luminaria para tres categorías de luminarias y cinco grados de suciedad (26)

La sala ha sido ya considerada en el ambiente "limpio"

Las luminarias directas e indirectas pertenecen a las categorías IV y VI, respectivamente. Esta clasificación consta en las tablas de coeficientes de utilización.

Considerando una limpieza anual tenemos:

$$F_{s1} = 0.85 \quad , \quad \text{para las luminarias indirectas}$$

$$F_{s1} = 0.88 \quad , \quad \text{para las luminarias directas}$$

Los factores de perdidas totales serían:

$$FP = F_t \times F_v \times F_b \times F_c \times F_{sc} \times F_l \times F_q \times F_{s1}$$

$$FP_i = 1.00 \times 1.0 \times 0.95 \times 1.0 \times 0.88 \times 0.78 \times 0.95 \times 0.85$$

$$FP_i = 0.526 \quad (\text{luminarias indirectas})$$

$$FP_d = 0.98 \times 1.0 \times 0.95 \times 1.0 \times 0.975 \times 0.85 \times 0.95 \times 0.88$$

$$FP_d = 0.645 \quad (\text{luminarias directas})$$

Costo:

Todas las trayectorias de diseño (espaciales, sicológicas, funcionales) llevan a la fase de evaluación (fig.2.14.), de esta manera, al considerar el costo del alumbrado, se tiene una idea aproximada del valor económico de la solución tecnológica a la que se ha llegado.

Una evaluación casi completa se obtendrá si se llena el siguiente cuadro:

Figura 3.14.
Costo del Alumbrado (27)

SISTEMA DE ALUMBRADO	DIRECTO	INDIRECTO
<p>Descripción de los sistema de alumbrado:</p> <p>1.- Tipo de lámpara</p> <p>2.- Descripción de la lámpara</p> <p>3.- Tipo de luminaria</p> <p>4.- Número de lámparas por luminaria</p>	<p>Fluorescente</p> <p>F40D</p> <p>Empotrada</p> <p>2</p>	<p>Fluorescente</p> <p>F96T12/D/VHO</p> <p>Cornisas</p> <p>3</p>
<p>Datos básicos:</p> <p>5.- Emisión luminosa inicial por luminaria</p> <p>6.- Vida de la lámpara</p> <p>7.- Potencia por luminaria en vatios (incluyendo el equipo auxiliar)</p> <p>8.- Coeficiente de utilización</p> <p>9.- Factor de mantenimiento</p> <p>10.- Número de luminarias</p> <p>11.- Nivel luminoso medio mantenido (lux)</p> <p>12.- Costo de la energía (s/. por KW-H)</p> <p>13.- Horas estimadas de servicio por año</p>	<p>5300 lum</p> <p>12000 horas</p> <p>94</p> <p>0.426</p> <p>0.645</p> <p>18</p> <p>266</p> <p>1,40</p> <p>3000</p>	<p>37200 lum</p> <p>6000 horas</p> <p>450</p> <p>0.353</p> <p>0.526</p> <p>6</p> <p>420</p> <p>1.40</p> <p>3000</p>
<p>Costo Inicial:</p> <p>14.- Costo neto de cada luminaria</p> <p>15.- Costo estimado de los conductores y de instalación por cada luminaria(28)</p> <p>16.- Costo inicial neto por cada lámpara</p> <p>17.- Costo inicial neto de las lámparas por cada luminaria (4 x 16)</p> <p>18.- Costo inicial total por luminaria (14 + 15 + 17)</p> <p>19.- COSTO INICIAL TOTAL (10 x 18)</p>	<p>500</p> <p>250</p> <p>100</p> <p>200</p> <p>950</p> <p>17100</p>	<p>300</p> <p>650</p> <p>200</p> <p>600</p> <p>1550</p> <p>9300</p>

SISTEMA DE ALUMBRADO	DIRECTO	INDIRECTO
Cargas anuales fijas		
20.- Costo inicial por luminaria sin lámpara (14 + 15)	750	950
21.- Costo inicial total sin lámparas (10 x 20)	13500	5700
22.- CARGAS ANUALES FIJAS (8% de 21)	10800	4560
Costo anual de operación:		
23.- Número anual de lámparas reemplazadas (4 x 10 x 13 ÷ 6)	9	9
24.- Costo anual de reposición de lámparas (16 x 23)	900	1800
25.- Costo anual de partes reemplazadas (cebadores, etc.)	100	100
26.- Costo total anual del material de reposición (24 + 25)	1000	1900
27.- Costo estimado de la mano de obra para reemplazar una lámpara	30	30
28.- Costo total de la mano de obra de reposición de lámpara (23 x 27)	270	270
29.- Costo estimado de la limpieza por luminaria	50	150
30.- Número de limpiezas por año	1	1
31.- Costo anual de limpieza (10x29x30)	900	900
32.- Costo anual total del trabajo de mantenimiento (28 + 31)	1170	1170
33.- Costo anual total de mantenimiento	2170	3070
34.- Costo anual de la energía (7x10x12x13+1000)	7106.40	11340
35.- COSTO TOTAL ANUAL DE CONSERVACION (33 + 34)	9276.40	14410
Costo Total		
36.- COSTO ANUAL TOTAL (22+35)	20076.40	18970
37.- Costo anual por lux (36+11)	75.48	45.17

Análisis del costo

Se puede pensar que el costo total es un tanto excesivo, sin embargo, el diseño del alumbrado busca una calidad óptima, lo que justifica el valor de la instalación.

La solución económica a la que se ha llegado se considerará aceptable si se toma en cuenta que existe el compromiso formal de una importadora local de materiales de alumbrado de proveer, gratuitamente, del material indispensable para la instalación, de esta forma, todos los costos iniciales - (numerales 19, 20 y 21 de la Fig. 3.14.) se reducen prácticamente a cero, - llegando así a una solución óptima en costo y calidad.

Siguiendo con la Fig. 2.14., se encuentra la integración acústica y térmica, la primera se desarrolla en la sección 3.5., y la segunda se empleará cuando se utilicen luminarias integradas (para climatización), que no es este caso.

3.2. DISEÑO DE LA ILUMINACION PARA BAILE Y REUNIONES INFORMALES

3.2.1. Consideraciones

En una sala de baile o de reuniones informales no se realiza ninguna tarea visual importante por lo que no se aplicará, obviamente, el sistema unificado, pero se aprovechará de sus ideas principales para aplicarlas en el diseño del alumbrado.

Es necesario entonces enunciar los principales requerimientos de calidad en este tipo de recintos para luego realizar los cálculos necesarios tendientes a cubrir las necesidades de cantidad.

En una sala de baile se requiere:

- Ambiente cálido. Sicológicamente este tipo de atmósfera es estimulante e incita a la conversación.
- La iluminación ha de crear una sensación de amplitud, lujo y festividad.
- Luces brillantes, para que den al recinto la festividad que se requiere y a las joyas de las mujeres el esplendor necesario.
- Atractiva reproducción de los colores.
- Los trajes de los hombres, especialmente los vestidos de fiesta de las mujeres resaltarán muy ventajosamente con lámparas que den una atractiva reproducción de colores.
- Luz no uniforme. En salas de baile el contraste producido por las variaciones de niveles luminosos ayuda a crear una atmósfera agradable.
- El nivel de iluminancia no ha de ser muy elevado.

Todas estas consideraciones llevan a que el alumbrado se realice con el -

criterio único de confort y placer visuales en beneficio de los que ocupan la sala.

3.2.2. Diseño

En este diseño del alumbrado, para baile o reuniones informales, no es necesario aplicar el método IES o el sistema Philips en vista de que en estos recintos no se realizan tareas visuales importantes además que no se requiere de iluminación uniforme. Como está ya diseñado el alumbrado para lectura y conferencias, que tiene prioridad por ser este su uso normal, la iluminación para baile, uso eventual de la sala, tendrá que adaptarse al diseño ya realizado, tomando en cuenta las consideraciones hechas últimamente.

Para asegurar que se tendrá el nivel requerido de iluminación en la sala de baile, se harán únicamente dos cálculos: del factor de pérdidas (FP) y el del nivel de iluminancia (E).

Entonces, tomando en cuenta los requerimientos mencionados:

- Un ambiente cálido se obtiene, obviamente, con luces cálidas: incandescentes o fluorescentes con reproducción espectral en los rojos, naranjas y amarillos; estos colores, posiblemente por ser asociados con el fuego, producen una sensación de calor y son lo que pudiera llamarse "colores que acercan".
- Las luces brillantes necesarias para crear una atmósfera de alegría y festividad serán únicamente las incandescentes: reflectores, proyectores, o focos normales claros.
- La atractiva reproducción de colores exigida para la sala de baile se puede obtener con lámparas incandescentes las que tienen un índice de rendimiento

en color $R_a = 98$ (29) o con lámparas fluorescentes del tipo "de lujo" que tienen en un $R_a \geq 85$.

- El nivel recomendado de iluminación para salas de baile es de 150 lux (30).

Se deduce entonces la necesidad de usar lámparas incandescentes, las que, para adaptarse el diseño anterior (lectura y conferencias), irán entre luminarias fluorescentes empotradas directas y en igual forma que éstas. Si se utilizara cualquier otro tipo de luminaria para las lámparas incandescentes, que no sean las empotradas directas, afectará la distribución del flujo luminoso de las fluorescentes adjuntas.

Si bien con las lámparas incandescentes directas se está satisfaciendo varios requerimientos: ambiente cálido, atractiva reproducción de colores, luces brillantes, lamentablemente producen sombras duras y contrastes demasiado fuertes.

Además con el alumbrado directo solamente, no es fácil conseguir en una sala un buen efecto de espacio. Se puede contrarrestar estas desventajas del alumbrado directo, con el indirecto y *viceversa*, como en el diseño anterior.

Con el alumbrado indirecto se obtendrá las siguientes ventajas:

- Se suavizan las sombras duras del directo.
- La sensación de amplitud y espacio necesarios para cuando la sala esté llena de gente, se satisface al iluminar el techo de la sala.
- Colocando en las cornisas, junto a las vigas, las lámparas fluorescentes adecuadas para combinarse con las incandescentes se obtendrá un disño más armonioso psicológicamente.

- Se disminuye grandemente la posibilidad de deslumbramiento directo.

Con las cornisas indirectas no se cumplen ciertos requerimientos para la sala de baile como son: luces brillantes y luz no uniforme, desventajas que se compensan con las luces incandescentes. Los restantes requerimientos como: ambiente cálido y reproducción de colores atractivos se cumplen con las lámparas fluorescentes que en la sección 5.6.5. se consideran como óptimas para mezclarse con las incandescentes, pero, lamentablemente, este tipo de lámparas no importa el país, por lo que no se los utiliza en el presente diseño, recurriéndose entonces a las lámparas fluorescentes que se complementan adecuadamente, aunque no óptimamente, con las incandescentes: Blanco o Blanco de Lujo (Philips) o Blanca-Fresco (Sylvania) que tienen la ventaja de existir en el mercado local. El ambiente cálido requerido se cumple con estas lámparas, pues, sus curvas de distribución espectral tienen énfasis en los amarillos y anaranjados y en menor grado en los rojos. Para cumplir con el requerimiento de que haya en la sala una reproducción de colores atractiva se elige la lámpara Blanca de Lujo que tiene un $R_a = 87$ (29) mientras los otros dos tienen el $R_a = 67$ (29)

Coeficientes de Utilización

Para las luminarias indirectas, por el diseño anterior, se sabe que es igual a 0.353.

Las luminarias incandescentes directas, en el Manual del I.E.S., - Pág. 9-14, tablas de coeficientes de utilización, con la luminaria N° 5 y - los valores conocidos de : $RCR = 2.34$, reflectancia del techo 80%, reflectancia de paredes 50% se puede ver que su $CU = 0.98$

3.2.3. Cálculo del factor de pérdidas

Para las luminarias indirectas se calculó ya en el diseño anterior y es $FP = 0.526$.

Para las luminarias incandescentes directas el factor de pérdidas se calculará de acuerdo a las disposiciones del Manual del I.E.S. (31) de la siguiente manera:

- Temperatura ambiente de la luminaria (F_t).

La temperatura no influye mayormente en el rendimiento de una lámpara incandescente.

$$F_t = 1.0$$

- Voltaje nominal de la luminaria (F_v)

Como es bastante difícil predecir el voltaje de servicio de la sala se asume como la unidad

$$F_v = 1.0$$

- Factor de balasto (F_b)

Las lámparas incandescentes no necesitan de balasto

$$F_b = 1.0$$

- Depreciación de la superficie de la luminaria (F_c)

En el ambiente no hay vapor corrosivo o vapor de aire que podrían desgastar la superficie de la luminaria

$$F_c = 1.0$$

Pérdidas recobrables

- Depreciación por suciedad de la superficie del cuarto (F_{sc}) siendo luminarias directas su valor fue ya calculado en el diseño anterior.

$$F_{sc} = 0.975$$

- Factor de lámparas quemadas (F_q)

Se puede considerar una disminución del 5% en el flujo luminoso por lámparas quemadas, similar al considerado en el diseño para lectura y conferencias.

$$F_q = 0.95$$

- Depreciación de lúmenes de la lámpara (F_l)

Según la última consideración, no se quiere que el flujo luminoso disminuya más del 5% por lámparas quemadas, esto significa, de acuerdo a la figura siguiente, que se tiene que cambiar todas las lámparas incandescentes cuando transcurra el 60% de su vida nominal.

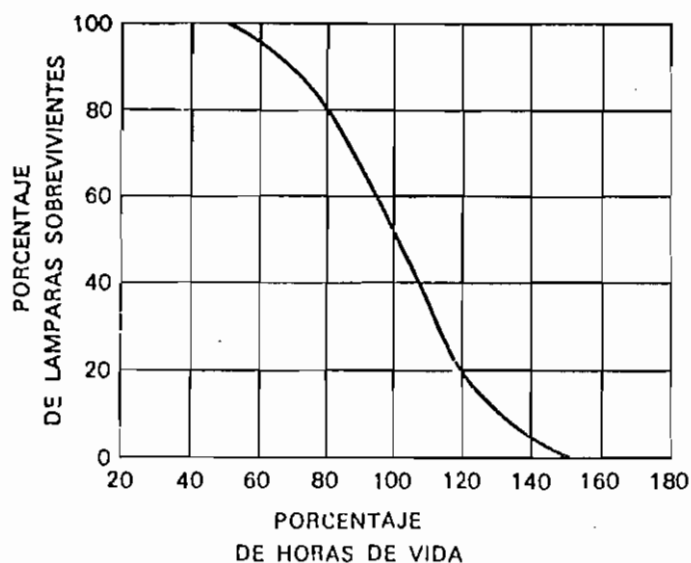


Figura 3.15.

Gama de las curvas típicas de caducidad de las lámparas incandescentes (32)

La vida media de una lámpara incandescente se estima en 1000 horas, se cambiarían entonces todas a las 600 horas de uso.

Estimando que cada 15 días habrán reuniones sociales informales o en su defecto bailes, con 10 horas de uso por reunión se tiene que anualmente este sistema de alumbrado se usará 243 horas.

Las lámparas incandescentes se cambiarán después de :

$$1000 \text{ h} \times 0.60 = 600 \text{ horas de uso}$$

$$\frac{600 \text{ h}}{243\text{h/año}} = 2.5 \text{ años}$$

Por el diseño de la sala para lectura y conferencias se sabe que la depreciación del flujo luminoso es el 70% del tiempo que las lámparas - estarán instalads, esto equivale al 70% de las 600 horas, es decir, al $0.7 \times 0.6 = 0.42$ de su vida nominal. Con este porcentaje del 42% y en la figura siguiente se puede ver que la depreciación de lúmenes de la lámpara es 0.92.

$$F_1 = 0.92$$

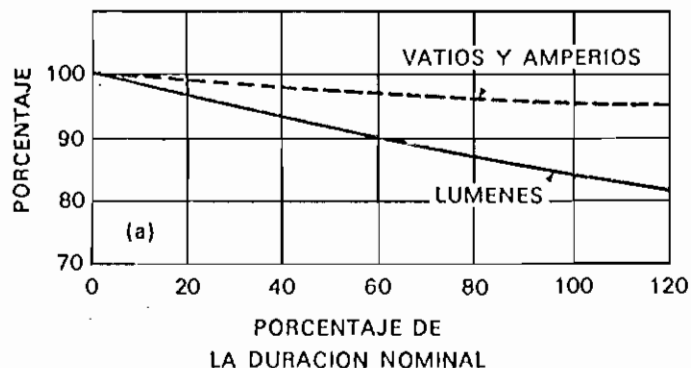


Figura 3.16.

Porcentaje de la Duración Nominal (32)

- Depreciación por suciedad de la luminaria (F_{s1})

De acuerdo a la tabla de coeficientes de utilización, Manual del I.E.S.; la luminaria N^o 5, elegida para usarse con las lámparas incandescentes, pertenece a la categoría IV. Para esta categoría de luminaria se calculó ya en el diseño anterior el F_{s1} , a través de la Fig. 3.11., estimando una limpieza anual. El valor de la depreciación por suciedad de la luminaria es igual a:

$$F_{s1} = 0.88 \quad \text{para las luminarias directas.}$$

El factor de pérdidas total, para las luminarias incandescentes directas sería:

$$\begin{aligned} FP &= F_t \times F_v \times F_b \times F_c \times F_{sc} \times F_q \times F_l \times F_{s1} \\ &= 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.975 \times 0.95 \times 0.92 \times 0.88 \\ FP &= 0.75 \end{aligned}$$

3.2.4. Cálculos del nivel de iluminación

Como se dijo, una sala de baile requiere de un nivel de iluminación de 150 lux. Esta cantidad se obtendrá con las cornisas indirectas y las luminarias incandescentes directas.

Hay que considerar que durante alguna reunión social o baile, será necesario regular el flujo luminoso para crear algún ambiente especial apropiado para el momento que se tenga en la sala. Es suficiente tener atenuación únicamente en las lámparas incandescentes (que no presentan problemas para regular su flujo luminoso), pues, instalar otro sistema de atenuación para lámparas fluorescentes, a más del considerado ya para conferencias, re

sultaría anti-económico, porque el costo del sistema en sí es alto.

En la sección 3.2.2., se deduce que la lámpara fluorescente adecuada para combinarse con la incandescente es alguna similar a la "Blanca de Lujo". En cada cornisa de 8.5 m. de ancho, entrará 6 lámparas de 40 W teniendo en total:

$$6 \times 6 = 36 \text{ lámparas TL } 40W/34$$

sabiendo que cada lámpara da 1900 lúmenes (33) se tiene que el nivel luminoso que proporciona el alumbrado indirecto es:

$$E = \frac{F \times CU \times FP}{\text{Area}}$$

$$E_i = \frac{36 \times 1900 \times 0.353 \times 0.526}{98.60}$$

$$E_i = 128 \text{ lux}$$

Como se puede ver, de los 150 lux requeridos para la sala de baile, el 85% lo provee el alumbrado indirecto, esto hará que se tenga una atmósfera bastante uniforme (quietud), lo que no favorecerá absolutamente al ambiente que se debe tener en un salón de baile.

Para bajar el nivel de iluminación del alumbrado indirecto, se podrá colocar la lámpara en una posición especial dentro de la cornisa y cubrirla con algún difusor grueso, de manera que el nivel de iluminación baje a unos 50 lux. La recomendación a este respecto consta en el capítulo 8.

Los restantes 100 lux, necesarios para completar los 150 lux requeridos, se provee del alumbrado directo. Colocando las luces incandescentes

entre las seis luminarias fluorescentes empotradas directas (diseño para lectura y conferencias) y que tiene cada una de las tres filas, se obtiene 5 luces en cada fila, dando un total de 15 lámparas incandescentes.

La lámpara que puede proporcionar el adecuado nivel de iluminación faltantes es el reflector de 100 W que da 1025 lúmenes (7). Con las 15 luces incandescentes se tendrá que:

$$E_d = \frac{15 \times 1025 \times 0.98 \times 0.75}{98.60}$$

$$E_d = 114 \text{ lux}$$

La iluminación total es: $E_r = E_i + E_d = (114 + 50) \text{ lux} = 164 \text{ lux}$ este nivel es un poco mayor que el recomendado, pero es preferible porque se recomienda que inicialmente se debe proyectar para una iluminación mayor que la requerida (8).

3.2.5. Diagrama

En la figura 3.17., se puede apreciar objetivamente la ubicación de los focos incandescentes, así como de las lámparas Blanco de Lujo, con relación al anterior diseño (lectura y conferencias). Se ve únicamente el sector central, los otros dos sectores de los extremos son similares. Para una idea más clara de la ubicación y colocación de las lámparas dentro de las cornisas hay que referirse a la Fig. 8.2.

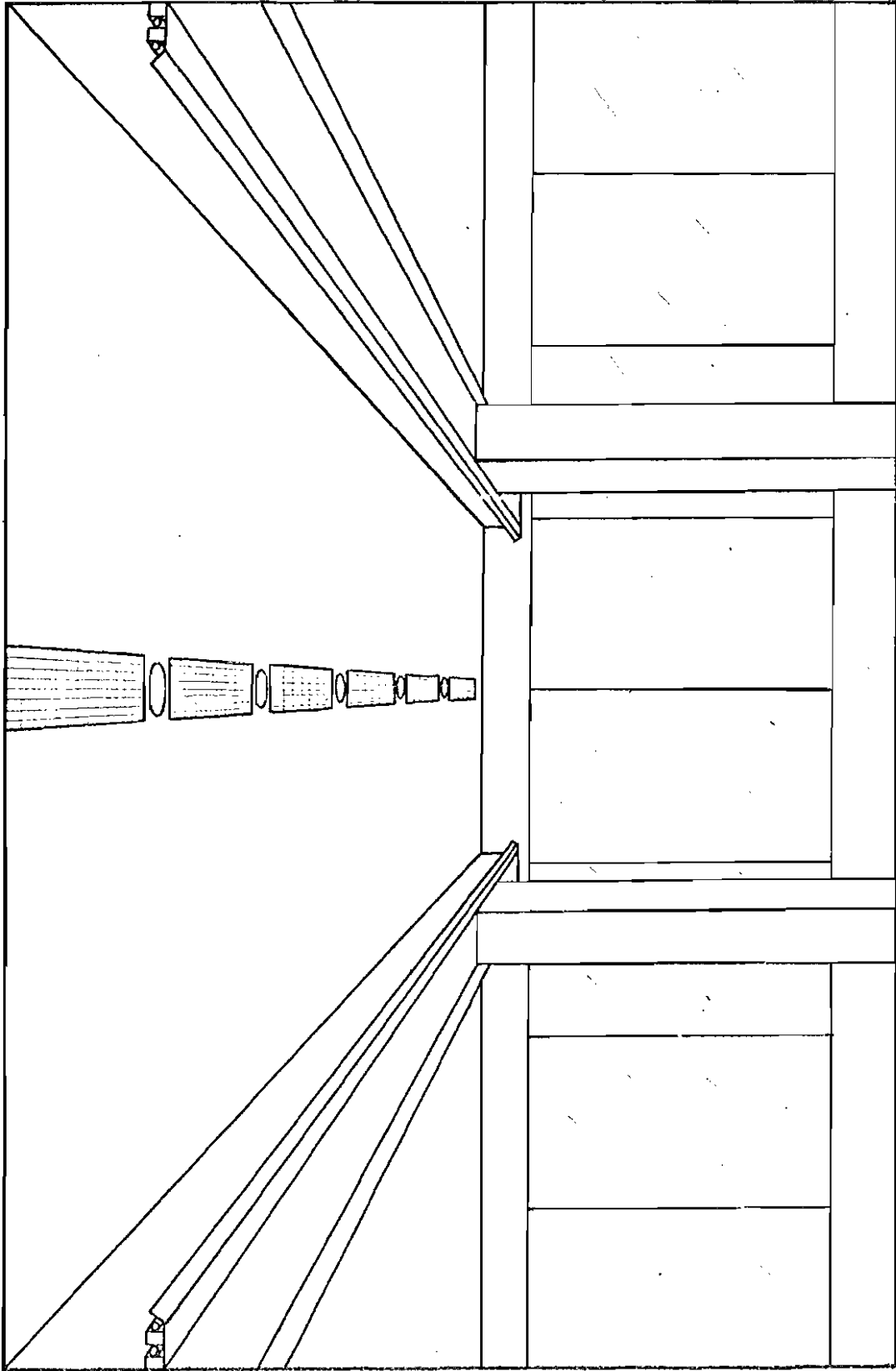


Fig. 3.17 Perspectiva de un sector de la sala con el alumbrado para lectura y conferencias y para reuniones informales.

3.3. DISEÑO DE LA ILUMINACION PARA PRESENTACIONES ARTISTICAS

El alumbrado de escenarios se ha desarrollado desde el uso de la luz natural en teatros al aire libre (Grecia), pasando al uso de velas, - lámparas de gas y arco de carbón en teatros interiores, hasta la utilización actual del computador para el control de las luces. Este sistema se denomina Q-File (36) y consiste en ir grabando, durante los ensayos, en una pequeña computadora, todo el plan de luces de la obra teatral y que - durante la presentación misma únicamente se va recordando secuencialmente por una persona que opera una consola de 61 cm.².

3.3.1. Consideraciones

En el alumbrado de un escenario no se pueden usar el sistema tradicional de diseño y tampoco el sistema unificado, porque es iluminación que tiene características propias y particulares y responde a exigencias de cantidad y calidad que no son las que se han mencionado anteriormente para el alumbrado interior. El escenario que se trata de iluminar es provisional por cuanto la sala tiene fines múltiples, es por esto que se ha elegido como eventual escenario las tarimas existentes en las aulas, que - si se colocan en número de dos, a lo ancho de la sala y junto a la pared, obtendremos un área de actuación de aproximadamente 7.5 m² (1.5m. x 5m.). El tablado se ve limitado a estas dimensiones por el tamaño de la sala, - un tanto pequeña.

En este escenario no se va a montar grandes obras teatrales, por razones obvias, sino que servirá para disertaciones, presentaciones artís

ticas, obras de teatro de pequeña magnitud, etc. Como la sala sirve también para conferencias, se podrá aprovechar el alumbrado escénico para dar la iluminación adicional que requiere la pizarra en una conferencia.

Un escenario de un teatro grande, para presentaciones artísticas de magnitud, requiere así mismo de equipos de iluminación muy sofisticados. Es así que para un escenario promedio se necesitan aproximadamente 51 instrumentos (37) entre reflectores elipsoidales, reflectores parabólicos, luces spot (*), luces flood (**), etc.

Para alumbrar el pequeño escenario que se ha pensado montar, se usarán los criterios básicos que se dan para iluminar los grandes teatros y se tratará de adaptarlos a este diseño.

Es importante primero examinar las funciones de la iluminación y las cualidades de la luz para poder estudiar el tema de una manera más comprensible. Esto a más de servir al diseño será útil para las personas que alguna vez tengan que montar escenas especiales o para quienes manejen la luz desde el centro de control.

Funciones de la iluminación de un escenario

- Visibilidad, es el primero y más obvio uso de la iluminación en el escenario, para hacer que el auditorio pueda ver todos los objetos que deben ser vistos.
- Plausibilidad, trata de dar un esquema realístico a las escenas.
- Composición, es lograr que lo se presenta tenga significado. Enfocar -

(*) Luces de haz angosto

(**) Luces de haz ancho

la atención de los espectadores donde está la acción.

- Crear ambiente, es el resultado las tres funciones anteriores.

Cualidades de la luz

Las cualidades de la luz que permiten efectivizar estas cuatro funciones son:

- Intensidad, la brillantez de la luz puede variar desde una luz muy débil hasta un gran resplendor.
- Color; según la necesidad, se puede usar colores o combinaciones de ellos para obtener ambientes fríos o cálidos.
- Distribución; la luz tiene forma y dirección, dando así otro instrumento para usarlo con efectividad.
- Movimiento; implica cambio en cualquiera de las otras cualidades. Ejemplo típico es el atardecer en un cuarto, donde hay cambio en intensidad, color y distribución de la luz.

Si se toma en cuenta las cuatro funciones de la luz y con el uso prudente de sus cuatro propiedades se puede tratar de poner en práctica la forma de alumbrar el escenario.

3.3.2. Iluminación de los actores

La luz como se encuentra en la naturaleza debe ser tomada como base para toda la iluminación en una actuación (plausibilidad). En la naturaleza hay el color de la luz directa del sol, un amarillo cálido o color pajizo y también el color de la luz reflejada del cielo, usualmente celeste. Por esta razón para crear naturalidad en el escenario, las áreas de

acción deben ser iluminadas desde dos direcciones, a lo largo de las diagonales de un cubo, por medio de reflectores, como en la figura 3.18.

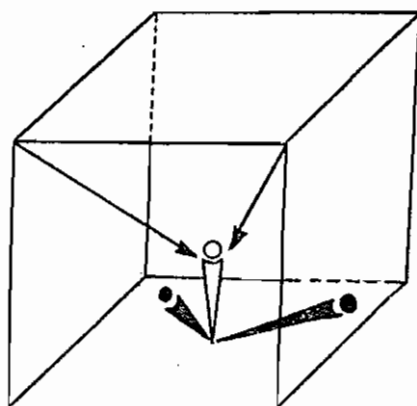


Figura 3.18.

Un efecto natural se obtendrá iluminando cada área desde lados opuestos. Variando la intensidad y el color de luz se producen sombras y relieves

Desde una dirección el color de la luz debe ser cálida, mientras que desde la dirección opuesta la luz sería, naturalmente, de un color frío (color). De esta manera se logra una visibilidad adecuada y naturalidad de sombras y en el color de las caras de los actores.

3.3.3. Iluminación del área de acción

Al desarrollar un plan de iluminación para una actuación se debe seguir la práctica usual de dividir el escenario en por lo menos seis áreas en las cuales la acción de la escena debe tomar lugar, como se indica en la figura 3.19.

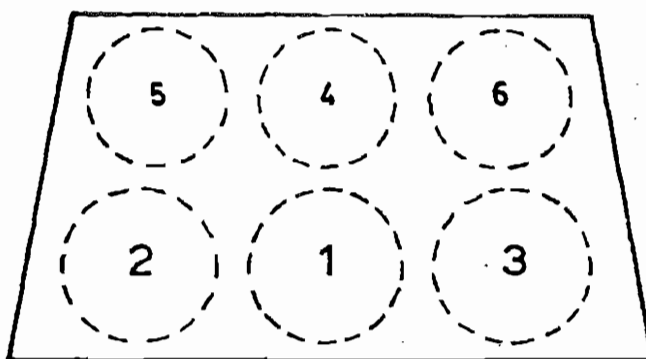


Figura 3.19. (52)

Un escenario dividido en áreas básicas para fácil identificación. Están numeradas en orden de su importancia relativa.

