



Editorial de la Universidad  
Tecnológica Nacional

# CRITERIOS DE DISEÑO EN ILUMINACIÓN Y COLOR

ESPECIALIZACIÓN EN HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

ING. **JORGE A. CAMINOS**

*Director Grupo de Estudio Sobre Energía (G.E.S.E.)  
UTN - Facultad Regional Santa Fe*



2011

ISBN 978-987-27897-2-5

Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

[edutecne@utn.edu.ar](mailto:edutecne@utn.edu.ar)

© [Copyright] La Editorial de la U.T.N. recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir el conocimiento generado por autores universitarios, pero que los mismos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.

## INDICE

	7
<b>UNIDAD 1 - GENERALIDADES</b>	
UNA BREVE HISTORIA DE LA ILUMINACIÓN	7
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN	11
UTILIZACIÓN MUNDIAL DE ENERGÍA	11
ILUMINACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA	11
PROYECCIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA - ARGENTINA (1996-2020)	12
NORMAS GENERALES DE AHORRO DE ENERGÍA EN ALUMBRADO DE INTERIORES	13
RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA	14
RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DE HOGAR	14
RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DE NEGOCIOS	16
RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DE INDUSTRIAS Y OFICINAS	18
RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DE CONSORCIOS Y GRANDES EDIFICIOS	19
RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO	20
CONTAMINACIÓN LUMÍNICA	21
CONCEPTOS SOBRE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA	21
<b>UNIDAD 2 - INFLUENCIA DE LA ILUMINACIÓN EN LA SALUBRIDAD Y PRODUCTIVIDAD</b>	28
CONDICIONES GENERALES	28
HIGIENE FISIOLÓGICA EN LA TAREA VISUAL	29
INCIDENCIA DEL COSTO DE OPERACIÓN EN UNA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ARTIFICIAL RESPECTO DEL VALOR FINAL DEL PRODUCTO ELABORADO	32
RELACIÓN ENTRE UN ADECUADO SISTEMA DE ALUMBRADO Y LA PRODUCCIÓN	33
SALUD VISUAL OCUPACIONAL	39
<b>UNIDAD 3 - NATURALEZA Y PROPAGACIÓN DE LA LUZ - MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS</b>	45
RADIACIÓN	45
DEFINICIONES Y UNIDADES	45
NATURALEZA Y PROPAGACIÓN DE LA LUZ	47
TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA	47
TEORÍA CUÁNTICA	47
MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS	49
FLUJO LUMINOSO	49
INTENSIDAD LUMINOSA	50
INTENSIDAD LUMINOSA ESFÉRICA MEDIA	50
ILUMINACIÓN	51
EMITANCIA O RADIANCIA	52

LUMINANCIA	52
LEY FUNDAMENTAL DE LA ILUMINACIÓN	53
LEY DEL COSENO	54
LEY DE LA INVERSA DEL CUADRADO DE LAS DISTANCIAS	54
CURVA ISOLUX	55
CURVAS ISONIT	55
REPRESENTACIONES GRAFICAS	55
CURVA DE DISTRIBUCIÓN LUMINOSA	55
CURVAS DE ILUMINACIÓN DEL SUELO	57
FACTOR DE UNIFORMIDAD DE ILUMINACIÓN	58
FACTOR DE UNIFORMIDAD DE ILUMINANCIA	58
ILUMINACIÓN DE UN PUNTO	58
<b>UNIDAD 4 - CONTROL DE LA LUZ</b>	<b>62</b>
REFLEXIÓN	62
REFRACCIÓN	63
ABSORCIÓN	65
TRANSMISIÓN	65
DIFUSIÓN	65
RELACIONES ENTRE REFLEXIÓN, ABSORCIÓN Y TRANSMISIÓN LUMINOSA.	66
<b>UNIDAD 5 - FISIOLOGÍA DE LA VISIÓN</b>	<b>68</b>
EL OJO HUMANO	68
FORMACIÓN DE LAS IMÁGENES EN EL OJO	70
PERCEPCIÓN DE PROFUNDIDAD	72
AGUDEZA VISUAL	72
SENSIBILIDAD DIFERENCIAL	74
FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PERCEPCIÓN VISUAL.	75
BRILLO	75
DESLUMBRAMIENTO	76
PERCEPCIÓN DE FORMAS PLÁSTICAS	78
DEFICIENCIAS VISUALES	79
<b>UNIDAD 6 - EL COLOR</b>	<b>83</b>
ESPECTRO LUMINOSO	83
EL COLOR DE LOS CUERPOS OPACOS	84
CUALIDAD DEL COLOR	84
TEMPERATURA DE COLOR	84
ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR	86
INFLUENCIA PSICOLÓGICA DEL COLOR	86
COLORES Y SEÑALES DE SEGURIDAD	87
SISTEMA DE SEGURIDAD PARA LA IDENTIFICACIÓN DE CAÑERÍAS PARA PRODUCTOS TERMINADOS O EN PROCESOS DE FABRICACIÓN	89
FRANJAS	90
LEYENDAS	90
<b>UNIDAD 7 - ASPECTO A CONSIDERAR PARA EL ALUMBRADO DE</b>	<b>92</b>

<b>INTERIORES</b>	
ILUMINACIÓN SUPLEMENTARIA	93
MANTENIMIENTO	94
EVALUACIÓN DE FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA REALIZACIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	95
RESUMEN DE EVALUACIÓN DE FACTORES	96
COMPOSICIÓN DE LA ILUMINACIÓN	97
COLOR DE LUZ, DURACIÓN Y RENDIMIENTO	97
LUMINARIAS	97
DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO LUMINOSO	98
DISTRIBUCIÓN DE LA COMPONENTE DIRECTA	98
DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD LUMINOSA	99
CONDICIONES DE TRABAJO	99
PROTECCIÓN ELÉCTRICA	100
CRITERIOS DE ILUMINACIÓN PARA DISTINTOS USOS	100
ILUMINACIÓN DE NAVES FABRILES	100
CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS VISUALES.	102
LÁMPARAS UTILIZADAS EN EL ALUMBRADO INDUSTRIAL.	103
ILUMINACIÓN DE OFICINAS	104
LÁMPARAS PARA ILUMINACIÓN DE OFICINAS.	105
DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS	105
ILUMINACIÓN COMERCIAL	106
FORMA DE ILUMINACIÓN	107
LÁMPARAS PARA ILUMINACIÓN COMERCIAL.	108
ALUMBRADO PÚBLICO	109
REQUISITOS DEL ALUMBRADO PÚBLICO	109
TIPOS DE LÁMPARAS UTILIZADAS.	110
DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS	111
PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR MEDICIONES	116
ILUMINACIÓN MEDIA	116
<b>UNIDAD 8 - FUENTES LUMINOSAS</b>	119
LÁMPARAS INCANDESCENTES	119
PRINCIPALES VENTAJAS DE LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES	120
CONSTITUCIÓN DE LA LÁMPARA INCANDESCENTE	120
LÁMPARA INCANDESCENTES HALÓGENAS	124
TIPO CONSTRUCTIVOS	124
LÁMPARAS DE DESCARGA EN EL SENO DE UN GAS	125
TUBOS FLUORESCENTES	125
CIRCUITOS ELÉCTRICOS	125
LÁMPARAS DE BAJO CONSUMO – CARACTERÍSTICAS	129
PARTES DE UNA LÁMPARA CFL	130
ASÍ FUNCIONA LA LÁMPARA CFL	131
CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS AHORRADORAS CFL	132
VENTAJAS DE LAS LÁMPARAS AHORRADORAS CFL COMPARADAS CON LAS INCANDESCENTES.	133
COMPARACIÓN DE CONSUMOS	134
LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO	135

LÁMPARAS DE MERCURIO CLARAS	136
LÁMPARAS DE COLOR CORREGIDO	136
LÁMPARAS MEZCLADORAS	136
LÁMPARAS HALOGENADAS	137
LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO	137
LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE BAJA PRESIÓN	138
LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN (SON)	139
DIODO EMISOR DE LUZ - LED	140
FUNCIONAMIENTO DEL LEDs	140
EVOLUCION DE LOS LEDs	141
RASGOS Y VENTAJAS DE LOS LEDs	144
APLICACIONES DE LOS LEDs	147
LÁMPARAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA	148
VENTAJAS DE LAS LÁMPARAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA	150
SELECCIÓN DE LÁMPARAS	151
CRITERIOS CROMÁTICOS	151
CRITERIO DE EFICACIA	152
INFORMACIÓN AMBIENTAL PARA LÁMPARAS DE DESCARGAS	154
RECICLAJE DE LÁMPARAS DE DESCARGA	161
<b>UNIDAD 9 - ILUMINACIÓN EN INTERIORES</b>	<b>168</b>
MÉTODO DEL FLUJO LUMINOSO	168
METODOLOGÍA DE CÁLCULO	170
EMPLAZAMIENTO DE LAS LUMINARIAS	171
ILUMINACIÓN DE INTERIORES - EJERCICIOS	172
TABLAS – CALCULO DE RELACIÓN DE LOCAL	177
TABLAS – FACTOR DE UTILIZACIÓN DE LUMINARIAS	180
MÉTODO DE LAS CAVIDADES ZONALES	197
DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS	197
REFLECTANCIA EFECTIVAS DE CAVIDAD	198
ILUMINACIÓN DE INTERIORES – EJERCICIOS	200
TABLAS – COEFICIENTES	206
TABLAS – RELACIÓN O ÍNDICES DE CAVIDADES	208
TABLAS – REFLECTANCIA EFECTIVAS	209
TABLAS – COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN	210
FACTORES ECONÓMICOS DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO	213
CONSIDERACIONES GENERALES	213
COSTE DE ALUMBRADO	215
ESTUDIO ECONÓMICO COMPARATIVO DE INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN EN OFICINAS CON TUBOS FLUORESCENTES DE 40 Y 65 W	215
<b>UNIDAD 10 - ILUMINACIÓN DE EXTERIORES</b>	<b>222</b>
MÉTODO DE CALCULO PUNTO POR PUNTO	222
LEY DE LA INVERSA DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA	223
LEY DEL COSENO	223
DESARROLLO DEL MÉTODO DE CALCULO PUNTO POR PUNTO	224
ILUMINACIÓN LOCALIZADA	224
TABLAS - MÉTODO DE CALCULO PUNTO POR PUNTO	227

EJERCICIO DEL MÉTODO DE CALCULO PUNTO POR PUNTO	229
ILUMINACIÓN DE EXTERIORES	232
DISPOSICIÓN REPARTIDA	232
DISPOSICIÓN CONCENTRADA	233
CRITERIO DE APLICACIÓN	234
PARA ESPACIOS ABIERTOS EN FÁBRICAS, DEPÓSITO Y DESCARGA DE MERCADERÍAS:	234
PLAYA DE MANIOBRAS FERROVIARIAS	235
<b>UNIDAD 11 - ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA</b>	236
TIPOS DE ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	236
EQUIPAMIENTO PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA	237
SISTEMAS CENTRALES	238
SISTEMAS AUTÓNOMOS	238
BASES PARA EL PROYECTO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA	239
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	243

## **UNIDAD 1 - GENERALIDADES**

### **UNA BREVE HISTORIA DE LA ILUMINACIÓN**

#### **El fuego**

Las primeras formas de iluminación se dieron con las fogatas utilizadas para calentarse y protegerse de los animales salvajes. Las chispas que saltaban de estas fogatas se convirtieron en las primeras antorchas. Durante muchos milenios la antorcha continuo como una importante fuente de iluminación. Durante el medioevo las antorchas, portátiles o ancladas en soportes metálicos de las callejuelas y plazas, se convirtieron en el primer ejemplo de alumbrado público.

#### **Lámparas de aceite**

Las lámparas de terracota más antiguas, que datan del 7000 al 8000 A.C., han sido encontradas en las planicies de Mesopotamia. En Egipto y Persia se han encontrado lámparas de cobre y bronce que datan aproximadamente del 2700 A.C.

En el 1000 A.C. la eficiencia de las lámparas se debía a sus mechas vegetales que quemaban aceites de oliva o nuez. Para el quinto siglo antes de nuestra era, estas lámparas ya eran de uso común domestico. Los romanos desarrollaron lámparas de terracota con o sin esmaltar y con una o más salidas para mechas. Con la introducción del bronce y posteriormente del hierro, los diseños de las lámparas de aceite se fueron haciendo más y más elaborados.

Hubo múltiples esfuerzos para mejorar la eficiencia de estas lámparas. En el último siglo antes de nuestra era, Hero de Alejandría invento una lámpara en la que por una columna de presión, el aceite que alimentaba la mecha iba subiendo. Leonardo Da Vinci, modificó este diseño y añadió un lente de cristal. La luz que provenía de esta nueva lámpara se lograba por una mecha que se quemaba en forma constante, y gracias al lente de cristal la superficie de trabajo recibía niveles de iluminación que permitían la lectura nocturna. Da Vinci también diseñó lentes de agua para corregir la miopía, estos inventos registran la primera correlación análisis sobre la interacción de la luz y la visión.

El físico suizo Aimé Argand patentó una lámpara con un quemador circular, una mecha tubular y una columna de aire con la que dirigiría y regulaba el suministro de aire a la flama. Argand descubrió que la columna circular de aire reducía el "parpadeo" de la llama. En 1880, Bertrand G. Carcel añadió a este diseño una bomba con mecanismo de reloj para alimentar el aceite a la mecha. La lámpara Argand se convirtió en el standard de fotometría debido a la constancia de su luz. Posteriormente, Benjamín Franklin descubrió que dos mechas juntas daban mas luz que dos lámparas de una sola mecha.

El descubrimiento del petróleo en 1859 por Edwin L. Drake produjo una nueva fuente de gran eficiencia luminosa. Durante los próximos 20 años, el 80% de las patentes anuales se destinaron a este tipo de lámparas. Durante el resto del siglo XIX y principios del siglo XX, estas lámparas registraron numerosas mejorías, haciéndolas de uso común en los ambientes domésticos, industriales y de alumbrado público.

#### **Velas**

El uso de velas data de los principios de la era cristiana y su fabricación es probablemente una de las industrias más antiguas. Las primeras velas eran hechas con palos de madera recubiertos con

cera de abeja. Se piensa que los fenicios fueron los primeros en usar velas de cera (400 D.C.). El uso de velas no era tan común como el de lámparas de aceite, pero su uso se incrementó durante el medioevo. Durante los siglos XVI a XVIII, las velas eran la forma más común para iluminar los interiores de las edificaciones.

La industria ballenera, durante el siglo XVIII, introdujo el "aceite de ballena" (spermaceti). La vela "spermaceti", debido a su nítida y constante flama, se convirtió en medida standard (la candela) para la iluminación artificial. La candela era la luz producida por una vela spermaceti con un peso de 1/6 de libra y quemándose a un ritmo de 120 grs. por hora. El desarrollo de la parafina en 1850 produjo un material económico que sustituyó a la spermaceti. Velas en elaborados candelabros se utilizaron como fuente de iluminación hasta que fueron sustituidas en 1834 con el recientemente descubierto gas. Hoy en día se utilizan las velas principalmente en ceremonias religiosas, como objetos decorativos y en ocasiones festivas.

### **Lámparas de gas**

Los antiguos códigos de Egipto y Persia hablan de explosiones de gases combustibles que brotaban a través de las fisuras de la tierra. Los chinos usaban el gas como fuente de iluminación muchos siglos antes de la era cristiana. Extraían el gas de yacimientos subterráneos por medio de tubería de bambú y lo usaban para iluminar las minas de sal y edificaciones de la provincia de Szechuan.

En 1664, John Clayton descubrió en el norte de Inglaterra un pozo de gas y lo extrajo por destilación. En 1784, Jean Pierre Mincklers produjo luz por primera vez con gas mineral. La primera instalación de lámparas de gas, la uso William Murdock en 1784 para iluminar su casa en Inglaterra. Posteriormente, se iluminaron almacenes, a los cuáles se conducía el gas por medio de ductos de metal.

A pesar del temor público por la seguridad del gas, F. A. Windsor instaló por primera vez lámparas en las vías públicas de Londres. Windsor, se conoce como el precursor de las instalaciones de alumbrado de gas. Este sistema de alumbrado se adoptó en muchas ciudades de países europeos y americanos pero finalmente fue sustituido por la electricidad durante el siglo XX.

### **Lámparas eléctricas**

En 1650, Otto von Guericke de Alemania descubrió que la luz podía ser producida por excitación eléctrica. Encontró que cuando un globo de sulfuro era rotado rápidamente y frotado, se producía una emanación luminosa. En 1706, Francis Hawsbee inventó la primera lámpara eléctrica al introducir sulfuro dentro de un globo de cristal al vacío. Después de rotarla a gran velocidad y frotarla, pudo reproducir el efecto observado por von Guericke.

William Robert Grove en 1840, encontró que cuando unas tiras de platino y otros metales se calentaban hasta volverse incandescentes, producían luz por un periodo de tiempo. En 1809, uso una batería de 2000 celdas a través de la cual paso electricidad, para producir una llama de luz brillante, de forma arqueada. De este experimento nació el término "lámpara de arco".

La primera patente para una lámpara incandescente la obtuvo Frederick de Moleyns en 1841, Inglaterra. Aun cuando esta producía luz por el paso de electricidad entre sus filamentos, era de vida corta. Durante el resto del siglo XIX, muchos científicos trataron de producir lámparas eléctricas.

Finalmente, Thomas A. Edison produjo una lámpara incandescente con un filamento carbonizado que se podía comercializar. Aunque esta lámpara producía luz constante durante un periodo de dos días, continuó sus investigaciones con materiales alternos para la construcción de un filamento más



duradero. Su primer sistema de iluminación incandescente la exhibió en su laboratorio el 21 de diciembre de 1879.

Edison hizo su primera instalación comercial para el barco Columbia. Esta instalación con 115 lámparas fue operada sin problemas durante 15 años. En 1881, su primer proyecto comercial fue la iluminación de una fábrica de Nueva York. Este proyecto fue un gran éxito comercial y estableció a sus lámparas como viables. Durante los siguientes dos años se hicieron más de 150 instalaciones de alumbrado eléctrico y en 1882 se construyó la primera estación para generar electricidad en Nueva York. En ese mismo año, Inglaterra montó la primera exhibición de alumbrado eléctrico.

Cuando la lámpara incandescente se introdujo como una lámpara pública, la gente expresaba temor de que pudiese ser dañina a la vista, particularmente durante su uso por largos períodos.

En respuesta, el parlamento de Londres pasó legislación prohibiendo el uso de lámparas sin pantallas o reflectores. Uno de los primeros reflectores comerciales a base de cristal plateado fue desarrollado por E. L. Haines e instalado en los escaparates comerciales de Chicago.

Hubo numerosos esfuerzos por desarrollar lámparas más eficientes. Welsbach inventó la primera lámpara comercial con un filamento metálico, pero el osmio utilizado era un metal sumamente raro y caro. Su fabricación se interrumpió en 1907 cuando la aparición de la lámpara de tungsteno.

En 1904, el norteamericano Willis R. Whitney produjo una lámpara con filamento de carbón metalizado, la cual resultó más eficiente que otras lámparas incandescentes previas. La preocupación científica de convertir eficientemente la energía eléctrica en luz, pareció ser satisfecha con el descubrimiento del tungsteno para la fabricación de filamentos. La lámpara con filamento de tungsteno representó un importante avance en la fabricación de lámparas incandescentes y rápidamente reemplazaron al uso de tántalo y carbón en la fabricación de filamentos metálicos.

La primera lámpara con filamento de tungsteno, que se introdujo a los Estados Unidos en 1907, era hecha con tungsteno prensado. William D. Coolidge, en 1910, descubrió un proceso para producir filamentos de tungsteno "drawn" mejorando enormemente la estabilidad de este tipo de lámparas.

En 1913, Irving Langmuir introdujo gases inertes dentro del cristal de la lámpara logrando retardar la evaporación del filamento y mejorar su eficiencia. Al principio se usó el nitrógeno puro para este uso, posteriormente otros gases tales como el argón se mezclaron con el nitrógeno en proporciones variantes. El bajo costo de producción, la facilidad de mantenimiento y su flexibilidad dio a las lámparas incandescentes con gases tal importancia, que las otras lámparas incandescentes prácticamente desaparecieron.

Durante los próximos años se crearon una gran variedad de lámparas con distintos tamaños y formas para usos comerciales, domésticos y otras funciones altamente especializadas.

### **Las lámparas de descarga eléctrica**

Jean Picard en 1675 y Johann Bernoulli sobre el 1700 descubrieron que la luz podía ser producida al agitar el mercurio. En 1850 Heinrich Geissler, un físico Alemán, inventó el tubo Geissler, por medio del cual demostró la producción de luz por medio de una descarga eléctrica a través de gases nobles. John T. Way, demostró el primer arco de mercurio en 1860.

Los tubos se usaron inicialmente solo para los experimentos. Utilizando los tubos Geissler, Daniel McFarlan Moore entre 1891 y 1904 les introdujo nitrógeno para producir una luz amarilla y bióxido de carbón para producir luz rosado-blanca, color que aproxima a la de la luz del día. Estas lámparas eran ideales para comparar colores. La primera instalación comercial con los tubos Moore, se hizo en un almacén de Newark, N.J., durante 1904. El tubo Moore era difícil de instalar, reparar, y mantener. Peter Moore Hewitt comercializó una lámpara de mercurio en 1901, con una eficiencia de dos o tres veces mayor que la de la lámpara incandescente. Su limitación principal era que su luz carecía totalmente de rojo. La introducción de otros gases fracasó en la producción de un mejor balance del color, hasta que Hewitt ideó una pantalla fluorescente que convertía parte de la luz verde, azul y amarilla en rojo, mejorando así el color de la luz. Peter Moore Hewitt colocó su primera instalación en las oficinas del New York Post en 1903. Debido a su luz uniforme y sin deslumbramiento, la lámpara fluorescente inmediatamente encontró aceptación en Norteamérica.

La investigación del uso de gases nobles para la iluminación era continua. En 1910 el francés Georges Claude, estudió lámparas de descarga con varios gases tales como el neón, argón, helio, criptón y xenón, resultando las lámparas de neón. El uso de la lámpara de neón fue rápidamente aceptado para el diseño de anuncios, debido a su flexibilidad, luminosidad y sus brillantes colores. Pero debido a su baja eficiencia y sus colores particulares nunca encontró aplicación en la iluminación general.

En 1931, se desarrolló una lámpara de alta presión de sodio en Europa, 1931. A pesar de su alta eficiencia no resultó satisfactoria para el alumbrado de interiores debido al color amarillo de su luz. Su principal aplicación es en el alumbrado público donde su color no se considera crítico. A mediados del siglo XX las lámparas de sodio de alta presión aparecieron en las calles, carreteras, túneles y puentes de todo el mundo.

El fenómeno fluorescente se había conocido durante mucho tiempo, pero las primeras lámparas fluorescentes se desarrollaron en Francia y Alemania en la década de los 30. En 1934 se desarrolló la lámpara fluorescente en los Estados Unidos. Esta ofrecía una fuente de bajo consumo de electricidad con una gran variedad de colores. La luz de las lámparas fluorescentes se debe a la fluorescencia de ciertos químicos que se excitan por la presencia de energía ultravioleta.

La primera lámpara fluorescente era a base de un arco de mercurio de aproximadamente 15 vatios dentro de un tubo de vidrio revestido con sales minerales fluorescentes (fosforescentes). La eficiencia y el color de la luz eran determinados por la presión de vapor y los químicos fosforescentes utilizados. Las lámparas fluorescentes se introdujeron comercialmente en 1938, y su rápida aceptación marcó un desarrollo importante en el campo de la iluminación artificial. No fue hasta 1944 que las primeras instalaciones de iluminación con lámparas fluorescentes se hicieron.

A partir de la segunda guerra mundial se han desarrollado nuevas lámparas y numerosas tecnologías que además de mejorar la eficiencia de la lámpara, las ha hecho más adecuadas a las tareas del usuario y su aplicación. Entre los desarrollos a las lámparas fluorescentes, se incluyeron los balastos de alta frecuencia que eliminan el parpadeo de la luz, y la lámpara fluorescente compacta que ha logrado su aceptación en ambientes domésticos.

## EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN

### UTILIZACIÓN MUNDIAL DE ENERGÍA

La utilización de la energía, tal como muestra la Fig. 1 - 1 viene creciendo año a año.

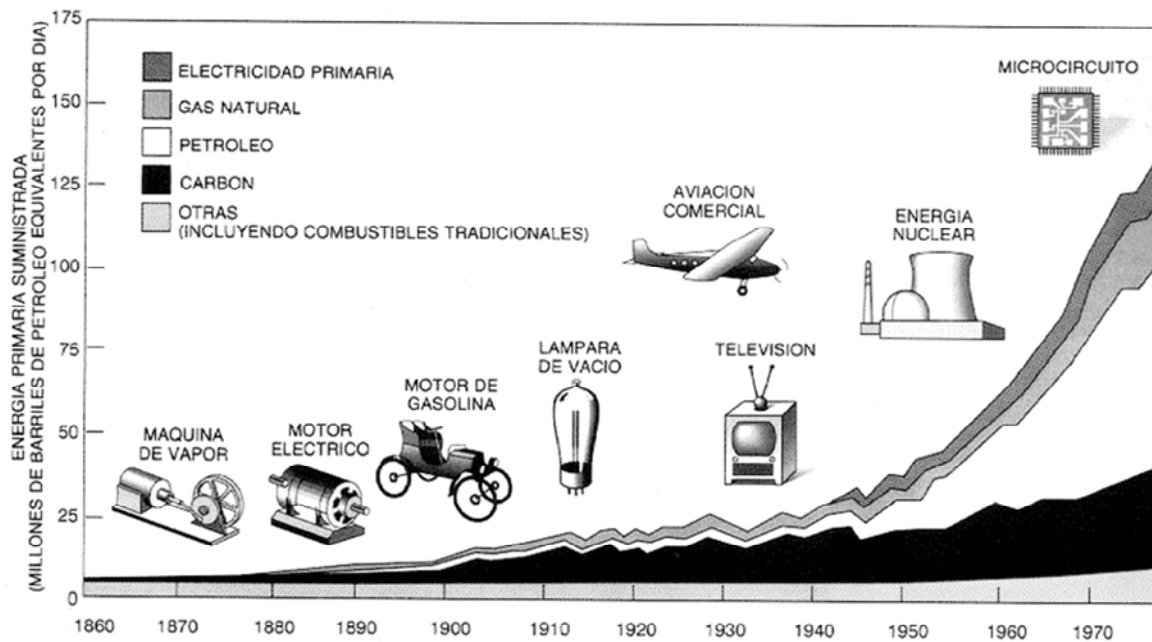


Fig. 1 – 1 (Fuente: Davis, G. R., 1990, “Energía para el planeta Tierra”, Investigación y Ciencia, nov.)

Esto trae aparejado lo que denominamos un TRILEMA ENERGÉTICO, ya que este uso creciente trae aparejado un agotamiento de recursos energéticos no renovables, existen factores económicos y el uso creciente genera unos importantes impactos Ambientales

Dentro de los impactos ambientales los más importantes son:

- Contaminación atmosférica
- Degradación y contaminación de tierras
- Perjuicio a los cuerpos de agua
- Destrucción de ecosistemas
- Contaminación térmica
- Cambio Climático
- Cambio Global
- Contaminación visual, sonora, etc.

## ILUMINACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA

Hoy la Argentina atraviesa una situación muy particular. Existe, por un lado, un crecimiento en la demanda de energía a nivel industrial, comercial y doméstico, y por otro lado una crisis energética, ya que en la última década no ha habido crecimiento en la oferta de la energía. La creación de nuevas centrales generadoras de energía demanda grandes inversiones difíciles de realizar. Otra manera de tener mayores fuentes energéticas es mediante el ahorro de Energía pues Energía que ahorras es energía que dejas disponible para que la use otro. Es decir a mayor ahorro, mayor energía disponible para otros.

Se ha logrado detectar que en la industria un gran porcentaje de las Plantas Industriales utilizan artefactos de iluminación poco eficientes y de gran consumo de energía. Gran cantidad de Bancos, Financieras, hoteles, instituciones y oficinas consumen grandes cantidades de energía eléctrica sólo por el hecho de contar con artefactos de iluminación obsoletos o de un rendimiento lumínico bajo, sumado a un diseño de alumbrado defectuoso, ó en algunos casos sin ningún cálculo de alumbrado.

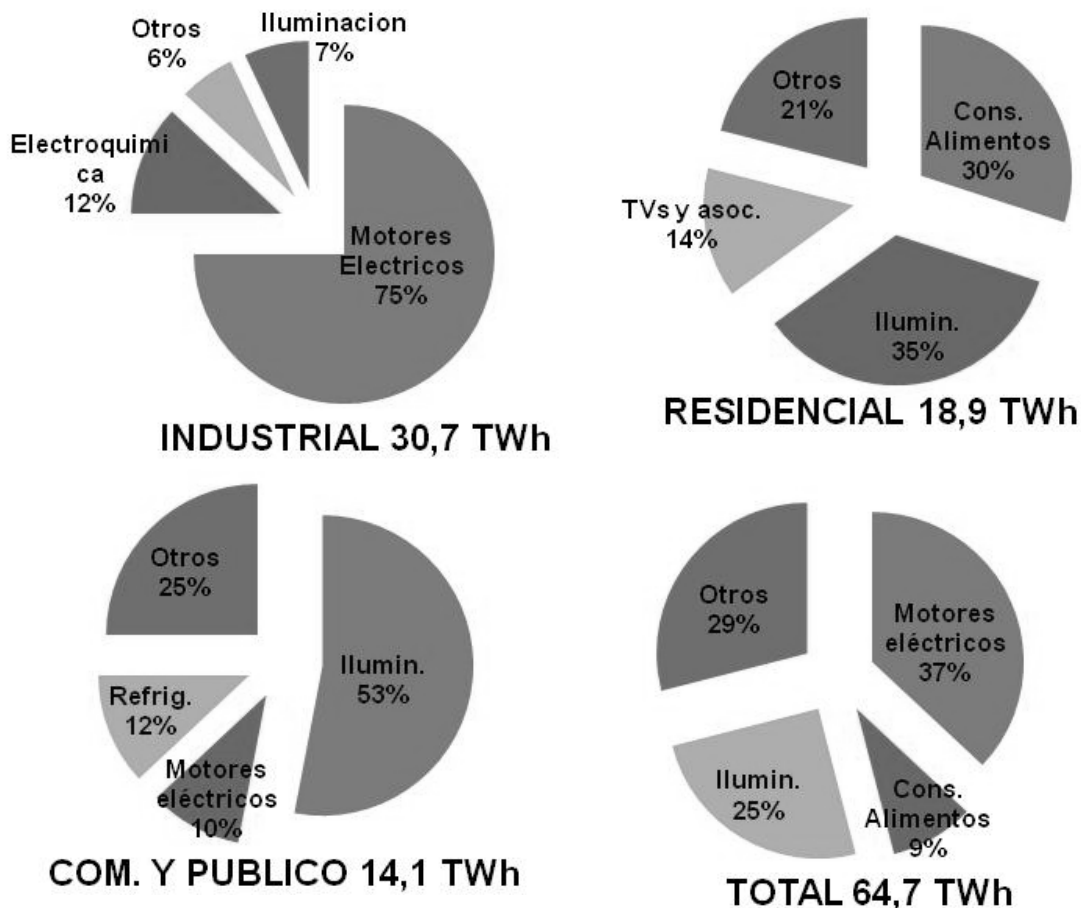


Fig. 1-2 (Manual de ELI)

En los estudios efectuados en los últimos tiempos, se han detectado oficinas de empresas importantes e industrias que tienen niveles de iluminación por debajo de las normas recomendadas y una cantidad de lámparas mayores que las aconsejables y necesarias para el ambiente de uso determinado. También se ha comprobado que en las llamadas horas puntas, es decir entre las 18:00 y 23:00 horas, funcionan muchas industrias que sólo con reestructurar su sistema de iluminación,

lograrían importantes ahorros; por esto la importancia de un adecuado diseño de iluminación de interiores y exteriores.

En países desarrollados de Europa, el tema de ahorro de energía ya es una constante; las lámparas incandescentes, van camino a desaparecer, han sido reemplazadas por otros más eficientes como las lámparas fluorescentes y otras ahorradoras.

Cuando se toca el tema de ahorro de energía, la iluminación ocupa un lugar preponderante y el tema es inagotable.

### **PROYECCIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA - ARGENTINA (1996-2020) [Fig 3-1]**

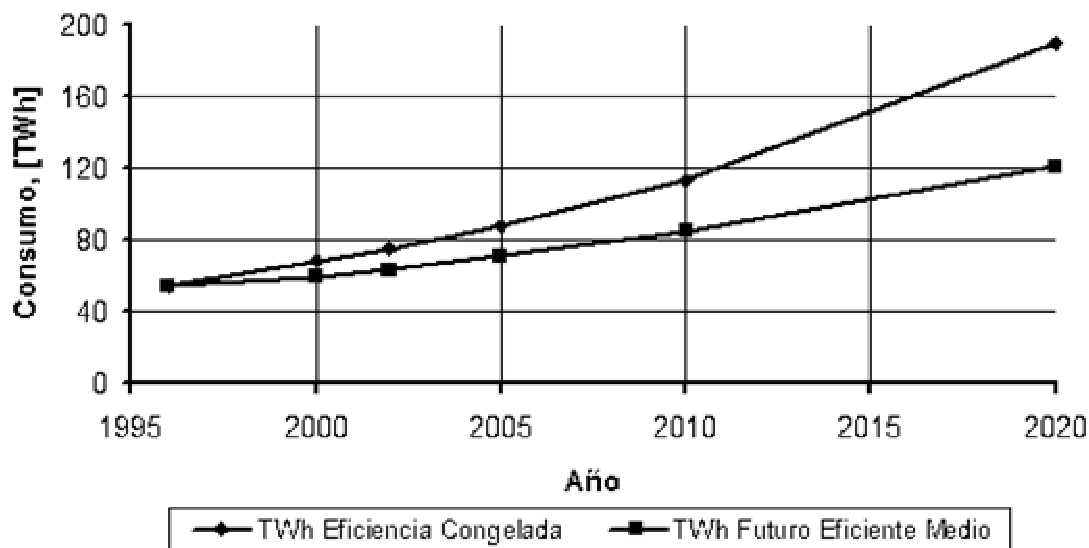


Fig. 1-3 (Secretaría de Energía de la Nación)

Las implicancias que traen aparejados políticas de eficiencias energéticas son:

- Reducción del consumo energético
- Disminución de los costos de provisión de los servicios energéticos
- Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, y del resto de los impactos ambientales
- Reducción en la demanda de potencia

### **NORMAS GENERALES DE AHORRO DE ENERGÍA EN ALUMBRADO DE INTERIORES**

Además de la correcta elección de las lámparas y la realización de un mantenimiento preventivo adecuado, deben seguirse una serie de normas para ahorrar energía en la iluminación.

Ajustar los niveles de iluminación y los coeficientes de uniformidad a las necesidades reales de cada zona.

- 1) Mantener apagados los aparatos de determinados lugares en los momentos en que no son necesarios; por ejemplo pasillos, lugares de paso o zonas desocupadas.
- 2) Fraccionar los circuitos de alumbrado para hacer posible lo dicho en el punto 2
- 3) Dotar a los circuitos que sean susceptibles de ello, de células fotoeléctricas o interruptor horario que aseguren su apagado cuando no se precisan.
- 4) Establecer circuitos parciales de alumbrado reducido para vigilancia
- 5) Llevar a cabo programas de limpieza periódica tanto de aparatos como de reflectores y lámparas.
- 6) Mantener en buenas condiciones de limpieza los locales iluminados, especialmente los techos y paredes.
- 7) Utilizar aparatos de alto rendimiento fotométrico suprimiendo siempre que sea posible difusores e incluso rejillas.
- 8) Emplear los sistemas de alumbrado de mayor rendimiento, preferentemente el directo.
- 9) Emplear lámparas de elevado rendimiento, teniendo en cuenta siempre las exigencias de calidad de cada zona según su utilización.
- 10) Llevar a cabo programas de renovación periódica de lámparas, eliminando de las instalaciones las de flujo muy agotado por las horas de servicio, aun cuando no estén quemadas.
- 11) Utilizar alumbrado intensivo siempre que sea posible.
- 12) Utilizar temporizadores.

## **RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA**

### **RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DE HOGAR**

#### **INTERIOR DE HOGARES**

##### **1. Reemplazar incandescentes por fluorescentes**

Un tubo fluorescente de 36W de nueva generación produce la luz equivalente a ocho lámparas incandescentes de 40W, es decir, reemplaza a 320W y dura doce veces más. Es ideal para lugares de encendido prolongado. Si se utilizan con balastos electrónicos se produce un ahorro adicional de 4W por tubo con la posibilidad de encendidos repetitivos, sin que afecte su vida útil, que se incrementa a veinte veces la vida de las incandescentes.

##### **2. Reemplazar incandescentes por bajo consumo**

Los bajos consumos permiten el ahorro fácil, pues se pueden comprar con rosca normal Edison E27, similar a las de las incandescentes. Una lámpara de bajo consumo de 20W produce tanta luz como una lámpara incandescente de 100W y dura seis veces más. Ideales para pocos encendidos diarios. Si se desea encenderla con mucha frecuencia, convienen las lámparas de bajo consumo de

larga vida, p. ej.: una de 20W da tanta luz como una incandescente de 100W y dura quince veces más.

EQUIVALENCIA A IGUAL LUZ EMITIDA	
INCANDESCENTE	LÁMPARAS DE BAJO CONSUMO DE LARGA VIDA
60W	11W
75W	15W
100W	20W
2 X 60W	23W

### 3. No utilizar incandescentes asiáticas

Debido a que utilizan filamentos de muy viejo diseño (simple espiralado), las lámparas incandescentes asiáticas producen en 220V, entre un 22% y un 33% menos de luz que las de Industria Argentina. Si se toma el promedio, se puede decir que una lámpara de 75W da tanta luz como una asiática de 100W, es decir, ahorrará un 25% del consumo de cada portalámpara.

### 4. Instalar dimmers

Los dimmers o atenuadores no sólo permiten ahorrar energía, sino que protegen a las lámparas incandescentes en el momento del encendido. Les prolongan la vida útil.

### 5. Utilizar dicroicas bajo consumo

Las dicroicas con tecnología IRC son excelentes ahorradoras de energía, pues una halógena energy saver de 35W produce tanta luz como una dicroica standard de 50W, es decir que ahorran un 30% de la energía eléctrica, sin modificar la instalación. El secreto de la tecnología IRC es una delgada película aplicada a la ampolla interior que refleja el calor hacia el filamento transformando esa energía en luz. Otra gran ventaja es su extra larga vida de 5.000 horas.

Si se están utilizando dicroicas asiáticas de bajo costo y de 50W, probablemente las de sólo 20W las podrán reemplazar sin pérdida de luz.

## EXTERIOR DE HOGAR

### 1. Reemplazar incandescentes por bajo consumo

Las lámparas de bajo consumo permiten el ahorro fácil, pues se pueden comprar con rosca normal Edison E27, similar a las de las incandescentes. Una lámpara de bajo consumo de 20W produce tanta luz como una lámpara incandescente de 100W y dura seis veces más. Ideales para pocos encendidos diarios, por ejemplo, en farolas perimetrales. Si se desea encenderla con mayor frecuencia o se desea tener una vida útil mucho más larga, convienen las lámparas de bajo consumo de larga vida: una de 20W da tanto como una incandescente de 100W y dura quince veces más.

Otra opción para ejemplo de las farolas exteriores son las lámparas de bajo consumo con un sensor incorporado que se enciende y apaga automáticamente.

### 2. Utilizar detectores de movimiento

Los detectores de movimiento tienen el mérito de encender las lámparas halógenas sólo en caso de emergencia.

### **3. Emplear lámparas de descarga**

Si se desea tener iluminación de defensa nocturna permanente, se debería evitar el uso de lámparas incandescentes halógenas, llamadas “cuarzo-iodo”. En su lugar deberían utilizarse lámparas de descarga. Por ejemplo, una cuarzo-iodo de 1000W se podría reemplazar (a igual caudal de luz) por:

- Una lámpara de mercurio 400W
- o una de mercurio halogenado de 250W
- o una de sodio de alta presión, de 150W

Todas son para encendidos prolongados y requieren equipo auxiliar. En particular, las últimas pueden llegar a funcionar más de ocho años.

Las lámparas de mercurio halogenado de baja potencia son un excelente reemplazo de las incandescentes halógenas.

Una lámpara de mercurio halogenado de 150W reemplaza a las de cuarzo-iodo de 500W y una de 70W equipara a las de 300W. Además, duran seis veces más.

### **4. Automatizar encendido-apagado**

Las fotocélulas que encienden las luces al anochecer y las apagan cuando amanece, son una fuente segura de ahorro. Se recomiendan por su practicidad las lámparas de bajo consumo de 15W con fotocélula incorporada, ya que realizan el encendido y apagado automáticamente por sí mismas.

## **RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DE NEGOCIOS**

### **INTERIOR DE COMERCIOS**

#### **1. Reemplazar incandescentes por fluorescentes compactas**

La gran familia de las lámparas de bajo consumo ofrece más de 50 alternativas, para lograr una buena iluminación general de los negocios. Por ejemplo, dos lámparas de bajo consumo de 26W con un balasto electrónico producen más luz que una lámpara incandescente de 200W. Así se reemplazan 200W por un consumo total de 54W (se ahorran 146W por boca) y con lámparas que durarán más de 12 veces que una incandescente.

#### **2. Utilizar dicroicas bajo consumo**

Las dicroicas con tecnología IRC son excelentes ahorradoras de energía, pues una halógena energy saver de 35W produce tanta luz como una dicroica standard de 50W, es decir que ahorran un 30% de la energía eléctrica, sin modificar la instalación. El secreto de la tecnología IRC es una delgada película aplicada a la ampolla interior que refleja el calor hacia el filamento transformando esa energía en luz. Otra gran ventaja es su extra larga vida de 5.000 horas.

Si se están utilizando dicroicas asiáticas de bajo costo y de 50W, probablemente las dicroicas de buena calidad de sólo 20W las podrán reemplazar sin pérdida de luz.



### 3. Instalar lámparas reflectoras metálicas, de bajo consumo

Por competir con las dicroicas, hay ya instaladas muchísimas lámparas reflectoras metálicas, las principales fabricas ya tiene disponible para la venta la versión Energy saver con tecnología IRC, con lo cual también se puede hacer el reemplazo de las habituales de 50W por las nuevas de 35W, con el mismo nivel lumínico.

Considerando el caso de un comercio, hotel o restaurante que tenga instaladas 200 lámparas reflectoras metálicas de 50W; si se hace el reemplazo por lámparas reflectoras metálicas, de bajo consumo con tecnología IRC de 35W, se ahorrarán 3300 KWh por bimestre. Si, además, tuviera que utilizar aire acondicionado, tendría un ahorro adicional de 1100 Kwh bimestrales por menor carga de calor, gracias a la utilización de las nuevas lámparas reflectoras metálicas, de bajo consumo con tecnología IRC. Por otra parte estas lámparas tienen 4.000 horas de vida.

### 4. Reemplazar las cuarzo-iodo

Las lámparas de mercurio halogenado de baja potencia son un excelente reemplazo de las incandescentes halógenas, que tanto se utilizan para iluminar vidrieras.

Una lámpara de mercurio halogenado de 150W reemplaza a las cuarzo-iodo de 500W y una de 70W equipara a las de 300W. Además, duran seis veces más.

Las lámparas reflectoras de 100 ó 150W pueden ser reemplazadas con ventajas y sin necesidad de cambio de artefacto por las HCI-PAR 30 de 70W. Una sola lámpara de 70W puede llegar a reemplazar cuatro reflectoras de 100W. Requieren que se agregue equipo auxiliar y duran 6 veces más.

## EXTERIOR DE COMERCIOS

### 1. Reemplazar incandescentes por bajo consumo

Los bajos consumos permiten el ahorro fácil, pues se pueden comprar con rosca normal Edison E27, similar a la de las incandescentes. Una lámpara de bajo consumo de 20W produce tanta luz como una lámpara incandescente de 100W y dura seis veces más. Ideales para unos pocos encendidos diarios, por ejemplo, en farolas perimetrales. Si se desea tener lámparas de larga vida, convienen las lámparas de bajo consumo de larga vida: una de 20W da tanta luz como una incandescente de 100W y dura quince veces más.

EQUIVALENCIA A IGUAL LUZ EMITIDA	
INCANDESCENTE	LÁMPARAS DE BAJO CONSUMO DE LARGA VIDA
60W	11W
75W	15W
100W	20W
2 X 60W	23W

### 2. Utilizar detectores de movimiento

Los detectores de movimiento tienen el mérito de encender las lámparas halógenas sólo en caso de emergencia.

### **3. Emplear lámparas de descarga**

Si se desea tener iluminación de defensa nocturna permanente, por ejemplo, en playas de estacionamiento, se debería evitar el uso de lámparas incandescentes halógenas, llamadas “cuarzo-iodo”. En su lugar deberían utilizarse lámparas de descarga. Por ejemplo, una cuarzo-iodo de 1000W se podría reemplazar (a igual caudal de luz) por:

- Una lámpara de mercurio 400W
- o una de mercurio halogenado de 250W
- o una de sodio alta presión, de 150W

Todas son para encendidos prolongados y requieren equipo auxiliar. En particular, las últimas pueden llegar a funcionar más de ocho años.

### **4. Automatizar encendido-apagado**

Las fotocélulas que encienden las luces al anochecer y las apagan cuando amanece son una fuente segura de ahorro. Se recomiendan las lámparas de bajo consumo de 15W con fotocélula incorporada, que ofrecen encendido y apagado automático.

## **RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DE INDUSTRIAS Y OFICINAS**

### **ILUMINACIÓN INTERNA INSTITUCIONAL**

#### **1. Utilizar tubos fluorescentes de alta eficiencia**

La tecnología moderna ofrece una gran variedad de tubos de alta eficiencia, que han vuelto obsoletos a los conocidos tubos LUZ DE DÍA. Hoy existen tubos de 26 mm ó 16 mm de diámetro, en varios tonos de luz, que llegan a producir 50% más de luz que los tradicionales tubos LUZ DE DÍA de 33 mm de diámetro. Dicho de otra forma, se pueden eliminar uno de cada tres tubos tradicionales, con el ahorro consiguiente. Y con un adicional importante: mucho mejor color de luz.

#### **2. Utilizar balastos electrónicos**

Las nuevas familias de tubos mejoran en su performance, si se utilizan con balastos electrónicos. Esos tubos, en conjunto con los balastos electrónicos y con la nueva tecnología en luminarias, pueden llegar a producir ahorros de más del 50% de energía comparado con los sistemas tradicionales.

#### **3. Utilizar balastos regulables**

Un paso adicional en busca del máximo ahorro lo constituyen utilizar equipos electrónicos regulables (dimerizables). Ellos pueden subir o bajar el nivel de iluminación (y el consumo eléctrico), en función de mandos manuales, programas de computación y/o sistemas que regulan automáticamente en función de la luz solar que llega a la superficie de trabajo.

#### **4. Suprimir el uso de incandescentes**

En la industria debería estar prohibido el uso de lámparas incandescentes para alumbrado general.

#### **5. Suprimir el empleo de mezcladoras**

Las lámparas mezcladoras o de luz mixta, incandescentes + mercurio, son apenas más eficiente que las lámparas incandescentes. Su uso en la industria debería también estar prohibido, ya que todas las demás familias de lámparas de descarga permiten substanciales ahorros. Concretamente damos un ejemplo: una lámpara de mercurio halogenado de 250W produce un 36% más de luz que una mezcladora HWL de 500W, que consume el doble.

## 6. Emplear lámparas halógenas de bajo consumo

En muchas oficinas y accesos a industrias de utilizan **lámparas halógenas** para iluminación de áreas especiales, en forma casi permanente. Las nuevas versiones Energy saver con tecnología IRC de ambas familias de lámparas permiten lograr substanciales ahorros de energía. El secreto de la tecnología IRC es una delgada película aplicada a la ampolla interior que refleja el calor hacia el filamento transformando esa energía en luz. Una lámpara dicroica del tipo IRC de bajo consumo, con un consumo de sólo 35W produce tanta luz como las equivalentes standard de 50W y tienen una vida mayor.

## RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DE CONSORCIOS Y GRANDES EDIFICIOS

### INTERIOR DE CONSORCIOS

#### 1. Reemplazar incandescentes por fluorescentes

Un tubo fluorescente de 36W de nueva generación produce la luz equivalente a ocho lámparas incandescentes de 40W, es decir, reemplaza a 320W y dura doce veces más. Ideal para lugares de encendido prolongado. Si se utilizan con balastos electrónicos se produce un ahorro adicional de 4W por tubo con la posibilidad de encendidos repetitivos, sin que se afecte la vida, que se incrementa a veinte veces la vida de las incandescentes.

#### 2. Reemplazar incandescentes por bajo consumo

Las de bajo consumo permiten el ahorro fácil, pues se pueden comprar con rosca normal Edison E27, similar a las de las incandescentes. Una lámpara de bajo consumo de 20W produce tanta luz como una lámpara incandescente de 100W y dura seis veces más. Ideales para un encendido por noche. Si se desea encenderla con mucha frecuencia, convienen las lámparas de bajo consumo de larga vida por ej.: una de 20W da tanto como una incandescente de 100W y dura quince veces más.

EQUIVALENCIA A IGUAL LUZ EMITIDA	
INCANDESCENTE	LÁMPARAS DE BAJO CONSUMO DE LARGA VIDA
60W	11W
75W	15W
100W	20W
2 X 60W	23W

Para los consorcios y grandes edificios puede ser útil conocer que una lámpara de bajo consumo asiática soporta entre 3000 y 5000 encendidos. En cambio una lámpara de bajo consumo de larga vida es capaz de resistir 500.000 encendidos, gracias a su sistema "SOFT START", de encendido

suave. Ello le asegura una vida útil en palieres y pasillos de alrededor de 12 años (con encendidos de 3 horas por día).

### **3. Utilizar dicroicas bajo consumo**

Las dicroicas ENERGY SAVER con tecnología IRC son excelentes ahorradoras de energía, pues una halógena Energy saver de 35W produce tanta luz como una dicroica standard de 50W, da una luz más blanca y dura más del doble. El secreto de las IRC es una delgada película aplicada a la ampolla interior que refleja el calor hacia el filamento transformando esa energía en luz.

Si se están utilizando dicroicas asiáticas de bajo costo y de 50W, probablemente las **dicroicas bajo consumo** IRC de sólo 20W las podrán reemplazar sin pérdida de luz.

### **4. Instalar lámparas halógenas de bajo consumo**

Por competir con las dicroicas hay ya instaladas muchísimas lámparas reflectoras metálicas **lámparas halógenas**. Las empresas ya tienen disponible para la venta la versión IRC, con lo que también se puede hacer el reemplazo de las habituales de 50W por las nuevas de 35W, con el mismo nivel lumínico.

### **5. Emplear lámparas de descarga**

Si se desea tener iluminación de defensa nocturna permanente, por ejemplo en playas de estacionamiento, accesos y jardines, se debería evitar el uso de lámparas incandescentes halógenas, llamadas “cuarzo-iodo”. En su lugar deberían utilizarse lámparas de descarga. Por ejemplo, una cuarzo-iodo de 1000W se podría reemplazar (a igual caudal de luz) por:

- Una lámpara de mercurio 400W
- o una de mercurio halogenado de 250W
- o una de sodio alta presión, de 150W

Todas son para encendidos prolongados y requieren equipo auxiliar. En particular, las últimas pueden llegar a funcionar más de ocho años.

Las lámparas de mercurio halogenado de baja potencia son un excelente reemplazo de las incandescentes halógenas de 500 y 300W, que tanto se utilizan para iluminar entradas de edificios.

Una lámparas de mercurio halogenado de 150W reemplaza a las cuarzo-iodo de 500W y una de 70W equipara a las de 300W. Además, duran seis veces más.

## **RECOMENDACIONES PARA AHORRAR ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO**

### **1. Prohibir fuentes obsoletas**

Se debería prohibir el uso de lámparas incandescentes y de luz mixta (mezcladoras) en el alumbrado público, pues son lámparas de muy baja eficiencia y de corta vida. Ambas características conspiran contra la población, pues se desperdicia energía y se incrementan innecesariamente los gastos de mantenimiento.

## **2. Producir la repotenciación**

Se debería incentivar el reemplazo de lámparas de mercurio HQL por lámparas de sodio de alta presión. Una lámpara de sodio de alta presión de 150W puede llegar a reemplazar a una lámpara de mercurio de 400W, con mucho mejor vida útil (50% superior) y mantenimiento de nivel de luz. Este reemplazo resulta más conveniente si se utilizan luminarias de nueva generación.

## **3. Incentivar el uso de los sistemas de doble potencia**

Existen balastos en el mercado que reducen la potencia, una vez pasada la hora pico del tráfico. Producen significativos ahorros de energía en el alumbrado público. Por ejemplo, una lámparas de sodio de alta presión de 400W pasa a funcionar a 250W a partir de las 24:00 horas con un ahorro de 150W durante el resto de la noche y sin afectar la vida útil.

## **CONTAMINACIÓN LUMÍNICA**

La contaminación lumínica es el brillo o resplandor de luz en el cielo nocturno producido por la reflexión y difusión de luz artificial en los gases y en las partículas del aire por el uso de luminarias inadecuadas. El mal apantallamiento de la iluminación de exteriores envía la luz de forma directa hacia el cielo en vez de ser utilizada para iluminar el suelo

## **CONCEPTOS SOBRE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA**

### **1) Introducción.**

La calidad astronómica de un Observatorio está principalmente definida por la transparencia de sus cielos y por el número de horas de observación útil al año.

Esto está íntimamente relacionado con la climatología del lugar y de sus características geográficas.

En el caso de Canarias, su excepcional calidad astronómica es debido a los siguientes factores:

- ◆ Está cerca del Ecuador y lejos de las tormentas tropicales. Además, esta situación permite la observación de todo el Hemisferio Norte Celeste y parte del Sur.
- ◆ Los Observatorios se encuentra a 2.400 m. sobre el nivel del mar, por encima de la inversión térmica de los vientos alisios, lo que garantiza que las instalaciones estén por encima del llamado “Mar de Nubes” donde existe una atmósfera limpia sin turbulencias, estabilizada por el océano.

La persistencia de los vientos alisios y unidos a que las islas están bañadas por una corriente marina fría, determina su agradable clima y la división de la troposfera en dos capas bien distintas a causa de la inversión térmica.

Por debajo del mar de nubes predominan los movimientos turbulentos de las capas inferiores de la atmósfera. El “mar de nubes” es una especie de tapadera que no permite el paso de la polución atmosférica y de partículas. En la capa superior, donde está el OT y el ORM, los vientos dominantes son secos y no turbulentos y la atmósfera es muy transparente con una frecuencia de cirros (nubes altas) muy baja.

A veces, el mar de nubes sirve de tapadera de la contaminación lumínica cuando esta capa es muy densa.

## **2) Factores que impactan negativamente en la calidad astronómica.**

Principalmente hay cuatro factores que pueden impactar negativamente en la calidad astronómica:

- Contaminación Lumínica.
- Contaminación Atmosférica.
- Contaminación por radio frecuencia.
- Contaminación por rutas aéreas.

Son factores producidos por la actividad humana, excepto la contaminación atmosférica producida por el polvo del desierto o calima la cual es periódica pero de muy poca duración.

## **3) Contaminación Lumínica.**

Este factor sólo afecta a las observaciones nocturnas en el espectro visible y cercano al visible.

La contaminación lumínica es el brillo o resplandor de luz en el cielo producido por la difusión y reflexión de la luz artificial en los gases y partículas de la atmósfera.

Este resplandor, producido por la luz que se escapa de las instalaciones de alumbrado de exterior, produce un incremento del brillo del fondo natural del cielo. Al hacerse las observaciones de objetos astronómicos por contraste con el fondo del cielo, un incremento del brillo del fondo disminuye este contraste e impide ver los objetos con un brillo similar o inferior al del fondo.

### **3.1. El flujo luminoso.**

La forma en que la luz artificial es enviada hacia el cielo puede dividirse en tres partes.

- Directa, desde la propia fuente de luz (lámpara ó bombilla).
- Por reflexión en las superficies iluminadas.
- Por refracción en las partículas del aire

a) La refracción suele tener un impacto muy despreciable con respecto a las otras dos y su influencia depende del tamaño y cantidad de partículas del aire entre la fuente de luz y la zona iluminada. Disminuye con la distancia entre la fuente y la zona iluminada.

b) La reflexión suele tener un impacto inferior a 10 veces el impacto Directo. La diferencia principal con el Directo es que tiene un bajo brillo (millares de veces inferior). Su impacto es importante en grandes instalaciones o en pequeñas cuando se encuentra cercano al Observatorio (distancias inferiores a 10 Km.).

Su impacto no se puede eliminar totalmente pero puede reducirse evitando excesos en los niveles de iluminación ó reduciendo estos a altas horas de la noche cuando no se necesiten niveles elevados.

También puede disminuirse reduciendo los índices de reflexión de las superficies iluminadas (colores oscuros).

c) El impacto Directo es el más perjudicial. Principalmente es producido por focos o proyectores simétricos (alumbrado de grandes áreas, zonas deportivas, puertos, aeropuertos, fachadas de edificios, etc.) con elevada inclinación (superior a 20°) donde parte del flujo de la lámpara (bombilla) es enviado directamente sobre el horizonte, desperdiciando energía luminosa.

Estos casos son especialmente graves pues en general utilizan lámparas de gran potencia (400 W.-2000 W.) con un elevado paquete luminoso, de forma que un sólo proyector puede impactar más que una población iluminada de 1.000 habitantes.

Otras instalaciones muy impactantes por su tamaño y proliferación son los alumbrados decorativos u ornamentales en los que el flujo de luz de la luminaria sale en todas las direcciones, especialmente sobre el horizonte, como son las bolas o globos y faroles con la lámpara (bombilla) en el medio del farol.

El impacto Directo puede eliminarse totalmente dirigiendo la luz sólo allí donde se necesite evitando enviar flujo hacia el cielo.

En los casos de alumbrados de fachadas o monumentos, donde es inevitable que parte del flujo salga fuera del escenario a iluminar, deberían ser apagados en las horas que no hay ciudadanos en la calle para observarlos.

Los letreros luminosos deberían apagarse de igual forma o realizarse de forma que su luz se proyecte totalmente por debajo del horizonte donde realmente el ciudadano lo va a percibir (similar a las luminarias empotradas en techos de oficinas).

La eliminación del impacto Directo suele suponer como mínimo un aumento del 25% en los niveles de iluminación usando la misma lámpara, por lo que se puede reducir el número de luminarias o el consumo de las lámparas para obtener los mismos niveles anteriores con menos energía.

### **3.2. Características del flujo luminoso. Lámparas.**

No todos los tipos de lámparas (bombillas) impactan de igual forma en la calidad astronómica.

Cuanto mayor sea la zona del espectro donde emite, mayor es su impacto al invadir mayor zona del espectro de observación astronómica.

También depende de la zona del espectro donde emite. Una lámpara emitiendo en la zona del ultravioleta (no útil para el ojo humano) impacta más que cualquier otra con el mismo flujo. La radiación ultravioleta es una onda de gran energía con gran alcance y llega con mucha más fuerza a las instalaciones telescópicas. Por esta misma razón, esta zona del espectro es muy importante astronómicamente por la información que los astrónomos obtienen de los astros lejanos.

De los tipos de lámparas que actualmente existen en el mercado, atendiendo a sus espectros, las podemos clasificar de la siguiente forma:

#### **a) Poco contaminantes:**

- Vapor de Sodio a Baja Presión: emite prácticamente sólo en una estrecha zona del espectro, dejando limpio el resto. Su luz es amarillenta y monocromática. Es recomendable para alumbrados de seguridad y carreteras fuera de núcleos urbanos. Son las más eficientes del mercado y carece de residuos tóxicos y peligrosos.

- Vapor de Sodio a alta Presión: emiten sólo dentro del espectro visible. Su luz es amarillenta con rendimientos de color entre 20% y 80%, dependiendo del modelo. Es recomendable para todo tipo de alumbrado exterior. Son las más eficientes del mercado después de las de baja presión.

#### **b) Medianamente contaminantes:**

- Lámparas incandescentes: No emiten en el ultravioleta pero si en el infrarrojo cercano. Su espectro es continuo. Su luz es amarillenta con un rendimiento de color del 100%. No es recomendable para alumbrado exterior, excepto para iluminar detalles ornamentales. Son las más ineficaces del mercado.
- Lámparas incandescentes halógenas. Son iguales que las incandescentes pero emiten algo más en el ultravioleta si no va provista de un cristal difusor (son peligrosas sin este cristal por emitir en el ultravioleta duro). Son algo más eficaces que las incandescentes.
- Lámparas fluorescentes en tubos y compactas (vapor de mercurio a baja presión): Emiten en el Ultravioleta. Su luz es blanca con rendimientos cromáticos entre el 40% y el 90%. Es recomendable para alumbrados peatonales y de jardines. Tienen una alta eficiencia.

Estas lámparas son medianamente contaminantes si no se usan en grandes instalaciones y convenientemente apantalladas evitando emisión de luz sobre el horizonte.

Debido a sus bajos paquetes de lúmenes, si se usan compactas con potencia de hasta 25 W. (o incandescentes hasta 60 W.), de forma discreta y separadas a más de 15 m. unas de otras, no representan un impacto apreciable si están a más de 10 Km. de las instalaciones telescópicas, siempre y cuando no se superen los niveles de iluminación recomendados (10-5 lux de media y 20 lux de máxima puntual).

Por otro lado, la sensibilidad del ojo humano se desplaza hacia el azul con niveles bajos de iluminación por lo que las lámparas fluorescentes son más adecuadas para instalaciones que requieran un alumbrado tenue y de señalización (en paseos, jardines) con entornos oscuros.

#### **c) Muy contaminantes:**

- Lámparas de Vapor de Mercurio a alta presión: Tienen una elevada emisión en el ultravioleta. Su luz es blanca con rendimientos de color inferiores al 60%. Es recomendable para zonas peatonales y de jardines. Son las menos eficientes del mercado en lámparas de descarga.
- Lámparas de halogenuros metálicos: Tienen una fortísima emisión en el ultravioleta. Su luz es blanca azulada con rendimientos de color entre el 60% y el 90%. Es recomendable para eventos deportivos importantes y grandes zonas donde se requiera un elevado rendimiento cromático. Son muy eficaces, parecidas al sodio de alta presión, pero de corta vida.

### **3.3. Límite de contaminación.**

De acuerdo con el Comité 50 de la Unión Astronómica Internacional, un Observatorio de alta calidad no puede superar un incremento del 10% en su brillo natural del fondo del cielo, medido a 45° sobre el horizonte en el rango del espectro de 300 nm a 1000 nm. (Visible: 400 - 700 nm.).

### **3.4. Impactos en el Medio Ambiente**

Se desconoce la existencia de impactos en el medio ambiente producidos por la contaminación lumínica, refiriéndonos al entorno oscuro que es afectado por el brillo artificial del cielo, a excepción del impacto sobre el paisaje nocturno natural (incluyendo las maravillas del universo).



Si existen impactos en el lugar donde se encuentran los focos o fuentes de contaminación. Estos producen por deslumbramiento y exceso de iluminación: Inseguridad vial, derroche energético, stress, vandalismo, disconfor visual y deslumbramiento de las aves nocturnas.

- **Inseguridad vial.** Debido a que el ojo humano se adapta rápidamente a la superficie o punto de mayor brillo que hay en su campo de visión y por otro lado a su lenta adaptación de una zona muy iluminada a otra oscura (varios minutos), produce que en alumbrados mal proyectados los conductores reduzcan su capacidad de percepción (deslumbramiento). Son ejemplos claros de este efecto los siguientes casos:

1) El paso de una carretera muy iluminada a otra poco iluminada. Un caso típico es el de los túneles. De día, si entramos en un túnel poco iluminado pasará un tiempo sin que veamos lo suficiente para ver obstáculos en la carretera. De noche, si salimos de un túnel muy iluminado, ocurrirá lo mismo si no hay alumbrado a la salida del túnel. Por ese motivo, los ingenieros en iluminación recomiendan utilizar alumbrados de transición que gradualmente pasan de un nivel de iluminación a otro y permiten una adaptación del ojo humano entre zonas con diferentes niveles de iluminación.

2) También ocurre en viales iluminados con muy poca uniformidad, es decir, los puntos de luz intercalados a más de 3 ó 5 veces la altura de las luminarias. Esto produce zonas oscuras y zonas muy iluminadas, por lo que el ojo humano se acostumbra a las zonas más brillantes y los obstáculos en las zonas oscuras no son percibidos. Este fenómeno aumenta con la potencia de las lámparas (aumentando el brillo de las zonas iluminadas) al aumentar el contraste entre ambas zonas (erróneamente utilizado para obtener una iluminación media más alta).

3) Circular por una carretera sin iluminación y tener puntos brillantes de luz en el campo de visión, como instalaciones con proyectores inclinados (un campo de fútbol) o luminarias prismáticas, globos, faroles de instalaciones anexas a la carretera. También ocurre lo mismo cuando se circula por una vía urbana con alumbrados contaminantes a baja altura (globos y faroles) que debido a su poca eficiencia no iluminan suficiente la calzada pero si producen deslumbramiento que impide ver convenientemente a los peatones. Este fenómeno se incrementa al aumentar la potencia de las lámparas (normalmente hecho erróneamente para compensar la pobre iluminación de la calzada).

Este fenómeno debe tenerse muy en cuenta en futuras instalaciones debido al hecho de que el efecto del deslumbramiento es tres veces peor en una persona de 60 años que en una de 25 años y que el envejecimiento de nuestra población va en incremento.

-**Derroche energético.** Por lo visto en párrafos anteriores, si utilizamos la mayor parte de la luz en iluminar lo necesario y no fuera de los límites que queremos iluminar, necesitamos menos energía eléctrica para tener una iluminación adecuada.

Si se realizan los alumbrados con los niveles de iluminación necesarios (sin excederse) también reducimos el consumo eléctrico. Igualmente, si se optan medidas de reducción de flujo luminoso a partir de ciertas horas de la noche cuando los niveles de iluminación requeridos sean inferiores a los de las primeras horas de la noche, o incluso el apagado de la misma (alumbrados ornamentales, anuncios luminosos, etc.).

Realizar un alumbrado con una excesiva iluminación supondrá que las instalaciones vecinas tiendan a igualarlo produciéndose un efecto multiplicativo en el consumo de energía (innecesaria).

También debe tenerse en cuenta el usar el tipo de lámpara (bombilla) adecuada para cada instalación procurando usar la más eficiente para cada caso (por ejemplo, no debe usarse lámparas incandescentes o de vapor de mercurio para alumbrados de seguridad), esto vendrá condicionado por la reproducción cromática necesaria.

**-Stress, vandalismo, disconfor visual:** El deslumbramiento además provoca cansancio visual (somnolencia, dolor de cabeza). También ha sido demostrado su influencia en el stress y vandalismo (reduciendo el deslumbramiento se reduce el vandalismo) según estudios realizados en la ciudad de Nueva York. No es inadvertido como en nuestras islas las luminarias tipo GLOBO reciben la mayor parte del vandalismo a instalaciones de alumbrado (autodestrucción).

En instalaciones alejadas de zonas iluminadas, es preferible no utilizar alumbrados de seguridad pues de lo contrario se está indicando donde se encuentra la instalación y proporcionando posibles zonas de acceso a la misma. Es más efectivo un alumbrado disuasorio que se encienda por presencia o similar.

**-Deslumbramiento de las aves nocturnas.** Las aves nocturnas son la que más sufren del deslumbramiento, especialmente las crías en su primer vuelo. En el caso de Canarias ocurre con las Pardelas. Las crías en su primer vuelo se ven deslumbradas por estas instalaciones de alumbrado y muchas terminan cayendo en zonas urbanas y en el peor de los casos mueren al estrellarse contra paredes o edificios.

Dada la gran proliferación de alumbrados en paseos y jardines peatonales con luminarias altamente contaminantes (globos) y, por otro lado, la exigencia en variedad de modelos necesarios para una correcta integración artística del alumbrado en estas instalaciones, se hace razonable aplicar criterios más flexibles en la evaluación de la influencia sobre la Calidad del Cielo en este tipo de alumbrados en zonas de menor sensibilidad o con lámparas de uso limitado. (Fig. 4 – 1)

Se evitará utilizar luminarias con emisión de luz directa hacia el hemisferio superior:

- Todas las superficies de la luminaria con flujo de luz saliente cuya normal tenga un ángulo con la horizontal (suelo) igual o superior a  $0^\circ$  (cero grados) deberá opacarse interior o exteriormente. (ejemplo: semiesfera superior de globos opaca).
- Las lámparas se instalarán lo más cerca posible de las superficies opacadas y/o techos de la luminaria, siendo lo ideal el que queden envueltas en su hemisferio superior (dentro de dichas superficies).
- En el caso de que la lámpara sobresalga de la zona opacada (Ej.: lámpara en posición vertical en un farol) los laterales o difusores deberá ser opalinos (no transparentes) de forma que disminuya el brillo de la lámpara hacia o sobre el horizonte.
- La altura de instalación no superará los 3 m.
- Después de media noche, la distancia mínima en metros entre luminarias o puntos de luz sencillos, se obtiene dividiendo por 100 los lúmenes de una lámpara.

## NORMAS BÁSICAS DE UTILIZACIÓN DEL ALUMBRADO

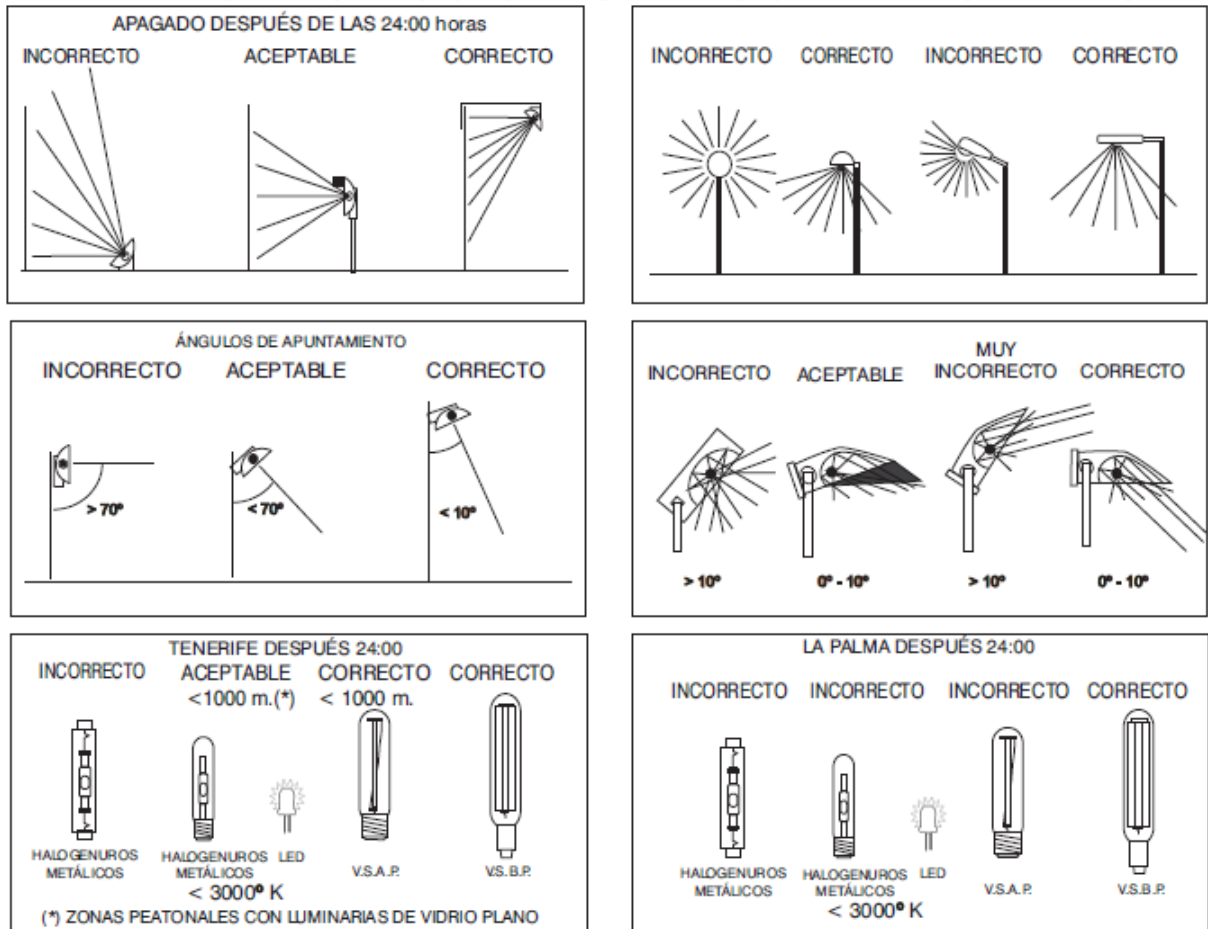


Fig. 1-4 (Sociedad Astronómica de Granada)

## **UNIDAD 2 - INFLUENCIA DE LA ILUMINACIÓN EN LA SALUBRIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

### **CONDICIONES GENERALES**

En función de la forma de vida el hombre se encuentra trabajando en lugares en donde la luz diurna es cada vez mas deficiente, por lo que se hace necesario el desarrollo del alumbrado artificial dentro de particulares exigencias de calidad, con el objeto de completar adecuadamente la iluminación natural o reemplazarla totalmente en determinadas circunstancias. Suponiendo siempre que este alumbrado artificial debe satisfacer plenamente las necesidades del usuario en función del requerimiento de la tarea a realizar.

