

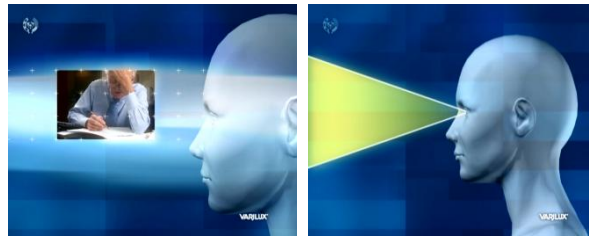
**CAPÍTULO I**  
**FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

## 1.1 SISTEMA VISUAL HUMANO

Vemos porque nuestros ojos reciben la luz que reflejan los objetos que nos rodean.

FIGURA 1.1

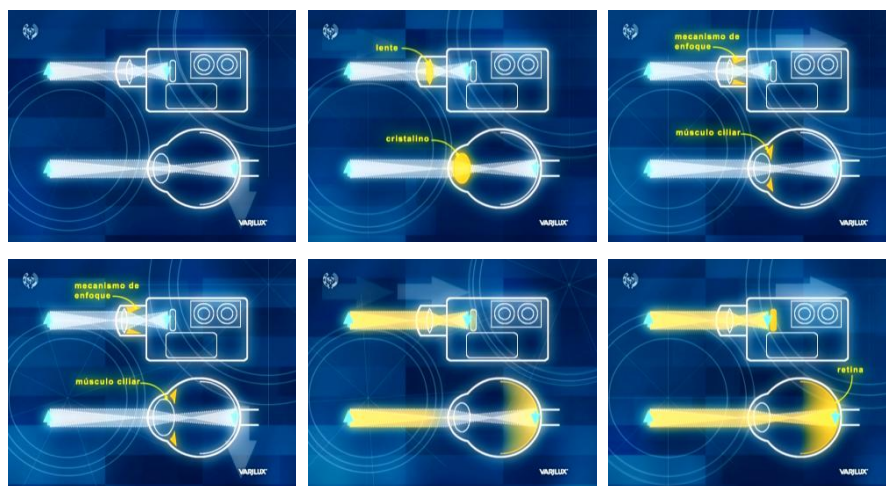
LUZ REFLEJADA DE LOS OBJETOS QUE NOS RODEAN



Nuestros ojos actúan como una cámara de video, para conseguir un buen enfoque y la captación del movimiento, los ojos cuentan con especial sistema de acomodación formado por una minúscula lente llamada cristalino, y por el musculo ciliar que es el encargado de modificar la forma de esta lente natural hasta conseguir que la imagen quede perfectamente enfocada en una estructura muy sensible a la luz, la retina.

FIGURA 1.2

ANALOGÍA DEL OJO HUMANO CON UNA CÁMARA DE VIDEO

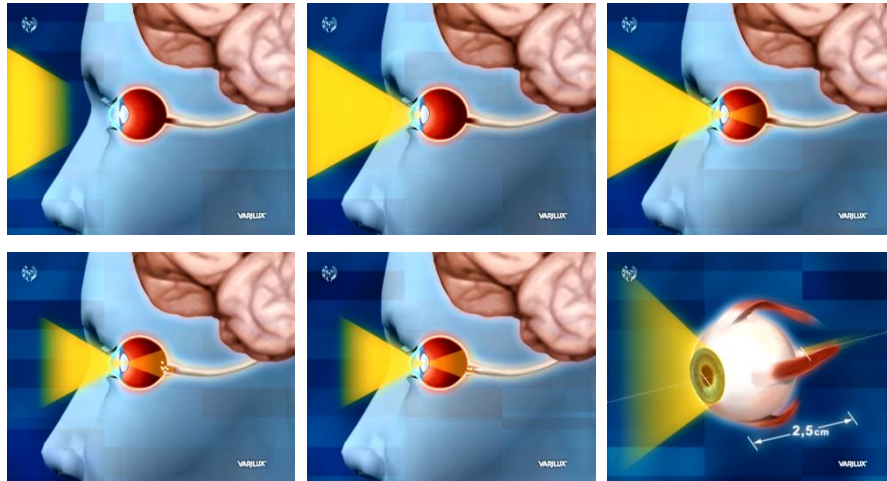


En el momento en que la imagen esta correctamente enfocada, y al igual que haría el conjunto de cables y circuitos electrónicos de una cámara de video, la retina se

encarga de hacerla llegar al cerebro a través del nervio óptico, de manera que se obtenga una imagen clara y precisa. La luz atraviesa todas las estructuras del ojo en un recorrido de apenas 2,5 centímetros.

FIGURA 1.3

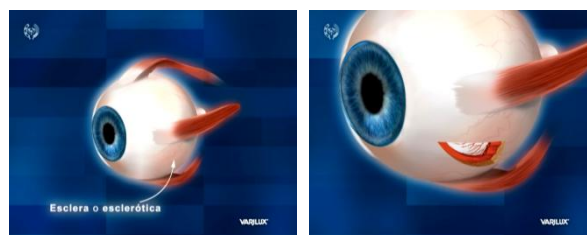
ENFOQUE DE IMAGEN Y ENVÍO AL CEREBRO



La esclera o esclerótica es la parte blanca del globo ocular, está formada por un material muy resistente que cubre la mayor parte del ojo para protegerlo, contiene una gran cantidad de finos vasos sanguíneos que llevan la sangre hasta el ojo.

FIGURA 1.4

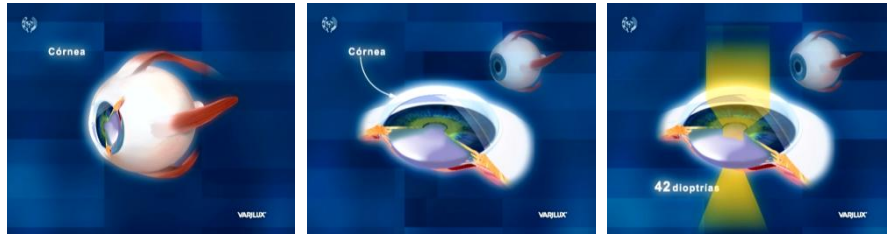
ESCLERÓTICA



La cornea es una membrana resistente y transparente que se encuentra en la superficie ocular, su capacidad para hacer converger la luz es mayor que la de cualquier otra estructura o medio óptico ocular, alrededor de 42 dioptrías.

FIGURA 1.5

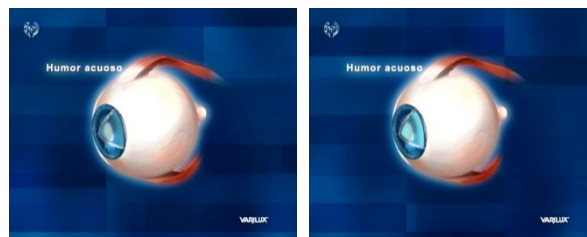
CORNEA



El humor acuoso es un líquido transparente que separa la cornea del cristalino y contribuye a mantener una presión intraocular normal.

FIGURA 1.6

HUMOR ACUOSO



Suspendido entre la cornea y el cristalino se encuentra el iris, es una estructura pigmentada con una abertura circular en el centro denominada pupila, el diámetro de la pupila depende de un músculo que rodea los bordes del iris y controla la cantidad de luz que pasa a través de ella al contraerse o relajarse.

FIGURA 1.7

PUPILA



El cristalino es una lente natural parecida a una pequeña lenteja, su misión es enfocar las imágenes correctamente en el fondo del ojo, en la retina. Cambia de tamaño según la distancia a la que se encuentre el objeto que observemos.

FIGURA 1.8

CRISTALINO



El Humor Vítreo transparente y gelatinoso permite que el ojo se mantenga firme y elástico a un tiempo.

FIGURA 1.9

HUMOR VÍTRIO



La retina considerada como una prolongación del cerebro, es una lamina compuesta por millones de células nerviosas. Las células receptoras sensibles a la luz se encuentran en su superficie exterior y se denominan según su forma y función en conos y bastones.

FIGURA 1.10 RETINA: BASTONES Y CONOS



Finalmente la luz llega hasta el nervio óptico, con aproximadamente 4 centímetros de longitud es capaz de convertir la luz en impulsos nerviosos, trabaja en coordinación con el cerebro, los impulsos eléctricos provienen de los 100 millones de bastones que reconocen el color negro y sus matices y de los 3 millones de conos que reconocen el resto de los colores.

FIGURA 1.11

### CONVERSIÓN DE LUZ EN IMPULSOS NERVIOSOS



La agudeza visual en visión nocturna se reduce un 70% y el sentido de la profundidad es siete veces menos eficaz que durante el día.

## 1.2 MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS Y TERMINOLOGÍA

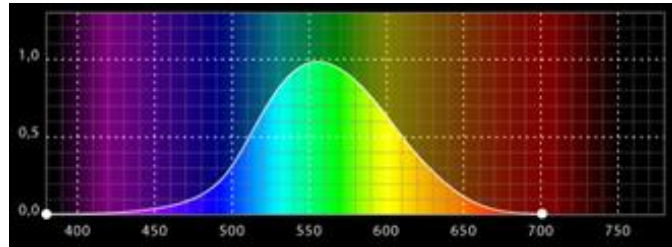
### 1.2.1 La Fotometría

Ciencia que se encarga de la medida de la luz como el brillo percibido por el ojo humano. Es decir, estudia la capacidad que tiene la radiación electromagnética de estimular el sistema visual. El ojo humano no tiene la misma sensibilidad para todas las longitudes de onda que forman el espectro visible. La Fotometría introduce este hecho ponderando las diferentes magnitudes radiométricas medidas para cada longitud de onda por un factor que representa la sensibilidad del ojo para esa longitud. La visión fotópica es la visión que tiene lugar con buenas

condiciones de iluminación (a plena luz del día), esta visión posibilita la correcta interpretación del color por el ojo.

FIGURA 1.12

CURVA ESPECTRAL DE EFICIENCIA LUMINOSA PARA VISIÓN FOTÓPICA  $v_\lambda$



## 1.2.2 Cantidad de Luz

La cantidad de luz o energía luminosa sólo tiene importancia para conocer el flujo luminoso que es capaz de dar un flash fotográfico o para comparar diferentes lámparas según la luz que emiten durante un cierto periodo de tiempo.

Su símbolo es **Q** y su unidad es el lumen por segundo ( $\text{lm}\cdot\text{s}$ ).

Si se denota por **F** el flujo luminoso y éste se mantiene constante en un periodo de tiempo dado, **t**, entonces se tiene que:

$$Q = F * t$$

## 1.2.3 Flujo Luminoso

Es cantidad de luz radiada o emitida por una fuente en todas las direcciones durante un segundo. Su símbolo es  $\Phi$ , su unidad de medida el Lumen y se define a partir de la unidad básica del SI, la candela (cd), como:

$$1 \text{ lumen} = 1 \text{ cd} * \text{ estereorradián}$$

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$

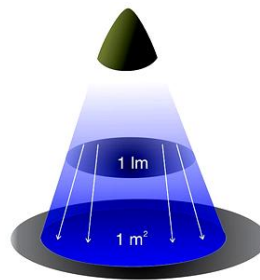
### 1.1.4 Iluminación

En nivel de iluminación o iluminancia se define como el flujo luminoso incidente por unidad de superficie. Su símbolo es **E** y su unidad de medida en el S.I es el lux: 1 lux = 1 Lumen/m<sup>2</sup>.

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

FIGURA 1.13

FLUJO LUMINOSO



### 1.2.5 Intensidad Luminosa

La intensidad luminosa se define como la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo sólido. Su símbolo es **I** y unidad de medida en el SI es la Candela (cd).

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

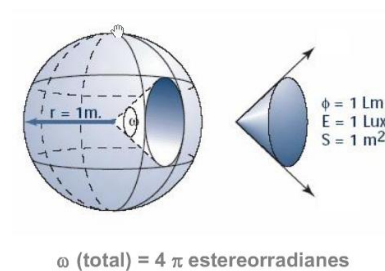
### 1.2.5.1 Ángulo Sólido

Espacio limitado de una esfera de radio unida, formado por una zona de superficie de  $1\text{m}^2$  y los radios que van a su perímetro. Su unidad es el Estereorradián.

$$\omega = \frac{S}{r^2}$$

FIGURA 1.14

#### ÁNGULO SOLIDO



### 1.2.6 Luminancia

Luminancia es la intensidad luminosa por unidad de superficie perpendicular a la dirección de la luz. Su símbolo es **L** suele expresarse indistintamente en candelas/cm<sup>2</sup> o en candelas/m<sup>2</sup>

$$L = \frac{I}{S}$$

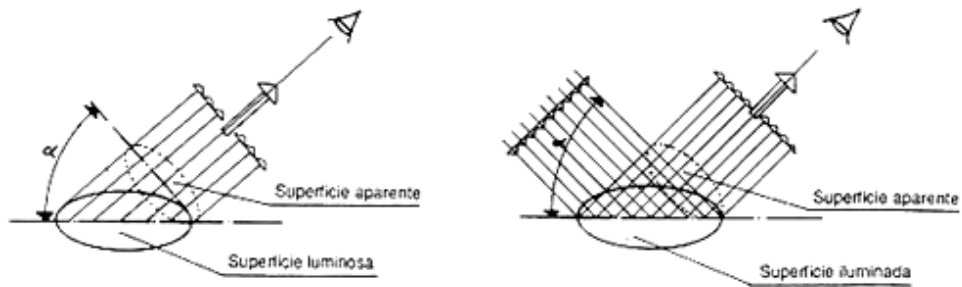
Cuando la superficie considerada  $S$  (luminosa) no es perpendicular a la dirección de la luz, habrá que considerar la superficie real  $S$  (aparente), que resulta de proyectar  $S$  (luminosa) sobre dicha perpendicular.

$$S \text{ (Aparente)} = S \text{ (Iluminada)} \cos \alpha$$

$$L = \frac{I}{S \text{ aparente}} = \frac{I}{S \text{ iluminada} \cos \alpha}$$

FIGURA 1.15

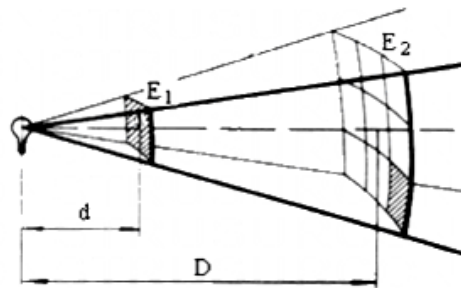
SUPERFICIE APARENTE E ILUMINADA



Con ayuda de la figura y algunas de las fórmulas anteriormente expuestas, podemos llegar a interesantes conclusiones que se las demuestra a continuación y que son muy utilizadas en los cálculos.

FIGURA 1.16

PIRÁMIDE DE BASE CUADRANGULAR



Siendo:

$$\Phi = E S \quad ; \quad \omega = \frac{S}{r^2}$$

Tendremos que

$$I = \frac{\Phi}{\omega} = \frac{E S}{\omega} = E r^2$$

Si tenemos en cuenta que los flujos luminosos y las intensidades luminosas son iguales en ambas superficies, tendremos que:

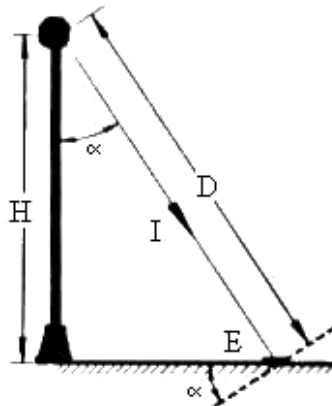
$$I = E_1 d^2 \quad ; \quad I = E_2 D^2$$

De donde

$$E_1 d^2 = E_2 D^2 \quad ; \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{D^2}{d^2}$$

Cuando la superficie iluminada no es perpendicular a la dirección del rayo luminoso, la iluminancia o nivel de iluminación, viene modificado por el coseno del ángulo de incidencia, que es el ángulo formado por la dirección del rayo incidente y la normal a la superficie en el punto considerado.

FIGURA 1.17



Así tendremos que:

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

Suponiendo que el punto de luz se encuentra a una altura H, sobre la horizontal,

$$\cos \alpha = \frac{H}{D} \quad ; \quad D = \frac{H}{\cos \alpha}$$

Y por tanto

$$E = \frac{I \cos^3 \alpha}{H^2}$$

### 1.2.7 Eficiencia Luminosa o Rendimiento Luminoso

El rendimiento luminoso es el cociente entre el flujo luminoso que emite la fuente luminosa y el flujo que emitiría si toda su potencia se transformase en emisión luminosa de 555 nm. En la práctica se define el rendimiento luminoso como el cociente entre el flujo luminoso emitido por la fuente de luz y la potencia eléctrica de dicha fuente.

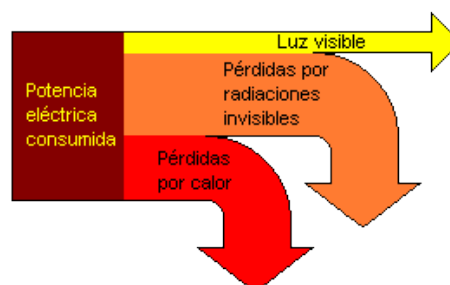
Unidad: lm/W.

$$\eta = \frac{\Phi}{W}$$

Desde el punto de vista de aprovechamiento energético, una lámpara será tanto más eficiente cuanto mayor cantidad de lúmenes produzca por cada vatio eléctrico; en este aspecto debe tenerse siempre en cuenta que muchas lámparas requieren equipos auxiliares que han de valorarse a la hora de calcular el rendimiento luminoso, debiéndose considerar los lm/W producidos incluyendo el consumo de los equipos auxiliares..

FIGURA 1.18

APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO ILUSTRADO DE UNA LÁMPARA





### 1.2.8 Factor de Uniformidad Media

El Factor de Uniformidad Media es un factor que relaciona la Iluminancia Mínima ( $E_{min}$ ) con la Iluminancia Media ( $E_{med}$ ). En tanto por ciento (%)

$$U_m = \frac{E_{min}}{E_{med}}$$

Para conseguir un buen valor del Factor de Uniformidad Media, evitando un alto riesgo de deslumbramiento, las luminarias deben distribuirse manteniendo siempre una determinada altura ( $h$ ) sobre el Plano de Trabajo y la pertinente distancia ( $d$ ) entre luminarias. En el alumbrado de vías urbanas la uniformidad longitudinal debe ser siempre superior a 0.5 para soluciones sencillas y menor de 0.7 para situaciones complejas.

### 1.2.9 Factor de Uniformidad Extrema

Relación que existe entre la iluminación mínima ( $E_{min}$ ) y máxima ( $E_{max}$ ), de una instalación de alumbrado.

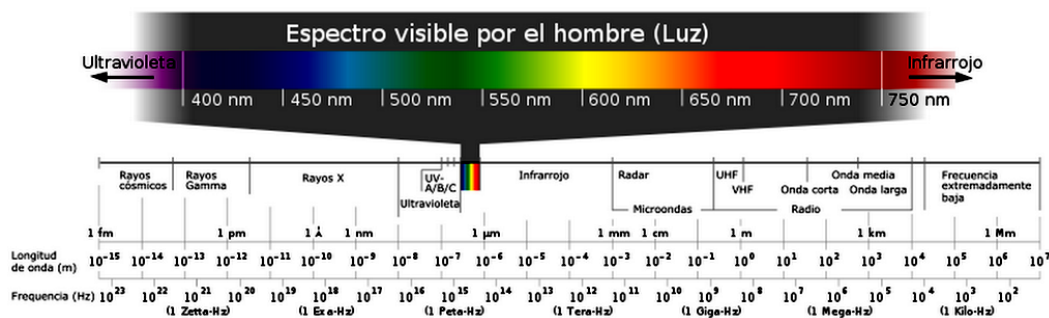
$$U_{ex} = \frac{E_{min}}{E_{max}}$$

### 1.2.10 Color

El color es una sensación que es percibida por los órganos visuales; está producida por los rayos luminosos y depende de su longitud de onda y de las características del órgano receptor. Es un fenómeno físico- químico asociado a las infinitas combinaciones de la luz, relacionado con las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético, que perciben las personas y animales a través de los órganos de la visión, como una sensación que nos permite diferenciar

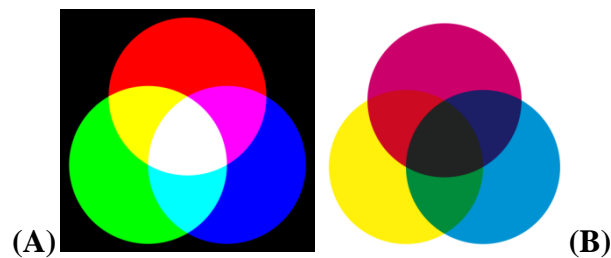
los objetos con mayor precisión. Todo cuerpo iluminado absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes. Las ondas reflejadas son captadas por el ojo e interpretadas como colores según las longitudes de ondas correspondientes. El ojo humano sólo percibe el color cuando la iluminación es abundante. Con poca luz vemos en blanco y negro.

FIGURA 1.19  
ESPECTRO VISIBLE



El color blanco resulta de la superposición de todos los colores, mientras que el negro es la ausencia de color.