Con estos antecedentes se puede pasar al diseño mismo del alumbrado del escenario, tomando en cuenta uno de los objetivos del presente trabajo, esto es, el de demostrar el uso de proyectores y reflectores para presentaciones artísticas.

Por ser el escenario bastante angosto (1.5 m) se lo dividirá únicamente en 3 áreas, de la siguiente manera.

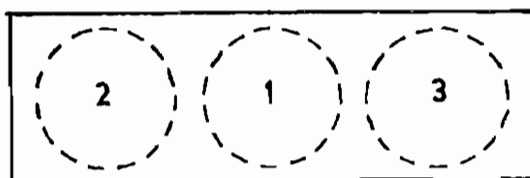


Figura 3.20.

División del escenario de la sala en áreas pequeñas a ser iluminadas.

Conforme con la regla que las áreas de actuación deben ser iluminadas desde un ángulo equivalente a la diagonal de un cubo, como en la fig.3.18.

los 3 sectores en los que se ha dividido el escenario, se iluminarán individualmente siguiendo esta recomendación (composición). Se deduce entonces - que se necesitarán seis reflectores, dos para cada sector. El reflector más adecuado para este propósito es el Flood de 75 o 100 vatios, porque dan un nivel adecuado de intensidad luminosa y además tiene su haz ancho (38), (distribución), lo que asegura que no estará iluminado sólo el rostro del actor (como ocurriría al usar el reflector Spot), sino toda su figura.

"En una sala de teatro con público, las recomendaciones sobre los niveles de alumbrado del escenario no son especialmente válidos, porque el ojo humano se adapta en una amplia escala a la claridad predominante en el campo visual. Por consiguiente, según el efecto deseado, las iluminancias del escenario puede variar considerablemente y también pueden existir grandes diferencias entre diferentes partes del escenario" (39).

El eje del haz de cada reflector deberá dirigirse a la cara de un actor supuestamente parado en el centro de cada área que se quiere iluminar. Se debe cuidar que los haces de los reflectores sobresalgan suficientemente como para que no se encuentren sombras debido a la insuficiencia de luz entre los rayos de instrumentos adyacentes. De esta manera el actor no se encontrará con espacios oscuros cuando se mueva en cualquier dirección dentro del escenario.

3.3.4. Iluminación del fondo

Hasta aquí la atención del alumbrado se ha centrado en las áreas de actuación, o sea los sitios del escenario donde deben los actores pararse, moverse y hablar. No se ha tomado en cuenta lo que hay en el escenario atrás

de los actores, lo que tiene menos importancia que ellos, pero cuando está iluminado de manera apropiada provee al actor de un local apropiado para su actuación y le da un campo donde puede desenvolverse adecuadamente.

El fondo de un escenario se llama comúnmente "cyclorama" y en los teatros grandes se ilumina parejamente desde dos partes: la parte superior por medio de luces Flood, colocadas arriba del escenario y lejos del fondo y la parte inferior se ilumina con luces de pie; las luces de arriba y las de abajo son de color azul claro, azul oscuro y ámbar, de esta manera se obtienen cambios sutiles en los efectos del horizonte, tales como un amanecer o una puesta de sol. En el escenario que se está iluminando se colocarán únicamente 3 reflectores Flood, de 75 ó 100 watos, en la superior, aproximadamente a la mitad de cada área en la que se ha dividido el escenario y a 75 cm. del filo de la pared, de esta manera cada área tendrá su propia iluminación frontal y su propio fondo. Los 75 cm. de distancia entre los reflectores de fondo y la pared se debe a que únicamente a esta distancia los actores no producirán sombras en el fondo del escenario al ser iluminado por estos reflectores, los que producen también un alumbrado uniforme y parejo en la pared, por lo que podrán usarse, en las conferencias, como iluminación adicional en la pizarra, la cual está en la misma pared que se usa como fondo del escenario.

Cuando la sala se use para representaciones teatrales se deberá a daptar una especie de pantallas, para los reflectores, con los colores sugeridos, de otra manera será preferible usar los reflectores sin estas pan tallas.

Un sistema de atenuación dará mucha versatilidad a la iluminación

del escenario y se usará de acuerdo a las exigencias y conveniencias de lo que se está representando. De los sistemas de atenuación se habla en el capítulo IV y el diseño del tablero de control en el capítulo VI.

3.3.5. Diagramas

La siguiente figura indica la ubicación de los reflectores, tanto frontales como los del fondo y también el lugar en el que irá el escenario.

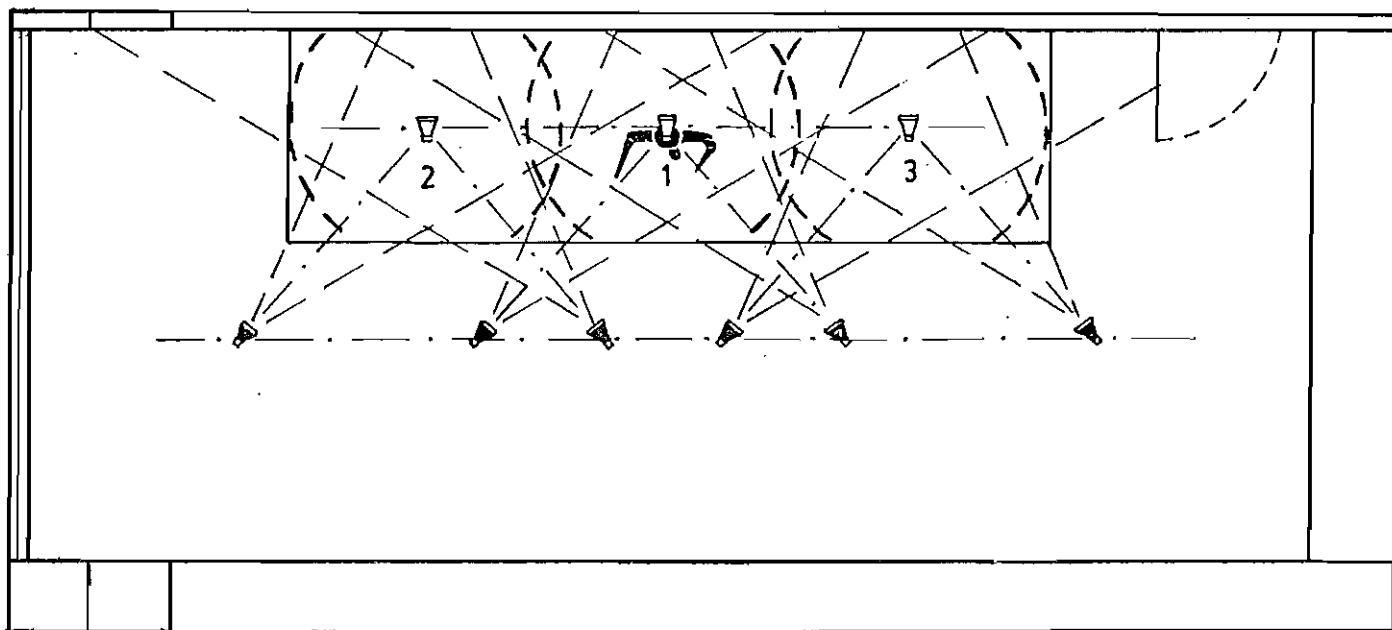


Figura 3.21.

Vista en planta del escenario con las
luces frontales y de fondo.

☞ Reflectores frontales - R30 100 W

☞ Reflectores de fondo - R30 100 W

Escala : 1 : 50 .

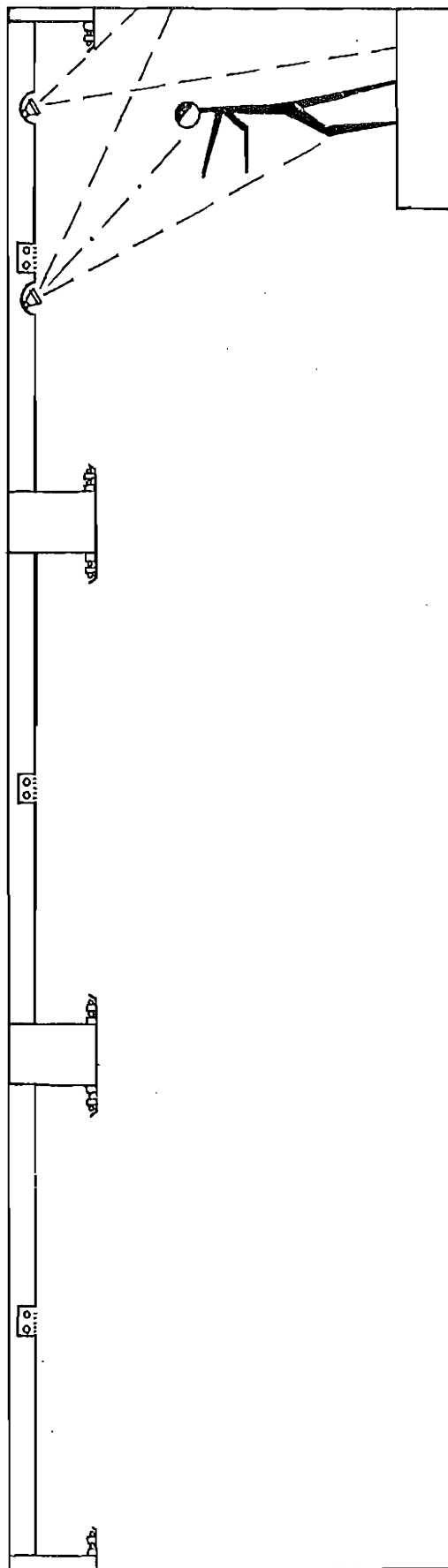


Fig. 3.22 Vista en elevación del escenario con las luces frontales y de fondo. Escala (1: 50)

3.4. EQUILIBRIO ENTRE LUZ DIURNA Y LUZ ARTIFICIAL

La luz artificial tiene una notable ventaja sobre la luz diurna en cuanto a la constancia de cantidad y calidad, pues, la luz natural variará mucho según las condiciones atmosféricas o la hora del día, esto significa que el alumbrado eléctrico debe ser suficiente por sí mismo y no como simple suplemento de la luz del día. El diseño anterior, para lectura y escritura (uso permanente de la sala), se hizo para una iluminación de 660 lux, nivel que cumple con este requerimiento de auto-suficiencia.

En las figura A-1 y A-2 constan las vistas y cortes de la sala de lectura, cuyo alumbrado se está diseñando, y en las que se puede apreciar que un costado lateral está formado, íntegramente, por ventanas, y son las que proveen luz natural al interior, pero no en la cantidad suficiente como para tener un adecuado nivel de iluminación en toda la sala, es así que solamente en las proximidades de las ventanas se tiene un nivel satisfactorio y el resto de la habitación se encuentra con una luz por debajo de los promedios recomendados. Esto quiere decir que la luz diurna sola es insuficiente para obtener un nivel aceptable de iluminación en todo el local, se debe entonces complementarla con luz artificial. Una iluminación permanente de esta índole se llama Iluminación Artificial Complementaria Permanente de Interiores (Permanent Artificial Lighting of Interiors (PSALI)). Las curvas de distribución de la intensidad de la luz, en el interior de la sala, del alumbrado artificial y natural, así como la suma de las intensidades de estas dos iluminaciones, están representadas, aproximadamente, - en la figura 3.23

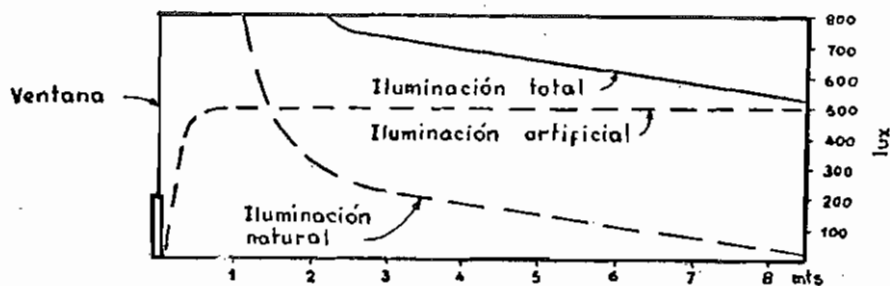


Figura 3.23.

Distribución aproximada de la luz natural y artificial en el interior de la -
sala de lectura.

De los requerimientos de calidad del diseño para lectura y escritura, se dedujo la necesidad de usar lámparas fluorescentes "Luz del Día", las mismas que, por lo dicho anteriormente, deben complementar a la luz natural. Es necesario entonces analizar si este tipo de lámparas complementan satisfactoriamente a la luz diurna.

Los dos tipos de iluminación, natural y artificial, se complementará en forma adecuada si armonizan mutuamente, lo que se puede ver a través de sus curvas de distribución espectral (Fig. 3.24.).

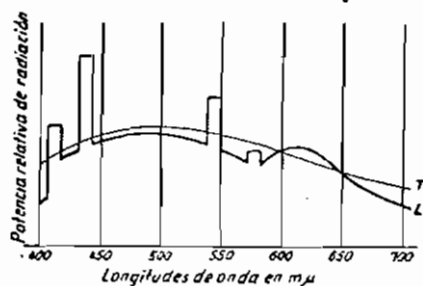


Figura 3.24.

Comparación de los espectros de lámpara fluorescente "Luz de día" (L) y de la luz solar (T) con cielo difuso.

La presencia en el espectro de la lámpara de algunas rayas del mercurio carece de influencia práctica en el color de -
luz. (40)

Como se puede ver, los espectros de la luz natural y de las lámparas fluorescentes "Luz del Día" son aproximadamente iguales, esto dará la armonía y equilibrio necesario en el uso simultáneo y permanente de los dos tipos de iluminación. El equilibrio más adecuado de cantidad de iluminación se logra usando atenuadores especiales automáticos, con célula fotoeléctrica, la misma que mantiene constante el nivel de iluminación, fijado con anterioridad, en el interior de un recinto el control de este sistema constituye entonces la variación de la luz diurna (41).

Puesto que la iluminación artificial va a ser muy similar a la natural y la temperatura de color de las lámparas es alto, es necesario considerar lo siguiente:

- 1º) "..... hay que tener en cuenta que cuando se produce una iluminación de igual color que la diurna el ojo tiende a adaptarse automáticamente a las condiciones naturales; se requiere por lo tanto, una intensidad de iluminación parecida a la que se obtiene con la luz diurna. Si la iluminación con luz artificial no llega, por lo menos a unos quinientos lux, la iluminación resulta insuficiente y "molesta" (A.A. Krnithof dió una "curva de bienestar" para la relación entre color luminoso e intensidad de iluminación) o azulada y fría". (42)

- 2º) La alta temperatura de color de las lámparas "Luz del Día" ... (6500K^o(43)) piden un nivel de iluminación también alto (44).

Estas dos recomendaciones se han satisfecho en el diseño del alumbrado de la sala, porque:

- 1º) El nivel de iluminación del diseño es de 660 lux, mayor que los 500 lux mínimos requeridos para no tener un aspecto azulado-frío. Con aquel nivel de iluminancia y el aspecto cromático de las lám

paras a usarse se tendrá una impresión intermedia entre fría y neutra (44)-.

- 2º) Los 660 lux se pueden considerar como un nivel de iluminación alto, que inicialmente podrían llegar a unos 720 lux.

Existen otros tipos de lámparas fluorescentes, a más de la "Daylight" que se combinan, sin problemas, con la luz natural (45), el uso de uno u otro tipo de lámpara depende de la aplicación que se le va a dar y del nivel de iluminación, pues, en niveles de iluminación bajos se usarán lámparas con temperatura de color también bajos y viciversa.

Para el cálculo de la iluminación diurna a través de una ventana se ha desarrollado un método de rendimiento de local (factor de luz natural) que conduce a conocer la intensidad media de iluminación dentro del local (46).

En definitiva, con el alumbrado artificial, como complemento de la luz diurna, y auto-suficiente para los requerimientos de calidad, se tienen varias ventajas:

- 1º) Mejoran las condiciones de contraste (47), lo que a su vez se traduce - mejor rendimiento visual.
- 2º) Disminuyen los rincones oscuros en el cielo raso y paredes.
- 3º) Disminuye también la probabilidad de deslumbramiento debido a las superficies de gran luminancia (ventanas), pues, la luminancia de la instalación de alumbrado artificial resulta tolerable comparada con aquella.
- 4º) La discriminación de colores se ve favorecida porque se está obteniendo

una iluminación similar a la diurna.

3.5. COORDINACION CON EL DISEÑO ACUSTICO

El uso eventual de la sala para conferencias y presentaciones artísticas exige el acondicionamiento acústico del local, esto garantizará la inteligibilidad de la palabra en los mencionados actos y la absorción adecuada de sonidos indeseables cuando se use para lectura.

El nivel de sonido o el nivel de presión sonora L_p (L para nivel y p para presión) se mide en decibelios (dB). Sus valores pueden variar de 0 dB (umbral de audición) a 140 dB (límite del dolor).

En el espectro sonoro se han establecido una serie de frecuencias preferenciales, algunos de estos valores son: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 H_z , los que sirven de referencia para datos de materiales o para el diseño acústico mismo.

3.5.1. Acondicionamiento acústico

Basicamente, aquí se ha sintetizado un procedimiento (48) que por corto y práctico ha servido de guía para el acondicionamiento acústico del local.

Los conceptos y pasos sistemáticos seguidos para este propósito son:

1.- Análisis de las condiciones actuales

El local considerado es relativamente pequeño y sus paredes poco ab-

sorventes, entonces, el sonido producido en el estrado llegarán al oyente, por un lado, directamente y por otro, después de sucesivas reflexiones de una pared a otra, incluyendo techo y suelo, lográndose un sonido confuso, sin claridad, debido a la superposición de sílabas o notas musicales.

2.- Tiempo de reverberación óptimo

El período de extinción de un sonido, una vez finalizada la emisión sonora, es el que califica de reverberante a un local. Así, uno en el que un sonido tarda en extinguirse recibe el calificativo de muy reverberante, pudiendo ocurrir que si hay un orador hablando, dure una sílaba tanto que se mezcle con la siguiente haciendo ininteligible la audición de la palabra.

La propiedad reverberante de un local se mide por el "tiempo de reverberación". Entiéndese como tiempo de reverberación el necesario para que la densidad media de energía reverberante (*) o bien la intensidad reverberante. I_r (I_r es directamente proporcional a D_r y se mide en W/m^2) se reduzca a la millonésima parte al suprimirse la audición (Fig. 3.25.).

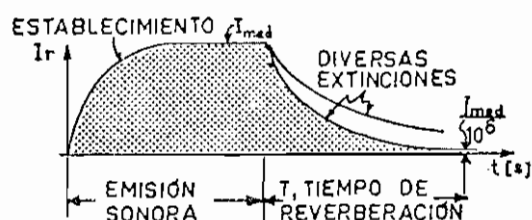


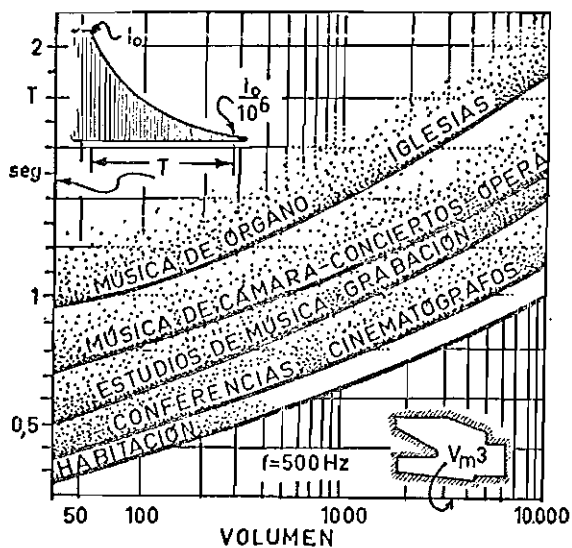
Figura 3.25.

Intensidad media reverberante y tiempo de reverberación

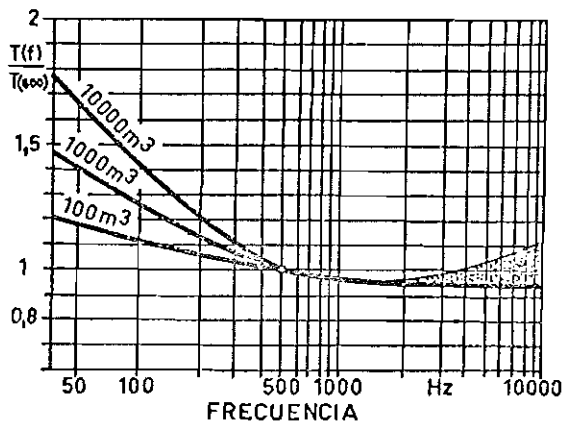
(*) Si la fuente sonora radía P vatios en un recinto, introduce una energía $w=Pt$, esta se distribuye en dos partes, una almacenada en el aire que dá lugar a una densidad media reverberante D_r (julios/ m^3) y otra que es absorbida totalmente por las paredes.

La medida del tiempo de reverberación de un sonido de 500 Hz en numerosos locales públicos de reconocidas cualidades acústicas, ha permitido trazar las curvas de la Fig.3.26 las cuales dan, en función del volúmen de los locales examinados y el uso que se da al local, los tiempo de reverberación que como promedio tienen. Aprovechando esta investigación sobre locales de buenas condiciones acústicas se debe procurar que la sala de lectura y conferencias tenga el tiempo de reverberación que para su volúmen y empleo la experiencia da por bueno a través de las curvas de la Fig. 3.26. Es así que para una sala de conferencias se recomienda:

"....., para una sala de conferencias debe ser el tiempo de reverberación lo menor posible." (49).



(a)



(b)

Fig. 3.26.

Tiempo de reverberación óptimo (T)

- (a) Para 500 Hz (T500)
- (b) Para distintas frecuencias con la relación T/T500

3.- Coefficientes de absorción del sonido

Cada material en particular tiene su propio coeficiente de absorción del sonido , para cada una de las distintas frecuencias de los sonidos (espectro sonoro). La máxima absorción se obtiene cuando $\alpha = 1$.

Para el diseño acústico mismo es conveniente conocer los valores de α_s , donde s es la superficie total del material cuyo coeficiente a absorción es α , Fig. 3.27.

En este cuadro se da el producto αS por persona o mueble en m².

OBSTACULOS	FRECUENCIAS EN Hz					
	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Persona de pie.....	0,14	0,23	0,38	0,54	0,66	0,66
Persona de pie con abrigo.....	0,23	0,32	0,48	0,62	0,76	0,70
Asiento no tapizado.....	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05
Asiento con respaldo de cnero.....	0,20	0,25	0,30	0,30	0,30	0,25
Asiento tapizado.....	0,30	0,30	0,30	0,32	0,34	0,33
Niño y su asiento escolar.....	0,20	0,27	0,30	0,36	0,40	0,42
Persona sentada en asiento poco tapizado (conjunto).....	0,27	0,31	0,35	0,43	0,45	0,45
Persona sentada en asiento muy mullido.....	0,42	0,41	0,41	0,45	0,45	0,45
Músico, su instrumento y su asiento.....	0,60	0,90	1,10	1,60	1,65	1,35

Figura 3.27.

Características absorbentes de personas y muebles

Se suman todos los valores α_s , para los distintos materiales con los que se quiere adecuar acústicamente la sala y se compara este total con el valor de α_s de la fig. 3.28., que es un α_s requerido para el volumen de la sala y para tiempo de reverberación óptimo de las distintas frecuencias preferenciales.

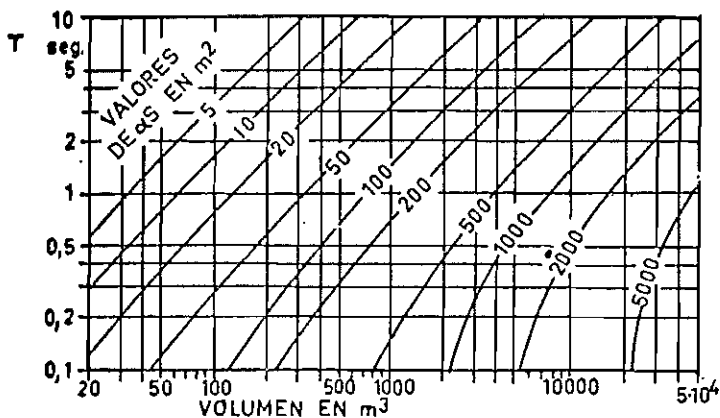


Figura 3.28.
Absorciones requeridas

4.- Cálculos y cuadro de valores

De acuerdo a las dimensiones de la sala dada en la Fig. A-1, se tiene un volúmen total de 320 m^3 . Con la Fig. 3.26. (a) se obtiene un tiempo de reverberación a 500 Hz de 0.61 sg (T_{500}) y con la Fig.3.26.(b) se obtienen las filas A) y B) del Cuadro de Valores, Fig.3.29. La fila B) son los tiempos reverberación óptimos para cada una de las frecuencias normalizadas. Con la Fig. 3.28. se obtienen, para estos tiempos de reverberación, las absorciones totales a conseguir y que se reúnen en la fila C) del Cuadro de Valores.

Para el acondicionamiento acústico es necesario tomar en cuenta la siguiente recomendación:

".... si la fuente sonora debe ocupar una zona restringida como pudiera ser un estrado o pequeño escenario, se dispondrán en general los materiales más absorbentes en la pared opuesta y los más reflectores en sus proximidades". (50).

Siguiendo esta sugerencia se debe cubrir la pared opuesta al estrado, lo que podría hacerse con el mismo material del techo acústico, cuyo espesor es de 1/4 " y las paredes restantes quedarán de su manera original.

Para llenar el Cuadro de Valores se debe tomar en cuenta las personas o público, así como muebles que existen en el local, para multiplicar su número por la absorción unitaria de los mismos Fig. 3.27. A estos valores habrá que sumar los de α s calculados con los materiales y superficies elegidos para el acondicionamiento acústico.

Se debe procurar que la suma total de los distintos α s, para cada frecuencia, sea lo más parecida posible a las dadas por la Fig.3.28. que es la fila C del Cuadro de Valores.

Por las reducidas dimensiones de esta sala no se prevee en ella el empleo de instalación megafónica alguna.

El Cuadro de Valores consta en la página siguiente :

$V = 230 \text{ m}^3$		$f \text{ (Hz)}$		125	250	500	1000	2000	4000
A) FIG. 3.26(b) T/T_{500}				1.20	1.06	1.0	0.96	0.95	0.95
B) FIG. 3.26(a)-(b) T				0.73	0.65	0.61	0.59	0.58	0.58
C) FIG. 3.28 αS				68	80	82	83	84	8
1º Techo acústico $S = 90 \text{ m}^2$	$\alpha_1(5)$	0.62	0.72	0.72	0.62	0.68	0.60		
	$\alpha_1 S_1$	55.8	64.8	64.8	55.8	61.2	5		
2º Público sentado en sillas de cuero, suponiendo una asistencia promedio mínima de 30 personas	$\alpha_2 S_2$	0.27	0.31	0.35	0.43	0.45	0.45		
	(*) $N_{oc} S_2$	8.10	9.30	10.5	12.9	13.5	13		
3º Pared opuesta al escenario, cubierta con material de techo acústico $S = 23 \text{ m}^2$	α_3	0.62	0.72	0.56	0.62	0.68	0.6		
	$\alpha_3 S_3$	14.26	16.56	12.88	14.26	15.64	13		
Suma total de absorciones		78.16	90.66	88.18	82.96	90.34	81.30		

FIG. 3.29 Cuadro de Valores.

(*) Valores sacados de la FIG. 3.27

R E F E R E N C I A S

- (1) PHILIPS, "Manual de Alumbrado", Segunda Edición, Editorial Parainfo, Madrid, 1979, Fig. 1.8.
- (2) PHILIPS, "Manual de Alumbrado", Segunda Edición, Editorial Parainfo, Madrid, 1979, Sección 1.2.3.
- (3) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, pág. 11.5.
- (4) G.J. Van den Beld, "Una Aproximación Práctica del Diseño de Alumbrado", Revista Internacional de Luminotencia, 1975, Nº 3 y 4, pág. 96.
- (5) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, pág. 3-18.
- (6) FEDERACION DE LA INDUSTRIA DEL ALUMBRADO LIMITADA Y EL CONCEJO DE ELECTRICIDAD, "Interior Lighting Design", Quinta Edición, Publicado conjuntamente por "Lighting Industry Federation Limited and The Electricity Council", Londres, 1977, pág. 55.
- (7) KEITZ H.A., "Cálculos y Medidas en Luminotecnia", Editorial Parainfo, Madrid, 1974, pág. 192.
- (8) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, pág. 3-19.
- (9) PHILIPS, "Manual de Alumbrado", Segunda Edición, Editorial Parainfo, Madrid, 1979, Sección 1.4.
- (10) PHILIPS, "Manual de Alumbrado", Segunda Edición, Editorial Parainfo, Madrid, 1979, Sección 1.4.

- ninfo, Madrid, 1979, Sección 1.6.
- (11) PHILIPS, "Manual de Alumbrado", Segunda Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1979, Sección 1.5.1.
- (12) WESTINGHOUSE, "Manual del Alumbrado", Segunda Edición, Editorial Dossat, Madrid, 1976, pág.92.
- (13) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, pág. 11-13.
- (14) DORSEY Robert, "Un Sistema Unificado para las Aproximaciones Estética y Tecnológica con Respecto al Alumbrado", Revista Internacional de Luminotecnica, Publicada por 'Stichting Prometheus', - Amsterdam, 1971, N° 3, pág. 92, Fig. 53.
- (15) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, pág. 5-20.
- (16) RE Vittorio, "Iluminación Interna", Editorial Marcombo, Barcelona, 1979, pág.9.
- (17) GTE SYLVANIA, "Lamp Ordering Guide 78-1", Catálogo de Lámparas - Sylvania, Publicado por 'GTE International', Stamford, 1978, - Pág. 44.
- (18) GTE SYLVANIA, "Lamp Ordering Guide 78-1", Catálogo de Lámparas - Sylvania, Publicado por "GTE International", Stamford, 1978, - pág. 39.
- (19) JACOBSEN H.J., "Luminarias de Techo y Suspendidas", Revista Internacional de Luminotecnica, Publicada por 'Stichting Prometheus', Amsterdam, 1978, N° 3, pág. 101.
- (20) HELMS Ronald, "Energy and Lighting Design", Revista 'Electrical Construction and Maintenance', Publicada por McGraw-Hill Inc., New York, Diciembre-1979, pág. 62.