Entre los aspectos mas salientes que se deben tener en cuenta son:

- El nivel adecuado de iluminación.
- El adecuado balance dentro del campo visual.
- La eliminación de fuentes primarias y secundarias de deslumbramiento.
- La adecuada y necesaria reproducción de colores.

En la actualidad todos estos requisitos pueden ser fácilmente satisfechos debido a los importantes avances técnicos-económicos alcanzados.

Un alumbrado eficaz, debe acentuar las cualidades y carácter confortable de un ambiente, en particular para oficinas e industrias, ya que en ellos, el hombre de trabajo intelectual o artesanal pasa más del 70 % de su vida activa, en función de creatividad y productividad.

Las principales cualidades de un buen alumbrado, se pueden definir de la siguiente forma:

- 1) Adecuada intensidad de iluminación.
- 2) Conveniente distribución espacial de la luz que comprende la combinación de a luz general y la luz dirigida o funcional.
- 3) Conveniente ángulo de incidencia del flujo luminoso, adecuada distribución de luminacias y eliminación de todas fuentes de deslumbramiento en el campo visual.
- 4) Adecuado color de la radiación luminosa y conveniente reproducción de colores.
- 5) Ajustada elección de la fuente luminosa con su particular característica de distribución.

Con respecto al punto 1) referido a una adecuada intensidad de iluminación podemos considerar tres aspectos que se deben tener en cuenta para las tareas manuales.

- El primero y más preponderante se relaciona con la higiene fisiológica en la tarea visual.
- En segundo lugar deben ser tenidas en cuenta las razones técnicas y económicas que puedan limitar la calidad de la iluminación para una tarea determinada.
- En tercer lugar considerar la relación entre la calidad de una instalación de alumbrado y la productividad.

Según demuestran los estudios científicos llevados a cabo durante las dos últimas décadas, la luz ejerce una influencia positiva sobre el rendimiento y el bienestar de los trabajadores de la industria.

En el plano funcional, afecta al rendimiento de las tareas visuales.

Y en el plano personal, a la sensación general de bienestar de los trabajadores. Ambos casos afectan a la productividad. La elección de la iluminación correcta puede ser decisiva.

El resultado: mejor rendimiento en la tarea, menos índices de errores, mayor seguridad y reducción del ausentismo.

## **HIGIENE FISIOLÓGICA EN LA TAREA VISUAL**

El sentido de la vista se halla adaptado desde su origen a los elevados niveles de iluminación natural, por lo cual el hombre tiene un sistema adecuado de cono y bastoncillos en su órgano de la visión, que le permite desarrollar la tarea visual en horas diurnas como así también en nocturnas, ya sea con elevados o casi nulos niveles de iluminación.

De acuerdo a distintos estudios podemos decir que el sentido de la visión funciona en las mejores condiciones cuando se encuentra dentro de un rango que va desde los 100 a 200 lux hasta 10000 a 20000 lux, con factores medios de reflexión del 30 % al 60 % y sin fuentes de deslumbramiento dentro del campo visual.

Se ha demostrado que la necesidad de luz de cada individuo, aumenta con la edad, para cada tarea visual, y es obvio destacar que en cualquier actividad productiva encontramos una gran variedad de edades, desde una mínima de 18 años hasta los 60 años o más.

Es por ello que las personas de edad mas avanzada necesitan mayores niveles de iluminación que los jóvenes para realizar una tarea visual con igual facilidad.

Según estudios podemos decir que " los niveles luminosos para iguales condiciones de reflexión, tamaño y posición de una lectura con buena impresión", son los siguientes:

<b>EDAD [AÑOS]</b>	<b>NIVEL LUMINOSO [LUX]</b>
10	175
40	500
60	2500

Por esto es sumamente importante tener presente la edad del personal, ya que resulta inadecuado y deprimente para un trabajador de avanzada edad, generalmente de alta especialización artesanal o avanzado desarrollo intelectual, tener que trabajar en inferioridad de condiciones por malas previsiones en los niveles de iluminación.

La buena iluminación en el lugar de trabajo es esencial para el cumplimiento de la tarea, especialmente cuando se cuenta con una plantilla cada vez de más edad. Los efectos de una buena iluminación tienen un mayor alcance dado que en los últimos veinte años la ciencia (la medicina) ha

demostrado constantemente la influencia positiva de la luz sobre la salud y el bienestar. Una iluminación mejor influye positivamente en el cumplimiento de la tarea (mayor velocidad y menor índice de errores), en la seguridad y el número de accidentes, en el ausentismo laboral, en la salud y en el bienestar. Por ejemplo, en la industria metalúrgica, una buena iluminación puede suponer un aumento de la productividad de alrededor del 8%.

La iluminación industrial abarca un amplio espectro de locales de trabajo y de tareas, desde pequeños talleres a enormes naves industriales, y desde tareas que exigen una gran precisión a trabajos industriales pesados.

La calidad de la luz ha de ser siempre suficiente para garantizar un rendimiento visual adecuado a la tarea en cuestión. El rendimiento visual de una persona depende de la calidad de la luz y de sus propias “capacidades visuales”.

En este sentido, la edad es un factor importante, ya que con ella aumentan las necesidades de iluminación.

La fig. 1 - 2 muestra, en función de la edad, la cantidad relativa de luz necesaria para leer un libro bien impreso.

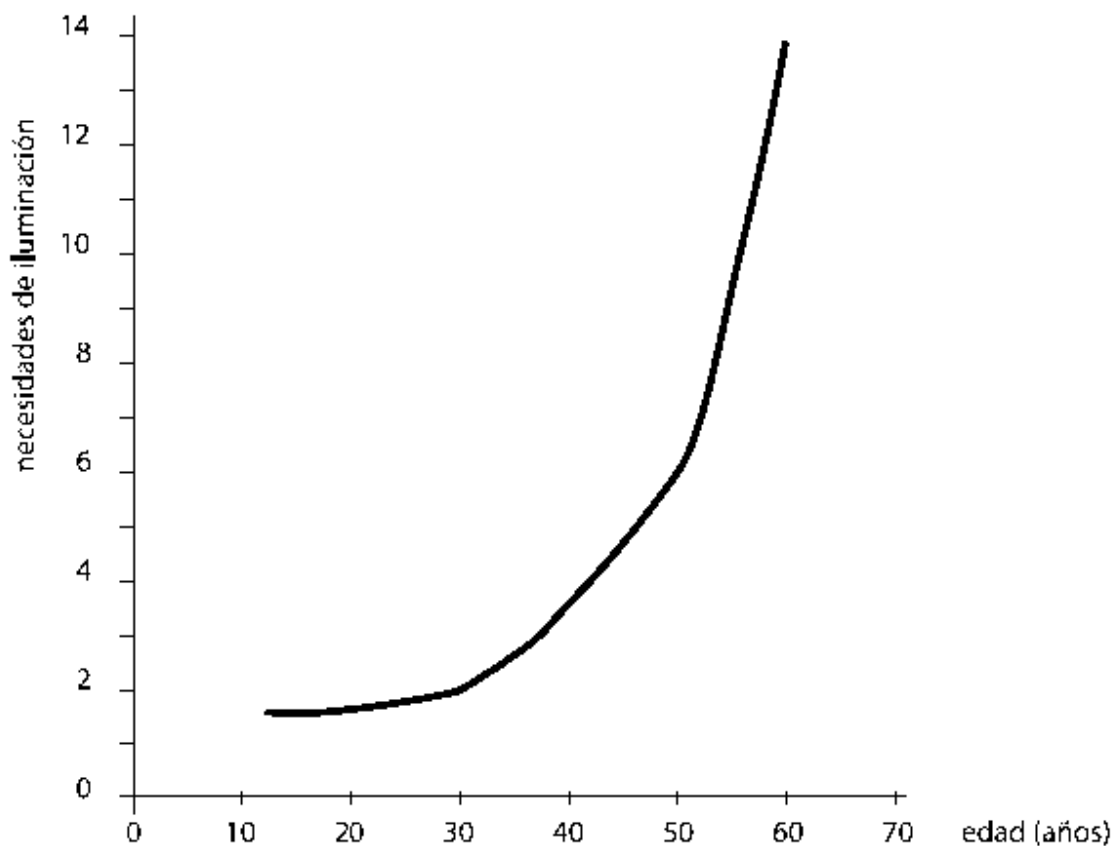


Fig. 2-1 (Soluciones eficientes para iluminación industrial – PHILIPS)

Una de las muchas razones de este fenómeno, ilustrado en la siguiente Fig. 2-2, es el deterioro de la transmitancia del cristalino del ojo

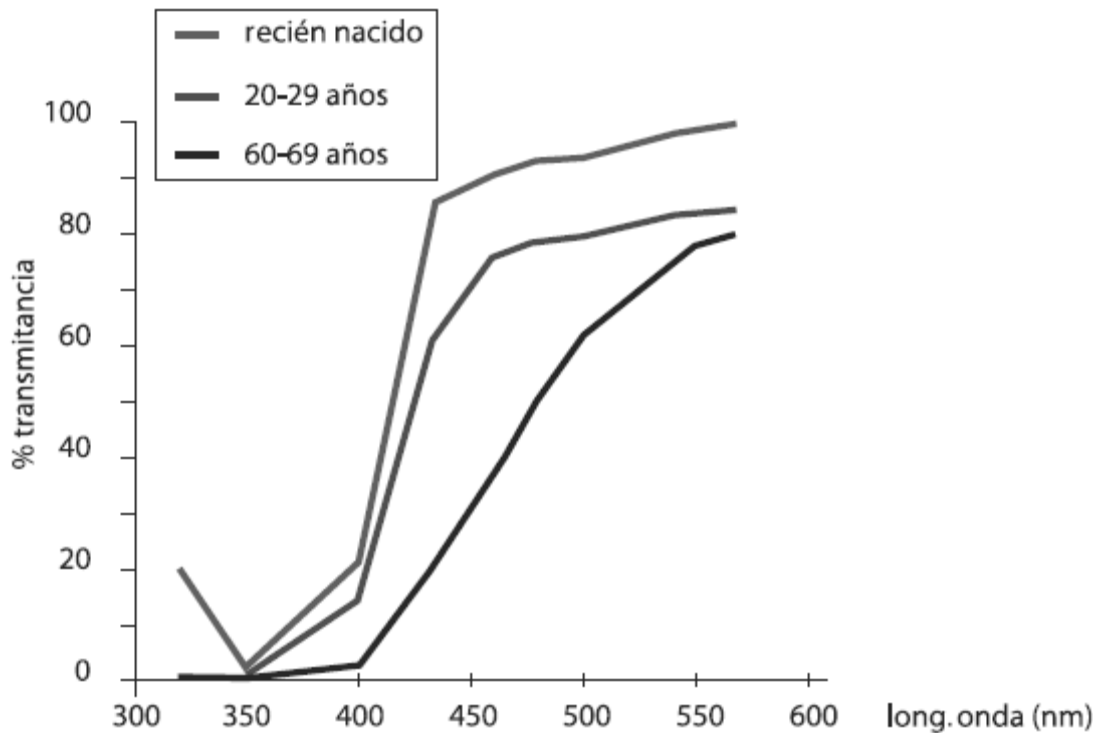


Fig. 2-2 (Soluciones eficientes para iluminación industrial – PHILIPS)

La Fig. 3-2 ilustra los resultados de diversas investigaciones en relación con la influencia de la calidad de la luz en el rendimiento visual. El rendimiento visual aparece expresado en función de los niveles de iluminación necesarios para desempeñar tareas de diferente dificultad. En todas ellas se produce un incremento del rendimiento visual cuando se aumentan los niveles de iluminación. Se han indicado los requisitos de nivel de iluminación para ambas tareas según se especifica en la norma Comité Europeo de Normalización (CEN)

Los requisitos del CEN son conservadores si tomamos en consideración la edad.

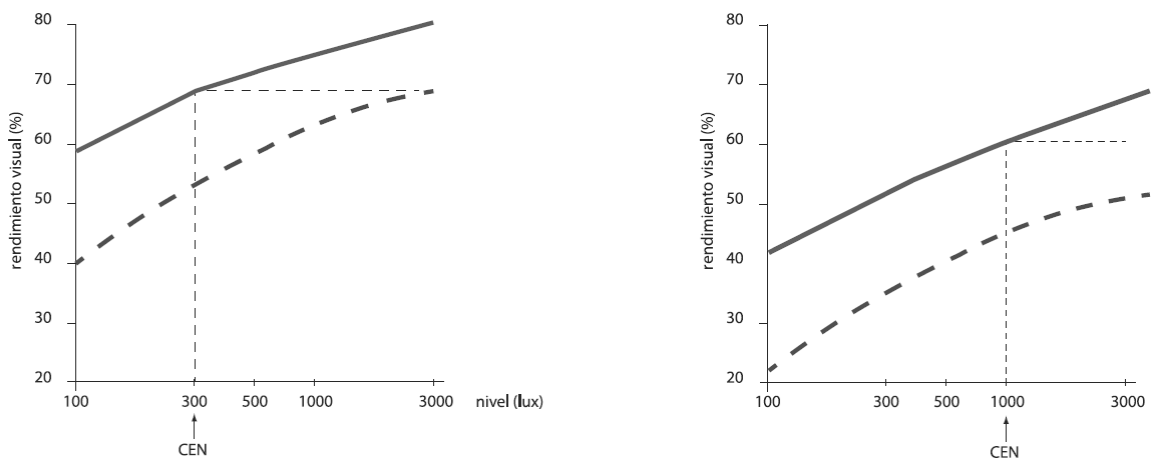


Fig. 2-3 (Soluciones eficientes para iluminación industrial – PHILIPS)

Relación entre el rendimiento visual relativo (%) y el nivel de iluminación (en lux) para una tarea de dificultad visual moderada (izquierda) y para otra de dificultad visual alta (derecha). Línea continua: personas jóvenes. Línea discontinua: personas mayores.

### **INCIDENCIA DEL COSTO DE OPERACIÓN EN UNA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ARTIFICIAL RESPECTO DEL VALOR FINAL DEL PRODUCTO ELABORADO**

En condiciones normales, el costo de la energía eléctrica utilizada respecto al valor en fábrica del producto elaborado para distintas industrias varía entre un 3 % a un 6 %. Siendo el promedio de las 39 rama industriales existentes de un 3,4%.

Estos porcentajes incluyen todos los accionamientos, calor eléctrico en sus más variadas formas, acondicionamiento térmico de ambientes e iluminación.

Si ahora consideramos la incidencia del costo de la energía eléctrica utilizada en iluminación para distintas ramas industriales, tendremos la siguiente tabla:

<b>TIPO DE INDUSTRIAS</b>	<b>COSTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PARA ILUMINACIÓN, RESPECTO DEL COSTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA TOTAL</b>
ALIMENTACIÓN	8 %
TEXTILES	9 %
MANUFACTURAS DIVERSAS	6 %
QUÍMICAS	5 %
PAPELERAS	5 %
DEL CAUCHO	6 %
CERÁMICAS	6 %

En términos generales resulta que el valor promedio del consumo de energía eléctrica para iluminación, resulta ser del orden del 6,2 % del valor total de la energía eléctrica consumida.

Si ahora relacionamos el costo de la energía eléctrica destinada para iluminación con el costo final del producto elaborado, se obtiene un índice aproximado del 0,21 %.

Esto nos indica que si se quiere incrementar los niveles de iluminación a los valores exigidos por las normas IRAM AADL, implican incidencias inferiores al 1 % sobre el valor final del producto elaborado.



## RELACIÓN ENTRE UN ADECUADO SISTEMA DE ALUMBRADO Y LA PRODUCCIÓN

Distintos INSTITUTOS de investigación de EUROPA Y los ESTADOS UNIDOS, han efectuados estudios sobre la incidencia de los niveles de iluminación en distintos ambientes de trabajo en los niveles de producción.

Veamos ahora algunos de estos estudios, se seleccionaron distintos tipos de industrias en donde se crearon ambientes con iluminación totalmente artificial en cualquier hora del día, con prescindencia total de la iluminación natural.

Estos estudios se realizaron para las distintas industrias en períodos que abarcaron lapsos de dos a cuatro años, en dicho lapso, el tipo de trabajo fue el mismo y se trató de evitar innovaciones tecnológicas que introdujeran cambios en la producción, y se establecieron condiciones de sueldo que de por sí no modificaran la incentivación en las tareas.

Se trató además una mínima renovación de personal después de las mejoras introducidas en el alumbrado artificial y se trabajó con niveles de iluminación que llegaban hasta los 1000 a 1200 lux que hasta ese momento se consideraban altos.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

### a) **MAYOR RENDIMIENTOS EN LAS TAREAS**

Se puede apreciar en la Fig. 2-4 el incremento del rendimiento a medida que se incrementan los niveles de iluminación.

Este crecimiento no es asintótico con los niveles de 1000 lux, lo que implica que a mayores niveles luminosos puede corresponder mayor productividad

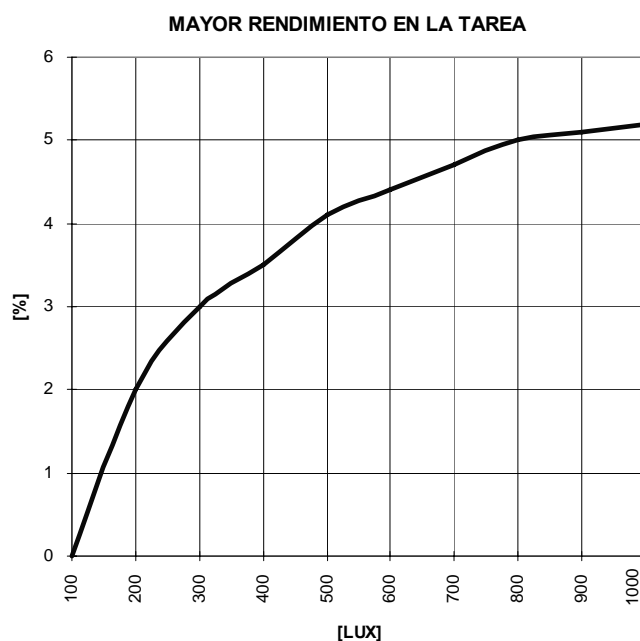


Fig. 2-4 (Incidencia del alumbrado artificial en la salubridad y productividad - Zappalorto, Luis)

## REDUCCIÓN DE FATIGAS

En la Fig. 2-5 se puede apreciar que a medida que aumenta el nivel de iluminación se reduce la fatiga del trabajador, colaborando a preservar la salud psíquica y física.

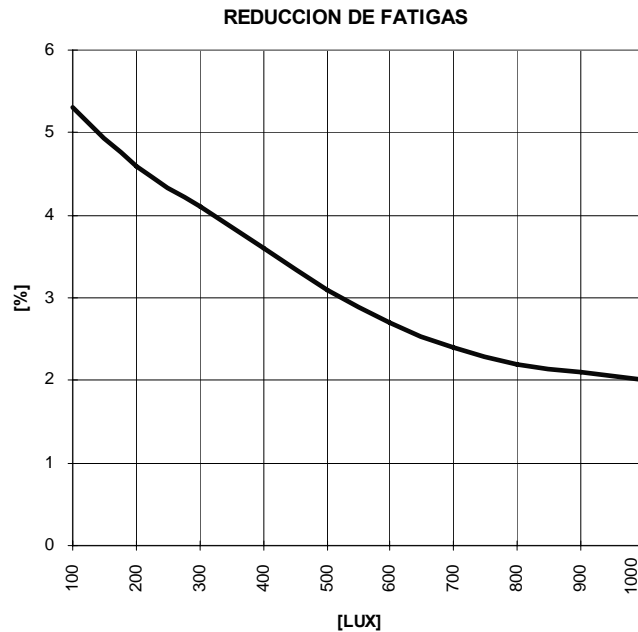


Fig. 2-5 (Incidencia del alumbrado artificial en la salubridad y productividad - Zappalorto, Luis)

## b) DISMINUCIÓN DE RECHAZOS DE PIEZAS MAL TERMINADAS

La Fig. 2-6 demuestra claramente como al mejorar los niveles de iluminación, el trabajador puede desarrollar su tarea con mayor facilidad y por lo tanto disminuye sensiblemente el rechazo de piezas.

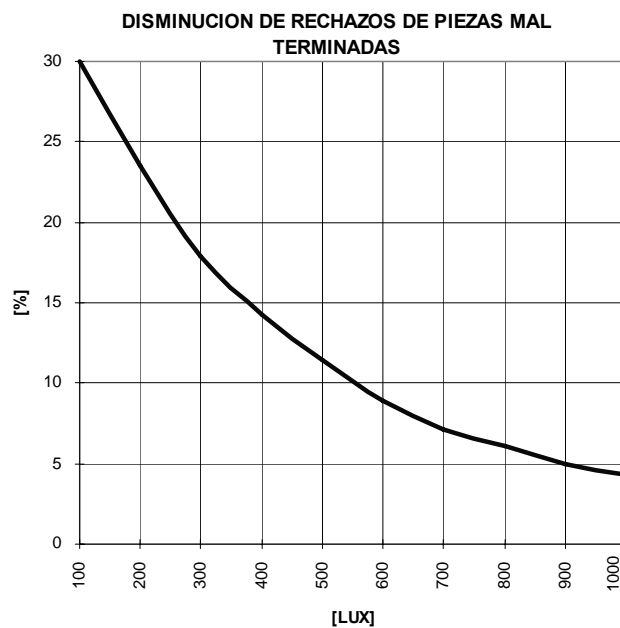


Fig. 2-6 (Incidencia del alumbrado artificial en la salubridad y productividad - Zappalorto, Luis)

c) **MENOR NUMERO DE ACCIDENTES**

Se puede observar en la Fig. 2-7 que el número porcentual de accidentes decrece notablemente.

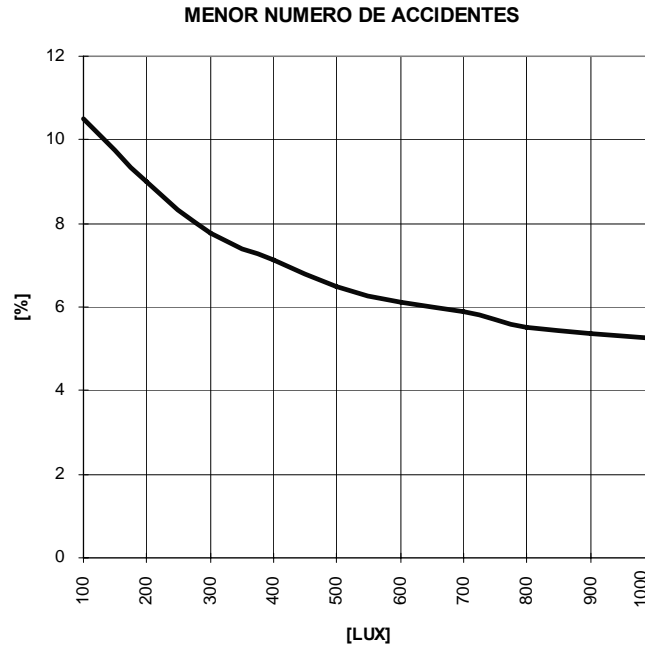


Fig. 2-7 (Incidencia del alumbrado artificial en la salubridad y productividad - Zappalorto, Luis)

Por otra parte se realizaron sistemáticos estudios para verificar si es posible utilizar un nivel de iluminación más alto para acelerar y mejorar la calidad de los trabajos más sencillos, en donde la visión no desempeña sino un papel secundario.

Lógicamente, la disminución del número de accidentes dependerá en gran medida del sector y del ámbito dominante. La tabla ilustra con cifras la reducción de accidentes en dos tareas, previo seguimiento de la mejora en la productividad y del descenso en el número de rechazos.

Tipo de trabajo	Nivel de iluminación (Lux)		Reducción de accidente (%)
	Antes	Después	
<b>Metalúrgica</b>	300	2000	52
<b>Tareas visuales complejas en metalurgia</b>	500	1600 - 2500	50

Tabla Reducción del número de accidentes tras mejorar el nivel de iluminación (Handbuch für Beleuchtung).

La Fig. 2-8 muestra el número de accidentes laborales en función del nivel de iluminación y por tipo de lesión.

También en este caso se advierte una tendencia manifiesta a la reducción del número de accidentes cuanto mayor es la calidad de la iluminación. La figura muestra el número de accidentes laborales en función del nivel de iluminación y por tipo de lesión.

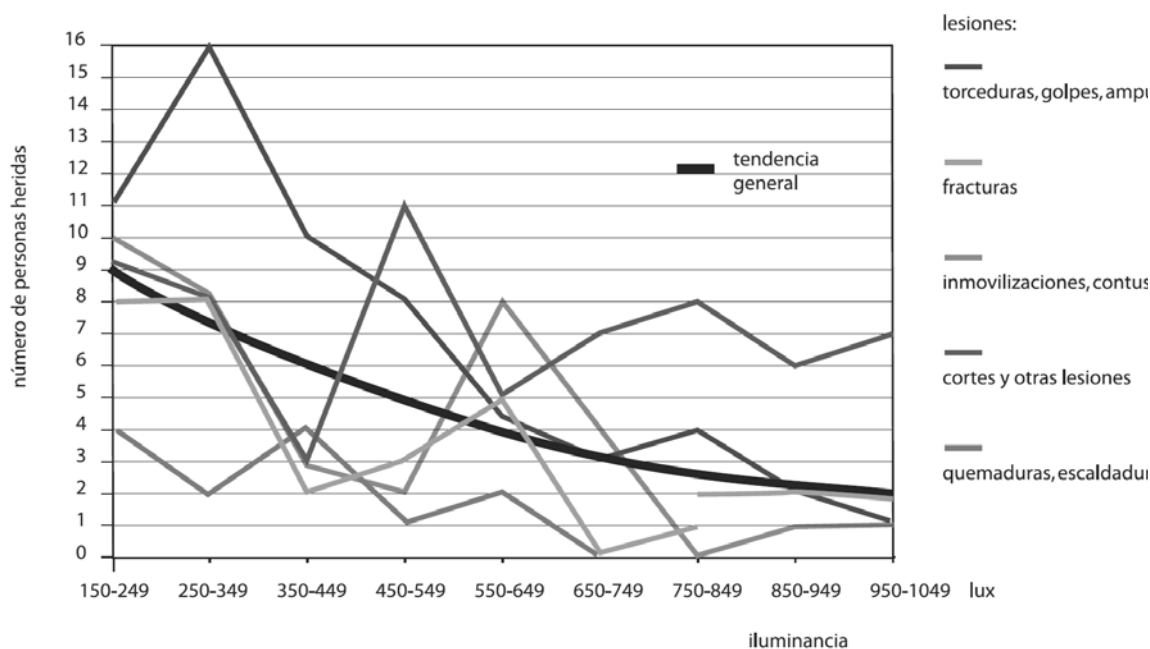


Fig. 2-8 (Soluciones eficientes para iluminación industrial – PHILIPS)

Conviene advertir que no es sólo el nivel, sino todos los aspectos relacionados con la calidad de la luz, los que intervienen a la hora de prevenir accidentes. Bastará mencionar que la falta de uniformidad luminosa puede crear problemas de adaptación que afecten a la visibilidad. Los deslumbramientos también originan serios problemas de adaptación, con todas las consecuencias negativas que ello implica. Además, los efectos estroboscópicos de la iluminación pueden constituir un riesgo si la tarea obliga a ver perfectamente las piezas móviles de la maquinaria.

Un riesgo que, merece la pena destacar, se elimina por completo con los balastos electrónicos de alta frecuencia.

#### d) AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD

Se realizó la experiencia de clasificación de seis tipos de tornillos fáciles de diferenciar, a través de las mismas personas y locales. Modificándose únicamente los niveles de iluminación y se trazaron dos curvas, la primera correspondiente al aumento de productividad versus aumento de los niveles de iluminación (Fig. 2-9 ) y otra considerando a reducción de errores cometidos al llevar a cabo la tarea (Fig. 2-10).

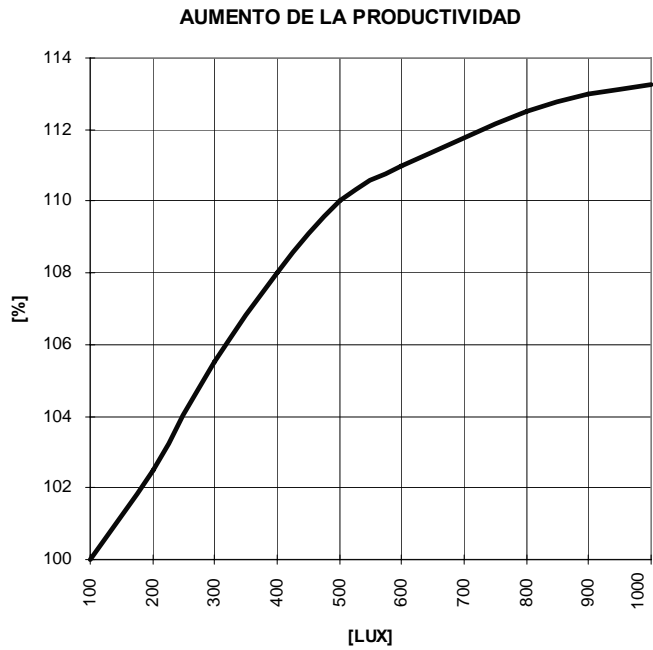


Fig. 2-9 (Incidencia del alumbrado artificial en la salubridad y productividad - Zappalorto, Luis)

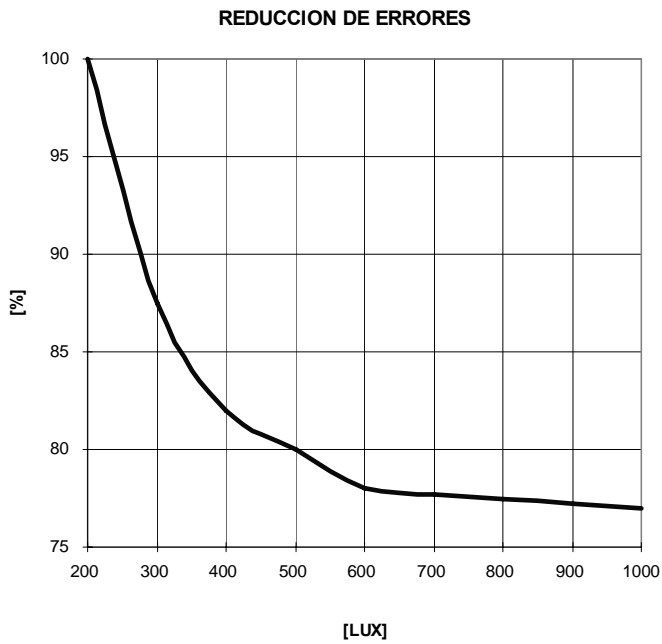


Fig. 2-10 (Incidencia del alumbrado artificial en la salubridad y productividad - Zappalorto, Luis)

Observando las mismas se nota un incremento importante de la productividad al aumentar los niveles de iluminación y una importante disminución de los errores cometidos.

Otro caso de estudios es la industria del metal para calcular el aumento de la productividad porque es de este sector del que ya se han ofrecido datos referentes a rendimientos, rechazos y siniestros.

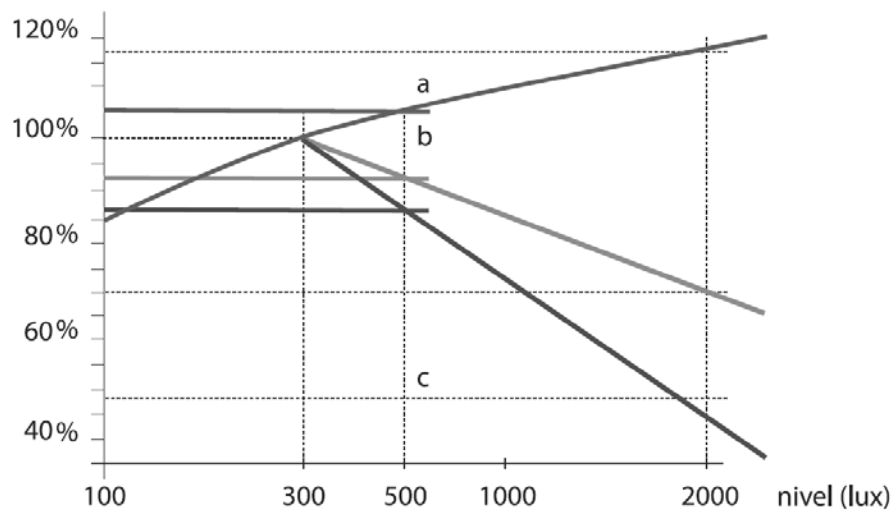


Fig. 2-11 (Soluciones eficientes para iluminación industrial – PHILIPS)

La Fig. 2-11 nos muestra las consecuencias (relativas) del aumento en los niveles de iluminación sobre el rendimiento localizado (curva a); el número de rechazos (curva b) y los accidentes en el sector metalúrgico (curva c).

Por lo tanto de estos estudios se puede apreciar que el aumento de los niveles de iluminación trae aparejado las siguientes ventajas

- AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD
- REDUCCIÓN DE FATIGA DEL TRABAJADOR
- MENOR CANTIDAD DE PIEZAS RECHAZADAS.
- MENOR NUMERO DE ACCIDENTES
- DISMINUCIÓN PORCENTUAL DE ERRORES PARA LLEVAR A CABO UNA DETERMINADA TAREA.

Estudios similares se realizaron en ambientes escolares, para ello se incrementaron los niveles de iluminación desde 90 lux a 550 lux, manteniendo constante las restantes condiciones ambientales y las personas sometidas al ensayo.

Este estudio se realizó en 5 cursos de nivel primario, 5 cursos de nivel medio y 7 cursos de alto nivel, con una totalidad de 468 alumnos comprendidos entre los 9 y 18 años.

Se escogieron 23 pruebas de adecuada valoración psicológica definida. Cada prueba fue repetida por dos cursos diferentes, una vez con niveles de 90 lux y luego con 550 lux.

Los resultados indican que los índices de eficiencia mejoraron con el incremento del nivel de iluminación entre un 2,9 % a un 15,9 %, con una media de 7,7 %.

Como conclusión de estos estudios, podemos decir que LAS MAYORES INVERSIONES PARA MEJORAR LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN SON AMPLIAMENTE COMPENSADOS Y SUPERADOS CON LOS SIGUIENTES BENEFICIOS:

- Mayor economía en la operación de una industria o gabinete, donde se realicen tareas artesanales o intelectuales.
- Amortización rápida de la inversión para estas mejoras.
- Mayor higiene visual en el desarrollo de las tareas, con la consiguiente preservación de la salud psíquica y física del trabajador, aumentando los años de vida útil de los órganos de visión.

## **SALUD VISUAL OCUPACIONAL**

La salud visual ocupacional es la ciencia encargada del estudio de estos aspectos, cuyo objetivo es mantener el bienestar de los trabajadores al tener en cuenta sus condiciones visuales y las del ambiente donde se desempeña.

Las principales áreas de la salud visual ocupacional son: Visión en el trabajo, higiene visual, seguridad visual y ergonomía visual.

### **Visión en el trabajo**

Gira en torno a la salud visual del trabajador, por lo que todas las personas deberían evaluarse obligatoriamente antes de ingresar a un cargo laboral, así como durante y después de éste, pues sería la única forma de saber si éste se mantiene sano. Al mismo tiempo, es la mejor manera de ayudar a la empresa, al ofrecer un informe sobre las capacidades visuales del nuevo trabajador y su relación con la labor a desarrollar. Es el caso de un contador que desempeñará una permanente labor en visión próxima y posiblemente frente a una pantalla de computador, quien deberá contar con buenas reservas de acomodación y convergencia, así como una adecuada corrección óptica; de lo contrario, a pesar de tener una buena actitud hacia el trabajo, rendirá poco y quizá la calidad de su desempeño disminuya, en la medida que visualmente su sistema no responde a las exigencias visuales.

Situaciones similares suceden en otras actividades. Por ejemplo, las personas que se desempeñan en el medio ambiente exterior, se exponen frecuentemente a condiciones muy particulares en las que se hace necesario no sólo un segmento anterior sano, sino además, una buena protección para evitar posteriores patologías ocupacionales. Y así como éstas, cada labor tiene sus condiciones y exigencias visuales, que hacen que el especialista de la visión tenga un papel fundamental en su atención.

La visión en el trabajo intenta prevenir, proteger y mantener la salud del trabajador, al mismo tiempo que busca mejorar el desempeño laboral. Para lograrlo se basa en evaluaciones visuales pre-ocupacionales, ocupacionales y post-ocupacionales.

**Historia clínica ocupacional:** aunque se realizan algunas pruebas de rutina, es importante que la historia clínica se enfoque en la actividad laboral. Debe tener en cuenta factores como la distancia y la posición del trabajo, el tamaño del elemento usado, la dirección de la mirada, el tiempo que gasta

en realizar la tarea, así como el que dedica a diario a la labor. Vale la pena recordar que algunas actividades exigen una buena percepción cromática y un buen campo visual.

En el caso del contador, se necesita una historia clínica con énfasis en la amplitud y facilidad de acomodación, reservas de convergencia y divergencia, binocularidad y estereopsis, que permitirán predecir su desempeño y establecer un plan de trabajo para mejorar la visión en caso de que fuera necesario.

Estas pruebas pierden importancia cuando el trabajador se desempeña principalmente en exteriores, en este caso es relevante hacer una buena evaluación del segmento anterior y posterior.

**Evaluaciones pre-ocupacionales:** se realizan antes del ingreso del trabajador a la empresa, con el objeto de colocar al hombre apropiado en el puesto adecuado. Con frecuencia, el profesional de la salud visual debe condicionar el ingreso de la persona al uso de alguna ayuda visual, tratamiento, mejoría del sitio de trabajo o sencillamente no aceptar al trabajador. Es una evaluación preventiva que registra las condiciones visuales con las cuales ingresa el sujeto.

**Evaluaciones ocupacionales:** se realizan durante las jornadas laborales idealmente en el sitio de trabajo y determinan la influencia que tiene la labor sobre la salud visual del individuo. Su objetivo es mantener su salud y ayudarlo en el desempeño visual de sus labores, por lo que deben ser periódicas. Es importante tener en cuenta el tiempo de exposición al trabajo.

**Evaluaciones post-ocupacionales:** se hacen en el momento de retiro del trabajador a fin de determinar la influencia de la labor sobre su sistema visual. Es importante comparar su historia de ingreso con la de egreso y obtener conclusiones acerca de la influencia de la labor. Es una evaluación estadística cuya información será útil para estudiar otras personas que realizan la misma actividad.

**Ayudas visuales:** se necesitan elementos que se ajusten a las condiciones de la labor. Una misma persona, por ejemplo, podría necesitar lentes resistentes a los golpes, con una eficiente protección UV para los excesos de luz natural, si trabaja en el exterior y si su actividad tiene algún grado de riesgo.

Si el individuo trabaja en el interior y, seguramente usa computador, requerirá una buena corrección refractiva con un lente de excelente calidad óptica, lo que justifica un tratamiento antirrayas y muy seguramente, un tratamiento antirreflejo que le genere comodidad.

### **Higiene visual**

Una persona puede tener las mejores condiciones visuales y oculares, pero si el medio ambiente visual en el que labora no es favorable, se comportará como cualquier otro que tenga problemas visuales, por lo que su desempeño en el trabajo se verá afectado y se pondrá en riesgo su salud visual.

Se hace necesario valorar estos factores externos, a través de la higiene visual. Por consiguiente, se evalúan y controlan factores como: iluminación, color, temperatura y contaminación. El ruido, las vibraciones, etc., son igualmente importantes pero en la especialidad de la visión se hace mayor énfasis en los primeros.



**Tipos de iluminación:**

La iluminación es tan importante que tiene influencia hasta en el estado de ánimo de las personas y puede generar problemas de incomodidad. Su principal objetivo es proporcionar condiciones ideales para el desempeño de tareas visuales. Debe ofrecer facilidad, comodidad y evitar tanto el esfuerzo como la fatiga. Puede influenciar grandemente el rendimiento laboral y su calidad, es decir, una iluminación adecuada es importante para la producción de un buen trabajo en el tiempo mínimo.

**Luz natural:** ideal para desarrollar una labor siempre y cuando ésta no brille, ni incida directamente sobre los ojos. Su gran inconveniente es la radiación ultravioleta y las diferencias en intensidades de iluminación. La exposición continua a la radiación solar puede provocar desde conjuntivitis y queratitis simples, problemas en el iris o en el núcleo del cristalino, hasta afecciones del vítreo, retina y coroides. De allí la importancia de tomar medidas preventivas en labores que exponen a la persona continuamente a la luz solar.

**Luz artificial:** puede ser directa o indirecta y existen varios tipos:

**Incandescente o amarilla:** es la iluminación producida por el calentamiento de un filamento que generalmente es de tungsteno (bombillos tradicionales), tiene un campo de acción reducido, genera calor, puede cambiar la tonalidad de los colores y si el espacio es muy amplio se requiere de varios focos para lograr los niveles lumínicos adecuados. Por lo tanto la fatiga visual del trabajador puede aparecer rápidamente con esta iluminación. Es utilizada con frecuencia en la iluminación focal o indirecta a pesar de producir calor. Es la más usada en las casas.

Las lámparas halogenadas producen una iluminación más blanca, intensa y brillante que las incandescentes comunes lo que destaca los objetos y colores y como el flujo luminoso permanece constante a lo largo de toda su vida útil, son adecuadas para realizar tareas que requieran buen nivel de iluminación. Tienen el inconveniente de que generan conos de iluminación y por tanto sombras.

**Fluorescente o fría:** este tipo de lámpara se caracteriza por irradiar un alto porcentaje de ultravioleta, por tanto se recomienda separarla del trabajador como mínimo un 1 metro. Tienen un porcentaje de luz azul que con frecuencia produce fatiga. Es muy utilizada en oficinas, presenta un campo amplio de iluminación y uniformidad si la lámpara cuenta con 2 ó 3 tubos como mínimo. Para lograr máxima eficiencia es importante que esté protegida con rejillas que ayudan a difundir la luz y a proteger al trabajador de deslumbramiento. Es importante mantener este tipo de rejillas completamente limpias para obtener la intensidad lumínica programada. Esta iluminación favorece el rendimiento del color y ofrece un buen campo de acción. Tiene el inconveniente de presentar centelleo después de algunos meses de uso, lo que provoca un efecto estroboscópico, nocivo para el desarrollo de la labor.

**Combinación de luz incandescente y fluorescente:** esta combinación produce una iluminación similar a la natural, lo cual es ideal. Para su uso se debe tener en cuenta el nivel de iluminación adecuado para cada trabajo, teniendo en cuenta la reflexión del plano de fondo o paredes. Así por ejemplo, se recomienda el empleo de iluminación difusa en el techo para tareas que no sean de precisión y el uso de iluminación difusa combinada con iluminación focal para trabajos finos y de precisión. La iluminación focal debe estar proyectada por encima de la cabeza del trabajador, de forma que no cause sombra, no muy cercana al plano de trabajo y se recomienda que no sea mayor cinco veces al nivel que tenga el alumbrado general.

Así mismo, la ubicación de la fuente luminosa debe proporcionar una iluminación razonablemente uniforme sobre el área total. Es recomendable que las superficies transparentes y reflectantes de la luz se conserven limpias para evitar una absorción excesiva que bajaría el nivel luminoso. La luz utilizada en un local interior debe incidir sobre el plano de trabajo sin producir sombras.

**Factores que influyen en la iluminación:** el tamaño de las ventanas con relación al área construida idealmente es  $2 \text{ m}^2$  en un área de  $15 \text{ m}^2$ , igualmente es importante la ubicación, la distribución y el número de ventanas para lograr una adecuada iluminación. Aquellas personas con mayores exigencias visuales, idealmente deben ser colocadas cerca de fuentes de iluminación natural como ventanas y claraboyas.

**Cambios oculares a la iluminación:** cuando el ojo tiene que adaptarse a la luz se presentan cambios en el tamaño de la pupila, en el nivel de actividad del sistema neural en los elementos celulares del sistema visual aferente y en las concentraciones estables de pigmentos fotosensibles de la retina.

Cuando el ojo se expone a una iluminación baja, la pupila se torna midriática, disminuye el poder de discriminación, no hay percepción del color y el proceso visual es desarrollado por los bastones.

Cuando la retina se encuentra adaptada a la oscuridad, se presenta una disminución visual de la retina foveal, debido a que los bastones están ausentes en el centro de la retina, que normalmente, tiene abundante número de conos.

Por tanto, el trabajo de una persona bajo estas condiciones será lento, de baja calidad y podrá reportar síntomas astenópicos. Un emétrope con buenas condiciones oculares, por ejemplo, con iluminación deficiente, tendrá una reducción del 35% en su agudeza visual (AV).

Al contrario, frente a altas luminosidades se presenta una sobre-estimulación retinal que la deslumbra y reduce la calidad visual. Por esta razón, cada vez cobran más importancia los lentes fotosensibles, pues se ajustan a las condiciones de luz del medio ambiente, al generar comodidad, protección y mantener las condiciones visuales ideales.

**Color:** el manejo del color ha tenido gran influencia en el mundo visual al facilitar el camino en el trabajo. El color es algo mucho más fácil y rápido de distinguir que cualquier otro aspecto y es una gran ayuda para el profesional de la visión en el desarrollo de un programa de salud visual ocupacional.

Desde el punto de vista físico, la tonalidad del color depende principalmente de la iluminación. La iluminación natural o la fluorescente favorecen bastante la realidad y el rendimiento del color. Tanto así, que su tonalidad puede ser modificada según la intensidad lumínica. Cada color tiene un porcentaje de reflexión

El objetivo no es siempre usar el color de mayor reflexión, sino que debe escogerse de acuerdo a la cantidad de iluminación. Si ésta es buena es mejor elegir un color de baja reflexión, de tal forma que no cause excesos de luz, destellos e incomodidad. Lo contrario se debe pensar cuando la iluminación del sitio es insuficiente.

Además, los colores producen reacciones psicológicas, se utilizan en seguridad industrial y son de gran ayuda para la señalización, como se expresa en la tabla 2. Son efectivos para disminuir el

resplandor molesto para los ojos a favor de la difusión de la luz, proporcionar descanso visual a los trabajadores sometidos a actividades que requieren alto grado de atención visual, dar visibilidad a las áreas de peligro y crear ambientes cómodos.

**Temperatura:** en general, en los sitios en los que se mantiene una alta temperatura, el trabajador está predispuesto a enfermarse y ha incapacitarse más por lo que hay mayor rotación del personal.

A nivel ocular, la exposición prolongada al calor produce evaporación de la película lagrimal, las enzimas que tienen capacidad bactericida disminuyen y el ojo queda expuesto a la invasión bacteriana, especialmente en el epitelio corneal. El trabajador presentará una continua irritación caracterizada por ojo rojo, ardor y exceso de parpadeo. Se da inicio a conjuntivitis irritativa que provoca hipertrofia conjuntival y como mecanismo de defensa, pueden aparecer pingüeculas, pterigios o conjuntivitis crónicas.

Ante el exceso de calor el cuerpo aumenta la frecuencia de latidos del corazón y así dilata capilares para aumentar la capacidad de enfriamiento. Son muy pocos los protectores existentes contra el calor. Por tanto, son muy importantes los controles periódicos, la rotación de personal y el uso permanente de protectores visuales.

**Contaminación:** la contaminación es tan común en el medio latinoamericano, que en algunas labores es muy difícil prevenirla. Los principales agentes de riesgo para los ojos son el dióxido y monóxido de carbono, así como el monóxido de nitrógeno, que son los gases de combustión de los vehículos.

La evaluación de la contaminación está directamente relacionada con el oficio. Puede ser producida, por vapores, gases o humos. El daño para el ojo es diverso y puede ser grande, puede incluir queratoconjuntivitis irritativa, alergias, formación de pingüeculas y pterigios, quemaduras, perforaciones, fibrosis cicatrizal, intoxicación sistémica y atrofia óptica, entre otras.

El cuidado debe ir enfocado al producto que contamina el medio ambiente. Primero, debe tratarse de evitar el agente contaminante y como último recurso proteger al trabajador como se observará en la seguridad industrial.

Dentro de esta área cobran importancia los cosméticos usados por las mujeres, principales causantes de infecciones y alergias. Con frecuencia, facilitan la aparición de orzuelos, chalazion y meibomitis ya que bloquean mecánicamente el drenaje de las glándulas palpebrales; además, los restos de los productos se pueden depositar en la conjuntiva palpebral y producir sensación de cuerpo extraño e infecciones.

Generalmente, los problemas alérgicos se presentan como reacción al preservativo utilizado en los cosméticos; especialmente, el timerosal o sus productos derivados (compuestos fenilmercúricos), ya que del 5% al 8% de la población es alérgico a ellos. Habitualmente, son reacciones de hipersensibilidad retardada, que ocurren después de varios meses de uso del cosmético. Los síntomas de alergia más importantes son: edema palpebral, inyección conjuntival y prurito.

Los productos limpiadores de maquillaje son los que más reacciones alérgicas inducen a nivel palpebro-conjuntival ya que al emplearse en grandes cantidades acceden con facilidad a la superficie ocular.

**Seguridad visual**

Sus objetivos son detectar, controlar y prevenir factores de riesgos generales y específicos existentes en los lugares de trabajo que contribuyan a los accidentes.

**Ergonomía visual**

Su objetivo es evaluar la postura corporal del trabajador en su labor y la influencia que tiene su estado visual y el medio ambiente visual sobre ésta. Es bien conocida la posición adquirida por el miope no corregido o por el presbita; pero también la pueden asumir las personas con insuficiencia de convergencia y acomodación. De tal forma que utiliza todos los medios necesarios para colaborar visualmente en el trabajo postural cómodo.

## **UNIDAD 3 - NATURALEZA Y PROPAGACIÓN DE LA LUZ - MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS**

### **RADIACIÓN**

A la luz la podemos definir como una radiación producida por los cuerpos luminosos, capaz de impresionar a nuestra retina.

El espectro comprendido entre los 350 (violeta) y 760 (rojo) nanómetros (espectro luminoso), están básicamente producidas por las radiaciones solares y también se pueden obtener en base a la energía eléctrica mediante distintas fuentes.

La radiación del espectro solar se distribuye de modo que aproximadamente un 54% corresponde a la radiación ultravioleta, un 40 % en radiación visible y solo un 6% en radiación infrarrojo.

### **DEFINICIONES Y UNIDADES**

**RADIACIÓN:** es el fenómeno correspondiente a la emisión y transporte de energía sin medio material, bajo forma de ondas electromagnéticas o fotones.

**ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS:** es la forma de la energía que se manifiesta como oscilación espacial de un campo magnético y eléctrico simultáneo. La misma se propaga con la velocidad de la luz (300.000 km/seg), y le corresponde a una frecuencia y una longitud de onda.

**ENERGÍA RADIANTE:** es la energía emitida, transportada o recibida como radiación [joule]

**FOTÓN:** es la cantidad elemental de energía radiante (cuanto), cuyo valor es igual al producto de la constante de Planck (h) por la frecuencia de la radiación (f)

$$Q = h.f \quad h=6,62 \cdot 10^{-27} \text{ [erg seg]}$$

**RADIACIÓN COMPLEJA:** es la radiación compuesta por emisiones de distinta frecuencia.

**RADIACIÓN MONOCROMÁTICA:** es la radiación de una sola frecuencia.

**ESPECTRO RADIANTE:** es la imagen producida por la dispersión de una radiación en sus componentes monocromáticos. También se la denomina así a la composición de una radiación compleja.

**ESPECTRO CONTINUO:** es el espectro que tiene radiaciones en todas las frecuencias comprendidas entre dos frecuencias consideradas.

**ESPECTROS DE BANDAS O FRANJAS:** es el espectro formado por varios espectros continuos aislados entre sí.

**ESPECTROS DE LÍNEAS:** es el espectro producido por radiaciones monocromáticas de frecuencia distintas.

**ZONA DEL ESPECTRO:** son las regiones del espectro continuo comprendidas entre dos frecuencias.

**CURVAS DE DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL:** es la curva que representa la potencia de una radiación en función de la longitud de onda o de la frecuencia.

**FLUJO RADIANTE:** es la potencia emitida, transportada o recibida en forma de radiación

$$\Phi = dQ/dt \text{ [W]}$$

**RENDIMIENTO DE RADIACIÓN DE UNA FUENTE:** es la relación entre el flujo radiante emitido y la potencia absorbida para producirlo

$$\eta = \Phi/p$$

**SENSIBILIDAD SUPERFICIAL DE RADIACIÓN:** es la relación entre el flujo radiante emitido en un elemento de superficie y dicha superficie elemental

$$E=d\Phi/dS \text{ [W/m}^2\text{]}$$

**INTENSIDAD DE RADIACIÓN EN UNA DIRECCIÓN:** es la relación entre el flujo radiante emitido en un elemento de ángulo espacial y dicho ángulo elemental

$$I = d\Phi/d\varphi \text{ [W/sr]}$$

**RADIANCIA EN UNA DIRECCIÓN:** es la relación entre la intensidad de radiación y la superficie aparente de emisión, vista en una dirección considerada.

$$L = dI/dS \cdot \cos \alpha$$

**FUENTE PRIMARIA:** es un generador de radiación electromagnética.

**FUENTE SECUNDARIA:** es una superficie o cuerpo que refleja o transmite la radiación electromagnética incidente sin que se produzca incandescencia ni luminiscencia.

**INCANDESCENCIA:** es la radiación térmica que produce radiación luminosa.

**FUENTE LUMINOSA:** es el radiador que genera radiación luminosa. Las mismas pueden ser fuente puntual, dimensiones despreciables respecto a la distancia al receptor de la radiación; fuente lineal, tiene una sola dimensión de magnitud no despreciable respecto a la distancia al receptor de la radiación y fuente superficial, cuya superficie radiante tiene dimensiones no despreciables en comparación con la distancia al receptor de la radiación.

**CUERPO NEGRO:** es aquel que absorbe completamente todas las radiaciones que inciden sobre el, o bien es el que mayor potencia emite a una temperatura determinada.

**LEY DE STEFAN-BOLTZMANN:** expresa que la potencia total de la radiación del cuerpo negro por unidad de superficie es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura

$$M_e = k \cdot T^4 \quad k = 5,669 \cdot 10^{-8} [\text{Wm}^2 \text{ } ^\circ\text{K}^{-4}]$$

**CUERPO GRIS O RADIACIÓN NO SELECTIVA:** es el radiador térmico que emite, para cada longitud de onda, una misma fracción de la que emite, para cada longitud de onda, el cuerpo negro a la misma temperatura. El cuerpo gris emite cierta proporción de la energía que incide sobre él.

**CUERPO O RADIADOR SELECTIVO:** es el radiador térmico que emite para cada longitud de onda, una fracción distinta de la que emite el cuerpo negro a la misma temperatura.

**TEMPERATURA DE COLOR:** es la temperatura absoluta del cuerpo negro, a la cual su color es igual, a la radiación considerada. La temperatura se mide en grado Kelvin.

**IRRADIACIÓN:** es la energía radiante recibida, por unidad de superficie.

**DENSIDAD DEL FLUJO IRRADIADO:** es la relación entre el flujo incidente sobre un elemento de superficie y la superficie misma.

**LUZ:** radiación capaz de estimular el sistema de la visión.

## NATURALEZA Y PROPAGACIÓN DE LA LUZ

### TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA

En 1873 MAXWELL consideró a la luz como un fenómeno electromagnético, ya que las ondas luminosas podían ser explicadas como un proceso ondulatorio electromecánico.

### TEORÍA CUÁNTICA

EINSTEIN explicó en 1905 que la luz se presentaba como cuantos de luz o fotones, en forma discontinua y que viajan como si fueran corpúsculos. Dicho de otra manera la energía de un haz luminoso viajaba concentrada en cantidades discretas llamadas fotones, y el mecanismo del fenómeno fotoeléctrico consiste en la transmisión de la energía de un fotón a un electrón

Como conclusión podemos decir que la luz es onda y corpúsculo a la vez, aunque quizás no sea ni una cosa ni la otra, por lo que se puede estudiar a la luz como onda cuando se estudia su propagación y como cuantos cuando se trata de intercambio de energía.

Por estos motivos vamos a definir a la luz como **una radiación producida por los cuerpos luminosos, capaz de impresionar nuestra retina.**

Podemos además decir que la luz cumple con tres propiedades fundamentales:

- 1) se propaga en el vacío, por medio de ondas.
- 2) se propaga en todas las direcciones del espacio.
- 3) se transmite a distancia.

Estas tres propiedades son las que caracterizan a una radiación.

**Radiación** se designa como la transmisión de la energía a través del espacio. Esta transmisión a distancia se realiza por medio de ondas, es decir perturbaciones periódicas en el espacio recorrido por la radiación.

La física nos dice que toda radiación por mas complicada que sea se la puede considerar como un conjunto de radiaciones simples cuyas expresiones matemáticas son senos o cosenos y por lo tanto tiene los siguientes elementos

a) **LONGITUD DE ONDAS:** es la longitud que tiene la onda entre dos puntos que se encuentran en el mismo lugar relativo y se representa por la letra griega lambda  $\lambda$

b) **PERIODO:** es el tiempo que tarda la onda en ocupar dos posiciones idénticas, se la representa por la letra T

c) **FRECUENCIA:** es el número de períodos por segundo, y se representa por la letra f. El periodo y la frecuencia son magnitudes inversas

$$T = 1/f \text{ o } f = 1/T.$$

d) **VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN:** es la velocidad con que se propaga la onda a través del espacio, se representa con la letra v.

Citadas estas cuatros magnitudes podemos establecer algunas relaciones:

$$\lambda = v \cdot T \quad v = \lambda \cdot f$$

$$\lambda = v / f \quad T = \lambda / v$$

$$v = \lambda / T \quad f = v / \lambda$$

Podemos decir entonces que cada una de las radiaciones (rayos x, rayos ultravioletas, radiaciones luminosas, etc.) se diferencian entre sí por que tiene una longitud de onda y una velocidad de propagación propia y distinta de las demás radiaciones.

Las radiaciones luminosas son aquellas que son captadas por el ojo humano, producen sensación de visión, las características de estas radiaciones son las siguientes:

a) longitud de onda: la luz está compuesta por una mezcla de radiaciones simples, cuyas longitudes de onda están comprendidas entre 350 nanometros (color violeta) y las 760 nanometros (color rojo), estas radiaciones están básicamente originadas por el sol (espectro solar) y también en alto porcentaje por fuentes luminosas.

Estos son los límites de visión del ojo humano, fuera de estos valores el ojo es ciego, las radiaciones a la izquierda del espectro solar son las ultravioletas y representan un 54 % de dicho espectro, el 40



% son las radiaciones visibles y un 6% son las radiaciones infrarrojas, las que se encuentran a la derecha del espectro.

b) velocidad de propagación: la velocidad de propagación de la luz es de 300.000 Km/seg.

### MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS

Veremos ahora las magnitudes de la LUMINOTECNIA, mas usadas que servirán para comparar y valorar las diversas fuentes luminosas.

Es importante aclarar que se supone para las definiciones un manantial luminoso puntiforme o reducido a un punto del que parten las radiaciones luminosas en todos los sentidos.

### FLUJO LUMINOSO

La energía luminosa en todos los casos se obtiene como la transformación de energía, así en una lámpara incandescente se obtiene a partir de la energía eléctrica, pero en general no toda la energía eléctrica se transforma en energía luminosa sino que parte se transforma en energía calórica, y parte en energía radiante y solo un pequeño porcentaje de esta en energía luminosa (Fig. 3-1).

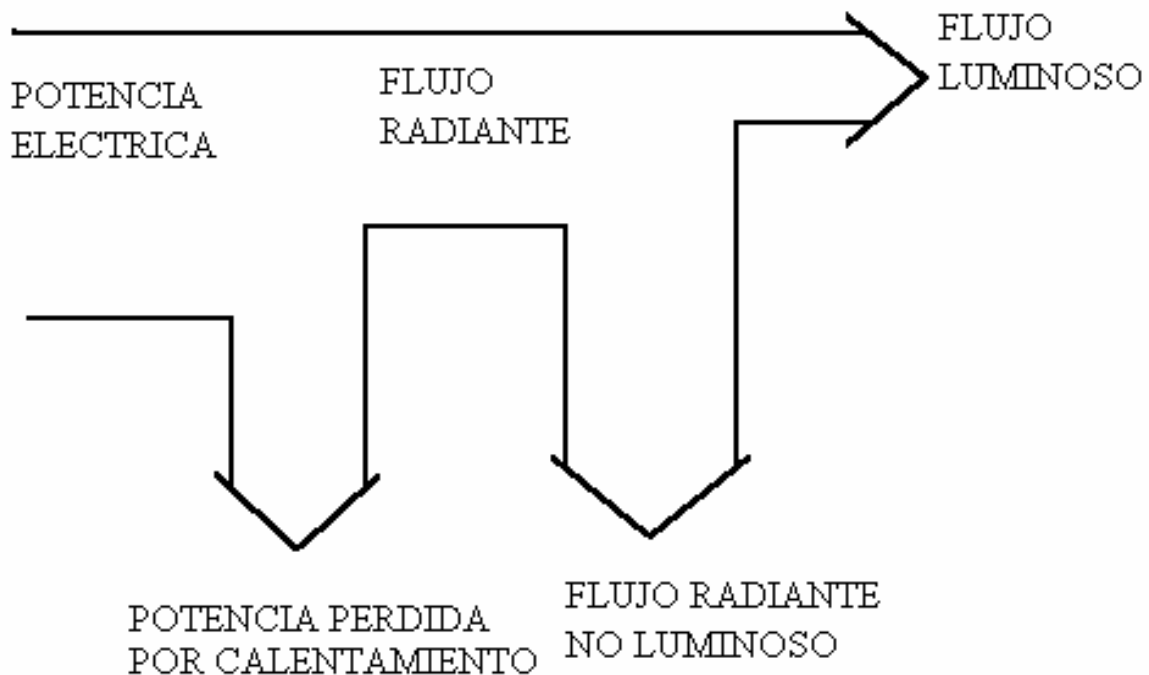


Fig. 3-1

**FLUJO RADIANTE:** se denomina así a la energía radiante emitida por un manantial energético en la unidad de tiempo.

**FLUJO LUMINOSO [ $\Phi$ ]:** es la parte del flujo radiante que produce sensación luminosa en el ojo humano, dicho de otra manera se puede definir como energía luminosa radiada al espacio por unidad de tiempo.

El flujo luminoso de un manantial luminoso no se distribuye en todas las direcciones del espacio, sino que depende del dispositivo empleado para la iluminación.

La unidad del flujo luminoso es el **lumen** (lm), que se puede expresar como el flujo en un estereorradián emitido por una fuente puntiforme de intensidad luminosa de una candela, en todas las direcciones.

Generalmente el concepto de flujo luminoso lo permite relacionar con la potencia eléctrica y así evaluar rendimientos de cada manantial luminoso. A esta relación se la conoce como **eficiencia luminosa de una fuente** estando expresado como [lm/watt].

### INTENSIDAD LUMINOSA [I] (en una dirección)

Es la relación entre el flujo luminoso emitido en un ángulo espacial infinitesimal, cuyo eje es la dirección considerada, y dicho ángulo (Fig. 3-2).

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

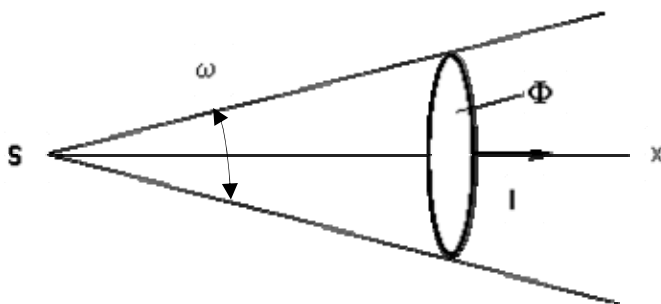


Fig. 3-2

Su unidad es la candela [cd], y su magnitud es tal que la intensidad luminosa de un centímetro cuadrado de cuerpo negro, a la temperatura de solidificación del platino [2045 °K], corresponde a 60 candelas.

### INTENSIDAD LUMINOSA ESFÉRICA MEDIA

Es la intensidad luminosa producida por un manantial luminoso si radiara flujo luminoso de manera uniforme en todas las direcciones del espacio, o sea que es la que le corresponde a un ángulo sólido completo

$$I = \frac{\Phi_0}{4\pi}$$

Muchas veces se pueden encontrar otras unidades de intensidad luminosa, por lo general no muy usadas, la presente tabla las menciona y da su equivalencia entre sí.

	<b>BUJÍA HEFNER</b>	<b>BUJÍA CARCEL</b>	<b>BUJÍA INGLESA</b>	<b>BUJÍA INTERNA</b>	<b>CANDELA</b>
<b>BUJÍA HEFNER</b>	1	0,093	0,864	0,90	0,92
<b>BUJÍA CARCEL</b>	10,75	1	9,24	9,65	9,80
<b>BUJÍA INGLESA</b>	1,154	0,108	1	1,04	1,05
<b>BUJÍA INTERNA</b>	1,11	0,104	0,96	1	1,02
<b>CANDELA</b>	1,09	0,102	0,94	0,98	1

### ILUMINACIÓN [E] (en un punto sobre la superficie)

Es el cociente entre el flujo luminoso incidente sobre una superficie elemental que contiene al punto considerado y esta superficie

$$E = \frac{d\Phi}{dS}$$

Se puede decir que un cuerpo estará mejor iluminado por un flujo luminoso, cuando menor sea su superficie.

Si consideramos un flujo luminoso constante sobre toda la superficie lo que corresponde a un manantial luminoso uniforme tendremos que:

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

La unidad es el lux o lumen por metro cuadrado.

Además se tienen otras unidades, no tan usada, como las expresadas a continuación junto a su tabla de equivalencia:

PHOT = lumen por centímetro cuadrado  
 MILIOHOT = milésima parte del PHOT  
 FOOTCANDLE = lumen por pie cuadrado

	<b>LUX</b>	<b>PHOT</b>	<b>MILIPHOT</b>	<b>FOOTCANDLE</b>
<b>LUX</b>	1	0,0001	0,1	0,093
<b>PHOT</b>	10.000	1	1.000	929
<b>MILIPHOT</b>	10	0,001	1	0,929
<b>FOOTCANDLE</b>	10,764	0,00108	1,076	1

### EMITANCIA O RADIANCIA

Es la relación entre el flujo luminoso radiado o emitido por una superficie luminosa o difusora y la extensión de esa superficie.

$$R = \frac{d\Phi}{dS}$$

La unidad de la emitancia es el lumen por metro cuadrado, reservándose la unidad lux solo para ILUMINACIÓN.

### LUMINANCIA [L]

Es el cociente de la intensidad luminosa en una dirección dada, de un elemento de superficie, dividido por el área aparente de este elemento en esta dirección.

$$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos \alpha}$$

La unidad es el **NIT** que es la luminancia correspondiente a una superficie emitida de un metro cuadrado de superficie aparente, cuya intensidad luminosa es una candela.

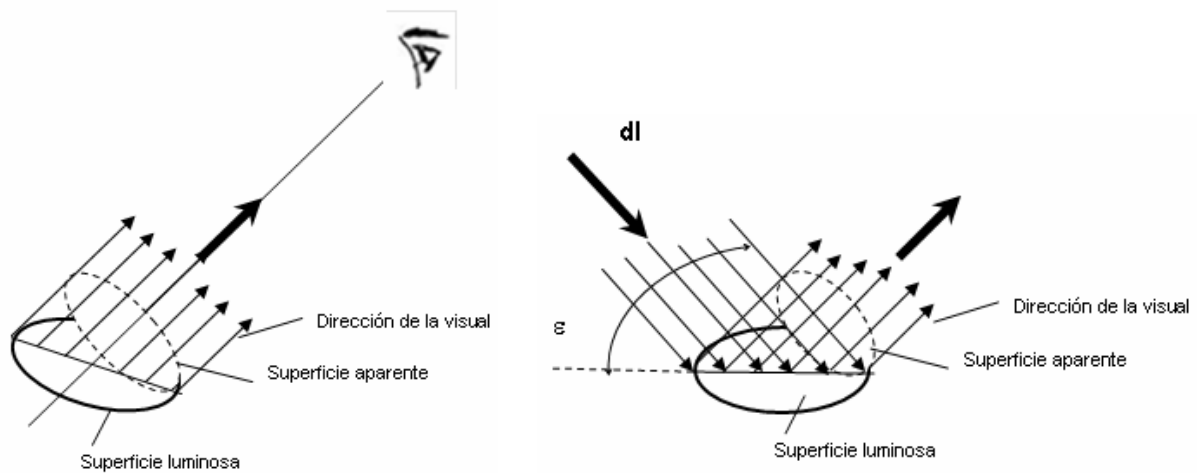


Fig. 3-3

La luminancia es el concepto que corresponde a la sensación subjetiva de claridad de un manantial de luz o de un objeto iluminado. Tanto el flujo luminoso como la intensidad luminosa y la iluminación no producen en nuestros ojos sensación inmediata de claridad, la luz no se hace visible hasta que tropieza con un cuerpo que la refleja o la absorbe (Fig. 3-3). Y la mayor o menor claridad con que vemos distintos cuerpos depende de su luminancia aunque estas estén igualmente iluminadas.

Veamos ahora alguna de las otras unidades utilizadas para medir la luminancia.