FIGURA 1.20  
MEZCLA ADITIVA (A) Y SUSTRACTIVA (B) DE COLORES PRIMARIOS



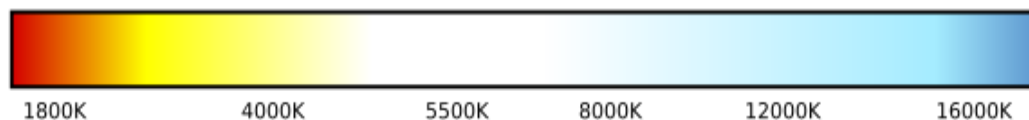
### 1.2.11 Temperatura de Color

La Temperatura de color de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un Cuerpo Negro calentado a una temperatura determinada. Por este motivo esta temperatura de

color generalmente se expresa en kelvin, a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura.

Generalmente no es perceptible a simple vista, sino mediante la comparación directa entre dos luces como podría ser la observación de una hoja de papel normal bajo una luz de tungsteno (lámpara incandescente) y a otra bajo la de un tubo fluorescente (luz de día) simultáneamente. Se denominan fuentes lumínicas cálidas a aquellas que, debido a su temperatura de color, tienen tonos cercanos al rojo, y frías las que tienen tonos próximos al azul. Curiosamente, físicamente hay que proporcionar más temperatura para conseguir que un cuerpo irradie en azul que en rojo, por lo que el atributo cálido/frío hace referencia a la sensación subjetiva que nos producen esos colores, no a la cantidad de energía que habría que proporcionar para obtener la radiación.

FIGURA 1.21  
TEMPERATURA DE COLOR



Cuando se dice que una fuente luminosa tiene una determinada temperatura de color, 5000K por ejemplo, quiere significarse que habría que calentar un cuerpo negro a esta temperatura para que emitiera radiación luminosa del mismo color que la fuente en cuestión.

La temperatura de color nos mide "lo blanca que resulta la luz" y se mide en kelvin. Las luces más "amarillentas" tienen una  $T_c$  de color más reducida ( $<3000$  K), mientras que las más "azuladas" tienen mayor  $T^a$  ( $>6000$  K).

TABLA 1.1

TEMPERATURA DE COLOR

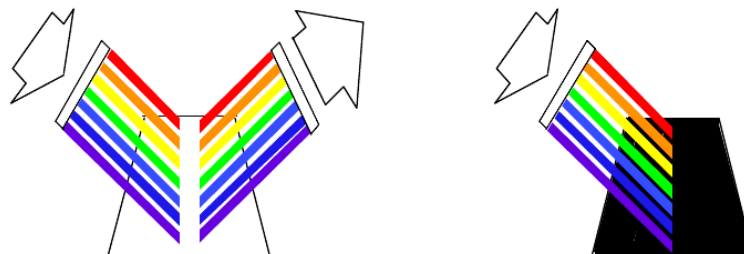
Blanco Cálido	$T_c < 3300 \text{ °K}$
Blanco Neutro	$3300 > T_c < 5300 \text{ °K}$
Blanco Frio	$T_c > 5300$

### 1.1.12 Rendimiento de Color

Se dice que un objeto es rojo porque refleja las radiaciones luminosas rojas y absorbe todos los demás colores del espectro. Esto es válido si la fuente luminosa produce la suficiente cantidad de radiaciones en la zona roja del espectro visible. Por lo tanto, para que una fuente de luz sea considerada como de buen rendimiento de color, debe emitir todos los colores del espectro visible. Si falta uno de ellos, este no podrá ser reflejado.

FIGURA 1.22

REFLEJO DE RADIACIONES LUMINOSAS





Las propiedades de una fuente de luz, a los efectos de la reproducción de los colores, se valorizan mediante el “Índice de Reproducción Cromática” (IRC) ó CRI (“Color Rendering Index”). Este factor se determina comparando el aspecto cromático que presentan los objetos iluminados por una fuente dada con el que presentan iluminados por una “luz de referencia”.

TABLA 1.2

ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA

I.R.C. en %	RENDIMIENTO
> 90	Excelente
90-80	Muy bueno
80-60	Bueno
< 60	Pobre

Las lámparas con índice de color menor de 80 no deberán ser usadas en interiores en los que las personas trabajen o permanezcan durante largos periodos.

### 1.2.13 Deslumbramiento

Condición visual que produce molestia, interferencia en la eficiencia visual y/o fatiga visual, debido a la gran luminosidad de una porción del campo de visión (lámparas, luminarias, ventanas u otras superficies que son mucho más luminosas que el resto del campo visual).

El deslumbramiento directo (Molesto) depende de luminancias altas en el campo de visión, es inadmisibles en iluminación.



El deslumbramiento indirecto (Perturbador) depende de reflexiones de luminancias altas. Los contrastes pronunciados en el campo de visión también pueden causar deslumbramiento (por ejemplo.- reflexiones en una pantalla o pizarra), es controlable por diseño.

### **1.2.14 Índice de Deslumbramiento Unificado**

El UGR es un índice unificado internacional, desarrollado por la CIE, para establecer el deslumbramiento directo en cada específica aplicación, en función de la disposición de las luminarias, de las características del ambiente (dimensiones, reflexiones) y del punto de observación de los operadores.

Los valores UGR están comprendidos entre 10 Y 30, siendo mayor el deslumbramiento cuanto más alto sea el valor.

Se emplean programas informáticos para calcular el valor UGR.

## **1.3 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS.**

TABLA 1.3

CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS



	INCANDESCENTE	HALÓGENAS
<b>FUNCIONAMIENTO</b>	Calentamiento eléctrico de filamento enrollado en forma de espiral a alta temperatura.	Poseen un componente halógeno en el seno de la lámpara y funciona como la incandescente, pero a una mayor temperatura normalmente a 600 C.
<b>APLICACIONES HABITUALES</b>	Ámbito domestico, decorativa, vehículos, miniatura, uso industrial.	Proyectores de exterior, interior decorativo
<b>PARTES</b>	Filamento(wolframio) Ampolla (vidrio sellado) Gas de relleno Casquillo	Similar a las incandescentes, con ampollas pequeñas de cuarzo
<b>GAS DE RELLENO</b>	Argón y nitrógeno	Gases halógenos: flúor, cloro, bromo y el yodo
<b>POSICIONAMIENTO</b>	No presenta ningún problema especial	Cualquier posición
<b>EQUIPO AUXILIAR</b>	No precisa de equipo auxiliar	. Tensión de red: No . Tensión inferior: Requieren de un transformador
<b>EFICIENCIA (lm/w)</b>	6 a 22	10 y 29
<b>DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL</b>	Blanco cálido Continuo mayor en rojos	Blanco cálido
<b>Ra</b>	100	100
<b>TEMPERATURA DE COLOR (° k)</b>	2.700, y en tipos especiales entre 2.600 y 3.4000	Alrededor de 3.000
<b>TIEMPO DE ENCENDIDO</b>	Instantáneo	Instantáneo
<b>TIEMPO DE REENCENDIDO</b>	Instantáneo	Instantáneo
<b>VIDA MEDIA (h)</b>	1.000	2.000
<b>VIDA ORIENTATIVA</b>	Igual a la media	Igual a la media
<b>DEPRECIACIÓN DE FLUJO (%)</b>	20	



	<b>FLUORESCENTES TUBULARES</b>	<b>FLUORESCENTES COMPACTAS</b>
<b>FUNCIONAMIENTO</b>	Descarga eléctrica en vapor de mercurio a baja presión, en los que la luz se genera por el fenómeno de fluorescencia	El mismo que el de las lámparas lineales, con la temperatura de funcionamiento al interior de la lámpara mayor.
<b>APLICACIONES HABITUALES</b>	Oficinas, industrias comercios y dependencias públicas.	Hogar, decorativo, puntual, alumbrado de seguridad
<b>PARTES</b>	Tubo de descarga Polvos fluorescentes Electrodos Gas de relleno	En las lámparas integradas forman un único conjunto el tubo fluorescente, cebador y balasto.
<b>GAS DE RELLENO</b>	Consiste en una mezcla de gas noble y vapor de mercurio saturado	Gas noble y vapor de mercurio.
<b>POSICIONAMIENTO</b>	Universal	Universal
<b>EQUIPO AUXILIAR</b>	Reactancia inductiva, cebador, condensador compensador del factor de potencia, balasto electrónico	Balasto que puede o no estar integrado en la lámpara.
<b>EFICIENCIA (lm/w)</b>	40 a 104	90
<b>DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL</b>	Blanca	Blanca
<b>Ra</b>	Entre 50 y 98	Entre 50 y 98
<b>TEMPERATURA DE COLOR (° k)</b>	2.700 y 6.500	2.700 y 6.500
<b>TIEMPO DE ENCENDIDO</b>	Reactancias convencionales breves segundos con parpadeos notables, con balastos electrónicos es instantáneo.	Breves instantes
<b>TIEMPO DE REENCENDIDO</b>	Igual al tiempo de encendido	Breves instantes
<b>VIDA MEDIA (h)</b>	10.000	Equipo auxiliar convencional 8.000 y equipo electrónico 15.000
<b>VIDA ORIENTATIVA</b>	5.000 y 7.500	Equipo auxiliar convencional 6.000 y equipo electrónico 9.000
<b>DEPRECIACIÓN DE FLUJO (%)</b>	25	



	<b>FLUORESCENTES SIN ELECTRODOS</b>	<b>VAPOR DE MERCURIO A P</b>
<b>FUNCIONAMIENTO</b>	Inducción electromagnética ejercida por una bobina atravesada por una corriente alterna sobre una atmosfera de gas y metal vaporizado.	Descarga eléctrica a través de vapor de mercurio a alta presión
<b>APLICACIONES HABITUALES</b>	Donde el confort visual es vital	Áreas relativamente extensas (calles , naves industriales)
<b>PARTES</b>	Generador de alta frecuencia Acoplador de potencia Cámara de descarga	Tubo de descarga, electrodos principal y auxiliar, resistencia de arranque, ampolla exterior, recubrimiento
<b>GAS DE RELLENO</b>	Gas inerte a baja presión y una pequeña cantidad de metal vaporizado.	Gas inerte y mercurio
<b>POSICIONAMIENTO</b>	cualquiera	Universal
<b>EQUIPO AUXILIAR</b>	Generador a alta frecuencia	Balasto mas condensador compensador de factor de potencia
<b>EFICIENCIA (lm/w)</b>	Ampolla esférica 64 a 70, ampolla tubular rectangular 80	50
<b>DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL</b>	Blanca	Tonalidad blanco y blanco cálido
<b>Ra</b>	80	Entre 48 y 50 según tipo
<b>TEMPERATURA DE COLOR (° k)</b>	Opcional: 2.700, 3.000 ó 4.000	3.000, 3.100, 3.5000 y 4.000 según tipo
<b>TIEMPO DE ENCENDIDO</b>	Inmediato	Según potencia entre 4 y cinco minutos
<b>TIEMPO DE REENCENDIDO</b>	Inmediato	aprox. 7 min. enfriamiento
<b>VIDA MEDIA (h)</b>	60.000	24.000
<b>VIDA ORIENTATIVA</b>	Igual a la vida media	16.000
<b>DEPRECIACIÓN DE FLUJO (%)</b>	Escasa	35



	<b>LUZ MEZCLA</b>	<b>HALOGENUROS METÁLICOS</b>
<b>FUNCIONAMIENTO</b>	Relacionado con la lámpara de incandescencia y la de vapor de mercurio, es una combinación de ambas	Radiación emitida por el arco de descarga en un ambiente de mercurio
<b>APLICACIONES HABITUALES</b>	Uso industrial público, irradiación de plantas	Vial , irradiación de plantas, cine y televisión
<b>PARTES</b>	Tubo de descarga, Electrodo principales, Electrodo auxiliar, Filamento	Parecida en un alto grado a las de mercurio a A.P., desapareciendo el recubrimiento de ampolla en casi todos los modelos
<b>GAS DE RELLENO</b>	Argón pero agregándole un porcentaje de nitrógeno	Mezcla de gases inertes (neón, argón o kriptón), una dosis de mercurio y los haluros apropiados (disprosio. Holmio, tulio) de acuerdo con tipo lámpara
<b>POSICIONAMIENTO</b>	Desviación máx. 30° para 160 w y 45° para 250 y 500w , con respecto la vertical	Según modelo
<b>EQUIPO AUXILIAR</b>	No necesita	Balasto, ignitor y condensador de compensación o electrónico según modelo
<b>EFICIENCIA (lm/w)</b>	19 y 28, potencias de 160 y 500w respectivamente	Entre 70 y 120 según potencia y composición de halogenuros
<b>DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL</b>	Blanco	Blanco neutral y blanco cálido
<b>Ra</b>	68	De 69 a 100
<b>TEMPERATURA DE COLOR (° k)</b>	3.600 a 4.100	3.000 a 6.100
<b>TIEMPO DE ENCENDIDO</b>	Inmediato	3 minutos
<b>TIEMPO DE REENCENDIDO</b>	Entre 3 y 8 minutos	4 y 15 minutos
<b>VIDA MEDIA (h)</b>	9.000	2.000 y 15.000 según potencia y composición de halogenuros
<b>VIDA ORIENTATIVA</b>	6.000	1.000 y 10.000



	VAPOR DE SODIO B. P.	VAPOR DE SODIO A. P.
<b>FUNCIONAMIENTO</b>	Similar al de las lámparas de mercurio a alta y baja presión	Al aumentar la presión se obtiene otras longitudes de onda a el ensanchamiento de la banda monocromática de la lámpara de B. P.
<b>APLICACIONES HABITUALES</b>	Autopistas, áreas industriales y túneles	Industriales, comercio, jardines, paseos...
<b>PARTES</b>	Tubo de descarga y soportes, Electrodo, Ampolla externa	Tubo de descarga, Electrodo, Gas de relleno, Ampolla externa
<b>GAS DE RELLENO</b>	Vapor de sodio, en el tubo de descarga consiste en sodio metálico de alta pureza en una mezcla de neón y argón.	Sodio, mercurio y un gas noble (xenón, o argón)
<b>POSICIONAMIENTO</b>	Vertical hacia abajo con desviación +- 110° en las de menor potencia y las de mayor potencia solo en horizontal +- 20°	Universal
<b>EQUIPO AUXILIAR</b>	Balasto convencional o balasto híbrido optimizado	Balasto, ignitor y condensador de compensación o electrónico según modelo
<b>EFICIENCIA (lm/w)</b>	Balasto tradicional 173, balasto híbrido optimizado 200	De 70 a 150 según tipo de lámpara
<b>DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL</b>	Amarillo anaranjado	Amarillo dorado, blanco-amarillo, blanco cálido
<b>Ra</b>	0	23, 60, 80 según tipo
<b>TEMPERATURA DE COLOR (° k)</b>	No se aplica	2.000, 2.200, 2.500 según tipo
<b>TIEMPO DE ENCENDIDO</b>	7 a 12 minutos	4 a 6 min. Y 2 min. con equipo electrónico
<b>TIEMPO DE REENCENDIDO</b>	Inmediato para las de 18w, 3 a 7 minutos para el resto	5 y 15 min. y 1 min con equipo electrónico
<b>VIDA MEDIA (h)</b>	22.000	20.000
<b>VIDA ORIENTATIVA</b>	12.000	15.000 y 5.000
<b>DEPRECIACIÓN DE FLUJO (%)</b>	20	40



	<b>LED</b>	<b>LÁMPARAS DE INDUCCIÓN</b>
<b>FUNCIONAMIENTO</b>	Semiconductor unido a dos terminales recubierto de una resina epoxi transparente. Cuando la corriente circula por el LED se produce un efecto llamado electroluminiscencia.	Basada en el principio de descarga de gas a baja presión, prescinde de la necesidad de los electrodos de originar la ionización
<b>APLICACIONES HABITUALES</b>	Señalización vial	Publico exterior, alumbrado industrial
<b>PARTES</b>	Encapsulado epoxi Cubeta reflectores Ánodo Cátodo	
<b>GAS DE RELLENO</b>	No tiene relleno es de composición solida.	Gas a baja presión
<b>POSICIONAMIENTO</b>	Cualquier posición	
<b>EQUIPO AUXILIAR</b>	Resistencia en serie que ajusta el valor de la corriente de funcionamiento	No requiere
<b>EFICIENCIA (lm/w)</b>	150	65 a 81
<b>DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL</b>	blanco cálido, blanco neutro y blanco de luz diurna	Diferentes blancos
<b>Ra</b>	90 o mas	80
<b>TEMPERATURA DE COLOR (° k)</b>	desde 2500K hasta 8000K	2700 - 4000
<b>TIEMPO DE ENCENDIDO</b>	Inmediato	Instantáneo
<b>TIEMPO DE REENCENDIDO</b>	Inmediato	
<b>VIDA MEDIA (h)</b>	50.000	60.000



## 1.4 EQUIPOS AUXILIARES

Constituyen elementos de carácter indispensable para el funcionamiento seguro y estable de gran mayoría de las familias de las lámparas, excepto de las lámparas incandescentes, luz mezcla y algunas alógenas todas precisan de equipos auxiliares para su funcionamiento, pues su simple conexión a la red eléctrica, no conseguiría iniciar su funcionamiento o a su vez de hacerlo generaría un crecimiento continuo de la intensidad que constituiría su auto destrucción

### 1.4.1 Cebador

También llamado arrancador o ignitor es un dispositivo de encendido, habitualmente para lámparas fluorescentes, que asegura el precalentamiento de electrodos y que produce, con la impedancia en serie del balasto, una onda de sobretensión en los bornes de la lámpara. Los parámetros fundamentales son su tensión de choque y la amplitud del impulso suministrado.

### 1.4.2 Balasto

Elemento intercalado entre la alimentación y una o varias lámparas de descarga que, por inductancia, capacidad o resistencia, separadamente o en combinación, tiene por fin principal limitar la corriente de la o de las lámparas al valor requerido.

### 1.4.3 Arrancador

Dispositivo de encendido que produce impulsos de tensión para encender una lámpara de descarga, pero que no asegura el precalentamiento de los electrodos. Se usa en las lámparas de halogenuros metálicos y las de sodio de alta presión



pues necesitan tenciones de encendido muy elevadas que no puede suministrar la reactancia por sí sola.

Las características más importantes a tener en cuenta son:

- Tensión de pico
- Corriente máxima
- Posición de fase
- Tensión de conexión
- Tensión de interrupción
- Capacidad de carga

### **1.4.4 Condensador**

El funcionamiento del conjunto lámpara-balasto genera un consumo de energía reactiva que produce un incremento de intensidad eléctrica y un sobre costo del consumo. Para corregir este efecto, los equipos auxiliares suelen incorporar un condensador que compensa el factor de potencia del conjunto.

### **1.4.5 Portalámparas Integral**

Parte de la luminaria que soporta la lámpara y asegura el contacto eléctrico con ésta, y que está diseñada como parte solidaria de la luminaria.

## **1.5 LUMINARIA**

La definición de luminaria según Norma UNE EN 60.59.1.-Aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la



protección de las lámparas (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

Dicho de otra manera las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas, pero que a la vez cumplen una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas entre las más importantes. Así, entre otras podemos citar:

- ❖ Distribuir el flujo luminoso producido por las lámparas.
- ❖ Mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites exigidos.
- ❖ Anclar la lámpara para que mantenga una posición estable y determinada en el alumbrado.
- ❖ Desarrollar diseños de interés estético.
- ❖ Garantizar la economía de medios facilitando la instalación y los trabajos de mantenimiento.
- ❖ Proteger a la lámpara contra fenómenos atmosféricos, golpes, etc.

## **1.5.1 Componentes**

### ***1.5.1.1 Armadura o carcasa.***

Elemento que sirve de soporte. Delimita el volumen de la luminaria conteniendo todos sus elementos.

### ***1.5.1.2 Compartimiento de accesorios.***

Sería el adecuado a los distintos tipos de fuentes de luz artificial.

### ***1.5.1.3 Reflectores.***

Son determinadas superficies en el interior de la luminaria que modelan la forma y dirección del flujo de la lámpara.

### 1.5.1.4 Difusores

Elemento de cierre o recubrimiento de la luminaria en la dirección de la radiación luminosa.

### 1.5.1.5 Filtros.

En posible combinación con los difusores, sirven para potenciar o mitigar determinadas características de la radiación luminosa.

## 1.5.2 Rendimiento de la Luminaria.

Se define como rendimiento de la luminaria al cociente entre el flujo emitido por la luminaria y el flujo de la lámpara.