- (21) AMICK Charles, "Tendencias Modernas en el Alumbrado de Oficinas en América", Revista Internacional de Luminotecnia, Publicada - por 'Stichting Prometheus', Amsterdam, 1978, N° 2, pág. 59.
- (22) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, Fig. 9.12.
- (23) GTE SYLVANIA, "Lámparas Fluorescentes", Boletín de Ingeniería - N° 0341, Publicado por 'GTE International', Danvers.
- (24) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, Fig. 9-5, pág. 9-4.
- (25) WESTINGHOUSE, "Manual del Alumbrado", Segunda Edición, Editorial Dossat, Madrid, 1976, pág. 113.
- (26) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, Fig. 9-7, pág. 9-6.
- (27) Los costos mencionados en este cuadro son al mes de Diciembre de 1980. y están en sucres.
- (28) Costos basados en las instalaciones eléctricas diseñadas en el capítulo 7.
- (29) Revista Internacional de Luminotecnia, "Alumbrado y Conservación en los Museos," Publicado por 'Stichting Prometheus', Amsterdam, 1977, N° 2, pág. 36.
- (30) PHILIPS, "International Lighting Table", Publicado por la 'Lighting Service Bureau', Eindhoven, 1966, pág. 11.
- (31) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, pág. 9-4.
- (32) GTE SYLVANIA, "Lámparas Incandescentes", Boletín de Información Técnica, Publicado por 'GTE International', Denvers, N° 324 pag.14.

- (33) PHILIPS, "Catálogo de Lámparas", pág. B-9.
- (34) PHILIPS, "Catálogo de Lámparas", pág. A-22.
- (35) PHILIPS, "Manual de Alumbrado", Segunda Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1979, pág.2-7.
- (36) WHYTE Luscombe, "La Electrónica y la Computadora Revolucionan la Iluminación de Escenarios", Servicio Informativo Técnico, Editado por el Departamento de Información de la Embajada Británica, 1971 N° 21 pág. 8.
- (37) WESTINGHOUSE, "Artificial Light and Its Applications", Publicado por el Departamento de Ingeniería Comercial de la División de Lámparas Westinghouse, New Jersey, 1940, pág. 261.
- (38) Datos acerca del ancho del haz luminoso, así como su intensidad luminosa para diferentes altura de montaje, para diferentes reflectores y proyectores podrán encontrarse en el Catálogo de Lámparas Philips.
- (39) REVISTA INTERNACIONAL DE LUMINOTECNIA, "Iluminancias para Televisión y Fotografía", Publicada por 'Stichting Prometheus', Amsterdam, 1976, N° 4. pág. 106.
- (40) R.G. WEIGEL, "Luminotecnica, sus principios y Aplicaciones", Tercera Edición, Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1973, pág. 86.
- (41) GAUDRY M, "Rectificadores, Tiristores y Triacs", Tercera Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1976, pág. 325-327.
- (42) R.G. WEIGEL, "Luminotecnía, sus Principios y Aplicaciones", Tercera Edición, Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1973, pág.178.
- (43) PHILIPS, "Catálogo de Lámparas", pág. B-3.
- (44) PHILIPS, "Manual de Alubrado", Segunda Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1979, Sección 1.5.2.

- (45) RAMIREZ VASQUEZ José, "Luminotecnia", Ediciones CEAC, Barcelona, 1972, pág. 306-309.

- (46) R.G. WEIGEL, "Luminotecnia, sus Principios y Aplicaciones", Tercera Edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1973, pág. 169-172.

- (47) Revista Internacional de Luminotecnia, "La Luz Artificial Durante el Día", Publicado por 'Stichting Prometheus', Amsterdam, 1963, N° 3, pág. 103.

- (48) BARQUERO Joaquín, "Electroacústica", Tercera Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1969.

- (49) BARQUERO Joaquín, "Electroacústica", Tercera Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1969, pág. 324.

- (50) BARQUERO Joaquín, "Electroacústica", Tercera Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1969, pág. 333.

- (51) CELOTEX ACOUSTICAL SYSTEMS, "Catálogo 1977", Publicado por 'The Celotex Corporation', Tampa, 1977, pág. 14.

- (52) OREN PARKER - HARVEY SMITH; "Scene Design and Stage Lighting", Segunda Edición, Publicado por 'Holt, Rinehart and Winston Inc.', New York, 1968, pág. 32.

.....

CAPITULO 4

SISTEMAS DE ATENUACION

Para los distintos diseños de iluminación proyectados, la inclusión de un sistema de atenuación se justifica desde todo punto de vista, -
pues:

- a) Es necesario cuando la sala se use para conferencias. Utilizando el atenuador se obtendrá el nivel de iluminancia adecuada para exhibición de ^{dispositivos} y al mismo tiempo poder tomar nota durante la exhibición, volviendo luego al nivel normal.
- b) Cuando la sala se use para presentaciones artísticas y de teatro especialmente, un sistema de atenuación es imprescindible.
- c) Si la sala se usa para baile, el sistema de atenuación variará el nivel de iluminancia de acuerdo a las conveniencias y exigencias de la reunión.

Previo a un análisis de los diferentes sistemas de regulación luminosa, es necesario conocer los principios en los que se basa la atenuación de lámparas incandescentes y fluorescentes.

4.1. Variaciones del Flujo Luminoso de una Fuente de Luz

4.1.1. Lámpara de incandescencia

La experiencia ha demostrado que el flujo luminoso de una lámpara de incandescencia de filamento metálico varía en función de la tensión de alimentación según la fórmula:

$$\phi_1 = \phi_{10} \left(\frac{U}{U_0} \right)^{3.55} \quad (1)$$

para tensiones comprendidas entre el 30 y 120% de la nominal. En ésta fórmula:

ϕ_{10} , flujo luminoso, en lúmenes, emitido por una fuente luminosa cuando está alimentada con la tensión nominal U_0 .

ϕ_1 , flujo luminoso emitido por esta misma lámpara cuando está alimentada con la tensión U .

Se puede construir con esta fórmula el gráfico $\phi_1 / \phi_{10} - U / U_0$ (Fig. 4.1), el que indica las variaciones del flujo luminoso de la lámpara incandescente en función de la tensión de alimentación.

Cuando la tensión de alimentación proviene de un generador de corriente continua, la tensión U corresponde al valor nominal de la tensión en bornes de la fuente de luz.

Cuando esta tensión de alimentación proviene de un generador de corriente alterna, U es el valor eficaz de la tensión en bornes de la fuente de luz, según la fórmula:

$$U = r I = r \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} I^2 dt}$$

Es decir que, con una resistencia o una inductancia, el tiempo de paso de la corriente ($t_2 - t_1$), por el circuito de utilización corresponde a T , mientras que con tiristores se puede obtener una reducción del valor eficaz de U , rebajando el tiempo de paso de esta corriente por el circuito.

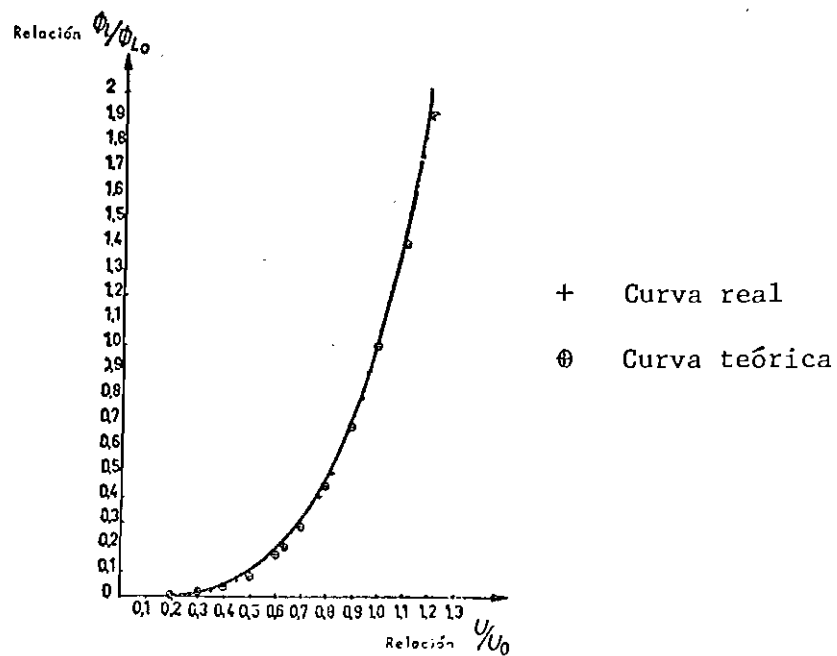


Figura 4.1.

Variaciones del flujo luminoso de una lámpara de filamento metálico, en función de la tensión de alimentación

4.1.2. Lámpara de descarga

En una lámpara de descarga, la corriente sólo circula cuando la tensión entre sus bornes es superior a la de arco. Por tanto, el flujo luminoso emitido por esta lámpara será función del tiempo de paso de esta corriente y la tensión en bornes de esta lámpara tendrá el valor:

$$U = ZI = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} ZI \sqrt{2} \text{ Sen } \omega t \, dt = \frac{Z I \sqrt{2}}{T} \int_{t_1}^{t_2} \text{ Sen } \omega t \, dt$$

donde Z representa la impedancia del circuito de utilización de la lámpara y $(t_2 - t_1)$ la duración de la descarga o el tiempo de paso de la corriente en esta lámpara.

Modificando la duración de la descarga $(t_2 - t_1)$ se obtienen variaciones de flujo luminoso proporcionales a la intensidad que la atraviesa.

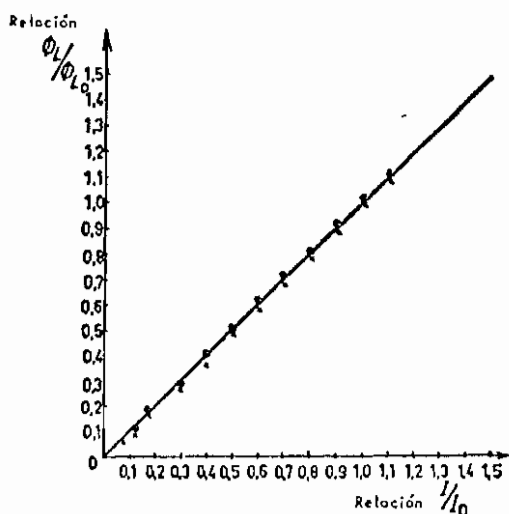


Figura 4.2.

Variación del flujo luminoso de una lámpara de descarga de baja presión en función de la intensidad que la atraviesa.

Es de señalar que si el flujo luminoso de una lámpara de incandescencia de filamento metálico en vacío o con atmósfera gaseosa es una función exponencial del valor eficaz de la tensión aplicada a sus bornes.

(Fig. 4.1.), el flujo luminoso de una lámpara de descarga, con baja presión es una función lineal del valor eficaz de la intensidad que la atraviesa.

(Fig. 4.2.).

4.2. REGULADORES DE FLUJO LUMINOSO

Aunque en la actualidad los sistemas de atenuación por tiristores han desplazado a todos los anteriormente conocidos, es necesario hacer un ligero análisis de los diferentes sistemas de regulación de flujo luminoso, lo que permitirá compararlos para poder apreciar sus ventajas y desventajas.

4.2.1. Primer sistema de regulación luminoso

La forma más primitiva de atenuador era el pote de sal (Fig. 4.3.) En este sistema se regulaba el paso de la corriente subiendo o bajando los electrodos dentro de una solución de agua salina. A menudo estas instalaciones se controlaban mediante una disposición compleja de hilos, ruedas y ejes que permitían ajustar los atenuadores bien individualmente o en grupos.

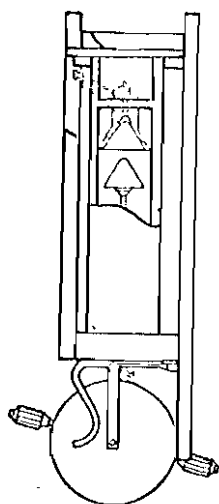


Figura 4.3.
Atenuador de nore de sal (2)

4.2.2. Sistema de regulación con resistencia variable

Cuando no se disponía más que de corriente continua, la interposición de una resistencia con cursor resolvió el problema de regular el flujo luminoso de una lámpara incandescente por medio de la variación de la caída de tensión entre los terminales de esta resistencia.

El rendimiento de esta solución era bastante escaso a bajas tensiones, sobre todo si se disponía de una tensión de alimentación bastante elevada. Además, las caídas de tensión en las resistencias producían grandes cantidades de calor, que hacía falta evacuar por medio de una ventilación forzada.

La Fig. 4.4. muestra el circuito de atenuación con resistencia variable para una lámpara incandescente.

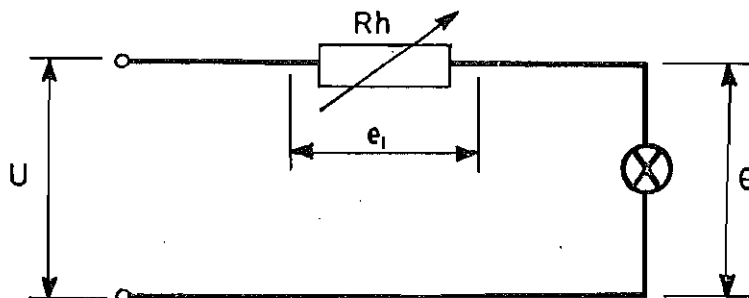


Figura 4.4.
Sistema de regulación luminosa con
resistencia variable

4.2.3. Sistema de regulación con inductancia variable

La aparición de la corriente alterna permitió el empleo de inductancias regulables con núcleo móvil.

La posición del núcleo con relación al bobinado provoca variaciones del valor del coeficiente de inducción de esta bobina, y por tanto variaciones de tensión entre sus terminales, lo que trae consigo variaciones de tensión en la fuente luminosa.

Este sistema, excesivamente sencillo, tenía el gran inconveniente de producir en la línea de alimentación un desfase de la intensidad con respecto a la tensión, desfase inversamente proporcional a la carga regulada por esta inductancia. Esto exigía una corrección del factor de potencia por medio de condensadores.

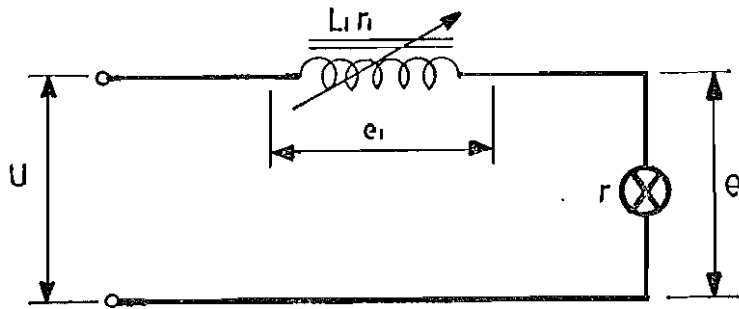


Figura 4.5.
Sistema de regulación luminosa
con inductancia variable.

4.2.4. Sistema de regulación con autotransformador de cursor

La realización de transformadores permitió resolver el problema de la regulación luminosa de una nueva manera, utilizando autotransformadores de cursor, en los cuales la tensión de alimentación se aplica a los terminales de un circuito primario, mientras que la fuente luminosa va conectada entre uno de los bornes de tensión de alimentación y el cursor móvil. De esta manera, la tensión aplicada al circuito de utilización puede variar entre el 0 y el 100% del valor de la tensión de alimentación, según la posición de este cursor.

De los sistemas de atenuación anteriores al tiristor, el de autotransformador todavía se utiliza para regulación luminosa de lámparas incandescentes, pero en una escala bastante reducida.

El rendimiento de estos aparatos es excelente pero con cargas bajas.

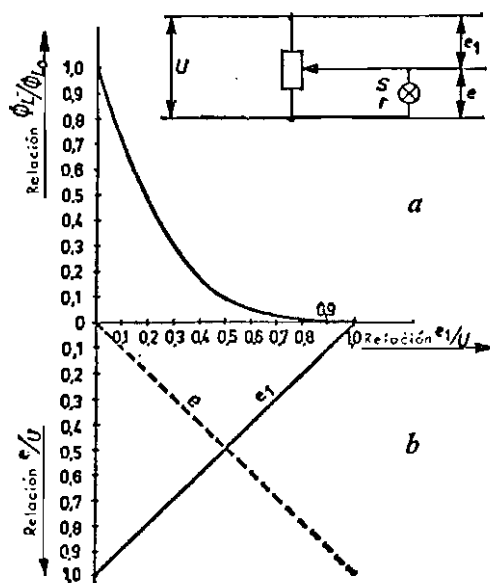


Figura 4.6.

Autotransformador de cursor en circuito óhmico

- a) Variación del flujo luminoso de una lámpara de incandescencia en función de los desplazamientos del cursor.
- b) Variación de la tensión en bornes de la lámpara en función de los desplazamientos del cursor.

4.2.5. Sistema de regulación con transductor

La puesta a punto de chapas magnéticas especiales con un ciclo de histéresis casi rectangular y de un campo coercitivo muy débil, permitió la construcción de transductores o amplificadores magnéticos. La tensión de alimentación alterna se aplica a los terminales de un circuito que com-

prende, conectados en serie, una inductancia con circuito ferromagnético, un diodo y la fuente luminosa cuyo flujo luminoso se desea hacer variar.

El circuito ferromagnético sobre el cual va bobinada la inductancia comprende igualmente uno o varios arrollamientos de saturación de este circuito magnético, los cuales pueden ir conectados a los terminales de una fuente de corriente continua o rectificada.

Actuando sobre la intensidad que pasa por el circuito de saturación se obtienen variaciones de la inducción en el circuito ferromagnético, que provocan una saturación más o menos importante del circuito magnético, lo que trae como consecuencia variaciones de la tensión alterna en bornes de la inductancia y, por consiguiente, variaciones de la tensión en la fuente luminosa, estando ambas tensiones en cuadratura.

Este sistema de regulación presenta el mismo inconveniente que el de las inductancias variables, es decir, variaciones del factor de potencia inversamente proporcionales a la carga regulada por estos transductores o amplificadores magnéticos.

El rendimiento de estos aparatos es excelente para cargas comprendidas entre el 50 y el 100% de la total.

En la Fig. 4.7., se puede apreciar el circuito de atenuación con transductor, en donde:

- b_1 Es el arrollamiento de saturación, de hilo fino, que tiene conectado en serie: una resistencia variable R (para hacer variar la intensidad I , en el circuito de saturación) y una fuente de corriente continua o rectificadora (E).
- b_2 Es el arrollamiento de desfase, de hilo grueso, que tiene conectado en serie: una fuente de luz cuyo flujo luminoso se desea hacer variar, una fuente de corriente alterna con una tensión de valor eficaz U , un diodo para que las tensiones en bornes de los dos arrollamientos sean positivos al mismo tiempo.
- S Es la sección del circuito magnético que viene determinada en función de la potencia regulable.

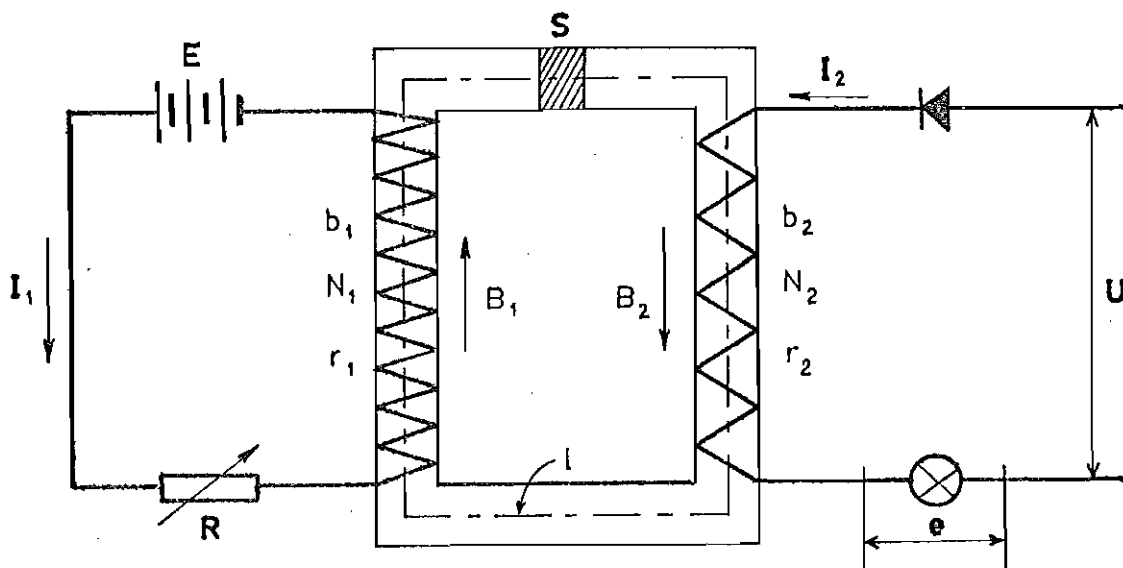


Figura 4.7.

Circuito de atenuación con transductor (3)

En los primeros sistemas descritos, las variaciones de tensión en bornes del circuito de utilización se obtenían por modificación de la tensión de alimentación.

Con el empleo de los tiratrones secos (tiristores) o de gas, estas variaciones de tensión se obtienen por el corte de la sinusoidal de la tensión de alimentación, lo que permite, por otra parte, su empleo para la regulación del flujo luminoso de las lámparas de descarga, mientras que los sistemas precedentes se limitaban al caso de lámparas de filamento incandescente.

4.2.6. Sistema de regulación con tiratrones de gas

La técnica de las válvulas de vacío permitió la aparición de los tiratrones, primeramente de vacío y después de gas.

Estos tiratrones de envoltura de vidrio, presentaban la gran ventaja de ser intercambiables, poco frágiles y de una larga duración. Pueden soportar tensiones directas e inversas muy grandes y sobreintensidades de corta duración muy importantes; pero la potencia perdida debida a la tensión de arco origina, de una parte, un rendimiento bastante escaso, sobre todo en tensiones bajas, y, de otra, una elevación de la temperatura ambiente a veces nociva para el buen funcionamiento de la instalación. Esto exigía a veces la ventilación del local donde se hallaban en funcionamiento - un gran número de tiratrones.

Otro defecto de los tiratrones de gas es su tiempo de precalentamiento, necesario para obtener la vaporización del mercurio en el interior de la ampolla.

En la Fig. 4.8., se puede ver el circuito básico con tiratrones de gas y una carga que puede ser una lámpara incandescente o fluorescente. Los tiratrones están conectados en anti-paralelo y las rejillas irán al circuito de mando.

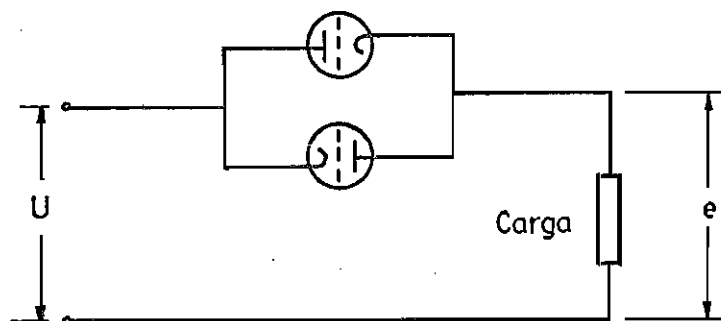


Figura 4.8.

Circuito de atenuación con tiratrones de gas para lámparas incandescentes o fluorescentes.

4.2.7. Sistema de regulación con tiristores

Los tiristores son elementos semiconductores para control de potencia y su estructura es similar al diodo de cuatro capas o pin-pin. Este diodo está constituido por la unión de 4 capas alternadas de silicio p y n.

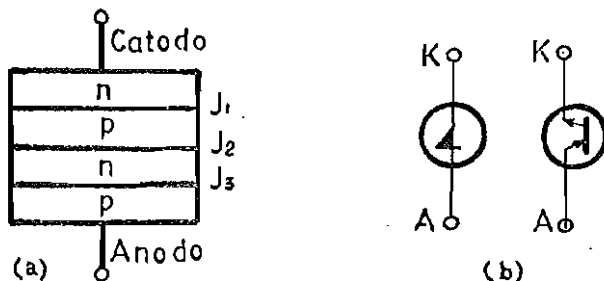


Figura 4.9.

- (a) Diodo p-n-p-n de cuatro capas.
- (b) Símbolos del diodo de cuatro capas.

En el tiristor o rectificador gobernado de silicio (SCR), las capas interiores son accesibles desde el exterior. En la figura 4.10. (a), aparece el símbolo de un SCR. El terminal conectado a la región P más cercana al cátodo se denomina "puerta del cátodo" o "base p" y el terminal conectado a la región n más cercana al ánodo se llama "puerta del ánodo" o "base n". En muchos tipos de interruptores, no se sacan al exterior los terminales de las dos puertas y cuando sólo hay un terminal, normalmente, es la puerta del cátodo.

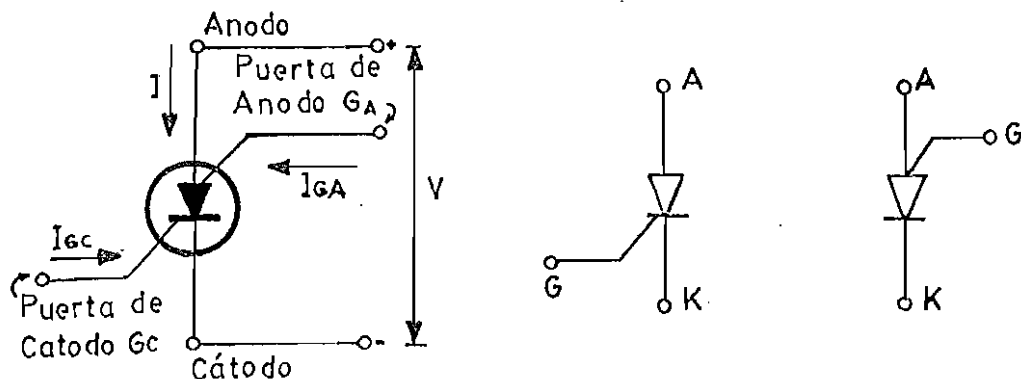


Figura 4.10.

- (a) Símbolo del SCR
- (b) Símbolo del tiristor tipo p .
- (c) Símbolo del tiristor tipo n .

4.2.7.1. Mando de los tiristores

A los tiristores de les denomina también tiratrones secos y su sistema de control se ha deducido de los usados desde hace mucho con los tiratrones de gas. Pero, algunos circuitos usados para el control de los tiratrones de gas no se pueden adaptar con facilidad para el control de los tiristores, pues, las impedancias de estos circuitos son de algunas decenas de millar de ohmios mientras que los dispositivos semiconductores son de varios cientos de ohmios.

Además, como el control de los tiristores acarrea problemas térmicos, tensiones de compuerta, etc., parecería, por el momento, que para el control de estos semiconductores sirven únicamente los impulsos.

Control por impulsos

Se trata en realidad del único método eficaz de conseguir el disparo con buena precisión junto con una disipación relativamente baja. Por si fuese poco, permite también elegir el ciclo de trabajo apropiado de los circuitos de compuerta, ya que la amplitud de la señal de control puede alcanzar el valor máximo admisible y su duración se puede elegir como se quiere.

Generadores de impulsos

Para la producción de impulsos hay varios métodos posibles, que van desde el diodo uniunión hasta los sistemas p-n-p y n-p-n pasando por los osciladores de bloqueo, los diacs y los multivibradores (4).

Cualquiera que sea el sistema usado como generador, el control es en esencia una variación de la fase de la señal de compuerta (G) respecto a la tensión ánodo-cátodo. Los circuitos impulsores pueden recibir su señal de entrada por medio de diferentes sistemas de control, por ejemplo, potenciómetros o células fotoeléctricas.

4.2.7.2. Uso de tiristores en un circuito constituido por lámparas incandescentes.

Sea un circuito que comprende:

1. Una tensión sinusoidal de valor eficaz U y pulsación ω radianes por segundo.
2. Una fuente luminosa, de filamento incandescente, de potencia p cuando está conectada a una tensión U .
3. Un sistema de regulación que comprende dos tiristores montados en antiparalelo para aprovechar las dos alternancias.

Suponiendo que la tensión U esté producida por un generador de resistencia interna despreciable, comparado con la total del circuito de utilización, la intensidad que pasa por el circuito tendrá por expresión:

$$i = \frac{e}{R}$$

Donde "e" es una diferencia de potencial sinusoidal, que tiene por valor:

$$e = U \sqrt{2} \text{ Sen } \omega t$$

de la misma frecuencia que la tensión de alimentación U y en fase con ella, puesto que el circuito de utilización no incluye ninguna inductancia o capacidad.

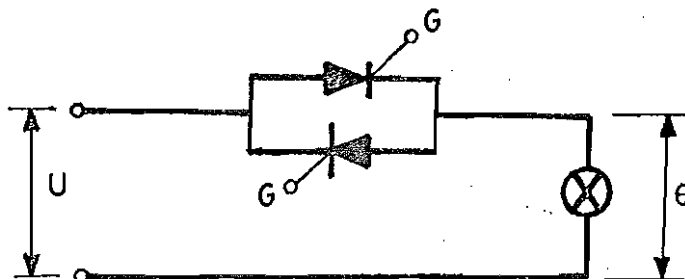


Figura 4.11
Circuito básico con tiristores y lámpara incandescente.

Las compuertas G irán al circuito de mando.

Haciendo variar el ángulo de abertura de los tiristores y por tanto su tiempo de conducción, el valor eficaz de la tensión en bornes del circuito de utilización tendrá por expresión:

$$\begin{aligned}
 e &= \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (U \sqrt{2} \times \text{Sen } \omega t)^2 dt} \\
 &= \frac{2U}{\pi} \sqrt{\int_{\alpha}^{\pi} \text{Sen}^2 \omega t dt} \\
 &= \frac{2U}{\pi} \times \frac{1}{2} \times \left[\omega t - \frac{1}{2} \text{Sen } 2\omega t \right]_{\alpha}^{\pi} \\
 e &= \frac{U}{\pi} \left[\omega t - \frac{1}{2} \text{Sen } 2\omega t \right]_{\alpha}^{\pi}
 \end{aligned}$$

Entonces si el ángulo de abertura varía de 0 a π , la tensión en los bornes de la lámpara variará de U a 0, respectivamente.