NIT = candela por metro cuadrado

STILB = candela por centímetro cuadrado

CANDELA X PIE<sup>2</sup> = candela por pie cuadrado

	NIT	STILB	CANDELA x PIE <sup>2</sup>
NIT	1	1/10 <sup>4</sup>	0,093
STILB	10 <sup>4</sup>	1	930
CANDELA x PIE <sup>2</sup>	10,76	0,00108	1

### LEY FUNDAMENTAL DE LA ILUMINACIÓN

"La iluminación de una superficie situada perpendicularmente a la dirección de la radiación luminosa es directamente proporcional a la intensidad luminosa del manantial luminoso e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que le separa del mismo." (Fig 3-4)

$$E = \frac{I}{d^2}$$

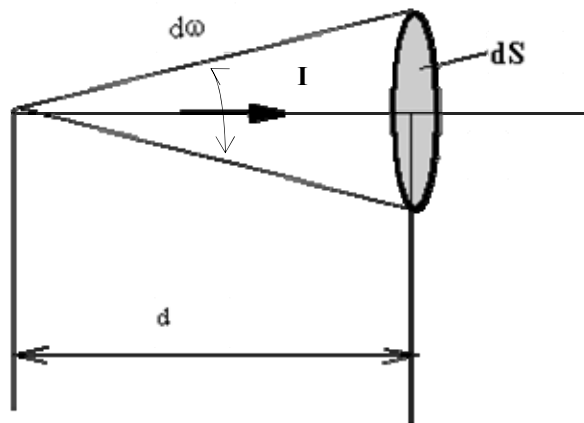


Fig 3-4

**LEY DEL COSENO**

"La iluminación es proporcional al coseno del ángulo de incidencia de los rayos luminoso en el punto iluminado." (Fig. 3-5)

$$E' = \frac{I}{d^2} \cos \alpha$$

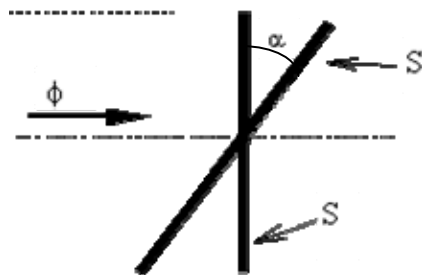


Fig 3-5

**LEY DE LA INVERSA DEL CUADRADO DE LAS DISTANCIAS**

"Para un mismo manantial luminoso, las iluminaciones en diferentes superficies son inversamente proporcionales al cuadrado de sus distancias a dicho manantial" (Fig. 3-6)

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

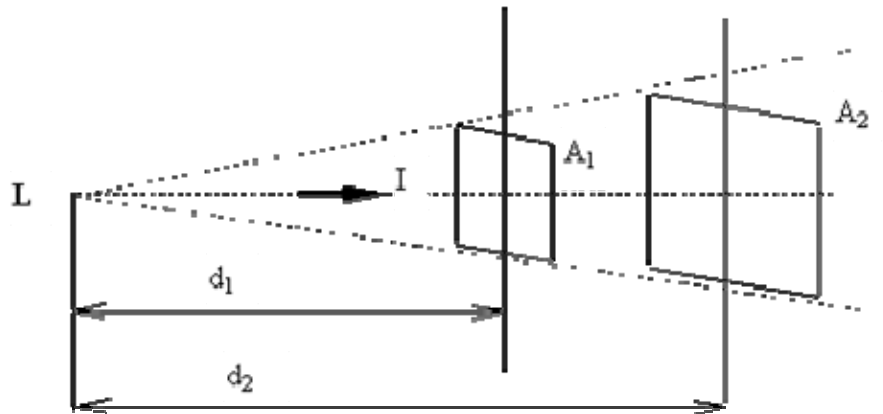


Fig. 3-6

### CURVA ISOLUX

"Es el lugar geométrico de los puntos del plano de trabajo, que tienen igual iluminación"

### CURVAS ISONIT

"Es la curva que une los puntos de una superficie que tiene igual luminancia."

### REPRESENTACIONES GRAFICAS

En luminotecnia es muy común trabajar con curvas de distribución luminosa que nos dan una idea clara del funcionamiento de una lámpara como así también de una luminaria.

### CURVA DE DISTRIBUCIÓN LUMINOSA

Como primera definición podemos decir que la curva de distribución luminosa al conjunto de la intensidad de un manantial luminoso en todas las direcciones de la radiación.

Por medio de fotómetros se puede determinar la intensidad luminosa de un manantial en todas las direcciones del espacio, con relación a un eje vertical, obteniéndose un sólido fotométrico, del manantial considerado. En todos los casos este sólido fotométrico constituye un cuerpo simétrico con respecto a un eje vertical, de manera que lo podemos considerar un sólido de revolución.

Si hacemos pasar un plano por el eje de simetría de dicho cuerpo obtendremos una sección limitada por una curva que se denomina curva de distribución luminosa o curva fotométrica.

En la práctica para trazar la curva de intensidad luminosa de una lámpara, se traza una serie de circunferencias concéntricas y sobre ellas rayos de 10 en 10 grados, se adopta una escala apropiada y se efectúan las mediciones, así obtenemos una serie de vectores de intensidad luminosa, tal como muestra la figura (Fig. 3-7).

Si luego unimos las puntas de estos vectores vamos a obtener la curva de distribución luminosa según un plano vertical, lo mismo pasaría si se hace lo mismo sobre un plano horizontal. Siendo la de eje vertical la más usada.

Estas curvas la realizan las empresas constructoras de lámparas o luminarias o laboratorio creados para estos ensayos, refiriéndose siempre a 1000 lúmenes. Cuando el flujo de la lámpara es mayor se saca el cociente entre el flujo máximo del equipo ensayado y el valor base y luego se lo multiplica por el valor leído.

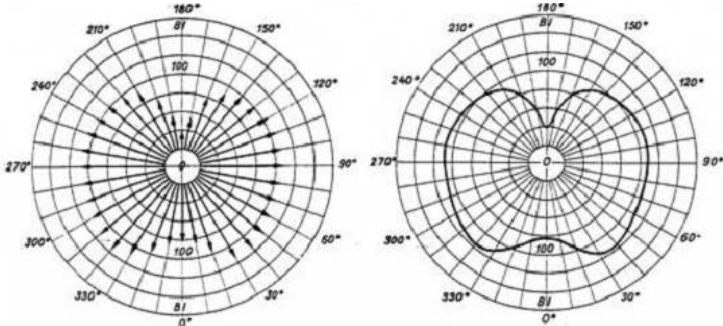
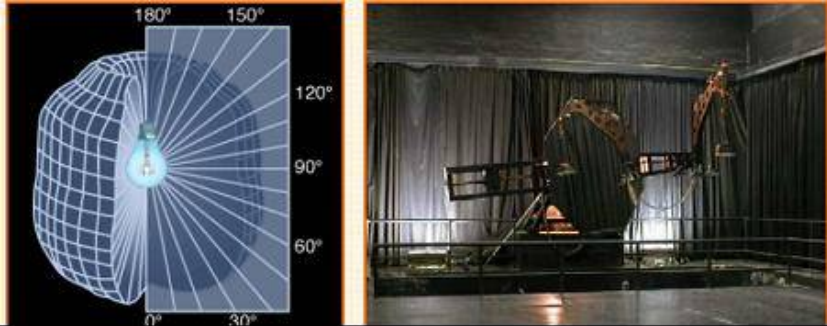


Fig. 3-7

Cuando estas curvas son simétricas (Fig. 3-8), casi siempre, el fabricante suministra media curva fotométrica.

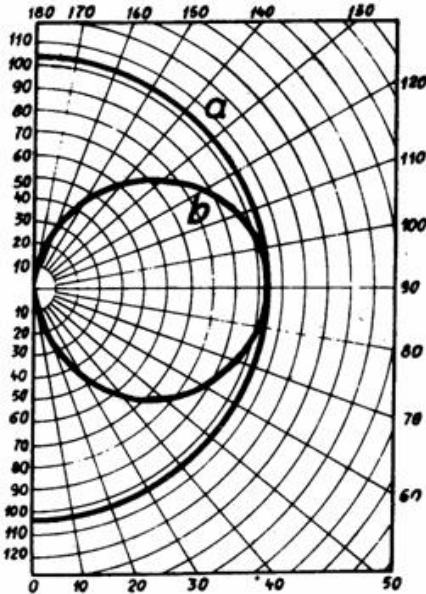


Fig. 3-8



## CURVAS DE ILUMINACIÓN DEL SUELO

Para tener una idea sobre el valor de la iluminación horizontal producida por un manantial luminoso, se traza la curva de iluminación del suelo, utilizando la siguiente fórmula:

$$E_{\text{hor}} = \frac{I_{\alpha} \cos^3 \alpha}{h^2}$$

Con esta fórmula se calculan las intensidades luminosas correspondientes a una recta ubicada sobre el plano de trabajo y que pase por el pie del manantial luminoso (Fig. 3-9).

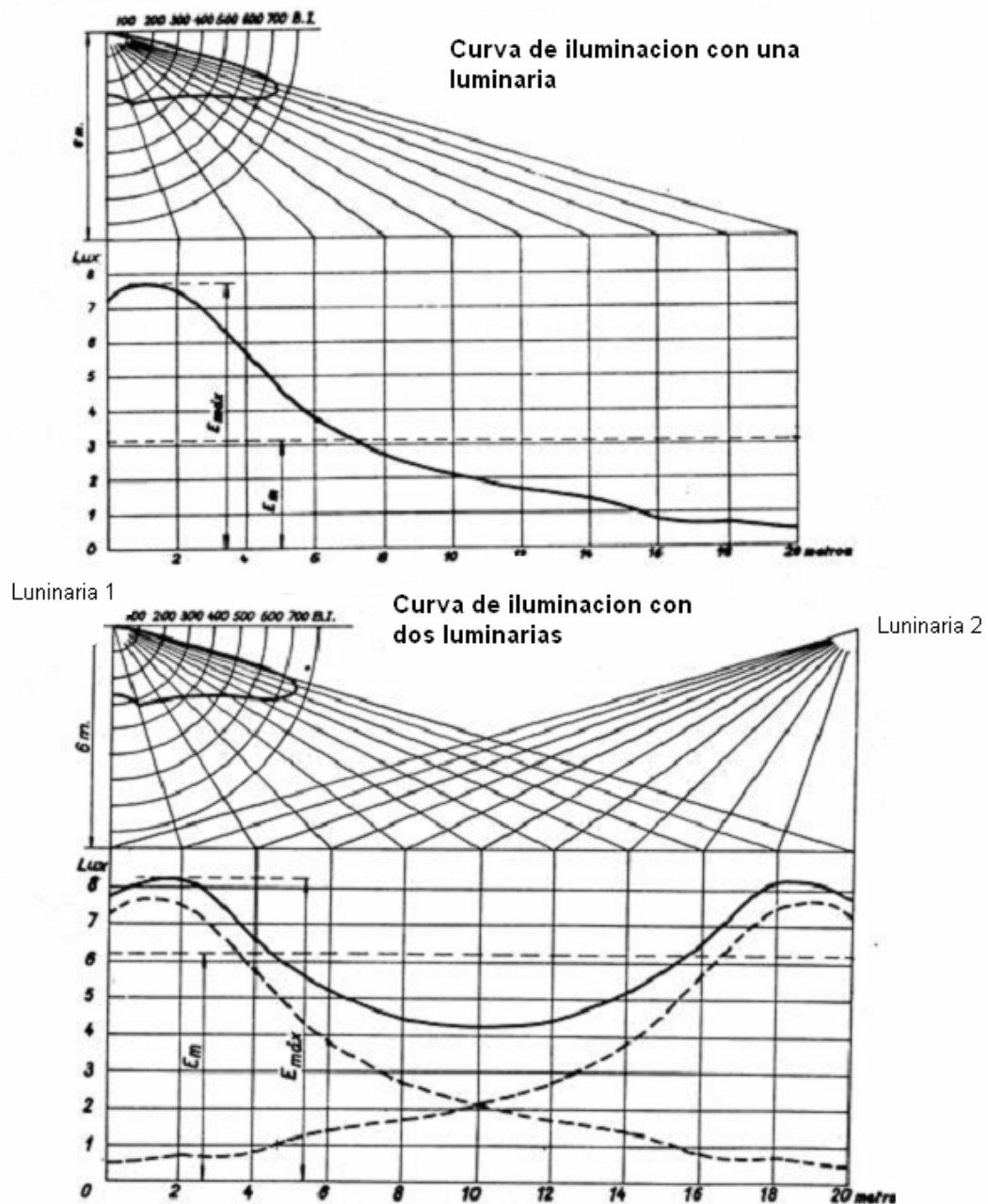


Fig. 3-9

## FACTOR DE UNIFORMIDAD DE ILUMINACIÓN

Es la relación entre la iluminación mínima sobre una superficie y la iluminación media sobre la misma.

$$E_1 = \frac{E_{\text{MIN}}}{E_{\text{MED}}}$$

Muchas veces se toma esta relación entre la iluminación mínima y la máxima sobre la misma superficie.

$$E_1 = \frac{E_{\text{MIN}}}{E_{\text{MAX}}}$$

## FACTOR DE UNIFORMIDAD DE ILUMINANCIA

Es la relación entre la luminancia mínima sobre una superficie y la luminancia media sobre la misma.

$$u_1 = \frac{L_{\text{MIN}}}{L_{\text{MED}}}$$

## ILUMINACIÓN DE UN PUNTO (Fig. 3-10)

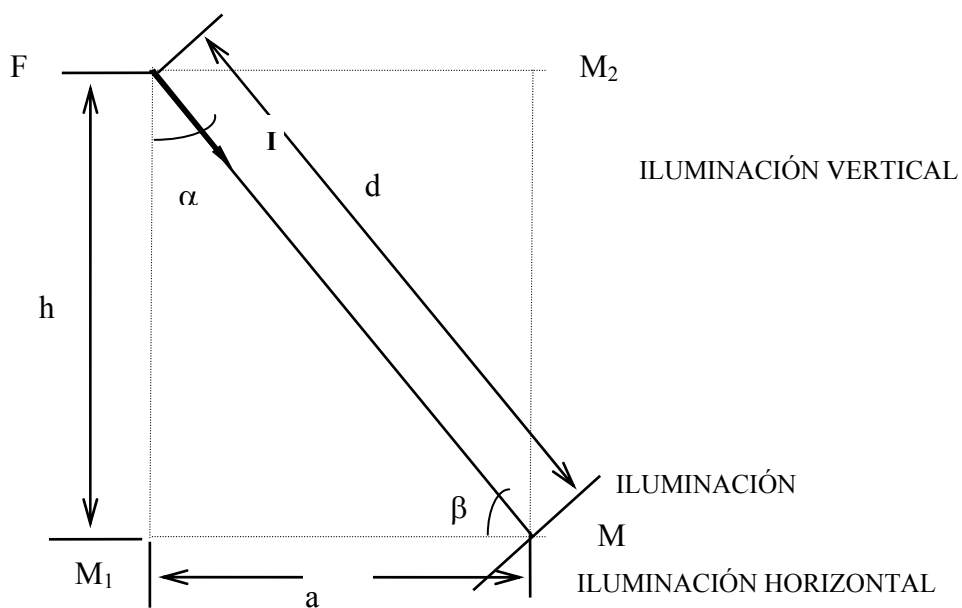


Fig. 3-10

Supongamos un punto M, iluminado por un manantial F, con una intensidad luminosa I, situada a una distancia d del punto M.

Vamos a tener tres iluminaciones según el plano considerado

$E_N$  = iluminación normal

$E_H$  = iluminación horizontal

$E_V$  = iluminación vertical

Según lo visto anteriormente, podemos escribir las siguientes expresiones:

$$E_N = \frac{I}{d^2}$$

La iluminación horizontal la podemos expresar en función de la ley del coseno

$$E_H = E_N \cos \alpha = \frac{I}{d^2} \cos \alpha$$

A su vez trigonométricamente podemos decir que  $\cos \alpha = h/d$

Reemplazando estos términos tenemos:

$$E_H = \frac{I}{h^2} \cos^3 \alpha$$

Realizando las mismas operaciones podemos obtener la expresión de la iluminación vertical

$$E_V = \frac{I}{h^2} \sin \alpha \cos^2 \alpha$$

$$E_V = \frac{I}{h^2} \sin^3 \alpha$$

De donde podemos decir que

$$E_V = E_H \operatorname{tg} \alpha$$

### EJEMPLO

Una superficie está iluminada por una fuente luminosa puntual de 80 cd de intensidad constante en todas direcciones situada a 2 m de altura. Calcular la iluminancia horizontal y vertical para los siguientes valores del ángulo alfa: 0, 30°, 45°, 60°, 75° y 80°.

### Solución

Como vimos al hablar de magnitudes fotométricas, las componentes de la iluminancia, se pueden calcular empleando las fórmulas (Fig. 3-11):

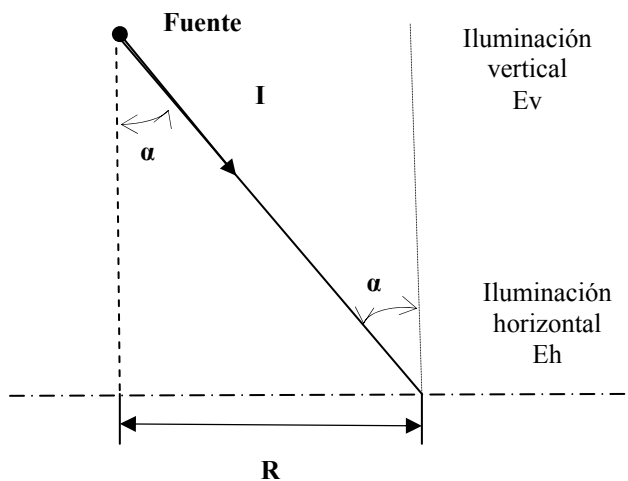


Fig. 3-11

$$E_H = I \cdot \cos^3 \alpha / h^2$$

$$E_V = I \cdot \cos^2 \alpha \operatorname{sen} \alpha / h^2$$

$$E = \sqrt{E_H^2 + E_V^2}$$

Y dado que conocemos todos los datos ( $h = 2$  m,  $I = 80$  cd y los diferentes valores de alfa) solo queda sustituir y calcular:

$$\alpha = 0^\circ \quad E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{80 \cos^3 0}{2^2} = 20 \text{ lx}$$

$$E_V = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \operatorname{sen} \alpha}{h^2} = \frac{80 \cos^2 0 \operatorname{sen} 0}{2^2} = 0$$

$$E = \sqrt{E_H^2 + E_V^2} = E_H = 20 \text{ lx}$$

$$\alpha = 30^\circ \quad E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{80 \cdot \cos^3 30}{2^2} = 12.99 \text{ lx}$$

$$E_V = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2} = \frac{80 \cdot \cos^2 30 \cdot \sin 30}{2^2} = 7.5 \text{ lx}$$

$$E = \sqrt{E_H^2 + E_V^2} = 15 \text{ lx}$$

Como podemos ver, la mecánica de cálculo es siempre la misma. Así pues, los **resultados** finales son:

$\alpha$	R (m)	$E_H$ (lux)	$E_V$ (lux)	E (lux)
0°	0	20	0	20
30°	1.15	12.99	7.5	15
45°	2	7.07	7.07	10
60°	3.46	2.5	4.33	5
75°	7.45	0.35	1.29	1.34
80°	11	0.10	0.59	0.60

Si representamos el diagrama isolux (Fig. 3-12) de la superficie podemos observar que las curvas son circunferencias, debido a que la intensidad es constante en todas direcciones, que la iluminancia disminuye a medida que los puntos se alejan del foco y que la máxima iluminancia se encuentra en la proyección de la fuente sobre la superficie (0°).

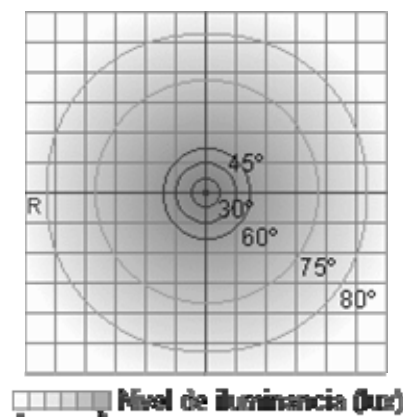


Fig. 3-12

## UNIDAD 4 - CONTROL DE LA LUZ

La modificación de las características luminosa de una fuente luminosa, con vista a una aplicación eficiente de la luz emitida puede realizarse aprovechando uno o varios de los siguientes fenómenos físicos:

- 1) REFLEXIÓN
- 2) REFRACCIÓN
- 3) ABSORCIÓN
- 4) TRANSMISIÓN
- 5) DIFUSIÓN

### REFLEXIÓN

Cuando una superficie devuelve la luz que incide sobre ella se dice que refleja la luz, por lo cual la reflexión depende de las siguientes circunstancias:

- a) condiciones moleculares de la superficie reflectante. Por ejemplo una superficie lisa refleja mejor la luz que una opaca.
- b) ángulo de incidencia de los rayos luminosos.

Es el ángulo [ $\alpha$ ] que forma el rayo luminoso incidente con la vertical en el punto de incidencia cuando este rayo choca con la superficie. El ángulo formado por el rayo reflejado con la vertical en el punto de incidencia, cuando ese rayo se aleja de la superficie, se denomina ángulo de reflexión [ $\beta$ ] (Fig. 4-1)

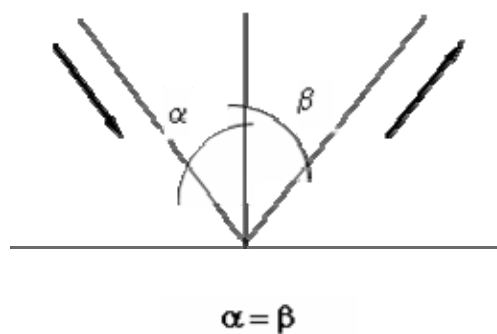


Fig. 4-1

- c) color de los rayos incidentes, la luz blanca se refleja mejor que la luz coloreada.

Por lo cual la ley fundamental de la reflexión de la luz dice "EL ANGULO DE INCIDENCIA ES IGUAL AL ANGULO DE REFLEXIÓN".

Esta ley solo es válida cuando la superficie sobre la que incide el rayo es perfectamente lisa y brillante (espejo), a esta reflexión se la llama "dirigida" o "especular".

Si la superficie es rugosa y brillante corresponde varios rayos reflejados que cumplen aproximadamente la ley fundamental de la reflexión, en este caso hablamos de "reflexión semi dirigida". (Fig. 4-2)

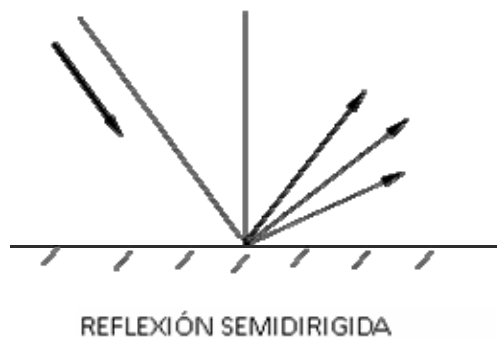


Fig. 4-2

Si la superficie es rugosa y mate el rayo incidente se refleja por igual en todas las direcciones del espacio, por lo que no cumple con la ley fundamental, hablándose en este caso de "reflexión difusa". (Fig. 4-3)

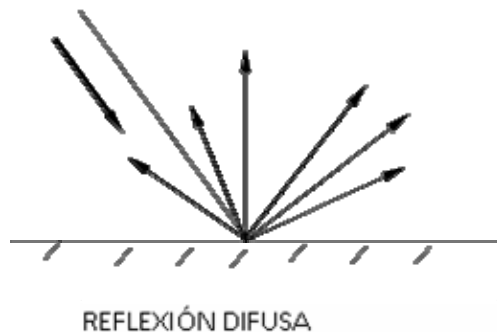


Fig. 4-3

## **REFRACCIÓN**

El fenómeno de refracción se produce cuando la dirección de los rayos luminoso queda modificado al pasar de un medio a otro de diferente densidad.

La ley fundamental de la refracción dice que "LA RAZÓN DE LOS ÍNDICES DE REFRACCIÓN DE AMBOS MEDIOS ES IGUAL A LA RAZÓN DE LOS SENOS DE LOS ÁNGULOS DE INCIDENCIA Y DE REFRACCIÓN" (Fig. 4-4)

$$\frac{n_2 \sin i}{n_1 \sin r}$$

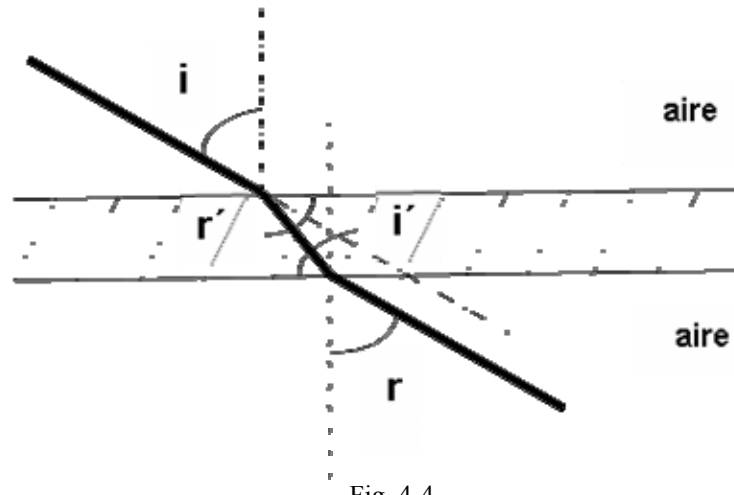


Fig. 4-4

En donde ángulo de incidencia [i] es el ángulo formado por el rayo luminoso y la vertical en el punto de incidencia, cuando dicho rayo choca con la superficie, y ángulo de refracción al formado por el rayo luminoso con la vertical en el mismo punto de incidencia, cuando el rayo luminoso se aleja de la superficie.

Se denomina índice de refracción a la relación entre la velocidad de la luz a través del aire y su velocidad a través del medio o sustancia correspondiente. Recordemos que la velocidad de la luz es tanto menor cuando mayor sea la densidad del medio que atraviesa.

Si el caso de la figura son dos medios, aire y vidrio, podemos ver que el rayo luminoso pasa del aire al vidrio y de este nuevamente al aire, en cada una de los pasos el rayo sigue la ley de la refracción y su dirección será paralela a la del rayo incidente antes de pasar a través del vidrio

$$\text{ángulo } i = \text{ángulo } r$$

$$\text{ángulo } r' = \text{ángulo } i'$$

Veamos algunos índices de refracción más comunes:

MATERIAL	ÍNDICE DE REFRACCIÓN
AIRE	1
AGUA	1,33
VIDRIO COMÚN	1,5 a 1,54
CRISTAL	1,56 a 1,78



## ABSORCIÓN

Cuando se produce el fenómeno de reflexión no todo el flujo luminoso que incide sobre los cuerpos, se refleja; ya que una parte de este flujo luminoso es absorbido en mayor o menor proporción según los materiales componentes de cada cuerpo.

El color de los cuerpos juega un papel sumamente importante ya que si el cuerpo es de color blanco este refleja toda la luz blanca incidente, pero si la superficie es negra absorbe la totalidad de la luz blanca sin haber reflexión; si la superficie es gris parte de la luz se refleja y parte es absorbida.

Si un cuerpo es rojo es porque refleja el color rojo de la luz blanca y absorbe el resto.

## TRANSMISIÓN

Cuando pasa un rayo luminoso a través de los cuerpos transparentes o traslúcidos, se dice que este rayo ha sido transmitido.

La transmisión de la luz puede ser dirigida, cuando el rayo luminoso sufre solamente la variación debida a la refracción normal. Este tipo de transmisión se puede conseguir con materiales transparentes.

O puede ser difusa cuando el rayo luminoso incidente queda dispersado al chocar con el material, de manera que quede iluminada uniformemente toda la superficie del cuerpo de que se trate. La transmisión difusa se puede obtener utilizando cristales opalinos, mateado, etc. (cuerpos traslúcidos).(Fig. 4-5)

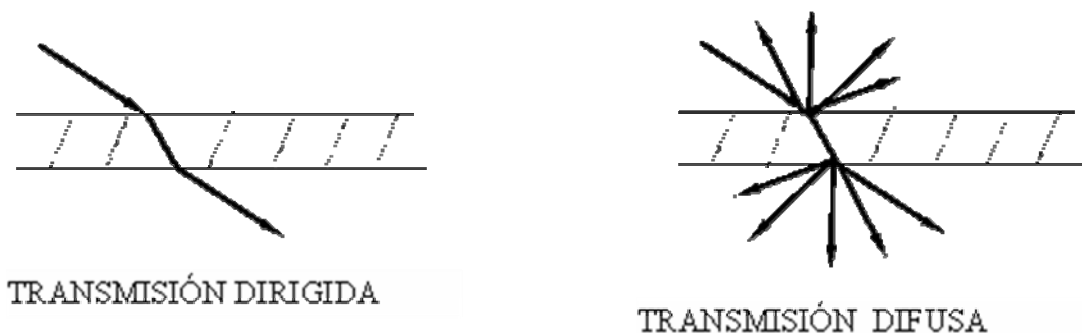


Fig. 4-5

## DIFUSIÓN

Como se dijo anteriormente debido a la rugosidad de la superficie que refleja el flujo, este se esparce en todas las direcciones del espacio, a lo que se le da el nombre de difusión.

## RELACIONES ENTRE REFLEXIÓN, ABSORCIÓN Y TRANSMISIÓN LUMINOSA.

Cuando se ilumina una superficie, una parte del flujo luminoso se refleja, otra atraviesa dicha superficie y queda absorbida por el cuerpo y otra parte de la luz se transmite a través del cuerpo.

Esto lo podemos expresar de la siguiente manera:

**FLUJO LUMINOSO TOTAL = FLUJO LUMINOSO REFLEJADO + FLUJO LUMINOSO ABSORBIDO + FLUJO LUMINOSO TRANSMITIDO**

$$\theta_o = \theta_R + \theta_A + \theta_T$$

Podemos definir algunos índices:

**FACTOR DE REFLEXIÓN [ $\rho$ ]:** es la relación entre el flujo reflejado y el incidente

$$\rho = \frac{\theta_R}{\theta_o}$$

**FACTOR DE ABSORCIÓN [ $\alpha$ ]:** es la relación entre el flujo luminoso absorbido y el flujo incidente

$$\alpha = \frac{\theta_A}{\theta_o}$$

**FACTOR DE TRANSMISIÓN [ $\tau$ ]:** es la relación entre el flujo transmitido y el flujo incidente

$$\tau = \frac{\theta_T}{\theta_o}$$

Si operamos matemáticamente y reemplazamos en la fórmula del flujo incidente obtenemos que

$$1 = \rho + \alpha + \tau$$

Este quiere decir que la suma de los tres factores (reflexión, absorción y transmisión) es igual a la unidad.

### Factores de reflexión, absorción y transmisión

Material	Factor de Reflexión $\rho$	Factor de Absorción $\alpha$	Factor de Transmisión $\tau$	Observaciones
Superficie pintada castaña	0,1 – 0,5	0,9 – 0,5	0	Reflexión difusa
Superficie pintada roja	0,1 – 0,35	0,9 – 0,65	0	Reflexión difusa
Superficie pintada verde	0,1 – 0,6	0,9 – 0,4	0	Reflexión difusa
Superficie pintada azul	0,05 – 0,5	0,95 – 0,5	0	Reflexión difusa
Superficie pintada gris	0,2 – 0,6	0,8 – 0,4	0	Reflexión difusa
Superficie pintada negra	0,02 – 0,08	0,96 – 0,92	0	Reflexión semidirigida
<b>Vidrios y cristales</b>				
Vidrios opaco negro	0,05	0,95	0	Reflexión dirigida
Vidrios opaco blanco	0,75 - 0,8	0,25 - 0,2	0	Reflexión difusa
Vidrios transp. Claro (2 a 4 mm)	0,08	0,02	0,9	Transmisión muy dirigida
Vidrios deslustrados al ext. (1,5 a 2 mm)	0,07 - 0,2	0,06 - 0,17	0,87 – 0,63	Reflexión escasamente difusa
Vidrios deslustrados al int. (1,5 a 3 mm)	0,06 – 0,16	0,05 – 0,07	0,89 – 0,77	Reflexión escasamente difusa
Vidrio opalino blanco (1,5 a 3 mm)	0,3 – 0,55	0,04 – 0,08	0,66 – 0,36	Transmisión difusa
Vidrio opalino rojo (2 a 3 mm)	0,04 – 0,05	0,92 – 0,93	0,04 – 0,02	Transmisión difusa
Vidrio opalino anaranjado (2 a 3 mm)	0,05 – 0,08	0,85 – 0,86	0,1 – 0,06	Transmisión difusa
Vidrio opalino amarillo (2 a 3 mm)	0,25 – 0,3	0,55 – 0,58	0,2 – 0,12	Transmisión difusa
Vidrio opalino verde (2 a 3 mm)	0,08 – 0,1	0,83 – 0,87	0,09 – 0,03	Transmisión difusa
Vidrio opalino azul (2 a 3 mm)	0,08 – 0,1	0,82 – 0,87	0,1 – 0,03	Transmisión difusa
<b>Otros materiales</b>				
Papel blanco	0,6 – 0,8	0,3 – 0,1	0,1 - 0,2	Reflexión difusa - Transmisión difusa
Pergamino sin colorear	0,48	0,1	0,42	Reflexión difusa - Transmisión difusa
Pergamino amarillo	0,4 – 0,2	0,2 – 0,63	0,4 – 0,17	Reflexión difusa - Transmisión difusa
Seda blanca (tupida)	0,28 – 0,38	0,01	0,61 – 0,71	Reflexión difusa - Transmisión difusa
Seda color (tupida)	0,2 – 0,1	0,44 – 0,85	0,54 – 0,13	Reflexión difusa - Transmisión difusa
Plata pulida	0,9 – 0,95	0,1 – 0,05	0	Reflexión muy dirigida
Espejo plateado	0,7 – 0,85	0,3 – 0,15	0	Reflexión muy dirigida
Espejo azogado	0,8 - 0,88	0,2 – 0,12	0	Reflexión muy dirigida
Aluminio pulido	0,7 - 0,9	0,3 – 0,1	0	Reflexión muy dirigida
Aluminio mate	0,55 – 0,6	0,45 – 0,4	0	Reflexión semidirigida
Pintura de aluminio	0,6 – 0,7	0,4 – 0,3	0	Reflexión dirigida
Acero pulido	0,55 – 0,65	0,45 – 0,35	0	Reflexión muy dirigida
Níquel pulido	0,55	0,45	0	Reflexión muy dirigida
Cromo pulido	0,6	0,4	0	Reflexión muy dirigida
Hojalata nueva	0,7	0,3	0	Reflexión muy dirigida
<b>Materiales de construcción</b>				
Hormigón fresco y seco	0,4 – 0,5	0,6 – 0,5		Reflexión difusa
Enyesado fresco y seco	0,8	0,2		Reflexión difusa
Enyesado viejo y seco	0,6 – 0,7	0,4 – 0,3		Reflexión difusa
Piedra caliza	0,35 – 0,65	0,65 – 0,35		Reflexión difusa
Mármol pulimentado (7 – 10 mm)	0,05 – 0,3	0,87 – 0,67	0,08 – 0,3	Reflexión semidirig. - Transmisión difusa
Alabastro (11 – 15 mm)	0,2 - 0,5	0,5 – 0,33	0,3 – 0,17	Reflexión semidirig. - Transmisión difusa
<b>Pinturas y superficies pintadas</b>				
Esmalte blanco	0,6 - 0,75	0,4 - 0,35	0	Reflexión difusa y semidirigida
Sup. Pintada blanca	0,7 – 0,8	0,3 – 0,2	0	Reflexión difusa
Sup. Pintada amarilla	0,3 – 0,7	0,7 – 0,3	0	Reflexión difusa
Sup. Pintada beige	0,25 – 0,65	0,75 - 0,35	0	Reflexión difusa

## **UNIDAD 5 - FISIOLÓGÍA DE LA VISIÓN**

Para poder efectuar una visión se necesita dos factores esenciales

- 1) Un manantial de energía luminosa que podemos equiparar a un generador de energía luminosa. Por ejemplo una lámpara fluorescente.
- 2) Un órgano captador de esta energía luminosa, es decir un receptor que en nuestro caso es el órgano de la visión.

Este órgano de la visión está compuesto por tres elementos

-los dos ojos que en general actúan a la vez

-los nervios ópticos y vías nerviosas

-el centro visual del cerebro

El estímulo luminoso es captado por los ojos, por medio de un fenómeno llamado sensación visual y las envías al cerebro por medio de los nervios ópticos, para que este lo interprete mediante un proceso llamado percepción visual.

### **EL OJO HUMANO**

Es el órgano fisiológico mediante el cual se realizan las sensaciones de luz y de color.

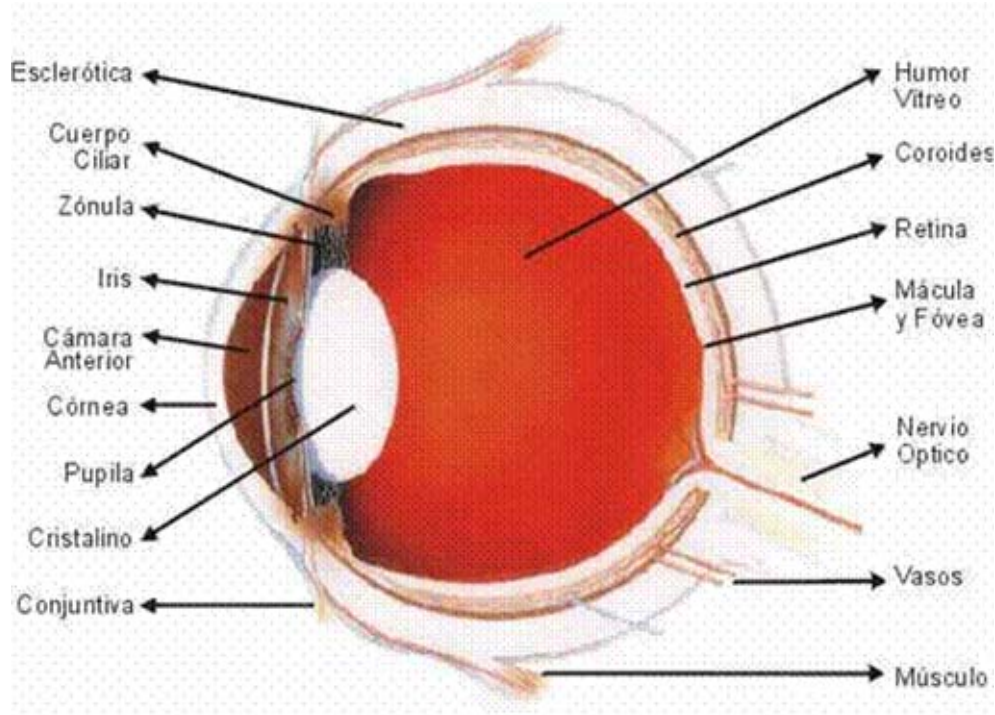


Fig. 5-1

En la figura 5-1 podemos apreciar un corte longitudinal del ojo humano, en donde vemos:

- 1- **CORNEA** es una membrana situada en la parte anterior del ojo, al cual lo protege, junto con los párpados, pestañas, etc.
- 2- **ESCLERÓTICA** es la prolongación de la cornea hacia la parte interior del ojo, que cierra el globo ocular.
- 3- **IRIS** se encuentra detrás de la cornea y es la encargada de graduar automáticamente la entrada de luz al ojo.
- 4- **PUPILA** es la perforación interior del iris por la cual penetra la luz al interior del ojo.
- 5- **CRISTALINO** se encuentra detrás del iris, es una membrana transparente, cuyo objetivo es enfocar los rayos luminosos sobre la **RETINA** (6)
- 6- **RETINA** es una delgadísima membrana, sobre ella se forman las imágenes luminosas.
- 7- **MÚSCULOS CILIARES** son los encargados de variar la curvatura del cristalino, de manera de poder adaptar la visión para diferentes distancias.
- 8- **COROIDES** es la prolongación del cristalino en la parte interior del ojo, destinada a mantener la parte más sensible a la luz, la retina.
- 9- **NERVIO ÓPTICO** son los encargados de transmitir al cerebro las imágenes impresionadas en la retina, en el cerebro es donde tiene lugar la verdadera percepción luminosa.

Como conclusión podemos decir que las imágenes se forman en los ojos, pero solo el cerebro es capaz de interpretarlas.

10- **HUMOR ACUOSO** es un líquido transparente, contenido en la cámara anterior, espacio este comprendido entre la cornea y el iris.

11- **HUMOR VITRIO** es un líquido de aspecto gelatinoso, contenido en la cámara posterior que es el espacio comprendido entre el cristalino y la retina.

El nervio óptico conduce hasta el globo del ojo un gran número de pequeñas fibras nerviosas que, al llegar a la retina se extienden sobre su superficie exterior, las terminaciones de estas fibras nerviosas son células nerviosas especiales de dos tipos:

**-BASTONCILLOS de forma cilíndrica**

**-CONOS de forma cónica**

En toda la retina existen aproximadamente 130 millones de bastoncillos y unos 8 millones de conos, siendo su relación de 100 bastoncillos a 8 conos por fibra nerviosa.

Su distribución es bastante irregular, en el borde exterior de la retina predominan los bastoncillos y casi no hay conos. En el punto de entrada del nervio óptico no existen ni cono ni bastoncillo lo que lo hacen insensibles a las impresiones luminosas por lo que se denomina punto ciego.

En el centro de la retina existe una región llamada mancha amarilla, a causa de su color, donde hay un predominio de los conos sobre los bastoncillo, en el centro de esta mancha contiene unos 4000 cono y ningún bastoncillo.

Tanto los bastoncillos como los conos son los órganos sensibles a los estímulos luminosos y en ellos es donde se transforma la energía luminosa en energía nerviosa que se conduce al cerebro por el nervio óptico.

Cada uno de estos elementos tiene su función bien determinada, la cuales la detallamos a continuación:

**-BASTONCILLOS:** son muy sensibles a la energía luminosa y casi insensibles al color. Por lo que con los bastoncillos podemos distinguir la mayor o menor claridad con que están iluminados los objetos,

**-CONOS:** son muy sensibles al color y prácticamente insensibles a la energía luminosa. Por lo que con los conos podemos apreciar el color de cada objeto.

Por lo tanto en la visión a la luz del día o visión fotópica intervienen bastoncillos y conos, mientras que en la visión nocturna o visión escotópica intervienen los bastoncillos casi exclusivamente, por lo que de noche vemos los objetos de color gris.

## **FORMACIÓN DE LAS IMÁGENES EN EL OJO**

De los objeto luminoso o iluminado parten rayos luminosos que atraviesan la cornea y llegan al interior del ojo. El iris refleja una parte de los rayos percibido, motivo por el cual se percibe el color del iris, los rayos que ingresan por la pupila pasan al cristalino donde se refractan y se dirigen hacia la retina (Fig. 5-2).

Esta refracción provoca que los rayos luminosos se encuentren nuevamente en un punto de la retina, pero la imagen formada es pequeña e invertida, esta imagen se transforma en una señal nerviosa y a través del nervio óptico pasa al cerebro, donde este órgano interpreta correctamente los datos recibidos.

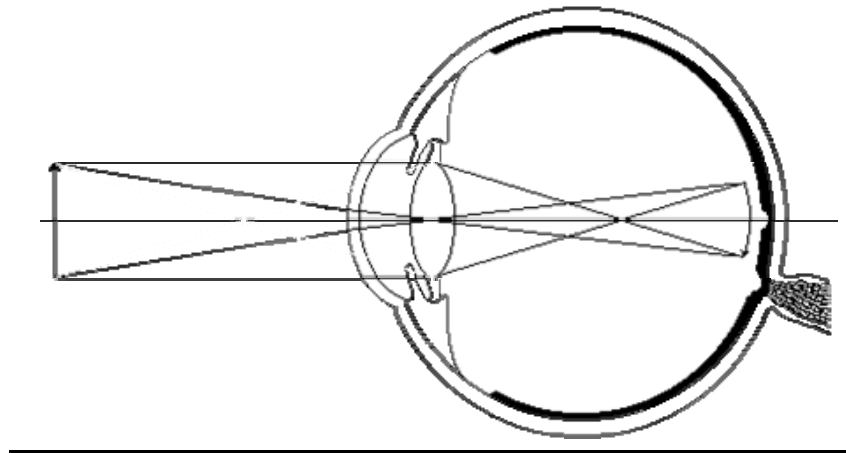


Fig. 5-2

El ojo humano se acomoda automáticamente a las diversas distancias en que se encuentran los objetos, de manera que la imagen que recibe la retina siempre está bien enfocada, esto se logra a la actuación de los nervios ciliares sobre el cristalino de manera que este se hace mas o menos convexos según la distancia a la que se encuentra el objeto enfocado. Este movimiento es de acción involuntaria y automática. Esta propiedad del ojo se denomina **acomodación**

Además el ojo humano tiene la propiedad de ajustarse automáticamente a la iluminación , cuando el ojo se encuentra sometido a una luz intensa la pupila se contrae , reduciendo el paso de los rayos al interior del ojo. Contrariamente cuando la intensidad luminosa es débil la pupila se dilata tratando de captar la mayor cantidad de luz.

De esta manera el ojo regula la intensidad de las sensaciones luminosas sobre la retina permitiendo que la imagen formada siempre tenga nitidez. A este fenómeno se los denomina **adaptación**. Tanto la propiedades de acomodación tanto como la de adaptación se realizan simultáneamente permitiendo una visión clara de lo objetos que nos rodean.

El fenómeno de adaptación lo podemos explicar de una forma más completa teniendo en cuenta la composición de la retina. Para ello, supondremos dos sentidos independientes sensibles a la luz, todos lo bastoncillos formaran el sentido escotópico caracterizado por gran sensibilidad a la luz y pequeña sensibilidad a los colores de los cuerpos y todos los cono constituirán el sentido fotópico, de características contrarias.

Estos dos sentidos dependen en su funcionamiento de la luminancia de campo visual, por ejemplo para una iluminación de 1/250 lux sobre papel blanco la sensibilidad de la retina a la luz es muy grande y la pupila está muy abierta para dejar pasar la mayor cantidad de luz, esto quiere decir que

trabaja el sentido escotópico, pero la sensibilidad a los colores es muy reducida, por lo que se aprecia los cuerpos de color gris.

Pero si ahora tenemos una iluminación de 12 lux sobre papel blanco, actúa casi exclusivamente el sentido fotópico, Esto quiere decir que la sensibilidad del ojo se adapta a circunstancias luminosas del campo visual.

La adaptación del ojo desde la visión fotópica a la escotópica es lenta, normalmente una media hora, la adaptación en sentido contrario es mucho más rápida.

### **PERCEPCIÓN DE PROFUNDIDAD**

La percepción que el hombre tiene de la profundidad se logra en función de 10 señales visuales. Cuando una imagen bidimensional (2D) es proyectada sobre la retina del ojo, nos permite relacionar los objetos de la imagen a un espacio tridimensional (3D). Cuatro de las señales están dentro del campo fisiológico y seis en el psicológico.

#### **Señales fisiológicas**

1. **Acomodación** es el ajuste de la longitud focal de la lente.
2. **Convergencia**, el ángulo hecho por los dos ejes visuales del par.
3. **Disparidad binocular** es la disparidad entre las imágenes del mismo objeto proyectado sobre las retinas. Es la señal más importante de la percepción de profundidad sobre distancias medias de la visión.

El ángulo paraláctico o ángulo de convergencia, se relaciona con la distancia de un objeto desde los ojos. Para grandes distancias el ángulo paraláctico disminuye y la percepción de profundidad llega a ser cada vez más difícil.

4. **Paralaje del movimiento** es el resultado del cambio de la posición de un objeto en el espacio, debido al movimiento del objeto como del punto de vista del observador. Los objetos distantes parecerán lentos en comparación con objetos cercanos, incluso cuando los dos se estén moviendo a la misma velocidad.

#### **Señales psicológicas**

Son señales aprendidas por la experiencia. Cuando están combinadas, realzan grandemente la percepción de profundidad.

1. **El tamaño retiniano de la imagen** es más grande la imagen del objeto más cercano.
2. **Perspectiva lineal** es la reducción gradual del tamaño de la imagen a medida que la distancia al objeto aumenta.
3. **Perspectiva aérea** es la nubosidad de los objetos distantes.
4. **Traslape** es el efecto donde los contornos continuos aparecen más cercanos al observador.
5. **Sombreado** es la percepción de convexidad o concavidad que se genera por una fuente de iluminación que generalmente está arriba del objeto.
6. **El gradiente de textura** es una clase de perspectiva lineal que describe niveles de rugosidad de un material uniforme como si se alejara en la distancia.



## AGUDEZA VISUAL

La agudeza visual es la facultad de distinguir los detalles de lo objetos. En la figura podemos ver que la letra E mayúscula tiene el mismo grueso tanto las tres barras de la letra como el espacio en blanco que las separan (Fig. 5-3).

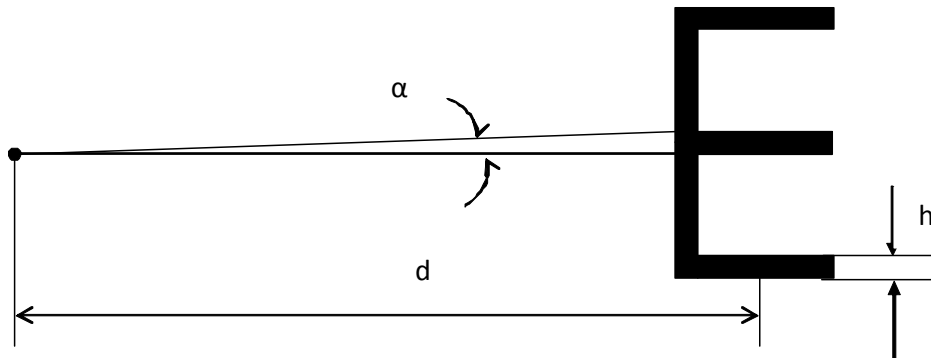


Fig. 5-3

El observador distingue la letra sin ningún problema a una distancia "d", si esta distancia aumenta la letra se hace cada vez mas ilegible y confusa, o sea que no se pueden distinguir las barras oscuras ni las claras, según estudios se puede verificar en condiciones normales que la distancia a la cual la letra se percibe confusamente es igual a 3.333 veces la altura "h" de las barras.

Por ejemplo se tenemos una letra con una altura de barra de 3 cm la distancia "d" a la que se percibirá la letra será

$$3 \times 3.333 = 10.000 \text{ cm} = 100 \text{ m}$$

Ahora tenemos un triángulo de 100 m de altura y 3 cm de base lo cual forma un ángulo  $\alpha$  de 1 minuto, cualquier variación del valor "h" produce una variación de "d" que representa el límite de percepción, pero en todos los casos el ángulo  $\alpha$  no va a variar, o sea que la relación (Fig. 5-4)

$$\frac{h_1}{h} = \frac{d_1}{d} = \text{constante}$$

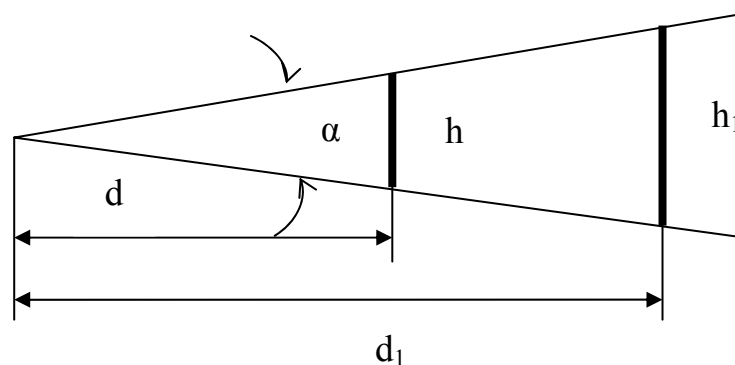


Fig. 5-4

Si queremos ver la letra E en condiciones desfavorables, debemos aumentar el grueso "h" por lo que va a aumentar el valor del ángulo  $\alpha$ , ya que este último es función de la altura.

Con estas definiciones podemos dar una mejor definición de la agudeza visual:

**se denomina agudeza visual a la recíproca del ángulo  $\alpha$**

Se considera una agudeza visual normal la que es igual a 1, existiendo personas jóvenes con una agudeza visual superior a la unidad, por otro lado en general la agudeza visual va disminuyendo a medida que aumenta la edad, siendo su valor menor que la unidad.

Esta disminución de la agudeza visual se debe a que el cristalino pierde su elasticidad y cada vez le resulta más difícil enfocar la imagen bien definida sobre la retina, por sobre todo en distancias cortas.

La agudeza visual además va a estar influenciada por algunos factores:

- a. La presencia o ausencia de factores perturbadores tales como el deslumbramiento o fuertes contrastes de color en el fondo.
- b. El contraste entre el objeto percibido y el fondo, un objeto se reconoce más fácilmente cuando mas intenso es el contraste con el fondo.
- c. Las condiciones de luminancia en el campo visual, puede decirse que cuanto mayor sea la luminancia a la cual está adaptado el ojo, tanto mayor será la agudeza visual.

Es por esto que en todo proyecto de iluminación se debe tener en cuenta la agudeza visual, por sobre todas las cosas cuando el trabajo un buen contraste entre los objetos.

A continuación veremos algunos de los contrastes de colores, de mayor a menor para reconocer el objeto sobre el fondo.

- 1- negro sobre amarillo**
- 2- verde sobre blanco**
- 3- rojo sobre blanco**
- 4- azul sobre blanco**
- 5- blanco sobre azul**
- 6- negro sobre blanco**
- 7- amarillo sobre negro**
- 8- blanco sobre rojo**
- 9- blanco sobre verde**

## 10- blanco sobre negro

### SENSIBILIDAD DIFERENCIAL

El ojo humano a pesar de su perfección en su funcionamiento es incapaz de poder apreciar el valor de la iluminación de dos fuentes luminosas distintas.

Por ejemplo el ojo humano no nota la diferencia de los niveles de iluminación de un día soleado a las 9 de la mañana (30.000 lux) y los casi 50.000 lux que hay al mediodía.

Contrariamente el ojo percibe con bastante exactitud si dos superficies contiguas están o no igualmente iluminadas, o sea que el ojo puede distinguir la diferencia de iluminación solamente por contraste.

El ojo humano puede apreciar la variación de la iluminación de dos superficie contigua a partir de un determinado valor llamado **umbral de percepción**; la variación de iluminación que produce esta percepción se llama **valor límite de la diferencia de iluminación**.

Esta percepción de la variación de iluminación sigue una ley logarítmica llamada LEY DE FECHNER, la cual dice lo siguiente:

**Las sensaciones son proporcionales a los logaritmos de los estímulos**

$$\varepsilon = K \cdot \log \frac{E}{E_0}$$

Donde:

$\varepsilon$  = intensidad de la sensación

K = constante de proporcionalidad

E = valor de iluminación

$E_0$  = valor mínimo de iluminación

Si  $E_0$  es de 1 lux y la superficie contigua tiene una iluminación  $E = 1000$  lux, aplicando la formula obtenemos que  $\varepsilon = 3$ , es decir que se percibirá la segunda superficie 3 veces mas iluminadas.

### FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PERCEPCIÓN VISUAL.

El ojo humano solo percibe las diferencias de iluminación entre los objetos circundantes, por lo que la percepción de la luz, es en realidad, la percepción de las diferencias de luminancias; y el efecto de la luminancia sobre el órgano de la visión se le llama **brillo**.

Es decir que la luminancia es la causa del estímulo y el brillo es el efecto o la sensación.

Otro factor que interviene en la percepción visual son, la percepción de las formas plásticas, la de volumen y profundidad y la percepción del color.

## **BRILLO**

Podemos diferenciar dos tipos de brillos:

Brillo directo o el provocado por un manantial luminoso

Brillo reflejado o brillo percibido al incidir el flujo luminoso sobre una superficie brillante.

El brillo es directamente proporcional a la intensidad luminosa de un manantial e inversamente proporcional a la superficie de la fuente luminosa, ya sea para brillo directo como para el brillo reflejado. Es por esta razón que un manantial luminoso de débil intensidad luminosa pero de poca superficie emisora puede resultar más brillante que un manantial de luz de gran intensidad luminosa pero de gran superficie emisora.

Un claro ejemplo de estos es una lámpara incandescente de 100 w, esta es mucho más brillante si esta tiene vidrio transparente, que si la misma está provista de vidrio mateado. Esto es debido a que en el primer caso la superficie emisora es el filamento de la lámpara y en el segundo caso lo es toda la superficie vidriada.

## **DESLUMBRAMIENTO**

El deslumbramiento está íntimamente ligado con el brillo, pero no depende de este, sino que de la diferencia de brillos.

Se presenta este fenómeno cuando en el campo de la visión hay objetos iluminados con grandes diferencias de brillo. Por ejemplo si en una habitación completamente oscura, la luz directa de una lámpara incandescente de 40 w produce deslumbramiento, mientras que la misma lámpara en una habitación ahora iluminada no produce este fenómeno.

El deslumbramiento se produce en el siguiente caso, los que habrá que tener en cuenta para los proyectos de alumbrado

- 1) Brillo excesivo de un manantial luminoso. El límite tolerable de brillo para una visión directa es el producido por una luminancia de 7.500 nits.
- 2) Situación inadecuada de manantiales luminosos de brillo intenso, es decir próximas al órgano visual del observador o en el centro de su campo visual.

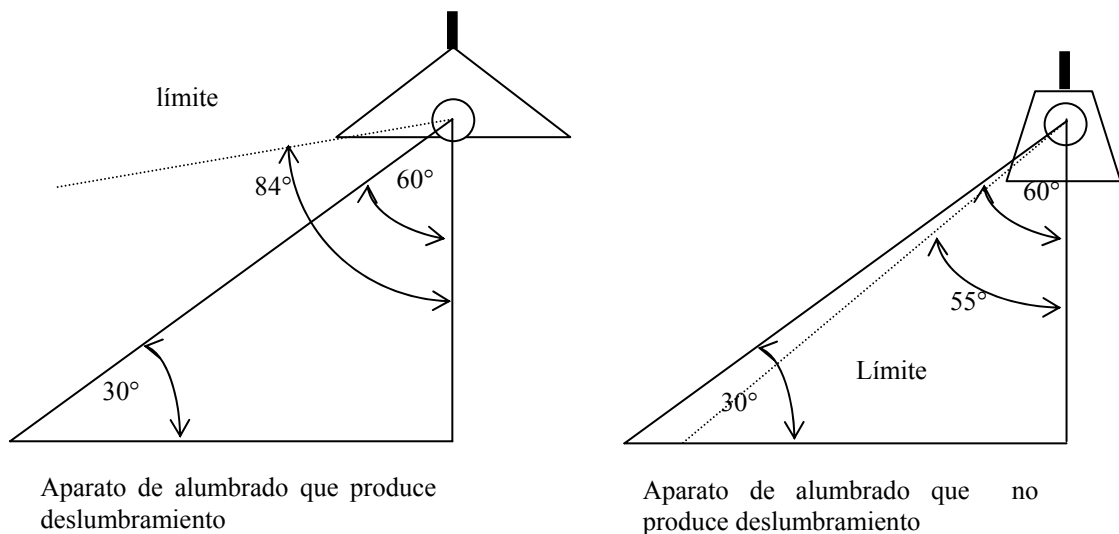


Fig. 5-5

Como norma para evitar el deslumbramiento por el caso 2) podemos definir un **ángulo límite** como el formado por la dirección visual horizontal y la dirección de la visual al foco luminoso, este ángulo debe ser superior a 30° (Fig. 5-5).

Para el caso en que este ángulo no se pueda respetar lo que se debe hacer es proteger la fuente luminosa ya sea mediante globos difusores, reflectores, etc., es decir que oriente los rayos luminosos de manera de aumentar el valor del ángulo.

- 3) Contraste excesivos de luz y sombras en el campo visual.
- 4) Brillo reflejado por superficies metálicas o muy pulimentadas.

Los efectos que produce el deslumbramiento son:

- 1- Disminución de la percepción visual.
- 2- Efectos desagradables a la vista
- 3- Fatiga visual lo que implica un menor rendimiento en el trabajo.
- 4- Dar un aspecto falso y perjudicial a los objetos iluminados.

Veamos algunas normas para evitar el deslumbramiento

- a) A ser posible no debe entrar objetos brillantes en el campo visual del observador.
- b) Se debe evitar el deslumbramiento reflejado o sea el producido por una superficie reflectora.

Veamos un ejemplo de esto, supongamos que queremos iluminar un objeto H (un cuadro, espejo, etc.) y se supone que la línea visual es A-A', estando el observador situado en Z.

En el primer caso de iluminación, en donde la fuente luminosa no está protegida, existe un deslumbramiento directo y reflejado, por lo que no se podrá apreciar claramente el objeto además de producir molestias y fatiga (Fig. 5-6).

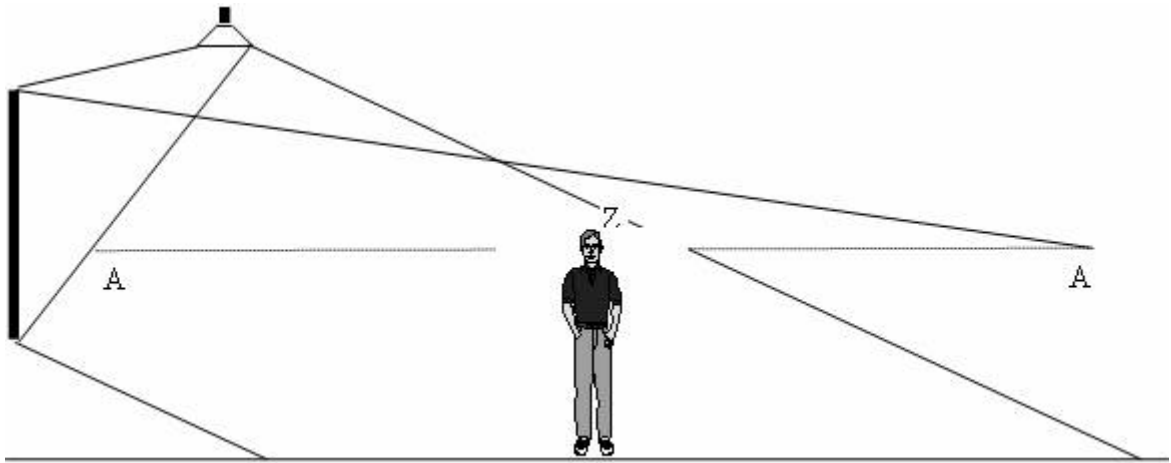


Fig. 5-6

En el segundo caso se ha apantallado la fuente luminosa, esto permite que no exista el deslumbramiento directo, pero no así el deslumbramiento reflejado ya que el observador se encuentra en el cono de luz reflejada (Fig. 5-7).

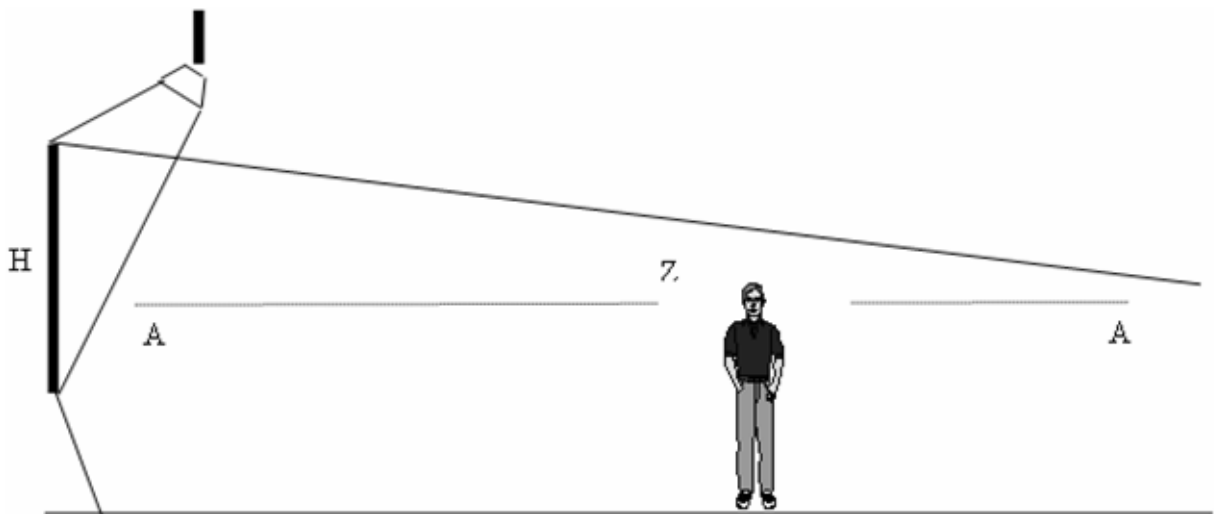


Fig. 5-7

En el tercer caso (Fig. 5-8) se cambia el ángulo de incidencia de la superficie iluminada, colocando la fuente luminosa más alta y con mayor inclinación. Esto permite apreciar claramente el objeto.

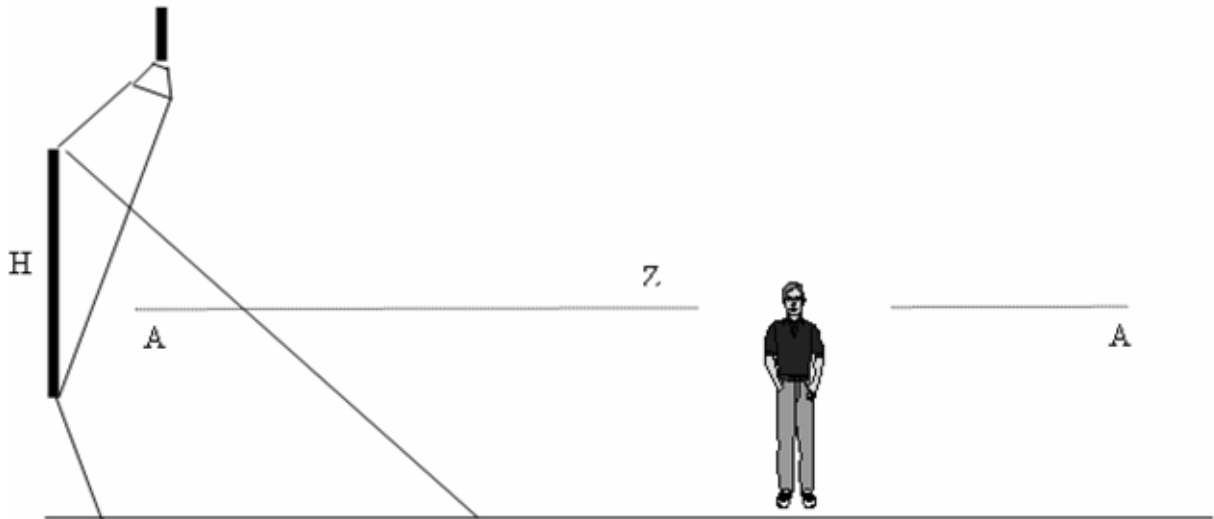


Fig. 5-8

## **PERCEPCIÓN DE FORMAS PLÁSTICAS**

Para poder apreciar en los objetos la sensación tridimensional o sensación plástica es necesario la presencia de sombras o zona de menor iluminación. O sea que las variaciones en las formas en los objetos se hacen visibles por el contraste de brillos existentes entre las zonas de sombra y la sometida a la luz reflejada.

## **DEFICIENCIAS VISUALES**

Una explicación simple al complicado proceso de LA VISIÓN sería la siguiente: Los rayos de luz penetran los ojos a través de la córnea, éstos son enfocados por el cristalino, posteriormente absorbidos y convertidos en señales eléctricas que van al cerebro, dónde son interpretadas como imágenes visuales.

Como podemos darnos cuenta, dos de las partes más importantes del ojo humano son la córnea y el cristalino, ya que es precisamente a través de ellos donde se inicia el proceso visual. Por tanto cuando alguno de estos falla, o existe alguna imperfección en su forma, se presenta un problema visual, es decir, la persona no ve bien.

Los defectos visuales, llamados también refractivos son: La Miopía (mala visión de lejos... mejor de cerca) La Hipermetropía (mala visión de cerca... mejor de lejos) y el Astigmatismo (visión borrosa o fuera de foco, tanto de lejos como de cerca).

Los ojos que presentan un defecto visual se conocen como Ametropes, estos ojos generan Miopía, Hipermetropía y Astigmatismo

## **MIOPÍA**

Qué es la Miopía? Es un problema de refracción, en el que el ojo ve mejor de cerca que de lejos (Fig. 5-9)

¿Qué factores propician la Miopía? La miopía tiene un enorme predisposición hereditaria, es decir se padece porque familiares, incluso en segunda y tercera generación la padecieron.

¿Puede corregirse la Miopía? La miopía puede corregirse con lentes de contacto o de armazón. En miopías fuertes es más recomendable usar lentes de contacto, ya que éstos dan una visión más eficiente que los lentes de armazón. También es posible corregirla mediante la técnica Láser.

¿Cada cuándo es necesario cambiar los lentes para corregir eficientemente la Miopía? De preferencia cada año, ya que los ojos por lo común padecen, con el tiempo de pequeños cambios fisiológicos, o de enfermedades que no presentan síntomas.

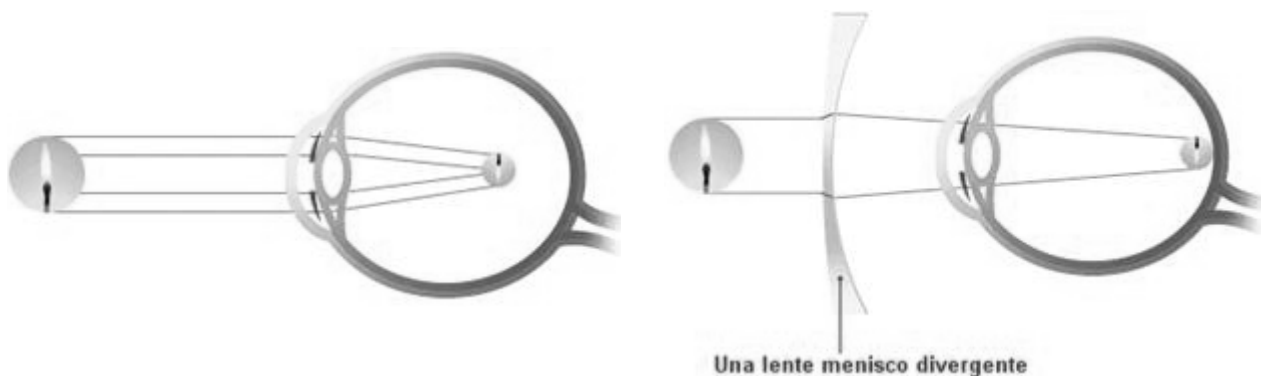


Fig. 5-9

## HIPERMETROPÍA

¿Qué es la Hipermetropía? La hipermetropía es un error refractivo en el que la persona ve mejor de lejos que de cerca (Fig. 5-10).

¿Qué factores propician la Hipermetropía? La herencia.

¿Puede corregirse la Hipermetropía? La hipermetropía se corrige con lentes de armazón o de contacto. También puede corregirse con Técnica Láser.

¿Cada cuándo es necesario cambiar los lentes para corregir eficientemente la Hipermetropía? De preferencia cada año, ya que los ojos por lo común padecen con el tiempo de pequeños cambios fisiológicos. Cada año es necesario determinar que tanto ha mejorado o empeorado la visión.

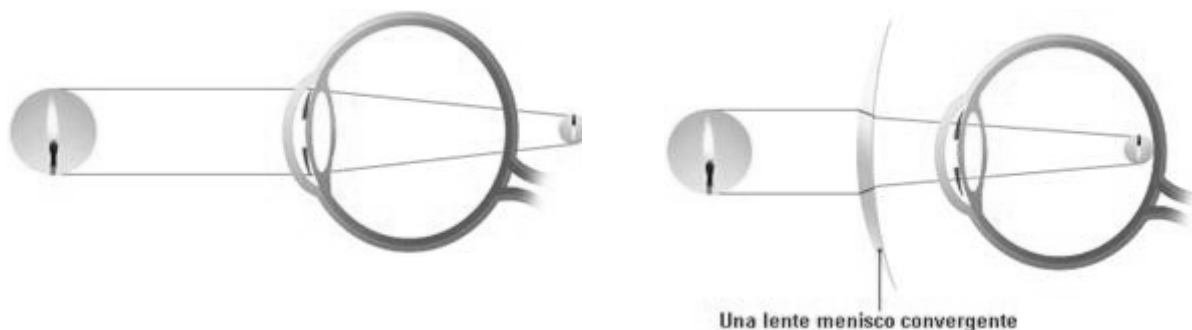


Fig. 5-10

## ASTIGMATISMO

¿Qué es el Astigmatismo? El astigmatismo es un error refractivo que hace que todo se vea deformado o desenfocado, tanto en visión cercana como en visión lejana. En el ojo astigmata la



córnea (membrana transparente que cubre el ojo) no es esférica, sino que tiene forma de elipse (como balón de fútbol americano), esto origina que las imágenes no enfoquen en un foco único como en el ojo normal, son enfocadas en distintos puntos, lo que conlleva a una visión borrosa. (Fig. 5-11).