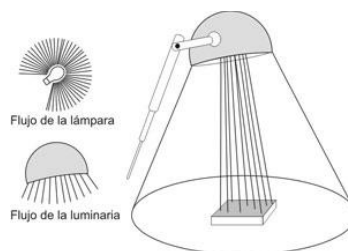
$$r = \frac{\Phi_{\text{Luminaria}}}{\Phi_{\text{Lámpara}}}$$

## 1.5.3 Factor de Utilización.

Se llama factor de utilización a la relación:

$$\text{Factor de utilizacion} = \frac{\text{Flujo en el área de tarea}}{\text{Flujo emitido por la lámpara}}$$

FIGURA 1.23  
FACTOR DE UTILIZACIÓN





Generalmente el flujo emitido por la luminaria incide sobre un área superior al área de tarea que se desea iluminar

### **1.5.4 Factor de Conservación.**

Toma en consideración las pérdidas en emisión de flujo a lo largo del tiempo por depreciación, suciedad, envejecimiento, etc. El factor de conservación considera en su conjunto las influencias de depreciación de la fuente de luz, contaminación ambiental, periodicidad de mantenimiento, etc., pero las características de la luminaria son un elemento esencial en su determinación

### **1.5.5 Información Fotométrica**

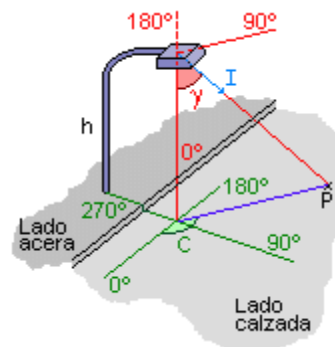
El flujo luminoso emitido por una luminaria, se distribuye por el espacio en direcciones e intensidades que dependen de las características constructivas de éstas, por lo que las superficies que iluminan dependen también de estas características, existiendo varias formas de representación gráfica.

#### ***1.5.5.1 Diagramas Polares o Curvas de Distribución Luminosa.***

En estos gráficos la intensidad luminosa se representa mediante un sistema de tres coordenadas ( $I, C, \gamma$ ). La primera de ellas  $I$  representa el valor numérico de la intensidad luminosa en candelas e indica la longitud del vector mientras las otras señalan la dirección. El ángulo  $C$  nos dice en qué plano vertical estamos y  $\gamma$  mide la inclinación respecto al eje vertical de la luminaria. En este último,  $0^\circ$  señala la vertical hacia abajo,  $90^\circ$  la horizontal y  $180^\circ$  la vertical hacia arriba. Los valores de  $C$  utilizados en las gráficas no se suelen indicar salvo para el alumbrado público. En este caso, los ángulos entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$  quedan en el lado de la calzada y los comprendidos entre  $180^\circ$  y  $360^\circ$  en la acera;  $90^\circ$  y  $270^\circ$  son perpendiculares al bordillo y caen respectivamente en la calzada y en la acera.

FIGURA 1.24

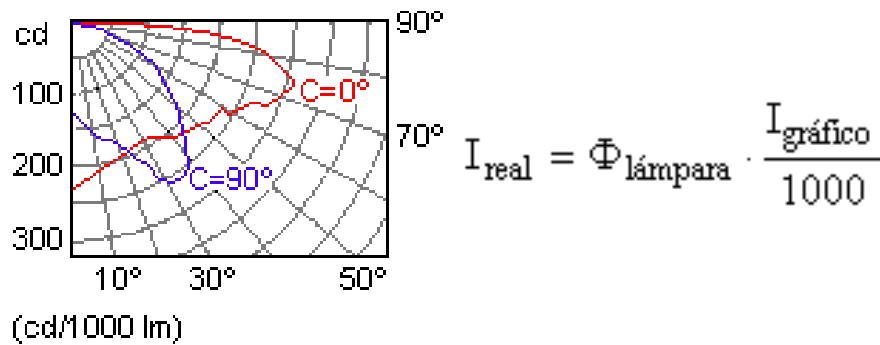
SISTEMA DE COORDENADAS I, C,  $\gamma$



Con un sistema de tres coordenadas es fácil pensar que más que una representación plana tendríamos una tridimensional. De hecho, esto es así y si representamos en el espacio todos los vectores de la intensidad luminosa en sus respectivas direcciones y uniéramos después sus extremos, obtendríamos un cuerpo llamado sólido fotométrico. Pero como trabajar en tres dimensiones es muy incómodo, se corta el sólido con planos verticales para diferentes valores de  $C$  (suelen ser uno, dos, tres o más dependiendo de las simetrías de la figura) y se reduce a la representación plana de las curvas más características.

En la curva de distribución luminosa, los radios representan el ángulo  $\gamma$  y las circunferencias concéntricas el valor de la intensidad en candelas. De todos los planos verticales posibles identificados por el ángulo  $C$ , solo se suelen representar los planos verticales correspondientes a los planos de simetría y los transversales a estos ( $C = 0^\circ$  y  $C = 90^\circ$ ) y aquel en que la lámpara tiene su máximo de intensidad. Para evitar tener que hacer un gráfico para cada lámpara cuando solo varía la potencia de esta, los gráficos se normalizan para una lámpara de referencia de 1000 lm. Para conocer los valores reales de las intensidades bastará con multiplicar el flujo luminoso real de la lámpara por la lectura en el gráfico y dividirlo por 1000 lm.

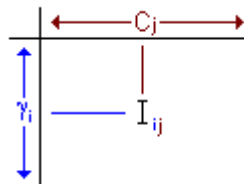
FIGURA 1.25  
CURVA DE DISTRUBUCIÓN LUMINOSA



### 1.5.5.2 Matriz de intensidades luminosas.

También es posible encontrar estos datos en unas tablas llamadas matriz de intensidades luminosas donde para cada pareja de valores de C y  $\gamma$  obtenemos un valor de I normalizado para una lámpara de flujo de 1000 lm.

FIGURA 1.26



### 1.5.5.3 Diagramas Isocandela.

A pesar de que las curvas de distribución luminosa son herramientas muy útiles y prácticas, presentan el gran inconveniente de que sólo nos dan información de lo que ocurre en unos pocos planos meridionales (para algunos valores de C) y no sabemos a ciencia cierta qué pasa en el resto. Para evitar estos inconvenientes y conjugar una representación plana con información sobre la intensidad en cualquier dirección se definen las curvas isocandela.

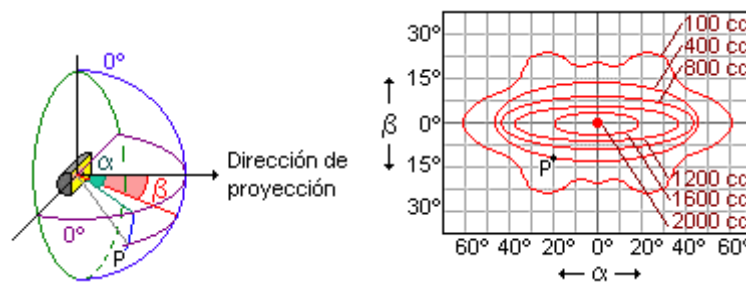
En los diagramas isocandelas se representan en un plano, mediante curvas de nivel, los puntos de igual valor de intensidad luminosa. Cada punto indica una dirección del espacio definida por dos coordenadas angulares. Según cómo se escojan estos ángulos, distinguiremos dos casos:

### 1.5.5.3.1 Diagramas de isocandelas para los proyectores.

Se utiliza un sistema de coordenadas rectangulares con ángulos en lugar de las típicas  $x$  e  $y$ . Para situar una dirección se utiliza un sistema de meridianos y paralelos similar al que se usa con la Tierra. El paralelo  $0^\circ$  se hace coincidir con el plano horizontal que contiene la dirección del haz de luz y el meridiano  $0^\circ$  con el plano perpendicular a este. Cualquier dirección, queda pues, definida por sus dos coordenadas angulares. Conocidas estas, se sitúan los puntos sobre el gráfico y se unen aquellos con igual valor de intensidad luminosa formando las líneas isocandelas.

FIGURA 1.27

#### DIAGRAMAS DE ISOCANDELAS PARA PROYECTORES

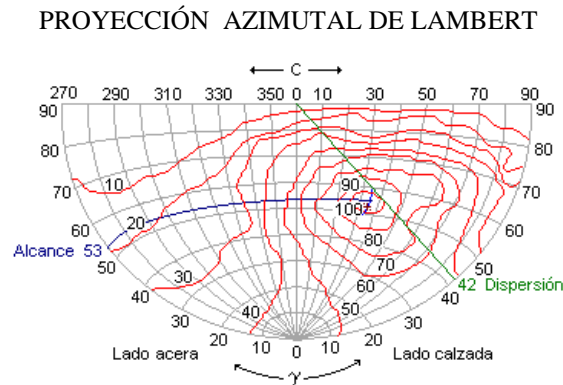


### 1.5.5.3.2 Isocandelas en las luminarias para alumbrado público.

Para definir una dirección, se utilizan los ángulos  $C$  y  $\gamma$  usados en los diagramas polares. Se supone la luminaria situada dentro de una esfera y sobre ella se dibujan las líneas isocandelas. Los puntos de las curvas se obtienen por intersección de los vectores de intensidad luminosa con la superficie de esta. Para

la representación plana de la superficie se recurre a la proyección azimutal de Lambert.

FIGURA 1.28



En estos gráficos, los meridianos representan el ángulo  $C$ , los paralelos  $\gamma$  y las intensidades, líneas rojas, se reflejan en tanto por ciento de la intensidad máxima. Como en este tipo de proyecciones las superficies son proporcionales a las originales, el flujo luminoso se calcula como el producto del área en el diagrama (en estereorradianes) por la intensidad luminosa en esta área.

Además de intensidades y flujos, este diagrama informa sobre el alcance y la dispersión de la luminaria. El alcance da una idea de la distancia longitudinal máxima que alcanza el haz de luz en la calzada mientras que la dispersión se refiere a la distancia transversal.

#### ***1.5.5.4 Curvas Isolux.***

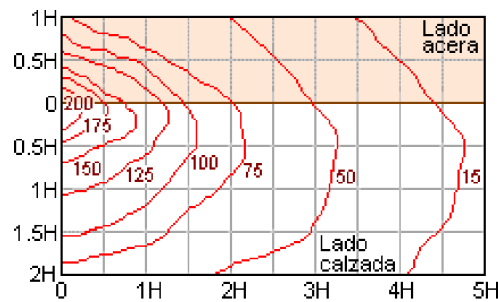
Las curvas isolux son las líneas que unen los puntos de igual iluminación, proyectadas sobre un plano horizontal. Son análogas a las curvas de nivel de los planos topográficos, con la salvedad de que ahora en lugar de indicar metros indicaremos lux.

Sobre estas curvas distinguiremos dos zonas, una que corresponde a la emisión anterior de la luminaria y otra corresponde a la parte anterior de la luminaria.

Estas dos zonas quedan delimitadas por el plano perpendicular al suelo y paralelo a la calzada (alumbrado vial) que pasa por el centro de la luminaria.

Lo más habitual es expresar las curvas isolux en valores absolutos definidos para una lámpara de 1000 lm y una altura de montaje de 1 m mientras no se diga lo contrario

FIGURA 1.29  
CURVAS ISOLUX



### 1.5.6 Clasificación de las luminarias

Según la aplicación a la que esté destinada la luminaria y dada la variedad, puede establecerse la siguiente tipología en función de las aplicaciones.

TABLA 1.4

TIPOLOGÍA DE LAS LUMINARIAS

CAMPO	APLICACIÓN
<b>Alumbrado interior</b>	Industrial Oficinas Comercial Servicios Domestica
<b>Alumbrado exterior</b>	Vial Ambiental Proyección

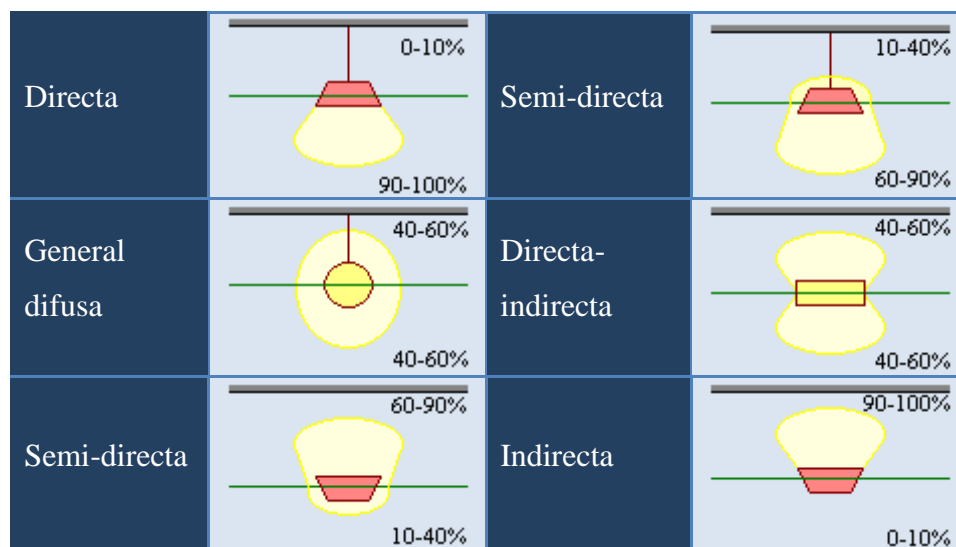
### 1.5.6.1 Alumbrado Interior

#### 1.5.6.1.1 Clasificación según las características ópticas de la lámpara

Se determina mediante el porcentaje del flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que ilumine hacia el techo o al suelo. Según esta clasificación se distinguen seis clases.

FIGURA 1.30

CLASIFICACIÓN DE LÁMPARAS SEGÚN CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS

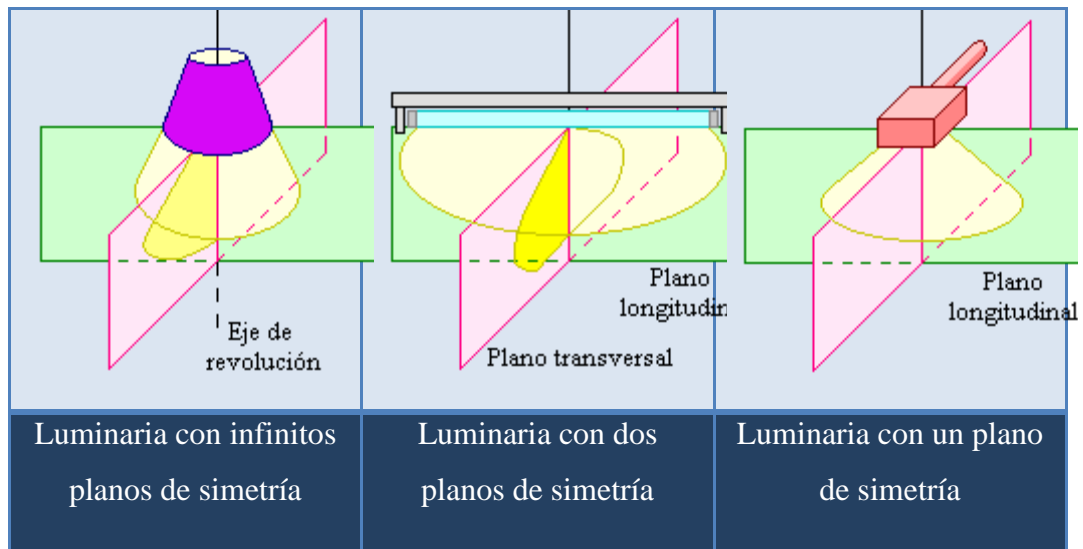


#### 1.5.6.1.2 Clasificación CIE según la distribución de la luz.

Es atendiendo al número de planos de simetría que tenga el sólido fotométrico. Así, podemos tener luminarias con simetría de revolución que tienen infinitos planos de simetría y por tanto nos basta con uno de ellos para conocer lo que pasa en el resto de planos (por ejemplo un proyector o una lámpara tipo globo), con dos planos de simetría (transversal y longitudinal) como los fluorescentes y con un plano de simetría (el longitudinal) como ocurre viario.

FIGURA 1.31

CLASIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN DE LA LUZ



### 1.5.6.2 Alumbrado Exterior

#### 1.5.6.2.1 Clasificación general.

Las luminarias se clasifican según tres parámetros: alcance, dispersión y control, que dependen de sus características fotométricas. Los dos primeros nos informan sobre la distancia en que es capaz de iluminar la luminaria en las direcciones longitudinal y transversal respectivamente. Mientras, el control nos da una idea sobre el deslumbramiento que produce la luminaria a los usuarios

**1.5.6.2.1.1 Alcance.** Es la distancia, determinada por el ángulo  $\gamma_{MAX}$ , en que la luminaria es capaz de iluminar la calzada en dirección longitudinal. Este ángulo se calcula como el valor medio entre los dos ángulos correspondientes al 90% de  $I_{MAX}$  que corresponden al plano donde la luminaria presenta el máximo de la intensidad luminosa

FIGURA 1.32

ALCANCE LONGITUDINAL

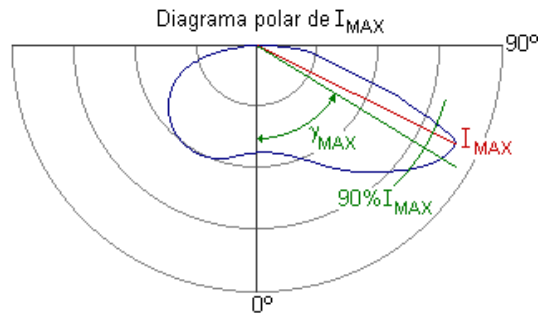


TABLA 1.5

ALCANCE LONGITUDINAL

Alcance corto	$\gamma_{MAX} < 60^\circ$
Alcance intermedio	$60^\circ \leq \gamma_{MAX} \leq 70^\circ$
Alcance largo	$\gamma_{MAX} > 70^\circ$

**1.5.6.2.1.2 Apertura.** La apertura o dispersión es la distancia, determinada por el ángulo  $\gamma_{90}$ , en que es capaz de iluminar la luminaria en dirección transversal a la calzada. Se define como la recta tangente a la curva isocandela del 90% de  $I_{MAX}$  proyectada sobre la calzada, que es paralela al eje de esta y se encuentra más alejada de la luminaria. Extensión de la distribución fotométrica en sentido transversal de la vía.

FIGURA 1.33

DISPERSIÓN TRANSVERSAL

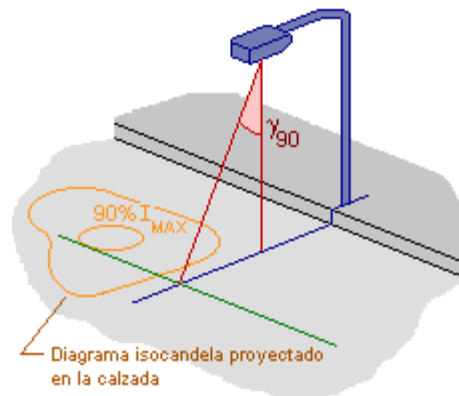


TABLA 1.6

DISPERSIÓN TRANSVERSAL

Dispersión estrecha	$\gamma_{90} < 45^\circ$
Dispersión media	$45^\circ \leq \gamma_{90} \leq 55^\circ$
Dispersión ancha	$\gamma_{90} > 55^\circ$

**1.5.6.2.1.3 Control.** Nos da una idea de la capacidad de la luminaria para limitar el deslumbramiento que produce.

TABLA 1.7

CONTROL DE DESLUMBRAMIENTO DE LA LUMINARIA

Control limitado	$SLI < 2$
Control medio	$2 \leq SLI \leq 4$
Control intenso	$SLI > 4$

Donde la fórmula del SLI (índice específico de la luminaria) se calcula a partir de las características de esta.



$$SLI = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 \log \left( \frac{I_{80}}{I_{88}} \right)^{0.5} - 0.08 \log \frac{I_{80}}{I_{88}} + 1.29 \log F + c$$

Donde

$I_{80}$  es la intensidad luminosa emitida por la luminaria con un ángulo de elevación  $\gamma = 80^\circ$  en el plano  $C=0$ .

$I_{88}$  es la intensidad luminosa en el caso de  $\gamma = 88^\circ$ .

$F$  es la superficie aparente de la luminaria vista bajo un ángulo de  $76^\circ$ .

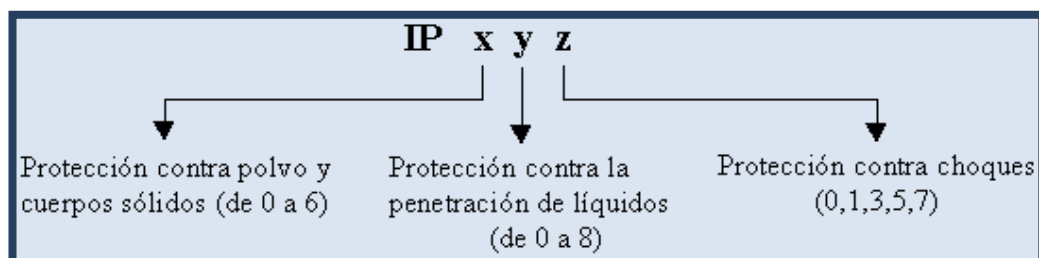
$c$  es un factor de corrección del color que vale 0,4 para lámparas de sodio a baja presión y para las demás cero.

#### 1.5.6.2.2 Según las características mecánicas de la luminaria.

Las luminarias se clasifican según el grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. En estas clasificaciones, según las normas nacionales (UNE 20324) e internacionales, las luminarias se designan por las letras IP seguidas de tres dígitos. El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en la luminaria. El segundo va de 0 a 8 e indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques.

TABLA 1.8

CLASIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS SEGÚN CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS



### 1.5.6.2.2 Clasificación según las características eléctricas de la luminaria.

Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan las luminarias se dividen en cuatro clases (0, I, II, III).