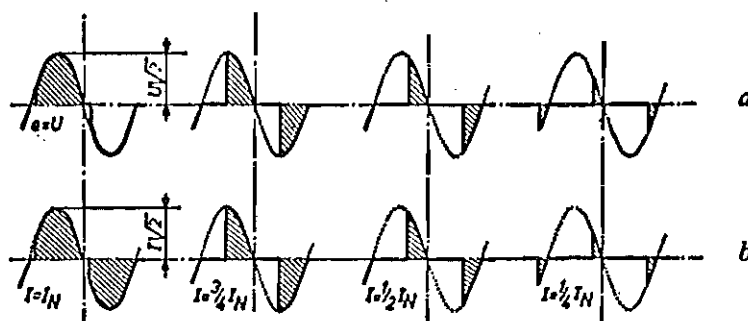


Figura 4.12.

Oscilogramas obtenidos en un sistema de regulación con tiristores.

- a. Oscilogramas de la tensión en bornes de la lámpara incandescente.
- b. Oscilogramas de la intensidad que circula por la lámpara

La intensidad en el circuito de utilización será:

$$I = \frac{e}{r}$$

Pero como una lámpara de incandescencia tiene una resistencia interna que varía con la tensión aplicada en sus bornes según una curva exponencial de la forma:

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{e}{U} \right)^{0.45} \quad (1)$$

Fórmula en la que r_0 es la resistencia de una lámpara, de potencia P, cuando está alimentada por una tensión U, se tiene:

$$r_0 = \frac{U^2}{P}$$

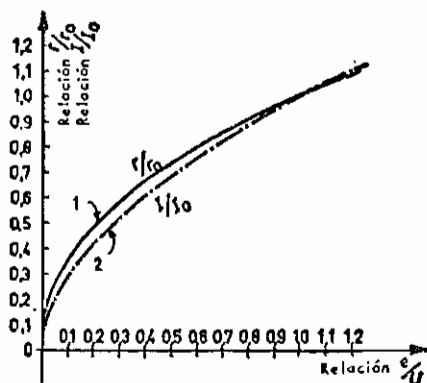


Figura 4.13. (a)

Variaciones en función de la tensión en bornes de una lámpara de incandescencia:

1. de la resistancia interna de esta lámpara.
2. de la intensidad que la atraviesa.

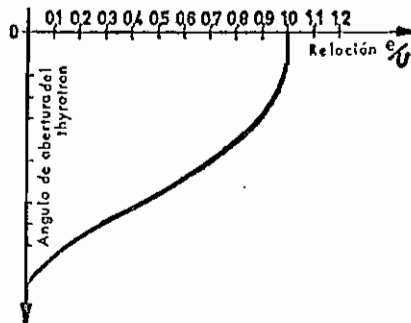


Figura 4.13. (b)

Variaciones de la tensión en bornes de una lámpara incandescente en función del ángulo de abertura de un sistema de regulación con tiristores .

Bastará calcular las variaciones de la resistencia interna de una lámpara incandescente en función de su tensión de alimentación "e" (puesto que se conoce los valores determinados precedentemente para esta tensión "e"), para poder obtener los valores de intensidad según los diferentes ángulos de abertura del tiristor.

Se comprueba, pues, que las variaciones de la intensidad en función del tiempo tienen la misma forma que las de la tensión en función del tiempo, como lo demuestran los oscilogramas obtenidos con un sistema de regulación con tiristores, cualquiera que sea el ángulo de abertura de éstos. (Fig. 4.12.).

En las Figs. 4.14. y 4.15., se pueden apreciar las variaciones de flujo luminoso y de la tensión en bornes de la lámpara incandescente, en función del ángulo de abertura, utilizando resistencia de mando con desplazamiento lineal y logarítmico, respectivamente.

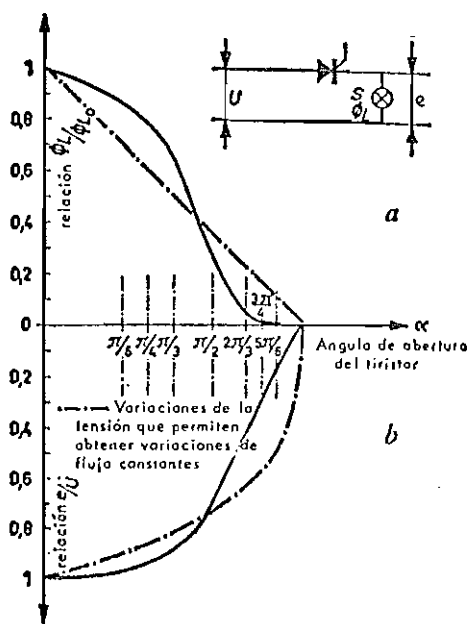


Figura 4.14.

Tiristor de circuito óhmico y resistencia de mando de desplazamiento lineal.

- a) Variación del flujo luminoso de la lámpara de incandescencia en función del ángulo de abertura.
- b) Variación de la tensión en bornes de la lámpara en función del ángulo de abertura.

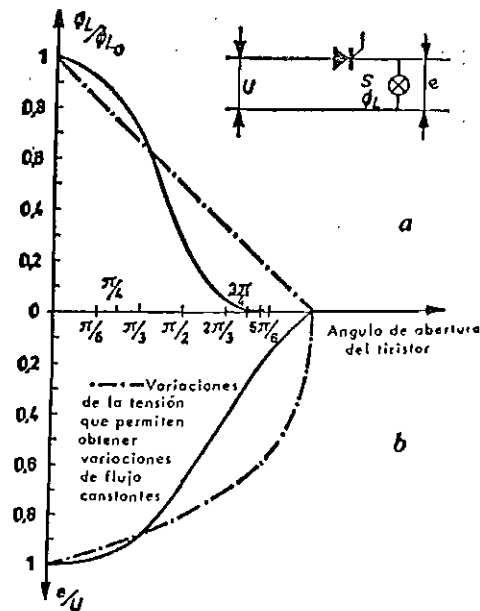


Figura 4.15.

Tiristor con circuito óhmico y resistencia de mando de desplazamiento logarítmico.

- a) Variación del flujo luminoso de una lámpara de incandescencia, en función del ángulo de abertura.
- b) Variación de la tensión en bornes de la lámpara en función del ángulo de abertura.

En determinados casos los TRIACS sustituyen a la asociación de dos tiristores en anti-paralelo. Los TRIACS son tiristores bidireccionales, es decir, conducen en las dos semiondas de tensión alterna. Usando el TRIACS el circuito de la Fig. 4.11., quedaría:

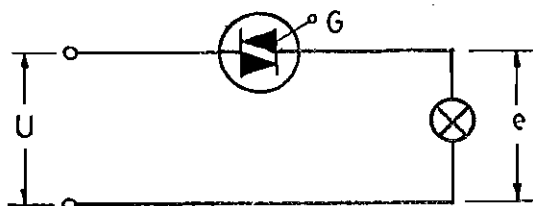


Figura 4.16.

Circuito básico con TRIAC y lámpara incandescente.

4.2.7.3. Uso de Tiristores en un circuito constituido por lámparas de descarga

La descarga en un tubo fluorescente sólo se produce cuando la tensión aplicada en sus extremos es superior a la de arranque; por tanto, interesa determinar la tensión "e" en bornes del circuito de alimentación que será necesaria para asegurar y mantener esta descarga.

Para un tubo fluorescente de 1,20 m., la tensión de arco es del orden de 100 V eficaces, pero la tensión de reencendido en cada semiciclo es muy superior, y para tener la seguridad de que la descarga tendrá lugar de una manera absoluta, la experiencia ha probado que hace falta una tensión eficaz del orden de 200 V, es decir alrededor del doble de la tensión en bornes del circuito de alimentación sea del orden de 200 V eficaces.

En el momento de arranque del tubo, es necesario disponer de una tensión del orden de 350 V para obtener la primera descarga que ionizará el tubo; posteriormente será necesario mantener esta tensión hacia los 200 V.

Si se dispone de una tensión U de 220 V, por ejemplo, hasta emplear un accesorio que permita obtener en bornes de la lámpara una sobretensión instantánea de valor superior a la tensión de arranque, para hacer que se produzca la descarga en el tubo.

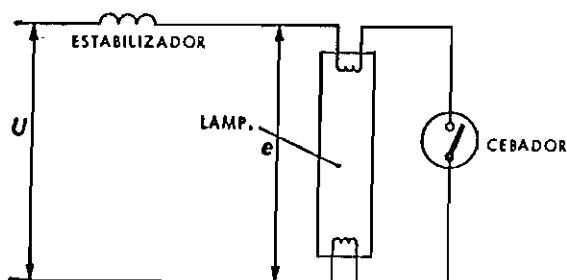


Figura 4.17.

Circuito básico de una lámpara fluorescente

En general, se coloca en bornes de la lámpara un cebador que con sus aperturas extremadamente rápidas provoca en la inductancia una extracorriente de ruptura y, por tanto, una fuerza electromotriz inducida muy grande en el tubo, que origina el arranque. (Fig. 4.17.).

$$U \text{ Sen } \omega t = U_{\text{arc}} + L \frac{di}{dt}$$

A continuación, la estabilidad de la descarga se obtiene gracias a la presencia de la inductancia en el circuito de utilización:

Otro procedimiento de arranque consiste en el empleo de un transformador de fugas, que da en vacío una tensión superior a la de arranque y en régimen estabilizado, unos 200 V (tensión de reencendido).

En régimen estable, la conducción sólo se produce desde el momento en que la tensión e es del orden de 200 V (punto A de la figura 4.18.).

Desde el momento del arranque, la presencia de la inductancia reduce esta tensión a la de arco y la conducción cesa cuando se hace inferior a la de arco (punto B de la curva Fig. 4.18.).

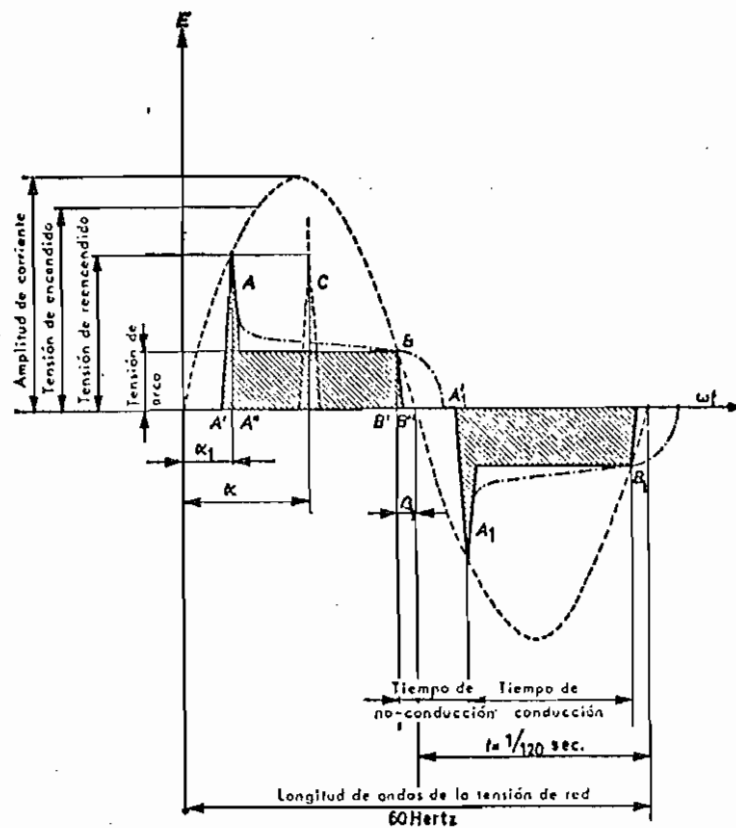


Figura 4.18.

La Curva -.-.-. indica la forma exacta de la tensión en bornes del tubo de descarga, teniendo en cuenta la presencia de la inducción estabilizada en el circuito de utilización.

La proyección A' A'' sobre el eje de tiempos corresponde al tiempo de ionización del tubo, y la proyección de B' B'' al de desionización.

El tiempo de conducción por semiciclo corresponde, pues, a:

$$T_1 = \pi - (\alpha_1 + \beta_1)$$

y el valor medio de la tensión durante un espacio de tiempo es:

$$e_m = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha_1}^{\beta_1} e_{\text{arc}} dt = \frac{e_{\text{arc}}}{\pi} \int_{\alpha_1}^{\beta_1} dt$$

Si se desea hacer variar la intensidad luminosa del tubo, será necesario modificar el tiempo de conducción, provocando el arranque en el punto C, por ejemplo. El valor medio de la tensión será entonces igual a:

$$e_m = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta_1} e_{\text{arc}} dt = \frac{e_{\text{arc}}}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta_1} dt$$

Teniendo en cuenta la tensión de reencendido de un tubo, si tiempo de ionización y la frecuencia de la red de alimentación, determinemos el valor de los ángulos α_1 y β_1 :

$$\alpha_1 = \text{arc sen } \frac{\text{tensión reencendido}}{\text{tensión alimentación}}$$

$$\beta_1 = \text{arc sen } \frac{\text{tensión arco}}{\text{tensión alimentación}}$$

Si se desea permanecer dentro de los límites de persistencia visual, es decir obtener la fusión de los estímulos del ojo, será necesario que los movimientos vibratorios sean efectuados en tiempos inferiores a $1/150_s$ y, por tanto, los tiempos de no conducción deberán ser inferiores a este lapso de tiempo, pues en caso contrario aparecerá el efecto de parpadeo.

Si se dispone de una red de 60 ciclos por segundo, que da 120 alternancias por segundo, será necesario que el tiempo de no conducción sea inferior a un tercio de ciclo. Por encima de ese tiempo habrá parpadeo en la luz emitida.

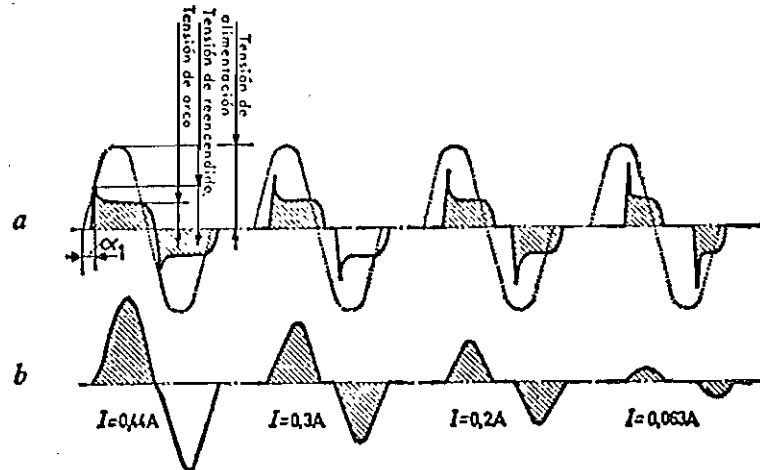


Figura 4.19.

Sistema de regulación con tiristores.

a. Oscilogramas de la tensión en bornes de la lámpara de descarga.

b. Oscilogramas de la intensidad que la atraviesa.

Se puede tener el caso de un tubo de 1,20 m, que tenga las siguientes características:

- tensión de arco 100 V;
- tensión de reencendido 200 V;
- tensión de arranque 350 V;

alimentado por un transformador de arrollamientos separados, que dé en vacío una tensión de 400 V con una frecuencia de 60 Hz.

El tiempo muerto α_1 reencendido corresponderá a:

$$\alpha_1 = \text{arc sen } \frac{200}{400} = 30^\circ$$

y el tiempo muerto β_1 será:

$$\beta_1 = \arcsin \frac{100}{400} = 15^\circ$$

lo que representa alrededor de un cuarto de alternancia. Se comprueba con esto el interés que habrá por disponer de una tensión alterna muy elevada, para reducir la importancia de los ángulos α_1 y β_1 .

Para que haya persistencia visual es necesario que el tiempo de no conducción sea inferior a 1/150 de segundo, es decir que el ángulo de abertura α_1 sea inferior a 120° .

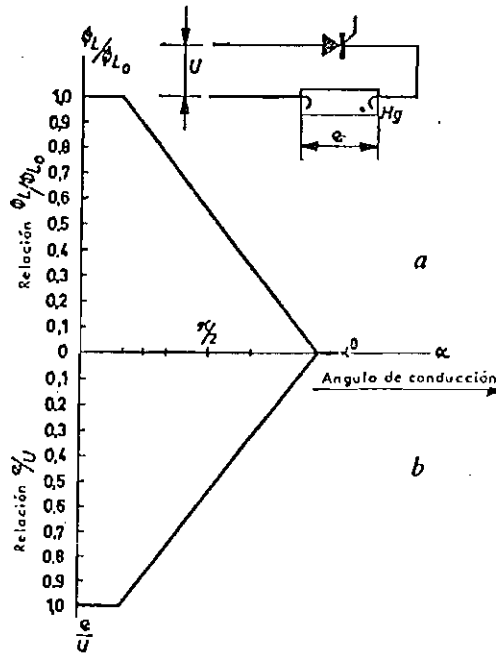


Figura 4.20.

- a. Variación del flujo luminoso de una lámpara de descarga en función del ángulo de conducción.
- b. Variación de la tensión media en bornes de la lámpara en función del ángulo de conducción.

4.3. CAMPOS DE APLICACION DE LOS DIFERENTES SISTEMA DE REGULACION

4.3.1. Corriente Continua

Si se dispone de corriente continua, los sistemas de resistencia variable son prácticamente los únicos que permiten la regulación de la tensión en bornes de las fuentes luminosas y por tanto, obtener las variaciones de flujo de estas fuentes entre 0 y 100 por ciento del nominal.

4.3.2. Corriente Alterna

Lámparas de Incandescencia

Todos los sistemas descritos, a saber, las resistencia regulables, las inductancias regulables, los autotransformadores de cursor, los transductores o amplificadores magnéticos y los tiratrones secos o de gas son susceptibles de introducir variaciones de flujo luminoso entre 0 y 100 por ciento del nominal cuando se trata de fuentes luminosas de filamento incandescente.

Lámpara de Descarga

Si las fuentes luminosas son lámparas de descarga, únicamente pueden utilizarse los sistemas de tiratrones secos o de gas para obtener las variaciones de flujo luminoso entre 0 y 100 por ciento del nominal, porque aseguran en bornes de la lámpara una tensión siempre superior a la de arranque.

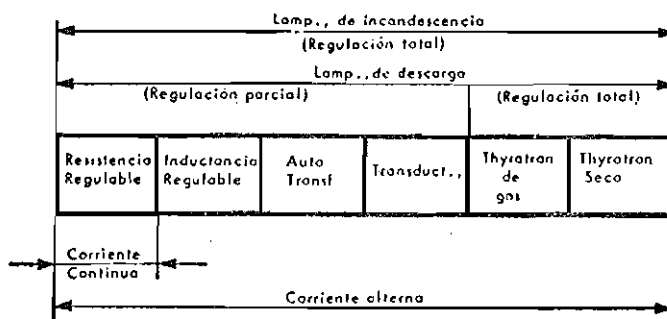


Figura 4.21.

Campos de aplicación de los sistemas de regulación luminosa

4.4. COMPARACION DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE REGULACION (5)

Los diferentes sistemas de regulación utilizables cuando se trata de hacer variar el flujo luminoso de una fuentes de incandescencia, son muy numerosos; interesa por tanto conocer las ventajas o inconvenientes de cada uno de ellos, para determinar cuál es entre todos el más adecuado para una aplicación dada.

4.4.1. Sistema de resistencia variable

Ventajas:

- Sistema muy robusto, con tiempo de respuesta instantáneo.
- Incorporación muy sencilla en un circuito monofásico (si se trata de un circuito de n fases, será necesario disponer de n reóstatos idénticos montados en el mismo eje de mando, para que las tensiones "e" en bornes de cada fuente luminosa sean las mismas para las n fases).

- Posibilidad de emplear un reóstato que permita variaciones de flujo luminoso proporcionales a los desplazamientos del cursor.
- Posibilidad de un telemando con velocidad constante por medio de un servomotor. En este caso los conductores de telemando deben ser 3, para permitir la inversión del sentido de marcha del servomotor.

Inconveniente:

- Gran dificultad para telemando con velocidad variable por servomotor. En este caso los tiempos de respuesta mínimos del motor son del orden varios segundos.
- Gran disipación calorífica por efecto Joule, debido a que las variaciones de tensión en bornes de las fuentes luminosas se obtiene por caída en la resistencia y, por tanto, existe la necesidad de asegurar algunas veces una ventilación forzada del local donde se encuentran situadas las resistencias.
- Los reóstatos deben calcularse:
 1. En función de la potencia de las fuentes luminosas cuyo flujo se desea regular.
 2. En función de la tensión de alimentación U y de la tensión "e" en bornes de estas fuentes luminosas.

Límites de Aplicación:

Este sistema permite la regulación de un circuito cuya potencia - puede llegar a 10 KW.

4.4.2. Sistema de Inductancia regulable

Ventajas:

- Sistema muy robusto, con un tiempo de respuesta casi instantáneo (constante de tiempo $\tau = L/R$).
- Incorporación muy sencilla en un circuito monofásico.
- Posibilidad de telemando con velocidad constante por medio de servomotor. En este caso los conductores de telemando deben ser 3.
- Escasa disipación calorífica. Las variaciones de tensión en bornes de la fuente luminosa se obtienen por medio del desfase de corriente con respecto a la tensión de alimentación.

Inconvenientes:

- Gran dificultad de telemando con velocidad variable por servomotor. En este caso, los tiempos de respuesta mínimos del motor son del orden de varios segundos.
- Desfase variable de la corriente con respecto a la tensión y, por tanto, necesidad de corregir el factor de potencia de la instalación por medio de condensadores.

Las inductancias deben calcularse:

- 1.- En función de la potencia de las fuentes luminosas.
- 2.- En función de la tensión de alimentación U y de la tensión "e" en bornes de las fuentes luminosas.

Límites de aplicación.

En este sistema permite la regulación de un circuito cuya potencia puede llegar a 10 KW.

4.4.3. Sistema de autotransformador de cursor

Ventajas:

- Sistema muy robusto, con un tiempo de respuesta instantáneo.
- Incorporación relativamente fácil en un circuito monofásico o trifásico.
- Posibilidad de mando a distancia por servomotor de velocidad constante. Necesidad de disponer de 3 conductores para poder variar el sentido de marcha del motor.
- Posibilidad de montar dos circuitos en oposición en el mismo cursor (uno de los circuitos está en el punto máximo, mientras que el otro está en el punto de extinción, pero el resultado obtenido no es siempre satisfactorio, porque las variaciones de flujo luminoso no son proporcionales a los desplazamientos del cursor.).
- Posibilidad de conectar este autotransformador a toda tensión comprendida entre cero y la tensión nominal para la cual han sido calculados los arrollamientos.
- Posibilidad de regular la tensión en bornes de todo el circuito de utilización cuya intensidad sea como máximo igual a la intensidad que puede soportar un cursor (alrededor de 40 A)

Inconvenientes:

- Gran dificultad de telemando con velocidad variable por servomo

tor.

- Imposibilidad de intercambiabilidad rápida.
- Necesidad de estar instalado en lugares absolutamente secos, debido a la absorción higrométrica de algunos aislamientos.
- Imposibilidad de obtener variaciones de flujo proporcionales a los desplazamientos del cursor.

Límites de utilización:

- Este sistema permite, por cursor, la regulación de una intensidad que puede llegar hasta unos 40 A y es posible disponer hasta 4 cursores por transformador.
- Los autotransformadores corrientes permiten la regulación de potencia del orden de 20 KW en monofásica y de 50 KW en trifásica.

4.4.4. Sistema de Transductores

Ventajas:

- Sistema muy robusto, completamente estático, que tiene un tiempo de respuesta que es función de la constante de tiempo $\tau = L/R$, variable con la intensidad que pasa por el circuito de saturación y la que lo hace por el de utilización.
- Incorporación relativamente sencilla en un circuito monofásico o trifásico.
- Gran posibilidad de mando a distancia con velocidad variable, puesto que la resistencia que regula el valor de la intensidad del circuito de saturación puede estar bastante alejada del cir

cuito que ha de regularse. Además, siendo la intensidad de mando del orden de unos 200 mA, los conductores pueden ser muy finos.

- Gran posibilidad de intercambio de un elemento estropeado, puesto que cada bloque de transductor puede ser independiente.
- Posibilidad de obtener variaciones del flujo luminoso proporcionales a los desplazamientos del cursor del circuito de saturación.

Inconvenientes:

- Imposibilidad de obtener la extinción completa de tensión en bornes de fuente luminosa (la tensión residual es del orden del 10 por ciento de la de alimentación).
- Gran disipación calorífica por efecto Joule y por corrientes de Foucault en el circuito magnético (del orden del 10 por ciento de la potencia regulada), y por tanto es necesario prever un sistema de ventilación forzada del local donde hayan de funcionar un cierto número de transductores.

Los transductores deben calcularse:

1. En función de la potencia de las fuentes luminosas que se desea regular.
2. En función de la tensión de alimentación U y de la tensión "e" en bornes de la fuente luminosa.

Límite de utilización:

Temperatura máxima de funcionamiento 90°C.

Los transductores o amplificadores magnéticos utilizados para la regulación del flujo luminoso se construyen actualmente para las siguientes potencias:

1000, 2000, 3000 5000 y 6000 W .

4.4.5. Sistema de Tiratrones de Gas

Ventajas:

- Sistema muy robusto, a pesar de la presencia de una ampolla de vidrio.
- Tiempo de respuesta del orden del milisegundo para intensidades decrecientes y del orden de 10 ms para intensidades crecientes.
- Incorporación bastante delicada en un circuito monofásico o trifásico.
- Gran posibilidad de mando a distancia con velocidad variable, puesto que la resistencia variable que manda el ángulo de apertura del tiratrón puede estar a varios kilómetros del circuito regulado. Además, como la intensidad de mando de la rejilla es del orden de 100 mA, los conductores pueden ser muy finos.
- Este sistema permite obtener variaciones de flujo luminoso proporcionales a los desplazamientos lineales o rotativos del cursor, según el valor de la resistencia regulable.
- Gran facilidad de intercambiabilidad de un elemento estropeado. Cada bloque de tiratrón, que comprende dos tiratrones y los órganos de mando, es independiente.
- Sistema que permite soportar sobreintensidades muy importantes,

hasta cien veces la intensidad nominal, para tiempo de aplicación únicamente inferiores a 10 ms y sobreintensidades muy grandes, puesto que el tiratrón está concebido en general para tensiones de alimentación del orden de 1.500 V, mientras que las de utilización normales en las lámparas de alumbrado son de 110 V.

Inconvenientes:

- Tiempo de precalentamiento considerable (del orden de 5 minutos para los tiratrones de xenón y de 10 a 15 minutos para los vapor de mercurio), de lo cual se deduce la necesidad de disponer relés de retardo que bloqueen el circuito de utilización.
- Necesidad de un calentamiento permanente del cátodo. En caso de una caída de tensión en la red, es necesario esperar a que el cátodo vuelva a alcanzar su temperatura normal antes de hacer funcionar el tiratrón. En ciertos casos ha sido necesario disponer relés especiales para restablecer la corriente en un tiempo inversamente proporcional al de corte, sin exceder, a pesar de todo, el tiempo normal de precalentamiento.
- Gran disipación calorífica por efecto Joule, debido a la caída de tensión interna de cada tiratrón (esta caída de tensión es del orden de 10 V), de donde se deduce la necesidad de asegurar una ventilación forzada del local en el cual se encuentre un gran número de tiratrones en servicio, para mantener la envoltura de vidrio a la temperatura normal de 60°C.

Límites de utilización:

Temperaturas límites de funcionamiento de: 35°C a 75°C.

Los tiratrones se construyen para las siguientes intensidades nominales:

3,2A y 6,4 A los tiratrones de xenón;

2,5A y 25A los de vapor de mercurio.

4.4.6. Sistema de Tiristores

Ventajas:

- Tiempo de respuesta muy corto. Del orden de 5 ms para intensidades crecientes y del orden de 20 ms para intensidades decrecientes.
- Gran facilidad de mando a distancia con velocidad variable o constante, puesto que la resistencia variable para el electrodo de mando del tiristor pueda estar a varios kilómetros del circuito regulado. Además la intensidad del circuito de mando por ser del orden de 10 mA, permite que los conductores sea muy finos.
- Ningún tiempo de precalentamiento (ausencia de filamento) por tanto utilización inmediata.
- Este sistema permite obtener variaciones del flujo luminoso proporcionales a los desplazamientos lineales o rotativos del cursor, según el valor de la resistencia variable.
- Gran facilidad intercambiabilidad de un elemento estropeado, puesto que cada bloque de tiristor (compuesto de dos tiristores y los órganos de mando) puede ir independientemente.

- Bajo desprendimiento de calor: la caída de tensión interna de un tiristor viene a ser del orden del voltio.
- Teniendo en cuenta que los tiempos de ionización y desionización son excesivamente reducidos, estos sistemas de tiratrones secos o de gas pueden ir mandados con elementos registrados en cinta magnetofónica.
- Posibilidad de regular el flujo luminoso de una lámpara de descarga puesto que se obtienen las variaciones de tensión en bornes de la fuente luminosa por cortes de la senoide de la -tensión de alimentación y no por caída de tensión o desfase,

Inconvenientes:

- Sistema relativamente frágil, puesto que no puede soportar sobretensiones (una sobre-tensión del 20% no puede durar más de 5 ms) y sobreintensidades muy limitadas (del orden de 5 veces la intensidad nominal para un tiempo inferior a 10ms).
- Incorporación bastante delicada en un circuito monofásico o -trifásico.

Límites de utilización:

- Temperaturas límites de funcionamiento de 65°C a + 125°C.

Los tiristores se construyen actualmente para las intensidades siguientes: 5,15,25,50 y 100A, y para tensiones directas como máximo iguales a 350 V eficaces.

*Para el caso peculiar
de alta frecuencia de
cambio de corriente*

R E F E R E N C I A S

- (1) RAMIREZ VAZQUEZ José, "Luminotecnia", Ediciones CEAC, Barcelona, 1972, pág. 175.
- (2) ACKERMAN K, "La luz en la Comunicación Visual", Revista Internacional de Luminotecnia, Publicada por "Stichting Prometheus", Amsterdam, 1976, N° 4. pág. 86.
- (3) SIMARD P, "Reguladores de Flujo Luminoso", Editorial Paraninfo, Madrid, 1972, pág. 33.
- (4) GAUDRY M, "Rectificadores, Tiristores y TRIACS", Tercera Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1976, págs. 281-287.
- (5) SIMARD P., "Reguladores de Flujo Luminoso", Editorial Paraninfo, Madrid, 1972, Págs. 99-109.