¿Qué factores propician el Astigmatismo? Puede ser congénito o hereditario.

¿Puede corregirse el Astigmatismo? El astigmatismo puede corregirse usando lentes de contacto duros, permeables al oxígeno, o suaves tóricos, que harán la función de una córnea artificial. En algunos casos es mejor el uso de lentes de armazón. También puede corregirse mediante la Técnica Láser.

El Astigmatismo puede combinarse con Miopía dando lugar a un Astigmatismo Miópico. En este además de ver desenfocado de lejos, las imágenes tanto cercanas como lejanas se perciben deformes.

El Astigmatismo puede combinarse con Hipermetropía, dando lugar a un Astigmatismo Hipermetrópico. En el cual además de ver desenfocado de cerca, las imágenes tanto cercanas como lejanas se perciben deformes.



Fig. 5-11

## ALTERACIONES FISIOLÓGICAS

¿Qué es Presbicia? La presbicia es una alteración fisiológica, que se conoce también como "vista cansada". Es básicamente el endurecimiento del cristalino (lente natural del ojo), el cual, al perder su elasticidad, no permite enfocar los objetos cercanos (principalmente letras pequeñas) (Fig. 5-12).

¿Qué factores propician la Presbicia? La edad, esta alteración fisiológica suele aparecer más o menos a los 40 años.

¿Qué sucede en un ojo Présbita? La imagen de un objeto cercano se forma detrás de la retina. El objeto se ve desenfocado.

¿Se puede corregir la Presbicia? La presbicia puede corregirse con lentes mofocales (graduación únicamente para visión cercana), bifocales (para visión de cerca y de lejos en uno mismo, con línea divisoria) o lentes multifocales progresivos (el cual permite una visión a todas las distancias, sin que se note ninguna línea divisoria, es decir son invisibles).



Fig. 5-12

### RECOMENDACIONES

Escuchar a los expertos hablar de "Higiene Visual" puede resultar un poco confuso. Hay quienes creen que se trata de un simple hábito de limpieza diaria para los ojos, parte del cuerpo que sin duda requiere de extremos cuidados. Sin embargo, la "Higiene Visual" va mucho más allá, y precisamente la limpieza de los ojos abarca recomendaciones fáciles de seguir que no se deben pasar por alto, como las siguientes:

1. No hay que acercarse en exceso a leer, ni ladear o girar la cabeza o espalda. Se debe procurar realizar todas las actividades de cerca de la misma distancia que hay entre el codo y la primera falange del dedo medio.
2. Al hacer tareas de cerca debe ser consciente de lo que rodea.
3. Para facilitar una buena postura al leer o escribir es conveniente que el plano de la mesa tenga una inclinación de unos 20 grados.
4. No leer o estudiar cuando esté demasiado cansado o a punto de dormir. Tampoco hacerlo al levantarse por la mañana, esperar al menos una hora si es posible.
5. Cuando lea, de vez en cuando debe mirar a lo lejos alguna imagen (números de un calendario por ejemplo).
6. Cuando estudie, ponga una marca tres o cuatro páginas más adelante y al llegar a ella levántese y muévase al menos durante 1 minuto.
7. Use una iluminación general en la habitación y otra centrada en la tarea que realiza cerca.
8. No ver televisión a una distancia inferior a 2 o 2.5 mts. Y mantener una buena postura. Debe tener iluminada la habitación, nunca a oscuras.
9. Cuando vaya en coche evite la lectura u otras actividades de cerca. Es preferible mirar de lejos.
10. Por último, es conveniente hacer un estudio visual cada año o en el momento que note fatiga visual, dolores de cabeza, modificaciones en la visión de lejos o cerca o que disminuya su rendimiento en los estudios o en el trabajo.

## UNIDAD 6 - EL COLOR

Resulta difícil dar una definición exacta del color, por lo lo tratemos como un *fenómeno físico*, por lo cual es mensurable, y *una sensación*, la respuesta a un estímulo luminoso.

### ESPECTRO LUMINOSO

A cada longitud de onda le corresponde una sensación particular del color, por lo que cada longitud de onda está asociada a un color determinado.

Como ya vimos el límite de la percepción del ojo humano está comprendido entre 350 nm y 760 nm, siendo este el orden de sensación visual

### *Violeta – azul - verde – amarillo – anaranjado - rojo*

Existiendo sensaciones visuales que son el efecto de dos o mas mezcla de colores, tal como sucede con la luz solar que es una mezcla definida de los seis colores anteriormente mencionados.

Si descomponemos la luz solar tal como muestra la figura tendremos lo que se da en llamar espectro continuo, puesto que se compone de una sucesión ininterrumpida de longitudes de onda (Fig. 6-1).

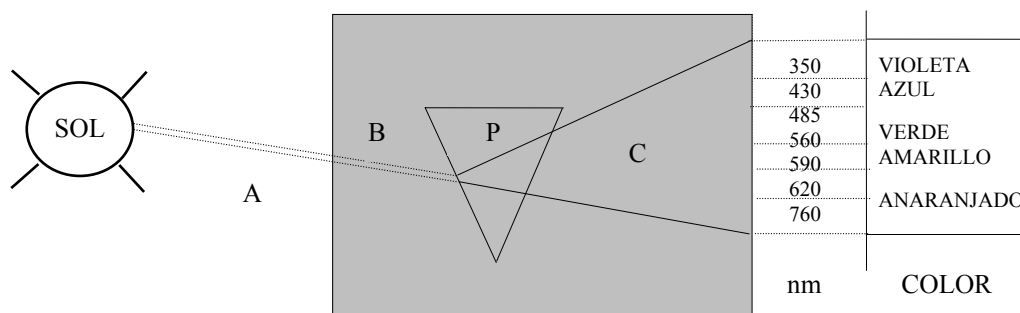


Fig. 6-1

Pero existen otros cuerpos que al emitir radiaciones luminosas lo hacen sobre una o varias longitudes de ondas, separadas entre sí.

Por ejemplo el mercurio al vaporizarse emite las siguientes radiaciones luminosas:

- 405 a 408 nm ----- violeta**
- 436 nm ----- azul**
- 492 nm ----- verde azulado**
- 546 nm ----- verde**
- 578 a 579 nm ----- amarillo**

En donde como podemos ver falta completamente el color rojo, por lo que a este tipo de espectro se le da en llamar discontinuo o lineales.

Existen casos limites, como el sodio, que al vaporizar lo hace sobre una sola longitud de onda (586  $\mu\text{m}$  a 590 nm) correspondiente al color amarillo, en estos casos el espectro se lo denomina como monocromáticos, por lo que la luz resulta ser también monocromática o de un solo color.

## **EL COLOR DE LOS CUERPOS OPACOS**

Para el caso de los cuerpos son iluminados la percepción del color se realiza por el fenómeno de reflexión selectiva, o sea que los objetos iluminados con luz blanca reflejan solamente las radiaciones luminosas cuya longitud de onda corresponde a un color determinado (o una mezcla de colores) absorbiendo los demás.

Como ya se dijo un cuerpo es blanco cuando al ser iluminado con luz blanca cuando refleja todas las radiaciones y no absorbe ninguna y es negro cuando absorbe todas las radiaciones y no refleja ninguna, pero la realidad nos dice que no hay cuerpos blancos ni negros puros, ya que siempre has una pequeña absorción para el primer caso y una pequeña reflexión para el segundo.

Si ahora iluminamos un cuerpo opaco con una luz monocromática el color de estos cuerpos se nos aparecerá deformado. Por ejemplo si iluminamos con una lámpara de vapor de sodio (espectro amarillo) los cuerpos amarillos se verán mas resaltados, mientras que los cuerpos de otro color se verán como cuerpos negros.

## **CUALIDAD DEL COLOR**

Las características cualitativas que distinguen a los diversos colores son:

1) **Tono:** corresponde al concepto físico de longitud de ondas, es decir cuando decimos color amarillo nos estamos refiriendo al tono del color que tiene una longitud de onda de 570 nm.

El ojo humano percibe muy bien el tono del color pero no la causa que lo produce.

2) **Intensidad:** representa la fuerza con que nuestro ojo perciben un determinado color, sin tener en cuenta el tono cromático, por lo que es una cualidad subjetiva, pero es fácil comprender que el color blanco es el mas intenso que los otros y el negro es el menos intenso.

3) **Saturación:** depende de la cantidad de blanco que contiene un color. Se dice que un color es saturado cuando no contiene blanco, al irle agregando se conseguirán distintos matices de un mismo color, que se irá debilitando gradualmente a medida que aumenta la cantidad de blanco, sin perder por ello su calidad en cuanto a color.

## **TEMPERATURA DE COLOR**

No es necesario que dos manantiales luminosos sean exactamente iguales para que provoques en nuestro órgano visual la misma impresión de color, por esta razón se define **temperatura de color**,

con lo que se compara la parte del espectro radiante que corresponde a las radiaciones luminosas de una lámpara determinada, con el mismo espectro del cuerpo negro (cuerpos que absorben casi totalmente todas las radiaciones).

**Temperatura de color de un manantial luminoso es la temperatura absoluta a la que un cuerpo negro emitirá un flujo luminoso que provocara la misma impresión de color en nuestro órgano visual que el manantial luminoso considerado**, naturalmente dos manantiales luminosos que tengan la misma temperatura de color producen la misma impresión de color en nuestros ojos (Fig. 6-2).

Degrees Kelvin	Type of Light Source	Indoor (3200k) Color Balance	Outdoor (5500k) Color Balance
1700-1800K	Match Flame		
1850-1930K	Candle Flame		
2000-3000K	Sun: At Sunrise or Sunset		
2500-2900K	Household Tungsten Bulbs		
3000K	Tungsten lamp 500W-1k		
3200-3500K	Quartz Lights		
3200-7500K	Fluorescent Lights		
3275K	Tungsten Lamp 2k		
3380K	Tungsten Lamp 5k, 10k		
5000-5400K	Sun: Direct at Noon		
5500-6500K	Daylight (Sun + Sky)		
5500-6500K	Sun: through clouds/haze		
6000-7500K	Sky: Overcast		
6500K	RGB Monitor (White Pt.)		
7000-8000K	Outdoor Shade Areas		
8000-10000K	Sky: Partly Cloudy		

Fig. 6-2

La temperatura de color es una medida que se especifica en las lámparas y se refiere a la apariencia o tonalidad de la luz que emite la fuente luminosa. La forma en que vemos cierto ambiente depende de la tonalidad de luz de la lámpara y es crucial para establecer una atmósfera de confort o frescura.

Las fuentes de luz que percibimos blancas y brillantes o azuladas tienen una temperatura de color arriba de los 3600°K (grados Kelvin) y la luz se denomina “luz fría”, se usan en aplicaciones industriales, oficinas, hospitales, etc. las fuentes de luz que percibimos rojizas o amarillentas tienen una temperatura de color abajo de los 3400°K y se denominan “luz cálida”, se usan en lugares donde se requiera un ambiente de hospitalidad y confort por ejemplo, tiendas de ropa, hogar, restaurantes, etc.

Fuentes de luz con temperatura de color de 3500°K se consideran neutras y comúnmente son usadas en lugares de trabajo, incluyendo oficinas, salas de conferencias, bibliotecas, escuelas.

## **ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR**

El índice de rendimiento de color (CRI) es la capacidad que tiene una lámpara para reproducir los colores de los objetos y es un factor muy importante a considerar en cualquier aplicación de iluminación. El CRI se mide en una escala de 0 a 100 siendo la luz de una lámpara incandescente de un CRI de 100. Es importante tener en cuenta que los objetos y personas iluminados bajo luz con un alto CRI se ven más naturales, además que el nivel de iluminación se percibe como mayor.

## **INFLUENCIA PSICOLÓGICA DEL COLOR**

El color del medio ambiente en que estamos influye notablemente en nuestro estado de ánimo. Existiendo experiencias sobre las sensaciones que producen en el individuo determinados colores.

Una de las primeras conclusiones es la sensación de calor o frío, y así es que se consideren colores cálidos, son los que dentro del espectro visible van desde el rojo al amarillo verdoso, y los denominados colores fríos que van desde el verde al azul.

Los colores cálidos son dinámicos, excitantes y producen una sensación de proximidad, mientras que los colores fríos calman y descansan, produciendo una sensación de lejanía.

Asimismo los colores claros animan y dan una sensación de ligereza, mientras que los colores oscuros deprimen y producen una sensación de pesadez.

De lo anterior resulta la verificación de la influencia psicológica y fisiológica que ejercen los colores de los parámetros de las zonas de trabajo sobre los operarios.

Así por ejemplo un ambiente de trabajo sometido a una temperatura ambiente elevada, convendría pintar las paredes de un color refrescante.

Según los efectos fisiológicos los colores pueden clasificarse en:

<b>COLORES</b>	<b>EFECTO FISIOLÓGICO</b>
AZUL VERDOSO	SEDANTE
AMARILLO	ESTIMULANTE
ROJO ANARANJADO	EXCITANTE
AZUL	REFRESCANTE
GRIS	NEUTRO
VIOLETA	DEPRIMENTE

## **COLORES Y SEÑALES DE SEGURIDAD**

La función de los colores y las señales de seguridad es atraer la atención sobre lugares, objetos o situaciones que puedan provocar accidentes u originar riesgos a la salud, así como indicar la ubicación de dispositivos o equipos que tengan importancia desde el punto de vista de la seguridad.

La normalización de señales y colores de seguridad sirve para evitar, en la medida de lo posible, el uso de palabras en la señalización de seguridad. Esto es necesario debido al comercio internacional así como a la aparición de grupos de trabajo que no tienen un lenguaje en común o que se trasladan de un establecimiento a otro.

Por tal motivo en nuestro país se utiliza la norma IRAM 10005- Parte 1, cuyo objeto fundamental es establecer los colores de seguridad y las formas y colores de las señales de seguridad a emplear para identificar lugares, objetos, o situaciones que puedan provocar accidentes u originar riesgos a la salud.

### **Definiciones generales**

**Color de seguridad:** A los fines de la seguridad color de características específicas al que se le asigna un significado definido.

**Símbolo de seguridad:** Representación gráfica que se utiliza en las señales de seguridad.

**Señal de seguridad:** Aquella que, mediante la combinación de una forma geométrica, de un color y de un símbolo, da una indicación concreta relacionada con la seguridad. La señal de seguridad puede incluir un texto (palabras, letras o cifras) destinado a aclarar sus significado y alcance.

**Señal suplementaria:** Aquella que tiene solamente un texto, destinado a completar, si fuese necesario, la información suministrada por una señal de seguridad.

### **Aplicación de los colores**

La aplicación de los colores de seguridad se hace directamente sobre los objetos, partes de edificios, elementos de máquinas, equipos o dispositivos, los colores aplicables son los siguientes:

#### **Rojo**

El color rojo denota parada o prohibición e identifica además los elementos contra incendio. Se usa para indicar dispositivos de parada de emergencia o dispositivos relacionados con la seguridad cuyo uso está prohibido en circunstancias normales, por ejemplo:

- Botones de alarma.
- Botones, pulsador o palancas de parada de emergencia.
- Botones o palanca que accionen sistema de seguridad contra incendio (rociadores, inyección de gas extintor, etc.).

También se usa para señalar la ubicación de equipos contra incendio como por ejemplo:

- Matafuegos.

- Baldes o recipientes para arena o polvo extintor.
- Nichos, hidrantes o soportes de mangas.
- Cajas de frazadas.

### **Amarillo**

Se usará solo o combinado con bandas de color negro, de igual ancho, inclinadas 45° respecto de la horizontal para indicar precaución o advertir sobre riesgos en:

- Partes de máquinas que puedan golpear, cortar, electrocutar o dañar de cualquier otro modo; además se usará para enfatizar dichos riesgos en caso de quitarse las protecciones o tapas y también para indicar los límites de carrera de partes móviles.
- Interior o bordes de puertas o tapas que deben permanecer habitualmente cerradas, por ejemplo de: tapas de cajas de llaves, fusibles o conexiones eléctricas, contacto del marco de las puertas cerradas (puerta de la caja de escalera y de la antecámara del ascensor contra incendio), de tapas de piso o de inspección.
- Desniveles que puedan originar caídas, por ejemplo: primer y último tramo de escalera, bordes de plataformas, fosas, etc.
- Barreras o vallas, barandas, pilares, postes, partes salientes de instalaciones o artefacto que se prolonguen dentro de las áreas de pasajes normales y que puedan ser chocados o golpeados.
- Partes salientes de equipos de construcciones o movimiento de materiales (paragolpes, plumas), de topadoras, tractores, grúas, zorras autoelevadores, etc.).

### **Verde**

El color verde denota condición segura. Se usa en elementos de seguridad general, excepto incendio, por ejemplo en:

- Puertas de acceso a salas de primeros auxilios.
- Puertas o salidas de emergencia.
- Botiquines.
- Armarios con elementos de seguridad.
- Armarios con elementos de protección personal.
- Camillas.
- Duchas de seguridad.
- Lavaojos, etc.

### **Azul**

El color azul denota obligación. Se aplica sobre aquellas partes de artefactos cuya remoción o accionamiento implique la obligación de proceder con precaución, por ejemplo:

- Tapas de tableros eléctricos.
- Tapas de cajas de engranajes.
- Cajas de comando de aparejos y máquinas.
- Utilización de equipos de protección personal, etc.



Cuadro resumen de los colores de seguridad y colores de contraste de contraste

Veamos los colores de seguridad y colores de contraste, según la NORMA IRAM 10005

Color de Seguridad	Significado	Aplicación	Formato y color de la señal	Color del símbolo	Color de contraste
Rojo	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Pararse</li> <li>· Prohibición</li> <li>· Elementos contra incendio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Señales de detención</li> <li>· Dispositivos de parada de emergencia</li> <li>· Señales de prohibición</li> </ul>	Corona circular con una barra transversal superpuesta al símbolo	Negro	Blanco
Amarillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Precaución</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Indicación de riesgos ( incendio, explosión, radiación ionizante)</li> </ul>	Triángulo de contorno negro	Negro	Amarillo
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Advertencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Indicación de desniveles, pasos bajos, obstáculos, etc.</li> </ul>	Banda de amarillo combinado con bandas de color negro		
Verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Condición segura</li> <li>· Señal informativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Indicación de rutas de escape. Salida de emergencia. Estación de rescate o de Primeros Auxilios, etc.</li> </ul>	Cuadrado o rectángulo sin contorno	Blanco	Verde
Azul	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Obligatoriedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Obligatoriedad de usar equipos de protección personal</li> </ul>	Círculo de color azul sin contorno	Blanco	Azul

### **SISTEMA DE SEGURIDAD PARA LA IDENTIFICACIÓN DE CAÑERÍAS**

La NORMA IRAM 2507 N10 define los códigos de colores a utilizar en las industrias. Esta norma establece el sistema de seguridad para la identificación, por medio de colores y leyendas, de los fluidos conducidos por las cañerías, en lugares terrestres de trabajo

PRODUCTO	COLOR FUNDAMENTAL
Elementos para la lucha contra el fuego	Rojo
Vapor de agua	Naranja
Combustible (líquidos y gases)	Amarillo
Aire comprimido	Azul
Electricidad	Negro
Agua fría	Verde

Agua caliente	Verde con franjas naranja
Vacío	Castaño

Las cañerías de gran diámetro puede reemplazarse el pintado total por el pintado de franjas del color establecido en la tabla.

## **PARA PRODUCTOS TERMINADOS O EN PROCESOS DE FABRICACIÓN**

### **Productos inofensivos**

- Las cañerías destinadas a conducir productos terminados o en proceso de fabricación que sean inofensivos para la seguridad personal se identificaran pintándolos de color gris en toda su longitud.

### **Productos peligrosos**

- Las cañerías destinadas a conducir productos terminados en proceso de fabricación que sean peligrosos para la seguridad personal, se identificaran en la forma siguiente:
  - Color fundamental. Se pintaran de color gris en toda su longitud.
  - Color secundario. Se pintaran sobre el color fundamental franjas de color naranja

## **FRANJAS**

Las franjas o grupos de franjas se pintaran a una distancia máxima de 6 m entre sí, a cada lado de las válvulas, de las conexiones, de los cambios de dirección de las cañerías y junto a los pisos, techos o paredes que atraviese la misma.

Se dejara un espacio de aproximadamente un espacio de aproximadamente 10 cm entre la boca de las válvulas o conexiones y la franja correspondiente y también entre las franjas de un mismo grupo

<b>Diámetro exterior de la cañería D(mm)</b>	<b>Ancho de las franjas de color A (mm)</b>
D ≤ 50	200
50 < D ≤ 150	300
150 < D ≤ 250	600
D > 250	800

## **LEYENDAS**

La identificación de los productos conducidos por las cañerías, se podrá completar indicando leyendas el nombre y/o el grado de peligrosidad de los mismos. El color de las letras será el negro o

el blanco. La elección del color estará condicionada al establecimiento de un buen contraste con el color de las franjas.

Diámetro exterior de la cañería D(mm)	Altura de las letras B (mm)
$20 \leq D \leq 30$	13
$30 < D \leq 50$	20
$50 < D \leq 80$	25
$80 < D \leq 100$	30
$100 < D \leq 130$	40
$130 < D \leq 150$	45
$150 < D \leq 180$	50
$180 < D \leq 230$	65
$230 < D \leq 280$	75
$D > 280$	80

GRÁFICO EJEMPLIFICADO (Fig. 6-3)

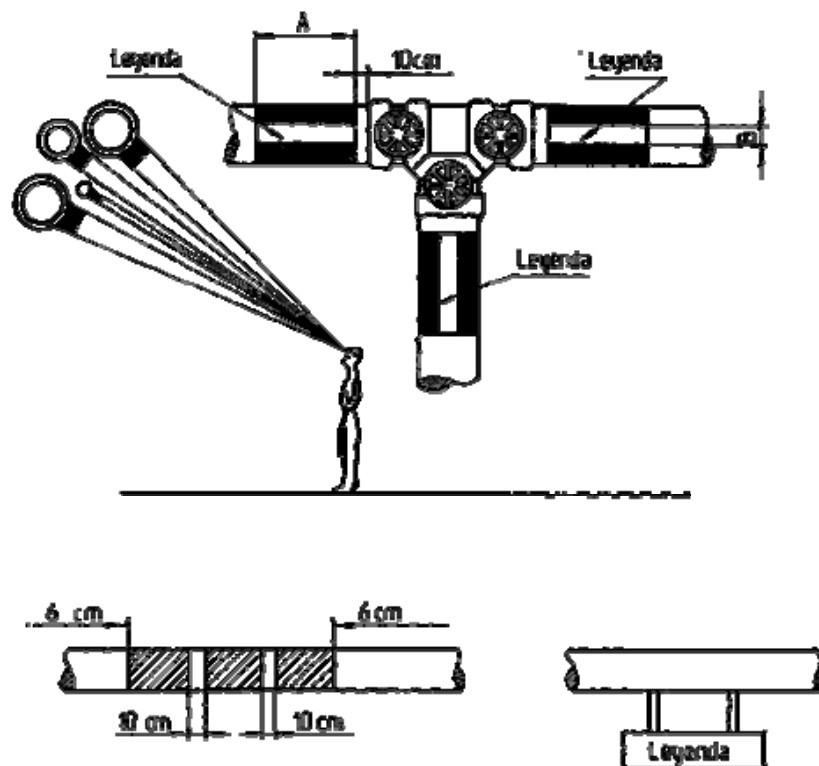


Fig. 6-3

## UNIDAD 7 -ASPECTO A CONSIDERAR PARA EL ALUMBRADO DE INTERIORES

Para cualquier proyecto de iluminación artificial se debe tener en cuenta que la misma debe ser apropiada para una visibilidad adecuada en función de las tareas u objetos que se desean elaborar. En algunos procesos industriales además debemos tener en cuenta que la iluminación debe contribuir como factor de seguridad para evitar accidentes, asimismo, debe crear condiciones tales como para permitir que las operaciones puedan ser realizadas con los mínimos tiempos de percepción visual.

Cuando se diseña una instalación de alumbrado debe ser realizado considerando el costo de la primera inversión, los costos de operación y mantenimiento y por las mejoras de las condiciones de trabajo con su correspondiente incidencia en la productividad.

Las características de iluminación recomendadas en cada caso, dependen de la tareas visual a desarrollar, las variaciones en contraste, el tiempo para ver la tarea a realizar y las características o índice de reflexión del ambiente que conforma la zona de la tarea visual. Podemos decir que a medida que aumenta el nivel de iluminación para una tarea dada, se incrementa la rapidez visual, la precisión de la visión.

Un sistema de iluminación debe ser diseñado de manera que la distribución luminosa sea uniforme sobre el área entera de trabajo.

Debemos recordar que toda fuente luminosa tiene una depreciación (Fig. 7-1) a lo largo del tiempo, por lo cual al realizar el cálculo se debe preveer un nivel mayor que el mínimo.

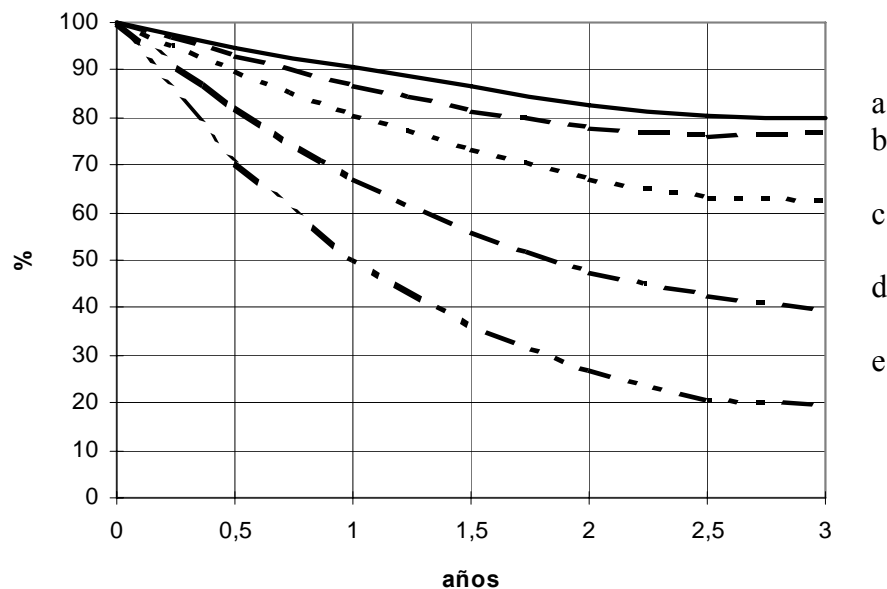


Fig. 7-1

En la figura se puede apreciar algunas características de depreciación del sistema de alumbrado, en ella la curva a) y b) representa el efecto de envejecimiento de la lámpara, las otras curvas corresponden c), d) y e) corresponden a ensuciamiento leve, mediano y grave respectivamente.

Un buen diseño de una instalación de iluminación implica la existencia adecuada de colores, para asegurar la apreciación de los relieves sin recurrir a efectos de sombras demasiado marcados, asimismo, la selección de colores claros para los revestimientos y terminaciones del cieloraso, muros y equipamientos permitirá obtener un mayor aprovechamiento de la cantidad de luz que recibe el lugar de trabajo, mejorará la difusión de la luz y suavizará las sombras, permitiendo eliminar los contrastes excesivos y minimizar el riesgo del deslumbramiento por reflejo.

Otro factor a tener en cuenta es una correcta reproducción de colores por parte de la fuente luminosa artificial.

En lo posible deben evitarse las transiciones desagradables entre las calidades de alumbrado de recintos de trabajos.

## **ILUMINACIÓN SUPLEMENTARIA**

Las normas internacionales le dan una gran importancia a la iluminación suplementaria, con las cuales se logra obtener en muchos casos, los altos niveles de iluminación para distintos tipos de tareas.

Así, por ejemplo, las unidades destinadas a la iluminación suplementaria se dividen en cinco grupos principales, de acuerdo a las características de luminancias de las mismas y su curva de distribución luminosa.

**TIPO S-1:** Unidades reflectoras concentradas o lentes.

**TIPO S-2:** Unidad con gran luminosidad, fuentes con superficie pequeña, tales como lámparas incandescentes, de forma similar a un reflector difuso de cavidad profunda.

**TIPO S-3:** Fuente de luminosidad moderada, tubos fluorescentes.

**TIPO S-4:** Fuentes de luminosidad uniforme, lámpara fluorescente con panel difusor.

**TIPO S-5:** Es del tipo similar a la S-4, incluyendo la superposición de un adecuado sistema de vidrio con estrías lineales.

En todos los casos deben reunir los requisitos de disipación de calor adecuada para evitar la incidencia del calor desarrollado, sobre el usuario.

La ubicación de la iluminación suplementaria también es de gran importancia para evitar deslumbramiento y otras molestias.

Veamos algunos ejemplos de colocación de luminarias suplementarias (Fig. 7-2).

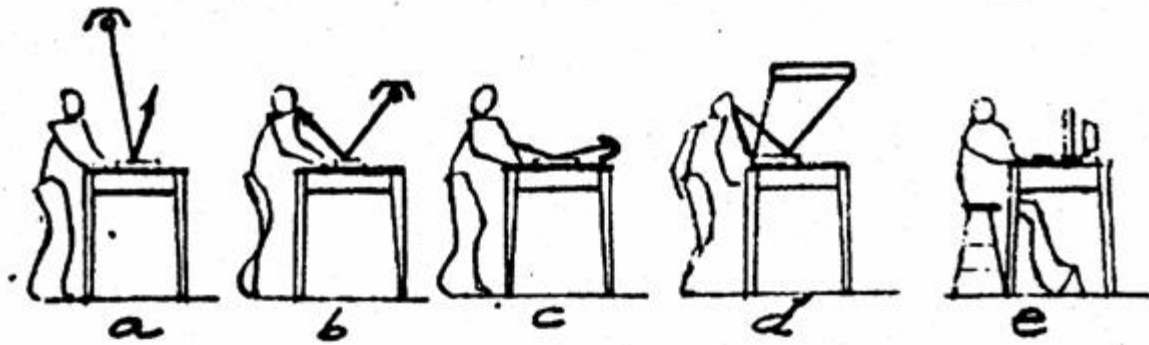


Fig. 7-2

## MANTENIMIENTO

La eficiencia de cualquier equipo de iluminación no es constante a lo largo de su vida, por lo cual es necesario realizarle un mantenimiento periódico para lograr su mayor eficiencia.

Por lo tanto el mantenimiento físico es la única alternativa de lograr niveles de iluminación dentro de los valores recomendados, este mantenimiento deberá ser planificado, para lo cual se deberá contar con personal especialmente destinado para este fin.

Para esto debemos establecer un balance entre el costo total de mantenimiento y las consecuencias fisiológicas de rendimiento del personal y las económicas que ellas implican al llevar a cabo una tarea visual con valores por debajo de los previstos inicialmente.

Varias son las causas que provocan una disminución de la intensidad de iluminación en un recinto:

### a) **DISMINUCIÓN DEL FLUJO LUMINOSO EN LA FUENTE**

La disminución del flujo luminoso de las lámparas a medida que aumenta sus horas de usos son una de las causas de programar adecuadamente un recambio de las mismas.

### b) **SUCIEDAD DE LAS LUMINARIAS**

La acumulación de suciedad sobre las luminarias puede ocasionar pérdidas del rendimiento de un orden del 20 % o mas dependiendo de la forma y tipo de luminarias

### c) **DETERIORO EN LA SUPERFICIE REFLECTORA DE LA LUMINARIA**

Las superficies reflectoras de aluminio o anodizadas se envejecen con el tiempo disminuyendo su capacidad de reflexión y por consiguiente modificando sus curvas de distribución del flujo luminoso.

Lo mismo puede ocurrir con los plásticos que con la temperatura y el tiempo, varían sensiblemente los índices de refracción y de transmisión.

Por lo que se trata de buscar materiales más estables, como por ejemplo los acrílicos.

### d) **SUCIEDAD EN LAS SUPERFICIES REFLECTORAS DEL RECINTO**

La suciedad en las paredes, techos y pisos trae aparejado una disminución de los índices de reflexión, como consecuencia de estos una disminución de los niveles de iluminación, para evitar esto la única solución es una limpieza sistemática de las mismas y periódicas pintadas.

#### e) TEMPERATURA DE LAS FUENTES

Las lámparas fluorescentes son sensiblemente afectadas cuando no operan dentro de los valores de temperatura recomendados por el fabricante.

#### f) DISMINUCIÓN DE LA TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN

La disminución del flujo luminoso con la disminución de la tensión es muy importante, por lo que se recomienda en todo proyecto de iluminación independizar la alimentación de otros tipos de cargas.

### EVALUACIÓN DE FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA REALIZACIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO

#### 1) DESLUMBRAMIENTO

Se procurará que las luminarias existentes en un local no incidan sobre la línea de visión.

#### 2) RELACIÓN DE LUMINANCIAS

Con el objeto de evitar las diferencias de luminancia causante de deslumbramiento, se deberá mantener entre el campo visual central y el resto del campo visual, las siguientes relaciones máximas:

ZONA DEL CAMPO VISUAL	RELACIÓN DE LUMINANCIA CON LA TAREA VISUAL
campo visual central (cono 30° de abertura)	3 : 1
campo visual periférico (cono 90° de abertura)	10 : 1
campo visual total (cono 120° de abertura)	100 : 1
entre la fuente de luz y el fondo sobre el cual se destaca	20 : 1
entre dos puntos cualesquiera del campo visual	40 : 1

En todos los casos, el vértice del cono es el ojo humano.

#### 3) DESLUMBRAMIENTO REFLEJADO

Se evitará en lo posible el uso de superficies pulidas y brillantes, prefiriéndose los acabados mates o semimates.

#### 4) UNIFORMIDAD DE ILUMINACIÓN

Se deberá cumplir una relación no menor de 0,50, entre su valor mínimo y medio:

$$0,50 \leq \frac{E_{\text{mín}}}{E_{\text{med}}}$$

## 5) ILUMINACIÓN LOCALIZADA

En los casos en que se ilumine de forma localizada uno o varios lugares de trabajo para complementar la iluminación general, esta no podrá tener una intensidad menor que la que se indica en la siguiente tabla:

<b>ILUMINACIÓN LOCALIZADA [LUX]</b>	<b>ILUMINACIÓN MÍNIMA GENERAL [LUX]</b>
250	125
500	250
1000	300
2500	500
5000	600
10000	700

## 6 SOMBRAS Y CONTRASTES

Se estudiará cuidadosamente a ubicación de las luminarias en relación con las zonas de trabajo para asegurar una adecuada distribución de sombras y contrastes producidos por la iluminación lateral.

## 7 CONTROL DE LA LUMINANCIA

El deslumbramiento proviene de las luminarias visibles o con ángulo de elevación sobre la línea de visión del observador (menores de 30°)

La siguiente tabla indica la altura de montaje de las luminarias, de esta manera evitar el discomfort visual

<b>POTENCIA DE LÁMPARAS</b>	<b>ALTURA SIN MONTAJE</b>
300 W INCANDESCENTES 125 W VAPOR DE MERCURIO	NO MENOS DE 3 m
500 - 750 W INCANDESCENTES 250 W VAPOR DE MERCURIO	NO MENOS DE 4,5 m
1000 W INCANDESCENTE 400 W VAPOR DE MERCURIO	NO MENOS DE 6 m
1500 W INCANDESCENTE 1000 W VAPOR DE MERCURIO	NO MENOS DE 7,5 m

## RESUMEN DE EVALUACIÓN DE FACTORES

Cualquier proyecto luminotécnico deberá cumplir dos premisas en formas simultáneas:



- 1) Que el proyecto sea técnicamente satisfactorio, cuantitativamente y cualitativamente.
- 2) Que sea estéticamente satisfactoria.

Es decir, obtener un correcto nivel de iluminación que permita desarrollar las funciones para las que ha sido proyectado, junto con un correcto tratamiento de forma, color, textura, y evite cualquier molestia como podrían ser; brillo, insuficiencia en el nivel de iluminación, ruido.

### **COMPOSICIÓN DE LA ILUMINACIÓN**

Para ello deberá tenerse en consideración:

- tipo de fuente a utilizar
- donde y como ubicar las luminarias
- donde y como deberá dar acentos a la iluminación
- como tratar el color y las formas.

### **COLOR DE LUZ, DURACIÓN Y RENDIMIENTO**

Cuando se realice un proyecto lo primero que se deberá realizar es la determinación del tipo de lámpara a utilizar ya que cada una de ellas tendrá sus características particulares.

### **LUMINARIAS**

Se denomina luminaria a la unidad de luz destinada a albergar una o varias lámparas. También puede alojar equipos auxiliares para el funcionamiento de la fuente de luz.

La definición de luminarias aceptada internacionalmente es: “dispositivos que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o mas lámparas, que incluye todos los componentes necesarios para fijarlas y protegerlas y, donde corresponda, los equipos auxiliares, aso como los medios necesarios para la conexión eléctrica de iluminación (CIE 1986).

Las luminarias deben cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) hacer de soporte y de conexión eléctrica para las lámparas.
- 2) controlar y distribuir la luz emitida por las lámparas.
- 3) mantener la temperatura de las lámparas dentro de los límites autorizados.
- 4) Ser de fácil instalación y mantenimiento.
- 5) tener un aspecto agradable.
- 6) resultar económica.

Las podremos clasificar de la siguiente manera:

## **DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO LUMINOSO**

Se las clasifica de acuerdo al porcentaje de flujo luminoso total distribuido por encima o por debajo de la horizontal:

CLASE DE LUMINARIAS	DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO RESPECTO A LA HORIZONTAL	
	ENCIMA DE	DEBAJO DE
DIRECTA	0 – 10	90 – 100
SEMIDIRECTA	10 – 40	60 – 90
GENERAL DIFUSA	40 – 60	40 – 60
DIRECTA – INDIRECTA	40 – 60	40 – 60
SEMI - INDIRECTA	60 - 90	10 – 40
INDIRECTA	90 - 100	0 – 10

El tipo de luminarias que permite la iluminación directa a su vez se puede dividir de la siguiente manera:

- LUMINARIAS DIRECTAS CONCENTRADORAS: cuando el haz principal de luz abarca un ángulo total de hasta 30°.

Este tipo de luminarias permite altos niveles de iluminación en zonas bien definidas, con tendencias al deslumbramiento.

Se las utiliza generalmente para resaltar arquitectura

- LUMINARIAS DIRECTAS DE HAZ MEDIO: cuando el haz principal de luz abarca un ángulo total de hasta 90°.

Estas luminarias son de bajo brillo permiten tener altos niveles de iluminación sin deslumbramiento. Se las utiliza en oficinas, salas de dibujo, negocios, etc.

- LUMINARIAS DIRECTAS DE HAZ ABIERTO: cuando el haz principal de luz abarca un ángulo total de hasta 150°.

Estas pertenecen a los aparatos fluorescentes con difusores acrílicos opalinos y no se pueden obtener niveles mayores a los 600 lux, sin producir brillo molesto.

## **DISTRIBUCIÓN DE LA COMPONENTE DIRECTA**

Las luminarias para iluminación industrial directa se pueden clasificar según la distribución lumínica de su componente directa. La clasificación se hace en función de la relación espacio permisible/altura de instalación.

CLASE DE LUMINARIAS RELACIÓN	ESPACIO/ALTURA
muy concentradora	hasta 0,5
concentradora	de 0,5 a 0,7
dispersión media	de 0,7 a 1,0
dispersión normal	de 1,0 a 1,5
gran dispersión	por encima de 1,5

### DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD LUMINOSA

Las Normas IES las clasifican en diez grupos de acuerdo con su distribución de intensidad luminosa debajo del plano horizontal.

CLASE DE LUMINARIAS	DISTRIBUCIÓN
BZ 1	$I \cos^4 \theta$
BZ 2	$I \cos^3 \theta$
BZ 3	$I \cos^2 \theta$
BZ 4	$I \cos^{1,5} \theta$
BZ 5	$I \cos \theta$
BZ 6	$I (1 + 2 \cos \theta)$
BZ 7	$I (2 + \cos \theta)$
BZ 8	I CONSTANTE
BZ 9	$I (1 + \sin \theta)$
BZ 10	$I \sin \theta$

### CONDICIONES DE TRABAJO

Las luminarias se las puede clasificar según su protección contra la penetración de polvo

<b>CLASE DE LUMINARIAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
0	Sin protección contra la entrada de cuerpos sólidos extraño en el interior
1	Protección contra la entrada de cuerpos sólidos extraños grandes en el interior.
2	Protección contra la entrada de cuerpos sólidos extraños medianos en el interior.
3	Protección contra la entrada de cuerpos sólidos extraños pequeños en el interior.
4	Protegida contra depósito de polvo nocivo. La entrada de polvo no se evita totalmente.
5	Protección contra entrada de polvo. La entrada de polvo está totalmente excluida.

### **PROTECCIÓN ELÉCTRICA**

Las luminarias se las puede clasificar en función de la protección que ofrecen contra derivaciones eléctricas.

<b>CLASE DE LUMINARIAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
0	Luminarias con aislamiento normal, pero sin toma de tierra ni aislamiento de conjunto doble o reforzado.
I	Luminarias con aislamiento norma de conjunto y toma de tierra.
II	Con doble aislamiento o aislamiento reforzado de conjunto sin toma de tierra
III	Diseño especial para conexión de circuitos de muy baja tensión, sin otro circuito interno o externo que operen las otras tensiones distintas.

### **CRITERIOS DE ILUMINACIÓN PARA DISTINTOS USOS**

#### **ILUMINACIÓN DE NAVES FABRILES**

Tantos las NORMAS IRAM como la Ley 19.587 de "HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO" establecen valores de iluminancia a obtener en cada ambiente de trabajo, de acuerdo con la dificultad visual que la tarea presente.

En general, los requisitos a satisfacer por las instalaciones de alumbrado artificial son:

- Eficiencia visual, es decir, que la persona pueda ver con todos los detalles necesarios para desarrollar sus tareas.
- Confort visual, o sea, brindarle a la persona también comodidad evitando innecesaria fatiga y contribuyendo a que se sienta a gusto en su lugar de trabajo.
- Economía, lo que significa obtener los resultados mencionados de eficiencia y confort visuales con el menor gasto total.

Los parámetros que definen la calidad de una iluminación son:

- 1). Iluminación media, que mide la cantidad de luz que incide sobre el plano de trabajo.
- 2). Distribución de luminancia en el campo visual, en lo que influye no solo la instalación de iluminación artificial sino los elementos que puedan reflejar la luz y provocar brillos y contrastes.
- 3). Control del deslumbramiento, el que se logra con una adecuada elección de las fuentes de luz de acuerdo con la altura de montaje, el apantallamiento cuando es necesario y la ubicación de las luminarias en los lugares más convenientes. También tiene que ver la presencia de elementos de alto brillo.
- 4). Efecto de modelado, que permite reconocer formas y volumen.
- 5). Capacidad de reproducir colores de acuerdo a las necesidades de las tareas.

Si bien todos estos parámetros gravitan en conjunto para obtener una buena iluminación, la luminancia juega uno de los papeles más importantes dado que es el que determina la cantidad de luz incidente en el plano de trabajo. Es obvio que sin la exigencia básica de una adecuada cantidad de luz ninguna tarea visual puede ser llevada a cabo en forma correcta, rápida segura y fácil.

La iluminación necesaria para cada tipo de tareas en especial varía con la naturaleza de la misma, siendo todo función de:

- 1). La dificultad de las tareas visual, según el tamaño de los detalles a percibir, el esfuerzo visual para reparar un reloj es mayor que el necesario para acomodar bolsas en un depósito.
- 2). El contraste de la luminancia.
- 3). El contraste de color.
- 4). La velocidad de recepción.
- 5). El tiempo en que puede desarrollarse la tarea.
- 6). Las condiciones del entorno.
- 7). El estado fisiológico de los ojos que realizan las tareas.

Como ya se vio la capacidad de desarrollar la tarea visual va a depender de una persona a otra, lo que hace complicado establecer el valor de iluminancia mas adecuado para una tarea visual que deban realizar simultáneamente varias personas.

Por ello se han determinado científicamente los valores mas adecuado para una amplia gama de tareas, como estos valores son determinado por comisiones de luminotecnica y de higiene y seguridad en el trabajo, alguno de los valores pueden diferir con valores internacionales ya que existen factores de orden económico y social imperantes en cada caso.

Estas recomendaciones de las comisiones conducen a tablas que especifican los valores de iluminación media para las áreas en que se realizan las diferentes tareas. Estos valores deben ser considerados los mínimos a obtener en servicio, es decir, cuando las luminarias han acumulado cierta suciedad y las lámparas además de ello tienen una depreciación por el uso.

El nivel de iluminación de una instalación nueva debe ser entre un 20 y 40 % mayor al indicado en las tablas.

Cuando mas por encima se este de los valores recomendados por tablas mejores serán las condiciones de visión y el confort visual en el ambiente de trabajo, el límite superior al que puede llegar la iluminación está determinada por las condiciones económicas y no por molestias que podría llegar a ocasionar un elevado nivel de iluminación, ya que en un día de sol la iluminación media puede llegar a los 100.000 lux y en un ambiente de trabajo raramente se superan los 1.000 lux

### CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS VISUALES.

Se ha intentado agrupar aquellas tareas visuales que tengan características similares para establecer un valor de iluminación común a todas ellas.

Según NORMAS IRAM - AADL J20-06 realiza la siguiente clasificación

- 1) **VISIÓN OCASIONAL**, solamente 100 lux, para permitir movimiento seguros en circulación.
- 2) **TAREAS INTERMITENTES ORDINARIAS O FÁCILES, CON CONTRASTE FUERTE**, entre 100 y 300 lux, trabajos toscos intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de stock.
- 3) **TAREAS MODERADAMENTE CRITICAS Y PROLONGADAS CON DETALLES MEDIANOS**, 300 a 750 LUX, trabajos medianos mecánicos y manuales, inspección y montaje, trabajos comunes de oficina.
- 4) **TAREAS SEVERAS Y PROLONGADAS DE POCO CONTRASTE**, entre 750 y 1500 lux, trabajos finos mecánicos y manuales, montaje e inspección.
- 5) **TAREAS MUY SEVERAS Y PROLONGADAS CON DETALLES MINUCIOSOS Y MUY POCO CONTRASTE**, entre 1500 y 3000 lux, montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices.

6) **TAREAS EXCEPCIONALMENTE DIFÍCILES O IMPORTANTES**, 3000 lux para trabajos finos de relojería y reparación, 5000 a 15.000 lux para casos especiales como campo operatorio de una sala de cirugía.

Según el Decreto Regulatorio de la LEY 19.587 sobre "HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO" realiza la siguiente clasificación de acuerdo a las tareas.

1) **TAREAS QUE EXIGEN MÁXIMO ESFUERZO VISUAL**, 1.500 lux, trabajo de precisión máxima que requieren finísima distinción de detalles, condiciones de contraste malas, largos espacios de tiempos.

2) **TAREAS QUE EXIGEN GRAN ESFUERZO VISUAL**, 700 lux, trabajos de precisión que requieren fina distinción de detalle, grado mediano de contraste, largo espacio de tiempo.

3) **TAREAS QUE EXIGEN BASTANTE ESFUERZO VISUAL**, 400 lux, trabajos prolongados que requieren fina distinción de detalle, grado moderado de contraste, largo espacio de tiempo.

4) **TAREAS QUE EXIGEN ESFUERZO VISUAL CORRIENTE**, 200 lux, trabajos que requieren distinción moderada de detalle, grado normal de contraste, espacio de tiempo intermitente.

5) **TAREAS QUE EXIGEN POCO ESFUERZO VISUAL**, 100 lux.

6) **TAREAS QUE NO EXIGEN ESFUERZO VISUAL**, 50 lux.

### **LÁMPARAS UTILIZADAS EN EL ALUMBRADO INDUSTRIAL.**

Cada vez mas se está utilizando las lámparas de descargas para la iluminación de naves industriales, dejándose de lado las lámparas incandescentes solo para áreas específicas como ser el caso en donde la luz permanece apagada con periodos de encendidos cortos y pocos frecuentes.

#### **Tubos fluorescentes**

En general se utilizan tubos del tipo blanco níveo o luz día o blanco standard, buscando utilizar las de alta eficiencia.

La utilización de tubos fluorescentes es la única alternativa cuando se trata iluminar naves industriales con poca altura ya que no producen deslumbramiento por su superficie relativamente grande.

Para altura mayor de 5 m todavía los tubos fluorescentes son competitivos, pero ya empiezan a ser una alternativa a tener en cuenta las lámparas de vapor de mercurio o sodio ya que no producen deslumbramiento y tiene algunas ventajas referidas al tema de mantenimiento.

Es importante aclarar la importancia de utilizar equipos auxiliares buenos, tanto balasto como arrancadores pues así se tendrá el mejor rendimiento y vida útil de los tubos fluorescentes.

#### **Lámparas de vapor de mercurio color corregido**

Son las denominadas HPLN, pueden utilizarse en alturas de montaje de 5 m o más. Como su vida útil es aproximadamente el doble de la ofrecida por los tubos fluorescentes y la emisión de luz de una lámpara de 400 W es la equivalente a 8 tubos de 36 W, resulta que el mismo tiempo en que se debe cambiar una lámpara de mercurio se deberían cambiar 16 tubos.

Este ahorro de costos de mantenimiento que se puede apreciar claramente se compensa con el ahorro de energía que se obtiene al utilizar 8 tubos en comparación con la lámpara de 400 W.

#### **Lámparas de vapor de sodio de alta presión.**

Se puede utilizar en los mismos lugares que para el caso de las de vapor de mercurio, pero con las salvedades la reproducción de colores no sea una cuestión fundamental para la tarea que se desarrolla.

En este caso el consumo de energía para un dado nivel de iluminación es generalmente algo menor que si se usan tubos fluorescentes, de modo que la economía en el costo operativo es máxima con esta lámparas.

#### **Lámparas mezcladoras**

Se las utiliza como elemento de reemplazo de las incandescentes ya que se consigue mejorar una instalación ya en funcionamiento.

#### **Factores adicionales a considerar.**

Además de las propiedades de las lámparas y luminarias deben tenerse en cuenta otros factores en el alumbrado industrial. Uno muy importante es el mantenimiento, una limpieza periódica de las lámparas y luminarias, el recambio de las lámparas quemadas garantizará que la iluminación media estará siempre cerca del valor máximo que esta instalación permite obtener.

Otro factor a tener en cuenta es el económico, ya que una instalación debe preverse para una larga vida útil, de modo que lo importante es cuánto va a costar durante toda su vida útil y no durante el periodo de instalación únicamente.

Debe tenerse en cuenta el costo inicial, el costo de mantenimiento y el costo de la energía eléctrica que la instalación va a utilizar durante su vida útil, siendo este el factor más importante en el costo final

### **ILUMINACIÓN DE OFICINAS**

Para la iluminación de oficinas se deben cumplir lo especificados en la Ley 19.587 o con la Norma IRAM AADL J20-06 que establecen valores de iluminación media en lux para cada actividad que se realiza en cada lugar.

Es obvio que la iluminación debe ser además de suficiente, uniforme para evitar la fatiga visual que produce una luz irregular.

También es importante evitar el deslumbramiento, tanto directo como por reflexión, para lo cual han de seleccionarse lámparas y luminarias adecuadas pero también se debe utilizar mobiliario que no refleje la luz hacia el observador.



Es importante y cada vez en mayor medida tenerse en cuenta que el sistema de iluminación no provoque deslumbramiento en las pantallas de vídeo de los equipos de computación.

En las oficinas modernas se considera muy importante no solamente la funcionalidad de los elementos que la integran sino también su efecto sobre las personas que la ocupan, ya sea en forma permanente u ocasional.

Por lo tanto hay que crear condiciones ambientales agradables, que facilite la comunicación entre la gente y haga agradable la permanencia en el lugar. Muchos son los factores a tener en cuenta para lograr esos objetivos y uno de ellos que se debe considerar es la iluminación.

La iluminación debe brindar un color de luz agradable, que destaque la decoración del lugar. Como esta generalmente se realiza con tubos fluorescentes y estos brindan en general una luz funcional adecuada pero a veces demasiado uniforme, que elimina contraste, es aconsejable crear puntos de interés, como ser colocando plantas, cuadros u otros elementos decorativos e iluminar estos con fuentes de luz puntuales, rompiendo así la monotonía que produce la iluminación general.

Aun cuando la tarea específica no lo requiera, una buena reproducción de los colores es una contribución más al logro de comodidad y ambiente grato.

### **LÁMPARAS PARA ILUMINACIÓN DE OFICINAS.**

En la mayoría de los casos la altura de techo es de 2,8 a 3,5m sobre el piso, por lo cual las luminarias se pueden colocar embutidas en el cielorraso o apoyadas en el.

Las lámparas suelen estar encendidas un largo tiempo, entre 8 a 10 horas que es el correspondiente al periodo de actividades de las oficinas.

En estas condiciones es necesario utilizar lámparas que permiten obtener luz abundante, de buena reproducción de colores, de bajo consumo y larga vida, que además sea capaz de no producir deslumbramiento a alturas tan bajas, siendo en la mayoría de los casos el tubo fluorescente el que mejor se adapta a estas necesidades.

En oficinas de dirección, sala de reuniones, u otro tipo de áreas en las que el efecto decorativo es mas importante que el ahorro de energía y el ahorro de lámparas y mano de obra para la reposición, cabe la posibilidad de utilizar algún tipo de lámpara incandescentes reflectores, tipo halógenas con espejo dicroico, con una distribución que permita obtener luz uniforme sobre el plano de trabajo. En la práctica estas lámparas son utilizadas en lugares en los que la luz se enciende muy pocas horas al día y no todos los días.

### **DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS**

La mayoría de las oficinas generales tienen un área moderada y grande y su disposición rara vez esta prefijada, ya que la distribución del mobiliario varía de vez en cuando como así también la colocación o retiro de mamparas.

Por lo que hay que garantizar que siempre el local y cada puesto de trabajo este siempre bien iluminado.

Tanto las luminarias adosadas al cielorraso como los empotrados en los mismos se deben colocar de manera que formen figuras regulares, para el caso de cielorraso falso y sistema de aire acondicionado, este puede integrarse con las luminarias.

Las distribuciones típicas son las mostradas en la figura siguiente (Fig: 7-3):

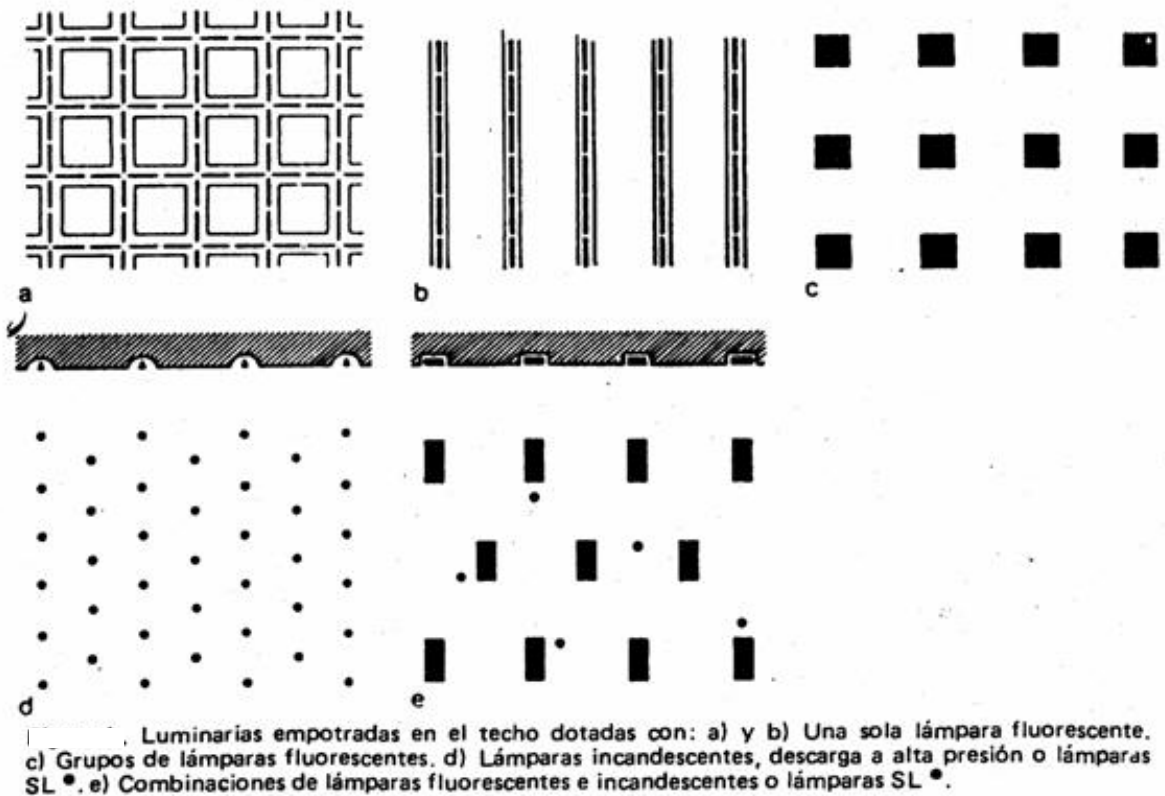


Fig. 7-3

## ILUMINACIÓN COMERCIAL

En la iluminación comercial es donde mas fácilmente se puede experimentar con distintos métodos y donde es más factible ejercitar la creatividad. Sin embargo, pueden darse algunas normativas generales sobre lo que se acostumbra a hacer.

El estilo de un establecimiento comercial queda definido en gran medida por su decoración y ambientación, de cuales forma parte la iluminación; esa ambientación tiene a su vez por objeto atraer a un grupo objetivo de clientes.

La ambientación y diseño se relaciona con las características de la iluminación. Habitualmente se tiene una iluminación general, uniforme y luz localizada o de acentuación, las cuales se combinan de determinada forma.

Otro factor que hay que tener muy en cuenta cuando se realiza un proyecto de iluminación son los correspondientes al color y la fidelidad cromática.

Cuando se realiza un proyecto de iluminación lo primero que debe definirse es cuales son las exigencias fundamentales que debe satisfacer la misma, las cuales se pueden clasificarse de la siguiente manera:

### 1) **ATRAER LA ATENCIÓN**

El establecimiento debe sobresalir sobre el fondo de una multiplicidad de información visual, ya sea en una calle o en un centro comercial.

### 2) **CREAR AMBIENTE**

El ambiente general de la zona de ventas y la forma en que se exhiben los artículos influyen sobre el comportamiento del comprador.

### 3) **INTEGRACIÓN**

La decoración interior del establecimiento es un reflejo de la estrategia de ventas. La iluminación debe estar de acuerdo con ella.

### 4) **FLEXIBILIDAD**

Las estrategias y las tendencias cambian rápidamente. Ha de ser posible en consecuencia, adaptar la iluminación con idéntica rapidez.

Otra cuestión que se debe tener en cuenta es definir para qué tipo de establecimiento hay que proyectar la iluminación. Factores como la gama de artículos, la ubicación del local, la capacidad profesional del propietario y por sobre todo el conjunto de potenciales clientes.

## **FORMA DE ILUMINACIÓN**

En general toda iluminación tendrá dos componentes, una iluminación general y otra de acentuación

La iluminación general se detalla en la siguiente tabla

### **NIVEL RECOMENDABLE**

<b>VALORIZACIÓN</b>	<b>CAMPO DE APLICACIÓN</b>	<b>ILUMINACIÓN [LUX]</b>
BAJO	Galerías de arte, boutiques	menos de 150
MUY BAJO	Tiendas exclusivas	150 – 300
MEDIO	La mayoría de las tiendas	300 – 500

ALTO	Supermercados, tiendas de descuento	mas de 750
MUY ALTO	Situaciones de luz natural en escaparates y zonas de ventas	3000 - 30000

En esta tabla los valores máximos recomendados son para cuando no hay iluminación de acentuación, los mínimos cuando la hay.

La impresión creada por un espacio depende del color de la luz empleada en el. Cuando se trata de un comercio de artículos que requieren ser expuestos en un ambiente cálido, lujoso y acogedor se requiere un nivel de iluminación bajo con un color de luz extra cálido. Algunos artículos como lácteos, pescados o verduras se ven mejor con luz neutra o fría con un nivel de iluminación relativamente alta.

Además del aspecto del color tiene su importancia la fidelidad cromática de las lámparas. Una de las principales finalidades de la iluminación es lograr una presentación atractiva que muestra los objetos de la mejor manera posible. Para ello es conveniente utilizar lámparas con un índice de reproducción de colores lo mas alto posible.

Para el caso de la iluminación de acentuación, se puede jugar aumentando o disminuyendo la intensidad lumínica se puede crear una pauta variada de luces y sombras, produciendo contrastes que sugieren dinamismos. Sin lugar a dudas con esto se intenta hacer atractivo a la presentación de algún producto o algún lugar determinado del local.

## LÁMPARAS PARA ILUMINACIÓN COMERCIAL.

Existen una gran variedad de lámparas que reúnen las condiciones adecuadas para la iluminación de locales comerciales y vidrieras

### **Lámparas fluorescentes normales y compactas.**

Estas pueden ser utilizadas en cualquier aplicación, adoptando la cantidad, tipo y potencias apropiadas.

### **Incandescentes normales y halógenas en alta y baja tensión.**

Se utilizan para niveles de iluminación bajos y medios, mientras que las halógenas de bajo voltaje son aptos para niveles muy bajos.

### **Lámparas a descarga de alta presión en especial a vapor de mercurio halogenado y a vapor de sodio.**

Se la utilizan cuando se pretende un nivel alto de iluminación y también para vidrieras.

Además de las lámparas que se eligen para iluminar el local, la elección de las luminarias tienen que estar de acorde con las necesidades.

Resumiendo, podemos decir que la luz es un factor decisivo en la estrategia concebida por el propietario, y debe tratar que la presentación produzca la intención de comprar.

Sin una iluminación incorrecta los artículos exhibidos no atraen la atención, por el contrario, si la iluminación es apropiada cada artículo se hace más visible y las oportunidades que se vendan son mucho mayores.

## **ALUMBRADO PÚBLICO**

### **REQUISITOS DEL ALUMBRADO PÚBLICO**

La iluminación en las vías públicas en áreas urbanas es una necesidad que hoy no se discute.

El usuario del alumbrado público pretende obtener del, comodidad, bienestar y seguridad. El alumbrado público establece estilos, provee seguridad y confort, protege contra el delito y vandalismo y define en gran medida la calidad del ambiente.

Los requisitos que el alumbrado público debe satisfacer varían de un lugar a otro y de un usuario a otro, así el conductor pretende llegar a destino sin fatiga visual y el residente en el barrio pretende una atmósfera agradable con sensación de seguridad.

En forma resumida los requisitos que debe cumplir el alumbrado público son:

#### **1) SEGURIDAD EN EL TRANSITO**

Numerosos estudios demuestran que con un apropiado alumbrado se reduce la cantidad y gravedad de accidentes. Algunas estadísticas mencionan reducciones del 30 % en áreas urbanas, 45 % en áreas rurales y 30 % en autopistas.

#### **2) SEGURIDAD PARA LAS PERSONAS**

Si bien el alumbrado estuvo orientado a facilitar el tránsito vehicular, las investigaciones revelan que la iluminación de calles actúa como disuasor del delito, reduciendo los delitos en sí y aumentando la sensación de seguridad.

Esta sensación de seguridad depende de la identificación de personas en tiempos razonables, la detección de obstáculos en el camino, la reducción del deslumbramiento y la familiarización y orientación de las personas en el entorno.

#### **3) SENSACIÓN DE CONFORT**

El confort y la sensación de agrado que produce el, alumbrado público es de particular importancia para la atmósfera urbana. La iluminación puede tener cierto grado de brillo para destacar entornos, pero no demasiado para evitar el deslumbramiento. Al mismo tiempo debe combinarse adecuadamente con el espacio circundante.

#### **4) IMAGEN DE CIUDAD**

La adecuada iluminación decorativa de edificios, monumentos y fuentes puede delinear la imagen de una ciudad cuando cae la noche, pero además debe tenerse en cuenta los efectos decorativos buscados y la agradable apariencia de la instalación especialmente de día.

De acuerdo a su uso, cada calle requiere una iluminación diferente, según cuales sean sus principales usuarios

##### **1) CALLES COLECTORAS**

Son aquellas que unen áreas residenciales con las comerciales, céntricas o industriales.

El alumbrado de estas calles debe proveer correcta performance visual, buena guía visual, reconocimiento de áreas o calles locales y sensación de seguridad y confort.

El reconocimiento de colores no es un factor importante, de allí la utilización de lámparas de sodio.

##### **2) SECTORES RESIDENCIALES**

En este caso la iluminación debe crear un ambiente agradable y seguro, además de proveer orientación visual a los visitantes.

Los carteles señalizadores, nombres de la calles y números de casas deben ser posibles de reconocer y leer.

##### **3) ÁREAS COMERCIALES**

El alumbrado público debe facilitar la identificación de áreas, entrada y salidas de negocios y sectores de estacionamientos, facilitar el tránsito de peatones y contribuir a la seguridad.

Dentro de las calles comerciales existen aquellas que tienen circulación de vehículos, a las que se realizan las mismas recomendaciones que para las calles colectoras.

Los otros tipos de calles comerciales son la exclusivas para peatones, para estas deben proveerse de una iluminación agradable atractiva y posible de apreciar la arquitectura del lugar, como así también brindar seguridad al peatón.

##### **4) ÁREAS PÚBLICAS (plazas, paseos, senderos de circulación, etc.)**

Los requisitos son una adecuada ambientación, confort y seguridad personal, mostrando claramente colores, formas y texturas, brindando sensación de amplitud.

##### **5) ÁREAS INDUSTRIALES**

Este tipo de iluminación debe brindar seguridad para el tránsito y seguridad para las personas.

La reproducción de colores no tiene mayor importancia.

## **TIPOS DE LÁMPARAS UTILIZADAS.**

Para la elección de las lámparas adecuadas se debe tener en cuentas las siguientes características, el flujo luminoso, propiedades de color, eficiencia, forma, características eléctricas y costo.

### **Lámparas incandescentes**

Producen efectos de brillo, solo son recomendadas para iluminación decorativas.

### **Lámparas compactas fluorescentes**

Se las utiliza para obtener luz difusa en reemplazo de las incandescentes.

### **Lámparas fluorescentes tubulares**

Su uso para alumbrado es muy escaso.

### **Lámparas a vapor de mercurio (hpln y hpl confort)**

Estas lámparas por su larga vida útil y por una reproducción de colores son muy utilizadas para estas aplicaciones, tienen una importante eficiencia energética.

### **Lámparas mezcladoras**

Son un término medio entre la incandescente y las de vapor de mercurio en lo que hace a la eficiencia y duración.

### **Lámparas de sodio de alta presión (son - sont - son confort)**

Este tipo de lámparas que tienen una importante eficiencia y larga vida útil, además de proveer una luz blanca dorada, son las lámpara que constituyen una fuente típicas para el alumbrado público.

### **Lámparas de vapor de sodio de baja presión (sox - sox-e)**

Son las lámparas de mejor rendimiento energético, la cual compensa largamente su muy bajo rendimiento de color.

## **DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS**

Definidas las lámparas y luminarias a utilizar se debe definir el tipo de disposición de las mismas sobre las calzadas, las más utilizadas son:

### **-UNILATERAL**

Todas las luminarias se colocan de un solo lado de las calzadas (Fig. 7-4).

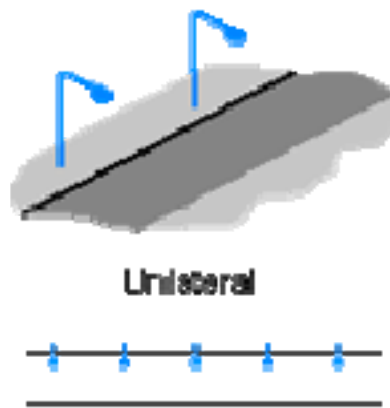


Fig. 7-4

### -ENFRENTADAS

Se colocan sobre ambas aceras enfrentadas, con lo cual se logra una buena uniformidad. Permite alturas de montaje relativamente bajas (Fig. 7-5).

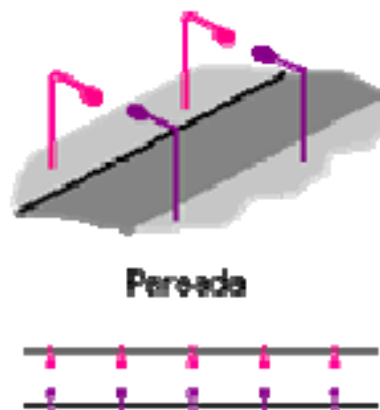


Fig. 7-5

### -EN TREBOLILLO

Las luminarias se colocan alternativamente en una y otra calzada, en forma de zig-zag (Fig. 7-6).

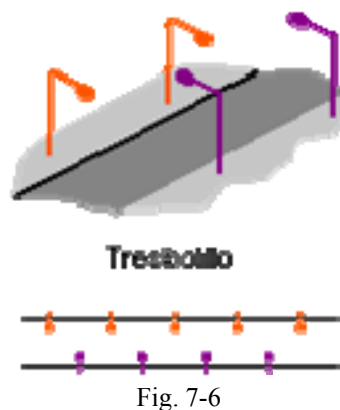
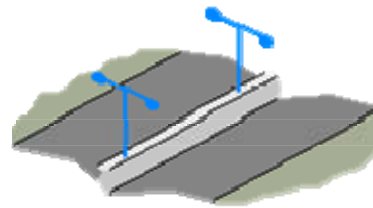


Fig. 7-6



### -EN CANTERO CENTRAL

Se las utiliza cuando existe lugar entre los dos carriles (Fig. 7-7)



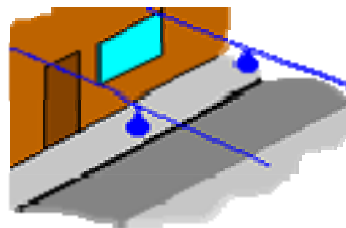
Central con doble trezo



Fig. 7-7

### -SUSPENSIÓN CENTRAL

Se las suspende en cables que cruzan de calzada a calzada, su altura de montaje es baja (6 a 8m) y se utilizan en calles angostas y con árboles (Fig. 7-8).



Suspendida transversal



Fig. 7-8

### -SOBRE PAREDES

Se las utilizan en calles muy angostas, pasajes, etc.