TABLA 1.9

CLASIFICACIÓN DE LA LUMINARIA SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Clase	Protección eléctrica
0	Aislamiento normal sin toma de tierra
I	Aislamiento normal y toma de tierra
II	Doble aislamiento sin toma de tierra.
III	Luminarias para conectar a circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a otras tensiones distintas a la mencionada.

### 1.5.6.3 proyectores

La clasificación se define en función del ángulo (apertura), en que la intensidad luminosa alcanza un valor del 50% del valor máximo.

FIGURA 1.34

APERTURA DE HAZ DE LUZ

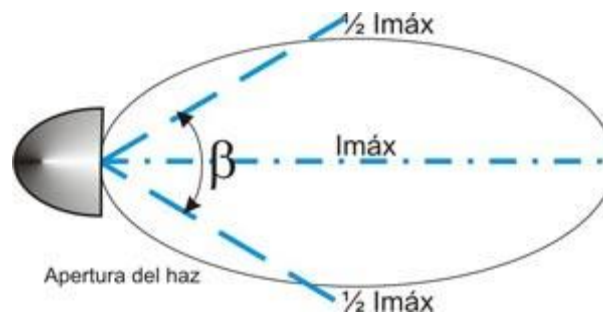




TABLA 1.10  
CLASIFICACIÓN DE LA APERTURA DEL HAZ

Descripción	Apertura del Haz (al 50% I Máx.).
Haz estrecho	$> 20^\circ$
Haz medio	$20^\circ$ a $40^\circ$
Haz ancho	$< 40^\circ$

## 1.6 ILUMINACION DE INTERIORES

### 1.6.1 Sistemas de Iluminación.

El flujo generado por una lámpara al encenderse puede llegar a los objetos a iluminar de forma directa o indirecta (por reflexión en paredes y techo), esto es lo que determina los diferentes sistemas de iluminación.

#### *1.6.1.1 Iluminación Directa.*

Es la que se produce cuando el flujo de las lámparas va dirigido hacia el suelo (Utilizando luminarias directas). Tiene un riesgo de deslumbramiento directo muy alto, es el sistema más económico de iluminación y ofrece mayor rendimiento luminoso.

#### *1.6.1.2 Iluminación Indirecta.*

Se tiene cuando casi toda la luz va al techo, esta es la más parecida a la luz natural, es la solución más cara pues las pérdidas por absorción son muy elevadas,

en estos casos es imprescindible usar pinturas de color blanco con altas reflectancias.

### ***1.6.1.3 Iluminación Difusa.***

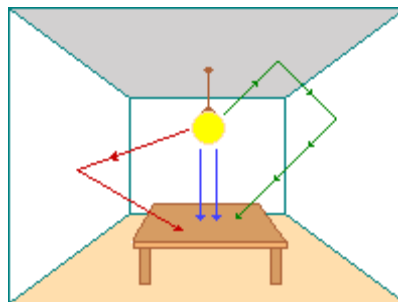
La que el flujo se reparte al cincuenta por ciento entre procedencia directa e indirecta. El riesgo de deslumbramiento es bajo y no hay sombras, lo que le da un aspecto monótono a la sala y sin relieve a los objetos iluminados. Para evitar las pérdidas por absorción de la luz en techo y paredes es recomendable pintarlas con colores claros o mejor blancos.

### ***1.6.1.4 Iluminación Semidirecta.***

La mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia el suelo y el resto es reflejada en techo y paredes. El deslumbramiento es menor que en la iluminación directa. Sólo es recomendable para techos que no sean muy altos y sin claraboyas pues la luz dirigida hacia el techo se perdería por ellas.

FIGURA 1.35

#### ILUMINACIÓN SEMIDIRECTA



- Luz directa
- Luz indirecta proveniente del techo
- Luz indirecta proveniente de las paredes

## 1.6.2 Métodos de Alumbrado

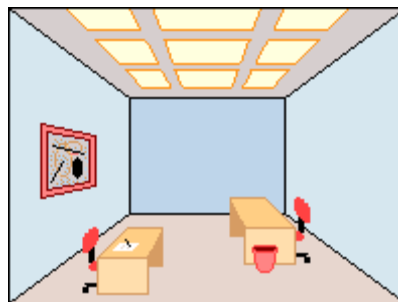
Indican cómo se reparte la luz en las zonas iluminadas, según el grado de uniformidad deseado se distinguen los siguientes:

### 1.6.2.1 Alumbrado General.

El alumbrado general proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es un método de iluminación muy extendido y se usa habitualmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local.

FIGURA 1.36

ALUMBRADO GENERAL

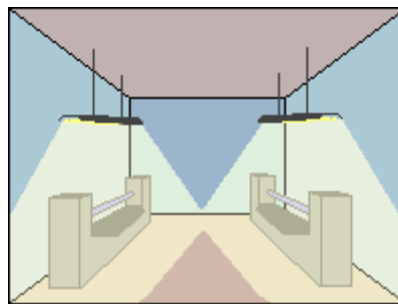


### 1.6.2.2 Alumbrado General Localizado.

El alumbrado general localizado proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso se ilumina con una luz más tenue.

Se consiguen así importantes ahorros energéticos puesto que la luz se concentra allá donde hace falta. Claro que esto presenta algunos inconvenientes respecto al alumbrado general. En primer lugar, si la diferencia de luminancias entre las zonas de trabajo y las de paso es muy grande se puede producir deslumbramiento molesto. El otro inconveniente es qué pasa si se cambian de sitio con frecuencia los puestos de trabajo; es evidente que si no podemos mover las luminarias tendremos un serio problema. Podemos conseguir este alumbrado concentrando las luminarias sobre las zonas de trabajo. Una alternativa es apagar selectivamente las luminarias en una instalación de alumbrado general.

FIGURA 1.37  
ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO



### ***1.6.2.3 Alumbrado Localizado.***

Empleamos el alumbrado localizado cuando necesitamos una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo típico serían las lámparas de escritorio. Recurriremos a este método siempre que el nivel de iluminación requerido sea superior a 1000 lux., haya obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado general, cuando no sea necesaria permanentemente o para personas con problemas visuales. Un aspecto que hay que cuidar cuando se emplean este método es que la relación entre las luminancias de la tarea visual y el fondo no sea muy elevada pues en caso contrario se podría producir deslumbramiento molesto.

FIGURA 1.38  
ALUMBRADO LOCALIZADO



### 1.6.3 Niveles de Iluminación Recomendados.

Depende de las actividades que se vayan a realizar en un determinado local para la utilización de los niveles de iluminación recomendados.

En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes.

- ⦿ En el primer caso estarían las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria...) con iluminancias entre 50 y 200 lx.
- ⦿ En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1000 lx.
- ⦿ Por último están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 lx) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local.

Para el efecto la normativa europea fija los diferentes niveles de iluminación en la norma UNE-EN 12464-1: 2003. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interiores y Norma UNE EN 12193: Iluminación. Alumbrado de instalaciones deportivas, que se cita en anexos 1 y 2 respectivamente.

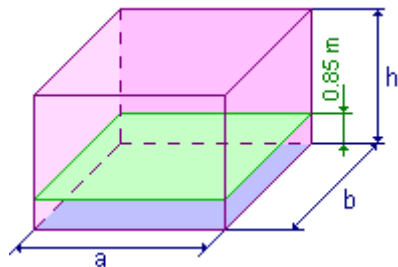
### 1.6.4 Cálculo de la Instalación de Alumbrado Interior.

El objetivo principal del presente trabajo consiste en determinar la iluminación de interiores para lo cual como se ha citado en el enunciado del mismo, utilizaremos el programa informático DIALux, sin embargo citaremos un método de cálculo manual como lo es el método de los lúmenes que es el más utilizado.

La aplicación del método de los lúmenes proporciona la iluminación media de un local, este método se emplea para las áreas más amplias en la iluminación es sensiblemente uniforme. Está basado en la determinación del flujo luminoso necesario para obtener una iluminación media deseada en el plano de trabajo y se desarrolla con las siguientes etapas:

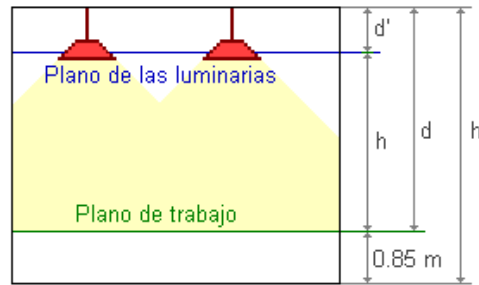
- Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0.85 m.

FIGURA 1.39  
DIMENSIONAMIENTO DE LOCAL



- Determinar el valor de la iluminación media, que tiene que ver con el tipo de actividad a realizar en el local, esta información se la detalla en UNE 12464-1 como también en .
- Escoger el tipo de lámpara más adecuada (incandescente, fluorescente....)
- Escoger el tipo de luminaria que mejor se adapte a las necesidades y altura de suspensión.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.

FIGURA 1.40  
ALTURA DE SUSPENSIÓN DE LUMINARIAS



Donde:

h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h': altura del local

d: altura del plano de trabajo al techo

d': altura entre el plano de trabajo y las luminarias

TABLA 1.11  
ALTURA DE SUSPENSIÓN DE LUMINARIAS

	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semi-directa y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$
	Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$
	$h \approx \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$

- Calcular el índice del local (k) a partir de la geometría de este.

FIGURA 1.41  
GEOMETRÍA DEL LOCAL

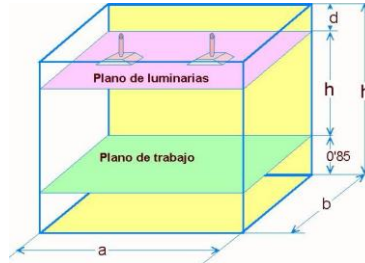


TABLA 1.12  
ÍNDICE DE LOCAL K

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Donde k es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

- Determinar los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo. Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. Si no disponemos de ellos, podemos tomarlos de la siguiente tabla.

TABLA 1.13  
COEFICIENTES DE REFLEXIÓN

	Color	Factor de reflexión
<b>Techo</b>	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
<b>Paredes</b>	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
<b>Suelo</b>	claro	0.3
	oscuro	0.1

☞ Determinar el factor de utilización ( $C_u$ ) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario interpolar.

FIGURA 1.42  
FACTOR DE UTILIZACIÓN

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local $k$	Factor de utilización ( $\gamma$ )								
		Factor de reflexión del techo			Factor de reflexión de las paredes					
		0.7	0.5	0.3	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67



- ⦿ Determinar el factor de mantenimiento ( $F_m$ ) o conservación de la instalación. Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

TABLA 1.14  
FACTOR DE MANTENIMIENTO

Ambiente	Factor de mantenimiento ( $F_m$ )
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- ⦿ El flujo necesario para obtener un nivel medio de iluminación, según ecuación:

$$\Phi = \frac{E * a * b}{Fm * Cu}$$

- ⦿ Conocido el flujo total necesario, podremos obtener el número de lámparas a utilizar.

$$n = \frac{\Phi t}{n * \Phi \text{ Lámpara}}$$

Donde:

$\Phi t$ : Flujo total

$n$ : Numero de lámparas por unidad

$\Phi$  Lámpara: Flujo de la lámpara

- ⦿ La distribución de las luminarias se realiza una vez que se haya calculado su número mínimo, en los casos de los locales de planta regular se reparte de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las siguientes formulas.

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}} \times \text{ancho}}$$

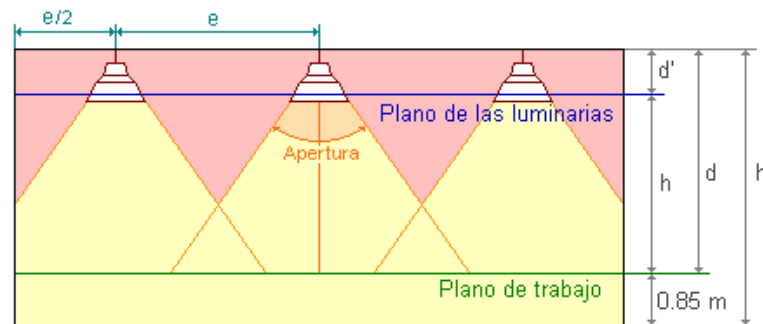
$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left( \frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \right)$$

En donde N determina el número de las luminarias.

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.

Veámoslo mejor con un dibujo:

FIGURA 1.43  
DISTANCIA DE SEPARACIÓN DE LAS LUMINARIAS



Como puede verse fácilmente, mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará aunque será menor el nivel de iluminancia que llegará al plano de trabajo tal y como dice la ley inversa de los cuadrados. De la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia).

TABLA 1.15  
DISTANCIA DE SEPARACIÓN DE LUMINARIAS

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
Intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
Extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
Semiextensiva	4 - 6 m	
Extensiva	$\leq 4$ m	$e \leq 1.6 h$
<b>Distancia pared-luminaria: <math>e/2</math></b>		



Si después de calcular la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme. Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas escogida sea excesiva. En estos casos conviene rehacer los cálculos probando a usar lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas.

Por último, nos queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.

$$Em = \frac{n * \Phi_{Lampara} * Cu * Fm}{S} \geq E_{tablas}$$

En donde:

*Em*: Iluminancia o iluminación media

*n* : Número de lámparas por unidad

*Φ<sub>Lampara</sub>*: Flujo luminoso de la lámpara

*Cu*: Coeficiente de utilización

*Fm*: Factor de mantenimiento

*S*:Superficie

### 1.6.5 Eficiencia Energética

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el Valor de Eficiencia Energética de la instalación VEEI (W/m<sup>2</sup>) por cada 100 lux, mediante la siguiente expresión:



$$VEEI = \frac{P * 100}{S * Em}$$

De donde:

P: La potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares

S: La superficie iluminada

Em: La iluminancia media horizontal mantenida

Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán, según el uso de la zona dentro de uno de los 2 grupos siguientes:

**Grupo 1:** Zonas de no representación o espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.

**Grupo 2:** Zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

Los VEEI límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la tabla en la tabla que se detalla en el Anexo 3. Estos valores incluyen la iluminación general y la iluminación de acento, pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

## 1.7 ILUMINACIÓN DE VIALES

### 1.7.1 Finalidad y Elementos a Tomar en Consideración

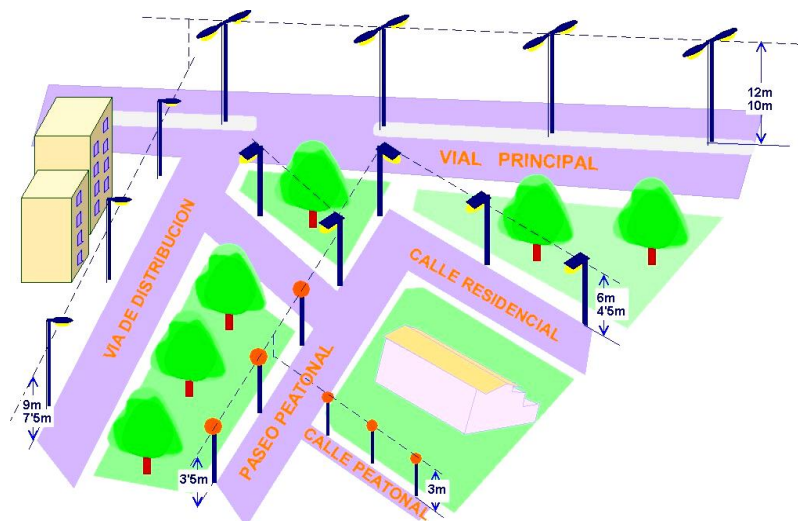
El alumbrado vial se orienta hacia la iluminación de las vías urbanas que rodean el exterior de las edificaciones. Los objetivos fundamentales de la iluminación vial son los siguientes:

- ☞ Garantizar el control del tráfico rodado y de la circulación peatonal para que se den unas condiciones mínimas de seguridad.
- ☞ Proteger a las personas que deambulan por las aceras y los paseos peatonales frente a actos delictivos.
- ☞ Proteger a las propiedades de la delincuencia.
- ☞ Favorecer la orientación visual (posibilitando la visualización y localización de los objetos dentro de los escenarios iluminados).
- ☞ Contribuir a mejorar la estética nocturna urbana.

Los factores a considerar para la implantación de alumbrado público son los siguientes:

- ☞ El tipo de vía (autopista, autovía, vía rápida o carretera convencional), su situación y trazado.
- ☞ Los puntos singulares, tales como intersecciones, enlaces complicados y tramos especiales.
- ☞ La intensidad y composición del tráfico.

FIGURA 1.44  
BOCETO DE ILUMINACIÓN VIAL



## 1.7.2 Requisitos de las Instalaciones

La experiencia acumulada en el alumbrado vial recomienda una serie de requisitos que deberemos de tener presente a la hora del diseño y cálculo, sin que ello suponga una imposición que pueda limitar la actuación del proyectista. Tenemos que resolver cuestiones como las que a continuación se reseñan.

### *1.7.2.1 La sustentación de los puntos de luz*

La fijación de luminarias sobre brazos murales se utiliza cuando se desean iluminar zonas urbanas, con calles de anchura no muy grandes, presentando la ventaja de no entorpecer la circulación peatonal por las aceras.

FIGURA 1.45

FIJACIÓN DE LUMINARIA SOBRE BRAZOS MURALES



La instalación de las luminarias en báculos o columnas es muy utilizada cuando las calzadas son de gran anchura y no existen casas adecuadas para la fijación con brazos murales (en carreteras, autopistas, etc.).

### *1.7.2.2 La altura de la luminaria*

La altura de los puntos de luz tiene una gran importancia sobre la calidad de la iluminación y sobre el coste de esta, de tal manera que una mayor altura presenta las siguientes ventajas:

- ☞ Mejor distribución de luminancias sobre la calzada.
- ☞ Menor deslumbramiento, que nos permite instalar lámparas de mayor potencia luminosa por puntos de luz.
- ☞ Mayor separación entre puntos de luz, con lo cual conseguiremos reducir el número de unidades luminosas y por lo tanto también reduciremos los costes totales de la instalación.

FIGURA 1.46  
ALTURA DE LA LUMINARIA



Asimismo este hecho (el de elevar los puntos de luz), causa los siguientes problemas:

- ☞ Notoria dificultad en el mantenimiento y por lo tanto apreciable incremento en los costes de mantenimiento.
- ☞ Disminución del factor de utilización (gran parte de flujo luminoso emitido incide fuera de las calzadas (produciendo luz intrusa).

En consecuencia se puede establecer una solución de compromiso, que liga la altura de la luminaria con la potencia luminosa.



TABLA 1.16  
ALTURA DE LA LUMINARIA

Potencia luminosa (lúmenes)	Altura de la luminaria (metros)
3.000 a 9.000	6,5 a 7,5
9.000 a 19.000	7,5 a 9
> 19.000	> 9

Según sean niveles de iluminancia y luminancia media exigidas en las calzadas, así es aconsejable la relación entre la distancia de separación de luminarias y su altura:

TABLA 1.17  
RELACIÓN SEPARACIÓN/ALTURA DE LUMINARIA

Iluminación media (lux)	Relación Separación / Altura
$2 < E_m < 7$	4 a 5
$7 < E_m < 15$	3,5 a 4
$15 < E_m < 30$	2 a 3,5

### ***1.7.2.3 Iluminación***

Basándose en las recomendaciones del CEI, se indica a continuación una serie de datos de utilidad para el proyecto de instalaciones de alumbrado vial.

TABLA 1.18  
RECOMENDACIONES DE ILUMINACIÓN VIAL CEI

Tipo de vía	Luminancia	Iluminación media	Uniformidad	Deslumbramiento
Autopistas y carreteras principales	2 cd/m <sup>2</sup>	30-50 lux	Muy buena $U_{med} > 0,75$	Totalmente controlado
Carreteras secundarias con tráfico importante	1 cd/m <sup>2</sup>	15-25 lux	Buena $U_{med} > 0,6$	Totalmente controlado
Carreteras locales con poco tráfico	No necesitan iluminación			
Calles principales	2 cd/m <sup>2</sup>	30-50 lux	Muy buena $U_{med} > 0,75$	Limitado
Calles secundarias con tráfico importante	1 cd/m <sup>2</sup>	15-25 lux	Buena $U_{med} > 0,6$	Limitado
Calles secundarias de poco tráfico	0,5 cd/m <sup>2</sup>	7-12 lux	Satisfactoria $U_{med} > 0,5$	Limitado

### 1.7.3 Implantación de Puntos de Luz en Tramos Rectos

El alumbrado viario se consigue mediante luminarias ubicadas sobre báculos columnas o brazos, existiendo, principalmente, cuatro formas diferentes de colocación:

#### 1.7.3.1 Unilateral.

Esta disposición de las luminarias consiste en la colocación de todas ellas a un mismo lado de la calzada. Se utiliza solamente en aquellos casos en los que el ancho de la vía es igual o inferior a la altura de montaje de las luminarias. Es la disposición mas económica, ya que requiere solamente una sola línea de alimentación.

### 17.3.2 *Tresbolillo.*

Consiste en la colocación de las luminarias en ambos lados de la vía, al tresbolillo o en zigzag. Se emplea principalmente en aquellos casos en los que el ancho de la vía es de 1 a 1,5 veces la altura de montaje. Hay que estudiar bien la interdistancia ya que puede dar lugar a molestas manchas de luz en el plano de la vía.