.....

CAPITULO 5

MODELO DEMOSTRATIVO DEL ALUMBRADO

Un análisis bastante objetivo y completo de sistemas de iluminación se logrará, si a través de fotografías se pueden investigar temas - propuestos con anterioridad a la impresión de las mismas, así, en los proyectos de iluminación realizados, se ha estudiado lo siguiente:

5.1 Influencia del color de la luz sobre el color de las paredes

Este análisis se lo hace a través de la Fig. 5.1, en la cual se ha tomado como base únicamente dos colores de pared y dos tipos de lámparas. Esta ligera apreciación pretende dar una idea de lo que sería un análisis más completo, con más colores de lámparas y paredes.

Figura 5.1 (a): color de la pared verde, interior iluminado con lámparas luz del día normales (Daylight). Resultado: se acentúa el color

verde en las paredes, pero el ambiente general es de gran frialdad.

Figura 5.1 (b): color de la pared verde, interior iluminado con lámparas Blanco-Fresco (Cool-White). Resultado: ambiente más agradable - que el anterior, pero el color verde se desvirtúa un poco.

Figura 5.1. (c): color de la pared marfil, interior iluminado con lámparas Luz del Día normales. Resultado: ambiente frío y el color marfil no se desvirtúa mayormente.

Figura 5.1 (d): color de la pared marfil, interior iluminado con lámparas Blanco-Fresco (Cool-White). Resultado: el color marfil se acentúa y el ambiente es acogedor, casi cálido. Este es el ambiente general que tiene actualmente la sala de lectura.

Las figuras 5.1 (a), (b), (c) y (d) constan en las dos páginas siguientes.

Los colores de las paredes se desvirtúan o se acentúan por la distribución espectral de las lámparas fluorescentes que las ilumina, así, la lámpara Luz del Día (Fig. 5.2) tiene ligeros acentuamientos en los verdes y azules y la Blanco-Fresco los tiene en el amarillo.



(a)
Fig. 5.1 Influencia del color de la luz sobre el ambiente
y en el color de las paredes.



(b)
Fig. 5.1 Influencia del color de la luz sobre el ambiente
y en el color de las paredes.



(c)

Fig. 5.1 Influencia del color de la luz sobre el ambiente y en el color de las paredes.



(d)

Fig. 5.1 Influencia del color de la luz en un ambiente y en el color de las paredes.

5.2 DISEÑOS TENTATIVOS PARA LA SALA DE LECTURA

Como se dedujo en el capítulo 3, el sistema de iluminación para la sala de lectura será el directo-indirecto, lo que significa cambiar el alumbrado actual, que si bien cumple con las exigencias de cantidad (*), no así con las de calidad, pues, es un alumbrado tipo industrial que carece inclusive de la estética necesaria (Fig. 5.1).

En la Fig. 5.2 se puede apreciar un sector de la sala de lectura con el sistema de iluminación que se proyecta instalar. Desde la Fig. 5.3 a la Fig. 5.6 han sido tomadas con el alumbrado directo-indirecto.

En la sección 3-1, se concluyó la necesidad de utilizar lámparas fluorescentes Luz del Día. Habiendo dos tipos de lámparas: normales y de lujo, es necesario analizar la influencia de cada una de ellas en las posibles superficies de las mesas y en el ambiente mismo del local. Se han usado, básicamente, dos colores para las mesas: uno oscuro, color actual de las mesas (reflectancia 15%) y otro claro, color sugerido (reflectancia 40%) para cambiar el actual.

(*) Se ha medido un promedio de 520 lux.



Fig. 5.2 Sector central de la sala de lectura con el nuevo alumbrado directo-indirecto.

Este análisis que parecería a veces repetitivo, es necesario si se quiere cumplir con los requerimientos de calidad, fijados con anterioridad para el sector focal (las mesas de lectura en este caso) que viene a constituir el centro alrededor del cual ha girado todo el diseño del alumbrado. De esta manera se podrá concluir, definitivamente, la lámpara más apropiada y el color adecuado para las superficies de las mesas.

Todas las fotografías que se muestran a continuación tienen como denominador común el color marfil en las paredes, por cuanto en la sección 3-1 se dedujo que este era el color que debía mantenerse en la sala para que exista una correcta relación de color entre la zona a diseñar y las adyacentes, entonces, no es menester cambiar el color de las paredes para hacer los estudios que a continuación se señalan.

5.2.1 Comparación entre mesas de distinto color con lámparas -
Luz del Día normales

Esta comparación se puede hacer valiéndose de la Fig. 5.3. Como se puede apreciar aquí, los sectores oscuros de las mesas resaltan y se puede deducir fácilmente que habrá mayor comodidad visual en la Fig. 5.3 (b) que en la Fig. 5.3 (a), porque en aquella superficie hay menor contraste con la tarea, que en esta última.

5.2.2 Comparación de superficies de distinto color con lámparas Luz del Día de Lujo

Para esta comparación sirve la Fig. 5.4. La diferencia con la figura anterior radica en que en la Fig. 5.4 se tiene mayor uniformidad en el color de las mesas (para ambos colores de superficies), se mejora, obviamente, el contraste, pero tiene ventaja la superficie clara, Fig. 5.4 (b), sobre la oscura, (Fig. 5.4 (a), porque como se puede mirar, existe mayor contraste, entre el fondo y la tarea, en la Fig. 5.4 (a) que en la (b), debido a los menores sitios oscuros que tiene ésta.

Las figuras 5.3 (a) y (b) y la 5.4 (a) y (b) constan en las próximas dos hojas.



(a)

Fig. 5.3 Lámparas Luz del Día normales iluminado superficies de distinto color.



(b)

Fig. 5.3. Lámparas Luz del Día normales iluminando superficies de distinto color.

5.2.3 Influencia de la luz en superficies oscuras de las mesas

Para este análisis se hará uso de la Fig. 5.5.

Fig. 5.5 (a): Iluminación interna con lámpara Luz del Día de -
Lujo (Daylight de Luxe). Color de las mesas: ca
fé oscuro (color actual). Resultado: resalta los sectores café claros-
de las mesas, mejorando su luminancia y por tanto el contraste entre el -
fondo y la tarea.

Fig. 5.5 (b): Iluminación general con lámparas Luz del Día nor
males (Daylight). Color de las mesas, café obs-
curo. Resultado: se puede distinguir claramente las zonas más y menos-
oscuras del material de las superficies de las mesas, esto hace que se -
aumente el contraste entre el fondo y la tarea, y por tanto la relación-
de luminancias disminuye, lo que puede resultar en fatiga visual.

La Fig. 5.5. consta en la página siguiente.



(a)

Fig. 5.4 Lámparas Luz del Día de Lujo, iluminando superficies de distinto color.



(b)

Fig. 5.4 Lámparas Luz del Día de Lujo, iluminando superficies de distinto color.



(a)

Fig. 5.5 Influencia de las lámparas Luz del Día en superficies oscuras.



(b)

Fig. 5.5 Influencia de las lámparas Luz del Día en superficies oscuras.

5.2.4 Influencia del color de la luz en superficies claras de las mesas

Se hace uso de la Fig. 5.6.

Fig. 5.6 (a): Iluminación general con lámparas Luz del Día de lujo. Resultado: hay bastante uniformidad en el color de las mesas, lo que favorece a la comodidad visual.

Fig. 5.6 (b): Iluminación general con lámparas Luz del Día normales. Resultado: aparecen los sectores oscuros de las mesas, disminuyendo ligeramente el contraste (puesto que se trata de superficies claras) y por tanto la comodidad visual.

La Fig. 5.6 consta en la página siguiente.



(a)
Fig. 5.6 Influencia de las lámparas Luz del Día en superficies
claras.



(b)
Fig. 5.6 Influencia de las lámparas Luz del Día en superficies
claras.

Como se ha visto en las cuatro comparaciones realizadas, con los dos colores de mesas para los dos colores de lámparas Luz del Día, la superficie clara de las mesas (cuya reflectancia es la recomendada: 40%), es mucho más conveniente que la oscura (reflectancia 15%), lo que se dedujo también en el capítulo 3 y se confirma aquí.

Ahora, es conveniente analizar cuál de las dos lámparas Luz del Día es la más adecuada para utilizarse en la sala de lectura. Esto se puede hacer mirando la Fig. 5.6 (a) y (b), pues, son los dos aspectos que tendría la sala con los dos colores de lámparas. El ambiente frío que se requiere para la sala no se cumple con las lámparas Luz del Día de lujo, Fig. 5.6 (a); como se puede ver existe un ambiente ligeramente cálido, lo que da una atmósfera agradable y acogedora; tiene la gran ventaja de uniformizar el color de la superficie de las mesas, obteniéndose una mejor armonía en el campo visual. La reproducción de los colores es también atractiva. Con las lámparas Luz del Día normales, Fig. 5.6 (b) se puede asegurar que se tiene una atmósfera fría, pero, el contraste aumenta al aparecer los sitios oscuros de las superficies y la reproducción de colores no es atractiva como antes.

Por los requerimientos que se dio con anterioridad para este tipo de recintos, se deduce que la lámpara más adecuada es la Luz del Día normal (Daylight), porque es indispensable tener una atmósfera fría. El contraste disminuye ligeramente y no en una gran proporción como para preocuparse, porque, como se puede ver, la superficie sigue manteniendo su predominio del color claro al cambiar de lámpara Luz del Día de lujo a la Luz del Día normal.

Se puede mirar también que la reproducción de colores no es excelente, pero tampoco los distorsiona, cumpliéndose el requisito de que la reproducción de colores deberá ser aceptable y mencionado en el capítulo 3.

5.3. SIMULACION DEL ALUMBRADO PARA REUNIONES INFORMALES

En la sección 3.2 se diseñó el sistema de iluminación para bailes y reuniones informales. El nivel de iluminación requerido lo provee un alumbrado directo, con lámparas incandescentes y un alumbrado indirecto con lámparas fluorescentes (Fig. 5.7).



(a)

Fig. 5.7 Vista general del sistema de iluminación para bailes y reuniones informales.

(a) Vista de frente del salón.

(b) Vista de un costado.



Fig. 5.7 (b)

En la figura 5.8 se aprecia una visión desde dos ángulos distintos, de lo que sería la sala de baile durante una reunión de este tipo. Se puede ver el ambiente cálido y acogedor que envuelve a las personas, esto incita a la conversación y al diálogo. Las luces incandescentes dan la alegría y festividad que requieren estos recintos y las fluorescentes acentúan las características arquitectónicas de la sala. Las luces fluorescentes que están en las cornisas son las "Blancas de Lujo" que, como se ve, se combinan adecuadamente con las incandescentes.



(a)



(b)

Fig. 5.8 Visión de la sala de baile.

(a) Vista desde el costado derecho.

(b) Vista desde el costado izquierdo.

5.4 Simulación del alumbrado para presentaciones artísticas

La utilización de la sala para presentaciones artísticas y teatrales es otro de los usos eventuales que va a tener el recinto. Las fotografías siguientes tienen como objetivo principal dar una idea aproximada de lo que será la sala cuando se utilice para este tipo de eventos. La Fig. 5.9 muestra claramente iluminados los tres sectores en los que se dividió el escenario (Sección 3.3)



Fig. 5.9 Los tres sectores en los que se divide el escenario.

La Fig. 5.10 es similar a la anterior, pero con una posible presentación escénica. Este sistema de iluminación será adecuado para una presentación de un grupo: teatral, musical, etc.

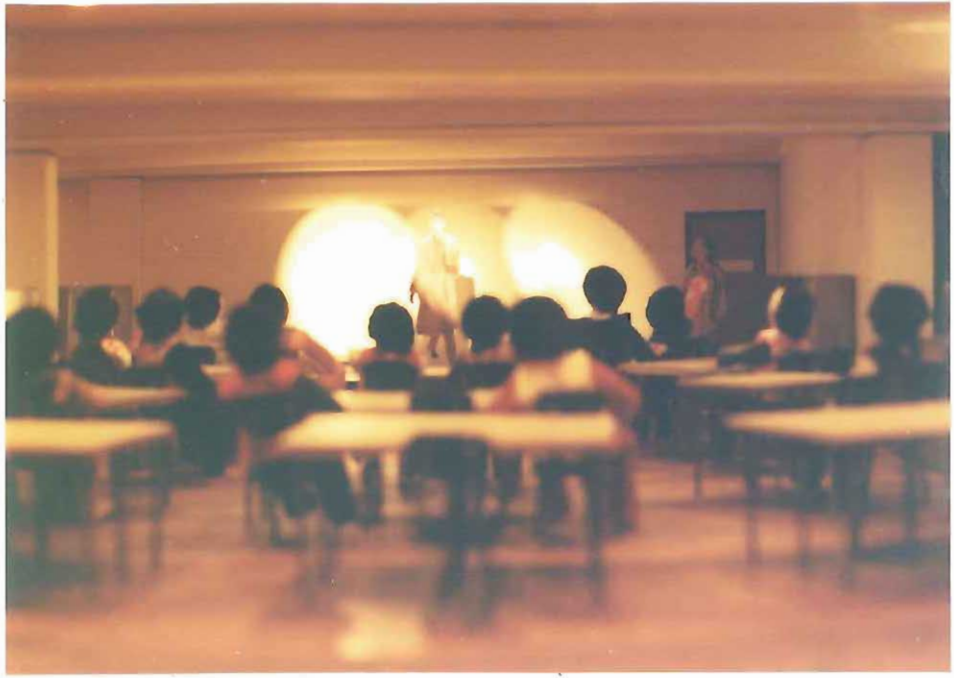


Fig. 5.10 Escenario iluminado totalmente, con una posible representación.

La Fig. 5.11 muestra lo que sería la iluminación únicamente del sector central, en donde se destaca la persona que se está presentando. Este sistema será adecuado para la presentación de solistas, recitadores, oradores.

Lamentablemente, en las figuras 5.10 y 5.11, de las personas que están en el escenario no se distinguen sino únicamente sus siluetas, esto se debe a que existe un gran contraste entre las zonas iluminadas del escenario y sus alrededores, éstos con mucho menos iluminación que aquellas. La película reacciona uniformemente frente a ambas zonas: claras y oscuras, haciendo que se pierdan los detalles de la zona más iluminada.

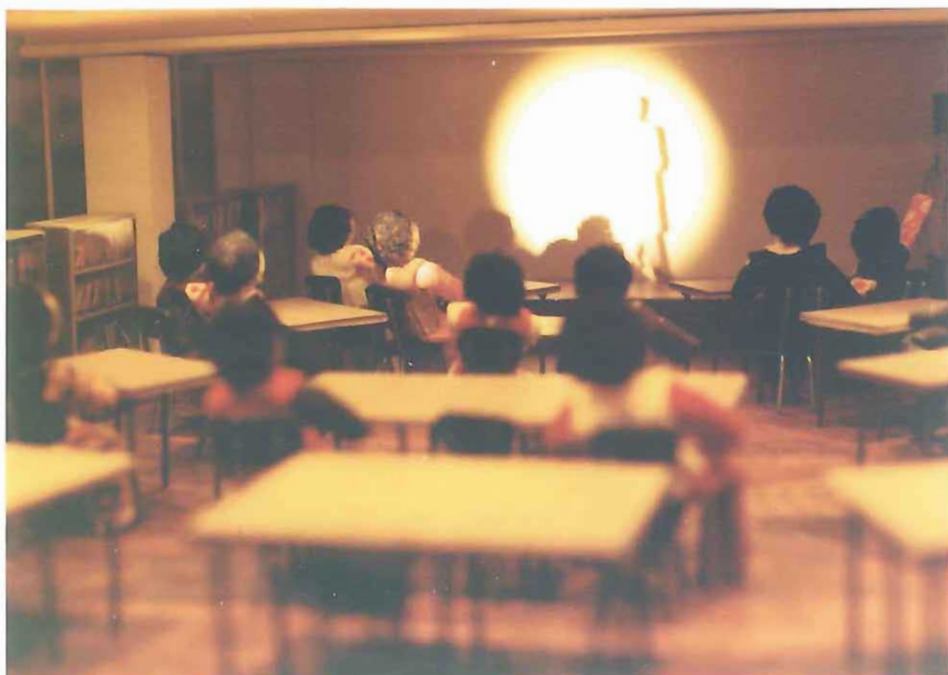


Fig. 5.11 Escenario iluminado parcialmente, con una posible re presentación.

5.5 MODELO DEMOSTRATIVO DEL ALUMBRADO

Todas las fotografías mostradas hasta el momento en el presente capítulo han sido logradas sin luz natural, en un modelo demostrativo - construido a escala 1:20, aproximadamente. Tiene el propósito de estudiar de una manera bastante objetiva los distintos diseños tentativos. En la Fig. 5.12 se muestra una visión general del modelo, en el costado izquierdo está el techo que sirve para el alumbrado directo en la Fig. 5.1 y en el costado derecho el que sirve para el alumbrado indirecto-directo que - se utiliza en las Figs. 5.2 a 5.6. En la parte superior del techo se colocan lámparas, las que se encierran en una caja para que su flujo luminoso no se desperdicie.



Fig. 5.12 Modelo demostrativo del alumbrado con sus distintos componentes.

Aquí se puede experimentar rápida y libremente cubriendo una amplia gama de efectos para obtener una buena representación de la realidad en plena escala. En la Fig. 5.13 se puede apreciar una comparación entre la sala de lectura en la realidad (a) y su modelo a escala (b). Ambas figuras han sido logradas sin luz natural.

La Fig. 5.13 consta en la página siguiente.



(a)



(b)

Fig. 5.13 Comparación fotográfica de la sala de lectura en la realidad (a) y su modelo demostrativo a escala (b).

El estudio del alumbrado a través de un modelo es lleno de propósitos. Se debe describir previamente el tipo de asunto que se propone investigar. Así, por ejemplo, se podrían construir diferentes y variados techos, de acuerdo a distintos sistemas de iluminación o disposición de luminarias que se quiere analizar. Se puede también cambiar fácilmente los colores de las paredes con cartulinas pintadas de varios colores para poder apreciar el color más adecuado para cierto interior, con cierto tipo de luz. A más de cambiar el techo o el color de las paredes, se puede también hacerlo con los diferentes tipos de lámparas, especialmente fluorescentes, y así ver como influyen en el color de los objetos o en el ambiente mismo. Todos estos cambios se fotografían para poder compararlos luego, lo que llevará a una conclusión bastante aceptable de: color del recinto, tipo de lámpara, tipo de luminaria, etc.

Niveles de iluminación logrados en el modelo.

Alumbrado directo, Fig. 5.1:

- Lámparas Luz del Día normales: 600 lux.
- Lámparas Blanco-Fresco: 650 lux.

Alumbrado directo-indirecto, Fig. 5.2 a 5.6:

- Lámparas Luz del Día normales: 450 lux.
- Lámparas Luz del Día de Lujo: 400 lux.

Alumbrado para fiestas, Fig. 5.7 y 5.8:

- Iluminación directa-indirecta: 170 lux.

5.6 MEZCLA LUMINOSA INCANDESCENTE - FLUORESCENTE

La comprensión adecuada del análisis de la combinación luminosa de un flujo luminoso incandescente y otro fluorescente dependerá del conocimiento básico que se tenga sobre Color, Temperatura de Color y Colorimetría.

5.6.1 Color.-

El color de una fuente de luz depende de la longitud de onda de la luz que genera. El color aparente de una superficie está determinado por dos factores: las características de la reflectancia espectral de la superficie (factor de reflexión para cada longitud de onda del espectro visible) y la composición espectral de la luz por la que es iluminada.

Existen dos sistemas más conocidos para la determinación de colores: Sistema CIE, explicado en la sección 5.3.3, Colorimetría, y el Sistema Munsell, que se basa en el concepto de que todo color tiene tres dimensiones: tono, valor (brillo, claridad) y cromaticidad (saturación, pureza). Estas están formadas por series de muestras de color que forman un libro de cartas cromáticas. El Sistema Munsell se representa por medio de un sólido tridimensional, similar al de la FIG. 5.14. Para el análisis de la mezcla luminosa incandescente-fluorescente, se usa el Sistema CIE.

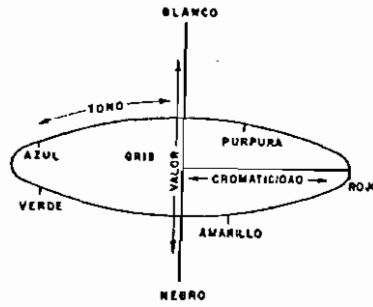


FIG. 5.14 Sólido de color de Munsell

Los colores pueden mezclarse aditivamente o sustractivamente. El método de mezclar colores mediante su proyección sobre la misma superficie es un proceso aditivo. La creación de color mediante el filtrado de luz blanca o la combinación de pigmentos, es un proceso sustractivo. En el siguiente gráfico pueden verse los colores aditivos primarios, así como los sustractivos primarios, con los resultados de sus distintas combinaciones.

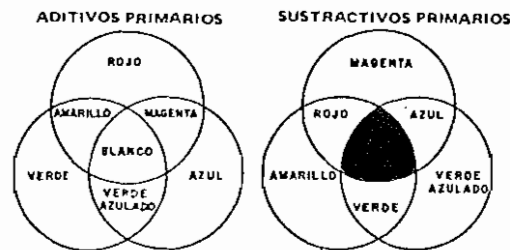


FIG. 5.15 Colores aditivos y sustractivos primarios

Dos colores que se combinan para dar blanco o gris neutro se llaman "complementarios". Los colores sustractivos primarios son complementarios de los aditivos primarios.

5.6.2. Temperatura de Color.-

La asignación de una temperatura de color a una fuente de luz significa que la luz producida es similar en color a la emitida por un cuerpo negro (*) a esa temperatura. El tungsteno tiene una distribución de energía espectral muy próxima a la de un cuerpo negro y por ello la radiación visible de una lámpara de filamento es casi idéntica, no sólo en color sino también en la distribución de energía espectral a la radiación de un cuerpo negro.

La temperatura de color se mide en grados Kelvin.

En la FIG. 5.21 consta una parábola, son las cromaticidades del cuerpo negro en varias temperaturas, se conoce como lugar geométrico de Planck. En esta curva estarán entonces todas las coordenadas de cromaticidad (**) de las lámparas incandescentes para las distintas temperaturas de color. Las coordenadas de cromaticidad exactas para distintas temperaturas absolutas se muestran en la FIG. 5.16

Como las curvas de distribución espectral de las lámparas fluorescentes son diferentes de la del cuerpo negro, se les asigna a este tipo de lámparas una temperatura de color correlacionada, es decir, la temperatura del cuerpo negro en que el color de éste se parece lo más posi-

(*) Cuerpo negro o Radiador de Planck, radiador técnico que absorbe completamente toda la radiación incidente, cualquiera que sea su longitud de onda, dirección de incidencia o polarización.

(**) Llamadas también condenadas tricromáticas o coeficientes tricromáticos.

$T, ^\circ\text{K}$	x	y	$T, ^\circ\text{K}$	x	y
1000	0.6526	0.3446	3100	0.4109	0.3935
1500	0.5856	0.3932	3500	0.4053	0.3906
1600	0.5731	0.3993	3600	0.3997	0.3879
1700	0.5609	0.4043	3700	0.3945	0.3849
1800	0.5491	0.4083	3800	0.3896	0.3823
1900	0.5377	0.4112	3900	0.3847	0.3794
2000	0.5266	0.4133	4000	0.3804	0.3767
2100	0.5158	0.4146	4500	0.3607	0.3635
2200	0.5055	0.4152	5000	0.3450	0.3516
2300	0.4956	0.4152	5500	0.3324	0.3410
2400	0.4860	0.4147	6000	0.3220	0.3317
2500	0.4769	0.4137	6500	0.3135	0.3236
2600	0.4681	0.4123	7000	0.3063	0.3165
2700	0.4597	0.4106	7500	0.3003	0.3103
2800	0.4517	0.4086	8000	0.2952	0.3048
2900	0.4441	0.4064	8500	0.2907	0.2999
3000	0.4368	0.4041	9000	0.2869	0.2956
3100	0.4298	0.4015	9500	0.2836	0.2918
3200	0.4232	0.3989	10000	0.2806	0.2883
3300	0.4170	0.3962	20000	0.2565	0.2577
			∞	0.2399	0.2342

FIG. 5.16 Coordenadas de Cromaticidad del Cuerpo Negro (1)

ble al de la lámpara. En la FIG. 5.17 se muestran las coordenadas de cromaticidad de algunos tipos de lámpara fluorescentes; las elipses son las tolerancias de cada una de ellas.

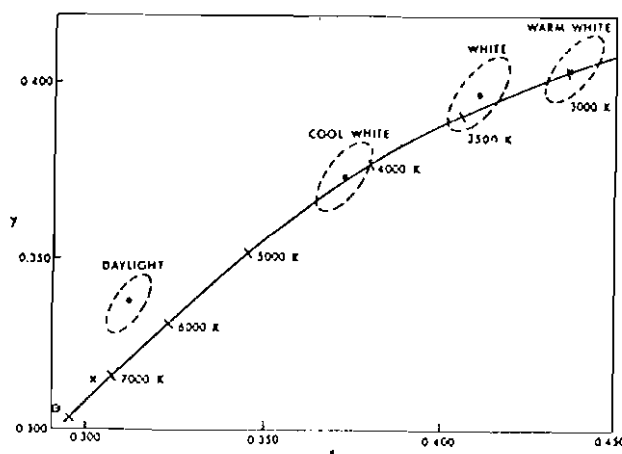


FIG. 5.17 Coordenadas de Cromaticidad de algunas lámparas fluorescentes (2)

5.6.3. Colorimetría

La ciencia que trata de la medida del color se denomina Colorimetría.

Para la medición del color de una fuente de luz, la CIE (*) en 1931 adopta el diagrama de cromaticidad o triángulo de color, el que permite la determinación matemáticamente exacta de cualquier color mediante dos coordenadas de cromaticidad, FIG. 5.18

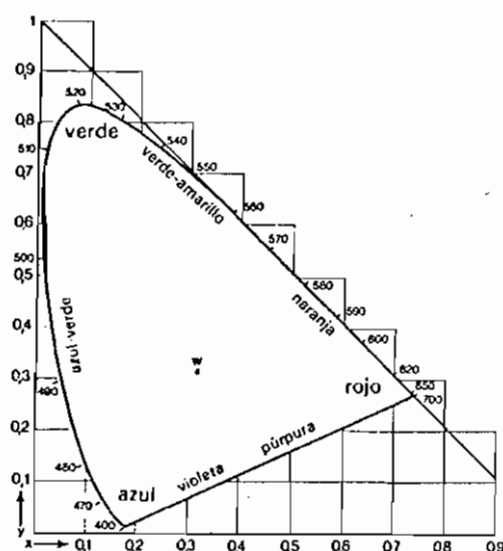


FIG. 5.18 Diagrama de Cromaticidad CIE. (3)

La línea curva de contorno es el lugar geométrico de los colores espectrales puros y la línea recta que une el extremo azul con el extremo rojo es el lugar geométrico de los púrpuras. En el punto W se halla el -

(*) Comisión Internationale de L'Eclairage (Comisión Internacional de Iluminación)

blanco, es el centro de gravedad del triángulo de color.

"En el interior del contorno están los colores que se pueden formar mediante luces y en el exterior están los colores que no se pueden formar mediante luces y nadie los ha visto nunca" (4)

Las coordenadas de cromaticidad, especificadas por el fabricante para cada tipo de lámpara, han sido calculados valiéndose de la distribución de su energía espectral y la respuesta de un observador colorimétrico patrón, establecido por la CIE ante los tres colores primarios: rojo, verde y azul, que corresponden a las curvas \bar{x} , \bar{y} i \bar{z} respectivamente en la FIG. 5.19. Estas curvas han sido trazadas basándose en la teoría de que el ojo tiene tres sensibilidades máximas a lo largo del espectro visible, en el rojo, verde y azul.

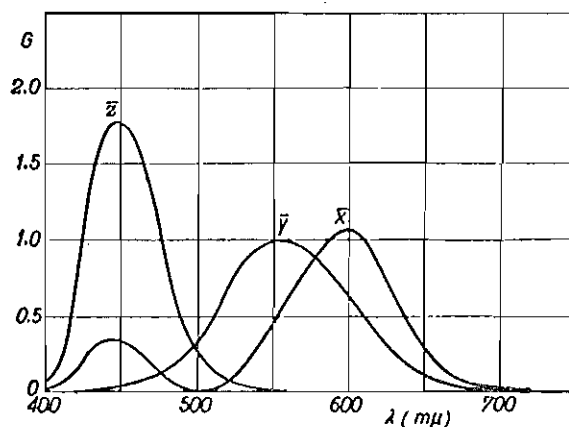


FIG. 5.19 Curvas de sensibilidad espectral del observador colorimétrico patrón CIE. (5)

Si se conoce la distribución espectral de una fuente de luz y se

se quiere conocer sus coordenadas tricromáticas, se usa las siguientes fórmulas:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad \text{Ec. 5-A (6)}$$

donde x, y i z se llaman "valores triestímulos" que se calculan de la siguiente manera:

$$X = \int \bar{x}_\lambda f(\lambda) d\lambda \quad Y = \int \bar{y}_\lambda f(\lambda) d\lambda \quad Z = \int \bar{z}_\lambda f(\lambda) d\lambda \quad \text{Ec. 5-B (6)}$$

$f(\lambda)$ es la función de la distribución espectral. Como ninguna de las curvas de distribución espectral de las lámparas obedecen a funciones matemáticas, se calculan las Ec. 5-B por un método matemático aproximado:

$$X = \sum_{\lambda=350}^{750} \bar{x}_\lambda E_\lambda \quad Y = \sum_{\lambda=350}^{750} \bar{y}_\lambda E_\lambda \quad Z = \sum_{\lambda=350}^{750} \bar{z}_\lambda E_\lambda \quad \text{Ec. 5-C (7)}$$

abarca todo el espectro visible: 350 a 750 nanómetros.

Las Ec. 5-C significan que si, por ejemplo, se quiere calcular el valor triestímulo Y de un haz luminoso, de una distribución espectral dada se multiplica las ordenadas de la curva \bar{y} , FIG. 5.19, para cada una de las longitudes de onda, por el flujo energético (E) del haz luminoso para la longitud de onda correspondiente y sumando todos los productos obtenidos para todo el espectro. Por un proceso análogo se calcula los otros dos valores triestímulos X e Z .