### NIVEL Y FACTOR DE UNIFORMIDAD DE ILUMINACIÓN SOBRE LA CALZADA, EN SERVICIO

<b>NIVEL DE ILUMINACIÓN [LUX]</b>	4	7	15	22	30
<b>UNIFORMIDAD</b>	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30
<b>TIPO DE VÍA</b>	I.M.H (VEHÍCULOS/HORA)				

VÍA PRINCIPAL CONTINUACIÓN DE CARRETERA DE RED BÁSICA AFLUENTE A UNA DE ESTAS		250-500	500-1000	1000-1800	MAS DE 1800
VÍA PRINCIPAL CONTINUACIÓN DE CARRETERA DE RED TRONCAL		300-600	600-1200		
VÍA PRINCIPAL CONTINUACIÓN DE CARRETERA DE RED LOCAL O VECINAL		400-800			
VÍAS URBANAS	150-300	300-600	600-1200	1200-2400	MAS DE 2400

**NIVEL Y FACTOR DE UNIFORMIDAD DE ILUMINACIÓN, TENIENDO EN CUENTA LA VELOCIDAD DE TRÁFICO RODADO**

NIVEL DE ILUMINACIÓN [LUX]	4	7	15	22	30
UNIFORMIDAD	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30
VELOCIDAD	I.M.H (VEHÍCULOS/HORA)				
INFERIOR A 25 Km/h	150-400	400-800	800-1600	1600-3200	MAS DE 3200
SUPERIOR A 55 Km/h	150-250	250-500	500-1000	1000-1800	MAS DE 1800

**ALTURA RECOMENDABLE DEL PUNTO DE LUZ EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA LUMINOSA INSTALADA**

POTENCIA INSTALADA [lm]	ALTURA DEL PUNTO DE LUZ [m]
3000 a 9000	6,5 a 7,5
9000 a 19000	7,5 a 9
> 19000	>=9

### RELACIÓN ENTRE LA SEPARACIÓN Y ALTURA DE LOS PUNTOS DE LUZ

ILUMINACIÓN MEDIA $E_{med}$ [LUX]	RELACIÓN SEPARACIÓN/ALTURA
$2 \leq E_{med} < 7$	4 a 5
$7 \leq E_{med} < 15$	3,5 a 4
$15 \leq E_{med} \leq 30$	2 a 3,5

### NIVEL Y FACTOR DE UNIFORMIDAD DE ILUMINACIÓN SOBRE LA CALZADA Y EN SERVICIO, EN AUSENCIA DE DATOS NUMÉRICOS SOBRE EL TRÁFICO

	VALORES MÍNIMOS		VALORES NORMALES	
	ILUMINACIÓN MEDIA [LUX]	FACTOR DE UNIFORMIDAD	ILUMINACIÓN MEDIA [LUX]	FACTOR DE UNIFORMIDAD
Carreteras de las redes básicas o afluentes	15	0,25	22	0,30
vías principales o de penetración, continuación de carreteras de las redes básicas o afluentes	15	0,25	22	0,30
vías principales o de penetración continuación de carreteras de la red comarcal	10	0,25	15	0,25
vías principal o de penetración, continuación de carreteras de las redes local o vecinal	7	0,2	10	0,25
vías industriales	4	0,15	7	0,25
vías comerciales de lujo con tráfico rodado	15	0,25	22	0,30
vías comerciales con tráfico rodado, en general	7	0,20	15	0,25
vías comerciales sin tráfico rodado	4	0,15	10	0,25
vías residenciales con tráfico rodado	7	0,15	10	0,25
vías residenciales con poco tráfico rodado	4	0,15	7	0,20
grandes plazas	15	0,25	20	0,30
plazas, en general	7	0,20	10	0,25
paseos	10	0,25	15	0,25

## **FACTOR DE CONSERVACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO DE ALGUNAS LÁMPARAS**

<b>TIPO DE LÁMPARA</b>	<b>FACTOR ORIENTATIVO</b>
INCANDESCENTE	0,80
LUZ MEZCLA	0,75
MERCURIO ALTA PRESIÓN	0,80
SODIO ALTA PRESIÓN	0,80
SODIO BAJA PRESIÓN	0,90

## **FACTOR DE CONSERVACIÓN POR SUCIEDAD**

<b>TIPO DE LUMINARIA</b>	<b>FACTOR RECOMENDADO</b>
HERMÉTICA	0,87 a 0,80
VENTILADA	0,80 a 0,70
ABIERTA	0,75 a 0,65

## **PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR MEDICIONES**

Para realizar mediciones de iluminación se utiliza un instrumento llamado luxómetro, este está compuesto en si por una fotocélula de color corregido, o sea aquella cuya curva de sensibilidad de encuentre próximo a la del ojo humano, y conectada al instrumento en donde se hallan distintas escalas, que pueden ser 0-300 lux, 0-1000 lux, 0-3000 lux o mas.

Para efectuar la medición se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- 1) Comprobar la puesta en cero del instrumento, para ello se debe cubrir por completo la fotocélula con la mano o desconectarla del instrumento.
- 2) Comprobar que no existe polvo o suciedad depositada en la fotocélula.
- 3) Efectuar las mediciones a la altura del plano de trabajo.
- 4) Evitar el lo posible realizar sombras sobre el instrumento, ni usar ropa blanca.
- 5) Mantener inmóvil el instrumento durante la lectura, poniendo especial atención en que la superficie sensible de la fotocélula permanezca horizontal.
- 6) Esperar que la fotocélula se estabilice antes de efectuar las mediciones.

7) Controlar la tensión de alimentación de la instalación a controlar.

## **ILUMINACIÓN MEDIA**

### **MEDIA ARITMÉTICA**

Esta se obtiene realizando una serie de mediciones y calculando luego la media de los valores medidos.

Para ello podemos realizar el siguiente procedimiento:

- 1) Dividir la superficie iluminada en una serie de áreas elementales.
- 2) Medir la iluminación en cada centro de las áreas elementales a la altura del plano de trabajo.
- 3) Calcular la media de los valores medidos de la siguiente manera:

$$E_m = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n}{n}$$

Siendo  $E_1$ ,  $E_2$ , etc. los valores medidos y  $n$  el numero de mediciones realizadas.

En la siguiente figura se muestra como se realiza la división de áreas elementales y los puntos donde se mide (Fig. 7-9).

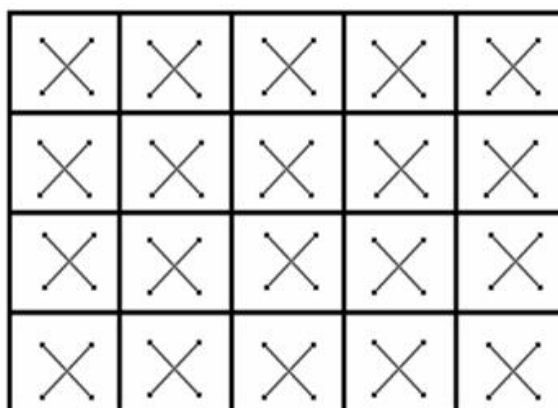


Fig. 7-9




## MEDIA PONDERADA

En esta edición se divide la superficie a medir en áreas iguales y se realizan las siguientes mediciones, en los puntos internos (vértices de las áreas elementales), a lo largo de los lados y en los cuatros ángulos.

Con estos valores medidos se calcula la media ponderada de la siguiente manera:

$$E_m = \frac{1/4 \sum \text{de los valores en los ángulos} + 1/2 \sum \text{valores laterales} + \sum \text{valores internos}}{\text{Número de áreas valores internos}}$$

La determinación de los puntos se hace de la siguiente manera (Fig. 7-10)

Donde  valores de los ángulos  
 Valores de los lados  
 Valores internos

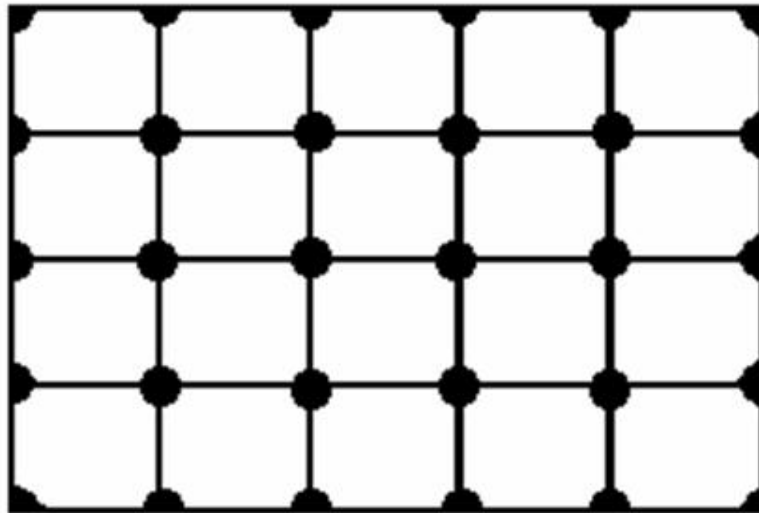


Fig. 7-10

## **UNIDAD 8 - FUENTES LUMINOSAS**

De acuerdo a las NORMAS IRAM-AADL, "uno de los problemas que se presentan en cualquier aplicación práctica de iluminación es elegir adecuadamente la fuente de la luz que se va a utilizar".

Entre los factores a tener en cuenta podemos mencionar los siguientes:

1. Tipo de energía del local o ambiente.
2. Características del local o ambiente.
3. Características del trabajo.
4. Nivel luminoso y uniformidad necesaria.
5. Problemas de deslumbramiento.
6. Problemas de rendimiento de color.
7. Problemas de efecto estroboscópico.
8. Necesidades de alumbrado de seguridad o emergencia.
9. Ciclos de funcionamiento.
10. Cálculos económicos.

A las fuentes luminosas la podemos dividir en dos grandes grupos:

- Lámparas de incandescencia
- Lámparas de descargas.

### **LÁMPARAS INCANDESCENTES**

El principio de funcionamiento esta dado por la circulación de una corriente eléctrica por un filamento metálico en determinadas condiciones ambientales, lo que lo lleva a la incandescencia, obteniéndose una fuente luminosa.

Dentro de este tipo de fuentes luminosas podemos hacer la siguiente clasificación:

#### **1) FILAMENTO CONSTRUIDO POR TUNGSTENO**

El tungsteno es un material con elevado punto de fusión, con un proceso de evaporación relativamente lenta y genera radiaciones luminosas adecuada colorimétricamente. Es uno de los tipos de lámparas mas utilizadas y por sobre todo por su gran variedad de potencias que se las encuentra (15 a 300 W).

## **2) FILAMENTO CONSTRUIDO POR TUNGSTENO EN ATMÓSFERA GASEOSA**

Al incorporar un gas inerte a la ampolla se consigue disminuir la evaporación del tungsteno, lo que permite aumentar la temperatura del filamento y obtener de esta manera un mayor rendimiento lumínico, aumentando además la vida útil.

Los gases utilizados en la actualidad son mezclas de argón con nitrógeno, de tal forma que la ampolla tiene una presión del orden de una atmósfera.

## **3) ESTERILIZACIÓN DEL FILAMENTO Y DOBLE ESTERILIZACIÓN.**

Por este método se obtiene un nuevo incremento del rendimiento lumínico y disminución de la evaporación del tungsteno.

## **4) CON GAS HALÓGENO EN LA AMPOLLA.**

Con la incorporación de estos gases (iodo o boro) se consigue un ciclo de regeneración del tungsteno evaporado, que vuelve a depositarse en el filamento. Con ello es posible aumentar el rendimiento lumínico, prolongar la vida útil e impedir el ennegrecimiento de la lámpara.

## **PRINCIPALES VENTAJAS DE LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES**

- No requiere de servicios auxiliares.
- Fácil instalación
- Bajo costo inicial
- Puede operar en cualquier tipo de tensión, corriente, potencia y frecuencia (15 a 1500 W).
- Pueden funcionar con caídas de tensión muy pronunciadas.
- Encienden y reencienden instantáneamente, por lo que son aptas para iluminación de emergencia o seguridad.
- El espectro luminoso es continuo y reproducen muy bien los colores.
- No producen efecto estroboscópico
- Operan con un factor de potencia unitario
- Pueden funcionar en cualquier posición (excepto las halógenas)

## **CONSTITUCIÓN DE LA LÁMPARA INCANDESCENTE**

Veamos los detalles constructivos de las lámparas incandescentes (Fig. 8-1)



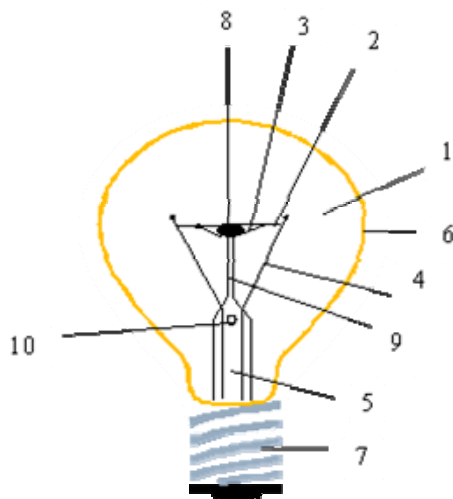


Fig. 8-1

1. Atmósfera gaseosa: hasta los 40 w el filamento esta en vacío, para potencia mayores la ampolla esta rellena de gases de características químicas neutras.
2. Filamentos
3. Soporte para el filamento
4. Entradas de corriente
5. Vástago del vidrio.
6. Ampolla
7. Casquillo: se une a la ampolla mediante una resina artificial.
8. Botón de vidrio.
9. Varilla de vidrio.
10. Tubo de evacuación.

Los casquillos son del tipo de bayoneta o SWAN y del tipo roscado o EDISON.

Los modelos mas empleados de casquillo del tipo bayoneta (Fig. 8-2) son:

- B.15/20 PEQUEÑA BAYONETA
- B.15/24 X 17 PEQUEÑA BAYONETA CON COLLARIN
- B.22/22 BAYONETA
- B.22/25 X 26 BAYONETA CON COLLARIN

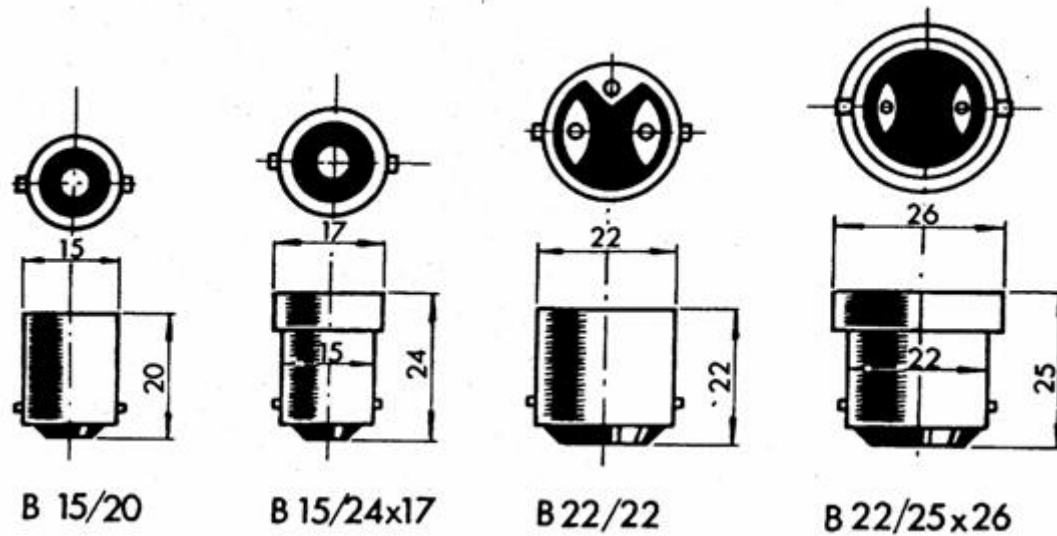


Fig. 8-2

Los tipos EDISON (Fig. 8-3) mas utilizadas son:

- E.10/13 MIGNONNETTE
- E.14/20 MIGNON
- E.14/25 X 17 MIGNON CON COLLARIN
- E.27/25 EDISON
- E.27/55 X 39 EDISON CON COLLARIN
- E.40/45 GOLIATH
- E.40/63 X 50 GOLIATH CON COLLARIN

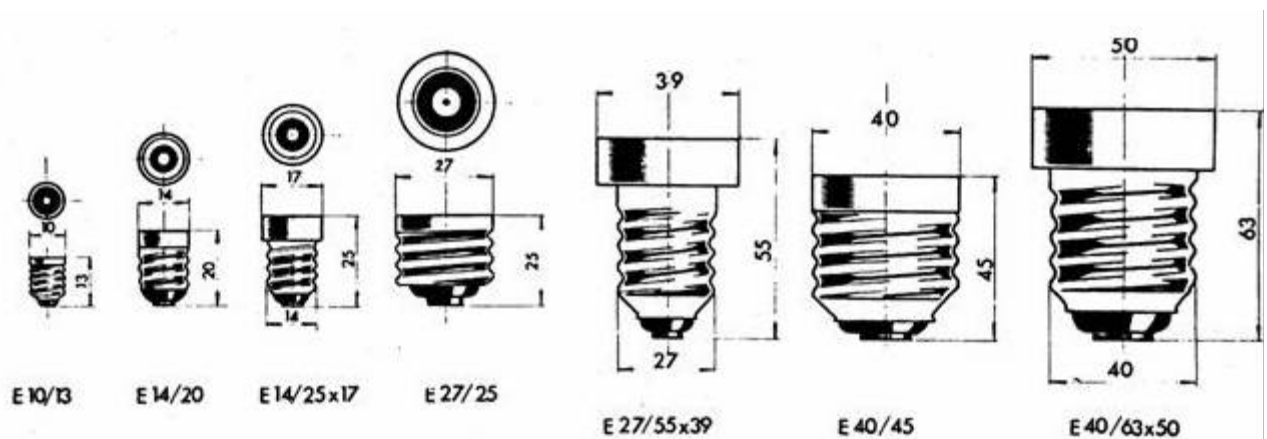


Fig. 8-3

La curva siguiente (Fig. 8-4) nos indica la dependencia de la intensidad, potencia, flujo luminoso, rendimiento lumínico, duración, de la tensión aplicada porcentualmente, respecto del valor nominal.

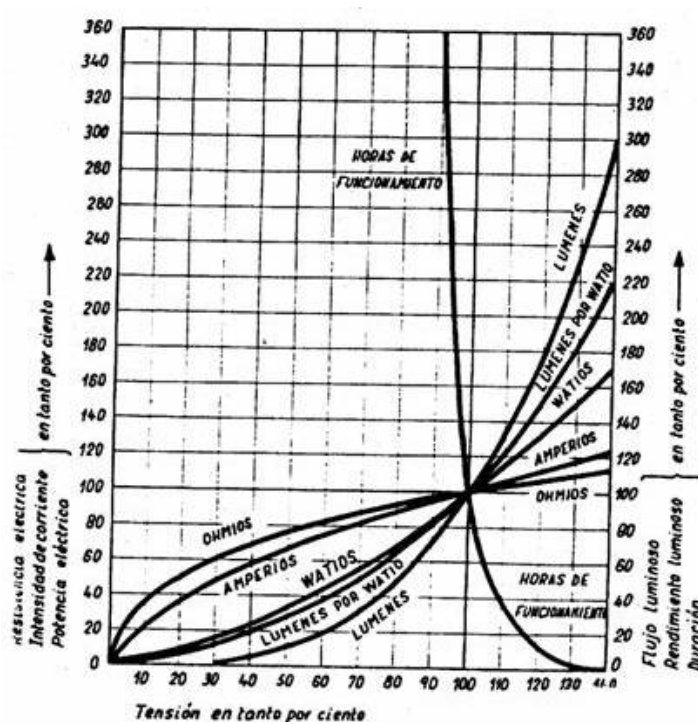


Fig. 8-4

Las lámparas incandescentes comunes tiene una vida útil promedio de 1000 horas, el rendimiento lo podemos ver en la siguiente tabla:

Lámparas incandescentes Standard						
Código OA	Denominación para pedido	Ampolla	Potencia (W)	Tensión (V)	Casquillo	Flujo lm
9006001	A CL 40-12	Clara	40	12	E 27	645
1161001	A CL 60-12	Clara	60	12	E 27	900
9041001	A CL 40-250	Clara	40	250	E 27	415
9042001	A CL 60-250	Clara	60	250	E 27	715
9043001	A CL 75-250	Clara	75	250	E 27	945
9044001	A CL 100-250	Clara	100	250	E 27	1340
9057001	A CL 150-250	Clara	150	250	E 27	2240
9058001	A CL 200-250	Clara	200	250	E 27	3050
1642021	A CL 25-120	Clara	200	120	E 27	210
9032001	A CL 25	Clara	25	220	E 27	230
9033001	A CL 40	Clara	40	220	E 27	430
9029001	A CL 60	Clara	60	220	E 27	730
9030001	A CL 75	Clara	75	220	E 27	960
9031001	A CL 100	Clara	100	220	E 27	1380
9054001	A CL 150	Clara	150	220	E 27	2220
9055001	A CL 200	Clara	200	220	E 27	3150
9101001	A SI 40	Sílica	40	220	E 27	390
9102001	A SI 60	Sílica	60	220	E 27	660
9103001	A SI 75	Sílica	75	220	E 27	860
9104001	A SI 100	Sílica	100	220	E 27	1200
9106001	A SI 150	Sílica	150	220	E 27	2000
9107001	A SI 200	Sílica	200	220	E 27	2900
1543001	A roja 25	Roja	25	220	E 27	25
1544001	A amar 25	Amarilla	25	220	E 27	180
1545001	A azul 25	Azul	40	220	E 27	10
	A verde 25	Verde	40	220	E 27	15

## LÁMPARA INCANDESCENTES HALÓGENAS

Ya se dijo que al aumentar la temperatura de filamento de tungsteno, se produce una evaporación progresiva de partículas, las cuales condensan sobre la superficie mas fría del bulbo de vidrio, provocando un debilitamiento mecánico del filamento y un ennegrecimiento de la ampolla.

Las lámparas halógenas tratan de suplir este problema al agregarle en su interior, además de los gases de argón y nitrógeno, sustancias halógenas como cloro, bromo, flúor, yodo.

El yodo es el que ha dado mayor resultado, por lo que nacen de esta manera las lámparas de yodo.

El halógeno lo que produce es una combinación entre el tungsteno evaporado formando un compuesto volátil que en lugar de depositarse en la ampolla se difunde en la atmósfera de la lámpara.

La molécula volátil alcanza al filamento a muy elevada temperatura, descomponiéndose nuevamente en la partícula de tungsteno que se deposita sobre el filamento y la sustancia halógena.

Por lo tanto la sustancia halógena cumple los siguientes objetivos:

**-EVITAR LAS PERDIDAS DE MATERIAL DEL FILAMENTO:** por supuesto que no todo el material evaporado se recupera, por lo que se producen algunos puntos de debilitamiento del filamento, produciendo finalmente se fusión.

**-LA AMPOLLA NO SE ENNEGRECE**

**-DETALLES TECNOLÓGICOS:** para un correcto funcionamiento de la lámpara en necesario un bulbo caliente para que se produzca normalmente la mezcla tungsteno - halógeno, siendo esta temperatura del orden de los 600 °C. Los bulbos son de cuarzo o de vidrio especiales.

Las lámparas halógenas son cilíndricas, alargadas y de pequeño diámetro, deben instalarse en forma horizontal ya que de otra manera la sustancia halógena puede acumularse en el extremo inferior de la ampolla.

## TIPO CONSTRUCTIVOS

Estas lámparas tienen mayor rendimiento lumínico que las incandescentes comunes, variando entre 21 a 25 lm/W y también mayor vida útil, aproximadamente unas 2000 horas.

Tipo Denominación	Potencia W	Voltaje V	Casquillo	Dimensiones		Vida Media hs	Emisión Luminosa lm
				L mm	D		
220V 60W	60	220	R7s	78	12	2000	840
220V 100W	100	220	R7s	78	12	2000	1280
220V 150W	150	220	R7s	78	12	2000	2300
220V 100W	100	220	R7s	118	9	2000	1280
220V 150W	150	220	R7s	118	9	2000	2300
220V 200W	200	220	R7s	118	9	2000	2800
220V 300W	300	220	R7s	118	9	2000	5000
220V 500W	500	220	R7s	118	9	2000	9500
220V 1000W	1000	220	R7s	189	12	2000	21000
220V 1500W	1500	220	R7s	254	12	2000	33000

Dentro de la gran variedad de lámparas incandescentes podemos mencionar algunas:

- Lámparas reflectoras con un reflector incorporado
- Lámparas para iluminación por proyección
- Lámparas para proyección de imágenes
- Lámparas para estudios y teatros
- Lámparas para fotografía

### **LÁMPARAS DE DESCARGA EN EL SENO DE UN GAS**

Al pasar una corriente eléctrica a través de un gas, en ciertas condiciones de presión, libera una cantidad de energía, existiendo un rango de esta que se encuentra dentro del rango sensible al órgano visual.

### **TUBOS FLUORESCENTES**

Estas son lámparas a descarga en vapor de mercurio a baja presión. La energía eléctrica se transforma dentro del tubo en energía ultravioleta, en mayor cantidad, y una pequeña parte en energía visible. El recubrimiento interno del tubo realizado con polvos fluorescentes transforma parte de esta energía ultravioleta en energía visible de diferentes tonalidades, de acuerdo a la composición del polvo utilizado.

Los tubos fluorescente disponen en ambos extremos los cátodos, que son elementos emisores de electrones, además el tubo esta relleno con una cierta cantidad de argón a baja presión que facilita la formación del arco eléctrico entre los cátodos.

Estas lámparas necesitan equipos auxiliares para su operación y arranque, denominados balasto y arrancador respectivamente.

En la siguiente figura (Fig. 8-5) podemos ver el rendimiento de la transformación de energía y distribución de la misma en una lámpara fluorescente.

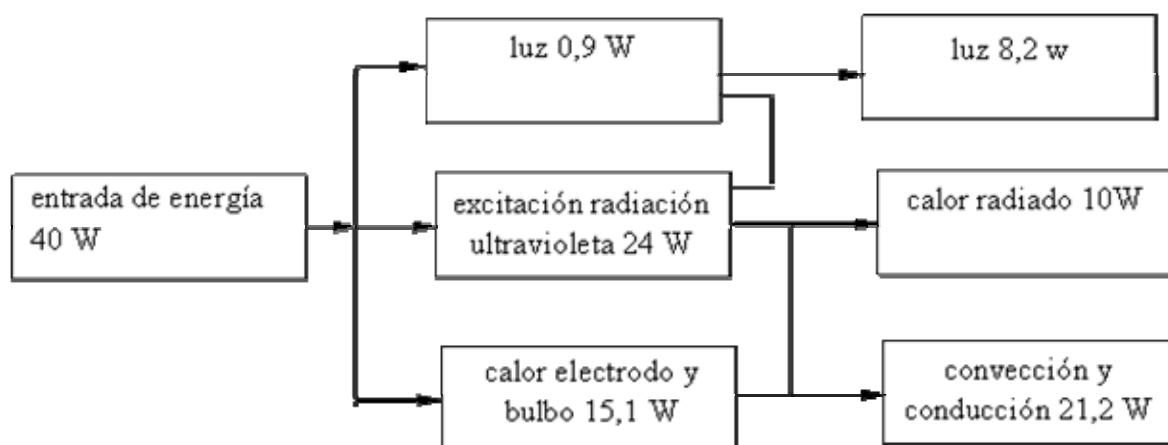


Fig. 8-5

Como se puede ver solamente un 20,5 % de la energía entrante se transforma en luz.

El envejecimiento del tubo se produce debido a la pérdida de material en los cátodos, lo cual se produce gradualmente a lo largo de su vida y se acelera por los encendidos frecuentes.

Todo tubo en las primeras 100 horas de utilización sufre un envejecimiento prematuro, el cual se hace muy gradual a partir de este punto, es por esta razón que las lámparas fluorescentes se clasifican comercialmente después de estas horas de funcionamiento.

La vida útil es del orden de las 7000 horas, a partir de este valor se aprecia una importante disminución del flujo luminoso (entre un 25 a 30 %). Pueden trabajar con variaciones de tensión entre un 20 a 25 %.

El flujo luminoso emitido por cada tipo de lámpara varía según la potencia y por lo tanto su rendimiento lumínico, en el siguiente cuadro podemos ver esto

Tipo Denominación	Potencia W	Color/Temp. °K	Casquillo	Dimensiones		Emisión Luminosa lm
				L mm	D	
F18w/133-ST	18	Blanca Fría 4300K	G13	590	26	1150
F18w/129-ST	18	Blanca Cálida 3000K	G13	590	26	1150
F18w/154-ST	18	Luz Día 6500K	G13	590	26	1050
F36w/133-ST	36	Blanca Fría 4300K	G13	1200	26	2850
F36w/129-ST	36	Blanca Cálida 3000K	G13	1200	26	2850
F36w/154-ST	36	Luz Día 6500K	G13	1200	26	2200
F58w/133-ST	58	Blanca Fría 4300K	G13	1500	26	4600
F58w/129-ST	58	Blanca Cálida 3000K	G13	1500	26	4600
F58w/154-ST	58	Luz Día 6500K	G13	1500	26	4600

Los tubos fluorescentes se los utiliza generalmente en la iluminación de industrias textiles, imprentas y pinturas por su calidad calorimétrica.

Los tubos fluorescentes provocan el efecto estroboscópico, que se manifiesta cuando existen maquinas en movimiento iluminadas por un solo tubo. Para evitar esto se colocan dos tubos uno con reactancia de características capacitivas y otras de características inductivas, o mediante la iluminación con tres tubos cada uno de ellos conectado a distintas fases.

Este tipo de iluminación ha desplazado prácticamente a la lámpara incandescente en lo que es iluminación comercial e industrial, siendo su altura de montaje no mayor a los 5 metros.

## **CIRCUITOS ELÉCTRICOS**

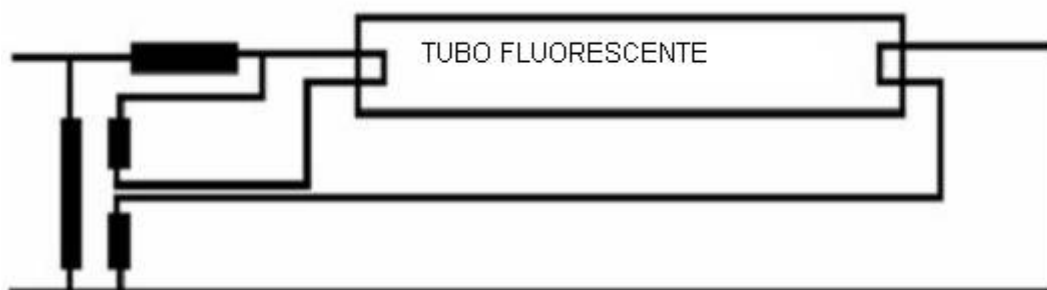
Como ya se dijo las lámparas a descarga, tienen la propiedad de que cuando aumenta la temperatura disminuye su resistencia al paso de la corriente, por lo que hay que colocarle en serie un balasto que será el encargado de limitar la corriente. El balasto que se utiliza generalmente es una reactancia inductiva.

Para el encendido del tubo es necesario un arrancador. Este consiste en dos electrodos, de los cuales uno es un bimetálico encerrado en una ampolla de vidrio rellena de una mezcla de argón y helio, un capacitor en paralelo con los electrodos, para eliminar radio interferencias.

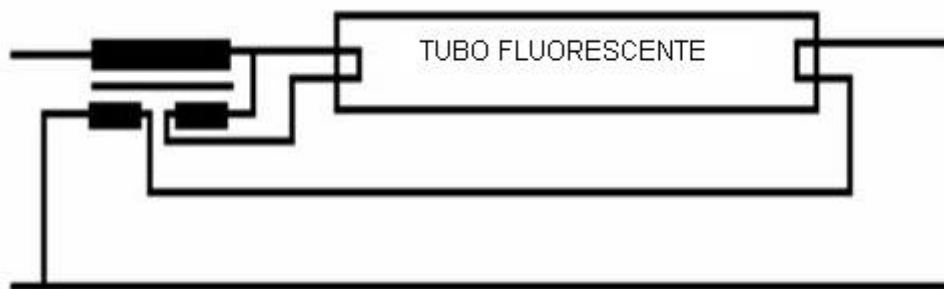
Inicialmente el electrodo del arrancador están separados, al aplicarle tensión se produce una descarga eléctrica luminiscente de muy bajo valor de corriente, con lo cual aumenta la temperatura del gas relleno. Esto provoca que los dos electrodos se toquen quedando energizado el circuito constituido por el balasto y los electrodos del tubo los cuales comienzan a emitir electrones.

Paralelamente a ellos, la descarga luminiscente se elimina, con lo que se enfría el gas provocando finalmente una separación de los electrodos bimetálicos, esto provoca una interrupción brusca de la corriente y por lo tanto genera una fuerza electromotriz, la que se suma a la de la línea provocando el encendido inmediato del tubo quedando el arrancador fuera de servicio hasta que se requiera encender nuevamente el tubo.

Existen sistemas de funcionamiento sin arrancador, el mas conocido es el "RAPID STAR" (arrancador rápido) (Fig. 8-6), para lo cual se requiere un balasto y tubo especial, el montaje del tubo debe hacerse a no mas de dos centímetros de un metal conductor puesto a tierra.



**Circuito RAPID STAR con transformador de precaldeo separado**

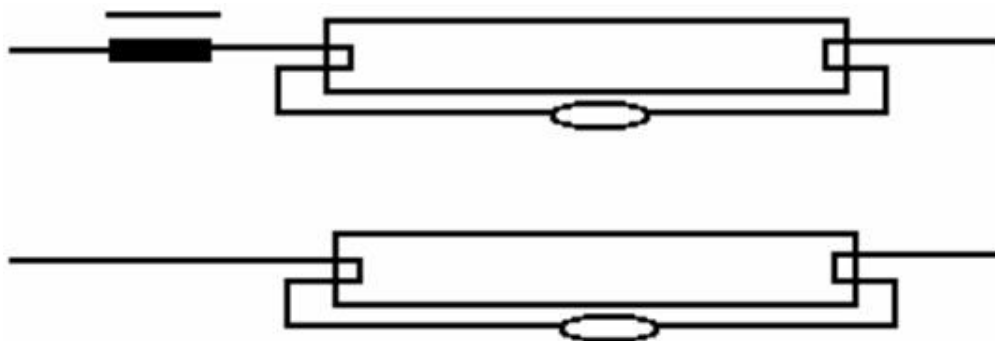


**Circuito RAPID STAR con balasto que funciona como transformador de precaldeo**

Fig. 8-6

Generalmente el conjunto lámpara-balasto tiene un bajo factor de potencia, por lo cual se suele colocar un capacitor en paralelo con la red de alimentación.

Según el caso se puede utilizar un solo balasto para accionar dos tubos fluorescentes, este tipo de conexión se denomina en "tanden", en la figura (Fig. 8-7) se puede apreciar el mismo en donde se utiliza un balasto para 40 W que acciona dos tubos de 20 W.



**Circuito tándem**

Fig. 8-7

En la actualidad se utilizan en mayor medida los balasto electrónicos, que a pesar de ser mas caros tienen sus ventajas frente a los balastos comunes

- aumento en la eficiencia de la lámpara y el sistema.
- igual luz con menor consumo.
- menor pérdida.
- ausencia de parpadeo y de efecto estroboscópico
- encendido instantáneo.
- aumento de la vida de la lámpara
- alto factor de potencia.
- bajo peso
- ausencia de ruidos



Estos balastos constan de un rectificador, que transforma la corriente alterna en continua, para volver al convertirla en alterna pero de onda cuadrada con una frecuencia entre 20 y 100 KHz.

## **LÁMPARAS BAJO CONSUMO – CARACTERÍSTICAS**

Las lámparas ahorradoras de energía denominadas CFL (Compact Fluorescent Lamp – Lámpara Fluorescente Compacta) (Fig. 8-8) son una variante mejorada de las lámparas de tubos rectos fluorescentes, que fueron presentadas por primera vez al público en la Feria Mundial de New York efectuada en el año 1939.

Desde su presentación al público en esa fecha, las lámparas de tubos fluorescentes se utilizan para iluminar variados tipos de espacios, incluyendo nuestras casas. En la práctica el rendimiento de esas lámparas es mucho mayor, consumen menos energía eléctrica y el calor que disipan al medio ambiente es prácticamente despreciable en comparación con el que disipan las lámparas incandescentes.



Lámpara CFL de 9 watt      Lámpara CFL de 11 watt

Fig. 8-8

Generalmente las lámparas o tubos rectos fluorescentes son voluminosos y pesados, por lo que en 1976 el ingeniero Edward Hammer, de la empresa norteamericana GE, creó una lámpara fluorescente compuesta por un tubo de vidrio alargado y de reducido diámetro, que dobló en forma de espiral para reducir sus dimensiones. Así construyó una lámpara fluorescente del tamaño aproximado de una bombilla común, cuyas propiedades de iluminación eran muy similares a la de una lámpara incandescente, pero con un consumo mucho menor y prácticamente sin disipación de calor al medio ambiente.

Aunque esta lámpara fluorescente de bajo consumo prometía buenas perspectivas de explotación, el proyecto de producirla masivamente quedó engavetado, pues la tecnología existente en aquel momento no permitía la producción en serie de una espiral de vidrio tan frágil como la que requería en aquel momento ese tipo de lámpara.

Sin embargo, con el avance de las tecnologías de producción, hoy en día, además de las lámparas CFL con tubos rectos, las podemos encontrar también con el tubo en forma de espiral, tal como fueron concebidas en sus orígenes y que podemos ver en la foto de la derecha.

No obstante, en la década de los años 80 del siglo pasado otros fabricantes apostaron por la nueva

lámpara y se arriesgaron a lanzarla al mercado, pero a un precio de venta elevado, equivalente a lo que hoy serían 30 dólares (unos 27 euros aproximadamente) por unidad. Sin embargo, los grandes pedidos que hizo en aquellos momentos el gobierno norteamericano a los fabricantes y su posterior subvención por el ahorro que representaban estas lámparas para el consumo de energía eléctrica, permitieron ir disminuyendo poco a poco su precio, hasta acercarlo al costo de producción.

La posterior aceptación obtenida por las nuevas lámparas ahorradoras de energía dentro de los amplios círculos económicos y de la población, estimuló a los fabricantes a acometer las inversiones necesarias, emprender la producción masiva y bajar mucho más el precio de venta al público.

### PARTES DE UNA LÁMPARA CFL (Fig. 8-9)



Fig. 8-9

### **Tubo fluorescente**

Se componen de un tubo de unos 6 mm de diámetro aproximadamente, doblados en forma de “U” invertida, cuya longitud depende de la potencia en watt que tenga la lámpara. En todas las lámparas CFL existen siempre dos filamentos de tungsteno o wolframio (W) alojados en los extremos libres del tubo con el propósito de calentar los gases inertes (Fig. 8-10), como el neón (Ne), el kriptón (Kr) o el argón (Ar), que se encuentran alojados en su interior. Junto con los gases inertes, el tubo también contiene vapor de mercurio (Hg). Las paredes del tubo se encuentran recubiertas por dentro con una fina capa de fósforo.



Filamentos colocados dentro de los tubos  
Fig. 8-10



Elementos que componen el balastro electrónico.  
Fig. 8-11

### **Balasto electrónico**

Las lámparas CFL son de encendido rápido, por tanto no requieren cebador (encendedor, starter) para encender el filamento, sino que emplean un balasto electrónico (Fig. 8-11) en miniatura, encerrado en la base que separa la rosca del tubo de la lámpara. Ese balasto suministra la tensión o voltaje necesario para encender el tubo de la lámpara y regular, posteriormente, la intensidad de corriente que circula por dentro del propio tubo después de encendido.

El balasto electrónico se compone, fundamentalmente, de un circuito rectificador diodo de onda completa y un oscilador, encargado de elevar la frecuencia de la corriente de trabajo de la lámpara entre 20 000 y 60 000 hertz aproximadamente, en lugar de los 50 ó 60 hertz con los que operan los balastos electromagnéticos e híbridos que emplean los tubos rectos y circulares de las lámparas fluorescentes comunes antiguas.

### Base

La base de la lámpara ahorradora CFL se compone de un receptáculo de material plástico, en cuyo interior hueco se aloja el balasto electrónico. Unido a la base se encuentra un casquillo con rosca normal E-27 (conocida también como rosca Edison), la misma que utilizan la mayoría de las bombillas o lámparas incandescentes. Se pueden encontrar también lámparas CFL con rosca E-14 de menor diámetro (conocida como rosca candelabro). No obstante, existen variantes con otros tipos de conectores, de presión o bayoneta, en lugar de casquillos con rosca, que funcionan con un balasto electrónico externo, que no forma parte del cuerpo la lámpara.

### ASÍ FUNCIONA LA LÁMPARA CFL (Fig. 8-12)

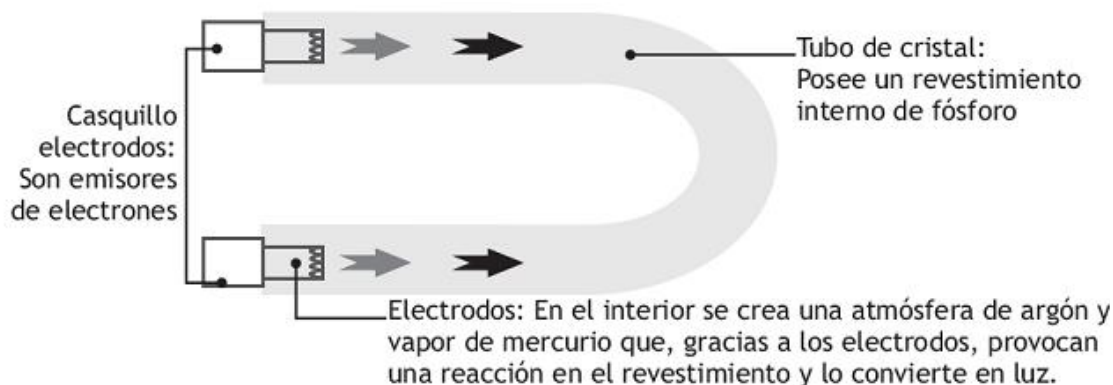


Fig. 8-12

El funcionamiento de una lámpara fluorescente ahorradora de energía CFL es el mismo que el de un tubo fluorescente común, excepto que es mucho más pequeña y manuable.

Cuando enroscamos la lámpara CFL en un portalámpara (igual al que utilizan la mayoría de las lámparas incandescentes) y accionamos el interruptor de encendido, la corriente eléctrica alterna fluye hacia el balasto electrónico, donde un rectificador diodo de onda completa se encarga de convertirla en corriente directa y mejorar, a su vez, el factor de potencia de la lámpara. A continuación un circuito oscilador, compuesto fundamentalmente por un circuito transistorizado en función de amplificador de corriente, un enrollado o transformador (reactancia inductiva) y un

capacitor o condensador (reactancia capacitiva), se encarga de originar una corriente alterna con una frecuencia, que llega a alcanzar entre 20 mil y 60 mil ciclos o hertz por segundo.

La función de esa frecuencia tan elevada es disminuir el parpadeo que provoca el arco eléctrico que se crea dentro de las lámparas fluorescentes cuando se encuentran encendidas. De esa forma se anula el efecto estroboscópico que normalmente se crea en las antiguas lámparas fluorescentes de tubo recto que funcionan con balastos electromagnéticos (no electrónicos). En las lámparas fluorescentes antiguas el arco que se origina posee una frecuencia de sólo 50 ó 60 hertz, la misma que le proporciona la red eléctrica doméstica a la que están conectadas.

Para el alumbrado general el efecto estroboscópico es prácticamente imperceptible, pero en una industria donde existe maquinaria funcionando, impulsadas por motores eléctricos, puede resultar peligroso debido a que la frecuencia del parpadeo de la lámpara fluorescente se puede sincronizar con la velocidad de giro de las partes móviles de las máquinas, creando la ilusión óptica de que no están funcionando, cuando en realidad se están moviendo.

En las lámparas CFL no se manifiesta ese fenómeno, pues al ser mucho más alta la frecuencia del parpadeo del arco eléctrico en comparación con la velocidad de giro de los motores, nunca llegan a sincronizarse ni a crear efecto estroboscópico.

Desde el mismo momento en que los filamentos de una lámpara CFL se encienden, el calor que producen ionizan el gas inerte que contiene el tubo en su interior, creando un puente de plasma entre los dos filamentos. A través de ese puente se origina un flujo de electrones, que proporcionan las condiciones necesarias para que el balasto electrónico genere una chispa y se encienda un arco eléctrico entre los dos filamentos. En este punto del proceso los filamentos se apagan y se convierten en dos electrodos, cuya misión será la de mantener el arco eléctrico durante todo el tiempo que permanezca encendida la lámpara. El arco eléctrico no es precisamente el que produce directamente la luz en estas lámparas, pero su existencia es fundamental para que se produzca ese fenómeno.

A partir de que los filamentos de la lámpara se apagan, la única misión del arco eléctrico será continuar y mantener el proceso de ionización del gas inerte. De esa forma los iones desprendidos del gas inerte al chocar contra los átomos del vapor de mercurio contenido también dentro de tubo, provocan que los electrones del mercurio se exciten y comiencen a emitir fotones de luz ultravioleta. Dichos fotones, cuya luz no es visible para el ojo humano, al salir despedidos chocan contra las paredes de cristal del tubo recubierto con la capa fluorescente. Este choque de fotones ultravioletas contra la capa fluorescente provoca que los átomos de fluor se exciten también y emitan fotones de luz blanca, que sí son visibles para el ojo humano, haciendo que la lámpara se encienda.

## **CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS AHORRADORAS CFL**

- Son compatibles con los portalámparas, zócalos o “sockets” de las lámparas incandescentes de uso común.
- Al igual que las lámparas incandescentes, sólo hay que enroscarlas en el portalámparas, pues no requieren de ningún otro dispositivo adicional para funcionar.
- Disponibles en tonalidades “luz de día” (daylight) y “luz fría” (cool light), sin que introduzcan distorsión en la percepción de los colores.

- Encendido inmediato tan pronto se acciona el interruptor, pero con una luz débil por breves instantes antes que alcancen su máxima intensidad de iluminación.
- Precio de venta al público un poco mayor que el de una lámpara incandescente de igual potencia, pero que se compensa después con el ahorro que se obtiene por menor consumo eléctrico y por un tiempo de vida útil más prolongado.

### **VENTAJAS DE LAS LÁMPARAS AHORRADORAS CFL COMPARADAS CON LAS INCANDESCENTES.**

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

### **TIPOS DE LÁMPARAS CFL (Fig. 8-13)**

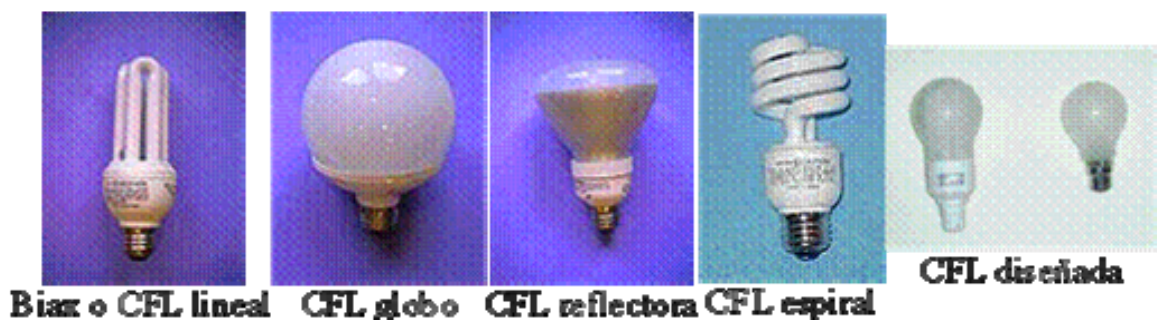


Fig. 8-13

## COMPARACIÓN DE LÁMPARAS DE BAJO CONSUMO VS. INCANDESCENTES (KILOVATIOS EN 1 HORA)

Artefacto	Potencia (en Watt)	Consumo (en KWh)
Lámpara Dicroica	23	0,023
Tubo Fluorescente	40	0,050
Tubo Fluorescente	30	0,040
Lámpara Fluorescente Compacta 7 w	7	0,007
Lámpara Fluorescente Compacta 11 w	11	0,011
Lámpara Fluorescente Compacta 15 w	15	0,015
Lámpara Fluorescente Compacta 20 w	20	0,020
Lámpara Fluorescente Compacta 23 w	23	0,023
Lámpara Incandescente 40 w	40	0,040
Lámpara Incandescente 60 w	60	0,060
Lámpara Incandescente 100 w	100	0,100

### COMPARACIÓN DE CONSUMOS

Una lámpara tradicional de 100 W (que cuesta \$2.20) proporciona la misma luz que una lámpara de bajo consumo de 20 W (que cuesta \$16)

En un período de un año, y teniéndolas encendidas 5 horas diarias, el consumo de cada una será, proporcionando la misma luz:

- 100W x 5hs /día x 365 días= 182.500 Wh
- 20W x 5hs/día x 365 días= 36.500 Wh

Suponiendo que el kWh cuesta 0,043\$ (costo variable), tomando como ejemplo un usuario tipo R2 teniendo en cuenta el cuadro tarifario de Edesur a enero 2008, sin incluir ni cargo fijo ni impuestos:

- 182.500 Wh x 0.043 \$/kWh = \$ 7,8
- 36.500 Wh x 0.043 \$/kWh = \$1,5

Produciendo así un ahorro de 6,278\$ por año mediante la lámpara de bajo consumo.

Por otra parte, las lámparas de bajo consumo, duran 8 veces más que las lámparas convencionales (8.000 hs contra las 1000 hs). El gasto de ambas en 8000 horas de vida útil de la lámpara de bajo consumo es:

- 20W X 8000 hs x 0.043 \$/kWh = \$6,88
- 100W X 8000 hs x 0.043 \$/kWh = \$34,4

El ahorro en la factura eléctrica es de \$27,52. Como la vida útil de una lámpara incandescente es de 1000 hs. son necesarias 8 lámparas para alcanzar la vida útil de la LFC. El costo de las 8 lámparas incandescentes es de \$16.6 (\$2.20x8) que comparado con el precio de una LFC (\$ 16) da un ahorro

de \$ 1.6. En conclusión una lámpara de bajo consumo de 20W a lo largo de su vida nos ahorra \$ 29.12.

Sin mencionar que se evita la transmisión a la atmósfera de cerca de media tonelada de CO<sub>2</sub>.

## LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

Estas lámparas constan de un tubo de cuarzo en la que se produce la descarga eléctrica. Este tubo contiene una pequeña cantidad de mercurio y un gas inerte de relleno (argón), para facilitar su arranque.

El tubo de cuarzo, también llamado tubo de descarga o quemador, tiene dos electrodos principales, uno en cada extremo entre los cuales opera el arco eléctrico y un electrodo auxiliar próximo a uno principal que facilita el arranque.

Este tipo de lámparas operan a alta presión, una vez que encienden eléctricamente se comienza a evaporar lentamente el mercurio, hasta a alcanzar el valor final del flujo luminoso y sus valores eléctricos nominales. Este proceso de encendido lleva normalmente unos 4 minutos.

Cuando se apaga la lámpara, la presión interna es muy alta por lo que la tensión de la red es insuficiente para lograr su reencendido, por lo cual hay que esperar el enfriamiento para comenzar nuevamente el encendido. Por este motivo este tipo de lámparas no se utiliza para iluminar lugares donde sea necesario encender y apagar con cierta frecuencia.

El circuito eléctrico de una lámpara de mercurio es muy simple (Fig. 8-14), consta de una reactancia inductiva en serie con la lámpara. Al tener una reactancia inductiva el factor de potencia es bajo, a este se lo mejora con un capacitor en paralelo.



Fig. 8-14

También existe el circuito auto regulado, el mismo posee un capacitor en serie a la reactancia, el factor de potencia en este caso es bajo pero capacitivo. Este circuito permite a la lámpara permanecer encendida para tensiones bajas.

Dentro de las lámparas e vapor de mercurio de alta presión, podemos distinguir los siguientes tipos:

- lámparas de mercurio claras
- lámparas de color corregido
- lámparas mezcladoras
- lámparas de mercurio halogenadas

## **LÁMPARAS DE MERCURIO CLARAS**

Este tipo de lámparas tiene el tubo recubierto por una ampolla de color transparente o esmerilado, sin ningún revestimiento.

La luz que emite tiene un color predominantemente azulado de modo que destaca los objetos de ese color, empalideciendo los de color rojo.

Este tipo de lámparas tienen un rendimiento de 40 a 50 lm/W. Siendo su aplicación en alumbrados de playas de estacionamiento, áreas de maniobras, depósitos, alumbrado urbano, etc.

Su vida útil promedio es de 16000 horas, se fabrican en una amplia gama de potencia (250 W, 400 W y 1000 W). El flujo luminoso varía entre los 11750 lm para los 250 W y 52000 lm para los 1000 W.

## **LÁMPARAS DE COLOR CORREGIDO**

El principio de funcionamiento es el mismo, pero la diferencia es que el tubo está rodeado por una ampolla ovoidal con un recubrimiento interior fluorescente. Este tiene la finalidad de transformar parte de la radiación ultravioleta en luz visible, mejorando el flujo luminoso (eficiencia) y mejorando la reproducción de colores, respecto a las lámparas de mercurio claras.

El rango de potencia es entre los 50 W y 2000 W, la vida útil promedio es de 16000 horas, el flujo luminoso nominal varía entre 1800 lm para lámparas de 50 W y los 125000 lm para la lámpara de 2000 W. Siendo su aplicación en casi todos los terrenos del alumbrado, por ejemplo industrias, comercio y oficinas que posean techos altos, alumbrado público, de áreas residenciales, parques, etc.

## **LÁMPARAS MEZCLADORAS**

Este tipo de lámparas es una mezcla de lámpara de vapor de mercurio a alta presión de color corregido y de la lámpara incandescente.

Se trata de un tubo de cuarzo pequeño, con sus electrodos, en el tubo existe vapor de mercurio y otros gases. En lugar de utilizar un balasto se conecta en serie con el tubo de cuarzo un filamento de tungsteno, que hace las veces de un limitador de corriente (balasto), por lo que no necesita equipo auxiliar, y además emite luz.

Por lo tanto la luz que emite es una mezcla, prácticamente en partes iguales, de luz de mercurio y luz incandescente.

Este tipo de lámparas resulta apropiado para reemplazar las lámparas incandescentes en algunos talleres de poco tamaños, alumbrado público, etc., ya que tiene una vida útil promedio de 6000 horas, una luz más blanca y un mayor flujo luminoso. Además no necesita ningún equipo auxiliar, por lo que el reemplazo es directo.



Las potencias que se encuentran son de 160 W, 250 W y 500 W siendo el flujo luminoso nominal de 3000 lm, 5700 lm y 14000 lm respectivamente.

Se aconseja instalar estas lámparas en forma vertical, tienen un factor de potencia prácticamente igual a la unidad y no produce efecto estroboscópico.

## **LÁMPARAS HALOGENADAS**

Este tipo de lámparas tienen en el tubo de descarga de cuarzo además de mercurio sobre el gas que se produce el arco, un agregado de compuestos halógenos de sodio, talio e indio, con los cuales se consiguen un rendimiento luminoso mas elevado y mejores propiedades de reproducción cromática.

En este caso el mercurio actúa como regulador de la tensión de arco y del color, quedando el papel de generación de luz para los halógenos, los cuales emiten luz blanca de excelentes propiedades cromáticas, con una eficiencia luminosa superior a las otras lámparas.

Un segundo grupo de lámparas halógenas son las que utilizan en el tubo de descarga ioduros de tierras raras, especialmente escandio, disprosio, tulio y holmio.

Existe por último un tercer grupo, en donde tienen en su tubo de descarga ioduro de estaño y cloruro de estaño.

Las lámparas de mercurio halogenadas para encender necesita un dispositivo electrónico denominado ignitor, el cual queda fuera de servicio una vez encendida. Este se encarga de producir una elevada tensión transitoria de arranque que oscila entre los 1,5 kV a 5 kV, según los modelos y potencia.

Durante el proceso de encendido el arco se forma inicialmente en el mercurio, a medida que aumenta la temperatura del arco se van vaporizando los compuestos halógenos, que comienzan a actuar como emisores de luz. El proceso de encendido dura aproximadamente 3 minutos y para producir un reencendido hay que esperar que se enfríe.

La ampolla exterior es de vidrio duro y contiene en su interior nitrógeno.

El rendimiento lumínico oscila entre los 75 a 95 lm/W.

## **LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO**

A este tipo de lámparas por sus características constructivas y tecnológicas las podemos clasificar en:

- **Lámparas de baja presión**
- **Lámparas de alta presión**

Las lámparas de vapor de sodio tienen un espectro luminoso que entra dentro de la zona de los colores amarillo-anaranjado.

## LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE BAJA PRESIÓN

La descarga eléctrica en vapor de sodio produce una radiación visible monocromática cuya longitud de onda es de 589 nm.

En estas lámparas el tubo de descarga (comercialmente SOX) está doblado en forma de U y se lo fabrica con un vidrio especial que resista al ataque químico del sodio.

El tubo de descarga se mantiene en posición dentro de la ampolla exterior por medio de una cantidad de muelles y soportes que actúan también como amortiguadores de vibraciones.

Este tubo está relleno con una mezcla de gases inertes que actúan como arrancador, cuya composición es 99% de neón y un 1% de argón a una presión de 1000 Pascales (0,01 veces la presión atmosférica), además tiene sodio metálico de elevada pureza.

Los electrodos son hilos de tungsteno recubierto con pasta emisora de electrones.

El bulbo exterior es de vidrio y está recubierto en su parte interior de una sustancia que refleja el infrarrojo y transmite la luz visible, manteniendo una temperatura de 260° C.

Al encenderse estas lámparas se establece un arco eléctrico entre los electrodos en la atmósfera de gases, el que comienza a operar con una tensión de pico de encendido de 500 V a 1500 V, según el tipo de lámparas.

La descarga inicial se hace en el neón, que produce una luz rojiza, al aumentar la temperatura se comienza a vaporizar el sodio metálico, esto produce una elevación de la presión interna hasta llegar al equilibrio térmico que se produce a los 260 °C con una presión de 0,7 Pa, en donde la lámpara emite el color amarillo propio de las líneas del sodio.

Para la operación de estas lámparas se necesita un equipo auxiliar constituido por un transformador que suministra la tensión elevada en el arranque, para luego alimentar con la tensión y corriente nominal. También se puede instalar para su utilización balastos e ignitores electrónicos.

Los equipos auxiliares más utilizados los podemos dividir en tres grupos

### a) **Balasto de autoinducción con ignitor separado (Fig. 8-15)**

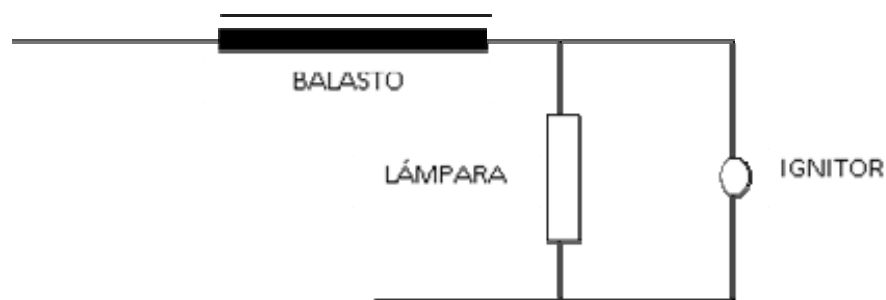


Fig. 8-15

b) Autotransformador a inductancias separadas, sin ignitor (Fig. 8-16)

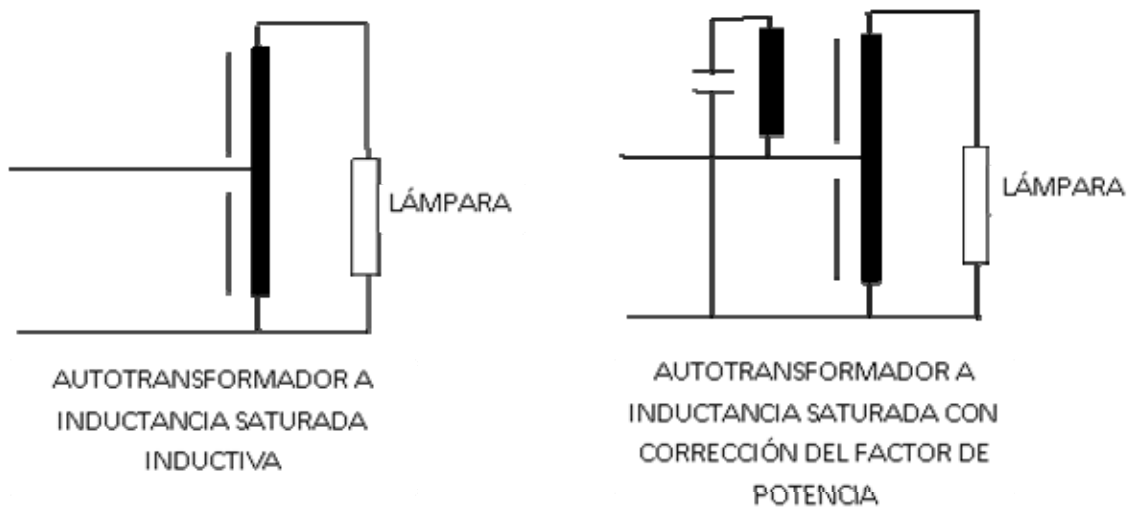


Fig. 8-16

c) Transformador a potencia constante con ignitor (Fig. 8-17)

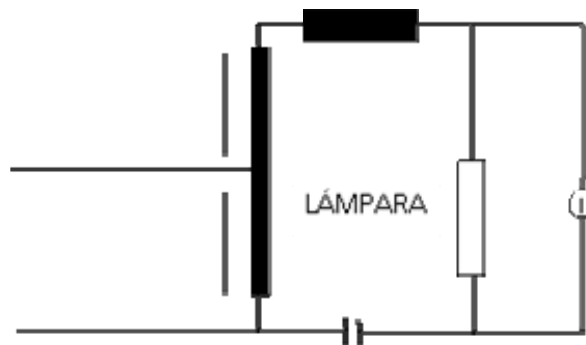


Fig. 8-17

El rendimiento lumínico es de los más altos, estando en el orden de 180 lm/W. Pero su uso se encuentra restringido en a iluminación general o en cualquier lugar donde no se requiera discriminación de colores.

Su uso principal está en el alumbrado público, siendo su tiempo de arranque de unos 15 minutos y teniendo una vida útil promedio de 6000 horas, siendo su factor de potencia de 0,5.

### LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN (SON)

Este tipo de lámparas mejoran el tono de luz y la reproducción de colores, obteniéndose un espectro con cierta continuidad que se traduce en una luz color blanco dorado que permite distinguir todos los colores de la radiación visible, manteniendo un alto rendimiento luminoso.

Estas lámparas constan de un tubo de descarga del sodio construido de material cerámico, alúmina policristalina sinterizada, transparente a la luz de sodio, este se mantiene en posición por medio de un sistema de muelles e hilos de soporte.

Dentro del tubo hay una amalgama sodio-mercurio (20% sodio), que se vaporiza parcialmente cuando la lámpara alcanza su temperatura de trabajo. Para facilitar el arranque dentro del tubo se coloca una cierta cantidad de xenón.

La ampolla exterior está rellena de un gas inerte o en vacío, la superficie interior tiene, cerca del casquillo, una sustancia llamada "getter", que tiene la función de captar los gases liberados por los diversos componentes de la lámpara.

La ampolla exterior puede ser de forma ovoidal o tubular, el primer tipo puede tener la superficie clara o con un recubrimiento interior blanco difusor. Las tubulares son transparentes y de vidrio duro.

Las tensiones de arranque son del orden de 2,8 a 5 KV, siendo su tiempo de encendido de 3 a 4 minutos y el reencendido en caliente requiere 1 minuto.

Para su arranque requiere un equipo auxiliar, que consta de un balasto, un capacitor para corregir el factor de potencia, y el dispositivo de arranque (ignitor), que en algunos casos está incorporado en la lámpara.

## **DIODO EMISOR DE LUZ - LED**

**LED** Son las siglas en Inglés de **DIODO EMISOR DE LUZ**. Es un dispositivo electrónico que emite luz.

## **FUNCIONAMIENTO DEL LED**

EL **LED** tiene una estructura simple y sólida, consistente en un pequeño microchip incrustado en un sencillo circuito eléctrico. A diferencia de la bombilla incandescente, no tiene un filamento que produce calor. Ellos se encienden solamente por el movimiento de electrones en un material semiconductor.

Los principales componentes de iluminación de un LED (Fig. 8-18) son:

- EL DIODO: Un microchip consistente en 2 capas de semiconductores.
- DOS ELECTRODOS: Un cátodo (-) y un ánodo (+).
- UNALENTE EPOXY: La cual protege al diodo y determina el brillo de la luz.

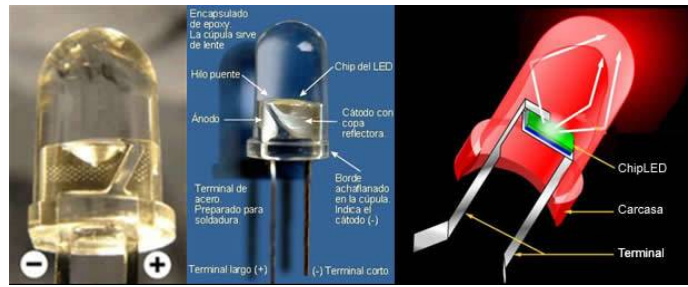


Fig. 8-18

El funcionamiento físico consiste en que, en los materiales semiconductores, un electrón al pasar de la banda de conducción a la de valencia, pierde energía; esta energía perdida se puede manifestar en forma de un fotón desprendido, con una amplitud, una dirección y una fase aleatoria. El que esa energía perdida al pasar un electrón de la banda de conducción a la de valencia se manifieste como un fotón desprendido o como otra forma de energía (calor por ejemplo) va a depender principalmente del tipo de material semiconductor. Cuando un diodo semiconductor se polariza directamente, los huecos de la zona p se mueven hacia la zona n y los electrones de la zona n hacia la zona p; ambos desplazamientos de cargas constituyen la corriente que circula por el diodo. Si los electrones y huecos están en la misma región, pueden recombinarse, es decir, los electrones pueden pasar a "ocupar" los huecos, "cayendo" desde un nivel energético superior a otro inferior más estable. Este proceso emite con frecuencia un fotón en semiconductores de banda prohibida directa o "direct bandgap" con la energía correspondiente a su banda prohibida (véase semiconductor). Esto no quiere decir que en los demás semiconductores (semiconductores de banda prohibida indirecta o "indirect bandgap") no se produzcan emisiones en forma de fotones; sin embargo, estas emisiones son mucho más probables en los semiconductores de banda prohibida directa (como el Nitruro de Galio) que en los semiconductores de banda prohibida indirecta (como el Silicio).

La emisión espontánea, por tanto, no se produce de forma notable en todos los diodos y sólo es visible en diodos como los LEDs de luz visible (Fig. 8-19), que tienen una disposición constructiva especial con el propósito de evitar que la radiación sea reabsorbida por el material circundante, y una energía de la banda prohibida coincidente con la correspondiente al espectro visible. En otros diodos, la energía se libera principalmente en forma de calor, radiación infrarroja o radiación ultravioleta. En el caso de que el diodo libere la energía en forma de radiación ultravioleta, se puede conseguir aprovechar esta radiación para producir radiación visible, mediante sustancias fluorescentes o fosforescentes que absorban la radiación ultravioleta emitida por el diodo y posteriormente emitan luz visible.



Fig. 8-19

El dispositivo semiconductor está comúnmente encapsulado en una cubierta de plástico de mayor resistencia que las de vidrio que usualmente se emplean en las lámparas incandescentes. Aunque el plástico puede estar coloreado, es sólo por razones estéticas, ya que ello no influye en el color de la luz emitida. Usualmente un LED es una fuente de luz compuesta con diferentes partes, razón por la cual el patrón de intensidad de la luz emitida puede ser bastante complejo.

Para obtener una buena intensidad luminosa debe escogerse bien la corriente que atraviesa el LED; para ello, hay que tener en cuenta que el voltaje de operación va desde 1,8 hasta 3,8 voltios aproximadamente (lo que está relacionado con el material de fabricación y el color de la luz que emite) y la gama de intensidades que debe circular por él varía según su aplicación. Valores típicos de corriente directa de polarización de un LED corriente están comprendidos entre los 10 y los 40 mA. En general, los LEDs suelen tener mejor eficiencia cuanto menor es la corriente que circula por ellos, con lo cual, en su operación de forma optimizada, se suele buscar un compromiso entre la intensidad luminosa que producen (mayor cuanto más grande es la intensidad que circula por ellos) y la eficiencia (mayor cuanto menor es la intensidad que circula por ellos).

La luz producida mediante el efecto fotoeléctrico tiene una frecuencia determinada (es decir, es de un sólo color), que depende del tipo de material. También existe el efecto contrario, que hace que los paneles fotovoltaicos produzcan electricidad al exponerlos a la luz.

<b>Compuestos empleados en la construcción de LED.</b>		
<b>Compuesto</b>	<b>Color</b>	<b>Long. de onda</b>
Arseniuro de galio (GaAs)	Infrarrojo	940nm
Arseniuro de galio y aluminio (AlGaAs)	Rojo e infrarrojo	890nm
Arseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	Rojo, naranja y amarillo	630nm
Fosfuro de galio (GaP)	Verde	555nm
Nitruro de galio (GaN)	Verde	525nm
Seleniuro de zinc (ZnSe)	Azul	
Nitruro de galio e indio (InGaN)	Azul	450nm
Carburo de silicio (SiC)	Azul	480nm
Diamante (C)	Ultravioleta	
Silicio (Si)	En desarrollo	

## EVOLUCIÓN DE LOS LEDs

Desde la aparición de los primeros LEDs en los años 60 en rojo, pasando por los LEDs verdes en los años 70 hasta la aparición de los LEDs azules a principios de los 90 lo cual dio paso la creación de la luz blanca, sin embargo todos ellos tenían un denominador común: Una Iluminación muy baja que se aplicaba únicamente en señalización (Fig. 8-20).

Gracias al avance de las diferentes tecnologías de electrónica ha sido posible a finales de los 90 que se desarrollen los primeros LEDs para utilizarlos en aplicaciones de iluminación tanto desde el punto de vista de aplicaciones de la luz como la fabricación de aparatos de iluminación.

Actualmente se han creado los LEDS DE ALTA LUMINOSIDAD (SMD) que proporcionan un mayor flujo luminoso emitiendo una luz blanca que produce 20 lúmenes por vatio lo que permite lograr intensidades lumínicas de 5 a 20 veces mayores. Poseen colores intensos sin necesidad del uso de filtros, permitiendo desde el blanco ajustable producir digitalmente cualquier color. Los haces de luz no contienen rayos UV ni calor.

Las numerosas ventajas del LED de alta luminosidad como fuente de iluminación hacen que progresivamente vayan sustituyendo cualquier otra tecnología convencional para generar luz como las lámparas incandescentes, fluorescentes o descarga consiguiendo la concepción de nuevos productos y aplicaciones para iluminación nunca antes posibles (Fig. 8-21).

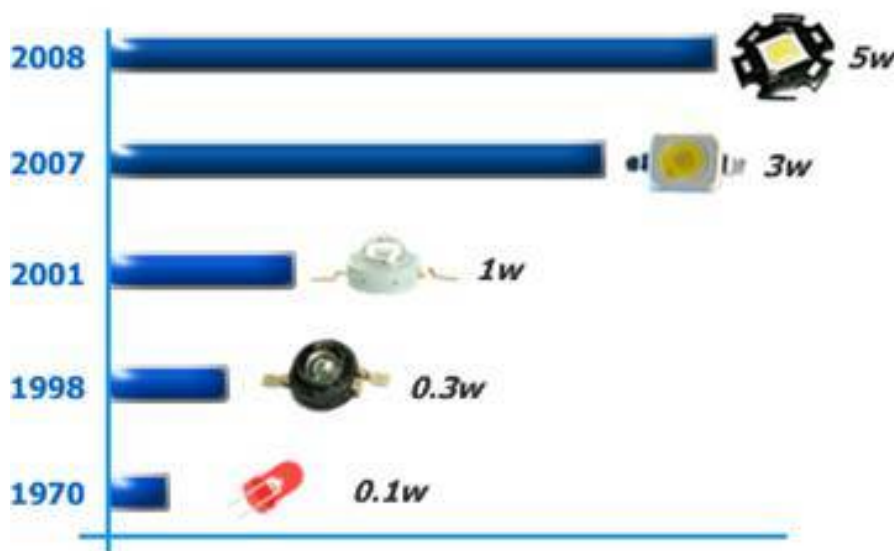


Fig. 8-20

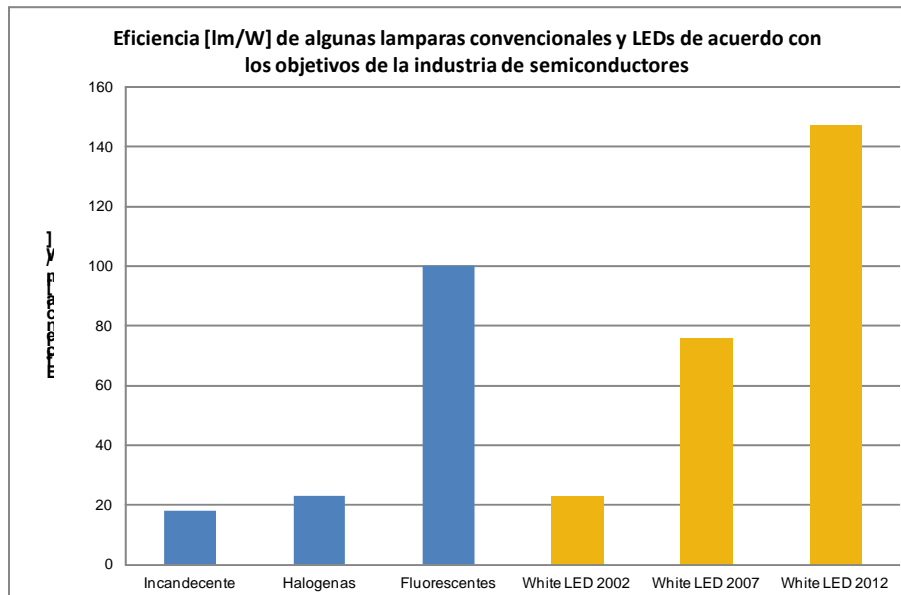


Fig. 8-21

- 1 Wat** emite 25 lúmenes en blanco y está disponible en diversos colores y configuraciones.
- 3 Wat** emiten entre 65 y 80 lúmenes manteniendo las mismas características.
- 5 Wat** emiten hasta 120 lúmenes en blanco y una salida de luz comparable con otros colores.