### 1.7.3.3 *En oposición.*

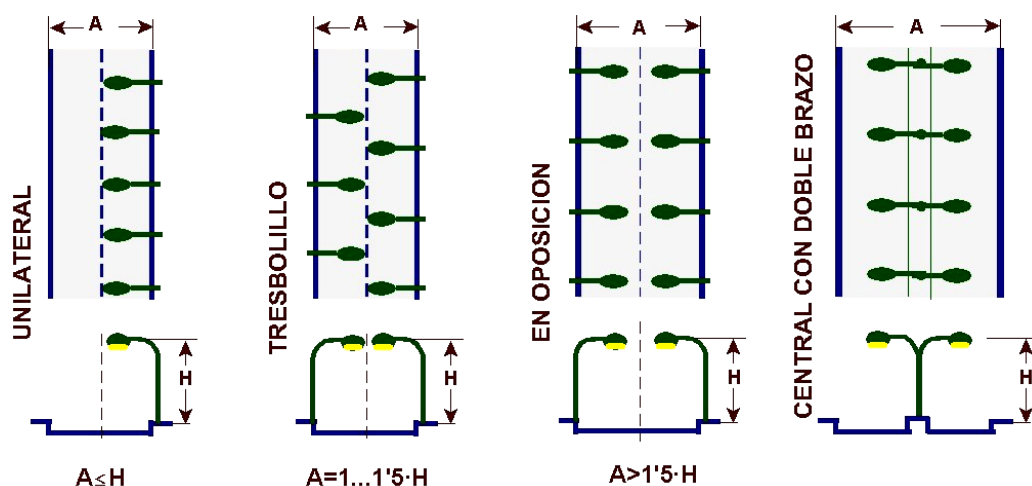
Esta disposición sitúa las luminarias una enfrente de la otra, y suele utilizarse en vías anchas (con dos o más carriles en cada sentido) cuando este ancho de la vía es mayor de 1,5 veces la altura de montaje.

### 1.7.3.4 *Central con doble brazo.*

Este caso se utiliza en autopistas y vías de dos calzadas, recomendable cuando la anchura de la mediana está comprendida entre 1 y 3 metros. En realidad se trata de una colocación unilateral para cada una de las dos calzadas; en ocasiones también se coloca frente a ellas otras luminarias, dando lugar a disposiciones dobles en oposición, o al tresbolillo.

FIGURA 1.47

IMPLANTACIÓN DE PUNTOS DE LUZ EN TRAMOS RECTOS

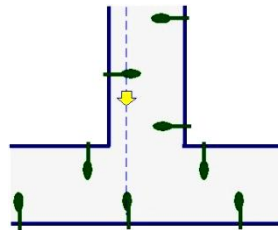


Estas son las cuatro maneras de colocación más comúnmente utilizadas, aunque pueden existir otras muchas.

### 1.7.4 Distribución de Puntos de Luz en Cruces, Glorietas y Curvas

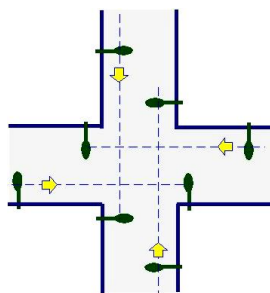
En los cruces e intersecciones, los niveles de iluminación serán los establecidos para tramos singulares y, como mínimo, de un 10 a 20% superiores a los correspondientes a la clase de vía cuyo nivel luminoso sea mayor entre las que confluyen en el mismo.

FIGURA 1.48  
DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE LUZ EN CRUCES E INTERSECCIONES



Para los cruces en T, es conveniente colocar un punto de luz en la prolongación del eje de la circulación concluyente al propio cruce, con el fin primordial de orientar al conductor la terminación del cruce.

FIGURA 1.49  
DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE LUZ EN CRUCES EN T

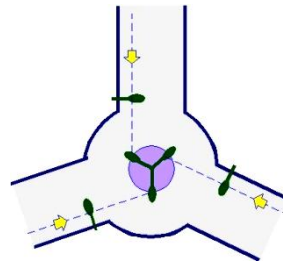


Los cruces en X pueden tener varias soluciones, según el tipo de vía que concurran a ellos. Generalmente, en estos tipos de cruce la separación entre los puntos de luz se reduce y no se establece la prioridad de realizar una implantación de los puntos perfectamente simétricos encuadrados en la intersección. Cuando se

trate de vías de la misma clase dotadas de iluminación bilateral, es aconsejable colocar un punto de luz en el lado opuesto del cruce.

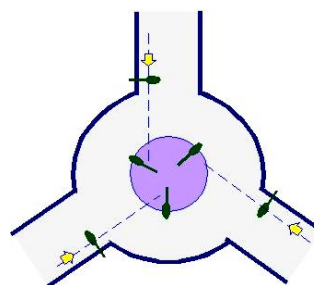
La altura H de montaje de los puntos de luz deberá ser igual a la de los puntos de la vía principal que confluya en la glorieta a iluminar. En el caso de que en la zona central de la glorieta no se obtenga una iluminación mayor o igual a 1'5 veces la iluminación media de dicha calzada principal, se requerirá una iluminación suplementaria.

FIGURA 1.50  
DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE LUZ EN CRUCES EN X



Si la parte central de la glorieta tiene un diámetro menor de 18 m se instalará en su centro un punto de luz especial en columna o báculo de brazo múltiple. Si su diámetro es mayor de 18 m. o tiene arbolado en el centro, se dispondrán puntos de luz en las prolongaciones de los ejes de circulación.

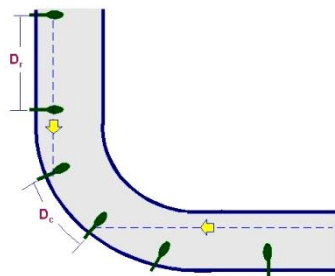
FIGURA 1.51  
DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE LUZ EN CRUCES EN X CON DIAMETRO MAYOR A 18 m.



Respecto a la implantación de puntos de luz en curvas y en relación al alumbrado, se consideran tramos curvos aquellos cuyo radio sea menor de 300 m. Cuando el radio sea superior a dicha cifra se considerarán como tramos rectos.

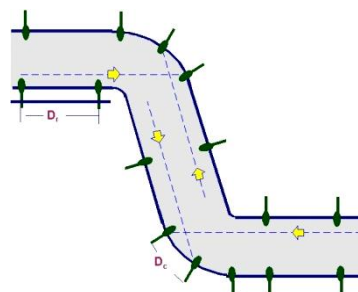
Si la anchura de la vía de tráfico es menor de 1'5 veces la altura H de montaje, los puntos de luz deberán implantarse en la parte exterior de la curva, situando un punto de luz en la prolongación de los ejes de circulación. La interdistancia entre puntos de luz deberá ser tanto menor cuanto mayor sea el radio de curvatura, variando entre 3/4 y 1/2 de la separación media calculada en el tramo recto de dicha vía de tráfico.

FIGURA 1.52  
DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE LUZ EN TRAMOS CURVOS



Para vías de tráfico cuya anchura sea mayor de 1'5 veces la altura H de montaje, la implantación de puntos de luz deberá ser bilateral pareada. En cualquier caso deberá evitarse la distribución a tresbolillo.

FIGURA 1.53  
DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE LUZ PARA VÍAS CUYA ANCHURA SEA MAYOR A 1.5  
VECES SU ALTURA



### 1.7.5 Arbolado

En los entornos urbanos residenciales, debe iluminarse contemplando la existencia en las proximidades de las calles, de árboles y arbustos, que deben dejar espacio libre suficiente como para impedir que se produzcan interferencias con el alumbrado vial.

En los alumbrados viales, con arbolado, las luminarias deben ser montadas sobre brazos más largos, con el objeto de paliar las posibles interferencias que produce la vegetación.

FIGURA 1.54  
ALUMBRADO VIAL CON ARBOLADO



Cuando exista arbolado, para evitar que la luz sea retenida por las ramas y el follaje, las alturas de los puntos de luz se deben establecer teniendo en cuenta los siguientes planteamientos:

- ☞ Si los árboles son de gran porte, las luminarias deben de colocarse entre 8 y 10 m., tratando que éstas estén por debajo de los árboles. Tiene que tenerse en cuenta, que cuando se reduce la altura de los puntos de luz,

también se reduce la interdistancia entre ellos, y se incrementa el coste de la instalación.

- Si los árboles son de pequeño porte, se dispondrán las luminarias a una altura de 12 a 15 metros, por lo que habrá que incrementar la potencia de las lámparas; pero cuando se opta por esta solución hay que tener en cuenta que se incrementa la demanda energética y posiblemente el deslumbramiento directo.

En el supuesto que sea preciso variar la interdistancia de los puntos de luz, para que no se produzcan interferencias con el arbolado, las variaciones propuestas no pueden ser superiores al  $\pm 10\%$  de la separación previamente determinada, sin que sea necesario variar otros parámetros (emplazamientos transversal, altura de los puntos de luz, etc.).

En cualquier caso se considera conveniente efectuar periódicamente una poda adecuada de los árboles, siendo el ángulo de línea de poda, el definido por el soporte de la luminaria (báculo, poste, etc.) y la línea del cono de luz de la luminaria por debajo de la cual se debe realizar la poda del arbolado, para mantener adecuados niveles de iluminación, pudiéndose determinar la altura de poda.

FIGURA 1.55  
PODA DE ARBOLADO

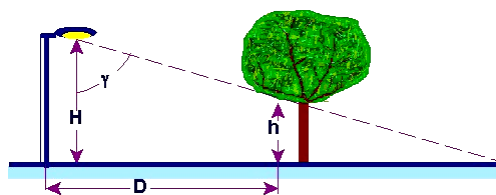


TABLA 1.19  
PODA DE ARBOLADO

Angulo $\gamma$	Altura de poda h
70°	$H-0,35D$
75°	$H-0,25D$
80°	$H-0,16D$

**CAPÍTULO II**  
**RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS**

## 2.1 ILUMINACIÓN INTERIOR

### Lista de luminarias

#### 40 Piezas

**Sylvania 0039020 + 5039030**

**ALIOTH HSI-SX**

400W + Reflector de aluminio

Nº de artículo: 0039020 + 5039030

Flujo luminoso de las luminarias: 40000  
lm

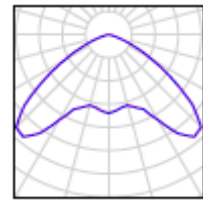
Potencia de las luminarias: 440.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 45 90 100 100 75

Armamento: 1 x HSI-SX 400W CO/P

(Factor de  
Corrección 1.000).



#### 54 Piezas

**Sylvania 0046124 SYL-LOUVER**

**HR 136 A2**

Nº de artículo: 0046124

Flujo luminoso de las luminarias: 3350  
lm

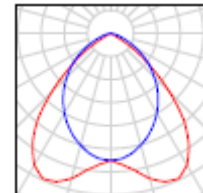
Potencia de las luminarias: 36.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 64 95 100 99 66

Armamento: 1 x F 36W (Factor de

corrección  
1.000).



#### 7 Piezas

**Sylvania 0046462 SYL-LOUVER**

**D/I DO 236 A2**

Nº de artículo: 0046462

Flujo luminoso de las luminarias: 6700  
lm

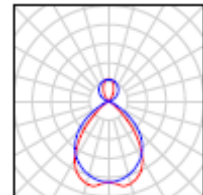
Potencia de las luminarias: 72.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 79

Código CIE Flux: 76 100 100 79 76

Armamento: 2 x F 36W (Factor de

corrección  
1.000).





## 2 Pieza

**Sylvania 0052325 AS/90 136 B2**

NC

Nº de artículo: 0052325

Flujo luminoso de las luminarias: 3350

lm

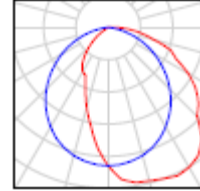
Potencia de las luminarias: 43.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 50 80 95 100 86

Armamento: 1 x F 36W (Factor de corrección

1.000).



## 5 Pieza

**Sylvania 0090822 + 0090832**

**SYLDUST 158 B2**

NC y PC + Difusor opal

Nº de artículo: 0090822 + 0090832

Flujo luminoso de las luminarias: 5200

lm

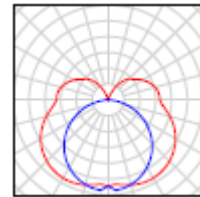
Potencia de las luminarias: 67.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 76

Código CIE Flux: 34 63 85 76 64

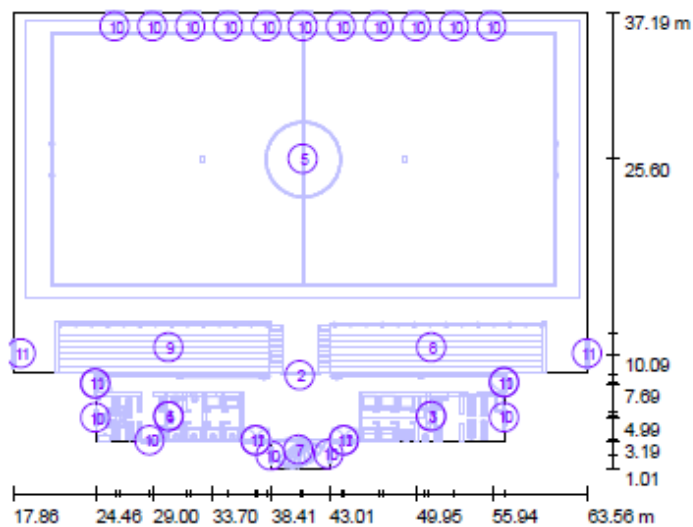
Armamento: 1 x F 58W (Factor de corrección

1.000).





## Interior de Polideportivo/Objetos (planos de situación)



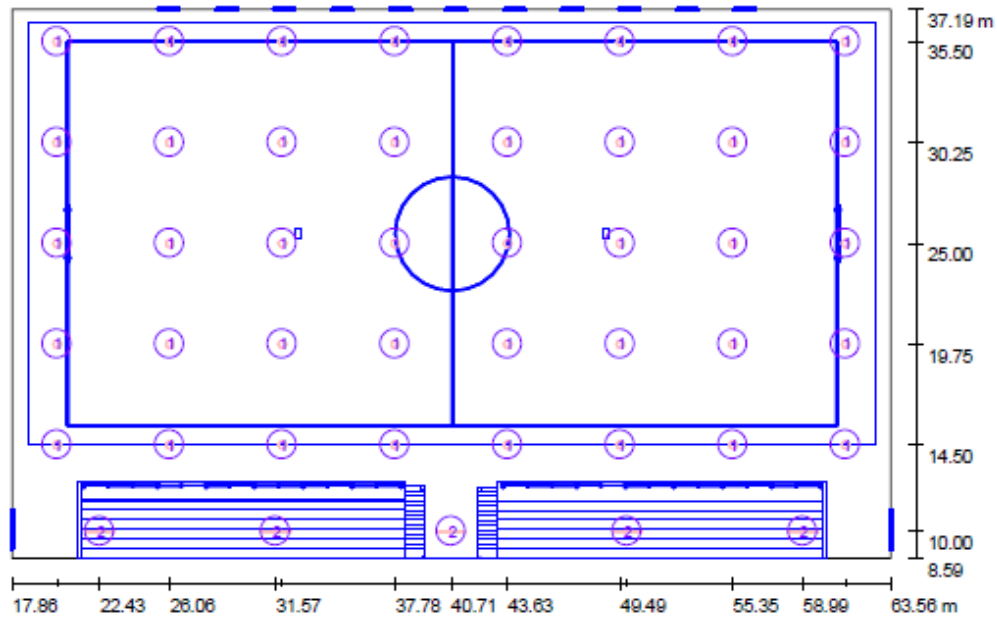
Escala 1 : 500

### Objeto-Lista de piezas

Nº	Pieza	Designación
1	1	Bar
2	1	Barandas-Sello
3	1	Camerino Derecho
4	1	Camerino Izquierdo
5	1	Cancha
6	1	Despachos y aseos
7	1	Gradas
8	1	Graderío derecho
9	1	Graderío izquierdo
10	20	Ventana
11	6	Puerta

**CANCHA**

**Luminarias (ubicación)**



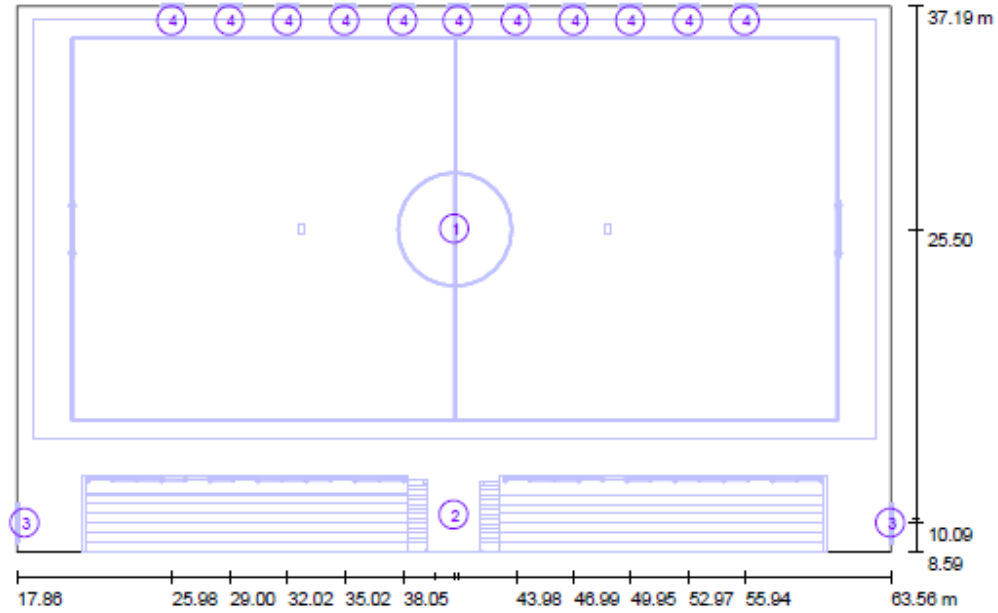
Escala 1 : 327

**Lista de piezas – Luminarias**

Nº	Pieza	Designación
1	40	Sylvania 0039020 + 5039030 ALIOTH HSI-SX 400W + Reflector de aluminio
2	5	Sylvania 0090822 + 0090832 SYLDUST 158 B2 NC y PC + Difusor opal



## Objetos (plano de situación)



Escala 1 : 327

## Objeto-Lista de piezas

Nº	Pieza	Designación
1	1	Cancha
2	1	Graderíos
3	2	Puerta
4	11	Ventana



## Superficie de cálculo (lista de coordenadas)



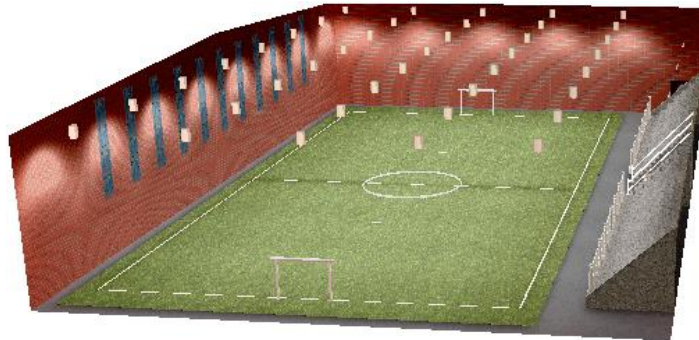
Escala 1 : 327

## Lista de superficies de cálculo

N <sup>o</sup>	Designación	Posición [m]			Tamaño [m]		Rotación [°]		
		X	Y	Z	L	A	X	Y	Z
1	Cancha	40.70	25.50	1.50	40.00	20.00	0.00	0.00	0.00
		4	0	0	0	0	0	0	0
2	Graderíos	40.73	10.52	2.19	38.93	5.427	5.42	0.00	0.00
		1	5	8	7		7	0	0

## Pre visualización

### Competición del más alto nivel (Clase I)



### Competición de nivel medio (Clase II)

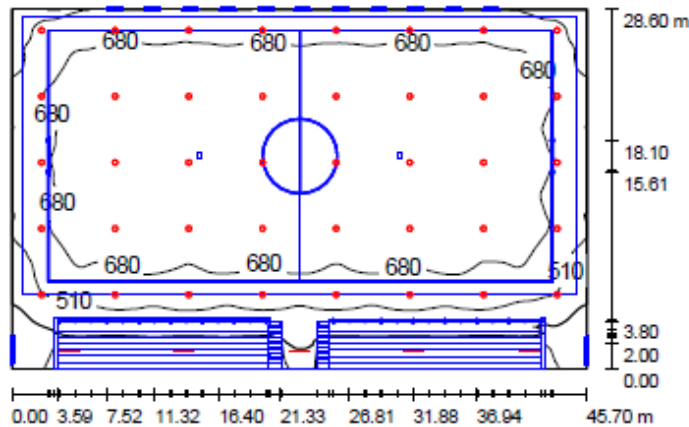


### Entrenamiento general (Clase III)



## Escenas de luz

### Competición del más alto nivel (Clase I) / Resumen



Altura del local: 9.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:500

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	630	17	833	0.027
Suelo	20	66	0.50	533	0.008
Paredes (6)	50	208	14	1227	/