5.6.4. Mezcla incandescente - fluorescente.-

Se va a suponer la mezcla luminosa de una lámpara incandescente normal y de una lámpara fluorescente Daylight (Luz del Día).

Cuando la tensión nominal de una lámpara incandescente cambia, - no solamente varía su flujo luminoso, sino también su temperatura de color, según la ecuación:

$$\frac{T_c}{T_{c0}} = \left(\frac{U}{U_0} \right)^{0.37} \quad (8)$$

T_{c0} corresponde a la temperatura del filamento alimentado con la tensión nominal U_0 . La variación del flujo luminoso y de la temperatura de color de una lámpara de incandescencia se representa en la FIG. 5.20

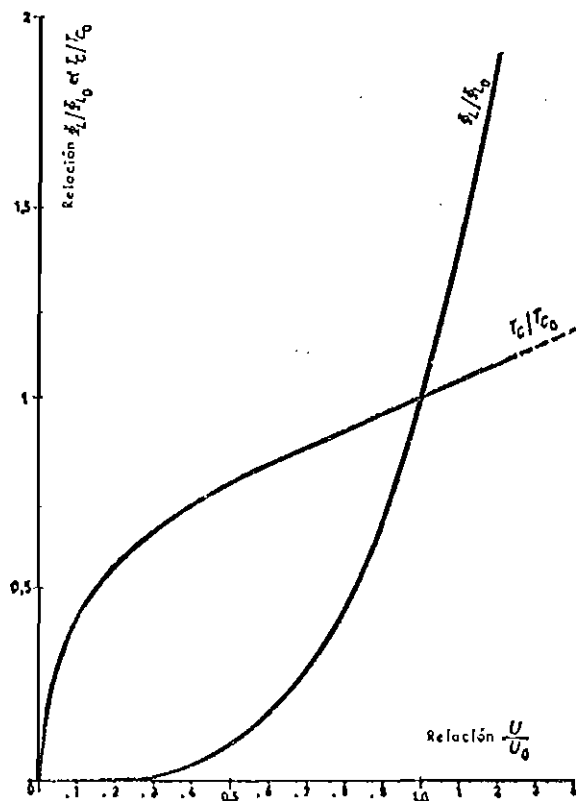


Fig. 5.20 Variación del flujo luminoso y de la temperatura de color de una lámpara de incandescencia, en función de la tensión aplicada al filamento.

Cuando se hace variar la intensidad que circula por la lámpara -- fluorescente, el flujo luminoso emitido varía proporcionalmente a esta intensidad y se puede admitir, sin gran error, que las coordenadas de cromaticidad de la luz emitida, permanecen constantes, es decir, la temperatura de color no varía. (8)

5.6.4.1. Coordenadas tricromáticas de la luz mezcla - Método Gráfico

La temperatura de color nominal de una lámpara incandescente es de 2850°K y corresponde a la fuente A de la CIE, que tiene por coordenadas de cromaticidad: $x_1 = 0.448$ $y_1 = 0.407$ (9), punto I en la FIG. 5.21.

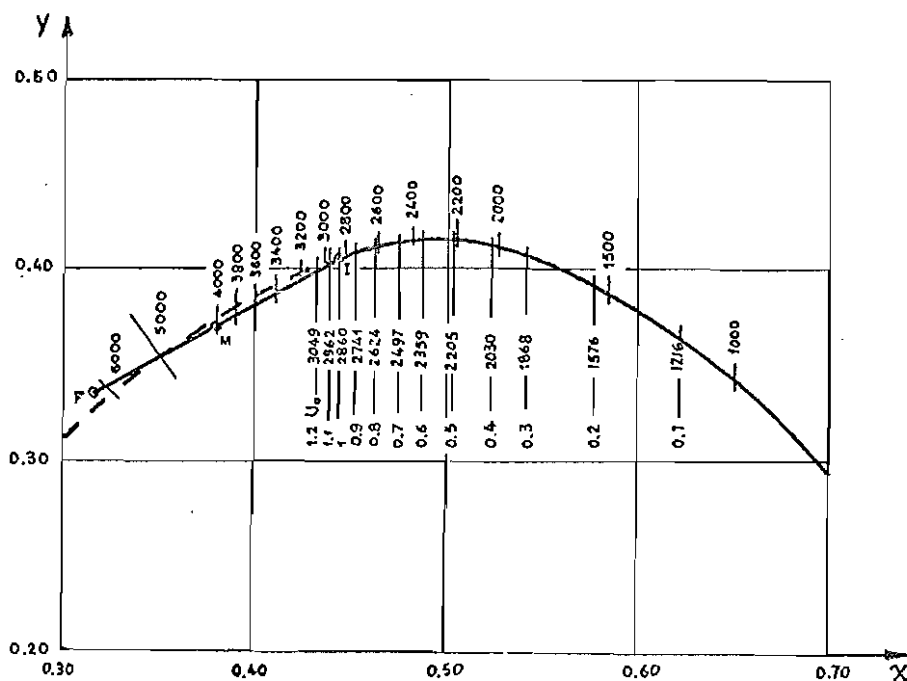


FIG. 5.21 Variaciones de la temperatura de color y de las coordenadas trínomáticas de una luz mezcla I-F, en función de la tensión de alimentación de la lámpara Incandescente y de la intensidad que circula por la lámpara fluorescente.

La temperatura de color nominal de una lámpara fluorescente Day-light es de 6500°K y corresponde a las coordenadas de cromaticidad:

$$x_2 = 0.313, \quad y_2 = 0.335 \quad (9), \text{ punto F en la FIG. 5.21}$$

La combinación de una luz incandescente con otra fluorescente es aditiva y se ha comprobado (10) que el lugar de las coordenadas tricromáticas de la luz resultante de la mezcla es el segmento rectilíneo que une los puntos I y F en la FIG. 5.21. Este segmento parte del punto F cuando no hay más que luz fluorescente, avanzando luego hacia I cuando se añade el flujo luminoso, manteniendo constante el de la lámpara fluorescente, de la luz proveniente de una lámpara incandescente, cuya alimentación U se va aumentando progresivamente. Al llegar al punto M el flujo luminoso incandescente y el fluorescente son iguales y este punto divide en dos partes iguales al segmento IF, como se demuestra más adelante. Después, al disminuir progresivamente el flujo emitido por la lámpara fluorescente, manteniendo constante el de la lámpara incandescente, la luz mezcla se acerca al punto I, en donde no existe más que luz incandescente. Si se reduce la tensión aplicada a la lámpara incandescente, la temperatura de color de la luz emitida se desplazará por la línea del cuerpo negro según la parábola que tiene por ecuación, según Hording:

$$(x - 0.496)^2 = -0.358 y - 0.415 \quad (11)$$

5.6.4.2. Coordenadas tricromáticas de la luz mezcla - Método Analítico

Si el punto de la combinación de un flujo luminoso incandescente y otro fluorescente se representa por M, sus coordenadas de cromaticidad

se obtienen a través de los valores triestímulos de los componentes incandescentes (I) y fluorescente (F). Se procede como en la matemática de la suma de vectores (12), donde X_1, Y_1, Z_1 , valores triestímulos de I, son los componentes de un vector; X_2, Y_2, Z_2 , valores triestímulos de F, son los componentes de otro vector y la nueva luz M es entonces la suma de los vectores:

$$M = I + F$$

$$M = (X_1 + Y_1 + Z_1) + (X_2 + Y_2 + Z_2)$$

$$M = (X_1 + X_2) + (Y_1 + Y_2) + (Z_1 + Z_2)$$

los valores triestímulos de la luz resultante serán:

$$X_m = X_1 + X_2$$

$$Y_m = Y_1 + Y_2$$

$$Z_m = Z_1 + Z_2$$

se conoce, por las Ec. 5-A que las coordenadas de cromaticidad para las luces I y F responden, respectivamente, a las ecuaciones:

$$x_1 = \frac{X_1}{X_1 + Y_1 + Z_1}$$

$$y_1 = \frac{Y_1}{X_1 + Y_1 + Z_1}$$

$$x_2 = \frac{X_2}{X_2 + Y_2 + Z_2}$$

$$y_2 = \frac{Y_2}{X_2 + Y_2 + Z_2}$$

Las coordenadas de cromaticidad de la luz resultante M, serán entonces:

$$x_m = \frac{X_m}{X_m + Y_m + Z_m}$$

$$y_m = \frac{Y_m}{X_m + Y_m + Z_m}$$

$$x_m = \frac{X_1 + X_2}{X_1 + X_2 + Y_1 + Y_2 + Z_1 + Z_2}$$

$$y_m = \frac{Y_1 + Y_2}{X_1 + X_2 + Y_1 + Y_2 + Z_1 + Z_2} \quad \text{Ec. 5-D}$$

Los valores triestímulos de las luces incandescente y fluorescente se obtienen usando las Ec. 5-C para lo que debe conocerse:

- 1.- Las curvas de distribución espectral de estos dos tipos de lámparas.
- 2.- Los valores exactos de \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} , FIG. 5.19, para distintas longitudes de onda. Estos valores constan en tablas (13) y corresponden al observador colorimétrico patrón adoptado por la CIE en 1931.

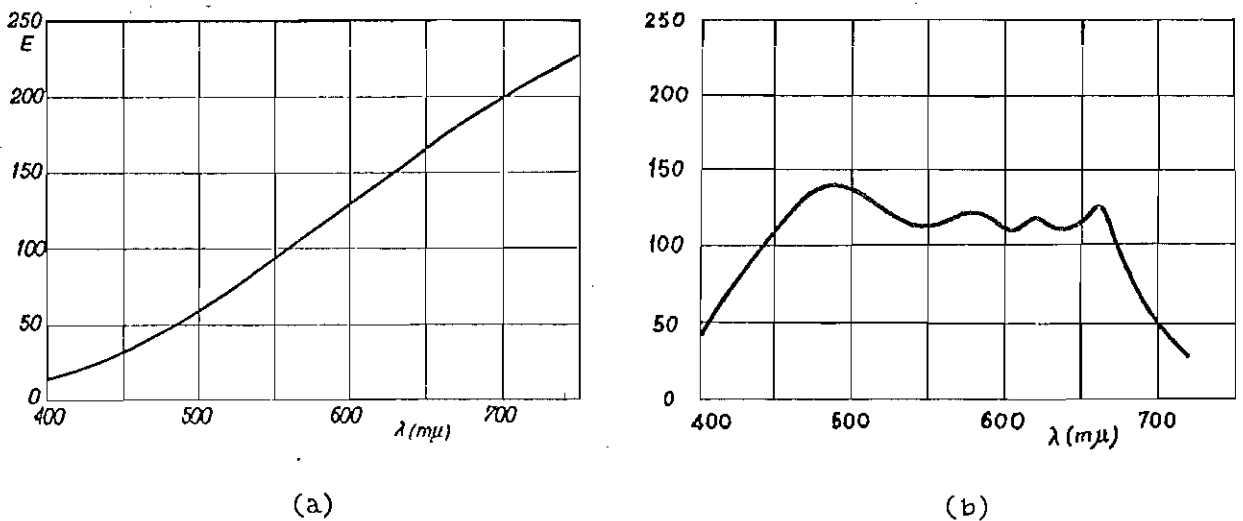


FIG. 5.22 Curvas de distribución espectral
(a) Lámpara incandescente normal
(b) Lámpara fluorescente Daylight

El desarrollo de las Ec. 5-C, para las distintas longitudes de onda del espectro visible, consta en la FIG. 5.23

Longit. de Onda (nm)	Incandescente 2850°K - "A" CIE				Fluorescente 6500°K - Daylight			
	Distrib. Energía Espectr. E_λ	$\bar{x}_\lambda E_\lambda$	$\bar{y}_\lambda E_\lambda$	$\bar{z}_\lambda E_\lambda$	Distrib. Energía Espectr. E_λ	$x_\lambda E_\lambda$	$\bar{y}_\lambda E_\lambda$	\bar{z}_λ
400	15	0.2145	0.006	1.019	40	0.572	0.016	2.71
410	17.5	0.7613	0.021	3.630	50	2.175	0.060	10.37
420	20	2.688	0.080	12.912	70	9.408	0.280	45.19
430	24	6.814	0.278	33.254	85	24.132	0.986	117.77
440	30	10.449	0.771	52.413	97	33.785	2.231	169.46
450	33.5	11.263	1.273	59.365	110	36.982	4.180	194.93
460	37.5	10.905	2.250	62.595	120	34.896	7.200	200.30
470	44	8.598	4.004	56.650	125	26.379	12.285	173.82
480	49	4.684	6.811	39.830	138	13.193	19.182	112.19
490	55	1.760	11.440	25.586	140	4.480	29.120	65.12
500	60	0.294	19.380	16.320	135	0.662	43.605	36.72
510	67.5	0.628	33.950	10.679	130	1.209	65.390	20.56
520	75	4.747	53.250	5.865	122	7.726	86.620	9.54
530	83	13.736	71.540	3.503	120	19.860	103.440	5.06
540	88	25.555	83.952	1.786	115	33.396	109.710	2.33
550	94	40.740	93.530	0.818	112	48.541	111.440	0.97
560	102	60.639	101.490	0.398	117	69.557	116.415	0.45
570	107	81.545	101.864	0.225	118	89.928	112.336	0.24
580	115	105.375	100.050	0.196	120	109.956	104.400	0.20
590	122	125.210	92.354	0.134	112	114.946	84.784	0.12
600	130	138.086	82.030	0.104	110	116.842	69.410	0.08
610	137	137.356	68.911	0.041	110	110.286	55.330	0.03
620	145	123.880	55.245	0.029	118	100.811	44.958	0.02
630	151	97.000	40.015	0.000	112	71.949	29.680	0.00
640	160	71.660	28.000	0.000	110	49.269	19.250	0.00
650	165	46.778	12.305	0.000	115	32.603	12.310	0.00
660	174	28.693	10.614	0.000	125	20.613	7.625	0.00
670	182	15.907	5.824	0.000	105	9.177	3.360	0.00
680	188	8.798	3.196	0.000	80	3.744	1.360	0.00
690	195	4.426	1.599	0.000	60	1.362	0.492	0.00
700	200	2.280	0.820	0.000	50	0.570	0.205	0.00
710	205	1.189	0.431	0.000	35	0.203	0.074	0.00
Σ	TOTAL	1192.66	1087.28	387.35	TOTAL	1199.22	1257.72	1168.28

FIG. 5.23 Obtención analítica de los valores triestímulos de las lámparas fluorescente e incandescente, usando las Ec. 5-C

Al final de la FIG. 5.23, sumatorios totales, constan los valores triestímulos de las fuentes incandescente y fluorescente:

$$I, \quad X_1 = 1192.66 \quad Y_1 = 1087.28 \quad Z_1 = 387.35$$

$$F, \quad X_2 = 1199.22 \quad Y_2 = 1257.72 \quad Z_2 = 1168.28$$

valores que se usan para calcular, haciendo uso de las Ec. 1, las coordenadas tricromáticas de la luz M, resultante de la mezcla incandescente - fluorescente:

$$x_m = \frac{1192.66 + 1199.22}{1192.66 + 1199.22 + 1087.28 + 1257.22 + 387.35 + 1168.28}$$

$$x_m = 0.380$$

$$y_m = \frac{1087.28 + 1257.72}{1192.66 + 1199.22 + 1087.28 + 1257.22 + 387.35 + 1168.28}$$

$$y_m = 0.373$$

Se puede verificar que estas coordenadas son la semisuma de sus componentes, es decir:

$$x_m = \frac{X_1 + X_2}{2} = \frac{0.448 + 0.313}{2} = 0.380$$

$$y_m = \frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{0.407 + 0.335}{2} = 0.371$$

De esta manera se comprueba una de las leyes de las Mezclas de -

Luces (mezcla aditiva de colores):

"El punto de color de la mezcla de dos colores se encuentra sobre la recta que une los puntos de ambos componentes y divide esta recta en razón inversa a los "grados de color" de los componentes (equiparables aquí a los valores de la claridad); por lo tanto, el punto de color resultante es el centro de gravedad de ambos componentes ("regla del centro de gravedad de Newton)". (9)

La temperatura de color resultante de esta mezcla de luces es de unos 4000°K , valor que se obtiene de la FIG. 5.16 y la curva de distribución espectral es la suma de las curvas de las lámparas incandescente y fluorescente:

"Para cada longitud de onda la energía emitida en la luz "mezcla" es la suma de las energías de los componentes originales". (14)

En definitiva, mezclando apropiadamente un flujo luminoso incandescente y otro fluorescente (con una temperatura de color alta) se puede obtener:

- 1.- Todos los niveles de iluminación deseados entre 0 y 2, suponiendo para cada fuente de luz un nivel unidad.
- 2.- Todas las temperaturas de color deseadas, desde el rojo para temperaturas de color inferiores a 1500°K , hasta el blanco para temperaturas de color comprendidas entre 5000°K y 7000°K , pasando por el amarillo para temperaturas de color comprendidas entre 2000°K y 3000°K .

5.6.5. Adecuadas e inadecuadas combinaciones incandescente-fluorescente.

Si se desea tener un alumbrado incandescente como complemento constante de otro fluorescente se debe tomar en cuenta que:

- 1.- El complemento será excelente si las curvas de distribución espectral de los dos tipos de lámparas son similares. Así, las mejores lámparas fluorescentes para combinarse con las incandescentes son: Blanca Cálido de lujo (Philips, Westinghouse, Osram) o Incandescente - Fluorescente (Sylvania).
- 2.- El complemento será adecuado, aunque no óptimo, si las lámparas fluorescentes son: Blanco (Philips, Westinghouse, Sylvania) o Blanco de Lujo (Philips), Internas (Osram), Blanco - Fresco de Lujo (Sylvania, Westinghouse).
- 3.- En la FIG. 5.22 están representadas las curvas de distribución espectral de la lámpara incandescente y de la lámpara fluorescente Luz del Día. Si se comparan estas dos curvas, se puede ver la gran diferencia en la distribución espectral de estos dos tipos de lámparas, esto significa que no deben usarse juntas, salvo que, para alguna aplicación especial, se necesite variar la temperatura de color en un amplio margen (de 1200 a 6500°K), como se explicó anteriormente.

Siendo la distribución espectral de la lámpara Daylight muy similar a la luz diurna media natural, se desprende también que la luz incan-

descendente y la natural del día no deben usarse conjuntamente:

"La enorme diferencia en la distribución espectral entre la luz diurna y la luz de filamento significa ciertamente que los dos tipos de luz no pueden ser usados juntos"
(15)

R E F E R E N C I A S

- (1) AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, "Handbook", Publicado por McGraw. Hill Book Company Inc, New York, 1957, pág 6 - 61.
- (2) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quito Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, pág 5-15.
- (3) RE Vittorio, "Iluminación Interna", Editorial Marcombo, Barcelona, 1979, pág. 11.
- (4) FEYNMAN Richard, "The Feynman Lectures on Physics", Vol. 1, Editado por el Fondo Educativo Interamericano S.A., California, 1971 pág. 35 - 10.
- (5) ZWIKKER C, "Fluorescent Lighting", Biblioteca Técnica Philips, Eindhoven, 1952, pág. 32.
- (6) SEARS Francis, "Fundamentos de Física", Vol. 3, Editorial Aguilar, Madrid, 1960, pág. 356-357.
- (7) ZWIKKER C, "Fluorescent Lighting", Biblioteca Técnica Philips, - Eindhoven, 1952, pág. 36.
- (8) SIMARD P, "Reguladores de Flujo Luminoso", Editorial Paraninfo, Madrid, 1967, pág. 117 - 118.

- (9) ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación New York, 1972, pág. 5 - 20.
- (10) WEIGEL R.G, "Luminotecnia, sus Principios y Aplicaciones", Tercera Edición, Editorial Gustavo Gilli S.A., Barcelona, 1973, - pág. 38.
- (11) SIMARD P, "Reguladores de Flujo Luminoso", Editorial Paraninfo, Madrid, 1967, pág. 122
- (12) FEYNMAN C, "The Feynman Lectures on Phusics" Vol 1, Editado por el Fondo Educativo Interamericano. S.A., California, 1971, pág. 35 - 8.
- (13) ILUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972, pág. 5 - 3.
- (14) ZWIKKER C, "Fluorescent Lighting", Biblioteca Técnica Philips, Eindhoven, 1952, pág. 34.
- (15) ZWIKKER C, "Fluorescent Lighting", Biblioteca Técnica Philips, Eindhoven, 1952, pág. 47.

DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL6.1. CONSIDERACIONES

Si se quiere dotar a la instalación de la versatilidad requerida en el manejo de la iluminación, desde el tablero de control se deberá comandar todos y cada uno de los diferentes sistemas de alumbrado, independientemente, para los múltiples usos que se va a dar a la sala a través de la iluminación.

Para el control del alumbrado y debido a la configuración de la sala, esta se la puede dividir, básicamente, en tres sectores, como indica la Fig. 6.1.

Cada sector tiene su alumbrado directo-indirecto tanto para el uso permanente en lectura como para el eventual en reuniones informales. Además, en el Sector 3 están ubicados los reflectores si la sala se usa en presentaciones artísticas o teatrales.

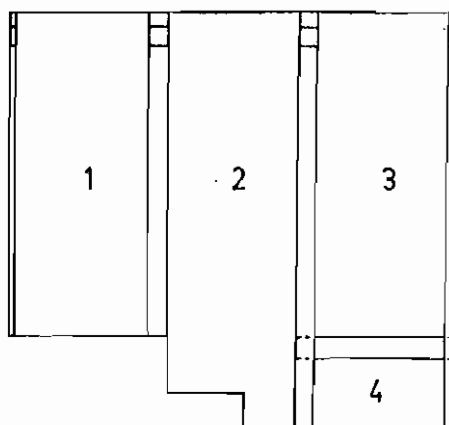


Figura 6.1.
Sectores en los que se divide la sala
para el control del alumbrado.

Por su posición dentro de la sala, el Sector 4 estará controlado independientemente y no es conveniente incluirlo dentro del tablero de mando.

6.2. DISEÑO DEL TABLERO DE MANDO

Debido a la utilización múltiple de la sala, el tablero de control se lo puede dividir en tres sectores, de acuerdo a los tres usos básicos que va a tener: lectura y conferencias, reuniones informales, presentaciones artísticas.

6.2.1. Control para conferencias y lectura

Este es el primer sector del tablero de mando.

Como se sabe, el alumbrado para lectura es el mismo que el de conferencias.

Para este sistema de iluminación se dedujo en el Capítulo 3 que:

- 1.- En las cornisas indirectas irán lámparas fluorescentes de 210W de muy alta emisión luminosa.
- 2.- El alumbrado directo lo proveerá lámparas fluorescentes de 40W.
- 3.- Se necesita un sistema de atenuación.

Las lámparas de 210W no se prestan, obviamente, a la regulación de su flujo luminoso, quedando como única alternativa la atenuación sobre las 18 luminarias directas de 2 x 40W. El control y regulación se haría sobre las 36 lámparas en total, para lo que se podrá utilizar atenuadores para lámparas fluorescentes similares al LR 254 Philips (1) o al 6679 Leviton (2).

Las cornisas irán controladas de acuerdo a los tres sectores en los que se ha dividido la sala por tres interruptores (uno para cada sector) conmutables (3 vías). Estos interruptores funcionarán conjuntamente con otros similares colocados junto a la puerta de acceso a la sala.

6.2.2. Control para reuniones informales

Este es el segundo sector del tablero de mando.

Córeo de la Universidad

Del sistema de iluminación para reuniones informales se conoce que:

- 1.- Tiene un alumbrado directo proveniente de lámparas incandescentes.
- 2.- Posee una iluminación indirecta que le provee lámparas fluorescentes.
- 3.- Es necesario tener un sistema de atenuación.

Siendo este sistema de iluminación totalmente independiente del alumbrado para conferencias, se puede pensar, por economía, en la atenuación de las lámparas incandescentes solamente.

Es más conveniente un atenuador que regule a todas las lámparas incandescentes, pero, en el mercado local existen atenuadores de hasta 600W, de esta manera se ha dispuesto que el control y regulación de las lámparas incandescentes sea de acuerdo a los tres sectores en los que se ha dividido la sala, es decir, habrá tres atenuadores para cada una de las tres filas directas de luminarias incandescentes.

Las cornisas indirectas se controlarán con tres interruptores simples: uno para cada uno de los tres pares de cornisas de los tres sectores en los que está dividido la sala.

6.2.3. Control para presentaciones artísticas y teatrales

Este es el tercer sector del tablero de mando.

Del sistema de alumbrado para presentaciones artísticas se debe recordar que:

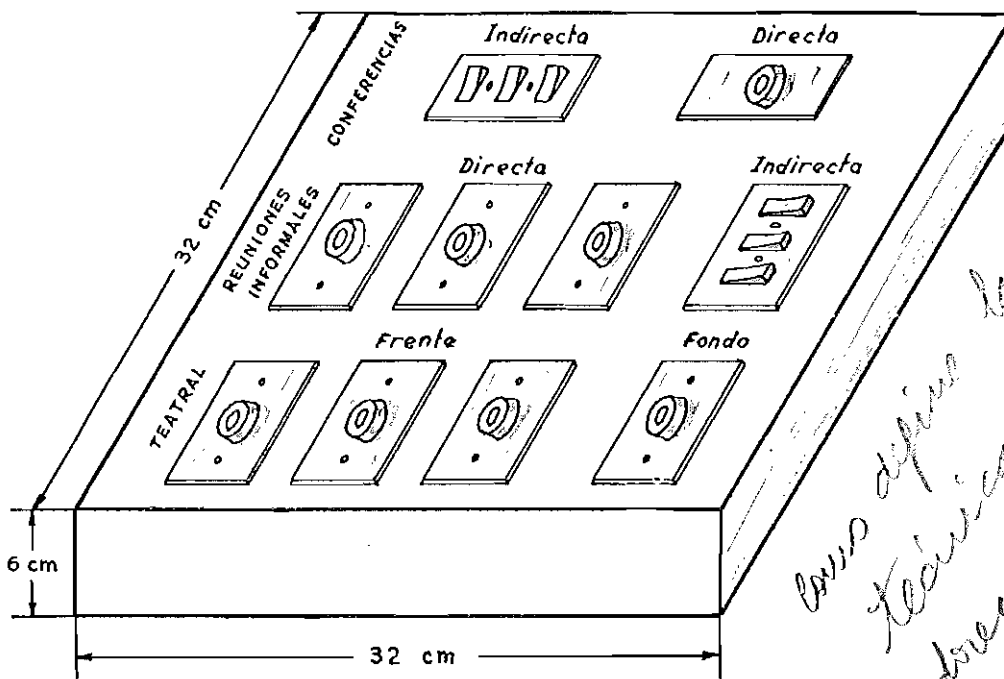
- 1.- Al escenario se lo dividió en tres sectores, cada uno con un par de reflectores.
- 2.- Cerca de la pared, para iluminar el fondo, se dispuso tres reflectores uniformemente distribuidos (Fig. 3.10).
- 3.- Se necesita proveer atenuación sobre todo este sistema.

Por lo anteriormente mencionado, para este sistema de iluminación, el control y regulación se lo ha hecho de la siguiente manera:

- 1.- Cada par de reflectores, necesarios para iluminar los tres reflectores del escenario, irán regulados y controlados por un atenuador.
- 2.- Como se requiere que el fondo esté uniformemente iluminado, para dar la apariencia de CYCLORAMA, entonces es necesario que los tres reflectores que iluminan el fondo estén controlados y regulados por un solo atenuador.

6.3. ESQUEMA DEL TABLERO DE CONTROL

De acuerdo a las dimensiones standard tanto de los interruptores como de los atenuadores se ha hecho una aproximación de lo que sería el tablero de control (Fig. 6.2.). Las dimensiones mencionadas son tentativas, las definitivas se tendrá el momento de la construcción.



Como definir las especificaciones técnicas para los atenuadores; no debe ser tanto el diseño sino definitiva como son las

Figura 6.2.
Esquema del Tablero de control

R E F E R E N C I A S

- (1) PHILIPS, "Catálogo de Lámparas", pág. B-23.
- (2) LEVITON, "Wiring Device Catalog", Catálogo D-200, pág. B-4.

CAPITULO

7






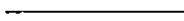
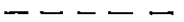
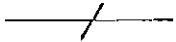
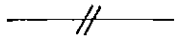

DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

7.1. CONSIDERACIONES

En el capítulo anterior se dió a conocer los requerimientos de control para los distintos sistemas de iluminación, de manera que, dentro de cada uno de ellos, se tenga la mayor versatilidad posible: entonces, el diseño de las instalaciones eléctricas se basará, obviamente, en estos requerimientos y en los diferentes tipos de control que se tiene en el tablero de mando, tomando en cuenta las características de potencia, corriente, voltaje, etc., que se dá en catálogos para los distintos tipos de lámparas a utilizarse y deducidas ya en el capítulo 3.

Se ha previsto la instalación de una lámpara de emergencia, colocada en la parte superior de la puerta de acceso, cuya finalidad es permitir a los ocupantes de la sala encontrar con facilidad y seguridad la salida en caso de que falle el alumbrado normal.

Para mejor interpretación de los diagramas presentados en este capítulo (dibujados todos ellos a escala 1:100) se puede servir de la leyenda de las instalaciones eléctricas que consta en la Fig. 7.1. La tubería a utilizarse deberá ser eléctrica metálica, de esta manera, los ductos que constan en los diagramas de las instalaciones son EMT y de 1/2 pulgada, salvo que se indique lo contrario. Para poder controlar las cornisas (instalaciones eléctricas para lectura y conferencias) desde el tablero y a la entrada de la sala, se utilizarán las instalaciones existentes

Fig. 7.1 Leyenda para las Instalaciones Eléctricas	
Símbolo	Significado
	Lámpara fluorescente de 215 W
	Lámpara fluorescente de 40 W
	Lámpara incandescente
	Lámpara de emergencia
S	Interruptor simple
S ₃	Interruptor de 3 vías
	Atenuador
rc	Tablero de Control
	Ducto en el tumbado
	Ducto en la pared
	Dos conductores TW # 14 AWG
	Dos conductores TW # 12 AWG
	Salida de techo

7.2. INSTALACIONES ELECTRICAS PARA CONFERENCIAS Y LECTURA

El alumbrado indirecto lo provee las 6 cornisas que tienen en cada una de ellas, 3 lámparas fluorescentes de 215 vatios. La corriente de línea de estas lámparas es 2.3 amperios (*) para un voltaje de línea de 220 voltios. Con 6 lámparas se tendrán 13.8 amperios en cada sector en los que se ha dividido la sala (Fig.6.1.), a excepción del sector 2 que tiene dos lámparas más, aquí la corriente será de 18.4 amperios. El cable capaz de llevar esta corriente en ducto es el N° 12.