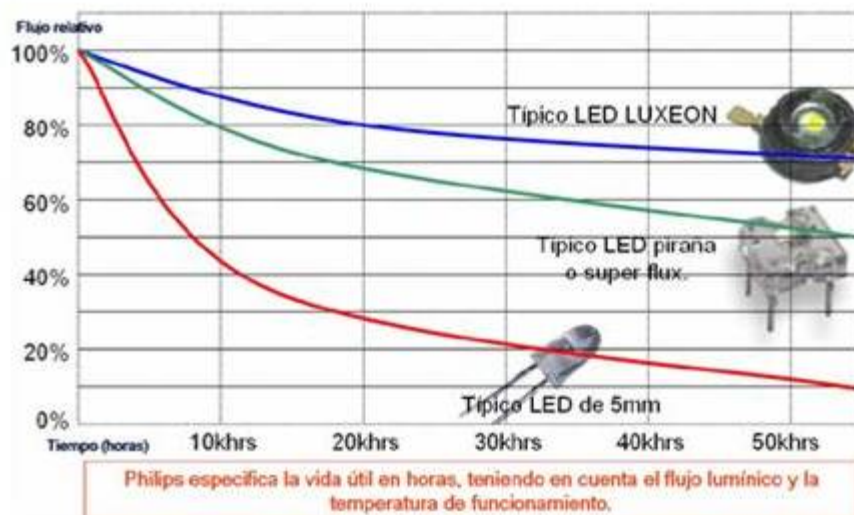


Fig. 8-22

El primer espectro visible práctico LED fue desarrollado en 1962, el desarrollo de los LED ha alcanzado un nivel tan alto, que ha sido escogido como la mejor alternativa al bulbo incandescente, a la luz de neón y al fluorescente en muchas áreas. Se predice que con el ya remoto desarrollo de LED las fuentes de iluminación mencionadas o convencionales actuales cederán el paso a los LED en el futuro próximo. El futuro del ser humano será más brillante ya que el empleo común de los LED supondrá ahorro en energía, costes y tiempo.



## **RASGOS Y VENTAJAS DE LOS LED**

Los rasgos inherentes de los LED lo definen para ser la mejor alternativa a fuentes de iluminación convencionales, y proporcionar una más amplia gama de uso.

### **Pequeño tamaño**

Un LED puede ser sumamente pequeño y proporcionar un haz de luz de altas prestaciones lumínicas.

### **Consumo de electricidad bajo**

Los LED tienen un consumo de electricidad muy bajo. Generalmente, un LED está diseñado para funcionar en la corriente 2-3.6V, 0.02-0.03A, esto significa que no necesita más de 0.1w para funcionar.

### **Vida larga (Fig. 8-22)**

Con funcionamiento a una tensión nominal, la corriente y el ambiente adecuados los LED disfrutan de una larga vida aproximadamente 100,000 horas.

### **Alta eficacia luminosa y baja emisión de calor**

Los LED puede convertir casi toda la energía usada en luz, y por lo tanto el rendimiento de los mismos se traduce en una muy alta eficacia luminosa y baja emisión de calor. Uno de los mejores LED en el mercado actual emite 32lm/w, que es casi dos veces tan eficiente como una bombilla de filamento de tungsteno equivalente.

### **Protección de medio ambiente**

Los LED están fabricados con materiales no tóxicos a diferencia de las lámparas fluorescentes con el mercurio que contienen y que plantean un peligro de contaminación. Los LED pueden ser totalmente reciclados.

### **Irrompible**

El dispositivo electroluminiscente de los LED está completamente encajado en un recinto de resina epoxi, lo hace mucho más robusto que la lámpara de filamentos convencional y el tubo fluorescente; no hay ninguna parte móvil dentro del recinto de epoxi sólido, es más resistente a vibraciones o impactos. Esto hace que los LED sean altamente resistentes

### **Reducido Mantenimiento para un ahorro de costos**

Las lámparas basadas en LED tienen al menos 10 veces mayor tiempo de vida útil que un a luz convencional, no necesita reemplazar la lámpara de leds con ello reduce o elimina el mantenimiento reduce costos. Muchas de las críticas aplicaciones de iluminación que son salidas de emergencia, e iluminación para seguridad requieren un mantenimiento periódico para corroborar su correcto funcionamiento o reemplazo con los leds se ahorra este mantenimiento.

La Luz de LEDs posee grandes ventajas en aplicaciones donde el reemplazo dificulta el trabajo del reemplazo. Antenas de Radio, luces de embarcaciones, luces de aviones, puentes y túneles requieren una iluminación cara y un mantenimiento debido a su ubicación. Con los leds elimina o reduce drásticamente la frecuencia de mantenimiento ahorrando dinero.

### **Mayor ahorro de energía debido a su uso eficiente**

Las lámparas de Leds son más eficientes que las lámparas incandescentes o que las lámparas halógenas. Las lámparas de color blanco entregan por artefacto más de 20 lúmenes por Watt, y puede llegar a más de 50 lúmenes por watt.

Cuando ve las lámparas de leds es importante considerar los beneficios. Por ejemplo debido al ahorro de energía de los leds reduce su factura de luz recuperando más rápidamente su inversión. Otros beneficios adicionales son los colores vivos y la eliminación de filtros que se usan en las lámparas incandescentes.

### **Flexibilidad de diseño**

LEDs son típicamente más pequeños que las lámparas permitiendo diferentes y variados diseños de lámparas de iluminación. En vez de montar una lámpara de alta potencia (reflector óptico), con los leds es posible distribuir la iluminación en muchos puntos sobre la superficie a iluminar permitiendo un Nuevo concepto de iluminación.

### **Colores más vivos sin el uso de filtros**

Los Leds no requieren filtros para crear múltiples colores. Rojos, verdes azules y otros colores pueden ser producidos por la lámpara de leds sin la necesidad de filtros.

Usualmente en las lámparas incandescentes cuando desea un color específico se agrega este filtro a la luz blanca de la lámpara incandescente permitiendo el paso del color deseado. Estos filtros bloquean una parte considerable de luz no deseada permitiendo solo el paso de la longitud de onda deseada.

### **Más Robusto, a prueba de Vibración**

Los leds son de estado sólido, no contiene partes móviles, no poseen filamentos, por ello son aptos para ambientes de alta vibración e impacto. No hay nada que se pueda romper, explotar o contaminar, los leds son la mejor opción.

### **Cambio de Colores**

Rojo verde azul, blanco, ahora todo esto es posible obtenerlo con la misma lámpara sin la necesidad de filtros con cambios de colores instantáneos (medidos en microsegundos).

Con una lámpara (RGB), usted puede fácilmente obtener el color que usted desea, además es dimerizable.

### **100 % Dimerizable sin variación de color**

Las lámparas de leds son 100 % dimerizables sin variación de color, esto es posible debido al uso de modulación de ancho de pulso y al uso de la última tecnología en micro controladores.

### **Color instantáneo**

Luz instantánea sin parpadeos y sin la necesidad de un precalentamiento, permitiendo un abanico de colores instantáneo con una lámpara RGB.

### **No posee Mercurio**

Luz Fría y sin emisión de rayos UV

La luz Convencional emite una radiación invisible al ojo humano, esta radiación de muy corta longitud de onda más conocida como rayos ultravioleta o infrarrojos.

### **Radiación infrarroja produce calor.**

La luz Ultravioleta produce daños material es, causando cambios de color y agrietamientos de superficies.

Los Leds solo generan iluminación en el rango que la persona solo puede ver. No hay rayos ultravioletas o radiación infrarroja.

### **Bajo Voltaje de operación**

A diferencia de la luz convencional los leds utilizan un bajo voltaje de operación evitando la necesidad de requerimientos regulatorios. Por ejemplo los Leds son totalmente compatibles con la UL y otros standards de seguridad

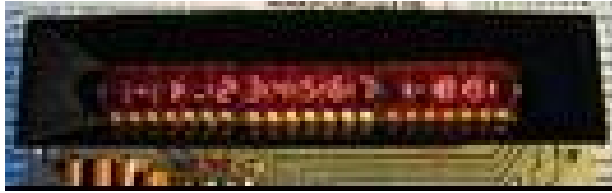
## **APLICACIONES DE LOS LEDs** (Fig. 8-23)

La eficacia, la luminosidad y la vida útil del LED han avanzado a una increíble velocidad en los últimos años aplicándose en infinidad de sectores:

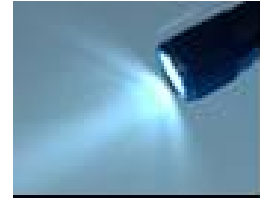
- **Iluminación de hostelería:** Hoteles, restaurantes, pub, discotecas, salones de bodas.
- **Iluminación arquitectural:** Ayuntamientos, edificios, estadios, aeropuertos, escuelas, hospitales, iglesias, puentes.
- **Iluminación residencial:** Hogares, apartamentos, residencias, hoteles.
- **Iluminación espectacular:** Escenarios, parques temáticos, salas de cine, casinos, teatros, museos.
- **Iluminación de comercios:** Grandes superficies, tiendas especializadas, personalización, personalización de franquicias.
- **Iluminación de obras de arte:** Esculturas, retablos, iglesias, imágenes, capillas.
- **Iluminación de eventos:** Ferias, congresos, convenciones, ceremonias, conciertos.
- **Iluminación de contornos:** Monumentos, rotondas, escenarios, pistas de aterrizaje, mobiliario, fachadas, puentes.
- **Iluminación bajo el agua:** Piscinas, fuentes, balnearios, spas, cascadas.

- **Iluminación automoción:** Tuning, automóviles, barcos, aviones, trenes.

## APLICACIONES



Antiguo display LED de una calculadora.



Una pequeña linterna a pilas con LEDs



Pantalla de LEDs en el Estadio de los Arkansas Razorbacks.



La pantalla en Freemont Street en Las Vegas es actualmente la más grande del mundo.

Fig. 8-23

## LÁMPARAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Las lámparas de inducción usan una bobina de inducción sin filamentos y una antena acopladora, la cual consiste en tecnología de aplicar una descarga de frecuencia para proveer soluciones de iluminación (Fig. 8-24).

El centro de la lámpara es la bobina de inducción a la cual le provee potencia un generador de alta frecuencia. El ensamble de vidrio circundante contiene un material electrón-Ion plasma y esta relleno con un gas inerte. La porción interior del vidrio está recubierta con un recubrimiento de fósforo el cual es similar al que se encuentra en las lámparas fluorescentes. La antena transmite la energía generada por el primario de la bobina de un sistema de inducción al gas que se encuentra dentro de la lámpara, por lo cual se crea una radiación ultravioleta, la cual es luego transformada a fuentes visibles de luz por medio del recubrimiento de fósforo en la superficie de vidrio.

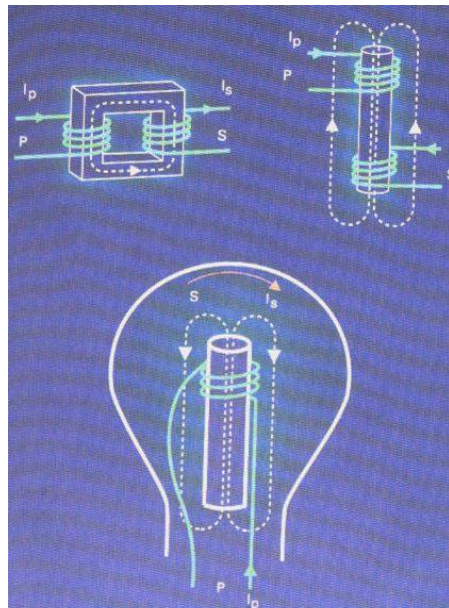


Fig. 8-24

El circuito electrónico:

- Elimina los parpadeos.
- Encendido de la lámpara inmediato.
- Produce todo su flujo desde el primer instante. (Fig. 8-25)

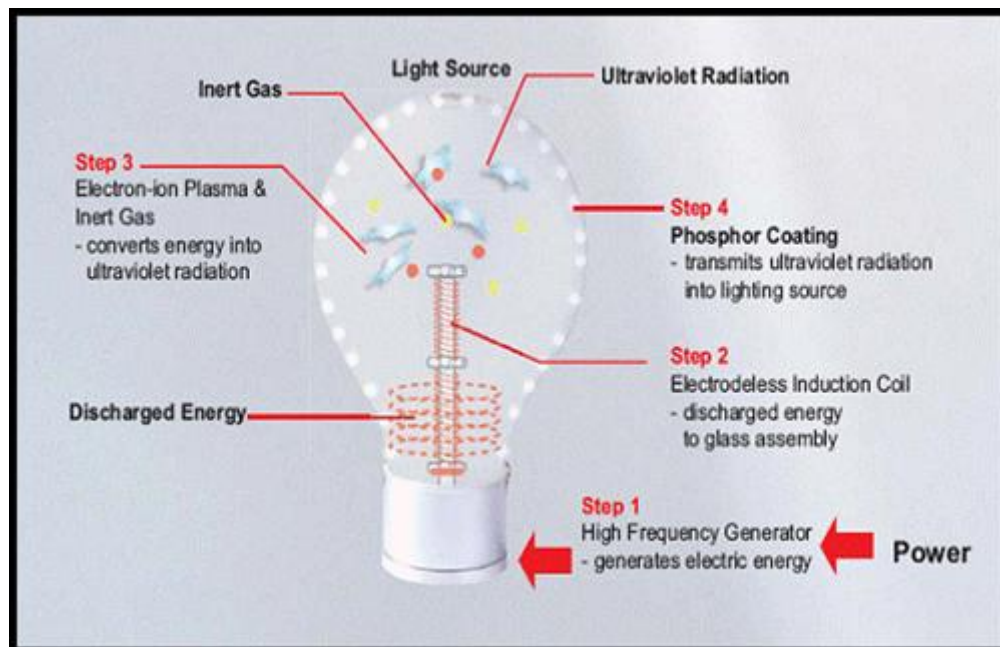


Fig. 8-25

- 100,000 hrs. de vida útil (contra 15-20,000 del haluro metálico). El tiempo de encendido, reencendido es instantáneo (no necesita calentarse para prender después de 15- 20 minutos como el haluro metálico).

- No necesita mantenimiento ni cambios de foco ni balasto (NO utilizamos balasto).
- No tienen pérdidas de energía. (el haluro metálico además de consumir X Watts tiene una pérdida extra de energía del 16% por causa del balasto).
- El índice de rendimiento de color es mejor con esta tecnología (> 85) en comparación con el rendimiento del haluro metálico (78) lo que hace que los colores se vean más vivos y mejor en cuestiones de seguridad industrial.
- No utiliza gases a presión ni tóxicos como el haluro metálico.
- Protección contra variaciones de voltaje que evita cualquier daño a luminarias. A diferencia del haluro metálico que por esta causa puede dañarse fácilmente.
- Mejor intensidad de la luz o mejor nivel de luxes que el haluro metálico (dependiendo la aplicación puede ser mucho mayor o igual).
- El peso por luminaria de inducción es de 7 Kg. Aprox. Contra el peso de las luminarias de aditivos de 20 kgs...
- La depreciación de la luz es mucho menor en comparación con la tasa de depreciación en un haluro metálico.

#### COMPARATIVO DE WATTS CONTRA LA COMPETENCIA

INDUCCIÓN	ADITIVOS METÁLICOS
40W	80W
80W	150W
100W	250W
150W	300W-325W
200W	400W
400W	1000W

#### VENTAJAS DE LAS LÁMPARAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA (Fig. 8-26)

##### ECONÓMICO:

- Ahorro de hasta de un 60 % a 70% en el consumo de energía eléctrica.
- No requiere Balastro, usa generador de frecuencia 100,000 horas de vida útil Mantenimiento casi nulo.
- 5 años de Garantía de fábrica.

##### TÉCNICO Y LUMÍNICO:

- Encendido Instantáneo.
- Prende con Voltaje desde 85 v. hasta 320 v.
- <10 % de distorsión Harmónicos.
- Factor de Potencia de 95%.
- Eficiencia Luminosa: ofrece de 80-95 lúmenes/watt.
- Rendimiento Cromático de 86-92%.
- Contamos con modelos que funcionan con Energía Solar.

## SEGURIDAD:

- Es una lámpara segura con los Índices de Protección correspondientes.
- Anti Explosiva debido a que no tiene filamentos.
- El Calor que emite es menor de 110 °C.
- Compatibilidad Electro Magnética, (estándar EN55105 y GB17743-1999).
- Por el hecho de no tener filamentos, las vibraciones no le afectan.
- Peso Ligero.

## ECOLÓGICO:

- Recurso lumínico: Tri Phosphoro
- Emisión de luz Ultra Violeta: menor a 0.5%
- Emisión de luz Infra Roja: menor a 0.4%
- No contiene bifenilos ni difenilos policlorados.
- Generador elaborado con Aluminio y Cobre (elementos reciclables).
- Generador muy ligero.
- Al generar poco calor y consumir poca energía contribuye con el no calentamiento global, coadyuvando a la disminución de la producción del bióxido de carbono.



Fig. 8-26

## SELECCIÓN DE LÁMPARAS

### CRITERIOS CROMÁTICOS

Los criterios cromáticos se establecen tomando como base el color que presenta la fuente de luz (apariciencia) y la reproducción cromática que producen. Para ello podemos usar la siguiente tabla:

<b>CARACTERÍSTICAS CROMÁTICAS</b>				
<b>Clase</b>	<b>Tipo</b>	<b>Apariencia de color</b>	<b>Temperatura de color (K)</b>	<b>Índice rendim. De color (IRC)</b>
Incandescentes		Blanco cálido	2600 - 2800	100
Incandescentes halógenas		Blanco	3000	100
Fluorescencia		Diferentes blancos	2600 - 6500	50 - 95
Fluorescencia compacta		Blanco cálido	2700	80
Vapor de mercurio	Estándar	Blanco	3500	45
	Color mejorado	Blanco	4000	55
Luz mezcla		Blanco	3600	60
Mercurio con halog. Metálicos		Blanco frío	4800 - 6500	65 - 95
Sodio baja presión		Amarillo	1800	No aplicable
Sodio alta presión	Estándar	Blanco amarillo	2100	25
	Color mejorado	Blanco amarillo	2100	40
	blanco	Blanco amarillo	2100	80
Inducción		Diferentes blancos	2700 - 4000	80

**DOS LÁMPARAS CON UNA APARIENCIA DE COLOR SIMILAR PUEDEN OCASIONAR REPRODUCCIONES DE COLOR MUY DIFERENTES, EXCEPTO EN LAS INCANDESCENTES.**

La capacidad de reproducción cromática de los objetos iluminados con una fuente de luz se representa por medio de su IRC (ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR) en una escala de 0 a 100. Las lámparas con un valor superior a 85 tienen un buen IRC, entre 70 y 85 su rendimiento es normal y por debajo de 70 el rendimiento se considera mediocre.

Con este criterio, las incandescentes y halógenas tienen el mejor IRC (100). En el extremo opuesto están las lámparas estándar de sodio de alta presión (IRC=25).

**CRITERIO DE EFICACIA**

Analizar correctamente la eficacia de una lámpara exige comparar el flujo de luz que emite con la energía que consume. El resultado obtenido se refleja en la siguiente tabla:



<b>CARACTERÍSTICAS DE EFICACIA</b>				
<b>Clase</b>	<b>Tipo</b>	<b>Potencia [W]</b>	<b>Flujo [lm]</b>	<b>Eficacia [lm/W]</b>
Incandescentes	Estándar	15 - 100	90 - 18800	6 - 18,8
	Reflector de vidrio	25 - 150	270 - 4150	
	Reflector de vidrio prensado	60 - 120	3900 - 9500	
Incandescentes halógenas	Doble envoltura	60 - 150	840 - 2550	14 - 17 13,5 - 24,2
	Lineales	60 - 2000	810 - 48400	
	Reflectoras	50 - 100	4300 - 15000	
Tubos Fluorescente	Estándar	18 - 58	1350 - 5200	75 - 93 93,7 - 108 57,5 - 73,8
	Alta frecuencia	16 - 50	1500 - 5400	
	Arranque rápido	20 - 65	1150 - 4800	
Fluorescencia compacta	Casquillo 4 tetones	18 - 55	1200 - 4800	66,7 - 87,3 60 - 65 44,4 - 48 44,4 - 60
	Cortas	15 - 23	900 - 1500	
	Con envoltura externa	9 - 25	400 - 1200	
	Largas	9 - 20	400 - 1200	
Vapor de mercurio	Estándar	50 - 1000	1800 - 58500	40 - 59 40 - 60
	Color mejorado	50 - 400	2000 - 24000	
Luz mezcla		160 - 500	2800 - 13000	18 - 26
Mercurio con halog. Metálicos	Ovoides	250 - 400	17000 - 30600	71 - 77 73 - 83 68 - 96
	Lineales	75 - 1800	5500 - 150000	
	Tubulares	75 - 2000	5100 - 189000	
Sodio baja presión	Estándar	18 - 180	1800 - 32300	103 - 179
Sodio alta presión	Estándar	70 - 1000	5600 - 125000	80 - 130 43 - 48 85 - 100
	S. blanco	50 - 100	2300 - 4700	
	Color mejorado	150 - 400	12700 - 38000	
Inducción		55 - 85	3500 - 6000	64 - 71

### CARACTERÍSTICAS DE DURACIÓN

Se establece en función de la vida útil de cada lámpara, aunque también depende de las condiciones de uso. Las lámparas fluorescentes y las fluorescentes compactas tienen una duración menor si se encienden y apagan a menudo.

<b>CARACTERÍSTICAS DE DURACIÓN</b>				
<b>Clase</b>	<b>Tipo</b>	<b>Vida útil [horas]</b>	<b>Perdida flujo [%]</b>	<b>Supervivencia [%]</b>
Incandescentes		1000	20	100
Incandescentes halógenas		2000	20	100
Fluorescentes	Estándar Alta frecuencia	10000	16	50
		12000	10	80
Fluorescencia compacta		6000 – 9000	15 – 17	72
Vapor de mercurio	Estándar Color mejorado	16000	21	86
		16000	30	85
Luz mezcla		6000	14	79
Mercurio con halog. Metálicos		9000	23	72
Sodio baja presión		14000	12	87
Sodio alta presión	Estándar	16000	15	80
Inducción		60000	30	80

## **INFORMACIÓN AMBIENTAL PARA LÁMPARAS DE DESCARGAS**

### **Información Ambiental para lámparas fluorescentes**

#### **Descripción del producto**

Las lámparas fluorescentes son lámparas con descarga de baja presión que funcionan según el siguiente principio: luego de la ignición, el vapor de mercurio emite radiación UV en el tubo de vidrio. Esta radiación se convierte en luz visible gracias a los fósforos del interior del tubo de vidrio, en un color de luz que depende de los fósforos utilizados. El mecanismo de control asegura que el correcto flujo luminoso sea emitido.

Los fósforos utilizados son sustancias completamente inertes que no plantean ningún riesgo a la salud aun si son liberados como resultado de la rotura de una lámpara.

Cuando las lámparas están en un estado frío, es decir a temperatura ambiente, el mercurio (entre 3 y 8 mg. dependiendo del tipo) está presente generalmente bajo la forma de pequeñas gotas metálicas en el tubo de descarga (bulbo). Cuando la lámpara es encendida el mercurio se vaporiza mientras que la temperatura del tubo se eleva, y el vapor del mercurio necesario para la descarga llena al bulbo por completo. El mercurio es liberado si la lámpara se rompe.

## **Riesgos para la salud**

Inhalar mercurio o componentes de mercurio en forma de vapor o polvo puede ocasionar problemas de salud. El mercurio también puede ser absorbido a través de la piel.

## **Protección contra roturas de lámparas**

Para evitar riesgos para la salud recomendamos los siguientes procedimientos en caso de que una lámpara se rompa:

- Remover todos los restos, preferentemente con una aspiradora
- Ventilar cuidadosamente la habitación
- Eliminar todos los residuos de la lámpara rota de la luminaria antes de volver a utilizar la misma.

## **Información Ambiental de lámparas fluorescentes compactas**

### **Descripción del producto**

Las lámparas fluorescentes compactas son lámparas de descarga de baja presión que funcionan bajo el siguiente principio:

Después de la ignición, el vapor del mercurio en el tubo de vidrio emite la radiación UV. Esta radiación es convertida en luz visible por los fósforos en el interior del tubo de vidrio, en una luz cuyo color depende de los fósforos utilizados. El mecanismo de control se asegura de que se emita el correcto flujo luminoso.

Los fósforos utilizados son sustancias completamente inertes que no plantean ningún riesgo a la salud aun si son liberados como resultado de la rotura de una lámpara. Cuando las lámparas están en estado frío, el mercurio está presente en forma de una pequeña combinación de mercurio/ hierro en el tubo de descarga (bulbo). Cuando las lámparas son encendidas el mercurio se vaporiza mientras la temperatura del bulbo se eleva, y el vapor de mercurio necesario para la descarga llena el bulbo por completo. El mercurio se libera si la lámpara se rompe. Los riesgos por inhalar el mercurio o los compuestos del mercurio en forma de vapor o polvo pueden ocasionar problemas de salud. El mercurio también puede ser absorbido por la piel.

### **Riesgo para la salud**

Inhalar mercurio o componentes de mercurio en forma de vapor o polvo puede ocasionar problemas de salud. El mercurio también puede ser absorbido a través de la piel.

### **Protección contra rotura de lámparas**

Para evitar riesgos a la salud recomendamos los siguientes procedimientos en caso de rotura de una lámpara:

- Todas las personas en el establecimiento deben abandonar inmediatamente la habitación lo más rápido posible para evitar inhalar el vapor de mercurio.
- Ventilar la habitación por uno 20-30 minutos como mínimo.

- Una vez que la luminaria se enfrió y antes de que vuelva a ser utilizada, todos los residuos de mercurio debe ser eliminado del interior de la luminaria. Para evitar contacto con la piel, recomendamos el uso de guantes desechables. El mercurio líquido puede ser removido con los agentes de absorción comerciales.

Contenido de mercurio para lámparas fluorescentes compactas de Tipo Mercurio

DULUX EL todos los tipos < 3mg

DULUX D, T/E, S, L, LSP, F <4,5mg

CIRCOLUX EL <4,5mg

## **Información Ambiental de lámparas de vapor de mercurio (HQL)**

### **Descripción del producto e información de funcionamiento**

Las lámparas HQL pertenecen a la familia de lámparas de vapor de mercurio de, en las cuales la descarga toma lugar en una atmósfera de vapor de mercurio.

El color de la luz está determinado por la capa de fósforo en el bulbo.

Las lámparas de vapor de mercurio están disponibles en potencias desde 50W hasta 1000W.

Cuando los lámparas de alta potencia están en estado frío, en otras palabras a temperatura ambiente (21° C), el mercurio está presente en generalmente en forma de pequeñas gotas metálicas en el tubo de descarga (bulbo). Cuando la lámpara es encendida, el mercurio se vaporiza y así la temperatura en el tubo de descarga se eleva debido a la descarga en argón entre el electrodo de ignición y el electrodo principal, así proporciona la carga para el arco.

Dentro de los primeros minutos el mercurio se calienta en el arco entre los electrodos y se vaporiza por completo. Cuando el equilibrio térmico es alcanzado, la presión en el tubo de descarga es de entre 1 y 10 bar, dependiendo de la potencia indicada.

Las lámparas no deben ser expuestas al spray de agua y deben ser operadas con un mecanismo de control (pero sin ignitor).

Las lámparas cumplen con la directiva 2002/95/EC RoHS.

### **Riesgos para la salud**

Inhalar mercurio o componentes de mercurio en forma de vapor o polvo puede ocasionar problemas de salud. El mercurio también puede ser absorbido a través de la piel.

La lámpara solo puede ser operada si su bulbo exterior está intacto porque de otra manera, la intensa radiación UV que escapa de la lámpara puede dañar los ojos (inclusive si es visualizado indirectamente) y causar irritación en la piel. La radiación UV es INVISIBLE al ojo humano. La irritación puede no manifestarse sino hasta varias horas después de la exposición.

## **Protección contra rotura de lámparas**

La lámpara debe ser apagada de inmediato si el bulbo se rompe. Deben ser tomadas medidas para asegurar que la lámpara no pueda ser encendida en este estado nuevamente.

Los conductores de la lámpara tienen tensión. Antes de quitar los restos de la lámpara, asegúrese de que la energía esté desconectada (riesgo de descarga eléctrica fatal).

Para evitar riesgos a la salud recomendamos los siguientes procedimientos en caso de que el tubo de descarga se rompa:

- Quitar todos los pedacitos del tubo de descarga
- Ventilar cuidadosamente la habitación
- Una vez que la luminaria se enfrió y antes de que vuelva a ser utilizada, todos los residuos de mercurio deben ser removidos del interior de la luminaria. Para evitar contacto con la piel, recomendamos el uso de guantes desechables.

## **Información Ambiental de lámparas de halogenuro metálico (HQI, HCI)**

### **Descripción del producto e información de funcionamiento.**

Las lámparas HQI y HCI pertenecen a la familia de lámparas de halogenuro metálico de en las cuales el arco de descarga funciona a alta presión en una atmósfera de vapor de halógeno, mercurio y tierras extrañas.

Las lámparas HQI están disponibles en potencias desde 70W hasta 2000W; las lámparas HCI lámparas están disponibles en voltajes desde 35W a 250W.

Cuando las lámparas, especialmente las de alta potencia, están en estado frío, en otras palabras a temperatura ambiente (21° C), el mercurio generalmente se presenta en forma de pequeñas gotas metálicas en el tubo de descarga (quemador). Cuando la lámpara es encendida, el mercurio se vaporiza, la temperatura en el bulbo se eleva y se calienta el arco entre los electrodos. La temperatura del exterior del bulbo es de varios cientos de ° C.

Cuando el equilibrio térmico es alcanzado el vapor de mercurio ejerce una presión máxima de 15 bar en el tubo de descarga en lámparas HQI y una presión máxima de 30 bar en lámparas HCI. Las lámparas cumplen con la directiva 2002/95/EC RoHS.

### **Riesgo para la salud**

Inhalar mercurio o componentes de mercurio en forma de vapor o polvo puede ocasionar problemas de salud. El mercurio también puede ser absorbido a través de la piel.

La lámpara solo puede ser operada si su bulbo exterior está intacto porque de otra manera, la intensa radiación UV que escapa de la lámpara puede dañar los ojos y causar irritación en la piel.

## **Protección contra rotura de lámparas**

Si el bulbo exterior o la cubierta de la luminaria se rompen, la lámpara se debe apagar de inmediato.

Para evitar riesgos a la salud recomendamos los siguientes procedimientos en caso de que el tubo de descarga se rompa:

- Ventilar cuidadosamente la habitación
- Remover cuidadosamente todos los pedazos del tubo de descarga.
- Una vez que la luminaria se enfrió y antes de que vuelva a ser utilizada, todos los residuos de mercurio debe ser eliminados del interior de la luminaria. Para evitar contacto con la piel, recomendamos el uso de guantes desechables. Los limpiadores de vidrio comerciales pueden ser utilizados para asistir el proceso de limpieza.

### **Relleno de mercurio por la familia de HQI y HCI lámparas de**

<b>Potencia Mercurio</b>	<b>[mg]</b>
35W	máx. 5
70W	máx.10
150W	máx.15
250W	máx. 20
300W a 2000W	máx. 250

### **Información Ambiental de lámparas de halogenuros metálicos (HMI, HTI)**

#### **Descripción del producto e información de funcionamiento.**

Las lámparas de halogenuros metálicos de son lámparas de la familia HMI, HTI y VIP para operación en CA y CC, en las cuales el arco de descarga funciona a alta presión en una atmósfera de vapor de halógeno, mercurio y tierras raras.

Las lámparas de halogenuros metálicos están disponibles desde 35 a 18,000W.

La familia de lámparas mencionadas también incluyen a HMP, HRS y HMD.

Cuando las lámparas de alta potencia están en estado frío, en otras palabras, a temperatura ambiente (21° C) el mercurio generalmente se presenta en forma de pequeñas gotas metálicas en el tubo de descarga (bulbo). Cuando la lámpara es encendida el mercurio se vaporiza, la temperatura en el bulbo se eleva alcanzando aproximadamente los 10000° C en el arco entre los electrodos. La temperatura en la pared interior del bulbo es de alrededor de 800 ° C.

Cuando el equilibrio térmico es alcanzado (que pueden tomar de 1 a 10 minutos después de encendida la lámpara, dependiendo del tipo), el vapor de mercurio ejerce una presión de hasta 200 bar en el bulbo, dependiente del tipo de la lámpara.

Las lámparas cumplen con la directiva 2002/95/EC RoHS.

#### **Riesgo para la salud**

Inhalar mercurio o componentes de mercurio en forma de vapor o polvo puede ocasionar problemas de salud. El mercurio también puede ser absorbido a través de la piel.

## **Protección contra rotura de lámparas**

Para evitar riesgos a la salud recomendamos los siguientes procedimientos en caso de rotura de una lámpara:

- Abandonar las inmediaciones para evitar inhalar el vapor de mercurio.
- Ventilar cuidadosamente la habitación por 20 a 30 minutos como mínimo.
- Una vez que la luminaria se enfrió y antes de que vuelva a ser utilizada, todos los residuos de mercurio debe ser eliminado del interior de la luminaria. Para evitar contacto con la piel, recomendamos el uso de guantes desechables. El mercurio

## **Información Ambiental de lámparas de sodio de alta presión**

### **Descripción del producto e información de su funcionamiento**

Las lámparas de sodio de alta presión de son lámparas para operación en AC, en las cuales toma lugar una descarga bajo presión en una atmósfera de vapor de sodio mercurio.

Las lámparas de sodio alta presión están disponibles desde 50 hasta 1,000W. Las lámparas de sodio de alta presión pueden ser operadas con arranques externos o integrados.

En estado frío, en otras palabras a temperatura ambiente (21° C), el mercurio y el sodio metálico están en estado sólido como una amalgama de sodio. Cuando la lámpara es encendida, el mercurio y el sodio se vaporizan y así, la temperatura en el tubo de descarga y en el arco entre los electrodos, se eleva. La temperatura del bulbo exterior es de entre 100 y 500 ° C (max.) dependiendo de la potencia. Cuando el equilibrio térmico es alcanzado, el mercurio ejerce una presión de hasta 2 bar en las paredes del tubo de descarga; la presión actual varía dependiendo del tipo de lámpara.

Las lámparas cumplen con la directiva 2002/95/EC RoHS.

### **Riesgo para la salud**

Inhalar mercurio o componentes de mercurio en forma de vapor o polvo puede ocasionar problemas de salud.

## **Protección contra rotura de lámparas**

Para evitar riesgos a la salud recomendamos los siguientes procedimientos en caso de que el tubo de descarga se rompa:

- Quitar todos los pedacitos del tubo de descarga
- Ventilar cuidadosamente la habitación
- Una vez que la luminaria se enfrió y antes de que vuelva a ser utilizada, todos los residuos de mercurio deben ser removidos del interior de la luminaria. Para evitar contacto con la piel, recomendamos el uso de guantes desechables.

## **Información Ambiental de lámparas de sodio de baja presión.**

### **Descripción del producto**

Las lámparas de sodio de baja presión son las lámparas de descarga de baja presión libres de mercurio que funcionan según el siguiente principio:

Después de la ignición, el vapor de sodio en el tubo de vidrio emite una luz amarilla monocromática a 590 nm.

Las lámparas de sodio están disponibles en una gama de desempeño que va desde 18W hasta 180W.

El sodio en la lámpara está presente en forma sólida en el estado frío y se vaporiza en el bulbo interno durante el proceso de descarga.

El vapor del sodio llena el bulbo durante la operación. Si una lámpara se rompe durante la operación el vapor de sodio es liberado y puede inflamarse al hacer contacto con el aire. El sodio se puede condensar y reaccionar con la humedad y el dióxido de carbono en el aire para formar carbonato de sodio e hidróxido de sodio.

Si una lámpara se rompe en estado frío el sodio sólido puede liberarse si se produce la rotura del bulbo interno y bajo ciertas circunstancias iniciar una explosión si hay alta humedad o agua, formando un hidróxido de sodio corrosivo.

Las lámparas cumplen con la directiva 2002/95/EC RoHS de la Comunidad Europea.

### **Riesgo para la salud**

Si el sodio o el hidróxido de sodio tienen contacto con la piel se pueden producir quemaduras cáusticas. Lavar inmediatamente con agua corriente; si este salpica los ojos, enjuagarlos y buscar inmediatamente consejo médico.

### **Protección contra rotura de lámparas**

Para evitar riesgos recomendamos los siguientes procedimientos:

- Después que la luminaria se haya enfriado y en cualquier caso antes de que vuelva a ser utilizada, esta debe ser limpiada de cualquier rastro de hidróxido de sodio con un paño húmedo. Utilice guantes y anteojos protectores para prevenir quemaduras cáusticas.
- Las lámparas rotas deben ser colocadas en un contenedor metálico separado.
- Cuando se limpian las roturas, usar guantes y anteojos protectores para evitar quemaduras cáusticas.

Precaución: el sodio pegado al vidrio roto puede incendiarse con fuerza explosiva.

## **Información Ambiental para lámparas HALOTRONIC**



## **Descripción del producto**

El mecanismo de control electrónico representa un paso importante en el camino hacia una eficiente iluminación. Además de ofrecer ventajas económicas, el uso de mecanismos de control ayuda a proteger el medio ambiente.

Los componentes utilizados (las resistencias, condensadores, transformadores y transistores) son de diseño simple.

Los condensadores electrónicos son condensadores tipo lámina y contienen etilenglicol como electrolito. Generalmente, los condensadores electrolíticos no contienen PCBs o compuestos asociados.

El PCBs consta de resina epoxy, impregnada o reforzada con papel laminado de fibra de vidrio. El PCBs contiene “tetrabromobisfenol A” como material ignífugo.

Los eters de bifenil o difenil polibromenado no son utilizados.

Los mecanismos de control en la familia del HALOTRONIC son libres de silicona ( $< 2 \mu\text{g}$  absolutos). Los componentes que contienen el PVC no son utilizados.

Los productos cumplen con la directiva 2002/95/EC RoHS.

## **Comportamiento ante un incendio**

Los requisitos de DIN 60695-2-2 (Resistencia al hilo incandescente), con 10 segundos de rigor son alcanzados. El material de la envoltura plástica cumple con los requisitos de UL94 IEC 707 en términos de inflamabilidad. Como el mecanismo de control electrónico contiene los retardadores de incendio realizados en bromo por razones de seguridad operacional, hay riesgo de que los dibenzodioxanos policloradas y los furanos sean producidos en caso de incendio. Sin embargo esto es generalmente cierto cuando el material orgánico contiene los halógenos flamables.

Sin embargo, por lo que sabemos actualmente, los retardadores de incendio que contienen bromo que son utilizados al presente no forman las dioxinas cloradas o furanos que son particularmente tóxicos.

## **RECICLAJE DE LÁMPARAS DE DESCARGA**

El impulso a la adopción de programas municipales hacia un alumbrado público más eficiente, así como la búsqueda de eficientes sistemas de iluminación a nivel industrial, comercial y doméstico, han llevado a un aumento significativo en el uso de lámparas de descarga y tubos fluorescentes. Entre las opciones disponibles en el mercado se encuentran las lámparas de descarga de alta presión de vapor de sodio, de alta presión de vapor de mercurio y las de halogenuros metálicos, además de los tubos fluorescentes.

En estas lámparas la luz se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de un vapor (mercurio o sodio). El arco de descarga que se forma excita energéticamente los átomos de vapor, los cuales liberan esa energía en forma de luz. La radiación emitida por el mercurio corresponde al

espectro visible y ultravioleta. Para transformar la radiación ultravioleta en luz visible las lámparas se recubren interiormente con fósforo fluorescente.

El uso de este tipo de lámparas y tubos tiene como ventaja una alta calidad de iluminación en ambientes laborales, hogares y espacios públicos, permitiendo ahorrar energía debido a su alta eficiencia con respecto a las lámparas incandescentes. En atención a esto es que existen programas de eficiencia energética a nivel mundial que fomentan la sustitución masiva por este tipo de lámparas.


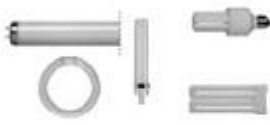
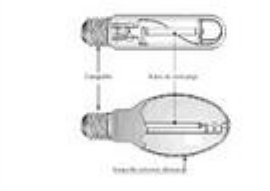
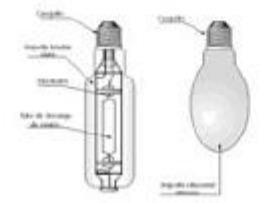
La dificultad se presenta a la hora del descarte, dado que deben ser gestionadas como residuos peligrosos debido a su contenido en mercurio y otros metales pesados. A pesar de ello, esta forma de iluminación sigue siendo la opción elegida a nivel mundial, debido a la menor utilización de energía, poniendo el énfasis en la utilización de lámparas con bajo contenido de mercurio y con especial atención en el almacenamiento, transporte y disposición final.

Las lámparas de descarga presentan las siguientes características:

- pequeño contenido de sustancias tóxicas por lámpara
- consumo cada vez mayor, principalmente a nivel industrial, que provoca un volumen de residuo considerable
- fragilidad, lo que dificulta toda maniobra de transporte o almacenamiento
- gran dispersión en el consumo dificultando la eficacia de la recolección de las lámparas que quedan fuera de servicio
- la mayor parte de los residuos generados corresponden a operaciones de mantenimiento y sustitución de unidades fuera de servicio
- las posibilidades de reutilización de los residuos son prácticamente nulas
- existen posibilidades importantes de reciclaje de los materiales

### **Tipos de lámparas de descarga**

Los materiales que componen las lámparas de descarga varían entre los diferentes fabricantes, en la siguiente tabla se presenta un resumen de los distintos tipos de lámparas, sus características y las concentraciones de los elementos que contienen.

Tipo de lámpara	Diseño	Material	Gramos/unidad
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión (peso medio 300g)		Mercurio	0.06
		Plomo	1.5
		Itrio	0.36
		Tierras raras	0.039
		Antimonio	
		Bario	0.006
		Estroncio	0.15
Lámparas fluorescentes (peso medio 200g)		Mercurio	0.035
		Plomo	0.0104
		Itrio	0.126
		Tierras raras	0.08
		Antimonio	0.03
		Bario	0.06
		Estroncio	0.28
Lámparas de sodio de alta presión (peso medio 300g)		Mercurio	0.06
		Plomo	0.6
		Itrio	0.012
		Tierras raras	0.003
		Antimonio	
		Bario	0.126
		Estroncio	0.09
Lámparas de halogenuros metálicos (peso medio 150g)		Mercurio	0.045
		Plomo	0.45
		Itrio	0.105
		Tierras raras	0.0045
		Antimonio	
		Bario	0.003
		Estroncio	0.0015

### Riesgos para la Salud y el Medio Ambiente

Los materiales de las lámparas se encuentran dentro de un sistema cerrado, por lo cual su uso adecuado no representa riesgos o impactos sobre el medio ambiente o la salud. Dichos materiales entran en contacto con el medio ambiente solamente en caso de rotura o destrucción. El principal riesgo corresponde a la liberación del mercurio.

El mercurio es una sustancia natural y un contaminante proveniente de diversas actividades industriales.

Las concentraciones naturales en el agua, suelo y en los peces (bioacumuladores) varían de una región a otra y son función de la composición de la roca madre a partir de la cual se genera el suelo y de las fuentes de contaminación existentes en el área.

Una vez liberado por actividades antrópicas al medio ambiente, el mercurio puede permanecer por mucho tiempo en la atmósfera antes de depositarse (mayoritariamente como mercurio elemental en fase vapor), lo que permite que este se transporte lejos de la fuente de emisión.

El mercurio ocasiona una amplia gama de efectos sistémicos en humanos (riñones, hígado, estómago, intestinos, pulmones y una especial sensibilidad del sistema nervioso), aunque varían con la forma química. Los microorganismos convierten el mercurio inorgánico en metilmercurio, una forma química muy tóxica, persistente y bioacumulable y que además se absorbe fácilmente en el tracto gastrointestinal humano.

## **Gestión de las Lámparas de Descarga**

### **Posibilidades de minimización**

En el caso de las lámparas, el concepto de minimización y reducción significa tener en cuenta factores tales como el correcto diseño de la iluminación (optimización de la potencia instalada, adecuada elección del tipo de lámpara), el uso racional de la iluminación existente y la planificación de las operaciones de mantenimiento.

Otra oportunidad de minimización corresponde a la fabricación de lámparas con menor contenido de mercurio y mayor vida útil.

### **Condiciones de recolección, transporte y almacenamiento**

La constitución propia de las lámparas hace que el transporte, la recolección y el almacenamiento sean procesos delicados. Entre los aspectos físicos a tener en cuenta están:

**Fragilidad (Fig. 8-27):** están constituidas en su mayoría por vidrio de pocos milímetros de espesor, por lo tanto se trata de un producto frágil, lo que afecta considerablemente las condiciones de transporte y almacenamiento.



Fig. 8-27

**Contenido Fig. 8-28:** los constituyentes son de carácter nocivo, por lo tanto es necesario tomar precauciones durante su manipulación. Una rotura del recipiente provoca la fuga de los materiales truncando cualquier acción posterior sobre la lámpara.



Fig. 8-28

**Relación peso/volumen:** son elementos de poco peso en comparación con su volumen, lo que dificulta su transporte y almacenamiento.

**Forma:** tienen múltiples formas y tamaños lo que no facilita su apilamiento.

Por otro lado hay que tener en cuenta que se trata de un producto de **consumo disperso**, lo que dificulta su recolección.

En resumen, se trata de residuos muy voluminosos que no se pueden compactar, de difícil recolección, clasificación, transporte y almacenaje.

Existen tres tipos de consumidores de lámparas bien diferenciados, consumidor industrial, sector servicios y pequeño consumidor. En el primer y segundo caso, por tratarse de grandes consumidores, resulta más fácil realizar la recolección.

En contrapartida, para el pequeño consumidor, cuando la lámpara llega al final de su vida útil representa un objeto de manejo engorroso si se pretende participar en un sistema de recolección selectiva.

Una estrategia es establecer puntos de recolección de los residuos, ya sea en los centros municipales, en comercios y otros establecimientos, de forma de facilitar la inclusión de los pequeños consumidores, en el circuito de reciclaje.

## **Reciclaje**

En relación a las emisiones antropogénicas de mercurio al medio ambiente, la disposición final de lámparas de mercurio representa solamente el 1% del total. Sin embargo, se ha despertado un especial interés en el manejo de esta corriente de residuos dado que representa una de las principales fuentes de ingreso de mercurio a los vertederos municipales. Esta condición ha incentivado el desarrollo de tecnologías que permitan la recuperación del mercurio contenido en las lámparas antes de desecharlas.

Las tecnologías utilizadas van desde máquinas modulares, que trituran las ampollas y empaquetan los residuos en contenedores especiales para su posterior procesamiento o reciclado, hasta instalaciones de mayor escala.

Si tomamos como referencia Estados Unidos, actualmente el número de unidades (lámparas y tubos) generadas como residuo es de 514 millones/año, siendo 142 millones de origen residencial y 372 millones de origen comercial, gubernamental e institucional, siendo los porcentajes de reciclaje del 2% y del 29.2% respectivamente. Si bien el porcentaje reciclado es bajo, el aumento de esta práctica es importante si se considera que a principios de los años 90 sólo se reciclaba el 10% del total. Esto responde no solo a una toma de conciencia sobre las características peligrosas del residuo, sino también a las exigencias establecidas por el gobierno principalmente a los grandes consumidores.

La OSRAM (fabricante de lámparas, Munich) desarrolló un proceso cuya tasa de reciclaje es de aproximadamente el 90% en peso, el cual le permitió establecer un gran sistema de recolección y reciclaje.

Por tratarse de sistemas de gestión muy complejos será necesario evaluar la viabilidad del plan de reciclaje, material por material, se deben considerar las condiciones locales como salud humana, riesgos ambientales, costos de gestión, disponibilidad tecnológica, condiciones de mercado para materiales secundarios y aceptación pública.

### Reciclaje de tubos fluorescentes

El equipo para el reciclaje (Fig. 8-29) incluye la separación de los componentes del tubo: vidrio, cabezales de aluminio, fósforo y mercurio. Consiste en un triturador, un separador, sistemas de filtración de partículas y vapor, así como cintas para el flujo de los materiales. Los diferentes materiales generados son derivados a un tratamiento posterior, reciclaje o disposición final.

Un soplador industrial mantiene la presión negativa a lo largo de todo el proceso. El polvo se hace pasar a través de un sistema de filtros (que son automáticamente limpiados para evitar acumulación) y por último a través de un filtro de carbón activado antes de ser liberado a la atmósfera.



Fig. 8-29

**Trituración y separación (Fig. 8-30):** Los tubos ingresan enteros al proceso, siendo la primera etapa la trituración del vidrio. Los componentes de la lámpara son separados y depositados en diferentes contenedores. Los cabezales de aluminio y el vidrio son analizados en cuanto a su

contenido de mercurio y enviados a su reciclaje fuera del sitio. El polvo de fósforo es separado y enviado a un contenedor para su posterior tratamiento. Los filamentos son removidos por un separador magnético y enviados a reciclaje.



Fig. 8-30

**Unidad de recuperación térmica (Fig. 8-31):** El polvo separado es volcado al horno, donde por la aplicación de calor el mercurio es vaporizado y posteriormente condensado y enviado a un proceso de destilación.



Fig. 8-31

**Destilación:** El mercurio recuperado es sometido a una triple destilación para su venta como Mercurio Técnicamente Puro (99.99% puro).

### Reciclaje de lámparas de descarga

**Separación de componentes:** Bajo una circulación de aire que mantiene la presión negativa, el globo externo del cristal se separa del vástago de la base y del metal de la lámpara que contiene el tubo interno del arco (que contiene el mercurio). Las partes que no contienen mercurio son separadas, clasificadas por tipo de material, testeadas en cuanto a su contenido de mercurio y enviadas a reciclaje.

**Unidad térmica:** El tubo interior se coloca en un horno donde es llevado a altas temperaturas, lo que ocasiona la vaporización del mercurio adherido al vidrio. El mercurio es enfriado y recogido para su procesamiento. El vidrio del tubo interior es enfriado, analizado y enviado a reciclaje.

**Destilación:** El mercurio crudo que se ha recuperado del proceso térmico es sometido a una destilación triple para quitarle impurezas, lo cual permite calificar al mercurio obtenido luego del proceso, como técnicamente puro.

El tratamiento de las lámparas está diseñado, para la captación y control de los contaminantes y para la máxima valorización de los materiales que las componen. En estas condiciones, el porcentaje de valorización de materiales es del 94% en peso de la cantidad total de lámparas tratada, llegando este porcentaje al 97,5% en el caso de las lámparas fluorescentes de tubo recto.

A través del reciclaje de lámparas de descarga y tubos fluorescentes, se obtienen los siguientes productos: mercurio puro, polvo luminiscente exento de mercurio ya destilado, vidrio, metal y material de embalaje utilizado durante el transporte. Estos materiales son entregados a gestores autorizados quienes los reintegran a los circuitos de valorización, excepto el mercurio que es comercializado como Mercurio Técnicamente Puro.

El residuo obtenido de la destilación es considerado residuo peligroso si se superan los límites de concentración de mercurio o plomo en el test de lixiviación. En ese caso se debe disponer en relleno de seguridad.



## UNIDAD 9 - ILUMINACIÓN EN INTERIORES

### MÉTODO DEL FLUJO LUMINOSO

Para el cálculo del alumbrado se determina la magnitud de la intensidad luminosa que se tendrá sobre el plano de trabajo, generalmente ubicado a 0,8 metros del piso.

$$E \text{ [LUX]} = \frac{\phi \text{ [LUMEN]}}{S \text{ [m}^2\text{]}}$$

Parte de flujo emitido por la fuente, llega al plano de trabajo debido a las continuas reflexiones sobre cielorraso, paredes y piso del local, dependiendo esto de las características del sistema de alumbrado adoptado (directo, semidirecto, difuso, semiindirecto, indirecto). Por lo cual los índices de reflexión pasa a ser una variable importante del cálculo.

Por lo tanto en el cálculo siempre se utilizan dos coeficientes menores que la unidad, "U" factor de utilización y "m" factor de mantenimiento.

El factor de utilización representa la relación existente entre el flujo incidente sobre el plano de trabajo y el emitido por las fuentes, para su cálculo se tiene en cuenta lo siguiente:

- 1). **RENDIMIENTO DE LA LUMINARIA:** ( $\eta_l$ ), ya que el flujo emitido por la lámpara es absorbido y se pierde dentro de la misma luminaria.
- 2). **CURVA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS INTENSIDADES LUMINOSAS:** de acuerdo al tipo de luminaria a utilizar es como va a llegar el flujo luminoso sobre el plano de trabajo.
- 3). **REFLEXIÓN DEL LOCAL:** el color y la naturaleza de la superficie de cielorraso, paredes y pisos absorben el flujo luminoso que incide sobre ella, modificando módulos y colorimetría de la radiación actuante.
- 4). **RELACIÓN DEL LOCAL [ $R_l$ ]:** es una modificación que depende de las dimensiones del lugar. Esta relación del local varía entre (0,6 a 5), siendo este coeficiente que tiene una gran incidencia sobre los valores de los coeficientes de utilización "U", para cada caso de luminarias a utilizar.

La "relación del local" se calcula en función de las dimensiones del local en metros y de la altura de montaje de la luminaria o la altura del cielorraso respecto del nivel del plano de trabajo, según el tipo de luminarias adoptadas.

Este valor se puede obtener de tablas (ver tablas adjuntas o se puede calcular de la siguiente manera:

- a) Para sistemas de iluminación directa (mas del 40% del flujo luminoso dirigido hacia abajo)

$$R_1 = \frac{a \times l}{h \times (a+1)}$$

Donde:

"a" es el ancho del local en metros  
 "l" es la longitud del local en metros  
 "h" altura de la luminaria sobre el plano de trabajo.

b) Para sistemas de iluminación indirecta (menos del 40% del flujo luminoso dirigido hacia abajo)

$$R_1 = \frac{3 \times a \times l}{(2 \times h') \times (a+1)}$$

Donde:

"a" es el ancho del local en metros  
 "l" es la longitud del local en metros  
 "h'" altura del cielorraso sobre el plano de trabajo.

Conocido la relación del local, los datos de reflexión de las paredes, techo y piso y el tipo de luminaria de tabla se determina en factor de utilización.

**FACTOR DE MANTENIMIENTO [m]** este factor es la relación entre la iluminación producida por una instalación sobre el plano de trabajo, después de un tiempo determinado de uso, y la iluminación que producirá la misma instalación pero nueva.

Este factor decrece con la suciedad y envejecimiento de las superficies reflectoras y difusoras de las luminarias, para cada tipo de luminaria tendremos las siguientes alternativas de valores de mantenimiento:

**BUENO** corresponde a ambientes relativamente limpios, con periódicas limpiezas de las luminarias y paredes y sistemáticos programas de renovación de lámparas.

**MEDIO** ambiente donde la atmósfera no es limpia, pero donde se aplica un programa de limpieza y mantenimiento de las luminarias y lámparas

**MALO** ambientes con atmósfera sucia y con irregular o mal mantenimiento.

Si aplicamos estos coeficientes a la fórmula de iluminación media se tiene

$$E = \frac{\phi \cdot U \cdot m}{S}$$

Por lo que al ser los coeficientes "U" y "m" menores que la unidad para lograr los niveles de iluminación deseados se deberá aumentar el valor del flujo luminoso total emitido.

El flujo luminoso [ $\phi$ ] es el total emitido por todas las luminarias y corresponde a la siguiente relación

$$n = \frac{\phi}{\phi_f \cdot n_f}$$

donde:

$\phi_f$  es el flujo luminoso emitido por cada lámpara  
 $n_f$  es el número de lámparas iguales por luminarias  
 $n$  es el número de luminarias

### **METODOLOGÍA DE CÁLCULO**

Los pasos a seguir para el cálculo del alumbrado artificial de cualquier local son los siguientes (Fig. 9-1):

- 1) Determinar, según NORMAS, los valores de intensidad de iluminación general para el lugar y trabajo en estudio.
- 2) Dimensiones del local, largo, ancho, altura de montaje de las luminarias respecto al plano de trabajo.
- 3) Determinación de la relación del local
- 4) Selección del tipo de luminaria y lámparas a emplear
- 5) Con los datos de luminarias, índice del local, y coeficientes de reflexión determinar el factor de utilización.
- 6) Determinar el factor de mantenimiento
- 7) Cálculo del flujo total requerido para el local

$$\phi = \frac{E \times S}{U \times m}$$

- 8) Determinar el número de luminarias a utilizar
- 9) Determinar, según la luminaria seleccionada, el número de lámparas a utilizar.
- 10) Proyectar la ubicación de las luminarias de manera de obtener una buena distribución. Generalmente Los artefactos que se ubican junto a las paredes del local normalmente se disponen distanciado de estas, de 1/2 a 1/8 de la distancia prevista entre artefactos.

11) Determinar la potencia total instalada



Fig. 9-1

Cuando se distribuye las luminarias hay que tener mucho cuidado en que sea agradable y estético, se recomienda que en locales largos el montaje de hileras longitudinales, mientras que en locales angostos se recomienda el montaje en hileras transversales.

Existen alturas recomendadas, según el caso, para la colocación de luminarias, estas son:

Distancia mínima  $h_{\min} = 2/3 h'$

Distancia optima  $h_{\text{op}} = 4/5 h'$

Distancia aconsejable  $h_{\text{ac}} = 3/4 h'$

Siendo:

"h" altura de la luminaria sobre el plano de trabajo.

"h'" altura del cielorraso sobre el plano de trabajo.

En el caso de iluminación directa o semidirecta no debe superarse el valor correspondiente a la altura o distancia óptima.

### EMPLAZAMIENTO DE LAS LUMINARIAS

Una vez hemos calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuir las sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas (Fig. 9-2):

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}} \times \text{ancho}}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}}\right)$$

**donde N es el número de luminarias**

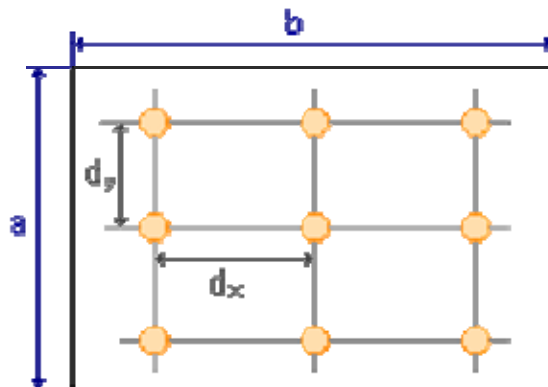


Fig. 9-2

La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo (Fig. 9-3).

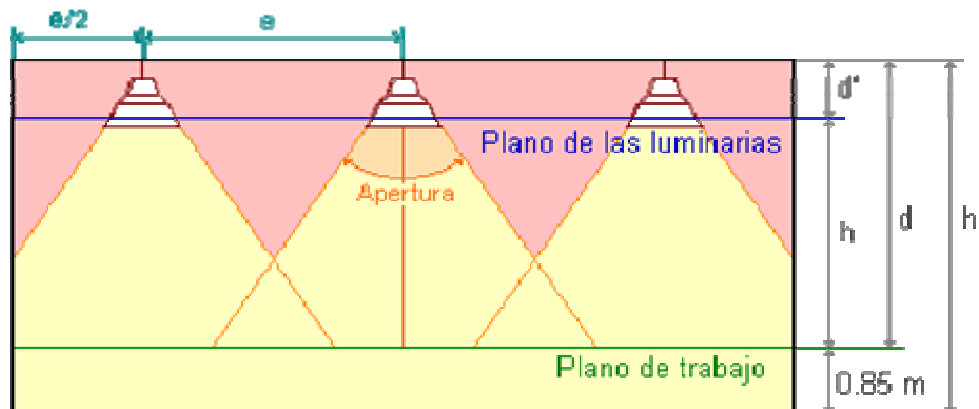


Fig. 9-3

## ILUMINACIÓN DE INTERIORES – EJERCICIOS

Queremos diseñar una instalación de alumbrado para una nave industrial correspondiente a un frigorífico en donde se realizan tareas de preparación de embutidos de 50 m de largo por 30 m de ancho y 6 m de altura. Para ello utilizaremos lámparas de vapor de mercurio de alta presión.

Respecto a las luminarias, nos planteamos escoger entre los tipos 4 de las tablas del apunte que se adjuntan a continuación. (Lámpara reflectora de mercurio fluorescente con pantalla reflectora de aluminio y abertura superior para emisión de componente luminosa hacia la semiesfera superior)

### **Otros datos:**

- Los coeficientes de reflexión de paredes es de 30 %, del techo 30 % y del piso 10 %.
- Es recomendable que el sistema de iluminación se instale por lo menos a 5.5 m del suelo, pues en la estructura superior de la nave, hasta 5 metros del suelo, existen equipos de transporte, como grúas, destinadas al traslado de objetos pesados a distintos puntos de la nave.
- Altura del plano de trabajo 0,85 m del suelo.

## DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN

### B): ILUMINACIÓN DE INDUSTRIAS

Valores mínimos "en servicio": según NORMA IRAM – AADL J20-06 del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales y Asociación Argentina de Luminotecnia

<u>Tipo de Edificio, Local y Tarea Visual</u>		<u>LUX</u>
<b>ALIMENTICIA</b>		
Mataderos:	Recepción	50
Corrales:	Inspección	300
	Permanencia	50
	Matanza	100
	Desollado	100
	Escaldado	100
	Evisceración	300-3)
	Inspección	300-3)
	Mostradores de ventas	300-3)
Frigoríficos:	Cámaras frías	50
	Salas de máquinas	150
Conservas de carne:		
	Corte, deshuesado, elección	300-3)
	Cocción	150
	Esterilización	150
	Inspección	300
	Preparación de embutidos	300
Conservas de pescados y mariscos:		

**Nivel recomendado 300 lux**



### DATOS DE ENTRADA:

#### Dimensiones del local:

- Largo: 50 m
- Ancho: 30 m
- Altura total: 6 m
- Altura del plano de trabajo: 0,85 m.
- Nivel de iluminancia media. Nos piden 300 lux
- Lámparas: Usaremos lámparas de vapor de mercurio a alta presión de 250 W o 400 W
- Altura de suspensión de las luminarias: 5.5 m

**Determinación de h:** 5,5 m – 0,85 m = 4,65 m

**Índice del local.** Dado el tipo de luminarias propuestas (de iluminación directa), nos encontramos con un caso de iluminación directa. Por lo tanto:

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{30m \cdot 50m}{4,65 m (30 m + 50 m)} = 4,03$$

**Coefficientes de reflexión:** Los coeficientes del techo y las paredes se suministran en el enunciado.

**Determinación del flujo luminoso de la lámpara de mercurio de alta presión:** de la tabla se obtiene que el flujo luminoso

HQL®

Lámparas de Vapor de Mercurio a Alta presión con capa fluorescente de vanadato de itrio, son de aplicación universal para alumbrado de calles y naves industriales.

Forma elipsoidal

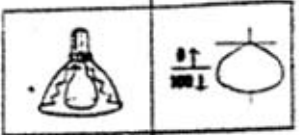
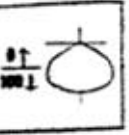
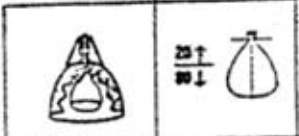
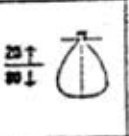
Denominación para pedido	Potencia de la lámpara W	Flujo luminoso lm	Diámetro medio d mm	Longitud máx. l mm	Figura núm.	Casquillo	Embalaje normal unidades	EAN 40 50300
HQL 80 (1)	80	3800	70	150	1	E 27	40	
HQL 125	125	6300	75	162	1	E 27	40	7891206030044
HQL 250	250	13000	90	220	2	E 40	20	37891206030649
HQL 400	400	22000	120	85	2	E 40	20	37891206030083

del local  
r ya que  
4 y 5 es

400 W = 22.000 lm

**Factor de utilización:** de la tabla se obtuvo que el valor del coeficiente de utilización U = 0,70

**Factor de mantenimiento:** En este caso los valores vienen incluidos en las tablas de las luminarias. Como no nos dicen nada sobre la suciedad ambiental tomaremos los valores medios, m = 0,70

Luminarias Industriales		Distri - bución Típica	Piso	Indice de reflexión 0,10					
Manteni- miento	Tipo		Techo	70%		60%		30%	
		Pared	60%	30%	50%	30%	30%	10%	
			R <sub>1</sub>	Coeficiente de Utilización "U"					
m Bueno: 0,85 Medio: 0,80 Malo : 0,75 d = 1,1 h	3 		0,6	.47	.34	.41	.34	.34	.30
			0,8	.52	.42	.50	.44	.43	.39
			1,0	.59	.52	.58	.52	.51	.47
			-1,25	.67	.60	.65	.59	.56	.54
			-1,5	.72	.65	.70	.64	.63	.60
			2,0	.78	.73	.76	.72	.70	.67
			2,5	.82	.87	.80	.76	.75	.72
			3,0	.86	.81	.83	.80	.78	.76
			4,0	.90	.86	.88	.85	.82	.81
			5,0	.92	.90	.90	.88	.86	.85
m Bueno: 0,80 Medio: 0,70 Malo: 0,60 d = 1 h	4 		0,6	.46	.41	.41	.40	.39	.36
			0,8	.53	.49	.51	.48	.46	.41
			1,0	.59	.54	.56	.52	.51	.48
			1,25	.64	.59	.61	.57	.55	.51
			1,5	.67	.63	.64	.61	.59	.56
			2,0	.72	.68	.69	.66	.63	.61
			2,5	.75	.71	.71	.69	.66	.64
			3,0	.77	.74	.73	.71	.68	.65
			4,0	.79	.77	.77	.75	.70	.68
			5,0	.81	.79	.77	.75	.71	.70

Calculo del flujo luminoso:

$$\phi = \frac{E \cdot S}{U \cdot m} = \frac{300 \text{ lx} \cdot 1.500 \text{ m}^2}{0,70 \cdot 0,70} = 918.367,34 \text{ lm}$$

Determinación del número mínimo de luminarias:

$$N(400W) = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{lamp}}} = \frac{918.367,34 \text{ lm}}{22.000 \text{ lm}} = 41,74 \text{ lamp.}$$

$$N(250 W) = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{lamp}}} = \frac{918.367,34 \text{ lm}}{13.000 \text{ lm}} = 70,64 \text{ lamp.}$$

Emplazamiento de las luminarias: finalmente solo nos queda distribuir las luminarias sobre la planta del local y comprobar que distancia de separación entre ellas es inferior a la máxima admisible. En este caso la separación máxima viene indicada en las tablas de las luminarias

PROPUESTAS	1	2	3	4	5	6
POTENCIA (W)	400	400	250	250	250	250
Nº DE LÁMPARAS	42	42	71	71	71	71
<b>ANCHO</b>						
Nº DE LÁMPARAS	5	6	7	7	7	8
SEPARACIÓN ENTRE LÁMPARAS (m)	6,0	5,0	4,6	4,6	4,6	3,8
SEPARACIÓN PAREDES (m) d/2	3,0	2,5	2,3	2,3	2,3	1,9
<b>LARGO</b>						
Nº DE LÁMPARAS	8	7	12	11	10	9
SEPARACIÓN ENTRE LÁMPARAS (m)	6,0	7,1	4,3	4,5	5,0	5,6
SEPARACIÓN PAREDES (m) d/2	3,0	3,6	2,1	2,3	2,5	2,8
<b>MÁXIMA SEPARACIÓN d = h = 4,65 m</b>						
CUMPLE CRITERIO	NO	NO	SI	SI	NO	NO
Nº TOTAL DE LUMINARIAS	42	42	84	77	70	72



Las propuestas 1 y 3 son las que salen a partir de la aplicación de la formulas de distribución.

Como se ve solamente dos propuestas (3 y 4) cumplen con los requisitos, elegimos la propuesta 4 que es la que se acerca al valor real de luminarias calculadas.

El nivel de iluminación que se obtendría con la utilización de 72 luminarias es de

$$E = \frac{\Phi \cdot U \cdot m}{S} = \frac{77 \text{ lamp} \times 13.000 \text{ lm} \times 0,70 \times 0,70}{1.500 \text{ m}^2} = 326,99 \text{ lux}$$

A nivel del plano de trabajo la iluminancia total será: **326,99 lux**, valor este superior al determinado

La potencia total consumida será

$$P = 77 \cdot (250+26) = 19.872 \text{ W} = 21,252 \text{ kW}$$

Datos válidos para lámparas comunes (pueden variar por tipo)

Para lámparas		Flujo luminoso (lm)		Ignitor	Pérdidas (W) <sup>1</sup>	ΔT (°C) <sup>2</sup>	Suministro		Corriente sin Factor de Potencia Corregido		Corriente con Factor de Potencia Corregido (> 0,95)		Condensador
Código Comercial	Tipo						Voltaje (V)	Frec. (Hz)	Durante Operación	FP	Durante Ignición	Durante Operación	μF x V
HG250IA-235-BT	HPL (T) Plus 250W	17000		IGNS1-PF	260	75	230	50	2,15	0,55	2,20	1,35	21 x 250
H400IA-235-BT	HPL (T) Plus 400W	30000/32500		IGNS1-PF	320	70	230	50	3,25	0,60	3,90	2,15	33 x 250
HG125IA-235-BT	HPL-N 125W	6200		—	220	75	230	50	1,15	0,50	1,10	0,70	13 x 250
HG250IA-235-BT	HPL-N 250W	12700		—	260	75	230	50	2,13	0,55	2,20	1,35	21 x 250
HG400IA-235-BT	HPL-N 400W	22000		—	330	70	230	50	3,25	0,55	3,90	2,15	33 x 250

Observaciones:

<sup>1</sup> Pérdidas del balasto durante operación normal. Pérdidas "frías" (durante ignición) serán menor.

<sup>2</sup> Tw = 130°C. En conformidad con IEC 920, Tw indica la temperatura máxima permitida en la bobina para que tengamos una operación continua y durabilidad promedio de 10 años en condiciones normales de uso.