#### Plano útil:

Altura: 1.500 m    Trama: 128 x 128 Puntos    Zona marginal: 0.000 m

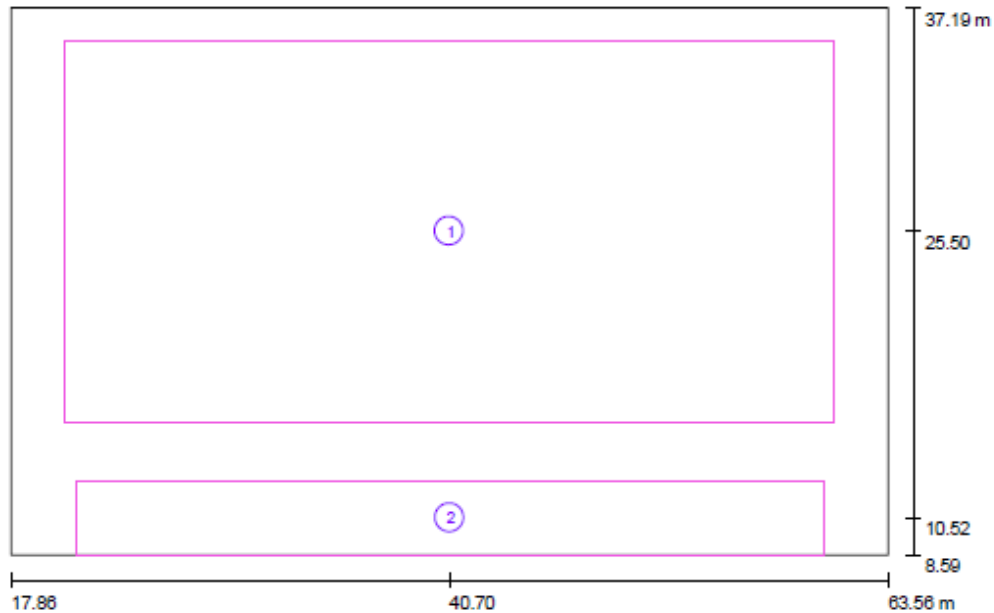
#### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	40	Sylvania 0039020 + 5039030 ALIOTH HSI-SX 400W + Reflector de aluminio (1.000)	40000	440.0
2	5	Sylvania 0090822 + 0090832 SYLDUST 158 B2 NC y PC + Difusor opal (1.000)	5200	67.0
<b>Total:</b>			<b>1626000</b>	<b>17935.0</b>

Valor de eficiencia energética:  $13.72 \text{ W/m}^2 = 2.18 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1306.95 \text{ m}^2$ )



## Competición del más alto nivel (Clase I) / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 327

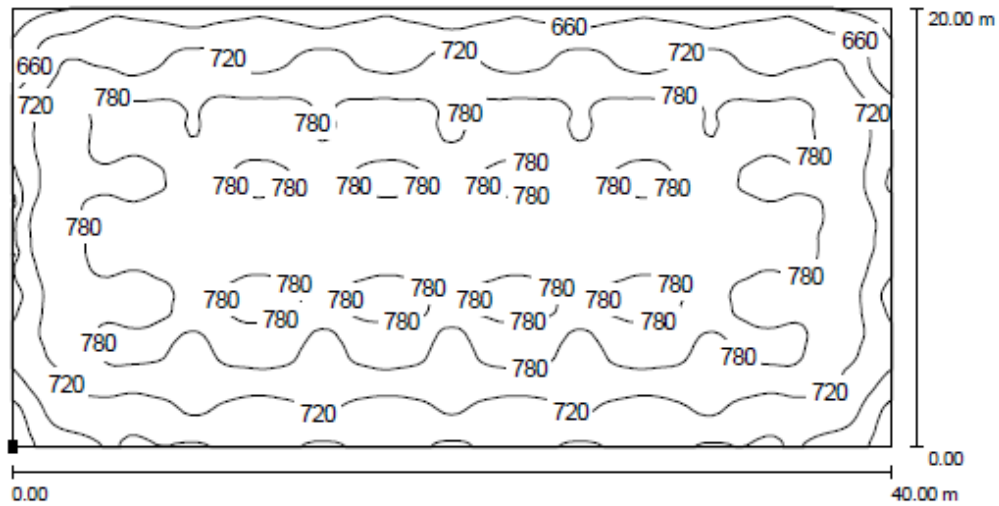
### Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
1	Cancha	horizontal	128x128	749	560	824	0.748	0.680
2	Graderíos	horizontal	128x128	302	80	438	0.264	0.128

### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
horizontal	2	660	80	824	0.12	0.10

**Competición del más alto nivel (Clase I) / Cancha / Isolíneas (E, horizontal)**



Valores en Lux, Escala 1 : 286

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(20.704 m, 15.500 m, 1.500 m)

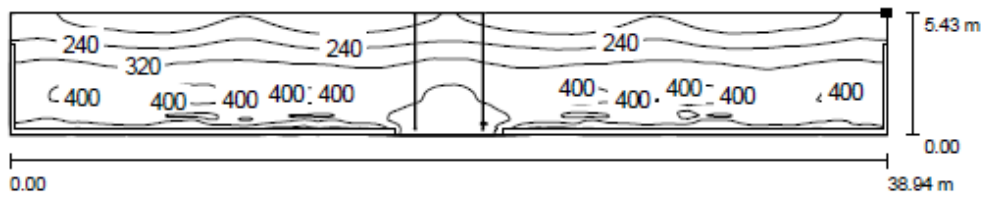


**Trama:** 128 x 128 Puntos

<b>Em [lx]</b>	<b>Emin [lx]</b>	<b>Emax [lx]</b>	<b>Emin / Em</b>	<b>Emin / Emax</b>
<b>749</b>	560	824	0.748	0.680



### Competición del más alto nivel (Clase I) / Graderíos / Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 279

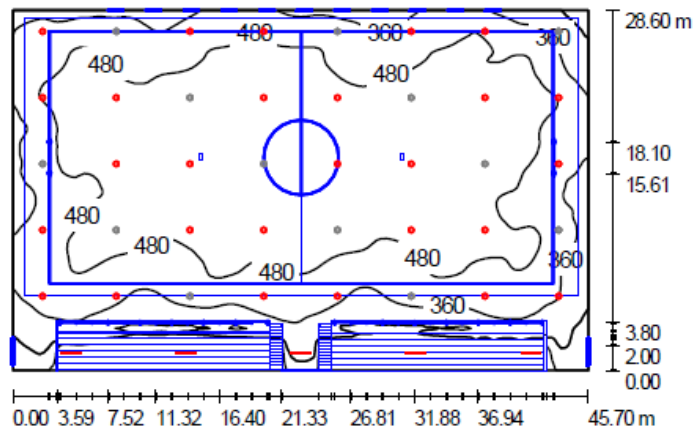
Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(21.263 m, 8.606 m, 4.116 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
302	80	438	0.264	0.182

## Competición de nivel medio (Clase II) / Resumen



Altura del local: 9.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:500

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	427	12	567	0.029
Suelo	20	46	0.29	369	0.006
Paredes (6)	50	144	9.87	1216	/

### Plano Útil

Altura: 1.500 m    Trama: 128 x 128 Puntos    Zona marginal: 0.000 m

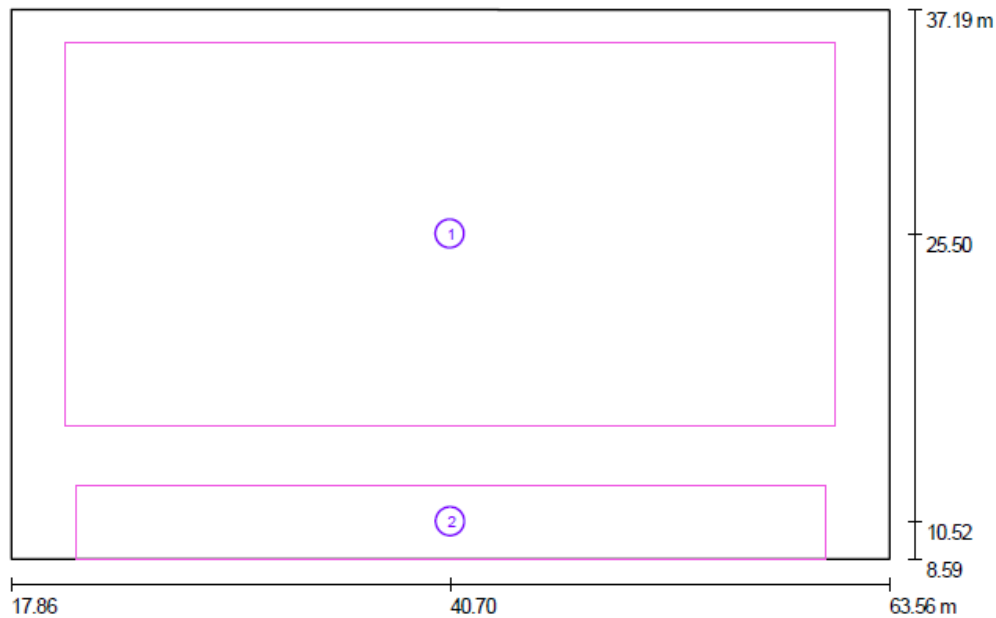
### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	27	Sylvania 0039020 + 5039030 ALIOTH HSI-SX 400W + Reflector de aluminio (1.000)	40000	440.0
2	5	Sylvania 0090822 + 0090832 SYLDUST 158 B2 NC y PC + Difusor opal (1.000)	5200	67.0
<b>Total:</b>			<b>1106000</b>	<b>12215.0</b>

Valor de eficiencia energética:  $9.35 \text{ W/m}^2 = 2.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1306.95 \text{ m}^2$ )



### Competición de nivel medio (Clase II) / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 327

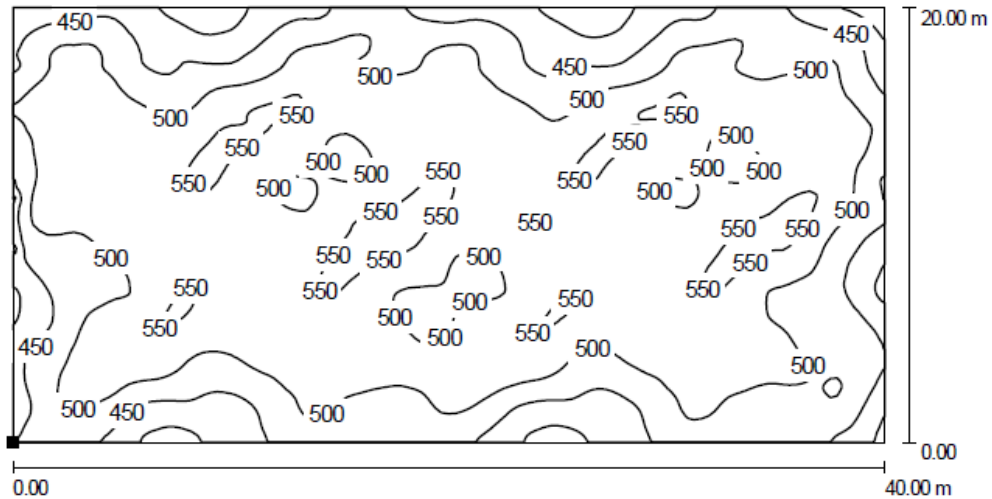
### Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
1	Cancha	horizontal	128x128	502	353	568	0.704	0.622
2	Graderíos	horizontal	128x128	216	53	358	0.245	0.148

### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
horizontal	2	445	53	568	0.12	0.09

### Competición de nivel medio (Clase II) / Cancha / Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 286

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(20.704 m, 15.500 m, 1.500 m)

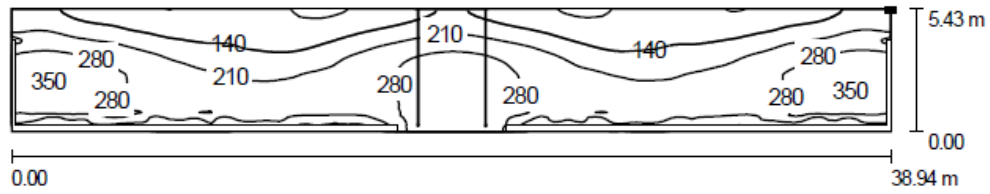


**Trama:** 128 x 128 Puntos

<b>Em [lx]</b>	<b>Emin [lx]</b>	<b>Emax [lx]</b>	<b>Emin / Em</b>	<b>Emin / Emax</b>
<b>502</b>	353	568	0.704	0.622



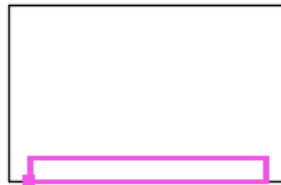
### Competición de nivel medio (Clase II) / Graderíos / Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 279

Situación de la superficie en el local:

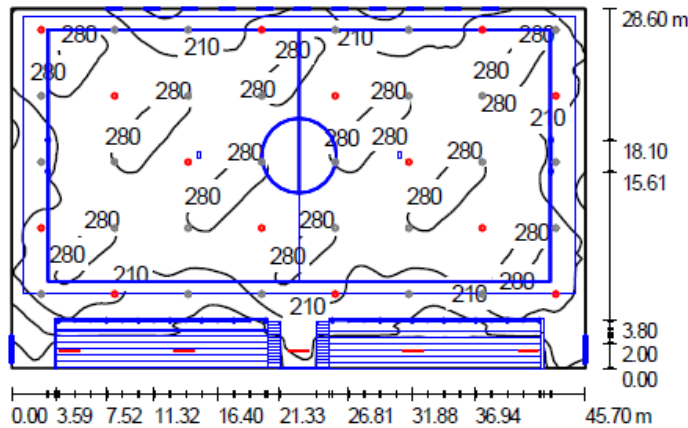
Punto marcado:  
(21.263 m, 8.606 m, 4.116 m)



**Trama:** 128 x 128 Puntos

<b>Em [lx]</b>	<b>Emin [lx]</b>	<b>Emax [lx]</b>	<b>Emin / Em</b>	<b>Emin / Emax</b>
<b>216</b>	53	358	0.245	0.148

## Entrenamiento general (Clase III) / Resumen



Altura del local: 9.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:500

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	221	7.52	319	0.034
Suelo	20	24	0.14	203	0.006
Paredes (6)	50	84	5.48	1198	/

### Plano Útil

Altura: 1.500 m    Trama: 128 x 128 Puntos    Zona marginal: 0.000 m

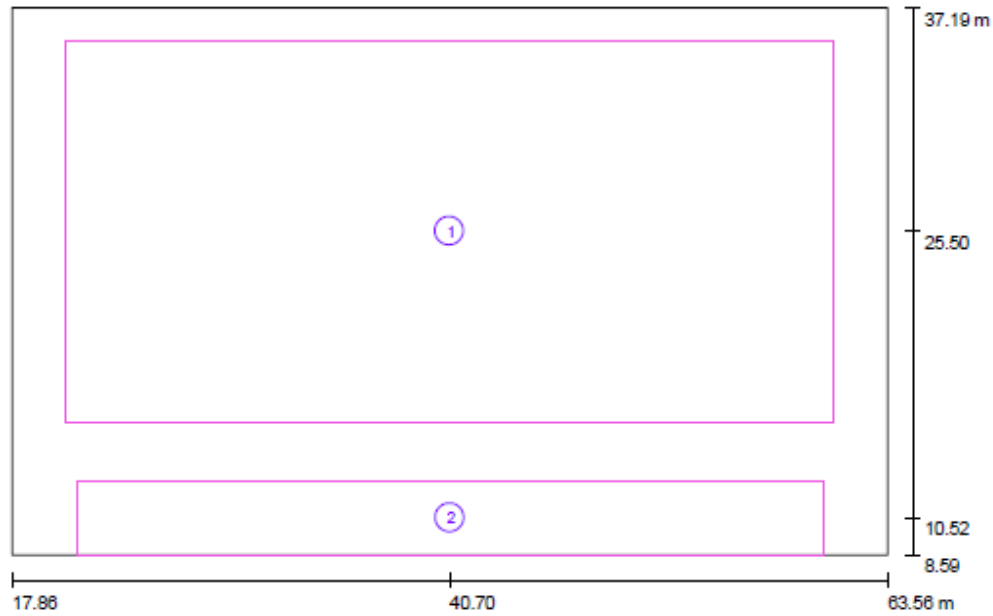
### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	27	Sylvania 0039020 + 5039030 ALIOTH HSI-SX 400W + Reflector de aluminio (1.000)	40000	440.0
2	5	Sylvania 0090822 + 0090832 SYLDUST 158 B2 NC y PC + Difusor opal (1.000)	5200	67.0
<b>Total:</b>			<b>586000</b>	<b>6495.0</b>

Valor de eficiencia energética:  $4.97 \text{ W/m}^2 = 2.24 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1306.95 \text{ m}^2$ )



## Entrenamiento general (Clase III) / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 327

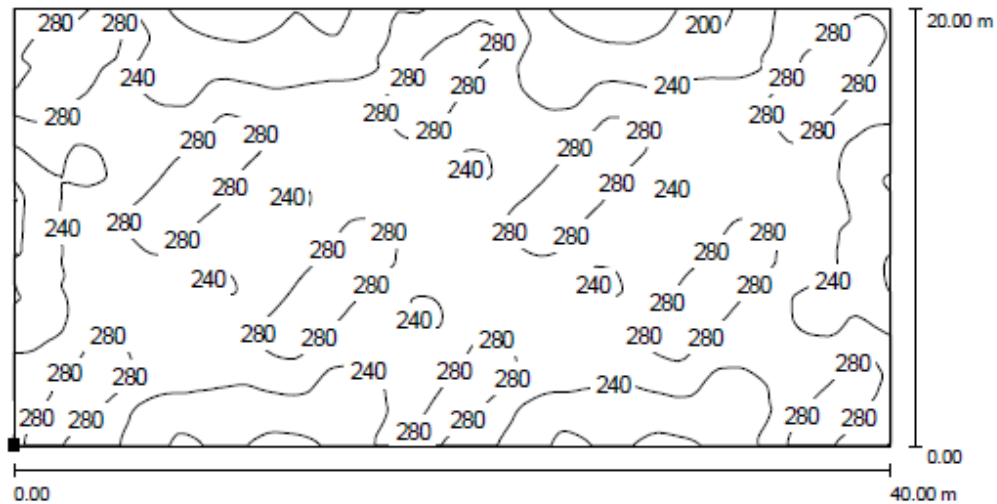
### Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
1	Cancha	horizontal	128x128	256	162	325	0.633	0.499
2	Graderíos	horizontal	128x128	123	23	220	0.189	0.106

### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
horizontal	2	229	23	325	0.10	0.07

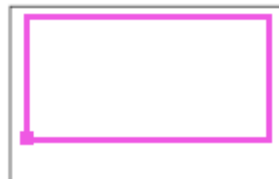
### Entrenamiento general (Clase III) / Cancha / Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 286

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:  
(20.704 m, 15.500 m, 1.500 m)

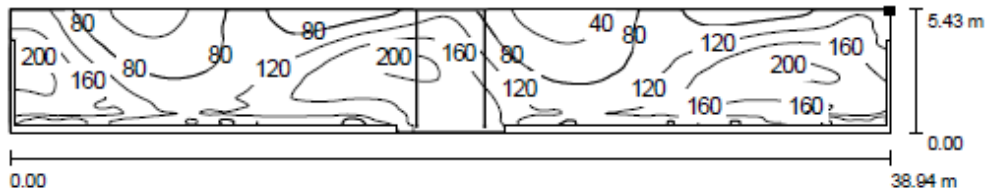


**Trama:** 128 x 128 Puntos

<b>Em [lx]</b>	<b>Emin [lx]</b>	<b>Emax [lx]</b>	<b>Emin / Em</b>	<b>Emin / Emax</b>
256	162	325	0.633	0.499



### Entrenamiento general (Clase III) / Graderíos / Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 279

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(21.263 m, 8.606 m, 4.116 m)

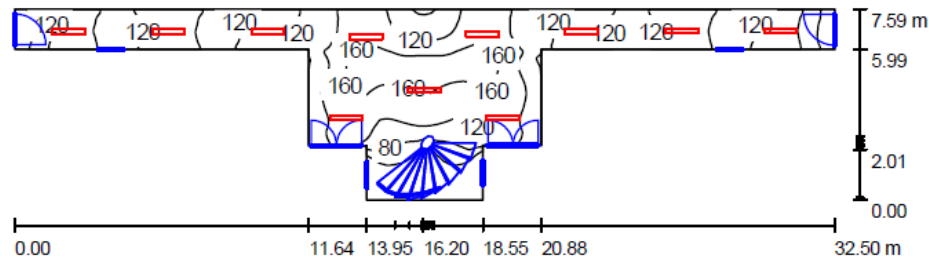


**Trama:** 128 x 128 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
123	23	220	0.189	0.106

## Hall Planta Baja

### Resumen



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m

Valores en Lux, Escala 1:250

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	120	7.95	183	0.066
Suelo	20	101	7.68	156	0.076
Techo	70	25	6.21	50	0.252
Paredes (14)	45	63	8.08	292	/