Las luminarias indirectas se controlan desde los interruptores existentes junto a la puerta de acceso y desde el tablero de control.

El alumbrado directo lo provee 18 luminarias de 2 x 40 vatios. Existen 6 luminarias por sector. La corriente de cada una de ellas es de 0.47 amperios (1) (con factor de potencia corregido), dando un total de 2.82 amperios por sector y en total 8.46 amperios. El cable que lleva esta corriente en ducto es el N° 14. El voltaje de línea es de 220 voltios.

Todas las luminarias directas están controladas y reguladas únicamente desde el tablero de control.

7.2.1 Diagramas de las instalaciones eléctricas para conferencias y lectura.

(*) Para estas lámparas no existen, en catálogos, datos exactos de la corriente, por lo que, se la ha calculado incluyendo las pérdidas en el balasto y con un factor de potencia 0.5.

Fig. 7.2. (a)

Instalaciones eléctricas del alumbrado directo para lectura y conferencias.

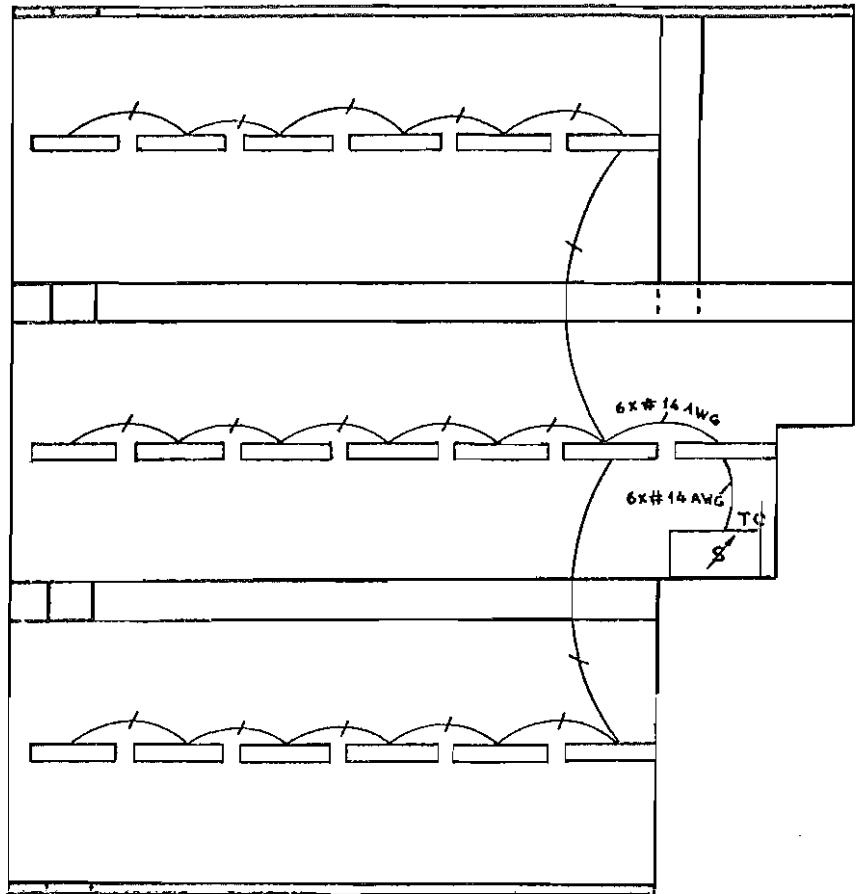
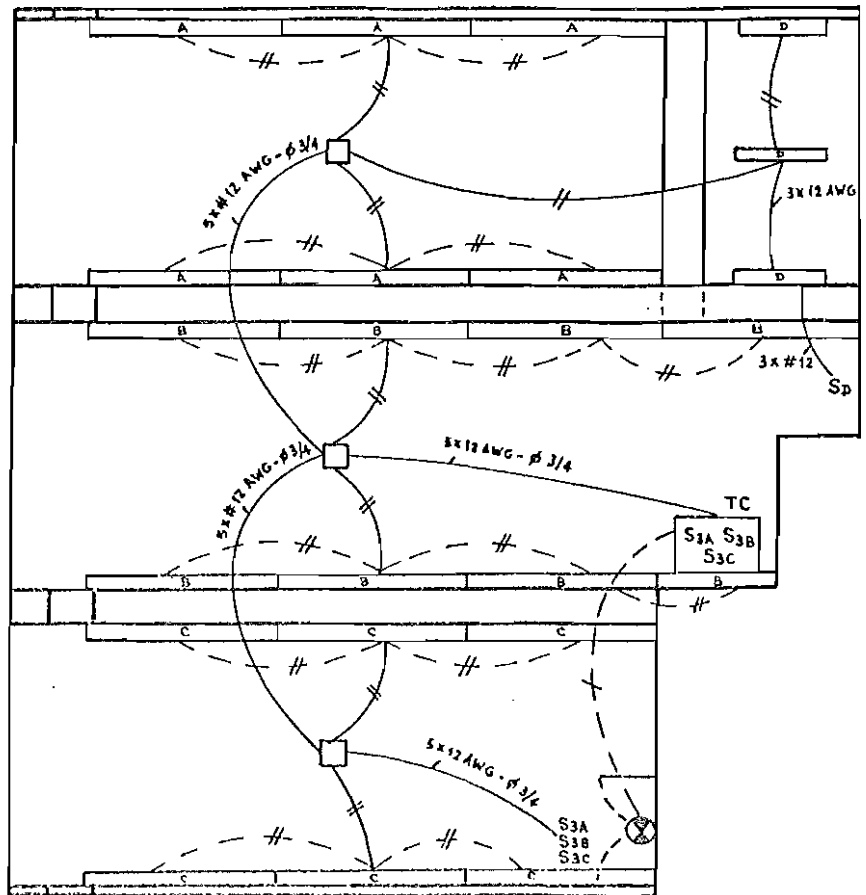


Fig. 7.2. (b)

Instalaciones eléctricas del alumbrado indirecto para lectura y conferencias.



7.3. INSTALACIONES ELECTRICAS PARA REUNIONES INFORMALES

El alumbrado indirecto lo provee las 6 cornisas que tienen en cada una de ellas 6 lámparas fluorescentes de 40 vatios. Utilizando circuitos de alto factor de potencia se tiene que para cada par de lámparas la corriente de línea es de 0.47 amperios. En cada cornisa habrá entonces 1.41 amperios, a excepción de los del sector central en donde hay 3 lámparas más. La corriente de línea total será: 9.87 amperios. El cable que lleva esta corriente en ducto es el N° 14. El voltaje de la red es de 220 voltios.

El alumbrado indirecto para reuniones informales se controla únicamente desde el tablero de control.

Tres filas de 5 lámparas incandescentes en cada una de ellas dan a la sala el alumbrado directo. Las lámparas son de 100 vatios. Para un voltaje de línea de 110 voltios, cada una de ellas aporta con 0.91 amperios. Las 16 lámparas que cubren la sala dan una corriente de línea total de 14.56 amperios. El cable N° 14 es el adecuado para transportar esta corriente en ducto.

El alumbrado directo para reuniones informales se controla y regula su flujo luminoso únicamente desde el tablero de control.

7.3.1. Diagrama de las instalaciones eléctricas para reuniones informales

Fig. 7.3. (a)

Instalaciones eléctricas del alumbrado indirecto para reuniones informales.

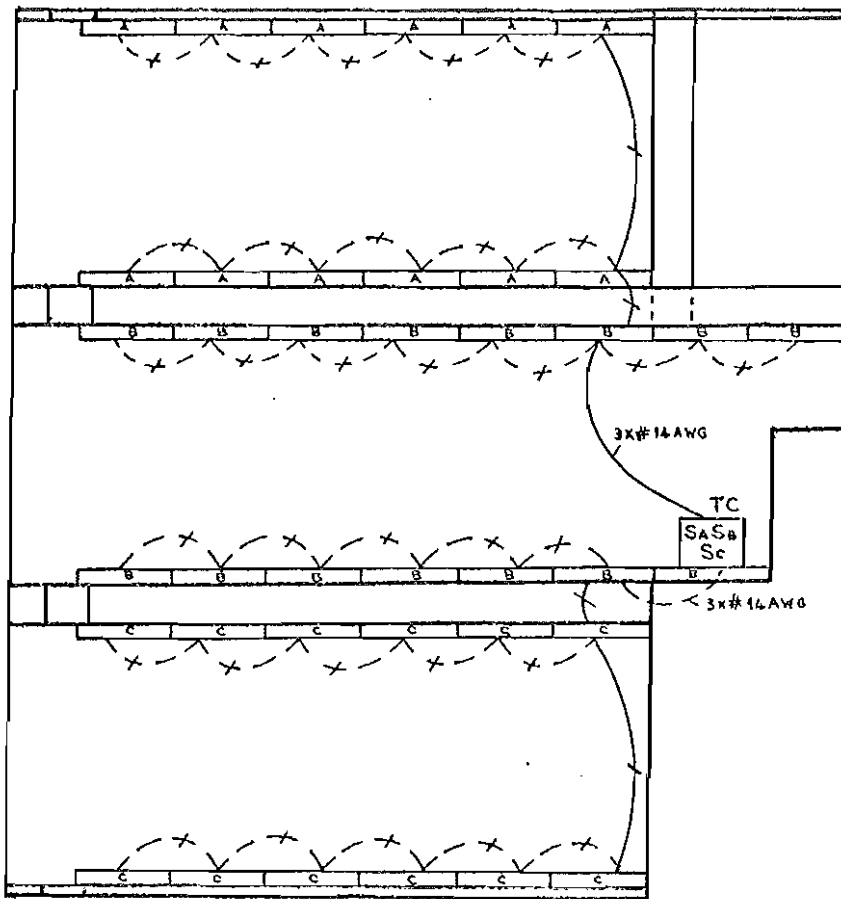
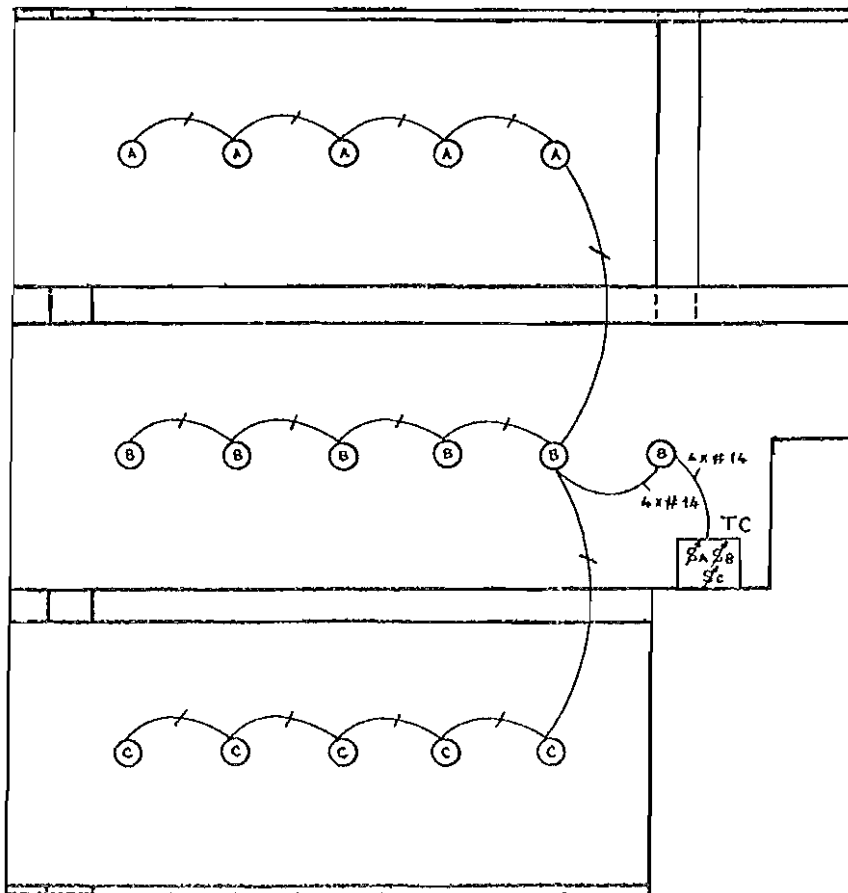


Fig. 7.3. (b)

Instalaciones eléctricas del alumbrado directo para reuniones in formales.



7.4. INSTALACIONES ELECTRICAS PARA PRESENTACIONES ARTISTICAS

El alumbrado escénico tiene en total 9 reflectores de 100 vatios cada uno. Seis reflectores iluminan el frente y tres el fondo. La corriente de la red será de 9×0.91 amperios = 8.19 amperios, para un voltaje de línea de 110 voltios. Los reflectores se controlan y se regulan desde el tablero de control. El cable recomendado para llevar la corriente de 8.19 amperios es el N° 14 en ducto.

7.4.1. Diagrama de las Instalaciones eléctricas para presentaciones artísticas.

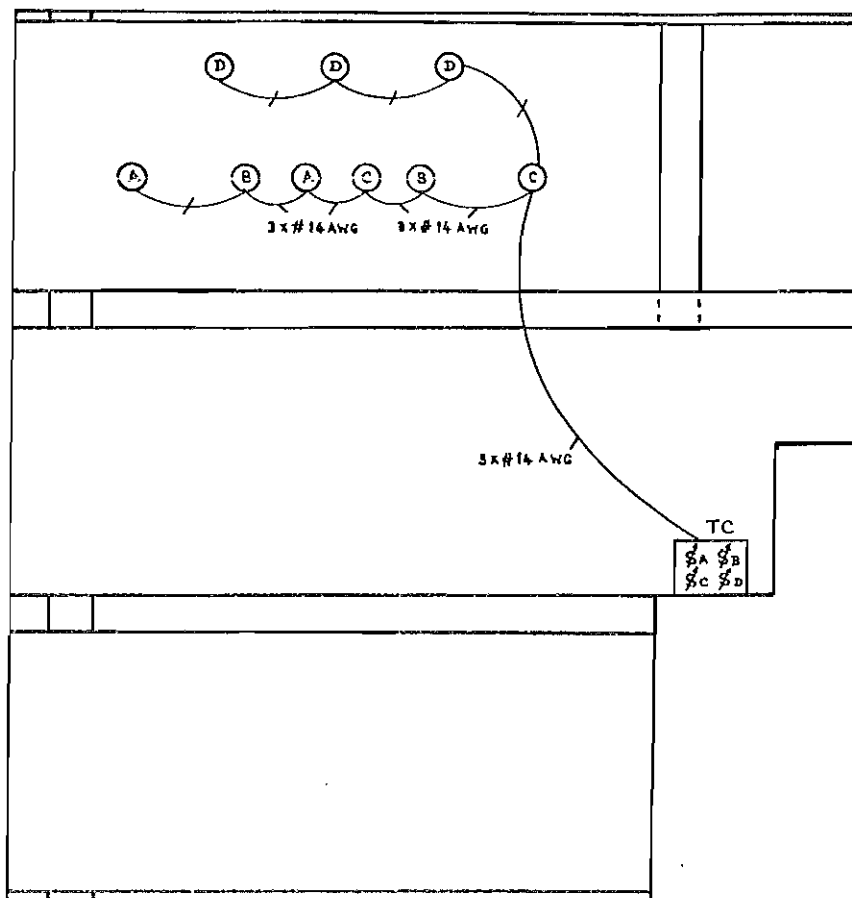
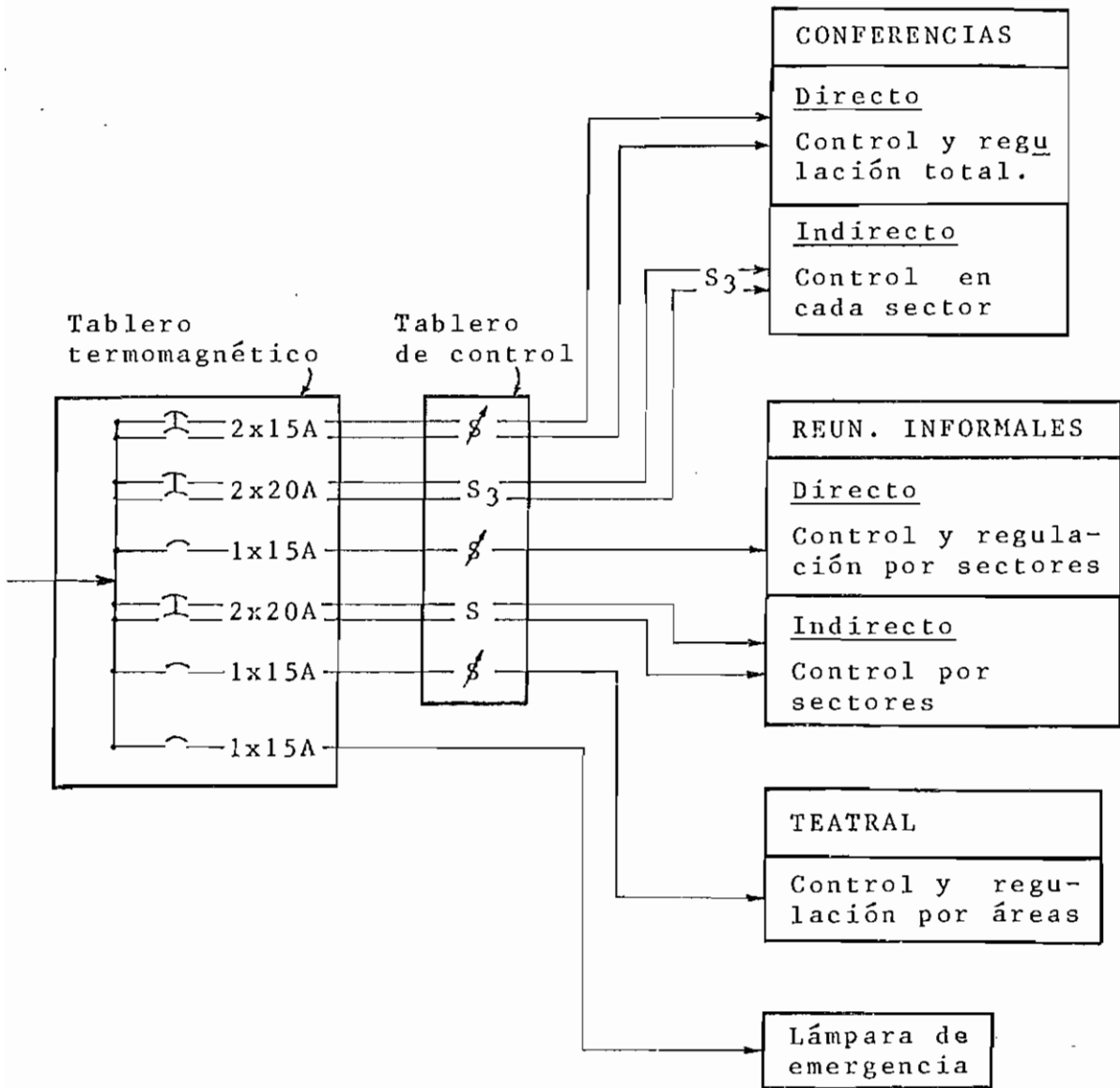


Fig. 7.4 Instalaciones eléctricas del alumbrado para presentaciones artísticas

7.5 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS



REFERENCIAS

- (1) PHILIPS, "Catálogo de Lámparas", pág. B-18

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En vista de que cada capítulo permite establecer conclusiones relevantes y de acuerdo a esas se pueden realizar recomendaciones, éstas se las ha dividido de acuerdo a la organización en que se desarrolla la tesis de la siguiente manera:

Diseño tradicional del alumbrado interior

- El diseño tradicional de alumbrado interior se utilizará en lugares donde la cantidad de iluminación tenga supremacía sobre la calidad de la misma, por ejemplo: restaurantes, residencias, bodegas, talleres, etc..

- Al utilizar el método tradicional y si se quiere tener garan-tía respecto a la cantidad de iluminación, se utilizará el método I.E.S. que calcula el factor de mantenimiento y no es es-

timativo como en el Método Philips.

Sistema Unificado

- El Sistema Unificado tendrá aplicación en sitios donde se requiere de la iluminación una calidad óptima: sala de quirófanos en hospitales, oficinas particulares, salas de lectura, control de calidad en fábricas, salas de dibujo, museos, trabajos finos como fabricación en piezas para relojes, artesanías muy elaboradas, etc.

Alumbrado para lectura y conferencias

- Actualmente existe una estrecha interrelación entre la zona a diseñar y los otros sectores en los aspectos de color, carácter e iluminación, por esta razón la sala de lectura debe mantener su color marfil actual.
- Cuando se exhiben dispositivas durante el día, en la sala de lectura, se aprecia que es conveniente disminuir el nivel de iluminación que se obtiene al cerrar todas las persianas existentes. Este problema se solucionará si se cambian las persianas por cortinas oscuras.
- El recobeco oscuro que existe junto a la puerta de entrada a la sala, debe ser eliminado colocando en este sector y man-

teniendo prendida durante el día una luminaria de 2 x 40 W, con lámparas "Luz del Día". Esto evitará el deslumbramiento que causa el pasar de un lugar oscuro a otro muy iluminado. Con este mismo propósito se deben prender durante la noche los re-flectores del hall de entrada.

- Las lámparas directas e indirectas a emplearse serán las "Luz del Día" normales (Daylight).
- El difusor de las lámparas fluorescentes empotradas directas deben ser rejillas difusoras para mantener el equilibrio térmico en el tumbado acústico.
- Para tener una buena comodidad visual es conveniente satisfacer las relaciones de luminancia recomendadas, las que, como se conoce, se reducen otra de reflectancias, entonces, es fá-cil estar dentro de los límites recomendados, cambiando única-mente los colores de los sitios que no cumplen con los valores especificados.
- Lo dicho últimamente se aplica para el caso específico de la sala de lectura en donde se sugirió el cambio del color actual de las superficies de las mesas y de sus patas. Entre varias muestras de fórmica (material más adecuado y económico para cubrir las mesas) se midió la reflectancia recomendada del 40% - en el material de la Fig. 8.1 (a). El color de la Fig. 8.1(b) es el que deberán tener las patas de las mesas para una mejor-

elaboración de un programa digital para el cálculo general del V.C.P. con cualquier disposición y tipo de luminarias. Para esto se podrá utilizar el método amplio simplificado dado por el manual del I.E.S. en sus páginas 3-24 y 3-25 y siempre que se consiga los datos necesarios de las luminarias.

- El Factor de Eficacia del Alumbrado (LEF) es la relación ESI/Et . El valor de ESI indica el nivel de iluminación requerido en el local y donde no existiere reflejos por velo, deslumbramiento perturbador y efectos de adaptación momentánea (caso ideal), pero, para compensar estos efectos se debe diseñar para una iluminación mayor Et. Valores altos de LEF es posible obtener en locales privados siguiendo las recomendaciones dadas en la sección 3.1. El diseño con el LEF más grande será el más efectivo en reducir el consumo eléctrico.

Alumbrado para reuniones informales

- Las lámparas incandescentes a utilizarse en el salón de baile, deben ser, de preferencia, reflectores, de tal manera que el calor irradiado por ellos vaya hacia abajo. Al usar focos comunes es probable ocurran problemas térmicos futuros en el techo acústico si se toma en cuenta que el calor que emanan estos va en todas direcciones.
- Las lámparas fluorescentes "Blanco de Lujo" que van colocadas en las cornisas y que se combinarán con las incandescentes du-

rante las reuniones informales o bailables, proveen 128 lux. Se mencionó que era necesario bajar este nivel a 50 lux, esto se logrará si se coloca la lámpara con un difusor como lo muestra la Fig. 8.2.

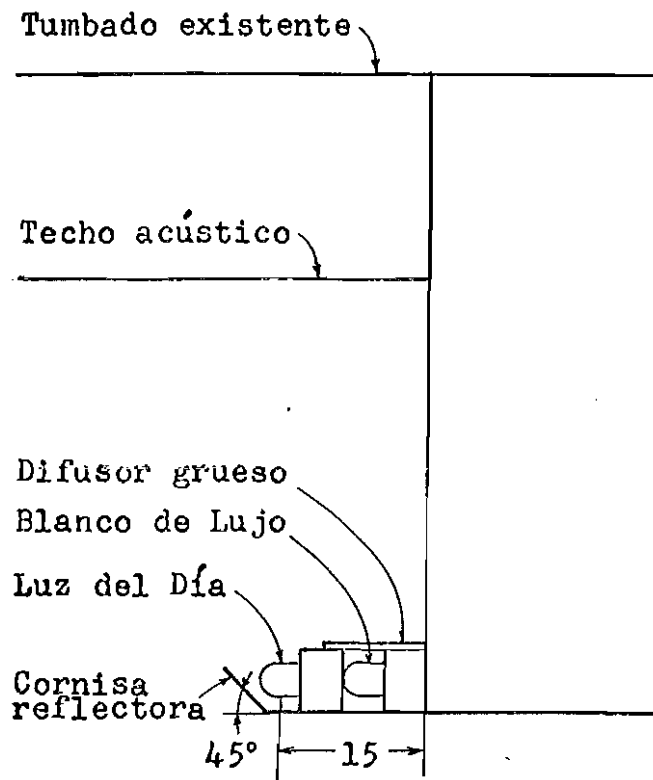


Figura 8.2.

Vista de la cornisa indirecta con sus lámparas. (Esc. 1:75)

Con una distancia mínima de 15 centímetros lámpara - pared en la cornisa y con la lámpara "Luz del Día" colocada de la manera que se indica en la Fig. 8.2., se obtiene una distribución bastante uniforme de la luz en el techo de la sala (1). La lámpara "Blanco de Lujo", por su situación dentro de la cornisa proveerá al techo una luz no uniforme, es to favorece el ambiente que se requiere de una sala de baile.

- Para garantizar que se tendrán los niveles requeridos en los diseños para lectura y reuniones informales, el factor de mantenimiento no es estimativo, sino que, se ha calculado en ambos casos.

Iluminación del escenario

- La iluminación frontal de cada uno de los tres sectores en los que se ha dividido el eventual escenario para presentaciones artísticas, proviene de dos sitios: desde una dirección - el color de la luz debe ser cálida, mientras que desde la otra dirección la luz es de un color frío, de esta manera se obtiene mucha naturalidad en la iluminación de los actores.
- Las luces cálidas o frías sugeridas, se pueden lograr filtrando la luz, o, en el mejor de los casos, con reflectores de color.
- Las luces de fondo del escenario servirán también para iluminar adecuadamente la pizarra (que está colocada en la misma pared que se usa como fondo del escenario) durante una conferencia.

Iluminación con luz natural

- La luz diurna es variable en cantidad y calidad porque depen

de de las condiciones atmosféricas o de la hora del día. Por el contrario, la luz artificial tiene la ventaja de ser constante en cantidad y calidad, esto significa que el alumbrado eléctrico debe ser suficiente por sí mismo y no como simple complemento de la luz del día.

- Debido a la similitud de la distribución espectral entre la luz natural y las lámparas "Luz del Día" (normales o de lujo) estos dos tipos de luz se pueden combinar y complementar adecuadamente. Una combinación no tan buena como la anterior se obtiene con las lámparas incandescentes "Luz Diurna" de ampolla azulada.
- Al usar la luz artificial como complemento adecuado de la natural se tiene múltiples ventajas: mejoran las condiciones de contraste, disminuyen los rincones oscuros en el techo y paredes, disminuye la probabilidad de deslumbramiento debido a las superficies de gran luminancia, por estas razones se recomienda mantener prendida la luz artificial durante el día.
- En medianos y grandes locales con frecuencia la luz artificial permanece apagada durante el día con la finalidad de "ahorrar energía" sin meditar que la cantidad de iluminación está directamente ligada con el rendimiento de las personas que trabajan en el local. En este tipo de recintos la luz artificial debe permanecer prendida durante el día.

Acústica del local

- El uso eventual de la sala de lectura para conferencias y presentaciones artísticas, exige el acondicionamiento acústico del local, esto garantizará la inteligibilidad de la palabra en los mencionados actos y la absorción adecuada de sonidos in deseables cuando se use para lectura.
- Si se quiere tener una buena acústica en el local se deberá utilizar materiales similares a los sugeridos en la sección 3.5 y cuidar de cubrir la pared opuesta al escenario con el mate rial acústico del techo.

Sistema de atenuación

- Debido a las múltiples ventajas del sistema de regulación luminosa por tiristores, este debe ser el tipo de atenuador a utilizarse, tanto para lámparas fluorescentes como incandescentes. Se debe tener cuidado de no variar el flujo luminoso en forma intermitente, para evitar daños en los tiristores por su relativa fragilidad.
- Al adquirir las lámparas fluorescentes que se atenuarán hay que tomar en cuenta que son de arranque rápido (RS) y sus balastos son especiales y no los normales y comunes. Además, los balastos deben ser de alto factor de potencia.

Tablero de Control

- Respecto al tablero de control se debe indicar que las dimensiones dadas en la Fig. 6.2. son tentativas, pues, las definitivas se tendrán al momento de la construcción.

Instalaciones eléctricas

- Los diagramas de las instalaciones eléctricas son aproximaciones a lo que se tendrá en la realidad, pues, gracias al techo acústico, podrá haber mayor flexibilidad para la instalación. Hay que cuidar que los cables dentro del tumbado falso vayan en ductos independientes para cada instalación particular, esto facilitará la identificación de los diferentes circuitos en caso de una falla.
- La lámpara de emergencia debe ir conectada directamente al tablero de control.
- Para las instalaciones eléctricas de conferencias y lectura se podrán aprovechar las existentes.
- La tubería a utilizarse en las instalaciones eléctricas deberá ser EMT.

Modelo demostrativo

Con respecto al modelo demostrativo se puede recomendar lo siguiente:

- Investigar, a través de fotografías, las adecuadas e inadecuadas mezclas incandescente-fluorescente;
- Se podrá también investigar las adecuadas e inadecuadas mezclas de la luz natural con diferentes tipos de lámparas;
- Analizar la manera como influyen los diferentes tipos de luz fluorescentes e incandescente en los distintos colores de paredes que se tienen en nuestro medio. De esta manera se podrá concluir el color de pared más adecuado para una determinada lámpara y viceversa.