89 - Cálculo de relación del local (R<sub>l</sub>)



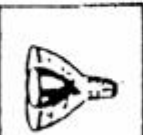

- Relación del local (R<sub>l</sub>) para cálculo y diseño de Iluminación General



Dimensiones del local (m)	Altura de montaje de luminaria sobre plano de trabajo, con 40% o más del flujo dirigido hacia abajo (m).																A
	2,50	2,75	3,0	3,30	3,70	4,0	4,60	5,20	5,80	7,0	8,25	10	12	15	19	24	
Ancho	Altura del cielo raso sobre el plano de trabajo para sistemas con menos del 40% del flujo luminoso dirigido hacia abajo (m)																B
	Largo	3,20	3,70	4,10	4,60	5,0	5,60	6,50	7,60	8,25	10	12	15	19	24		
2,5	3	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	--	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5			
	4,5	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5			
	5,5	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5			
3	9	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5			
	7,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5			
	5,5	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5			
4,3	12	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5			
	9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5			
	4,3	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	
4,3	12	2,1	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	
	18,5	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	
	24	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	

Ancho m	Largo m																
		2,50	2,75	3,0	3,30	3,70	4,0	4,60	5,20	5,80	7,0	8,25	10	13	16	A	
4,3	4,9	1,5	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,6	0,6	0,5							
	6,0	1,6	1,4	1,2	1,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5							
	9,0	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	0,8	0,7	0,6	0,5							
4,9	4,9	1,5	1,2	1,1	0,9	0,8	0,6	0,6	0,5								
	6,0	1,6	1,4	1,2	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5								
	9,0	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	0,8	0,7	0,6	0,5							
6,0	6,0	1,8	1,5	1,2	1,1	1,1	0,8	0,7	0,6	0,5							
	9	2,2	1,8	1,5	1,1	1,1	0,8	0,7	0,6	0,5							
	18,5	2,7	2,3	2,0	1,8	1,7	1,3	1,0	0,9	0,7	0,5						
9,0	9	2,7	2,3	2,0	1,8	1,7	1,3	1,0	0,9	0,7	0,5						
	18,5	3,1	2,6	2,2	2,0	1,9	1,4	1,1	1,0	0,8	0,6	0,5					
	30	3,9	3,1	2,5	2,1	2,0	1,5	1,2	1,1	0,9	0,7	0,5					

Ancho m	Largo m	A															
		2,50	2,75	3,0	3,30	3,70	4,0	4,60	5,20	5,80	7,0	8,25	10	13	16	B	
12	12,5	3,6	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,5	0,5		
	18,5	4,4	3,7	3,2	2,8	2,5	2,3	1,9	1,7	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5		
	24	5,0	4,4	3,8	3,3	3,0	2,7	2,3	2,0	1,8	1,5	1,2	0,9	0,7	0,6		
15	15	4,5	3,9	3,3	2,9	2,6	2,4	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5		
	21	5,0	4,5	3,9	3,4	3,1	2,8	2,4	2,1	1,8	1,5	1,2	0,9	0,7	0,6		
	30	5,0	4,5	3,9	3,4	3,1	2,8	2,4	2,1	1,8	1,5	1,2	0,9	0,7	0,6		
18,5	18,5	5	4,6	4,0	3,5	3,0	2,6	2,2	1,9	1,6	1,3	1,0	0,8	0,7	0,5		
	24	5	4,6	4,0	3,5	3,0	2,6	2,2	1,9	1,6	1,3	1,0	0,8	0,7	0,5		
	30	5	4,6	4,0	3,5	3,0	2,6	2,2	1,9	1,6	1,3	1,0	0,8	0,7	0,5		
24	24			5	4,7	4,2	3,8	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8		
	43			5	4,7	4,2	3,8	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8		
30	30			5	4,8	4,3	3,9	3,3	2,9	2,5	2,1	1,7	1,4	1,1	0,9		
	45			5	4,8	4,3	3,9	3,3	2,9	2,5	2,1	1,7	1,4	1,1	0,9		
30	60																

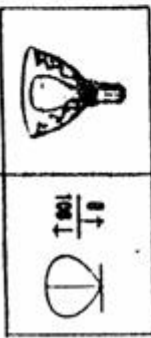
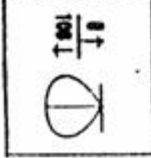


Indica los coeficientes de utilización "U<sub>u</sub>" para luminarias modernas. Están confeccionadas para índices de reflexión normalmente utilizados. El índice de reflexión del pavimento es 0,10. Para mayores índices de reflexión del piso, multiplicar los valores de "U<sub>u</sub>" de esta tabla por los factores de corrección la Tabla 3.



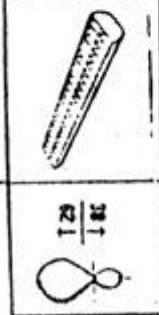
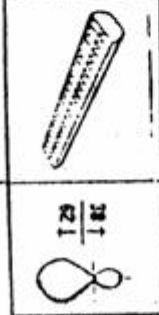


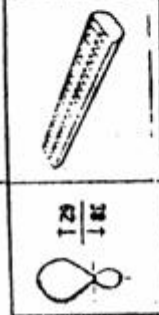
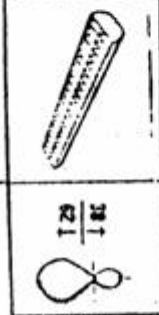
Luminarias Industriales	Tipo	Distribución Típica	Piso		Índice de reflexión 0,10					
			Techo	Pared	70%	30%	50%	30%	30%	10%
<b>M</b> Bueno: 0,8 Medio: 0,7 Malo : 0,6  d = 1,1 h	 1		0,6		.36	.29	.35	.28	.28	.24
			0,8		.44	.37	.43	.37	.37	.32
			1,0		.51	.44	.50	.44	.43	.38
			1,25		.58	.51	.56	.50	.50	.46
			1,5		.62	.56	.61	.55	.55	.51
			2,0		.68	.63	.67	.62	.61	.58
			2,5		.72	.67	.70	.66	.65	.62
			3,0		.75	.71	.73	.70	.68	.66
			4,0		.79	.76	.77	.74	.73	.71
			5,0		.82	.79	.80	.77	.76	.74
<b>m</b> Bueno: 0,80 Medio: 0,80 Malo : 0,80  d = 1,1 h	 2		0,6		.52	.45	.51	.45	.41	
			0,8		.62	.56	.61	.55	.53	.51
			1,0		.69	.63	.68	.62	.62	.59
			1,25		.75	.70	.74	.69	.67	.66
			1,5		.80	.74	.78	.74	.73	.68
			2,0		.85	.81	.84	.80	.79	.78
			2,5		.89	.85	.87	.84	.84	.80
			3,0		.91	.88	.89	.86	.85	.80
			4,0		.94	.91	.91	.89	.88	.83
			5,0		.96	.94	.94	.92	.91	.89

Luminarias Industriales	Tipo	Distri - bución Típica	Indice de reflexión 0,10						
			Piso		60%		30%		
			Techo	Pared	60%	30%	30%	10%	
Manten- miento	Tipo <td rowspan="2">Típica <td colspan="6">Coeficiente de Utilización <math>u_{gn}</math></td> </td>	Típica <td colspan="6">Coeficiente de Utilización <math>u_{gn}</math></td>	Coeficiente de Utilización $u_{gn}$						
			$R_1$						
Bueno: 0,85 Medio: 0,80 Malo : 0,75  d = 1,1 h	3		0,6 0,8 1,0 -1,25 -1,5 2,0 2,5 3,0 4,0 5,0	.47 .52 .59 .67 .72 .78 .82 .86 .90 .92	.34 .42 .52 .60 .65 .70 .73 .87 .81 .86 .90	.41 .50 .58 .65 .70 .76 .80 .83 .88 .90	.34 .44 .52 .59 .64 .72 .76 .80 .85 .88	.34 .43 .51 .56 .63 .70 .75 .78 .82 .86	.30 .39 .47 .54 .60 .67 .72 .76 .81 .85
	m	4		0,6 0,8 1,0 1,25 1,5 2,0 2,5 3,0 4,0 5,0	.46 .53 .59 .64 .67 .72 .75 .77 .79 .81	.41 .49 .54 .59 .63 .68 .71 .74 .77 .79	.41 .51 .56 .61 .64 .69 .71 .73 .75 .77	.40 .48 .52 .57 .61 .66 .69 .71 .73 .75	.39 .46 .51 .55 .59 .63 .66 .68 .70 .71

d = 1 h

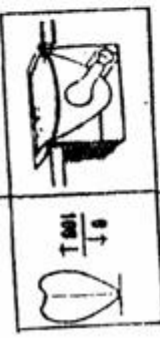
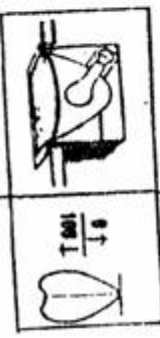
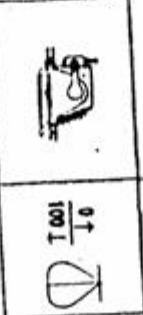
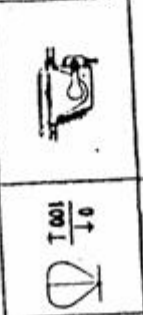
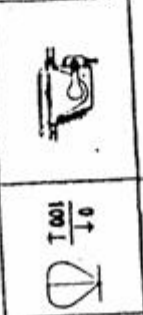
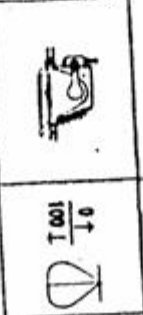
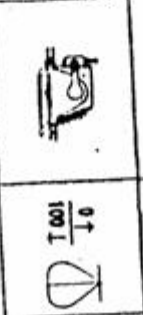
Bueno: 0,80  
Medio: 0,70  
Malo: 0,60

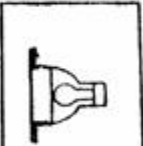
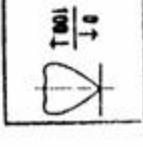
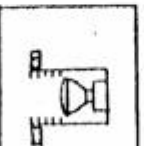

Luminarias Industriales	Tipo	Distribución Típica	Indice de reflexión 0,10						
			70%		60%		30%		
Mantenimiento	Ri	Pared	Techo		Pared		Ri		
			60%	30%	50%	30%	30%	10%	
<b>m</b> Bueno: 0,80 Medio: 0,70 Malo: 0,60 d = 1 h			0,6	.39	.33	.38	.32	.30	.29
			0,8	.48	.42	.47	.42	.41	.37
			1,0	.55	.49	.54	.48	.48	.44
			1,25	.61	.56	.60	.55	.50	.50
			1,5	.66	.60	.64	.60	.55	.52
			2,0	.71	.67	.70	.66	.60	.58
2,5	.75	.71	.73	.70	.65	.62			
3,0	.78	.74	.76	.73	.69	.69			
4,0	.81	.78	.79	.77	.76	.74			
5,0	.83	.81	.82	.80	.78	.75			
<b>m</b> Bueno: 0,80 Medio: 0,70 Malo: 0,60 d = 0,9 h			0,6	.40	.35	.36	.35	.32	
			0,8	.47	.43	.46	.42	.39	
			1,0	.52	.48	.51	.47	.45	.45
			1,25	.56	.51	.55	.52	.52	.49
			1,5	.59	.56	.58	.55	.55	.51
			2,0	.61	.60	.62	.59	.59	.57
2,5	.65	.61	.64	.62	.60	.60			
3,0	.67	.65	.66	.64	.63	.62			
4,0	.69	.67	.67	.66	.65	.64			
5,0	.70	.69	.69	.67	.66	.65			

Luminarias Industriales	Tipo	Distribución Típica	Índice de reflexión 0,10						
			Piso	Techo	60%		30%		10%
Mantenimiento			R <sub>1</sub>	Coeficiente de utilización "u"					
Bueno: 0,80 Medio: 0,70 Malo : 0,60  d = 1 h	7 		0,6	.37	.32	.36	.31	.31	.28
			0,8	.45	.40	.44	.39	.39	.36
			1,0	.51	.46	.50	.45	.45	.42
			1,25	.57	.52	.55	.52	.51	.48
			1,5	.61	.56	.59	.55	.55	.57
	8 		0,6	.25	.21	.23	.21	.21	.19
			0,8	.31	.27	.28	.26	.25	.23
			1,0	.35	.32	.33	.30	.28	.27
			1,25	.40	.36	.37	.34	.30	.31
			1,5	.43	.39	.39	.37	.35	.32
Bueno: 0,70 Medio: 0,65 Malo : 0,60  d = 0,9 h	7 		2,0	.47	.44	.43	.40	.37	.35
			2,5	.49	.47	.45	.43	.39	.38
			3,0	.51	.49	.47	.45	.41	.40
			4,0	.54	.52	.49	.47	.43	.42
			5,0	.56	.54	.50	.49	.45	.44
	8 		2,0	.47	.44	.43	.40	.37	.35
			2,5	.49	.47	.45	.43	.39	.38
			3,0	.51	.49	.47	.45	.41	.40
			4,0	.54	.52	.49	.47	.43	.42
			5,0	.56	.54	.50	.49	.45	.44





Luminarias Comerciales	Tipo	Distribución Télica	Indice de reflexión 10%										
			Piso		80%		50%						
			Techo	Pared	60%	30%	50%	30%					
Mantenimiento			Coeficiente de Utilización "U"										
			R <sub>1</sub>										
Buena: 0,75 Medio: 0,65 Malo : 0,55	11		$\frac{91}{1001}$	0,6	.40	.35	.39	.35	.39	.35	.41		
				0,8	.46	.42	.46	.42	.45	.46			
				1,0	.50	.46	.50	.46	.49	.46			
d = 0,8 h	11		$\frac{91}{1001}$	1,25	.54	.51	.54	.50	.53	.53			
				1,5	.57	.54	.56	.50	.55	.56			
				2,0	.60	.58	.60	.60	.59	.59			
Buena: 0,75 Medio: 0,65 Malo : 0,55	12		$\frac{91}{1001}$	2,5	.62	.60	.62	.60	.60	.60			
				3,0	.64	.62	.63	.61	.62	.60			
				4,0	.65	.63	.65	.63	.62	.62			
d = h	12		$\frac{91}{1001}$	5,0	.66	.65	.66	.64	.64	.63			
				0,6	.28	.24	.27	.24	.27	.24			
				0,8	.33	.29	.32	.28	.32	.29			
Buena: 0,75 Medio: 0,65 Malo : 0,55	12		$\frac{91}{1001}$	1,0	.36	.33	.36	.31	.36	.32			
				1,25	.40	.37	.40	.34	.37	.36			
				1,5	.42	.39	.42	.39	.41	.39			
d = h	12		$\frac{91}{1001}$	2,0	.45	.41	.46	.42	.44	.42			
				2,5	.47	.45	.48	.44	.47	.44			
				3,0	.48	.46	.49	.46	.48	.45			
Buena: 0,75 Medio: 0,65 Malo : 0,55	12		$\frac{91}{1001}$	4,0	.50	.48	.50	.48	.48	.47			
				5,0	.50	.49	.51	.49	.49	.48			

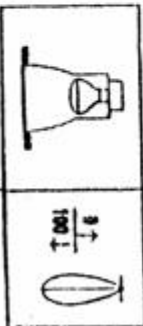
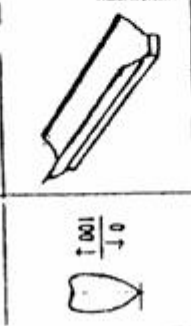
Mantenimiento	Luminarias Comerciales	Tipo	Distribución típica	Piso		Indice de reflexión 10%					
				Techo	Pared	80%		70%		50%	
				R <sub>1</sub>		60%	30%	50%	30%	50%	30%
m	13			0,6	0,8	.37	.35	.37	.35	.36	.34
				1,0	1,25	.41	.39	.41	.39	.41	.39
				1,25	1,5	.44	.42	.44	.42	.44	.43
				1,5	2,0	.46	.44	.46	.44	.47	.45
				2,0	2,5	.48	.48	.49	.49	.48	.47
				2,5	3,0	.49	.49	.50	.50	.49	.49
				3,0	4,0	.50	.50	.51	.50	.50	.49
				4,0	5,0	.51	.51	.51	.51	.51	.50
				5,0		.52	.52	.52	.51	.51	.50
				5,0		.53	.52	.52	.51	.51	.51
m	14			0,6	0,8	.54	.52	.54	.52	.53	.51
				1,0	1,25	.58	.56	.58	.55	.57	.55
				1,25	1,5	.60	.58	.60	.58	.59	.57
				1,5	2,0	.62	.60	.61	.59	.61	.59
				2,0	2,5	.63	.61	.63	.61	.62	.60
				2,5	3,0	.65	.63	.64	.63	.64	.62
				3,0	4,0	.66	.65	.65	.64	.65	.63
				4,0	5,0	.67	.66	.66	.65	.66	.64
				5,0		.68	.67	.68	.66	.67	.65
				5,0		.68	.67	.68	.67	.67	.66

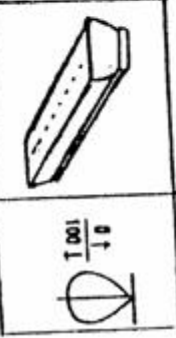
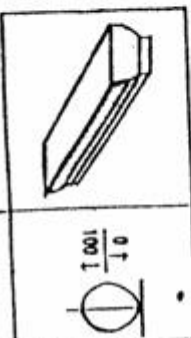
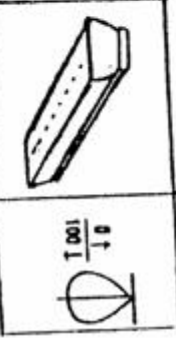
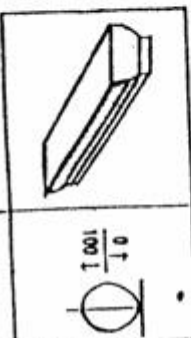
d = 0,5 h

d = 0,9 h

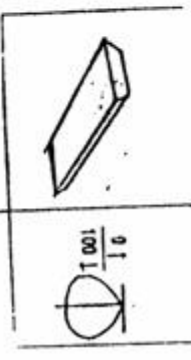
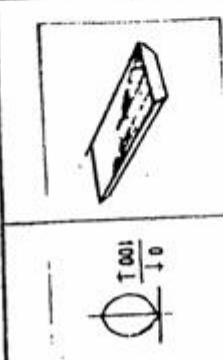
Buena: 0,80  
Medio: 0,70  
Malo : 0,65

Buena: 0,85  
Medio: 0,85  
Malo : 0,85

Luminarias Comerciales	Tipo	Distribución típica	Indice de reflexión 10%									
			80%		70%		50%					
			Techo	Pared	Techo	Pared	Techo	Pared				
Mantenimiento			Coeficiente de Utilización "CU"									
			R <sub>1</sub>									
m	15		0,6	0,8	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Buena: 0,80 Medio: 0,75 Malo: 0,70			.64	.70	.74	.78	.80	.83	.85	.86	.87	.88
d = 0,6 h			.59	.66	.70	.74	.77	.80	.82	.84	.86	.87
			.63	.70	.74	.77	.82	.84	.85	.87	.88	.89
			.59	.66	.70	.74	.78	.80	.81	.82	.83	.85
			.63	.69	.73	.76	.78	.81	.83	.84	.85	.86
			.59	.66	.70	.74	.78	.81	.83	.84	.85	.85
			.63	.69	.73	.76	.78	.81	.83	.84	.85	.86
			.59	.66	.70	.74	.78	.81	.83	.84	.85	.85
			.63	.69	.73	.76	.78	.81	.83	.84	.85	.86
			.59	.66	.70	.74	.78	.81	.83	.84	.85	.85
m	16		0,6	0,8	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Buena: 0,70 Medio: 0,65 Malo: 0,60			.24	.29	.32	.34	.36	.39	.40	.41	.43	.44
			.22	.26	.30	.32	.34	.36	.39	.40	.41	.42
			.24	.28	.32	.34	.36	.38	.39	.41	.42	.43
			.22	.26	.29	.32	.34	.36	.38	.39	.41	.42
			.24	.28	.31	.33	.36	.37	.39	.40	.41	.42
			.22	.26	.29	.32	.34	.36	.38	.39	.40	.41


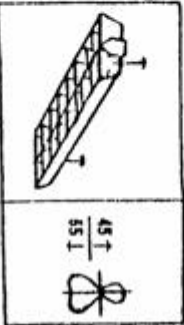
Luminarias Comerciales	Tipo	Distribución Típica	Indice de reflexión							
			Piso	80%	70%	50%	30%			
Mantenimiento	m		R <sub>1</sub>	Coeficiente de Utilización η <sub>u</sub>						
				Techo	60%	30%	50%	30%		
										
Buena: 0,75 Medio: 0,70 Malo : 0,60  d = 0,9 h	17		$\frac{d}{100 l}$	0,6	.26	.22	.28	.22	.26	.22
				0,8	.32	.28	.31	.27	.31	.27
				1,0	.36	.32	.35	.32	.35	.31
				1,25	.39	.36	.38	.35	.38	.35
				1,5	.42	.38	.41	.38	.40	.38
				2,0	.45	.42	.44	.41	.43	.43
				2,5	.47	.44	.46	.43	.45	.45
				3,0	.48	.46	.47	.45	.46	.46
				4,0	.50	.48	.49	.47	.48	.48
				5,0	.51	.49	.52	.48	.49	.48
Buena: 0,75 Medio: 0,70 Malo : 0,60  d = h	18		$\frac{d}{100 l}$	0,6	.28	.24	.28	.24	.27	.24
				0,8	.35	.31	.35	.31	.34	.31
				1,0	.40	.36	.40	.35	.38	.35
				1,25	.44	.40	.44	.40	.42	.42
				1,5	.47	.44	.47	.43	.45	.45
				2,0	.51	.47	.50	.47	.49	.49
				2,5	.53	.50	.52	.50	.51	.51
				3,0	.55	.52	.54	.52	.54	.54
				4,0	.56	.55	.56	.54	.55	.55
				5,0	.58	.58	.57	.56	.56	.55

Luminarias Comerciales	Tipo	Distri- bución Típica	Índice de reflexión 10%						
			Piso	Techo	Parad	Coeficiente de Utilización U			
Mantenimiento			R <sub>1</sub>						
m	19		0,6	.33	.28	.33	.28	.37	.28
			0,8	.40	.35	.40	.34	.39	.34
Buena: 0,75 Medio: 0,70 Malo : 0,60	d = h		1,0	.46	.40	.45	.40	.44	.44
			1,25	.50	.45	.49	.45	.46	.46
m	20		2,0	.53	.49	.52	.48	.51	.46
			2,5	.57	.54	.56	.53	.55	.48
Buena: 0,80 Medio: 0,75 Malo : 0,65	d = 0,9 h		3,0	.60	.57	.59	.56	.58	.51
			4,0	.61	.59	.60	.58	.58	.49
m	20		5,0	.64	.61	.62	.60	.61	.57
			5,0	.65	.63	.63	.62	.62	.62
Buena: 0,80 Medio: 0,75 Malo : 0,65	d = 0,9 h		0,6	.29	.25	.28	.25	.28	.25
			0,8	.35	.31	.35	.31	.34	.31
m	20		1,0	.40	.36	.39	.35	.39	.36
			1,25	.44	.40	.44	.40	.42	.40
Buena: 0,80 Medio: 0,75 Malo : 0,65	d = 0,9 h		1,5	.47	.44	.46	.44	.46	.43
			2,0	.51	.48	.51	.48	.51	.46
m	20		2,5	.55	.52	.54	.50	.53	.49
			3,0	.57	.55	.56	.52	.55	.51
Buena: 0,80 Medio: 0,75 Malo : 0,65	d = 0,9 h		4,0	.59	.57	.58	.55	.57	.54
			5,0	.61	.60	.60	.58	.60	.57


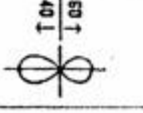
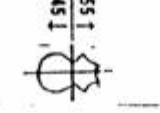
Luminarias Comerciales	Tipo	Distri- bución Típica	Indice de reflexión 10%						
			Piso	Techo	Parad	Coeficiente de Utilización U			
Manteni- miento			R <sub>1</sub>						
m	19		0,6	.33	.28	.33	.28	.37	.28
			0,8	.40	.35	.40	.34	.39	.34
			1,0	.46	.40	.45	.40	.44	.40
			1,25	.50	.45	.49	.45	.46	.45
			2,0	.53	.49	.52	.48	.51	.48
			2,5	.57	.54	.56	.53	.55	.52
			3,0	.60	.57	.59	.56	.58	.55
			4,0	.61	.59	.60	.58	.60	.57
			5,0	.64	.61	.62	.60	.61	.60
				.65	.63	.63	.62	.63	.62
m	20		0,6	.29	.25	.28	.25	.28	.25
			0,8	.35	.31	.35	.31	.34	.34
			1,0	.40	.36	.39	.35	.39	.36
			1,25	.44	.40	.44	.39	.42	.39
			1,5	.47	.44	.46	.44	.46	.43
			2,0	.51	.48	.51	.48	.51	.49
			2,5	.54	.51	.52	.50	.53	.51
			3,0	.55	.52	.54	.52	.53	.51
			4,0	.57	.55	.56	.55	.55	.54
			5,0	.59	.57	.58	.56	.56	.55

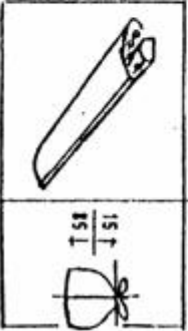
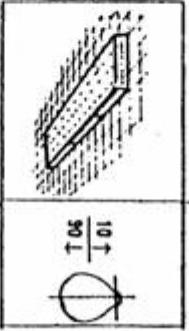
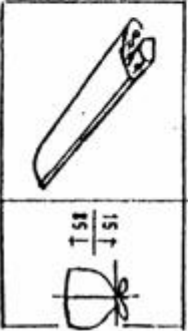
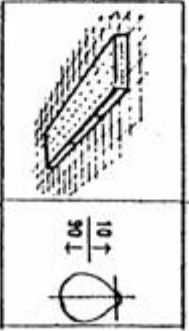
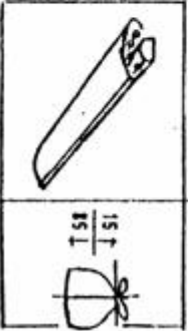
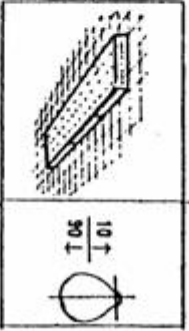
Bueno: 0,80  
Medio: 0,75  
Malo : 0,65  
d = 0,9 h

Bueno: 0,75  
Medio: 0,70  
Malo : 0,60  
d = h

Luminarias Comerciales	Tipo	Distribución Rápida	Indice de reflexión 10%						
			Piso		70%		50%		
			Techo	60%	30%	50%	30%	50%	
Mantenimiento			Coeficiente de Utilización "U"						
			$H_1$						
Buena: 0,70 Medio: 0,65 Mala: 0,60	23		0,6 0,8 1,0 1,25 1,5 2,0 2,5 3,0 4,0 5,0	.25 .32 .37 .44 .48 .55 .57 .62 .66 .68	.20 .21 .32 .38 .42 .49 .54 .57 .62 .65	.24 .31 .35 .42 .46 .52 .54 .58 .62 .64	.20 .26 .31 .36 .40 .47 .51 .54 .56 .61	.27 .29 .32 .38 .40 .45 .48 .51 .53 .55	.19 .23 .28 .33 .37 .42 .45 .48 .51 .53
Buena: 0,75 Medio: 0,70 Mala: 0,65  d = 1,2 h	24		0,6 0,8 1,0 1,25 1,5 2,0 2,5 3,0 4,0 5,0	.24 .31 .37 .43 .48 .55 .58 .61 .66 .69	.18 .26 .32 .37 .42 .49 .54 .57 .63 .65	.23 .30 .36 .42 .47 .52 .55 .59 .62 .64	.18 .25 .31 .36 .40 .46 .51 .54 .56 .61	.21 .28 .33 .37 .41 .45 .49 .51 .53 .55	.17 .24 .29 .33 .36 .42 .45 .48 .51 .53



Luminarias Comerciales	Tipo	Distribución Típica	Indice de reflexión				Coeficiente de Utilización "U"		
			80%		70%			50%	
Mantenimiento	m		Piso	Techo		Pared		R <sub>1</sub>	
				60%	30%	50%	30%		
Buena: 0,75 Medio: 0,70 Malo : 0,65  d = 1,1 h	25		0,6	.22	.18	.21	.16	.18	.15
			0,8	.27	.22	.27	.21	.24	.20
			1,0	.33	.28	.21	.27	.28	.24
			1,25	.38	.33	.36	.31	.31	.27
			1,5	.43	.36	.40	.35	.34	.27
			2,0	.48	.43	.45	.40	.38	.24
			2,5	.52	.47	.47	.44	.41	.24
			3,0	.55	.50	.50	.47	.43	.27
			4,0	.58	.55	.53	.52	.45	.31
			5,0	.60	.58	.56	.53	.47	.38
Buena: 0,75 Medio: 0,65 Malo : 0,55  d = 1,1 h	26		0,6	.25	.20	.24	.19	.21	.17
			0,8	.31	.24	.29	.24	.26	.22
			1,0	.36	.32	.34	.30	.31	.27
			1,25	.41	.36	.39	.35	.34	.27
			1,5	.45	.41	.43	.39	.38	.27
			2,0	.51	.46	.48	.44	.42	.27
			2,5	.54	.50	.51	.47	.44	.31
			3,0	.57	.53	.53	.50	.46	.34
			4,0	.60	.57	.55	.53	.48	.38
			5,0	.62	.60	.58	.56	.51	.43

Luminarias Comerciales	Tipo	Distribución Típica	Indice de reflexión 10%							
			80%		70%		50%			
Mantenimiento	R <sub>1</sub>	Piso		30%		50%		30%		
		Techo	Pared	60%	30%	50%	30%	50%	30%	
Buena: 0,70 Medio: 0,65 Malo : 0,55 d = h	 15 ft	 10 ft	0,6	.28	.23	.27	.23	.26	.22	
			0,8	.34	.29	.33	.29	.32	.27	.25
			1,0	.39	.34	.38	.34	.37	.31	.35
Buena: 0,75 Medio: 0,70 Malo : 0,65 d = 1,1 h	 15 ft	 10 ft	1,25	.44	.39	.43	.38	.41	.37	
			2,0	.51	.44	.50	.47	.46	.43	.47
			3,0	.54	.50	.53	.50	.52	.48	.51
Buena: 0,75 Medio: 0,70 Malo : 0,65 d = 1,1 h	 15 ft	 10 ft	4,0	.58	.56	.57	.55	.54	.51	
			5,0	.60	.58	.59	.57	.56	.54	.52
			6,0	.60	.58	.59	.57	.56	.54	.52

Mantenimiento	Luminarias Comerciales	Tipo	Distribución Típica	Indice de reflexión 10%									
				Piso		80%		70%		50%		50%	
				Techo	Pared	60%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%
				R <sub>1</sub>									
				0,6	0,8	.25	.21	.24	.20	.23	.20	.28	.24
				1,0	1,25	.32	.26	.31	.26	.33	.26	.33	.24
				1,25	1,5	.33	.31	.34	.31	.38	.26	.33	.31
				2,0	2,5	.40	.35	.39	.35	.41	.38	.38	.35
				3,0	4,0	.42	.39	.40	.38	.45	.43	.45	.42
				4,0	5,0	.47	.44	.45	.46	.50	.48	.50	.46
				5,0		.50	.46	.49	.48	.54	.51	.54	.47
						.52	.52	.53	.51	.53	.51	.53	.51
						.54	.54	.54	.53	.54	.53	.54	.53
						.57	.54	.54	.53	.54	.53	.54	.53

Bueno: 0,75  
Medio: 0,65  
Malo: 0,55



d = 1,1 h

## CARACTERÍSTICAS DE LAS LUMINARIAS DE LA TABLA

LUMINARIAS	CARACTERÍSTICAS
1	Lámpara Incandescente con reflector esmaltado en pantalla profunda con ventilación para buen mantenimiento.
2	Lámpara con filamento reflector con pantalla protectora para protección contra el agua o daño mecánico. El reflector no está afectado por la suciedad.
3	Lámpara de mercurio fluorescente 400 w - con reflector profundo esmaltado blanco, con ángulo de salida de 13° con sistema de ventilación para buen mantenimiento.
4	Lámpara reflectora de mercurio fluorescente con pantalla reflectora de aluminio y abertura superior para emisión de componente luminosa hacia la semiesfera superior.
5	Lámpara reflectora de mercurio fluorescente con pantalla reflectora profunda, esmaltado blanco. Angulo de salida 13°, con ventilación para buen mantenimiento.
6	Lámpara de mercurio fluorescente con reflector de vidrio azogado, prismatizado o de aluminio, con ventilación para buen mantenimiento.
7	Lámpara de mercurio fluorescente con reflector esmaltado blanco, con ventilación para buen mantenimiento.
8	Lámpara fluorescentes power oscove. Lados de aluminio y louvers de aluminio para adecuado control de la luminancia La parte superior abierta origina adecuado balance de luminancia y facilita el mantenimiento.
9	Dos lámparas fluorescentes power groove. Reflectores laterales y louvers metálicos esmaltados blanco, con ángulo de descarga transversal de 30° origina adecuado balance de luminancia y facilita el mantenimiento.
10	Reflector industrial esmaltado blanco para dos lámparas power groove. El ángulo de descarga transversal es de 30°. La parte superior abierta origina adecuado balance de luminancia y facilita el mantenimiento.
11	Receptáculo proyector para lámparas incandescentes. Reflector de aluminio concentrador.
12	Receptáculo proyector para lámparas incandescentes. Reflector con ángulo abierto.
13	Lámpara incandescente en receptáculo proyector con reflector de aluminio filamentadas y baffle negro en la parte interior, inferior del receptáculo.

14	Lámpara flood light montada en bafle proyector cilíndrico profundo
15	Lámpara flood light montada en bafle proyector cilíndrico profundo de aluminio
16	Una lámpara fluorescente power groove, montada en reflectores parabólicos de aluminio con louvers de aluminio.
17	Dos lámparas fluorescentes montadas en reflectores parabólicos de aluminio con luovers de aluminio.
18	Dos lámparas fluorescentes con proyector común y vidrio esmerilado o acrílico en la parte inferior.
19	Dos lámparas fluorescentes con proyector común y vidrio esmerilado o acrílico en la parte inferior...
20	Dos lámparas fluorescentes con proyector común y louvers de material plástico translucido de células pequeñas
21	Dos lámparas fluorescentes con proyector común y difusor inferior de acrílico.
22	Artefacto semí indirecto para dos lámparas fluorescentes power groove.
23	Dos lámparas fluorescentes power groove, en armadura semí indirecta esmaltado blanco, con louvers grande de material plástico para líneas luminosas.
24	Dos lámparas fluorescentes en armaduras semí indirecta esmaltado blanco con louvers grandes de material plástico para líneas luminosas.
25	Cuatro lámparas fluorescentes en armadura semi indirecta esmaltada blanco con louvers metálicos medianos.
26	Cuatro lámparas fluorescentes en armadura semi indirecta esmaltada blanco con laterales y louvers de acrílico.
27	Cuatro lámparas fluorescentes en armadura semí indirecta esmaltada blanco con difusor curvo de acrílico.
28	Cuatro lámparas fluorescentes en armadura semi indirecta con laterales y louvers pequeños en acrílico.
29	Superficie luminosa directa con cuatro tubos fluorescentes y difusor de acrílico.

## MÉTODO DE LAS CAVIDADES ZONALES

Este método es similar al del flujo total, pero tiene la ventaja de resolver distintos problemas, que no siempre encuentra solución con el método anterior.

El método (Fig. 9-4) considera al local al cual se lo pretende iluminar compuesto por tres cavidades, la cavidad del techo definido por encima del plano de las luminarias (c), la cavidad del piso definida por el plano de trabajo (b) y la cavidad de local ubicada entre las dos cavidades antes mencionadas.

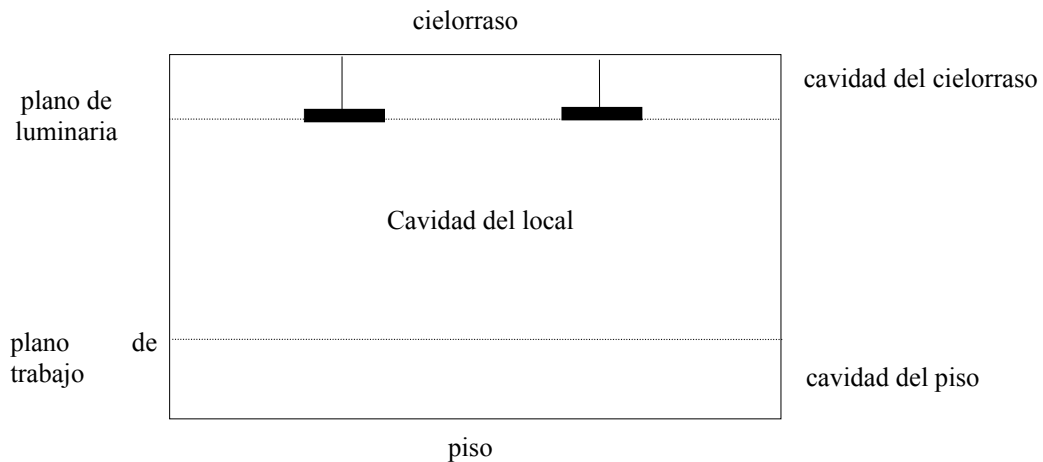


Fig. 9-4

Este método permite calcular las relaciones numéricas denominadas relaciones o índices de cavidades zonales, que pueden usarse para determinar la reflectancia eficaz del piso y del techo, y a continuación hallar el coeficiente de utilización "U".

## DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS

### ÍNDICE DE LA CAVIDAD DEL LOCAL

$$k_1 = \frac{5 \cdot h_1 \cdot (a+1)}{a \cdot l}$$

### ÍNDICE DE LA CAVIDAD DEL CIELORRASO O TECHO

$$k_2 = \frac{5 \cdot h_2 \cdot (a+1)}{a \cdot l}$$

Teniendo en cuenta el valor de  $k_1$  podemos hallar la siguiente relación:

$$k_2 = k_1 \frac{h_2}{h_1}$$

## ÍNDICE DE LA CAVIDAD DEL PISO O SUELO

$$k_3 = \frac{5 \cdot h_3 \cdot (a+1)}{a \cdot l}$$

Este valor de igual manera lo podemos relacionar de la siguiente manera:

$$k_3 = k_1 \frac{h_3}{h_1}$$

La consideración de las tres cavidades reside en la necesidad de reemplazar el complejo análisis de la distribución del flujo emitido por las luminarias y sus interreflexiones arriba de las misma y debajo del plano de trabajo, por las reflexiones en los planos aparentes de luminarias y de trabajo, a los cuales se les asignan reflectancias efectivas que tienen en cuenta las reflectancias reales de las superficies que limitan las cavidades de techo o cielorraso y de piso o suelo, cuyas dimensiones quedan caracterizadas por los índices ( $k_2$ ) y ( $k_3$ ) respectivamente.

### REFLECTANCIA EFECTIVAS DE CAVIDAD

Normalmente se conocen los índices de reflexión de las superficies del techo, paredes laterales y piso que se quiere iluminar.

#### a) **REFLECTANCIA EFECTIVA DE CAVIDAD DE TECHO ( $\rho_{2E}$ )**

De tablas y en función de la reflectancia del cielorraso ( $\rho_2\%$ ), reflectancia de paredes ( $\rho_1\%$ ) e índice de cavidad del cielorraso, se determina la reflectancia efectiva del cielorraso.

#### b) **REFLECTANCIA EFECTIVA DE CAVIDAD PISO ( $\rho_{3E}$ )**

De la misma tablas y en función de la reflectancia del piso ( $\rho_3\%$ ), reflectancia de paredes ( $\rho_1\%$ ) e índice de cavidad del piso, se determina la reflectancia efectiva del cielorraso.

Con estos valores se podrá obtener el factor de utilización (U)

El factor de utilización sale de considerar la relación entre el flujo útil que incide sobre el plano de trabajo y el producto entre el número de luminarias instaladas y el flujo emitido por todas las lámparas instaladas en las luminarias.

$$U = \frac{\phi_u}{N \cdot \phi_1}$$

Una parte del flujo emitido por las lámparas es absorbido por las mismas luminarias, lo que corresponde a las pérdidas por absorción de los materiales. Resultara así un rendimiento ( $\epsilon$ ) de la luminaria.

Por otra parte, el flujo provisto por la luminaria, antes de llegar al plano de trabajo, sufre una serie de interreflexiones, por lo cual parte de dicho flujo es absorbido por las distintas superficies del local, por lo que habrá un rendimiento que dependerá de la superficie del local, del ensuciamiento de las paredes, etc.. Lo que implica utilizar un rendimiento luminoso (n)

El factor de utilización conjunto, resultará la resultante de ambos detrimentos

$$U = \varepsilon.n$$

$$U = \frac{\phi_u}{N \cdot \phi_l}$$

Por lo tanto la iluminación media inicial ( $E_i$ ), la podemos calcular de la siguiente manera:

$$E_i = \frac{U \cdot N \cdot \phi_l}{a \cdot l}$$

Para poder determinar la iluminación media es necesario considerar algunos factores que tomen en cuenta la depreciación estimada del flujo luminoso a través de la vida útil de la lámpara, como así también la pérdidas de flujo producto de la suciedad en las superficies reflectoras y difusoras de las luminarias, en las paredes y techo del local y depreciaciones sufridas por aumento de temperatura en la pared de la fuente, o variación de tensión.

Al factor total de depreciación lo denominaremos ( $F_t$ ) y es la sumatoria de los siguientes:

$$F_t = F_v + F_m + F_{\theta t} + F_{\theta d}$$

$F_v$  = factor de depreciación debido a la diferencia de tensión

$F_m$  = factor de depreciación debido al ensuciamiento de luminarias y fuentes

$F_{\theta t}$  = factor de depreciación debido al aumento de temperatura en la pared del tubo.

$F_{\theta d}$  = factor de depreciación de flujo de fuentes al fin de su vida útil.

Por lo tanto la iluminación media ( $E_m$ ), la podemos calcular de la siguiente manera:

$$E_m = \frac{U \cdot N \cdot \phi_l}{a \cdot l} \cdot F_t$$

- 1) determinar, según NORMAS, los valores de intensidad de iluminación general para el lugar y trabajo en estudio.
- 2) dimensiones del local, largo, ancho, altura de montaje de las luminarias respecto al plano de trabajo.



- 3) determinación de los índices de las cavidades
- 4) determinación de las reflectancias efectivas de techo y piso.
- 5) selección del tipo de luminaria y lámparas a emplear
- 6) con los datos de luminarias, índice de las cavidades, y las reflectancias efectivas , determinar el factor de utilización.
- 7) determinar el factor de depreciación
- 8) cálculo del flujo total requerido para el local
- 9) determinar el número de luminarias a utilizar
- 10) determinar, según la luminaria seleccionada, el número de lámparas a utilizar.
- 11) proyectar la ubicación de las luminarias de manera de obtener una buena distribución. Generalmente los artefactos que se ubican junto a las paredes del local normalmente se disponen distanciados de estas , de  $1/3$  a  $1/8$  de la distancia prevista entre artefactos.
- 12) determinar la potencia total instalada

### **ILUMINACIÓN DE INTERIORES – EJERCICIOS**

Queremos diseñar una instalación de alumbrado para una nave industrial correspondiente a un frigorífico en donde se realizan tareas de preparación de embutidos de 50 m de largo por 30 m de ancho y 6 m de altura. Para ello utilizaremos lámparas de vapor de mercurio de alta presión.

Respecto a las luminarias, nos planteamos escoger una luminaria PHILIPS modelo AL 521.

#### **Otros datos:**

- Los coeficientes de reflexión de paredes es de 30 %, del techo 30 % y del piso 10 %.
- Es recomendable que el sistema de iluminación se instale por lo menos a 5.5 m del suelo, pues en la estructura superior de la nave, hasta 5 metros del suelo, existen equipos de transporte, como grúas, destinadas al traslado de objetos pesados a distintos puntos de la nave.
- Altura del plano de trabajo 0,85 m del suelo.

## DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN

### Bj): ILUMINACIÓN DE INDUSTRIAS

Valores mínimos "en servicio": según NORMA IRAM – AADL J20-06 del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales y Asociación Argentina de Luminotecnia

<u>Tipo de Edificio, Local y Tarea Visual</u>		<u>LUX</u>
<b>ALIMENTICIA</b>		
Mataderos:	Recepción	50
Corrales:	Inspección	300
	Resistencia	50
	Matanza	100
	Desollado	100
	Escaldado	100
	Esqueletado	300-350
	Inspección	300-350
Frigoríficos:	Mostradores de ventas	300-350
	Cámaras frías	50
	Salas de máquinas	150
Conservas de carne:	Corte, deshuesado, elección	300-350
	Cocción	150
	Estabilización	150
	Inspección	300
Conservas de pescados y mariscos:	Preparación de embutidos	300

Nivel recomendado de 300 lux

## DATOS DE ENTRADA:

### Dimensiones del local:

- Largo: 50 m
- Ancho: 30 m
- Altura total: 6 m
- Altura del plano de trabajo: 0,85 m.
- Nivel de iluminancia media. Nos piden 300 lux
- Lámparas: Usaremos lámparas de vapor de mercurio a alta presión de 250 W o 400 W
- Altura de suspensión de las luminarias: 5.5 m

### Determinación de:

$$h_1: 5,5 \text{ m} - 0,85 \text{ m} = 4,65 \text{ m}$$

$$h_2: 6 \text{ m} - 5,5 \text{ m} = 0,50 \text{ m}$$

$$h_3: 0,85 \text{ m}$$

**Índice del local.** Dado el tipo de luminarias propuestas (de iluminación directa), nos encontramos con un caso de iluminación directa. Por lo tanto:

### ÍNDICE DE LA CAVIDAD DEL LOCAL

$$k_1 = \frac{5 \cdot h_1 \cdot (a+l)}{a \cdot l} = \frac{5 \cdot 4,65 \text{ m} (50\text{m} + 30\text{m})}{50 \text{ m} \cdot 30 \text{ m}} = 1,24$$

### ÍNDICE DE LA CAVIDAD DEL CIELORRASO O TECHO

$$K_2 = \frac{5 \cdot h_2 \cdot (a+l)}{a \cdot l} = \frac{5 \cdot 0,50 \text{ m} (50\text{m} + 30\text{m})}{50 \text{ m} \cdot 30 \text{ m}} = 0,133$$

### ÍNDICE DE LA CAVIDAD DEL PISO O SUELO

$$K_3 = \frac{5 \cdot h_3 \cdot (a+l)}{a \cdot l} = \frac{5 \cdot 0,85 \text{ m} (50\text{m} + 30\text{m})}{50 \text{ m} \cdot 30 \text{ m}} = 0,22$$

**Coefficientes de reflexión:** Los coeficientes del techo y las paredes se suministran en el enunciado.

**Determinación del flujo luminoso de la lámpara de mercurio de alta presión:** de la tabla se obtiene que el flujo luminoso

**250 W = 13.000 lm**

**400 W = 22.000 lm**

**HQL®**

Lámparas de Vapor de Mercurio a Alta presión con capa fluorescente de vanadato de itrio, son de aplicación universal para alumbrado de calles y naves industriales.

Forma elipsoidal

Denominación para pedido	Potencia de la lámpara W	Flujo luminoso lm	Diámetro medio d mm	Longitud máx. l mm	Figura núm.	Casquillo	Embalaje normal unidades	EAN 40 50300
HQL 80 (1)	80	3800	70	150	1	E 27	40	
HQL 125	125	6300	75	162	1	E 27	40	7891206030044
HQL 250	250	13000	90	220	2	E 40	20	37891206030649
HQL 400	400	22000	120	85	2	E 40	20	37891206030083

### a) REFLECTANCIA EFECTIVA DE CAVIDAD DE TECHO ( $P_{2E}$ )

De tablas y en función de la reflectancia del cielorraso ( $\rho_2\%$ ), reflectancia de paredes ( $\rho_1\%$ ) e índice de cavidad del cielorraso, se determina la reflectancia efectiva del cielorraso.

- Reflectancia efectiva en % de cavidad de cielorraso ( $\rho_{2E}$ ), en función de combinación de reflectancias y del índice de cavidad ( $k_2$ ); y de reflectancia efectiva en % de cavidad del piso ( $\rho_{3E}$ ) en función de combinación de reflectancias y del índice de cavidad ( $k_3$ ).

Reflectancia de cielorraso ( $\rho_2$ ) o de piso ( $\rho_3$ ) en %	90				80				70				50				30				10											
Reflectancia de pared ( $\rho_1$ ) en %	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	20	70	50	30	20	65	50	30	20	50	30	20	10	50	30	20	10				
0	90	90	90	90	80	80	80	80	70	70	70	70	50	50	50	50	30	30	30	30	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
0,1	90	89	88	87	79	79	78	78	69	69	68	68	50	49	48	48	30	29	29	29	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
0,2	89	88	86	85	79	78	77	75	68	67	66	64	49	48	47	46	30	29	29	28	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9
0,3	88	87	85	83	78	77	75	74	68	66	64	63	49	47	46	45	30	29	28	27	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9
0,4	88	86	83	81	78	76	74	72	67	65	63	61	48	45	44	43	30	29	27	26	11	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9
0,5	88	85	81	78	77	75	73	70	65	64	61	60	48	46	44	43	29	28	27	25	11	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9
0,6	88	84	80	76	77	75	71	68	65	62	59	58	47	45	44	43	29	26	25	25	11	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9
0,7	88	83	78	74	76	74	70	66	65	61	58	58	47	44	42	42	29	28	26	24	11	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8
0,8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	56	47	43	41	41	29	27	25	23	11	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8
0,9	87	81	76	71	75	72	68	63	63	59	55	55	46	43	40	40	29	27	25	22	11	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8
1,0	85	80	74	68	74	71	60	61	63	58	53	53	46	43	39	39	29	27	24	22	11	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8
1,1	86	79	73	67	74	71	65	60	62	57	52	52	46	41	38	38	29	26	24	21	11	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8
1,2	86	78	72	65	73	70	64	58	61	56	50	50	45	41	37	37	29	26	23	20	12	10	10	10	10	10	10	7	7	7	7	7
1,3	85	78	70	64	73	69	63	57	61	55	49	49	45	40	35	35	29	26	23	20	12	10	10	10	10	10	10	7	7	7	7	7
1,4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	54	48	48	45	40	35	35	28	26	22	19	12	10	10	10	10	10	10	7	7	7	7	7
1,5	85	75	68	61	72	68	61	54	59	53	47	47	44	39	34	34	28	25	22	18	12	10	10	10	10	10	10	7	7	7	7	7
1,6	85	75	66	59	71	67	60	53	59	52	45	45	44	39	33	33	28	25	21	18	12	10	10	10	10	10	10	7	7	7	7	7
1,7	84	74	65	53	71	65	59	52	58	51	44	44	44	38	32	32	28	25	21	17	12	10	10	10	10	10	10	7	7	7	7	7
1,8	84	73	64	55	70	65	58	50	57	50	43	43	43	37	32	32	28	25	21	17	12	10	10	10	10	10	10	6	6	6	6	6
1,9	84	73	63	53	70	65	57	49	57	49	42	42	43	37	31	31	28	25	20	16	13	10	10	10	10	10	10	6	6	6	6	6
2,0	83	72	62	52	69	64	56	48	55	48	41	41	43	37	30	30	28	24	20	16	13	10	10	10	10	10	10	6	6	6	6	6
2,1	83	71	61	52	69	63	55	47	54	47	40	40	43	36	29	29	28	24	20	16	13	10	10	10	10	10	10	6	6	6	6	6
2,2	83	70	60	50	68	63	54	45	55	45	39	39	42	36	29	29	28	24	19	15	13	10	10	10	10	10	10	6	6	6	6	6
2,3	83	69	59	50	68	62	53	44	54	45	38	38	42	35	28	28	28	24	19	15	13	10	10	10	10	10	10	6	6	6	6	6
2,4	82	68	58	48	67	61	52	43	54	45	37	37	42	35	27	27	28	24	19	15	13	10	10	10	10	10	10	6	6	6	6	6

Índices de cavidad de cielo rraso ( $k_2$ ) y de piso ( $k_3$ )

$\rho_{2E} = 29 \%$

**b) REFLECTANCIA EFECTIVA DE CAVIDAD PISO ( $\rho_{3E}$ )**

De la misma tablas y en función de la reflectancia del piso ( $\rho_3\%$ ), reflectancia de paredes ( $\rho_1\%$ ) e índice de cavidad del piso, se determina la reflectancia efectiva del cielorraso.

$\rho_{3E} = 10 \%$

**Factor de utilización:** de la tabla se obtuvo que el valor del coeficiente de utilización

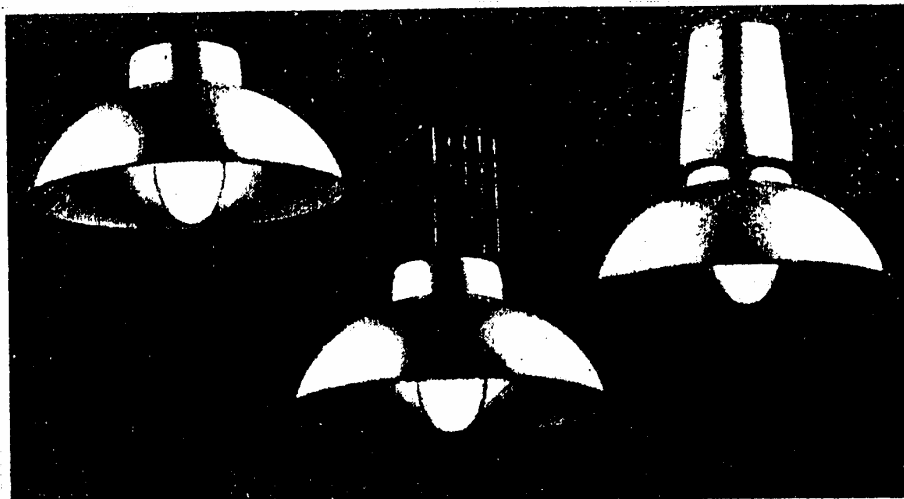


Tabla 8. Luminaria industrial modelo AL521 con lámpara a vapor de mercurio color corregido HPLN 400W

REFLECTANCIA DE CIELORRASO	80				70				50				30				10			
REFLECTANCIA DE PARED EN %	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10
INDICES DE LOCAL	COEFICIENTES DE UTILIZACION																			
1	0.83	0.78	0.74	0.70	0.80	0.76	0.72	0.69	0.73	0.70	0.67	0.70	0.67	0.65	0.67	0.65	0.63			
2	0.75	0.67	0.61	0.56	0.73	0.66	0.60	0.55	0.63	0.58	0.54	0.61	0.56	0.52	0.57	0.54	0.51			
3	0.67	0.58	0.51	0.46	0.65	0.57	0.50	0.45	0.54	0.49	0.44	0.52	0.47	0.43	0.50	0.46	0.43			
4	0.61	0.51	0.43	0.37	0.59	0.49	0.43	0.37	0.48	0.41	0.36	0.46	0.40	0.36	0.44	0.39	0.35			
5	0.56	0.45	0.37	0.31	0.54	0.44	0.37	0.31	0.41	0.36	0.31	0.41	0.35	0.31	0.39	0.34	0.30			
6	0.52	0.40	0.33	0.27	0.50	0.39	0.32	0.27	0.38	0.31	0.27	0.36	0.31	0.26	0.35	0.30	0.26			
7	0.47	0.36	0.29	0.24	0.46	0.35	0.28	0.23	0.34	0.28	0.23	0.32	0.27	0.23	0.32	0.27	0.22			
8	0.44	0.32	0.25	0.21	0.42	0.32	0.25	0.21	0.30	0.24	0.20	0.30	0.24	0.20	0.29	0.23	0.20			
9	0.41	0.29	0.22	0.18	0.39	0.29	0.22	0.16	0.28	0.22	0.18	0.27	0.21	0.17	0.26	0.21	0.17			
10	0.37	0.26	0.19	0.15	0.36	0.25	0.13	0.13	0.24	0.18	0.14	0.23	0.18	0.14	0.23	0.18	0.14			

Para  $K_1 = 1$   $U = 0,668$

Para  $K_1 = 2$   $U = 0,556$

Para  $K_1 = 1,33$   $U = 0,6411$

**El factor total de depreciación** : En este caso los valores vienen incluidos en las tablas de las luminarias. Como no nos dicen nada sobre la suciedad ambiental tomaremos los valores medios,  $F_t = 0,80$

**Calculo del flujo luminoso:**

$$\Phi = \frac{E \cdot a \cdot l}{U \cdot F_t} = \frac{300 \text{ Lux} \cdot 1500 \text{ m}^2}{0,6411 \cdot 0,8} = 877398,22 \text{ lm}$$

**Determinación del número mínimo de luminarias:**

$$N(400W) = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{lamp}}} = \frac{877398,22 \text{ lm}}{22.000 \text{ lm}} = 40 \text{ lamp.}$$

$$N(250 W) = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{lamp}}} = \frac{877398,22 \text{ lm}}{13.000 \text{ lm}} = 67 \text{ lamp.}$$

COEFICIENTE DE EFICIENCIA SEGÚN TIEMPO ENTRE LIMPIEZA DE LA LAMPARA				
	MESE TRANSCURRIDOS ENTRE LIMPIEZAS			
Ambiente	3	6	12	24
Muy Limpio	1,00 - 1,00	0,99 - 0,99	0,98 - 0,98	0,94 - 0,94
Limpio	0,98 - 0,95	0,97 - 0,84	0,96 - 0,82	0,90 - 0,76
Normalmente Limpio	0,97 - 0,90	0,90 - 0,82	0,88 - 0,74	0,82 - 0,57
Sucio	0,90 - 0,87	0,82 - 0,73	0,79 - 0,65	0,71 - 0,48
Muy sucio	0,89 - 0,84	0,78 - 0,67	0,73 - 0,59	0,64 - 0,42

### COEFICIENTES O FACTORES DE REFLEXIÓN

Color	Factor de reflexión	Material	Factor de reflexión
Blanco	0,70-0,85	Mortero claro	0,35-0,55
Techo acústico		Mortero oscuro	0,20-0,30
blanco, según		Hormigón claro	0,30-0,50
orificios	0,50-0,65	Hormigón oscuro	0,15-0,25
Gris claro	0,40-0,50	Arenisca clara	0,30-0,40
Gris oscuro	0,10-0,20	Arenisca oscura	0,15-0,25
Negro	0,03-0,07	Ladrillo claro	0,30-0,40
Crema, amarillo		Ladrillo oscuro	0,15-0,25
claro	0,50-0,75	Mármol blanco	0,60-0,70
Marrón claro	0,30-0,40	Granito	0,15-0,25
Marrón oscuro	0,10-0,20	Madera clara	0,30-0,50
Rosa	0,45-0,55	Madera oscura	0,10-0,25
Rojo claro	0,30-0,50	Espejo de vidrio	
Rojo oscuro	0,10-0,20	plateado	0,80-0,90
Verde claro	0,45-0,65	Aluminio mate	0,55-0,60
Verde oscuro	0,10-0,20	Aluminio anodizado y	
Azul claro	0,40-0,55	abrillantado	0,80-0,85
Azul oscuro	0,05-0,15	Acero pulido	0,55-0,65

Categoría	Cierre superior	Cierre inferior
I	1.- Ninguno	1.- Ninguno
II	1.- Ninguno 2.- Transparente, traslúcido u opaco, con 15% o más de emisión de luz hacia arriba por las aberturas.	1.- Ninguno 2.- Louvers o baffles.
III	1.- Transparente, traslúcido u opaco, con menos del 15% de emisión de luz hacia arriba por aberturas.	1.- Ninguno 2.- Louvers o baffles
IV	1.- Transparente, traslúcido u opaco, sin aberturas.	1.- Ninguno 2.- Louvers o baffles
V	1.- Transparente, traslúcido u opaco, sin aberturas.	1.- Transparente o traslúcido, sin aberturas.
VI	1.- Transparente, traslúcido u opaco, sin aberturas.	1.- Transparente, traslúcido u opaco, sin aberturas.

Tabla 1: Categoría de las luminarias para la determinación de su factor de depreciación.

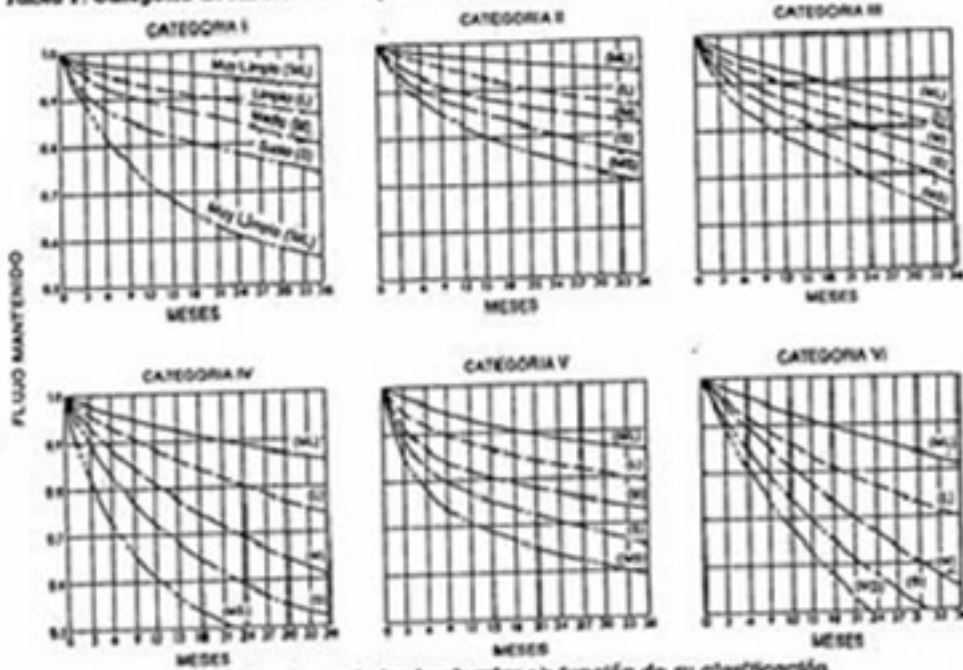


Figura 1: Depreciación luminosa de las luminarias en función de su clasificación y de la limpieza o suciedad del lugar.



Relaciones o índices de cavidad para algunas dimensiones métricas

Dimensiones (m)		Altura de la cavidad (m)												
Ancho	Largo	0,4	0,5	0,7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	2	2,5	3,5	5	10	15	--	--	--	--	--	--	--
	3	1,7	2,1	2,9	4,2	8	12	--	--	--	--	--	--	--
	4	1,5	1,9	2,6	3,7	7,5	11	15	--	--	--	--	--	--
3	3	1,3	1,7	2,3	3,3	6,7	10	13	--	--	--	--	--	--
	4	1,2	1,6	2,0	2,9	5,8	8,7	12	14	--	--	--	--	--
	6	1	1,2	1,7	2,5	5,5	7,5	10	12	--	--	--	--	--
4	4	1	1,2	1,7	2,5	5,5	7,5	10	12	15	--	--	--	--
	5	0,8	1	1,5	2,1	4,2	6,2	8,6	10	12	15	--	--	--
	6	0,7	0,9	1,5	1,9	3,7	5,6	7,5	9,4	11	13	--	--	--
5	5	0,8	1	1,4	2	4,4	6,9	8	10	12	14	--	--	--
	6	0,7	0,9	1,3	1,8	3,7	5,5	7,5	9	11	13	15	--	--
	8	0,7	0,8	1,1	1,6	3,2	4,9	6,5	8	10	11	13	14	--
6	10	0,6	0,7	1,0	1,5	3,2	4,5	6	7,5	9	10	12	13	--
	6	0,7	0,8	1,1	1,7	3,3	5,5	6,7	8,3	10	12	13	15	--
	8	0,6	0,7	1	1,5	3,3	4,4	5,8	7,5	8,7	10	12	13	15
9	6	0,5	0,6	0,9	1,3	2,7	4,4	5,3	6,7	8	9,3	11	12	13
	10	0,5	0,6	0,8	1,1	2,2	3,7	5,5	6,2	7,5	9	10	11	12
10	14	0,4	0,5	0,7	1	2	3,4	4,5	5,6	6,7	8	9	10	11
	10	0,4	0,5	0,7	1	2	3,3	4,9	5,9	7	7	8	9	10
	14	0,3	0,4	0,6	0,9	1,7	2,6	3,4	4,5	5,5	6	7	8	9
12	12	0,3	0,4	0,6	0,8	1,5	2,3	3,3	4,2	5,5	6	7	8	9
	16	0,3	0,4	0,5	0,7	1,5	2,2	3,3	4,2	5,5	6	7	8	9
14	24	0,3	0,4	0,5	0,6	1,2	1,9	2,5	3,1	4,4	5,1	6,2	7,5	8,4
	14	0,3	0,4	0,5	0,6	1,2	1,9	2,5	3,1	4,3	5,1	6,2	7,5	8,4
	20	0,2	0,3	0,4	0,5	1	1,8	2,4	3,6	4,3	5,5	6,6	7,7	8,8
17	17	0,2	0,3	0,4	0,5	1	1,4	1,9	2,4	3,3	4,1	5,2	6,3	7,4
	25	0,2	0,2	0,4	0,6	1	1,8	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9
20	35	0,2	0,2	0,3	0,5	0,9	1,3	1,7	2,2	2,9	3,3	4	4,5	5,4
	20	0,3	0,3	0,4	0,5	1	1,5	2	2,5	3,3	3,9	4,5	5,5	6,4
	30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,8	1,2	1,7	2,1	2,5	3,3	3,5	4,1	4,4
24	45	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	1,1	1,6	1,8	2,2	2,5	2,9	3,3	3,6
	24	0,1	0,2	0,3	0,4	0,8	1,2	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1
	32	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	1,1	1,5	1,8	2,2	2,6	2,9	3,3	3,6
	50	0,1	0,2	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,6	1,8	2,2	2,5	2,9	3,1



- Reflejtancia efectiva en % de cavidad de elctorno ( $\rho_{2E}$ ), en funci3n de combi-  
 naci3n de reflejtancias y del 3ndice de cavidad ( $k_0$ ); y de reflejtancia efectiva en  
 % de cavidad del piso ( $\rho_{3E}$ ) en funci3n de combinaci3n de reflejtancias y del 3n-  
 dice de cavidad ( $k_3$ ).

Reflejtancia de elctorno ( $\rho_2$ ) o de piso ( $\rho_3$ ) en %	90	80	70	50	30	10
0	90	80	70	50	30	10
0.1	90	80	70	50	30	10
0.2	89	79	70	49	30	10
0.3	89	79	70	48	30	10
0.4	88	78	69	47	29	10
0.5	88	77	68	46	29	10
0.6	88	76	67	45	28	10
0.7	88	75	66	44	28	10
0.8	87	74	65	43	27	10
0.9	87	73	64	42	27	10
1.0	86	72	63	41	26	10
1.1	85	71	62	40	26	10
1.2	85	70	61	39	25	10
1.3	85	69	60	38	25	10
1.4	85	68	59	37	24	10
1.5	85	67	58	36	24	10
1.6	85	66	57	35	23	10
1.7	85	65	56	34	23	10
1.8	84	64	55	33	22	10
1.9	84	63	54	32	22	10
2.0	84	62	53	31	21	10
2.1	83	61	52	30	21	10
2.2	83	60	51	29	20	10
2.3	83	59	50	28	20	10
2.4	82	58	49	27	19	10
2.5	82	57	48	26	19	10
2.6	82	56	47	25	18	10
2.7	82	55	46	24	18	10
2.8	82	54	45	23	17	10
2.9	82	53	44	22	17	10
3.0	82	52	43	21	17	10
3.1	82	51	42	20	16	10
3.2	82	50	41	19	16	10
3.3	82	49	40	18	15	10
3.4	82	48	39	17	15	10
3.5	82	47	38	16	15	10
3.6	82	46	37	15	14	10
3.7	82	45	36	14	14	10
3.8	82	44	35	13	13	10
3.9	82	43	34	12	13	10
4.0	82	42	33	11	13	10
4.1	82	41	32	10	13	10
4.2	82	40	31	9	13	10
4.3	82	39	30	8	13	10
4.4	82	38	29	7	13	10
4.5	82	37	28	6	13	10
4.6	82	36	27	5	13	10
4.7	82	35	26	4	13	10
4.8	82	34	25	3	13	10
4.9	82	33	24	2	13	10
5.0	82	32	23	1	13	10
5.1	82	31	22	0	13	10
5.2	82	30	21	0	13	10
5.3	82	29	20	0	13	10
5.4	82	28	19	0	13	10
5.5	82	27	18	0	13	10
5.6	82	26	17	0	13	10
5.7	82	25	16	0	13	10
5.8	82	24	15	0	13	10
5.9	82	23	14	0	13	10
6.0	82	22	13	0	13	10
6.1	82	21	12	0	13	10
6.2	82	20	11	0	13	10
6.3	82	19	10	0	13	10
6.4	82	18	9	0	13	10
6.5	82	17	8	0	13	10
6.6	82	16	7	0	13	10
6.7	82	15	6	0	13	10
6.8	82	14	5	0	13	10
6.9	82	13	4	0	13	10
7.0	82	12	3	0	13	10
7.1	82	11	2	0	13	10
7.2	82	10	1	0	13	10
7.3	82	9	0	0	13	10
7.4	82	8	0	0	13	10
7.5	82	7	0	0	13	10
7.6	82	6	0	0	13	10
7.7	82	5	0	0	13	10
7.8	82	4	0	0	13	10
7.9	82	3	0	0	13	10
8.0	82	2	0	0	13	10
8.1	82	1	0	0	13	10
8.2	82	0	0	0	13	10

3ndices de cavidades de ocelo-  
 rraso ( $k_2$ ) y de Piso ( $k_1$ )



- Coeficiente de utilización para luminarias fijas  
 Esta Tabla está confeccionada para  $(\beta_{\rho} = 20\%)$  - Para  $(\beta_{\rho} = 10\%)$  y  $(\beta_{\rho} = 30\%)$ , utilizar los factores multiplicadores  
 de las tablas (4a y 4b) sobre el valor del coeficiente  $u_{\rho}$  de utilización -

Luminarias	Tipo y Distribución	P <sub>z</sub>	Coeficiente de utilización - Método de la cavidad zonal																						
			80			70			50			30			10										
			P <sub>z</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	P <sub>z</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	P <sub>z</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	P <sub>z</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	P <sub>z</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>								
P <sub>z</sub> = Bueno: 0,85 Medio: 0,80 Malo: 0,75 d = h <sub>1</sub>		1	0,36	0,84	0,82	0,79	0,84	0,81	0,79	0,77	0,77	0,71	0,75	0,69	0,71	0,74	0,68	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68		
		2	0,31	0,77	0,73	0,70	0,74	0,75	0,71	0,69	0,69	0,66	0,69	0,65	0,66	0,69	0,60	0,63	0,68	0,66	0,64	0,65	0,63	0,62	
		3	0,27	0,70	0,66	0,62	0,69	0,63	0,55	0,55	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,49	0,54	0,58	0,55	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
		4	0,21	0,59	0,54	0,50	0,56	0,53	0,49	0,44	0,45	0,43	0,44	0,40	0,40	0,40	0,39	0,44	0,46	0,43	0,42	0,41	0,41	0,41	0,41
		5	0,17	0,46	0,41	0,37	0,43	0,41	0,37	0,36	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
		6	0,13	0,33	0,29	0,25	0,31	0,29	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
		7	0,10	0,25	0,22	0,19	0,25	0,22	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
		8	0,07	0,19	0,17	0,15	0,19	0,17	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
		9	0,05	0,14	0,12	0,10	0,14	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
		10	0,04	0,10	0,09	0,08	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
P <sub>z</sub> = Bueno: 0,80 Medio: 0,75 Malo: 0,70 d = 0,5 h <sub>1</sub>		1	0,38	0,96	0,93	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95		
		2	0,34	0,91	0,89	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	
		3	0,30	0,85	0,83	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
		4	0,26	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	
		5	0,22	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	
		6	0,18	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	
		7	0,15	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	
		8	0,12	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	
		9	0,10	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	
		10	0,09	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	

P<sub>z</sub>: Reflectancia efectiva de la cavidad del celorraso an porciante  
 P<sub>z</sub>: Reflectancia de la pared porciante  
 K<sub>1</sub>: Índice de la cavidad del local



## **FACTORES ECONÓMICOS DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO**

### **CONSIDERACIONES GENERALES**

El valor de un buen alumbrado depende de su utilización, en los distintos campos de aplicación.