### Plano Útil

Altura: 0.850 m    Trama: 128 x 128 Puntos    Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	11	Sylvania 0046124 SYL-LOUVER HR 136 A2 (1.000)	3350	36.0
<b>Total:</b>			<b>36850</b>	<b>396.0</b>

Valor de eficiencia energética:  $4.09 \text{ W/m}^2 = 3.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $96.86 \text{ m}^2$ )





## Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 36850 lm

Potencia total: 396.0 W

Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	Directo	Indirecto	Total		
<b>Plano útil</b>	94	26	120	/	/
<b>Hall planta baja</b>	101	28	129	/	/
<b>Suelo</b>	76	24	101	20	6.40
<b>Techo</b>	0.00	25	25	70	5.49
<b>Pared 1</b>	13	26	39	28	3.52
<b>Pared 2</b>	44	34	78	52	13
<b>Pared 3</b>	33	22	55	52	9.12
<b>Pared 4</b>	30	22	52	28	4.62
<b>Pared 5</b>	3.32	11	14	28	1.29
<b>Pared 6</b>	1.88	9.71	12	28	1.03
<b>Pared 7</b>	3.22	9.56	13	28	1.14
<b>Pared 8</b>	30	21	51	28	4.56
<b>Pared 9</b>	32	23	54	52	8.97
<b>Pared 10</b>	44	35	79	52	13
<b>Pared 11</b>	15	26	41	28	3.66
<b>Pared 12</b>	42	32	73	52	12
<b>Pared 13</b>	28	20	49	5	0.77
<b>Pared 14</b>	40	33	73	52	12

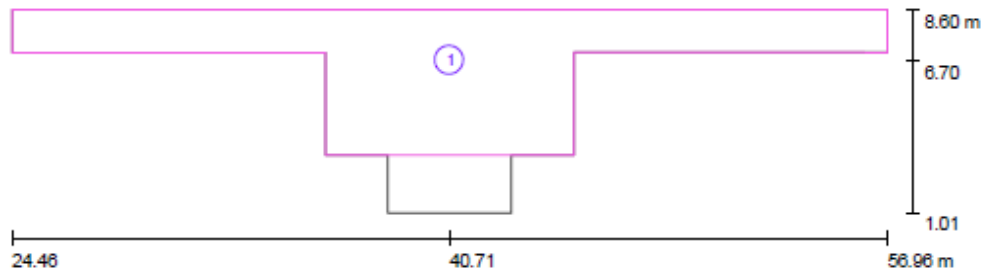
Simetrías en el plano útil

E<sub>min</sub> / E<sub>m</sub>: 0.066 (1:15)

E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub>: 0.043 (1:23)

Valor de eficiencia energética: 4.09 W/m<sup>2</sup> = 3.41 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 96.86 m<sup>2</sup>)

## Superficie de cálculo (sumario de resultados)

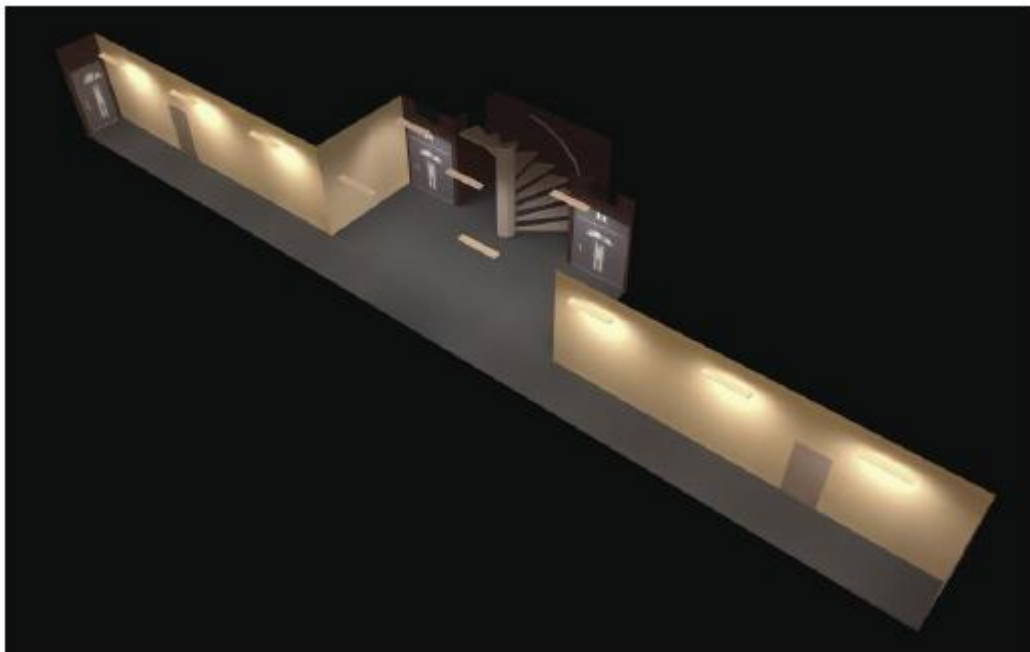


Escala 1 : 233

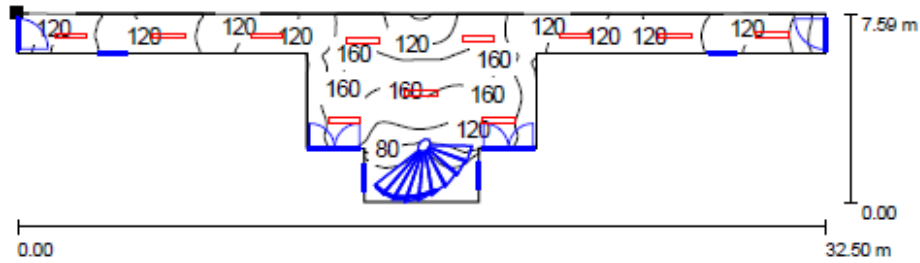
## Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
1	Hall planta baja	horizontal	128x128	129	31	183	0.2440	0.171

## Pre visualización Ray-Trace 1



### Plano útil / Isolíneas (E)



Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(24.455 m, 8.600 m, 0.850 m)

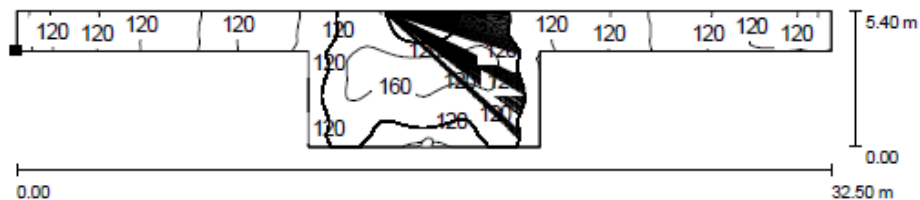
Valores en Lux, Escala 1 : 250



Trama: 128 x 128 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
120	7.95	183	0.066	0.043

### Hall planta baja/Isolíneas (E, horizontal)



Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(24.455 m, 7.000 m, 0.850 m)

Valores en Lux, Escala 1 : 233

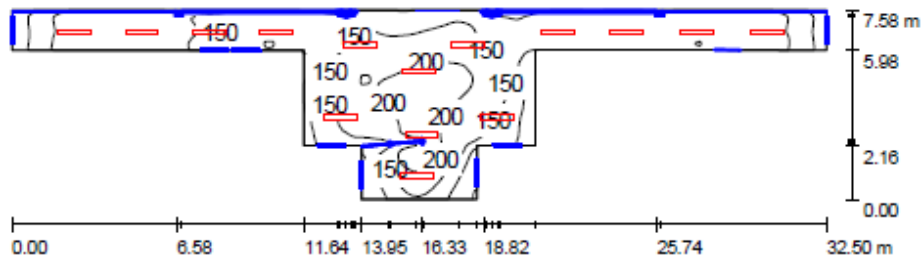


Trama: 128 x 128 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
129	31	183	0.244	0.171

## Hall Primera Planta

### Resumen



Altura del local: 5.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:250

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano Útil	/	144	28	247	0.198
Suelo	54	121	34	211	0.278
Techo	52	22	7.79	35	0.359
Paredes (14)	19	46	3.73	263	/

### Plano Útil

Altura: 0.850 m    Trama: 128 x 128 Puntos    Zona marginal: 0.000 m

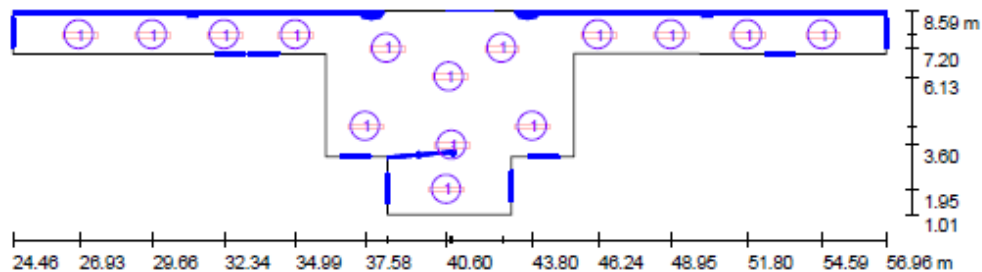
### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	15	Sylvania 0046124 SYL-LOUVER HR 136 A2 (1.000)	3350	36.0
<b>Total:</b>			<b>50250</b>	<b>540.0</b>

Valor de eficiencia energética:  $5.58 \text{ W/m}^2 = 3.87 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $96.80 \text{ m}^2$ )



## Luminarias (ubicación)

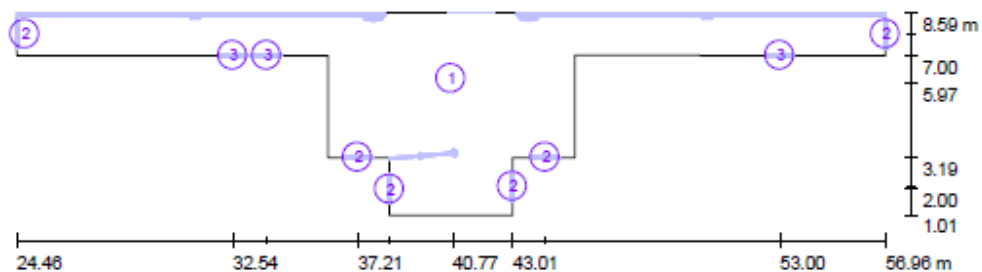


Escala 1 : 233

## Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	15	Sylvania 0046124 SYL-LOUVER HR 136 A2

## Objetos (plano de situación)



Escala 1 : 233

## Objeto-Lista de piezas

Nº	Pieza	Designación
1	1	Barandas-Sello
2	6	Ventana
3	3	Puerta



## Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 50250 lm

Potencia total: 540.0 W

Factor mantenimiento: 0.80

Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	Directo	Indirecto	Total		
<b>Plano útil</b>	132	12	144	/	/
<b>Hall primera planta</b>	132	12	144	/	/
<b>Suelo</b>	108	12	121	54	21
<b>Techo</b>	0.00	22	22	52	3.59
<b>Pared 1</b>	8.51	9.91	18	28	1.64
<b>Pared 2</b>	29	7.58	36	52	5.98
<b>Pared 3</b>	41	9.75	51	5	0.81
<b>Pared 4</b>	40	11	51	52	8.50
<b>Pared 5</b>	24	26	49	52	8.12
<b>Pared 6</b>	23	26	48	28	4.31
<b>Pared 7</b>	15	23	38	28	3.43
<b>Pared 8</b>	27	24	51	28	4.58
<b>Pared 9</b>	16	24	40	28	3.54
<b>Pared 10</b>	22	18	40	28	3.58
<b>Pared 11</b>	22	26	48	5	0.76
<b>Pared 12</b>	40	11	50	5	0.80
<b>Pared 13</b>	34	10	44	52	7.31
<b>Pared 14</b>	8.86	12	21	28	1.83
<b>Pared 15</b>	25	23	48	0	0.00

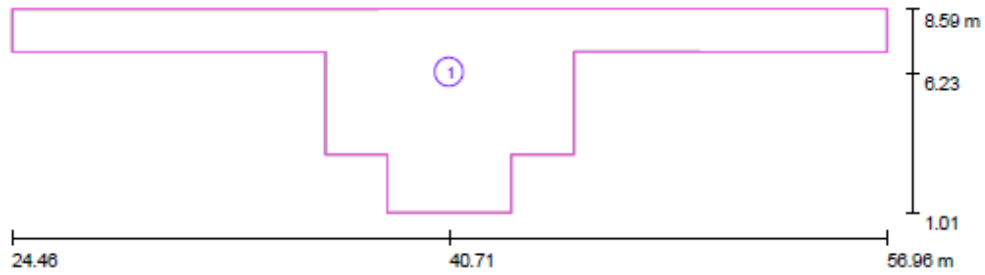
Simetrías en el plano útil

E<sub>min</sub> / E<sub>m</sub>: 0.198 (1:5)

E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub>: 0.115 (1:9)

**Valor de eficiencia energética:** 5.58 W/m<sup>2</sup> = 3.87 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 96.80 m<sup>2</sup>)

## Superficie de cálculo (sumario de resultados)

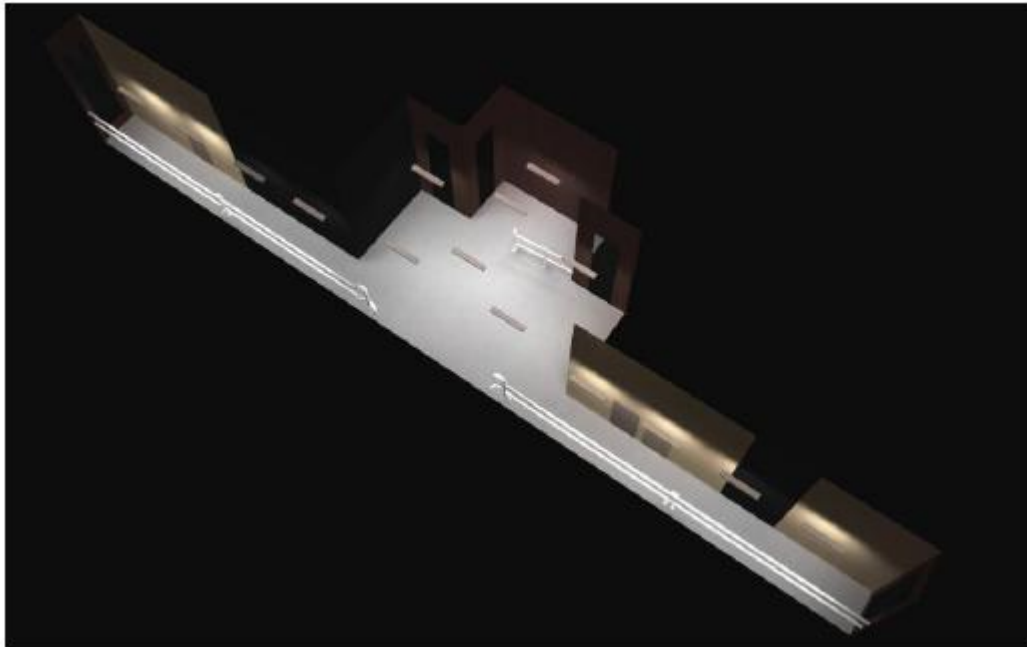


Escala 1 : 233

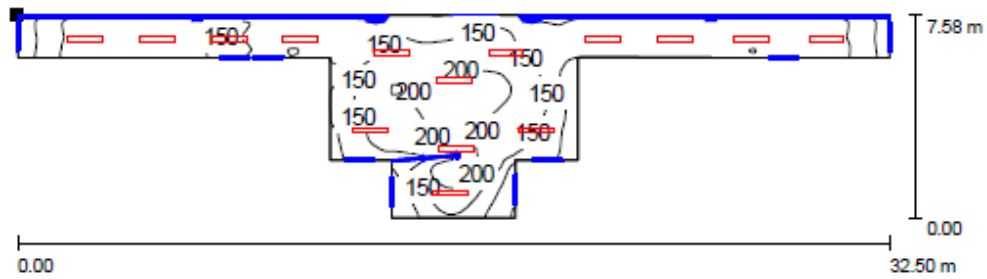
## Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
1	Hall primera planta	horizontal	128x128	144	29	247	0.201	0.117

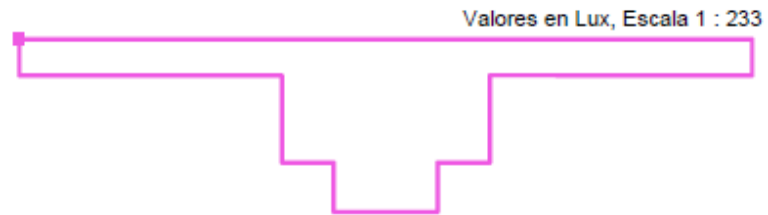
## Pre visualización Ray-Trace 1



### Plano útil / Isolíneas (E)



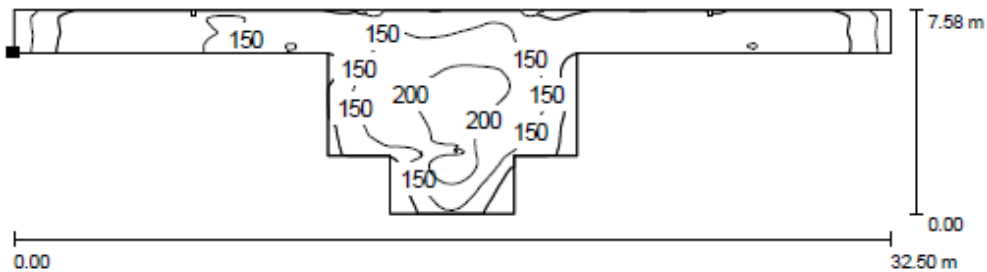
Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(24.455 m, 8.588 m, 0.850 m)



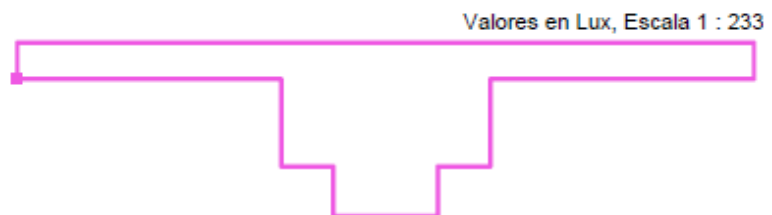
**Trama: 128 x 128 Puntos**

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
144	28	247	0.198	0.115

### Hall primera planta/Isolíneas (E, horizontal)



Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(24.455 m, 7.000 m, 0.850 m)



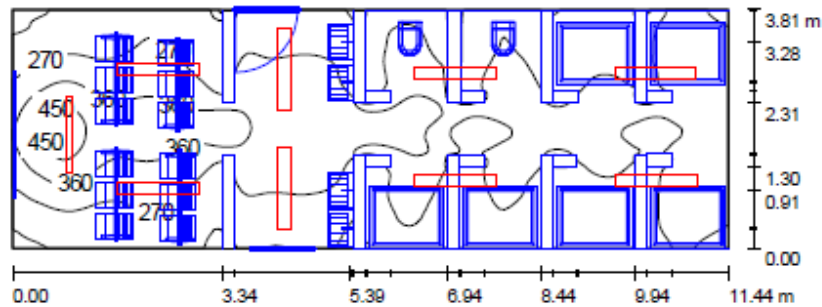
**Trama: 128 x 128 Puntos**

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
144	29	247	0.201	0.117

## Camerinos

**NOTA:** Los resultados que a continuación se detallan serán tanto para los camerinos de la derecha como de la izquierda debido a su mismo diseño.