Mantenimiento

- Para mantener la iluminación en los niveles diseñados, se deben limpiar anualmente todos los sistemas de alumbrado: lectura y conferencias, reuniones informales, presentaciones artísticas.
- En los diseños realizados se pensó que el flujo luminoso no debería disminuir más del 5% debido a lámparas quemadas, entonces las lámparas directas de alumbrado para lectura y con-

ferencias deberán cambiarse cada cuatro años y las indirectas cada dos años. La sustitución será colectiva, es decir, todas al mismo tiempo, esto ahorrará el costo de la mano de obra y garantizará la mantención del nivel mínimo de iluminación requerido.

- Como es difícil predecir cada qué tiempo será usado el alumbrado para reuniones informales (lo que daría a su vez el intervalo de tiempo para cambiar las lámparas), se recomienda reemplazar las lámparas incandescentes (alumbrado directo) y las fluorescentes Blanco de Lujo (alumbrado indirecto) paulatinamente, conforme vayan quemándose. En la sección 3.2. se estimó cierto intervalo de uso, e incluso se evaluó el tiempo de reemplazo, únicamente con el propósito de calcular el factor de pérdidas (FP).

Recomendaciones Generales

- Para ahorrar su alto costo, la lámpara de emergencia podría construirse dentro de la Facultad.
- El presente trabajo puede servir como referencia para mejorar los sistemas de iluminación de algunos locales importantes de la Escuela Politécnica Nacional, como: Hemiciclo Politécnico, Aulas Magnas de las diferentes Facultades. Se podrá también utilizarlo en el diseño del alumbrado del nuevo Teatro Politécnico, ubicado junto al edificio de Administración.

- Se recomienda principalmente que cualquier cambio en los mate
riales usados en los diseños, se lo haga para optimizar éstos,
de otra manera el uso de materiales no especificados aquí, re
dundará directamente en el desmedro de la calidad de las ins-
talaciones, objetivo principal de los diseños presentados.

REFERENCIA

- (1) Westinghouse, "Manual del Alumbrado", 2a. Edición, Editorial
Dossat S.A., Madrid, 1976.

G L O S A R I O

Para una mejor comprensión de ciertos términos vertidos en el presente trabajo, se da a continuación sus conceptos y definiciones, que se espera sean de utilidad.

La lista de términos están en orden alfabético y es una síntesis - de los glosarios de varios textos (1).

Absorción: transformación de la energía radiante en otro tipo diferente de interacción con la materia.

Adaptación: el proceso mediante el cual se modifican las características - del sistema visual según las luminancias o los estímulos de color que se le presentan.

Area focal: lugar donde se concentra la atención del diseño del alumbrado.

Balasto: un aparato usado con una lámpara de descarga eléctrica para obtener las condiciones necesarias del circuito (voltaje, corriente, forma de onda) de arranque y operación.

Brillo: característica de una sensación visual según la cual un área parece emitir más o menos luz.

Bujía-pie (Foot-candle, FC): la unidad de iluminación cuando se toma el pie como unidad de longitud.

Campo visual: del ojo o de los ojos, es la extensión angular del espacio dentro del cual puede percibirse un objeto, si el ojo (los ojos) - está (n) enfocado (s) a un punto ubicado directamente en frente.

Cebador: dispositivo para encender una lámpara de descarga (especialmente -- lámparas fluorescentes) que provee el precaldeo necesario de los - electrodos o provoca sobretensión momentánea en combinación con el balasto en serie.

Colorimetría: medida de colores, factible debido a las características del ojo y basada en ciertas recomendaciones.

Contraste: subjetivamente, es la valoración de la diferencia de aspecto de dos partes de un campo de visión observadas simultánea o sucesivamente. Objetivamente, el contraste -de modo específico, contraste de luminancia- se define por la fórmula:

$$L_c = \frac{L_2 - L_1}{L_1}$$

donde L_1 y L_2 representan la luminancia del fondo y del objeto, respectivamente.

Coordenadas de cromaticidad (de una luz) x , y , z : la relación de cada uno de los valores triestímulos de la luz a la suma de los tres valores triestímulos.

Cromaticidad: calidad de color de un estímulo de color. Se puede definir -mediante sus coordenadas de cromaticidad o por su longitud de onda dominante (o complementaria) y su pureza, tratadas como conjunto.

Deslumbramiento: ya sea directo o reflejado, es consecuencia de la presencia de superficies de excesiva luminancia (luminarias, ventanas, etc.) comparadas con el nivel general de luminancia del local.

Deslumbramiento directo: deslumbramiento causado cuando se ven directamente partes excesivamente brillantes; por ejemplo, fuentes de luz protegidas inadecuadamente.

Deslumbramiento molesto: deslumbramiento que causa molestia, sin reducir necesariamente la visión de los objetos.

Deslumbramiento perturbador: deslumbramiento que reduce la visión de los objetos, sin causar necesariamente molestia.

Deslumbramiento reflejado: un término usado para describir varios efectos -visuales, tales como reducción de contraste, molestia o distracción, producidas por la reflexión de fuentes de luz u otras

áreas áreas brillantes en superficies no mates.

Diagrama de cromaticidad (triángulo de color): diagrama plano que muestra el resultado de una mezcla de estímulos de color, donde cada cromaticidad está representada inequívocamente por un solo punto del diagrama.

Difusor: dispositivo que sirve para modificar la distribución espacial del flujo luminoso radiante y que depende esencialmente del fenómeno de la difusión.

Distribución espectral de la luz: de una radiación. Descripción del carácter espectral de una radiación mediante la distribución relativa espectral de cualquier cantidad fotométrica (flujo luminoso, intensidad luminosa, etc.)

Estímulo de color: radiación, definida en unidades físicas, que penetra en el ojo y produce la sensación de color.

Factor de absorción: relación entre el flujo radiante o luminoso absorbido y el flujo incidente.

Factor de deslumbramiento molesto (D G F): la evaluación numérica de la capacidad de una fuente de brillo, tal como una luminaria, en un medio visual dado, para producir malestar.

Factor de eficacia del alumbrado (L E F): la relación entre la iluminación esférica equivalente y la iluminación ordinaria medida o calculada.

Factor de luminancia (β): en un punto de un cuerpo no autorradiante en una dirección dada, en condiciones especificadas de iluminación. Relación entre la luminancia de este cuerpo y la de un difusor perfecto en reflexión o transmisión, iluminado de una manera idéntica.

Factor de mantenimiento o de conservación: relación entre la iluminancia media en el plano de trabajo des--

pués de que una instalación de alumbrado ha estado en uso durante un período especificado, y la iluminancia media de una instalación nueva en las mismas condiciones.

Factor de respuesta de contraste (CRF): la relación entre el contraste de la tarea visual con un medio de iluminación dado y el contraste con iluminación esférica.

Factor de uniformidad de iluminancia: en un plano dado: es la medida de las variaciones de iluminancia en un plano dado expresada como:

- 1.- La relación entre la iluminancia mínima y la máxima
- 2.- La relación entre la iluminancia mínima y la media.

Factor de utilización: relación entre el flujo útil y el flujo emitido por las lámparas.

Nota: según la CIE no se admite el término "coeficiente de utilización"

Flujo luminoso (ϕ): cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo). Unidad de medida: lumen.

Fotómetro: un instrumento para medición de cantidades fotométricas tales como luminancia (brillo fotométrico), intensidad luminosa, flujo luminoso e iluminación.

Iluminación (E): flujo luminoso por unidad de superficie. Su término alternativo es iluminancia. Unidad de medida: lux.

Iluminación directa: iluminación mediante luminarias con una distribución luminosa tal que del 90 al 100% del flujo luminoso emitido llegue al plano de trabajo directamente, considerado este plano in finito.

Iluminación esférica: la iluminación sobre una tarea desde una fuente que provee igual intensidad luminosa (candelas) desde todas direcciones, tal como una esfera iluminada con la tarea localizada en el centro.

Iluminación esférica equivalente: el nivel de iluminación esférica que produciría visibilidad en la tarea, equivalente al producido por un medio específico iluminado.

Índice de rendimiento en color (R_a): de una fuente de luz a Medida del -- grado en el cual los colores psicofísicos de objetos iluminados por un determinado iluminante se aproximan a -- los colores de los mismos objetos iluminados por un iluminante patrón en -- condiciones especificadas.

Intensidad luminosa (I): parte del flujo emitido, por una fuente luminosa, en una dirección dada, por el ángulo sólido que -- lo contiene. Unidad de medida: candela (Cd).

Lambert-pie (Foot-lambert, FL): una unidad de luminancia (brillo fotométrico) igual a $1/\pi$ candelas por pie cuadrado.

Lámpara: fuente hecha para producir luz.

Lámpara fluorescente: lámpara de descarga en la cual la mayor parte de la -- luz es emitida por una capa de material fluorescente, excitado por la radiación ultravioleta de la descarga.

Lámpara de descarga: lámpara que produce luz, gracias a una descarga eléctrica a través de un gas, un vapor metálico o una mezcla de diversos gases y vapores, bien directamente o mediante fósforos.

Lámpara incandescente: lámpara que produce luz mediante un cuerpo calentado a incandescencia por el paso de una corriente -- eléctrica.

Lugar geométrico de Planck: la línea, en un diagrama de cromaticidad, o -- triángulo de color, que representa radiadores completos a diferentes temperaturas.

Luminaria: aparato que distribuye, filtra o transforma la iluminación procedente de una lámpara o lámparas y que incluye todos los elementos necesarios para fijar y proteger estas lámparas y para conectarlas a

la fuente de energía.

Luminancia (L): intensidad luminosa emitida en una dirección dada por una superficie luminosa o iluminada (fuente secundaria de luz). Dicho de otro modo, expresa el efecto de luminosidad que una superficie produce en el ojo humano, ya sea dicha fuente primaria (lámpara o luminaria) o secundaria (plano de una mesa que refleja la luz). Unidad de medida: candelas por metro cuadrado (cd/m^2).

Luxómetro. (medidor de iluminancia): instrumento para medir la iluminancia.

Modelado: impresión tridimensional de personas y objetos.

Nit: una unidad de luminancia (brillo fotométrico) igual a una candela por metro cuadrado.

Nitrómetro: instrumento para medir la luminancia.

Polarización: el proceso por el cual las vibraciones transversales de las ondas de luz son orientadas en un plano específico.

Plano de trabajo: superficie de referencia, definida como el plano donde normalmente se lleva a cabo el trabajo.

Nota: en el alumbrado interior y cuando no se indique otra cosa, se considera que éste es un plano horizontal a 0.85 metros sobre el piso y limitado por las paredes de la sala.

Reflectancia (factor de reflexión): relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo incidente. Símbolo: ρ

Reflexión: devolución de radiación por una superficie sin cambio de frecuencia de los componentes monocromáticos que la integran.

Reflexiones por velo (reflejos ocultadores): cuando fuentes de luz se reflejan en objetos que tengan una superficie de alta reflectancia resultan zonas brillantes que pueden dificultar la percepción de los detalles de los objetos. Si el efecto es una reducción de contrastes -

dentro del área de la tarea visual, se llama reflexión por velo. Si las zonas son tan brillantes que producen una sensación de molestia, se llama deslumbramiento reflejado.

Regulador de luz (atenuador, dimmer) dispositivo que permite variar el flujo luminoso de las lámparas de una instalación de alumbrado con el fin de regular el nivel de iluminancia.

Relación de cavidad del cuarto (RCR): un número que indica las proporciones de la cavidad del cuarto, calculado con la longitud, ancho y altura del techo sobre el plano de trabajo. - Su término análogo es: índice de local (K). Tanto el RCR como el K responden a ecuaciones diferentes y su uso depende de que se emplee el método IES o el Philips, respectivamente, para el diseño del alumbrado.

Respuesta de contraste: es el grado en que se reducen los contrastes (o en que se aumentan en algunos casos).

Saturación: atributo de la sensación visual que permite juzgar la proporción de color cromático puro en la sensación total.

Sensibilidad de contraste: la habilidad para detectar la presencia de diferencia de luminancias.

Superficie especular: superficie cuya reflexión es predominantemente regular.

Superficie mate: superficie cuya reflexión es predominantemente difusa, con o sin una componente especular despreciable.

Tarea visual: convencionalmente designa a aquellos detalles y objetos que deben ser vistos para la ejecución de una actividad dada, e incluye los alrededores inmediatos de los detalles u objetos.

Temperatura de color: temperatura de un cuerpo negro que emite una radiación de la misma cromaticidad que la radiación considerada. Unidad: grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$)

Temperatura de color correlacionada: temperatura de color que corresponde

al lugar geométrico de Planck que está lo más próximo al que representa la cromaticidad del iluminante considerado, en un diagrama uniforme de cromaticidad, previamente aceptado. Unidad: grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$)

Tono: atributo de la sensación visual que ha dado origen a nombres de colores como azul, verde, amarillo, rojo, púrpura, etc., pero con exclusión de colores en la gama de blanco, gris, negro.

Valores triestímulos de una luz X, Y, Z: la cantidad de cada uno de los tres primarios requeridos para igualar al color de la luz.

R E F E R E N C I A S

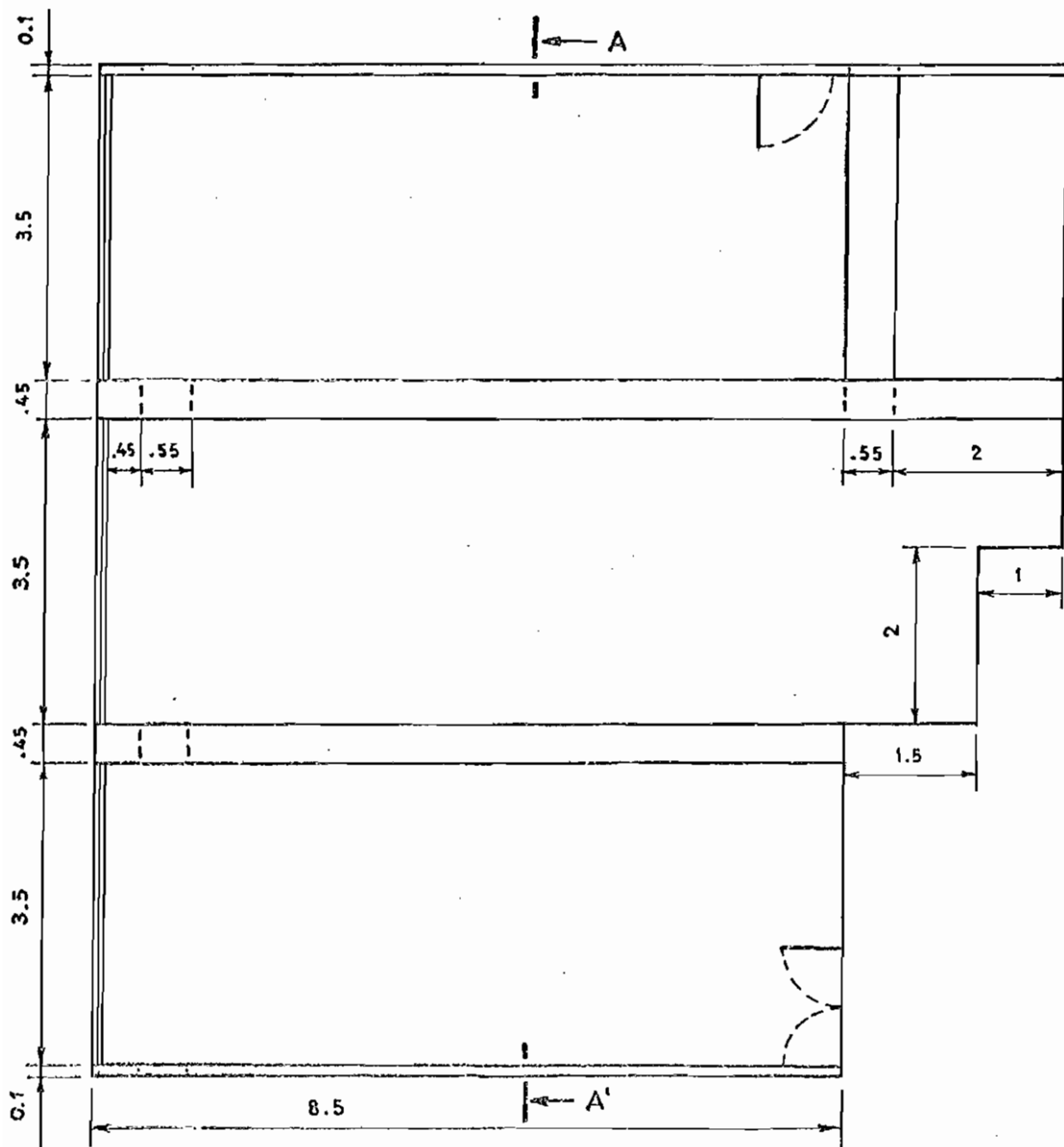
- (1) - PHILIPS, "Manual de Alumbrado", Segunda Edición.
Editorial Paraninfo, Madrid, 1979.
- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "I.E.S.
Lighting Handbook", Quinta Edición, Publicado
por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación,
New York, 1972.
- LIGHTING INDUSTRY FEDERATION LIMITED AND THE
ELECTRICITY COUNCIL, "Interior Lighting Design",
Quinta Edición, Publicado conjuntamente por
la Federación de la Industria del Alumbrado
limitada y el Concejo de Electricidad, Londres,
1977.
- RE Vittorio, "Iluminación Interna", Editorial
Marcombo, Barcelona, 1979.

A P E N D I C E S

APENDICE I

Implantaciones de la sala de lectura

Fig. A-1 Vista en planta de la sala de lectura
Escala 1:75

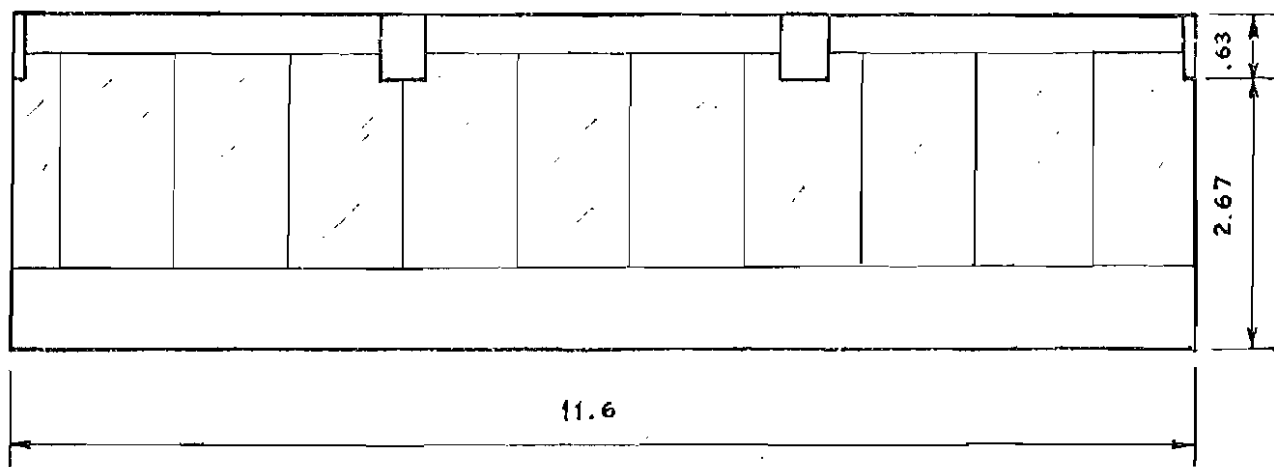


APENDICE 1

Fig. A-2. Vista en elevación de la sala de lectura

Corte A-A' de la Fig. A-1

Escala 1:75



APENDICE 2

Curvas de distribución espectral de
algunas lámparas fluorescentes

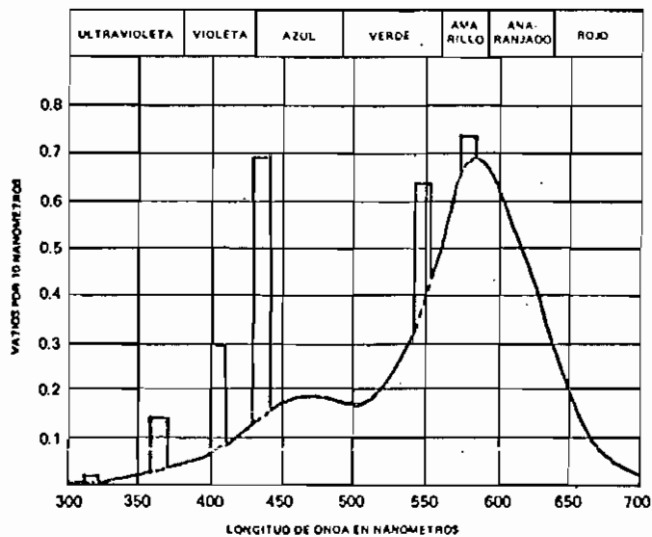


Fig. A-3
Blanco
F40W

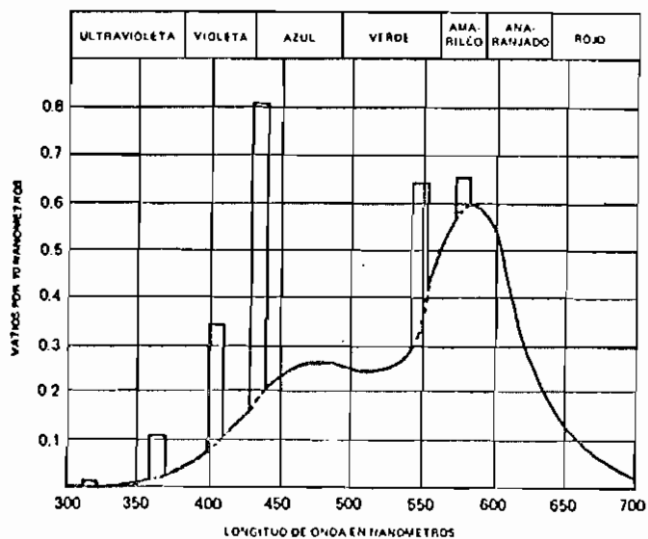


Fig. A-4
Blanco-Fresco
F40CW

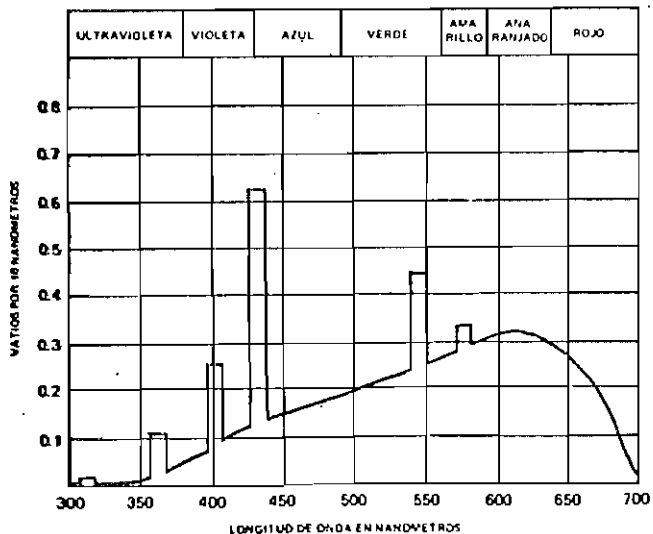


Fig. A-5
Blanco de Lujo
TL40W/34

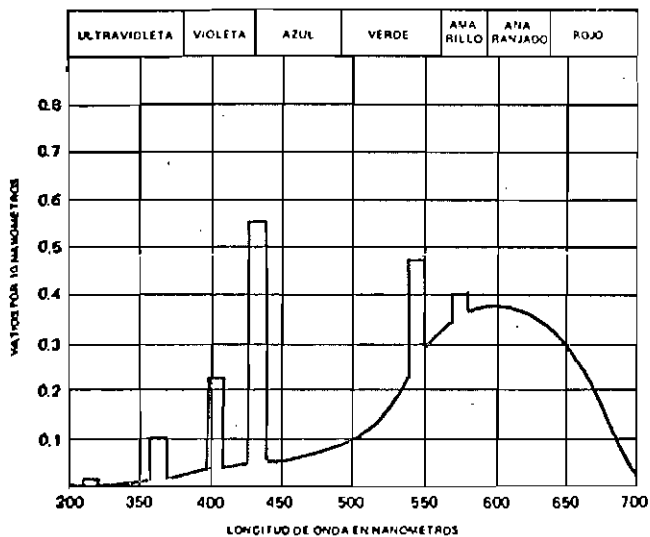


Fig. A-6
Blanco Cálido de Lujo
F40WWX

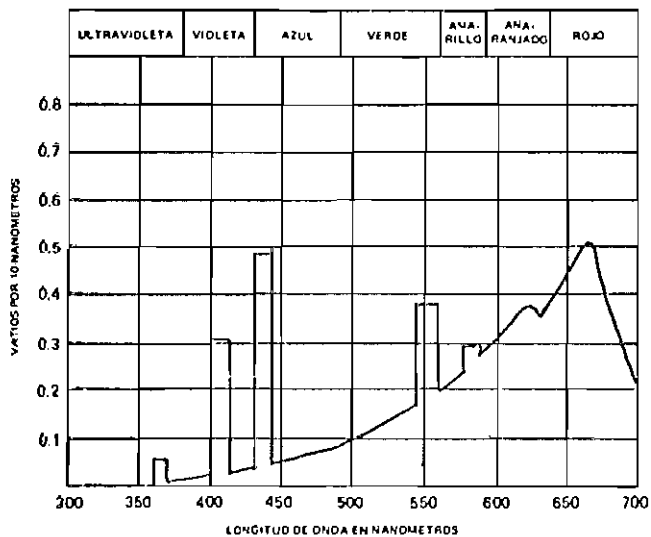


Fig. A-7
Incandescente-fluoresc
F40IF

APENDICE 3

Factores de Conversión

Iluminancia	Lux	Bujía-pie
Un lux (lm/m ²)	1	0.093
Una bujía-pie (lm/pie ²)	10.76	1

Luminancia	Apostilb	Lambert-pie	Lambert	Nit	Cd/pg ²	Stilb
Un apostilb (lm/m ²)	1	0.0929	0.001	0.318	0.000205	0.0000318
Un lambert-pie(lm/pie ²)	10.76	1	0.001076	3.426	0.00221	0.0003426
Un lambert (lm/cm ²)	10000	929	1	3183	2.054	0.318
Un nit (cd/m ²)	3.14	0.292	0.000314	1	0.000645	0.0001
Una cd. por pulgada ²	4869	452	0.487	1500	1	0.155
Un stilb (cd/cm ²)	31410	2929	3.14	10000	6.452	1

Temperatura

°C=5/9(°F-32)	°C(centígrados)
°F=9/5(°C+32)	°F(fahrenheit)
K=°C+273.15	K(kelvin)

BIBLIOGRAFIA

Textos:

- AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, "Handbook", publicado por Mc Graw Hill Book Company Inc., New York, 1957.
- BARQUERO, Joaquín. "Electroacústica", Tercera Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1969.
- CELOTEX ACOUSTICAL SYSTEMS, "Catalog 1977", publicado por "The Celotex Corporation", Tampa, Florida.
- COMMITTEE ON LIGHTING EDUCATION OF THE ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY. "IES Lighting Fundamentals Course", Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1960.
- FEYMAN, Richard. "The Feynman Lectures on Physics", Vol 1, Editado por el Fondo Educativo Interamericano S.A., California, 1971.
- GAYDRY, M. "Rectificadores, Tíscitores y Triacs", Tercera Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1976.
- GTE SYLVANIA, "Lamp Ordering Guide 78-1", Catálogo de Lámparas Sylvania, Publicado por "GTE International", Stanford, 1978.
- GTE SYLVANIA, "Lámparas Fluorescentes", Boletín de Ingeniería No. 0341, Publicado por "GTE International", Danvers.
- GTE SYLVANIA, "Lámparas Incandescentes", Boletín de Información Técnica No. 0324, Publicado por "GTE International", Danvers.
- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, "IES Lighting Handbook", Quinta Edición, publicado por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación, New York, 1972.
- KEITZ, H.A. "Cálculos y Medidas en Luminotecnia", Editorial Paraninfo, Madrid, 1974.
- LIGHTING INDUSTRY FEDERATION LIMITED AND THE ELECTRICITY COUNCIL, "Interior Lighting Design", Quinta Edición, Publicado conjuntamente por la Federación de la Industria del Alumbra do Limitada y el Consejo de Electricidad, Londres, 1977.

- PARKER - SMITH, "Scene Design and Stage Lighting", Segunda Edición, Publicado por "Rinchart and Winston Inc"., New York, 1968.
- PHILIPS, "Catálogo de Lámparas".
- PHILIPS, "International Lighting Table", Publicado por la "Lighting Service Bureau", Eindhoven, 1966.
- PHILIPS, "Manual de Alumbrado", Segunda Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1979.
- POVEDA, Méntor. "Apuntes de Instalaciones Eléctricas", Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Quito, 1977.
- RAMIREZ VASQUEZ, José. "Luminotecnica", Ediciones CEAC, Barcelona, 1972.
- RE, Vittorio. "Iluminación Interna", Editorial Marcombo, Barcelona, 1979.
- SEARS, Francis., "Fundamentos de Física", Vol 3, Editorial - Aguilar, Madrid, 1960.
- SIMARD, P. "Reguladores de Flujo Luminoso", Editorial Paraninfo, Madrid, 1967.
- WEIGEL, R.G. "Luminotecnia, Sus Principios y Aplicaciones", Tercera Edición, Editorial Gustavo - Gilli, S.A., Barcelona, 1973.
- WESTINGHOUSE, "Artificial Light and Its Applications", Publicado por el Departamento de Ingeniería Comercial de la División de Lámparas Westinghouse, New Jersey, 1940.
- WESTINGHOUSE, "Manual del Alumbrado", Segunda Edición, Editorial Dossat, Madrid, 1976.
- ZWIKKER C., "Fluorescent Lighting", Biblioteca Técnica Philips, Eindhoven, 1952.

Revistas:

- ELECTRICAL CONSTRUCTION AND MAINTENANCE, Publicado por Mc Graw - Hill Inc, New York.
 - Diciembre - 1979
 - Enero - 1980

- REVISTA INTERNACIONAL DE LUMINOTECNIA, Publicada por Stchting Promethens, Amsterdam.

1963 - No. 3
1971 - No. 3
1975 - No. 3 y 4
1976 - No. 4
1977 - No. 2
1978 - No. 2
1978 - No. 3

- SERVICIO INFORMATIVO TECNICO, Editado por el Departamento de Información de la Embajada Británica,

1971 - No. 21.