En puntos anteriores vimos que:

1-Un mejor sistema de iluminación en plantas industriales y oficinas crea condiciones de trabajo más satisfactoria que se traducen en:

- aumento de la producción
- reducción de errores
- disminución de accidentes
- reducción de piezas mal realizadas
- mejores condiciones de salubridad ambiental para el trabajador, y disminución de alteraciones orgánicas y fatigas

Análogamente, en los almacenes y otras zonas, un buen alumbrado, bien aplicado, resulta necesario para examinar adecuadamente la mercancía, sensibilizando inquietudes al observador, para abarcar con su mirada otros productos.

Para instalaciones se han provocado aumentos de la producción, es obvia la rentabilidad de un alumbrado mejor. Asimismo debe tenerse en cuenta que la luz y el alumbrado por sus aspectos humanitarios y estéticos, son de valor inestable.

2-Mantenimiento: un buen mantenimiento de las instalaciones de alumbrado, es económico y conveniente, pues asegura al usuario pagar el servicio proyectado inicialmente, al mismo tiempo que disfruta las óptimas condiciones de visión directamente previstas en el proyecto. Los resultados contribuyen en forma directa a una productividad más elevada y a una moral de trabajo mejor, con menores frecuencias de interrupciones del trabajo proporcionadas por buen mantenimiento.

3-Metodología de la limpieza: un sistema de alumbrado no debe limpiarse solo apropiadamente, sino que también en el momento adecuado, a través de programas de limpieza, obteniéndose los siguientes beneficios:

- a) Mas flujo luminoso suministrado sobre el plano de trabajo, se mejora la visibilidad que en zonas industriales y de oficinas aumenta la producción, reducen errores y fatigas.
- b) Reduce costos de mantenimiento, al realizarse la limpieza en el momento más oportuno disminuyendo tiempo de mantenimiento y materiales de reposición requeridos.
- c) Mejor apariencia en la zona de trabajo, implicando ello mejorar la moral del trabajo y aumento psicológico de confort humano.

En forma simultánea con las condiciones de mantenimiento de las luminarias y sus componentes, corresponde limpiar y repintar periódicamente las paredes y cielorraso.

La periodicidad, en su ritmo depende de la cantidad, tipo de polvo y suciedad del local. La suciedad acumulada sobre las luminarias, así como en paredes y techos, junto con la inevitable depreciación del flujo luminoso de la fuente, por las razones que oportunamente se analizaron, son los principales factores que disminuyen el rendimiento luminoso en todas las instalaciones de alumbrado.

- d) Beneficio de la sustitución en grupo: en un sistema de alumbrado, las fuentes pueden sustituirse individualmente cuando se deterioran y dejan de producir luz, o bien pueden sustituirse en toda la instalación antes de que las fuentes alcancen su vida media, esto último se denomina sustitución en grupo.

Los costos de mano de obra ahorrados por la sustitución en grupo, en instalaciones grandes y medianas compensan el valor de las lámparas depreciadas que son desechadas antes de que se averíen definitivamente. La sustitución en grupo implica simultáneamente mayor iluminación, menos interrupciones de trabajo, mejor apariencia y menos coste de mantenimiento del equipo auxiliar.

Las lámparas incandescentes y fluorescentes son muy apropiadas para los programas de sustitución en grupo y en instalaciones de fuentes de vapor de mercurio, es creciente la adopciones de las sustitución en grupo.

Las principales ventajas que la sustitución en grupo ofrece al usuario son las siguientes:

- 1)-Los costos de mano de obra reducidos significan a menudo ahorro neto.

El coste de mano de obra por unidad de fuente en la sustitución por grupo, oscila generalmente desde la quinta a una décima parte del coste de la sustitución individual, Cuando las fuentes luminosas se sustituyen en grupo, después que hayan fallado relativamente pocas, los costos suelen reducirse considerablemente.

- 2)-Más luz suministrada: el flujo luminoso de todas las fuentes luminosas disminuye cuando crece el tiempo de utilización, el recambio en grupo significa que el personal gozara de las buenas condiciones de visión.

- 3)-Menos interrupciones de trabajo: la sustitución en grupo cae dentro del concepto de mantenimiento preventivo, puede realizarse en momentos conveniente, durante las interrupciones programadas de trabajo por vacaciones o después de las horas de trabajo.

- 4)-Mejor apariencia del sistema de alumbrado fluorescente: los extremos negros, las variaciones de color, las diferencias en brillo entre fuentes fluorescentes adyacentes viejas y nuevas son comunes cuando se emplea la sustitución individual. Desaparecerán asimismo las molestias debidas al parpadeo, destello o turbulencia de las lámparas envejecidas.

- 5)-Menor mantenimiento del equipo auxiliar de lámparas fluorescentes.

Las condiciones de funcionamiento anormales que pueden tener lugar al final de la vida de una fuente fluorescente pueden causar daño a los arrancadores y a los balastos. El cambio en grupo elimina esta incertidumbres.

Estas cinco ventajas implican mas rendimiento en el sistema de iluminación, y ahorro de dinero, a través del cambio en grupo.

## **COSTE DE ALUMBRADO**

El cálculo del coste inicial de funcionamiento y el total anual para los diversos sistemas considerados, para un local dado, debe basarse en ciertos supuestos comunes, para una comparación equitativa de los sistemas.

Algunas de las consideraciones importantes son:

1)-Iguales resultados de iluminación, puesto que distintos sistemas pueden no producir iguales niveles de iluminación en servicio, todo los costes han de compararse sobre una misma base de iluminación mantenida.

2)-Deben usarse iguales tasas de amortización de la inversión inicial y tener en cuenta los intereses impuestos y seguros.

3)-Las condiciones de funcionamiento, tales como el valor de la energía eléctrica, horas de funcionamiento por año y frecuencia de arranque de las fuentes, tienen que ser iguales para los sistemas que se consideren.

4)- la programación de la limpieza será apropiada a cada tipo de sistema.

5)-Deben usarse valores de mano de obra uniforme entre los sistemas para el cálculo del coste de las instalaciones, limpieza y sustituciones.

El anterior análisis, tabula el procedimiento de análisis de coste para la comparación del coste de dos o más sistemas de alumbrado, y se explica por sí solo.

## **ESTUDIO ECONÓMICO COMPARATIVO DE INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN EN OFICINAS CON TUBOS FLUORESCENTES DE 40 Y 65 W**

### **A) GENERALIDADES**

Los requisitos que deben cumplirse al proyectar una buena instalación de alumbrado son

- \* Adecuado nivel de iluminación
- \* Correcta distribución espacial de la luz
- \* Color de la luz adecuado al trabajo que se realiza en el lugar
- \* Elección correcta de la fuente de luz y su luminaria

El proyecto y calculo de una instalación de alumbrado deberá basarse en dichos requisitos, debiéndose tener en cuenta consideraciones tanto de orden luminotécnico como económico.



El objeto del presente, es la comparación de dos tipos de tubos fluorescentes existentes en el mercado, usados normalmente para la iluminación utilitaria de ambientes mediante grandes tubos de 40 y 65 W.

Para realizar esta comparación sobre un ejemplo concreto se realizara un proyecto de iluminación de una oficina comercial, el cálculo comparativo de sus costos.

## **B) CRITERIO DE CALCULO**

### **B-1) LUMÍNICO**

Por tratarse de un lugar cerrado, se emplea el método del lumen.

La cantidad de lámparas a instalar se obtiene de la expresión

$$N_L = \frac{E \cdot S}{m \cdot U \cdot \Phi_L}$$

donde:

E = iluminación promedio deseada en el plano de trabajo

S = área del local a iluminar

m = factor de mantenimiento

U = factor de utilización

$\Phi_L$  = flujo luminoso de la lámpara a emplear

Para el cálculo consideramos que salvo el valor del flujo luminoso de las lámparas a utilizar, el resto de los valores se mantienen iguales para cada caso en estudio.

Para mantener la misma uniformidad en la iluminación, con ambos sistemas, consideramos que se instalaran artefactos para tres tubos de 40 W y de de dos tubos de 65 W, que son lumínicamente equivalentes.

### **B-2) ECONÓMICO**

#### **B-2-1) COSTO INICIAL**

La inversión inicial comprende el costo de los artefactos, el de los tubos y arrancadores, los balastos, los capacitares para la corrección del factor de potencia y la mano de obra necesaria para la instalación.

El costo de la mano de obra se estima en \$ 5 la hora hombre, que es un promedio, incluyendo las cargas sociales.

Los tiempos para el armado y montaje de un artefacto varia con el tipo de luminarias. La tabla nos indica la cantidad de minutos hombres por artefacto.

	TIPO DE ARTEFACTO			
	3 x TL 40 W		2 x TL 65 W	
	Cant. Homb.	Minut.	Cant. Homb.	Minut.
Armado	1	50	1	40
Instalación	2	20	2	20
Total de minutos hombre	90		80	

## B-2-2) COSTO ANUAL

Los costos anuales resultan de sumar:

- \* La cuota anual de amortización
- \* El consumo de energía eléctrica
- \* Los gastos de reposición de lámparas.
- \* Los gastos de limpieza.

Para el cálculo de la cuota anual de amortización se toma en cuenta el costo de los artefactos armados e instalados pero sin tubo, lo que se consideran como material de reposición.

Siendo  $C_0$  el costo inicial,  $i$  la tasa de interés anual y  $n$  el tiempo de amortización, la cuota de amortización, por año resulta:

$$C_a = C_0 \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \$/\text{año}$$

En los cálculos se considera  $i = 15\%$  y  $n = 10$  años.

El costo anual de consumo de energía es

$$C_e = \frac{T_u \cdot C(\text{kWh}) \cdot P \cdot N_l}{1000} \quad \$/\text{año}$$

Donde:

$T_u$  = tiempo de utilización de la instalación. Para el cálculo utilizaremos 2500 horas/año

$C(\text{kWh})$  = costo del kWh. Se ha tomado \$ 0,12906 (tarifa comercial)

$P$  = potencia consumida por una lámpara con su balasto. 10 W para TL 40 W y 12 W para TL 65 W.

$N_l$  = numero de lámparas que componen la instalación.

El costo de reposición por año, suponiendo que se cambia todas las lámparas y los arrancadores cada 5000 horas de funcionamiento resulta.

$$Cr = \frac{2.500}{5.000} \cdot (C_L + C_{arr}) \cdot N_L \text{ \$/año}$$

$C_L$  = costo de un tubo

$C_{arr}$  = costo de un arrancador

El valor de 5.000 horas es el que normalmente se usa cuando se aplica el criterio de reemplazo por grupo.

El costo de mano de obra para mantenimiento (incluye limpieza del artefacto y cambio de tubo), se calcula considerando en forma estimativa que por cada artefacto se requieren 45 minutos hombre

El costo anual resulta

$$Cm = \frac{2.500}{5.000} \cdot H_h \cdot C_{Hh} \cdot N_A \text{ \$/año}$$

$H_h$  = horas hombre necesarias por artefacto

$C_{Hh}$  = costo de horas hombre

$N_A$  = cantidad de artefactos que componen la instalación.

## C) CALCULO DE LA INSTALACIÓN

### C-1) CÁLCULO LUMÍNICO

#### Datos:

Dimensiones:

Longitud =	32 m
Ancho =	12 m
Altura de montaje de las luminarias =	3,8 m
Altura del plano de trabajo =	0,8 m
Coefficiente de reflexión del techo =	0,7
Coefficiente de reflexión de pared =	0,5
Tipo de trabajo =	administrativo
Artefacto =	para integrar en cielorrasos, con louvers
Nivel de iluminación =	500 lux
Coefficiente de utilización =	0,53
Coefficiente de mantenimiento =	0,55
Flujo de los tubos fluorescentes de 40 W =	2920 lm
Flujo de los tubos fluorescentes de 65 W =	4850 lm

Se adopta color blanco níveo con una temperatura de color de 4200 °K, por ser el de mayor eficiencia.

Resultados obtenidos:

	TIPO DE ARTEFACTO	
	TL 40 W	TL 65 W
Cantidad de tubos	225	136
Tipo de artefactos	3 x TL 40 W	2 x TL 65 W
Cantidad de artefactos	75	68

## C-2) CALCULO ECONÓMICO

		SISTEMAS DE ALUMBRADO	
Nº	Información general	I	II
Datos de la instalación			
1	Tipo de instalación		
2	Tubos por luminaria	3	2
3	Número total de fuentes luminosas	225	136
4	Numero de luminarias	75	68
5	Potencia en W por fuente, incluyendo accesorios	50	77
6	Potencia total operada, en W	11250	10472
7	Intensidad luminosa en plano de trabajo (lux)	500	500
8	Utilización anual (horas)	2500	2500

Costo inicial		I	II
9	Costo artefacto	\$ 58,50	\$ 77,30
10	Costo balasto	\$ 9,30	\$ 14,62
11	Costo capacitares	\$ 3,35	\$ 4,75
12	Costo tubos	\$ 3,70	\$ 7,15
13	Costo arrancadores	\$ 1,10	\$ 1,10
14	Costo total unitario por luminaria	\$ 110,85	\$ 132,54
15	Costo mano de obra por hora	\$ 5,00	\$ 5,00
16	Tiempo por armado luminaria	1,5	1,33
17	Costo mano de obra por luminaria	7,5	6,67
18	Costo unitario total	\$ 118,35	\$ 139,20
19	Costo total de la instalación	\$ 8.876,14	\$ 9.465,87
20	Índice del costo	100%	107%

Costo anual			
Costo anual de amortización		I	II
21	Costo total unitario por luminaria (14)	\$ 110,85	\$ 132,54
22	Costo mano de obra por luminaria (15)	\$ 7,50	\$ 6,67
23	Coste por luminaria (21 + 22)	\$ 118,35	\$ 139,20
24	Numero de luminarias (4)	75	68
25	Coste total ( 23 x 24)	\$ 8.876,14	\$ 9.465,87

26	Número de años de vida supuestos	10	10
27	Tasa de interés anual (%)	15	15
28	Costo anual de amortización	\$ 1.768,59	\$ 1.886,09

<b>Costos total de energía</b>		<b>I</b>	<b>II</b>
29	Potencia total operada W (6)	11250	10472
30	Utilización anual (horas) (8)	2500	2500
31	Numero de kWh consumida anualmente ((30 x 31)/1000)	28125	26180
32	Tarifa media por \$ - kWh consumido	0,12906	0,12906
33	Costos totales de energía por año ( 32 x 33)	\$ 3.629,81	\$ 3.378,79

<b>Costo de reposición</b>		<b>I</b>	<b>II</b>
34	Número total de fuentes luminosas (3)	225	136
35	Utilización anual (horas) (8)	2500	2500
36	Vida especificada de las lámparas en horas	5000	5001
37	Costo tubos (12)	\$ 3,70	\$ 7,15
38	Costo arrancadores (13)	\$ 1,10	\$ 1,10
39	Costo de reposición por año	\$ 540,00	\$ 561,00

<b>Costo de mano de obra para mantenimiento</b>		<b>I</b>	<b>II</b>
40	Utilización anual (horas) (8)	2500	2500
41	Vida especificada de las lámparas en horas	5000	5001
42	Horas hombre para cada uno de los artefacto	0,75	0,75
43	Costo de la hora hombre	5	5
44	Numero de luminarias	75	68
45	Costo total de mantenimiento	\$ 140,63	\$ 127,50

<b>Resumen</b>		<b>I</b>	<b>II</b>
46	Costo anual de amortización	\$ 1.768,59	\$ 1.886,09
47	Costos total de energía	\$ 3.629,81	\$ 3.378,79
48	Costo de reposición	\$ 540,00	\$ 561,00
49	Costo de mano de obra para mantenimiento	\$ 140,63	\$ 127,50
50	Costes totales de alumbrado por año (46+47+48+49)	\$ 6.079,03	\$ 5.953,38
51	Índice del costo anual %	102%	100%

#### **D) CONCLUSIONES**

Los cuadros demuestran que para este tipo de instalaciones la adopción del tubo fluorescente de 40 W, reportara una economía del 7 % en el costo inicial y la elección de tubos de 65 W una economía

del 2 % en el costo operativo anual con respecto a su similar de 40 W. si bien los valores son promedios, dependiendo el resultado final de los datos de cada caso en particular.

## UNIDAD 10 - ILUMINACIÓN DE EXTERIORES

### MÉTODO DE CALCULO PUNTO POR PUNTO

Las fuentes luminosas y las luminarias no emiten radiación luminosa uniforme en todas las direcciones, correspondiéndole a cada una propias curvas de distribución luminosa.

Esta distribución de la radiación se puede graficar a los efectos de analizar sus características, para lo cual se representa en un diagrama polar, la luminancia en candela, contenida en todas las direcciones posibles de un plano.

Para completar el estudio se toman diferentes planos con direcciones convenientes, todos ellos pasantes por el centro de la fuente o de la luminaria, de esta manera es posible obtener la forma espacial en que el emisor emite la radiación. Este tipo de medición se realizan en el laboratorio especiales comparando los valores con una fuente patrón.

En base a ello resulta posible obtener mediante calculo, toda la información necesaria respecto del comportamiento luminotécnico de la fuente o de la luminaria considerada.

Para cada plano ( $\phi$ ),seleccionado según tipo de luminaria, se desarrolla el sistema polar que puede definir la correspondiente curva de distribución luminosa

Así por ejemplo para un ángulo ( $\phi_1$ ), se tendrá una curva de distribución como la de la figura, en la que para cada ángulo ( $\alpha_1$ ) se verifica el correspondiente valor  $I(\phi, \alpha)$ , luego una intensidad luminosa quedara perfectamente definida por los ángulos ( $\phi, \alpha$ ) (Fig. 10-1).

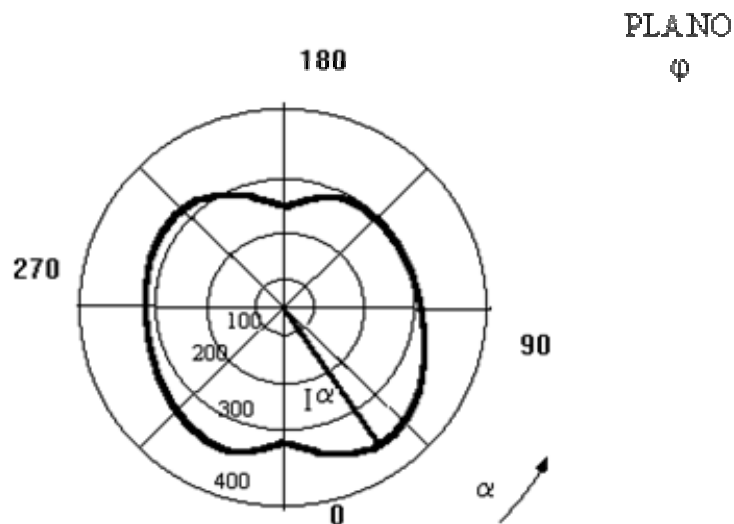


Fig. 10-1

Las curvas fotométricas están referidas a un flujo luminoso emitido de 1000 lumen, como en la mayoría de los casos el flujo luminoso de las fuentes ensayadas son distintas a los 1000 lúmenes se debe referir al flujo luminoso de la fuente a ensayar de la siguiente manera:

$$I_{(\phi, \alpha)} \phi = I_{(\phi, \alpha)} 1000 \cdot \phi [\text{lm}] / 1000 \text{ lm}$$

El cálculo de la iluminación mediante el método del punto por punto requiere de algunas leyes vinculadas al comportamiento de las intensidades luminosas en función de distancias y ángulo de incidencia.

### LEY DE LA INVERSA DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA

Ya hemos visto que para un flujo emitido dentro de un ángulo sólido, que actúan sobre superficie perpendiculares al citado flujo, se cumple:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

donde:

$E_1$  : nivel luminoso sobre una superficie ( $S_1$ ) ubicada a una distancia  $d_1$

$E_2$  : nivel luminoso sobre una superficie ( $S_2$ ) ubicada a una distancia  $d_2$

### LEY DEL COSENO

Si a una superficie es iluminada no perpendicularmente por un rayo de luz, la iluminación en un punto (M) es igual a (Fig. 10-2):

$$E_p = \frac{I_\alpha}{d^2} \cdot \cos \alpha$$

Que lo podemos expresar de la siguiente manera en función de la altura "h"

$$E_p = \frac{I_\alpha}{h^2} \cdot \cos^3 \alpha$$

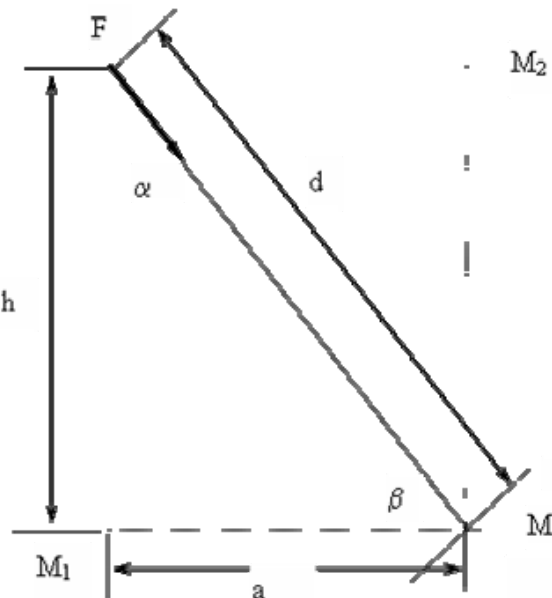


Fig. 10-2



## DESARROLLO DEL MÉTODO DE CALCULO PUNTO POR PUNTO

El mismo se basa en la cantidad real del nivel luminoso que se ha producido en cada punto del área iluminada.

Ello requiere considerar las siguientes relaciones fundamentales:

- 1) **FUENTE PUNTIFORME:** la iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.
- 2) **FUENTE LINEAL DE LONGITUD INFINITA:** la iluminación es inversamente proporcional a la distancia. Esto se cumple para distancias inferiores a cinco veces la mayor longitud de la fuente lineal.
- 3) **FUENTE SUPERFICIAL DE ÁREA INFINITA:** la iluminación no cambia con la distancia.
- 4) **HAS PARALELO DE LUZ:** la iluminación no cambia con la distancia.

Para resolver el problema de la determinación del nivel luminoso en un punto (M), se deberá seguir los siguientes paso:

- a) determinar el ángulo  $\alpha$
- b) de la curva de distribución luminosa de la fuente o luminaria determinar la intensidad luminosa  $I_{\alpha}$
- c) multiplicar el valor de  $I_{\alpha}$  por un factor multiplicador, que se muestra en las tablas y luego dividir el resultado por la intensidad luminosa (100 o 10.000 candelas) según la tabla que se utilice.

$$E_H = F \cdot I_{\alpha} / 100 \text{ o } E_H = F \cdot I_{\alpha} / 10000$$

Este resultado el valor de la iluminación [lux] en el punto M.

## ILUMINACIÓN LOCALIZADA

Muchas veces es necesario iluminar en ciertas zonas en forma localizadas o intensiva.

Para ello se puede aplicar el método visto anteriormente, en la mayoría de los casos este tipo de iluminación se efectúa con tubos fluorescentes ubicados dentro de luminarias especiales o desnudos. Como ejemplo podemos ver los niveles de iluminación para distintas alturas de la iluminación localizada.

Veremos las tablas de valores para tubos fluorescentes de las siguientes características (Fig. 10-3):

**TUBO DE 1,20 M  $\phi = 4200$  [lm]**

**TUBO DE 2,40 M  $\phi = 8400$  [lm]**

**LUMINARIAS INDUSTRIAL(Fig. 10-3):**

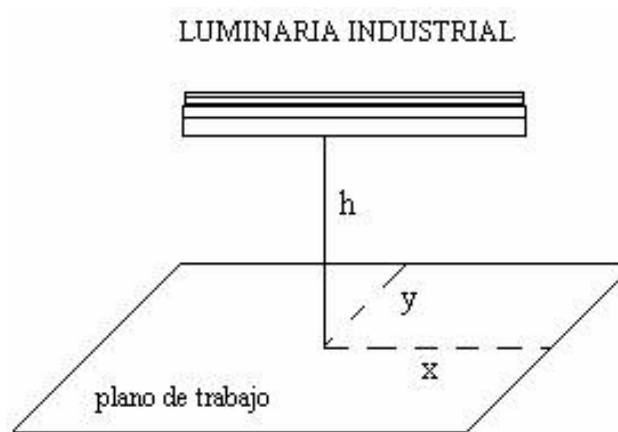


Fig. 10-3

**NIVEL LUMINOSO E (LUX) BAJO LA LUMINARIA PARA DISTINTOS PUNTOS**

Distancia "Y" (m)					l	h	Distancia "X" (m)				
0.00	0.60	1.20	1.80	2.40			0.00	0.60	1.20	1.80	2.40
2120	630	100	30	10	--	0.60	2120	1270	220	40	20
730	460	190	80	20	1.20	1.20	730	530	230	110	90
330	280	170	110	40	--	1.80	330	290	190	110	100
2540	860	200	70	20	--	0.60	2540	2340	1290	240	110
1060	730	310	130	70	1.80	1.20	1060	960	640	290	120
570	460	290	170	90	--	1.80	570	520	410	240	130

**TUBO FLUORESCENTE DESNUDO (Fig. 10-4):**

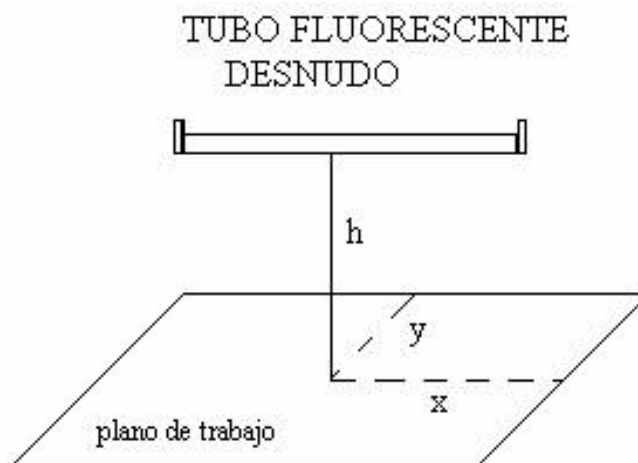


Fig. 10-4

## NIVEL LUMINOSO E (LUX) BAJO LA LUMINARIA PARA DISTINTOS PUNTOS

Distancia "Y" (m)					l m	h m	Distancia "X" (m)				
0.00	0.60	1.20	1.80	2.40			0.00	0.60	1.20	1.80	2.40
550	230	70	20	--	--	0.60	550	320	50	10	--
190	130	70	30	--	1.20	1.20	190	130	70	20	10
90	80	50	30	--	--	1.80	90	80	40	20	10
630	300	110	40	--	--	0.60	630	590	320	50	10
270	210	120	60	--	1.80	1.20	270	240	160	80	30
150	130	90	50	--	--	1.80	150	130	100	60	40

Los niveles luminoso E [lux] indicados en las planillas anteriores, se refiere al flujo luminoso indicado, para fuentes de igual longitud y distinto flujo, se puede calcular el valor de la nueva iluminación se puede calcular el valor de la nueva iluminación mediante una relación lineal de flujos.

Plantilla No 4 - Niveles luminosos por el sistema Punto por Punto. Números superiores: ángulos ( $\alpha$ )  
 Números inferiores: factores (F) de multiplicación a utilizar en ecuaciones (10) & (11) según escala.

Distancia (a) en metros, entre punto (P) y vertical que pasa por la fuente.		Factores (F) de multiplicación (lux) por cada 100 candelas																							
0	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,45	2,75	3,05	3,35	3,65	3,95												
Ángulos ( $\alpha$ ) - Factores (F) de multiplicación (lux) por cada 100 candelas		Altura (h) en metros entre luminaria y superficie																							
0,60	08	27°	45°	56°	63°	68°	71°	74°	76°	78°	79°	80°	81°	81°											
	50	128	88	43	22	13	8	5,3	3,5	2,5	1,9	1,4	1,1	0,90											
1,20	08	14°	27°	37°	45°	51°	56°	60°	63°	66°	68°	70°	72°	73°											
	62	57	45	32	22	15	11	7,6	5,6	4,2	3,2	2,5	2,0	1,6											
1,80	08	9°	18°	27°	34°	40°	45°	49°	53°	56°	59°	61°	63°	66°											
	28	27	24	20	16	12,6	9,8	7,7	6	4,7	3,8	3,1	2,5	2,1											
2,45	08	7°	14°	21°	27°	32°	37°	41°	45°	48°	51°	54°	56°	58°											
	15,6	15	14	12,8	11,2	9,5	8	6,7	5,5	4,6	3,8	3,2	2,7	2,3											
3,05	08	5°	11°	17°	22°	27°	31°	35°	39°	42°	45°	48°	50°	52°											
	10	9,9	9,4	8,8	8	7,2	6,3	5,5	4,8	4,1	3,5	3,1	2,6	2,3											
4,25	08	4°	8°	12°	16°	20°	23°	27°	30°	33°	36°	38°	41°	43°											
	5,1	5	4,9	4,8	4,5	4,3	3,9	3,6	3,3	3,0	2,8	2,5	2,2	2,0											
4,90	08	3,5°	7°	11°	14°	17°	21°	24°	27°	29°	32°	35°	37°	39°											
	3,9	3,9	3,8	3,7	3,5	3,4	3,2	3	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8											
5,50	08	3°	6°	9°	13°	16°	18°	21°	24°	27°	29°	31°	34°	36°											
	3,09	3,07	3,03	2,97	2,87	2,76	2,64	2,50	2,36	2,21	2,06	1,92	1,78	1,65											
6,10	08	3°	6°	9°	11°	14	17°	19°	22°	24°	27°	29°	31°	33°											
	2,5	2,49	2,46	2,42	2,36	2,28	2,19	2,10	2,0	1,9	1,79	1,68	1,58	1,47											
6,70	08	2°	5°	8°	10°	13	15°	18°	20°	22°	25°	27°	29°	31°											
	2,07	2,06	2,05	2,01	1,96	1,92	1,85	1,79	1,71	1,64	1,55	1,48	1,40	1,32											
7,30	08	2°	5°	7°	10°	12°	14°	16°	18°	21°	23°	25°	27°	28°											
	1,74	1,71	1,72	1,70	1,66	1,61	1,58	1,54	1,48	1,43	1,37	1,30	1,24	1,18											
8,25	08	2°	4°	6°	8°	10°	12°	15°	17°	18°	20°	22°	24°	26°											
	1,37	1,37	1,36	1,35	1,33	1,3	1,28	1,24	1,21	1,17	1,15	1,09	1,05	1,00											

10-12

Planilla No 4 - Niveles luminosos por el sistema Punta por Punto - Números Superiores: ángulos ( $\alpha$ ) - Números Inferiores: Factores (F) de multiplicación a utilizar en ecuaciones (10) & (11) según escala.

Distancia (a) en metros entre punto (P) y vertical que pasa por la fuente		Factores (F) de multiplicación (Lux) por cada 100 candelas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
0	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00	3,30	3,60	3,90	4,20	4,50	4,80	5,10	5,40	5,70	6,00	6,30	6,60	6,90	7,20	7,50	7,80	8,10	8,40	8,70	9,00	9,30	9,60	9,90	10,20	10,50	10,80	11,10	11,40	11,70	12,00	12,30	12,60	12,90	13,20	13,50	13,80	14,10	14,40	14,70	15,00	15,30	15,60	15,90	16,20	16,50	16,80	17,10	17,40	17,70	18,00	18,30	18,60	18,90	19,20	19,50	19,80	20,10	20,40	20,70	21,00	21,30	21,60	21,90	22,20	22,50	22,80	23,10	23,40	23,70	24,00	24,30	24,60	24,90	25,20	25,50	25,80	26,10	26,40	26,70	27,00	27,30	27,60	27,90	28,20	28,50	28,80	29,10	29,40	29,70	30,00	30,30	30,60	30,90	31,20	31,50	31,80	32,10	32,40	32,70	33,00	33,30	33,60	33,90	34,20	34,50	34,80	35,10	35,40	35,70	36,00	36,30	36,60	36,90	37,20	37,50	37,80	38,10	38,40	38,70	39,00	39,30	39,60	39,90	40,20	40,50	40,80	41,10	41,40	41,70	42,00	42,30	42,60	42,90	43,20	43,50	43,80	44,10	44,40	44,70	45,00	45,30	45,60	45,90	46,20	46,50	46,80	47,10	47,40	47,70	48,00	48,30	48,60	48,90	49,20	49,50	49,80	50,10	50,40	50,70	51,00	51,30	51,60	51,90	52,20	52,50	52,80	53,10	53,40	53,70	54,00	54,30	54,60	54,90	55,20	55,50	55,80	56,10	56,40	56,70	57,00	57,30	57,60	57,90	58,20	58,50	58,80	59,10	59,40	59,70	60,00	60,30	60,60	60,90	61,20	61,50	61,80	62,10	62,40	62,70	63,00	63,30	63,60	63,90	64,20	64,50	64,80	65,10	65,40	65,70	66,00	66,30	66,60	66,90	67,20	67,50	67,80	68,10	68,40	68,70	69,00	69,30	69,60	69,90	70,20	70,50	70,80	71,10	71,40	71,70	72,00	72,30	72,60	72,90	73,20	73,50	73,80	74,10	74,40	74,70	75,00	75,30	75,60	75,90	76,20	76,50	76,80	77,10	77,40	77,70	78,00	78,30	78,60	78,90	79,20	79,50	79,80	80,10	80,40	80,70	81,00	81,30	81,60	81,90	82,20	82,50	82,80	83,10	83,40	83,70	84,00	84,30	84,60	84,90	85,20	85,50	85,80	86,10	86,40	86,70	87,00	87,30	87,60	87,90	88,20	88,50	88,80	89,10	89,40	89,70	90,00	90,30	90,60	90,90	91,20	91,50	91,80	92,10	92,40	92,70	93,00	93,30	93,60	93,90	94,20	94,50	94,80	95,10	95,40	95,70	96,00	96,30	96,60	96,90	97,20	97,50	97,80	98,10	98,40	98,70	99,00	99,30	99,60	99,90	100,20	100,50	100,80	101,10	101,40	101,70	102,00	102,30	102,60	102,90	103,20	103,50	103,80	104,10	104,40	104,70	105,00	105,30	105,60	105,90	106,20	106,50	106,80	107,10	107,40	107,70	108,00	108,30	108,60	108,90	109,20	109,50	109,80	110,10	110,40	110,70	111,00	111,30	111,60	111,90	112,20	112,50	112,80	113,10	113,40	113,70	114,00	114,30	114,60	114,90	115,20	115,50	115,80	116,10	116,40	116,70	117,00	117,30	117,60	117,90	118,20	118,50	118,80	119,10	119,40	119,70	120,00	120,30	120,60	120,90	121,20	121,50	121,80	122,10	122,40	122,70	123,00	123,30	123,60	123,90	124,20	124,50	124,80	125,10	125,40	125,70	126,00	126,30	126,60	126,90	127,20	127,50	127,80	128,10	128,40	128,70	129,00	129,30	129,60	129,90	130,20	130,50	130,80	131,10	131,40	131,70	132,00	132,30	132,60	132,90	133,20	133,50	133,80	134,10	134,40	134,70	135,00	135,30	135,60	135,90	136,20	136,50	136,80	137,10	137,40	137,70	138,00	138,30	138,60	138,90	139,20	139,50	139,80	140,10	140,40	140,70	141,00	141,30	141,60	141,90	142,20	142,50	142,80	143,10	143,40	143,70	144,00	144,30	144,60	144,90	145,20	145,50	145,80	146,10	146,40	146,70	147,00	147,30	147,60	147,90	148,20	148,50	148,80	149,10	149,40	149,70	150,00	150,30	150,60	150,90	151,20	151,50	151,80	152,10	152,40	152,70	153,00	153,30	153,60	153,90	154,20	154,50	154,80	155,10	155,40	155,70	156,00	156,30	156,60	156,90	157,20	157,50	157,80	158,10	158,40	158,70	159,00	159,30	159,60	159,90	160,20	160,50	160,80	161,10	161,40	161,70	162,00	162,30	162,60	162,90	163,20	163,50	163,80	164,10	164,40	164,70	165,00	165,30	165,60	165,90	166,20	166,50	166,80	167,10	167,40	167,70	168,00	168,30	168,60	168,90	169,20	169,50	169,80	170,10	170,40	170,70	171,00	171,30	171,60	171,90	172,20	172,50	172,80	173,10	173,40	173,70	174,00	174,30	174,60	174,90	175,20	175,50	175,80	176,10	176,40	176,70	177,00	177,30	177,60	177,90	178,20	178,50	178,80	179,10	179,40	179,70	180,00	180,30	180,60	180,90	181,20	181,50	181,80	182,10	182,40	182,70	183,00	183,30	183,60	183,90	184,20	184,50	184,80	185,10	185,40	185,70	186,00	186,30	186,60	186,90	187,20	187,50	187,80	188,10	188,40	188,70	189,00	189,30	189,60	189,90	190,20	190,50	190,80	191,10	191,40	191,70	192,00	192,30	192,60	192,90	193,20	193,50	193,80	194,10	194,40	194,70	195,00	195,30	195,60	195,90	196,20	196,50	196,80	197,10	197,40	197,70	198,00	198,30	198,60	198,90	199,20	199,50	199,80	200,10	200,40	200,70	201,00	201,30	201,60	201,90	202,20	202,50	202,80	203,10	203,40	203,70	204,00	204,30	204,60	204,90	205,20	205,50	205,80	206,10	206,40	206,70	207,00	207,30	207,60	207,90	208,20	208,50	208,80	209,10	209,40	209,70	210,00	210,30	210,60	210,90	211,20	211,50	211,80	212,10	212,40	212,70	213,00	213,30	213,60	213,90	214,20	214,50	214,80	215,10	215,40	215,70	216,00	216,30	216,60	216,90	217,20	217,50	217,80	218,10	218,40	218,70	219,00	219,30	219,60	219,90	220,20	220,50	220,80	221,10	221,40	221,70	222,00	222,30	222,60	222,90	223,20	223,50	223,80	224,10	224,40	224,70	225,00	225,30	225,60	225,90	226,20	226,50	226,80	227,10	227,40	227,70	228,00	228,30	228,60	228,90	229,20	229,50	229,80	230,10	230,40	230,70	231,00	231,30	231,60	231,90	232,20	232,50	232,80	233,10	233,40	233,70	234,00	234,30	234,60	234,90	235,20	235,50	235,80	236,10	236,40	236,70	237,00	237,30	237,60	237,90	238,20	238,50	238,80	239,10	239,40	239,70	240,00	240,30	240,60	240,90	241,20	241,50	241,80	242,10	242,40	242,70	243,00	243,30	243,60	243,90	244,20	244,50	244,80	245,10	245,40	245,70	246,00	246,30	246,60	246,90	247,20	247,50	247,80	248,10	248,40	248,70	249,00	249,30	249,60	249,90	250,20	250,50	250,80	251,10	251,40	251,70	252,00	252,30	252,60	252,90	253,20	253,50	253,80	254,10	254,40	254,70	255,00	255,30	255,60	255,90	256,20	256,50	256,80	257,10	257,40	257,70	258,00	258,30	258,60	258,90	259,20	259,50	259,80	260,10	260,40	260,70	261,00	261,30	261,60	261,90	262,20	262,50	262,80	263,10	263,40	263,70	264,00	264,30	264,60	264,90	265,20	265,50	265,80	266,10	266,40	266,70	267,00	267,30	267,60	267,90	268,20	268,50	268,80	269,10	269,40	269,70	270,00	270,30	270,60	270,90	271,20	271,50	271,80	272,10	272,40	272,70	273,00	273,30	273,60	273,90	274,20	274,50	274,80	275,10	275,40	275,70	276,00	276,30	276,60	276,90	277,20	277,50	277,80	278,10	278,40	278,70	279,00	279,30	279,60	279,90	280,20	280,50	280,80	281,10	281,40	281,70	282,00	282,30	282,60	282,90	283,20	283,50	283,80	284,10	284,40	284,70	285,00	285,30	285,60	285,90	286,20	286,50	286,80	287,10	287,40	287,70	288,00	288,30	288,60	288,90	289,20	289,50	289,80	290,10	290,40	290,70	291,00	291,30	291,60	291,90	292,20	292,50	292,80	293,10	293,40	293,70	294,00	294,30	294,60	294,90	295,20	295,50	295,80	296,10	296,40	296,70	297,00	297,30	297,60	297,90	298,20	298,50	298,80	299,10	299,40	299,70	300,00	300,30	300,60	300,90	301,20	301,50	301,80	302,10	302,40	302,70	303,00	303,30	303,60	303,90	304,20	304,50	304,80	305,10	305,40	305,70	306,00	306,30	306,60	306,90	307,20	307,50	307,80	308,10	308,40	308,70	309,00	309,30	309,60	309,90	310,20	310,50	310,80	311,10	311,40	311,70	312,00	312,30	312,60	312,90	313,20	313,50	313,80	314,10	314,40	314,70	315,00	315,30	315,60	315,90	316,20	316,50	316,80	317,10	317,40	317,70	318,00	318,30	318,60	318,90	319,20	319,50	319,80	320,10	320,40	320,70	321,00	321,30	321,60	321,90	322,20	322,50	322,80	323,10	323,40	323,70	324,00	324,30	324,60	324,90	325,20	325,50	325,80	326,10	326,40	326,70	327,00	327,30	327,60	327,90	328,20	328,50	328,80	329,10	329,40	329,70	330,00	330,30	330,60	330,90	331,20	331,50	331,80	332,10	332,40	332,70	333,00	333,30	333,60	333,90	334,20	334,50	334,80	335,10	335,40	335,70	336,00	336,30	336,60	336,90	337,20	337,50	337,80	338,10	338,40	338,70	339,00	339,30	339,60	339,90	340,20	340,50	340,80	341,10	341,40	341,70	342,

## EJERCICIO DEL MÉTODO DE CALCULO PUNTO POR PUNTO

Para el tramo de calle de la Fig. 10-5, calcular la iluminancia en los puntos a, b, c, d, e y f. La farola mide 8 m de altura y la lámpara tiene un flujo de 15000 lm. Asimismo, se suministran los diagramas polares de las luminarias referenciadas a 1000 lm.

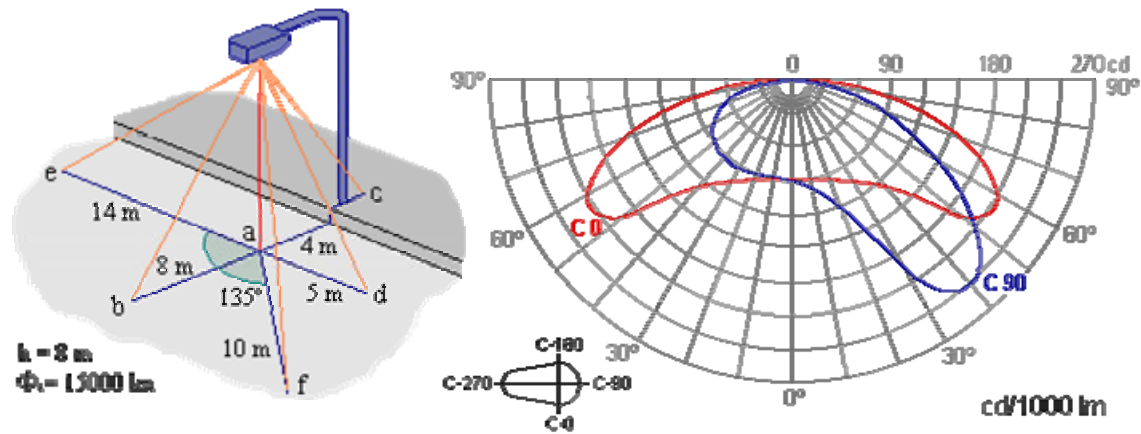


Fig. 10-5

## SOLUCIÓN

En este caso la intensidad no es uniforme ni constante en cualquier dirección y por ello tenemos que trabajar con gráficos. Esto no supone ninguna complicación adicional respecto a lo visto anteriormente y la mecánica y las fórmulas empleadas siguen siendo las mismas. La única diferencia estriba en que los valores de la intensidad, que ahora depende de los ángulos alfa y C, los tomaremos de un gráfico polar (Fig. 10-6).

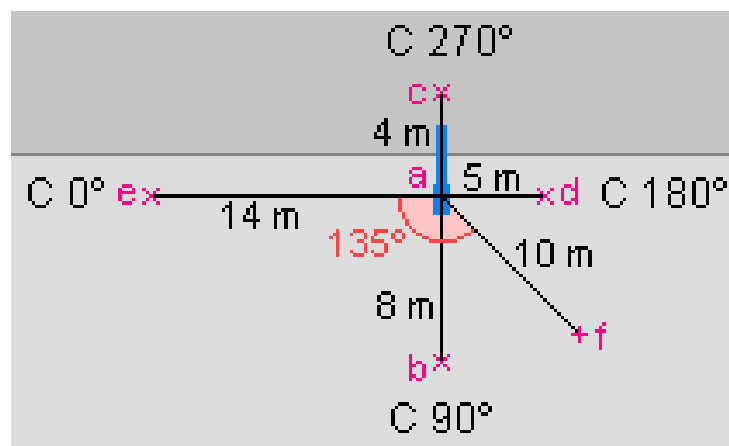
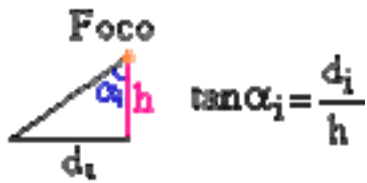


Fig. 10-6

Los pasos a seguir son:

- Calcular  $\alpha$



- Leer  $I(\alpha)$  relativo del gráfico según el valor de  $C$  (si no disponemos del gráfico hay que interpolar) y calcular  $I$  real

### Nivel de iluminación en “a”

$$\alpha = 0^\circ$$

Grafico  $C = 0^\circ$  o  $180^\circ$

Para  $\alpha = 0^\circ$  y  $C = 0^\circ$ , el valor de  $I$  relativo es

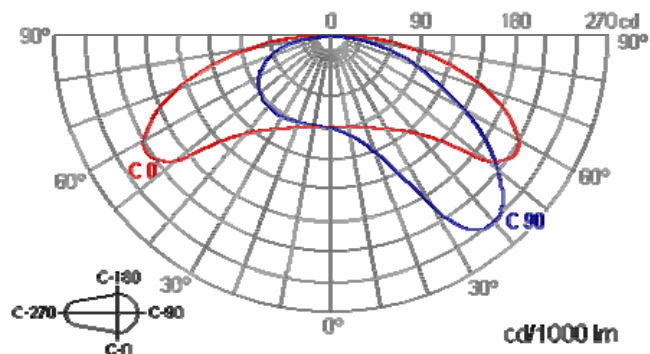
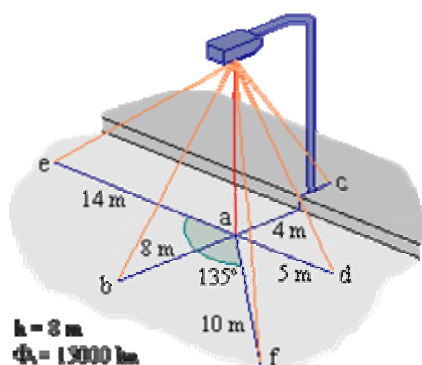
$$I_r = 90 \text{ cd}/1000 \text{ lm}$$

Aplicamos la fórmula para obtener  $I_{\text{real}}$

$$I = \frac{90 \text{ cd}}{1000 \text{ lm}} \cdot 15 \cdot 10^3 \text{ lm} = 1350 \text{ lm}$$

Finalmente

$$E = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{1350 \cos^3 0^\circ}{8^2} = 21,09 \text{ lx}$$



### Nivel de iluminación en “b”:

$$\tan \alpha = d/h = 8/8 = 1, \quad \alpha = 45^\circ$$

Grafico C = 90° - 200°

Para  $\alpha = 45^\circ$  y C = 90°, el valor de I relativo es

$$I_r = 230 \text{ cd}/1000 \text{ lm}$$

Aplicamos la fórmula para obtener  $I_{\text{real}}$

$$I = \frac{230 \text{ cd}}{1000 \text{ lm}} \cdot 15 \cdot 10^3 \text{ lm} = 3450 \text{ lm}$$

Finalmente

$$E = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{3450 \cos^3 45^\circ}{8^2} = 19,06 \text{ lx}$$

**Nivel de iluminación en “f”:**

$$\tan \alpha = d/h = 10/8 = 1,25$$

$$\alpha = 51.3^\circ$$

A este punto le correspondería una curva de C = 135°, pero como no disponemos de esta hemos de interpolar la intensidad luminosa a partir de los valores de las curvas de C = 90° y C = 180° para un valor de alfa de 51.3°.

$$C = 90^\circ \quad I_{90} = 210 \text{ cd}/1000 \text{ lm}$$

$$C = 180^\circ \quad I_{180} = 180 \text{ cd}/1000 \text{ lm}$$

$$I_{135} = I_{90} + (I_{180} - I_{90}) \cdot \frac{135 - 90}{180 - 90} = 210 + (180 - 210) \cdot \frac{135 - 90}{180 - 90} = 195 \text{ cd}/1000 \text{ lm}$$

Aplicamos la fórmula para obtener  $I_{\text{real}}$

$$I = \frac{195 \text{ cd}}{1000 \text{ lm}} \cdot 15 \cdot 10^3 \text{ lm} = 2925 \text{ cd}$$

Finalmente

$$E = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{2925 \cos^3 51.3^\circ}{8^2} = 11,17 \text{ lx}$$



Como se puede ver, la mecánica de cálculo es siempre la misma y los resultados finales son:

Datos:  $h = 8 \text{ m}$ ;  $\Phi = 15000 \text{ lm}$

Punto	d (m)	tan $\alpha$	$\alpha$	C	Ir (cd/1000 lm)	I (lm)	E (lux)
a	0	0	0°	0°	90	1350	21.09
b	8	1	45°	90°	230	3450	19.06
c	4	0.5	26.6°	270°	90	1350	15.08
d	5	0.625	32°	180°	110	1650	15.72
e	14	1.75	60.3°	0°	210	3150	6.15
f	10	1.25	51.3°	45°	195	2925	11.17

## ILUMINACIÓN DE EXTERIORES

Para la iluminación de grandes terrenos, depósitos, instalaciones o playas de maniobras de fábricas, se utiliza la siguiente metodología:

- 1) mediante columnas uniformemente repartidas.
- 2) mediante disposiciones concentradas en puntos estratégicos seleccionados.

La última de las alternativas presenta ventajas en la instalación y en el mantenimiento, por lo que es la más utilizada para iluminación de playas ferroviarias.

## DISPOSICIÓN REPARTIDA (Fig. 10-6)

Cuando se ilumina estos lugares, generalmente no se necesita una importante reproducción de colores, por lo que se utilizan lámparas de vapor de sodio de baja o alta presión, de vapor de mercurio o vapor de mercurio halogenado.

Las luminarias son las que se utilizan generalmente en el alumbrado público y las alturas de montaje varían entre 8 a 12 m, estando separadas estas entre 3 a 5 veces la altura de montaje de las luminarias.

La siguiente tabla nos da una idea de los niveles de iluminación para distinta altura de montaje y separación entre columnas

(m)	lm	E <sub>max</sub> (lux)	(d) distancia entre columnas (m)		
			E <sub>min</sub> 1 (lux)	E <sub>min</sub> 2 (lux)	E <sub>min</sub> 3 (lux)
4	1500	18,9	18,4	15,2	13,4
6	3000	16,8	26,8	22,0	19,4
8	5000	15,7	29,8	24,0	22,8
10	8000	16,0	45,0	36,0	31,0

La relación entre  $E_{\min}/E_{\max}$  va a depender exclusivamente de la relación entre altura de montaje y separación de columnas .

Cuando se efectúa el proyecto, la altura de montaje de las luminarias va a estar restringida por condiciones de tránsito o por la parte económica.



Fig. 10-6

### **DISPOSICIÓN CONCENTRADA** (Fig. 10-7)

En este tipo de iluminación la elección de la lámpara a utilizar va a depender de la importancia calorimétrica, discriminación cromática, horas de uso, disponibilidad y costo de energía y costo de reposición de las lámparas.

Para la iluminación de espacios, se adopta generalmente una relación entre separación de columnas y altura de montaje de 3.

En la tabla siguiente se indican algunos valores experimentales correspondiente a los valores del flujo luminoso a instalar por  $m^2$  de superficie a iluminar.

DESTINO DEL ÁREA A ILUMINAR	$E_{med}$ [lux]	[lm/m <sup>2</sup> ] dimensiones del terreno l = 2 a
<b>terrenos en fábricas y depósitos:</b>		
tránsito importante	10 – 5	30 - 15
tránsito escaso	3 – 1	10 - 3
<b>muelles portuarios y esclusas, andenes:</b>		
tránsito importante	20 - 10	60 - 30
tránsito escaso	5 – 1	15 - 3
<b>playas de maniobras ferroviarias y desvío a taller</b>		
tránsito importante	5 – 2	15 - 5
tránsito escaso		5 - 3



Fig. 10-7

### CRITERIO DE APLICACIÓN

#### PARA ESPACIOS ABIERTOS EN FÁBRICAS, DEPÓSITO Y DESCARGA DE MERCADERÍAS:

Si el terreno está destinado al tránsito, debe preferirse una disposición repartida, dado de esta manera se reduce la posibilidad de deslumbramiento.

Si se trata de vigilancia o guardia, se emplean para grandes superficies torres o columnas elevadas con proyectores instalados en plataformas.

Si la altura de los edificios es adecuada, pueden emplazarse proyectores sobre los mismos.

## **PLAYA DE MANIOBRAS FERROVIARIAS**

Si la misma está destinada a la carga y descarga de mercadería, se prefiere una disposición repartida. Se utilizan alturas de montaje de 10 a 15 y una separación del orden de 3 a 5 veces los valores anteriores.

Si se trata de playas para maniobras, debe preverse una disposición concentrada. Se utilizan torres de entre 20 y 40 m de altura y su separación puede llegar hasta los 100 m.

## **UNIDAD 11 - ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA**

La iluminación de emergencia tiene la función de producir una iluminación que se haga efectiva en el instante y lugar necesario, cuando se produce un inconveniente en la instalación general de alumbrado artificial.

La "Ley nacional de higiene y seguridad en el trabajo" Decreto 351-79 dice:

"En todo establecimiento donde se realicen tareas en horarios nocturnos o que cuenten con lugares de trabajo que no reciben luz natural en horarios diurnos deberá instalarse un sistema de emergencia"

"Este sistema suministrara una iluminación no inferior a 40 lux a 0,80 m del nivel del suelo y se pondrá en servicio en el momento de corte de energía eléctrica, facilitando la evacuación del personal en caso necesario e iluminando los lugares de riesgo"

El código de edificación de la ciudad de BUENOS AIRES, establece que las luces de emergencia deberán ser alimentadas por fuentes independientes de la red de suministro de energía eléctrica asegurando un nivel de iluminación no inferior a 20 lux en el sitio mas desfavorable, medido a 0,80 m del piso.

Existiendo casos especiales como sala de cirugía en donde la iluminación de emergencia deberá asegurar niveles mínimos de 300 lux en el lugar específico donde se está realizando la operación.

En todos los caso la iluminación de emergencia deberá asegurar un mantenimiento de los niveles de iluminación durante un tiempo determinado, el cual generalmente no es inferior a 2 horas, que es el tiempo que se considera necesario para evacuar el edificio.

El alumbrado de emergencia deberá tener un retardo de encendido a partir del cese de la iluminación general que no deberá exceder de los 15 segundos, pero existen lugares que estos tiempos deberán ser de 0,5 segundos debido al alto riesgo del trabajo.

### **TIPOS DE ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA**

Podemos diferenciar tres tipo:

#### **1)- ALUMBRADO DE SEGURIDAD PARA VÍAS DE ESCAPE**

Este debe iluminar los caminos de salida durante el tiempo necesario, permitiendo la evacuación sin peligro del local o instalación.

La tarea visual de este alumbrado consiste en el reconocimiento seguro de los señalamiento de los caminos de salvataje (escaleras, letreros de peligro, etc.).

Al estar cortada la iluminación principal, la adaptación en este caso se deberá provocar por la iluminación del piso y de las paredes.

Las exigencias son:

- a)- La iluminación para el alumbrado de seguridad para vías de escape no debe ser menor a 11 lux siendo el plano de medición 0,2 m del piso.
- b)- El grado de uniformidad sobre la línea media de los caminos de salvataje será  $\geq 1/40$  ( $E_{MIN}/E_{MAX}$ )
- c)- Para evitar una influencia importante en la performance visual por efecto de deslumbramiento fisiológico, deben respetarse las intensidades luminosas límites indicadas en la siguiente tabla

ALTURA DE MONTAJE [m]	ILUMINACIÓN MÁXIMA [cd]
2,0	100
2,5	400
3,0	600
3,5	1600
4,0	2500
4,5	3500
5,0	5000

- d)- El tiempo de encendido del alumbrado de emergencia deberá ser como mínimo de 1 hora.
- e)- El tiempo de encendido del alumbrado de emergencia, una vez producido el corte no deberá ser mayor a los 15 seg.

## 2)- ALUMBRADO DE SEGURIDAD PARA PUESTOS DE TRABAJO CON PELIGRO ESPECIALES.

Debe permitir la terminación sin peligro de tareas indispensables y el abandono del lugar de trabajo.

## 3)- ALUMBRADO DE REEMPLAZO

Es una iluminación de emergencia, para la continuación del servicio durante un tiempo limitado, tomando a su cargo las funciones del alumbrado general artificial.

## EQUIPAMIENTO PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Este puede ser de dos tipos, CENTRALES o AUTÓNOMOS, cada uno de ellos pueden a su vez prestar las siguientes formas de servicio:

### 1) ILUMINACIÓN NO PERMANENTE

Las luminarias se encienden al producirse el corte de energía.

### 2) ILUMINACIÓN PERMANENTE

Las luminarias de emergencia están encendidas todo el tiempo.

#### **2-1-) PERMANENTE CON CONMUTACIÓN**

Las lámparas reciben energía de la fuente normal mientras está disponible, cuando falle esta la lámpara recibe alimentación del acumulador o batería.

#### **2-2-) PERMANENTE FLOTANTE**

La lámpara está conectada siempre a las baterías, la que a su vez recibe energía de la fuente normal, mediante un circuito de carga.

### **SISTEMAS CENTRALES**

Comprende una batería central constituida por acumuladores exentos de mantenimiento o baterías del tipo estacionario de electrolito alojadas en un gabinete adecuado para alimentar las luminarias en los distintos lugares del edificio.

El sistema posee sensores que permiten la conexión cuando se produce el corte de energía y su posterior desconexión al retornar esta, conectando a su vez las baterías a un cargador.

El sistema central puede funcionar tanto permanente como no permanente.

Este sistema se puede utilizar con lámparas incandescentes (15 a 40 W) o por tubos fluorescentes con balastos electrónico de arranque rápido. Siendo la tendencia de la tensión a utilizar mayor a la normal (48 a 110 V).

### **SISTEMAS AUTÓNOMOS**

En este caso cada luminaria contiene en su interior o adosada a ella el acumulador exento de mantenimiento, su propio cargador y detector.

Se los puede utilizar en servicio permanente como no permanente, y se utilizan tanto lámparas incandescentes como fluorescentes.

En general se utilizan los dos sistemas de iluminación por separado o en forma conjunta según las necesidades.

El sistema central generalmente necesita un cableado especial y un frecuente mantenimiento, pero su instalación es mas económica y sus acumuladores de mayor duración.

El sistema autónomo es más seguro ya que cada lugar donde está colocado tiene su propia alimentación y en caso de fallar alguno solo deja sin iluminación a ese sector.

## **BASES PARA EL PROYECTO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA**

El proyecto de alumbrado de escape depende especialmente de la configuración del edificio y de los usos y costumbre de la gente que lo frecuenta o trabaja en él. Si el establecimiento p parte de el es visitado por personas que no lo conocen, se debe prestar especial atención a la señalización y alumbrado de emergencia en esos sectores.

La secuencia de proyecto debe considerar:

### **1) PLAN DE EVACUACIÓN**

Sobre el plano del edificio se deben trazar las líneas centrales de todas las rutas de escape hasta llegar a la salida. Esta es la parte más delicada e importante en todo proyecto. En esta fase, se debe decidir por donde y en que secuencia se debe realizar la evacuación ante un siniestro.

Existen casos donde este plan debe ser realizado por especialistas, posteriormente se debe indicar sobre el plano las líneas de salida de los recintos u oficinas hacia la ruta de escape.

### **2) SEÑALIZACIÓN**

Luego de estudiado el plan de evacuación, se debe señalar la SALIDA o SALIDA DE EMERGENCIA de tal forma que quede bien claro para todas las personas cual es la ruta de escape.

En los lugares donde la señal debe ser visible a distancia o en recintos con alta densidad de público, se deben instalar señalizadores con su propia fuente de luz. Para completar esta señalización o guiar a las personas por pasillos, se pueden colocar placas con la leyenda correspondiente, iluminadas indirectamente por otra luminaria de emergencia; el concepto es colocar indicadores de salida bien visibles para orientar a las personas en los pasillos, entrada de escalera, puertas y desvíos hacia la ruta correcta.

### **3) ILUMINACIÓN**

Luego de la señalización se debe iluminar la zona central de la ruta de escape, con un nivel mínimo de 1 lux y una relación de uniformidad máxima de 40:1 a nivel de piso.

Para ello es necesario considerar primero, los lugares críticos:

a) Próxima a todas las intersecciones (Fig. 11-1)

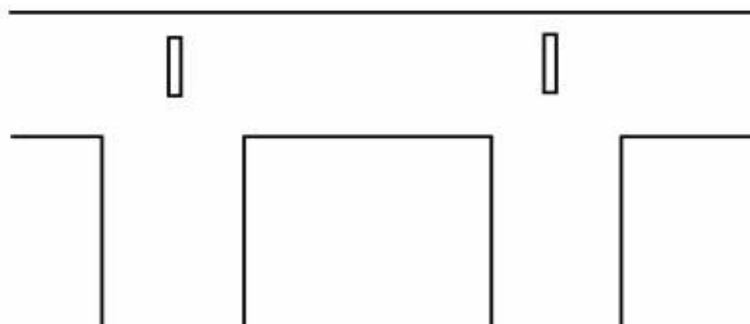


Fig. 11-1



b) Próximo a cualquier cambio del nivel del suelo (Fig. 11-2)

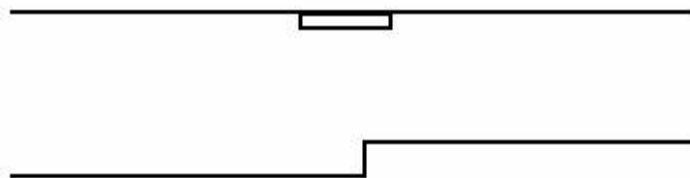


Fig. 11-2

c) Encima de las puertas de salida (Fig. 11-3)

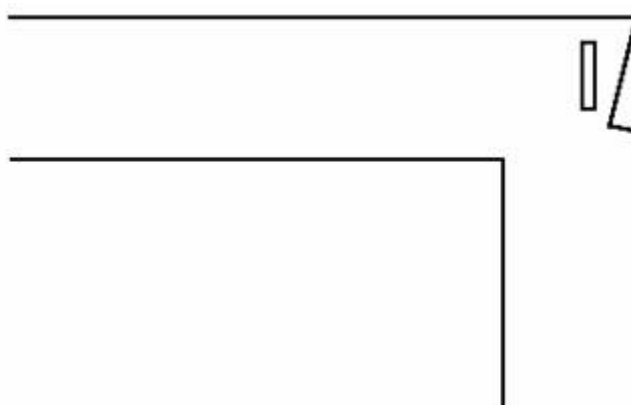


Fig. 11-3

d) En el exterior del edificio, junto a las salidas o próximo a las mismas (Fig. 11-4).

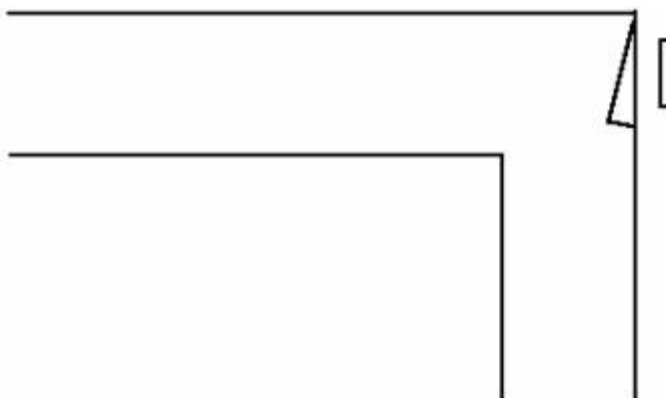


Fig. 11-4

e) Próximo a todos los cambios de dirección (Fig. 11-5).

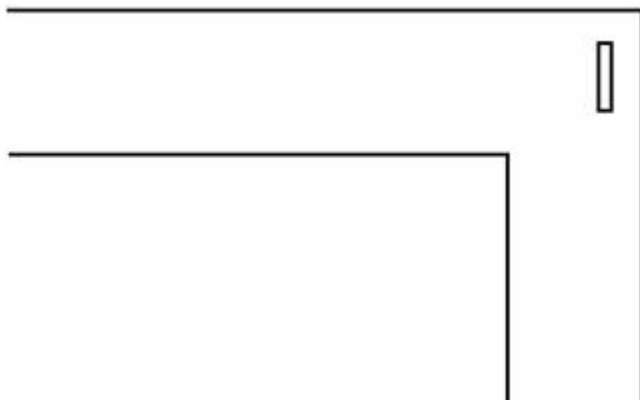


Fig. 11-5

f) Encima de las salidas de emergencia con la correspondiente señalización (Fig. 11-6).

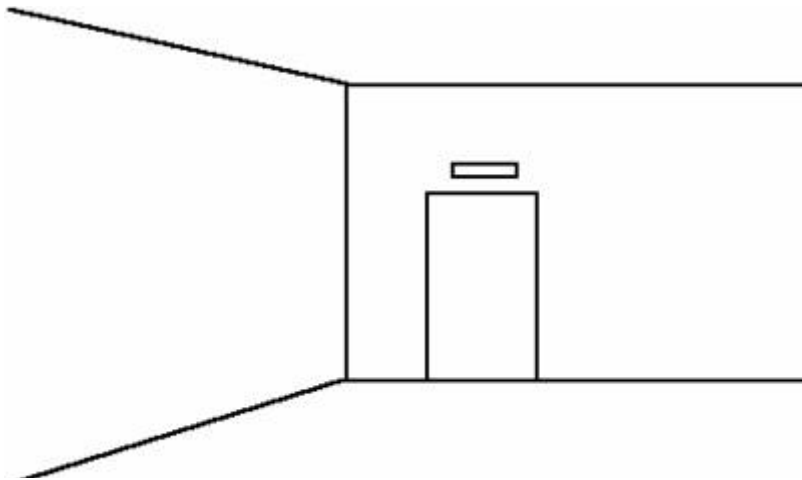


Fig. 11-6

g) En las escaleras (Fig. 11-7).

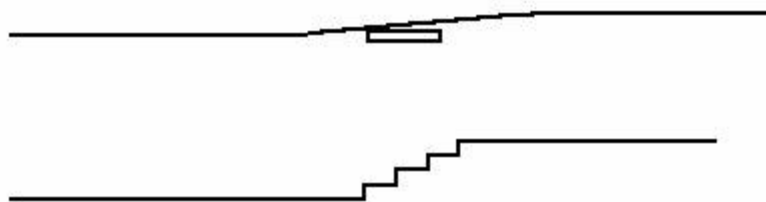


Fig. 11-7

h) Próximo a los puntos de comunicación de alarma contra incendios.

i) Próximo a los equipos de extinción de incendios.

En todos los casos se entiende “**próximo**” a una distancia inferior a **2 metros**.

### 3) ILUMINACIÓN DE AMBIENTE

Este alumbrado de escape debe facilitar la orientación de las personas desde los locales del establecimiento hacia los medios de escape.

Los recintos a los que tienen acceso el público, deben ser particularmente analizados para señalar e iluminar adecuadamente, teniendo en cuenta que las personas desconocen el lugar.

Los recintos cuyo factor ocupacional no es elevado (menor a 1 persona por cada 10 m<sup>2</sup>) y ocupado por personas que conocen el recinto pueden no tener iluminación de escape.

#### **4) EQUIPOS A UTILIZAR**

Los equipos pueden ser autónomos o no autónomos. Es importante aclarar que las baterías son el corazón del sistema por lo que se requiere especial atención en su elección.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Comité Español de Iluminación (CEI)
- Como planificar con luz - Rodiger Ganslandt – Harald Hofmann- ERCO Edicion
- Apuntes de Luminotecnia. - Universidad Tecnológica Nacional
- Manuales de Luminotecnia – PHILIPS – SIEMENS, etc.
- Luminotecnia e Iluminación – Vittorio Re – Serie “El instalador cualificado”
- PHILIPS- Catalogo general de lámparas y luminarias
- OSRAM - Catalogo general de lámparas y luminarias
- Manual de iluminación eficiente – ELI
- Normas IRAM – AADL
- Manual de luminotecnia – AADL
- Manual de luminotecnia OSRAM - J.A. Taboada
- Libro del Led - OSRAM
- Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores. - Javier García Fernández, Oriol Boix Aragonès
- Mirar las estrellas, cada vez más difícil - Revista Gavdeamvs año 1, N°.1, Secretaría de Extensión Universitaria y Medio Ambiente - U.N.T., Tucumán, 1996 - Kirschbaum C
- Reducción de la contaminación luminosa: Instituto Astrofísico de Canarias - Díaz Castro J. Luces CEI nº 1/93
- Bases para el proyecto de alumbrado de emergencia - INDUSTRIAS WAMCO S.A
- Soluciones eficientes para iluminación industrial – PHILIPS
- Soluciones eficientes en iluminación de oficinas – PHILIPS
- Iluminación de emergencia - INDUSTRIAS WAMCO S.A.

## **Jorge Andrés Caminos**

Ingeniero Electricista de la UTN- Fac. Reg. Santa Fe.

Director del Grupo de Estudios Sobre Energía de la UTN- Fac. Reg. Santa Fe.

Especialista en Vinculación Tecnológica.

Cursos de postgrado "Gestión de la Energía Térmica", curso realizado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Ingenieros de Telecomunicación de la ciudad de Bilbao (España)

Docente-Investigador categoría II del Programa de Incentivos

Profesor Titular Ordinario en las cátedras Instrumentos y Mediciones Eléctricas y Gestión y Diagnósticos Energéticos de la UTN Fac. Reg. Santa Fe.

Docente de la carrera de Especialización en Higiene y Seguridad en el Trabajo en la Facultad Regional Santa Fe y Facultad Regional Resistencia de la UTN.

Docente del Curso de Posgrado "Intervención y Gestión de la Ciudad", organizado por la Universitat Oberta De Catalunya (Instituto Internacional De Postgrado), la Universidad Nacional del Nordeste – Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Docente de la Maestría en Gestión de la Energía carrera organizada por Universidad Nacional de Lanús (UNLa) y la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

Par evaluador del Sistema de Acreditación Regional de Carreras Universitarias de los Estados Partes del MERCOSUR y Estados Asociados - Sistema ARCU-SUR, Par Evaluador del Modelo Nacional de Acreditación para la Agencia Nacional de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior del Paraguay y Par Evaluador de la Comisión Nacional De Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU).

---