### Resumen



Altura del local: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:100

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	240	71	499	0.296
Suelo	54	119	0.79	303	0.007
Techo	85	52	28	73	0.531
Paredes (4)	40	77	0.73	274	/

### Plano Útil

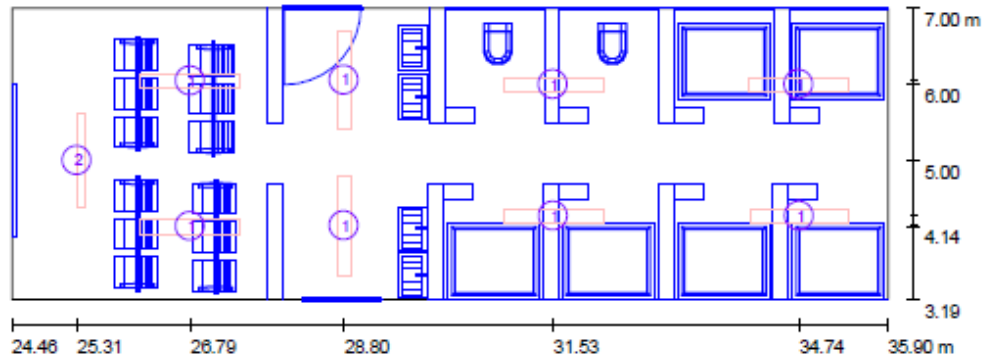
Altura: 0.850 m    Trama: 128 x 128 Puntos    Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	8	Sylvania 0046124 SYL-LOUVER HR 136 A2 (1.000)	3350	36.0
2		Sylvania 0052325 AS/90 136 B2 NC (1.000)	3350	43.0
<b>Total:</b>			<b>30150</b>	<b>331.0</b>

**Valor de eficiencia energética:**  $7.59 \text{ W/m}^2 = 3.17 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $43.58 \text{ m}^2$ )

### Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 82

### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	8	Sylvania 0046124 SYL-LOUVER HR 136 A2
2	1	Sylvania 0052325 AS/90 136 B2 NC

### Objetos (plano de situación)



Escala 1 : 82

### Objeto-Lista de piezas

Nº	Pieza	Designación
1	1	Aula y duchas
2	1	Puerta
3	1	Ventana



## Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 30150 lm

Potencia total: 331.0 W

Factor mantenimiento: 0.80

Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	Directo	Indirecto	Total		
<b>Plano útil</b>	189	51	240	/	/
<b>Pasillo y duchas</b>	158	53	211	/	/
<b>Aula</b>	254	47	302	/	/
<b>Pizarra</b>	294	55	349	/	/
<b>Suelo</b>	85	34	119	54	20
<b>Techo</b>	0.00	52	52	85	14
<b>Pared 1</b>	31	35	66	52	11
<b>Pared 2</b>	56	51	107	28	9.57
<b>Pared 3</b>	30	35	65	28	5.82
<b>Pared 4</b>	58	55	114	52	19

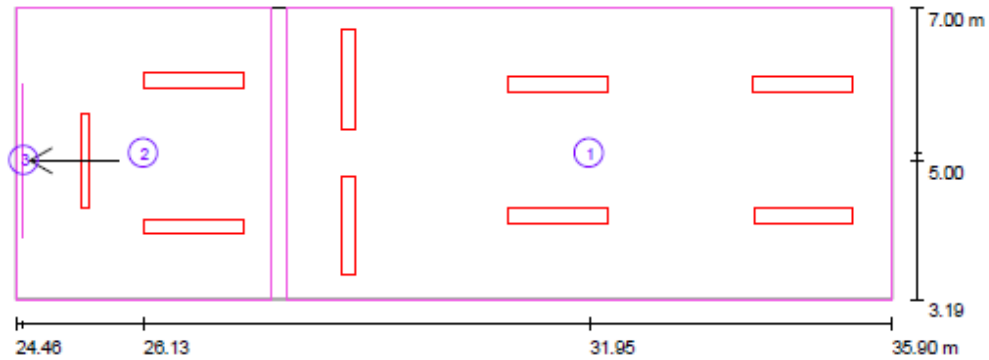
Simetrías en el plano útil

E<sub>min</sub> / E<sub>m</sub>: 0.296 (1:3)

E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub>: 0.142 (1:7)

**Valor de eficiencia energética:**  $7.59 \text{ W/m}^2 = 3.17 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base: 43.58 m<sup>2</sup>)

## Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 82

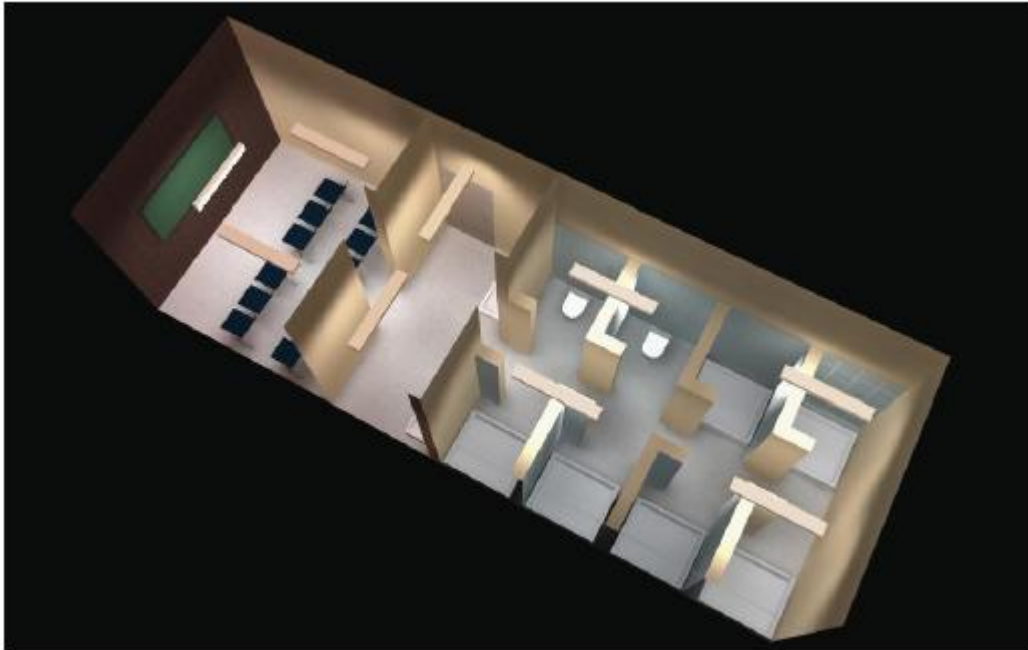
## Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
1	Pasillos y duchas	horizontal	128x128	211	71	426	0.335	0.166
2	Aula	horizontal	32x32	302	160	498	0.529	0.321
3	Pizarra	Vertical 0.0°	16x32	349	162	515	0.465	0.315

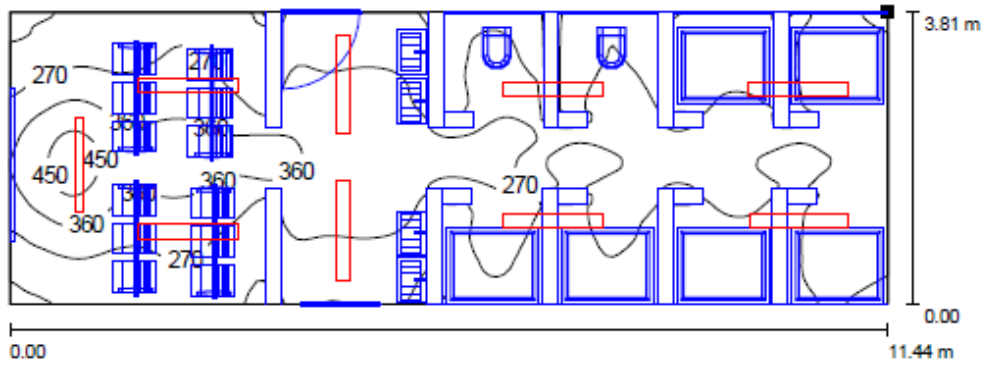
## Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	Emin/Em [lx]	Emin/Emax [lx]
horizontal	2	240	71	498	0.29	0.14
vertical	1	349	162	515	0.47	0.32

## Pre visualización Ray-Trace 1



## Plano útil / Isolíneas (E)



Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(35.900 m, 6.994 m, 0.850 m)

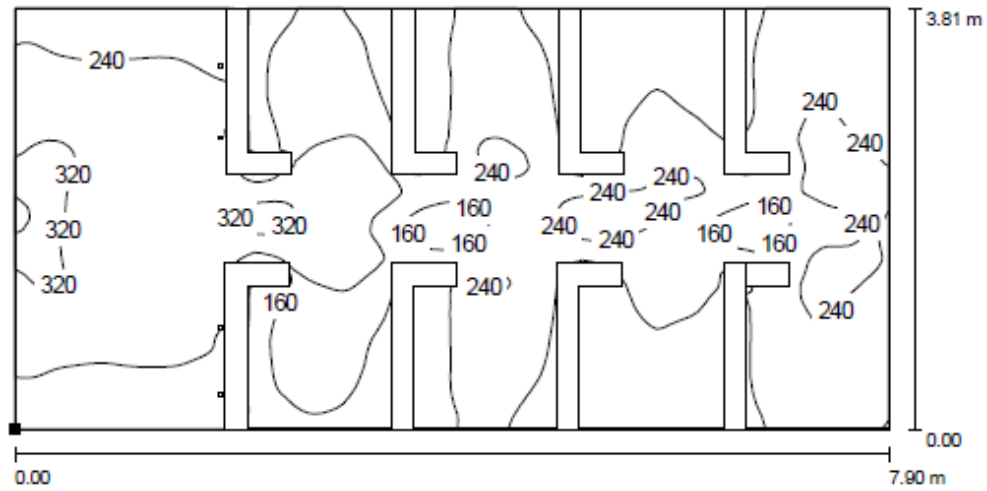
Valores en Lux, Escala 1 : 82



Trama: 128 x 128 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
240	71	499	0.296	0.142

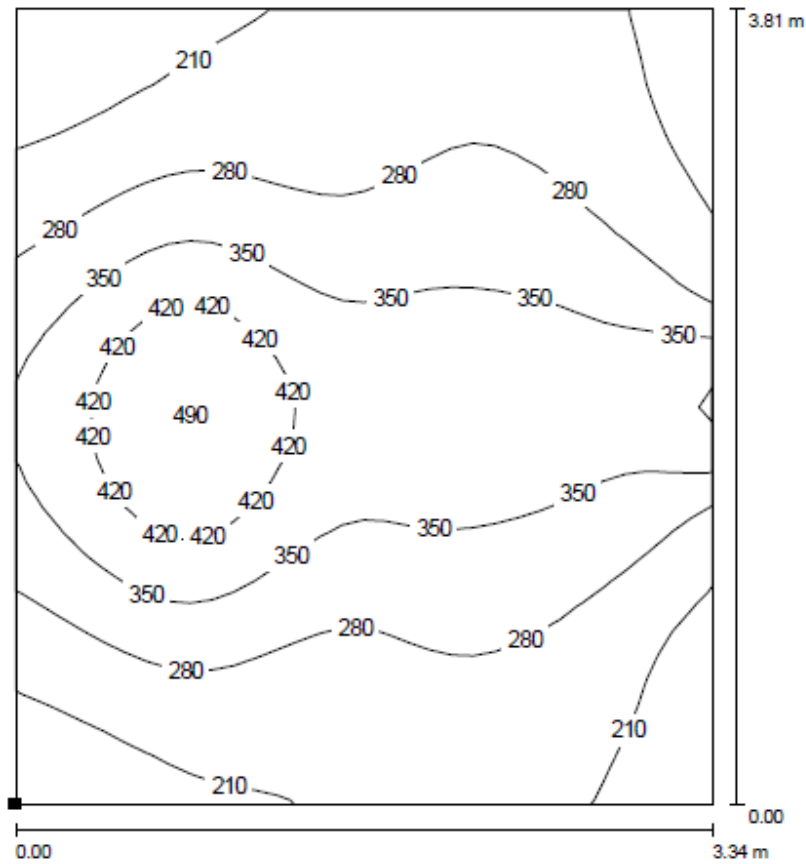
### Pasillo y Duchas / Isolíneas (E, horizontal)



**Trama: 128 x 128 Puntos**

<b>Em [lx]</b>	<b>Emin [lx]</b>	<b>Emax [lx]</b>	<b>Emin / Em</b>	<b>Emin / Emax</b>
211	71	426	0.335	0.166

### Aula / Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 30

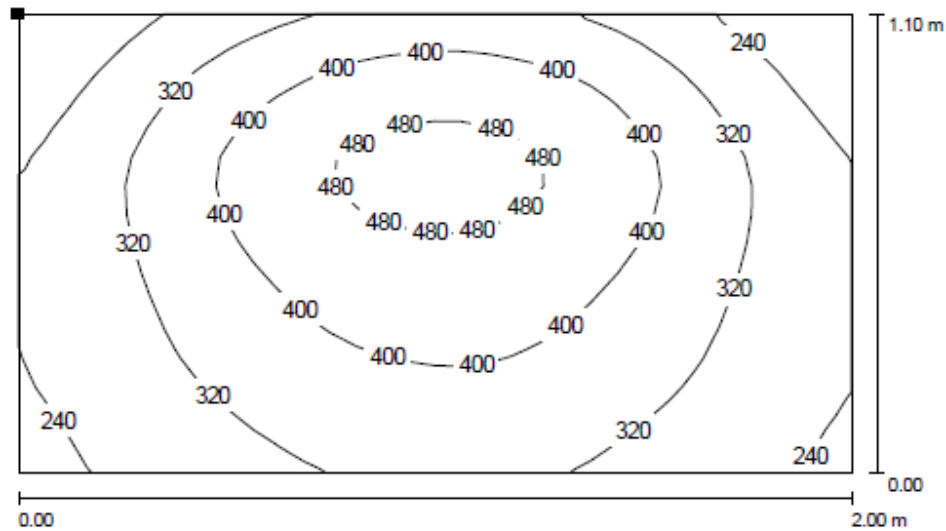
Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(24.455 m, 3.188 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
302	160	498	0.529	0.321

## Pizarra / Isolíneas (E, vertical)



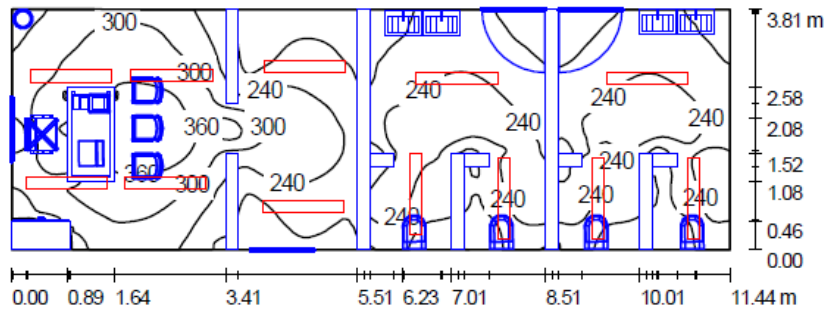
**Trama: 16x32 Puntos**

<b>E m [lx]</b>	<b>E min [lx]</b>	<b>E máx. [lx]</b>	<b>E min / E m</b>	<b>E min / E max</b>
<b>349</b>	162	515	0.465	0.315

Rotación: 0.0°

## Despacho y Aseos

### Resumen



Altura del local: 5.500 m, Altura de montaje: 3.438 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:100

Superficie	$\rho$ [%]	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em
Plano útil	/	243	123	419	0.507
Suelo	54	153	28	290	0.181
Techo	30	37	31	44	0.839
Paredes (6)	40	90	14	437	/

### Plano Útil

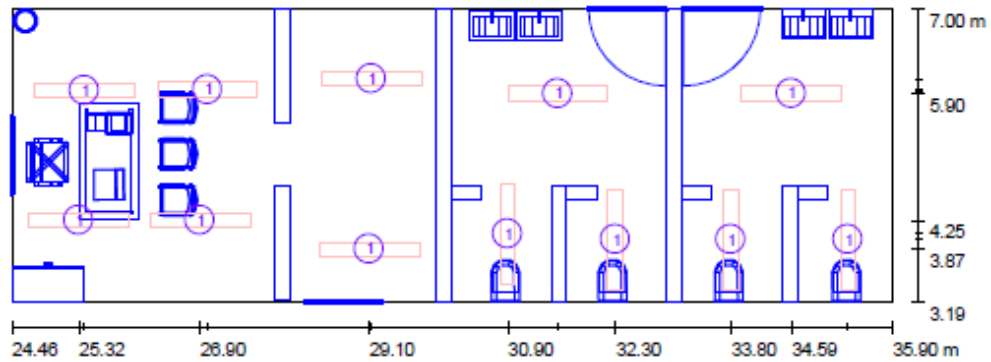
Altura: 0.850 m    Trama: 128 x 128 Puntos    Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	12	Sylvania 0046124 SYL-LOUVER HR 136 A2 (1.000)	3350	36.0
<b>Total:</b>			<b>40200</b>	<b>432.0</b>

Valor de eficiencia energética:  $9.90 \text{ W/m}^2 = 4.08 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $43.63 \text{ m}^2$ )

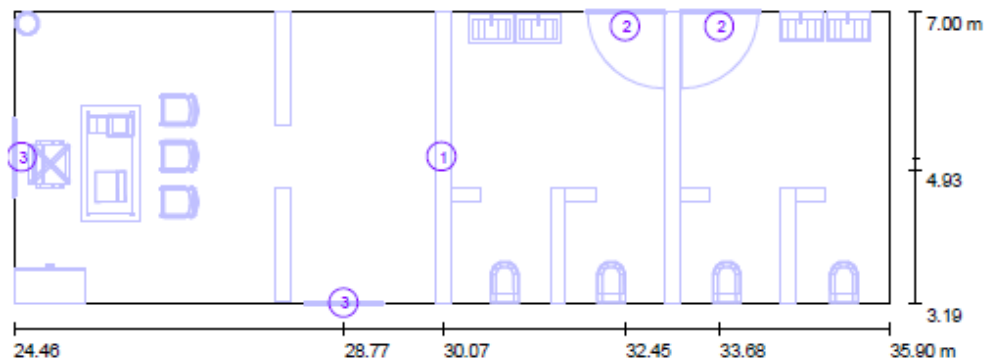
### Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 82

Nº	Pieza	Designación
1	12	Sylvania 0046124 SYL-LOUVER HR 136 A2

### Objetos (plano de situación)



Escala 1 : 82

### Objeto-Lista de piezas

Nº	Pieza	Designación
1	1	Nuevo
2	2	Puerta
3	2	Ventana



## Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 40200 lm

Potencia total: 432.0 W

Factor mantenimiento: 0.80

Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	Directo	Indirecto	Total		
<b>Plano útil</b>	193	50	243	/	/
<b>Despacho</b>	255	52	307	/	/
<b>Pasillo</b>	173	39	212	/	/
<b>Servicios</b>	165	54	219	/	/
<b>Suelo</b>	108	45	153	54	26
<b>Techo</b>	0.00	37	37	30	3.56
<b>Pared 1</b>	29	41	70	52	12
<b>Pared 2</b>	42	41	83	5	1.32
<b>Pared 3</b>	53	45	98	52	16
<b>Pared 4</b>	54	43	97	52	16
<b>Pared 5</b>	50	44	94	28	8.41
<b>Pared 6</b>	54	46	100	52	17

Simetrías en el plano útil

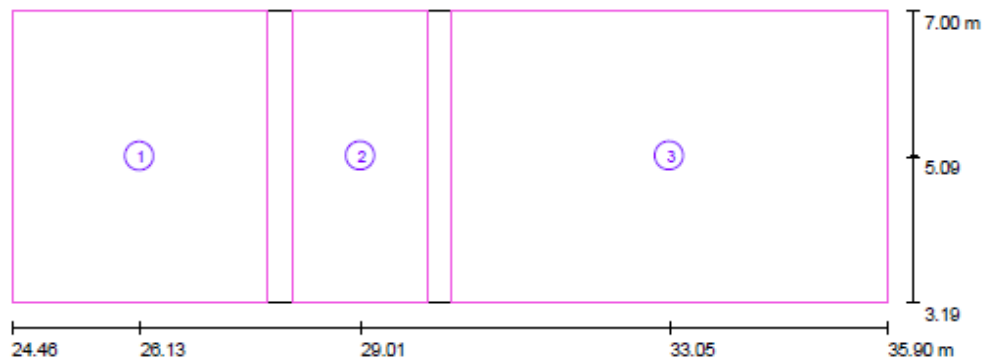
E<sub>min</sub> / E<sub>m</sub>: 0.507 (1:2)

E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub>: 0.294 (1:3)

Valor de eficiencia energética: 9.90 W/m<sup>2</sup> = 4.08 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 43.63 m<sup>2</sup>)



## Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 82

## Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
1	Despacho	Horizontal	128x128	307	202	418	0.658	0.483
2	Pasillo	Horizontal	128x128	135	135	343	0.637	0.395
3	Servicios	horizontal	128x128	118	118	305	0.537	0.386

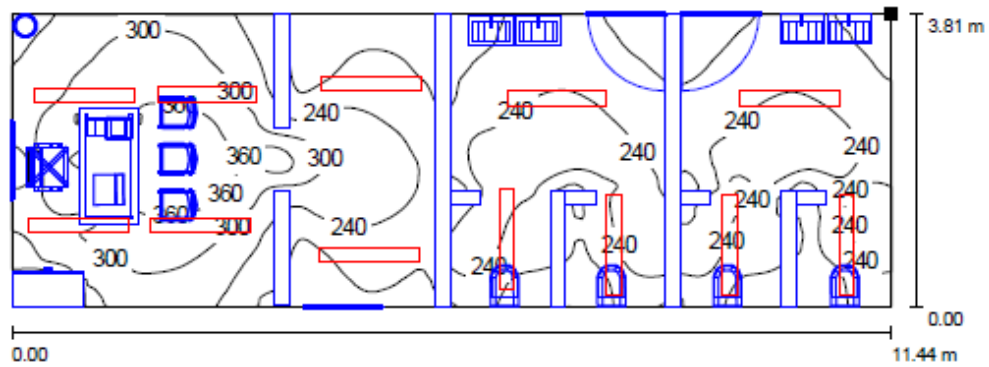
## Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	Emin/Em [lx]	Emin/Emax [lx]
horizontal	3	244	118	418	0.48	0.28

## Pre visualización Ray-Trace 1



## Plano útil / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 82

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(35.900 m, 6.999 m, 0.850 m)

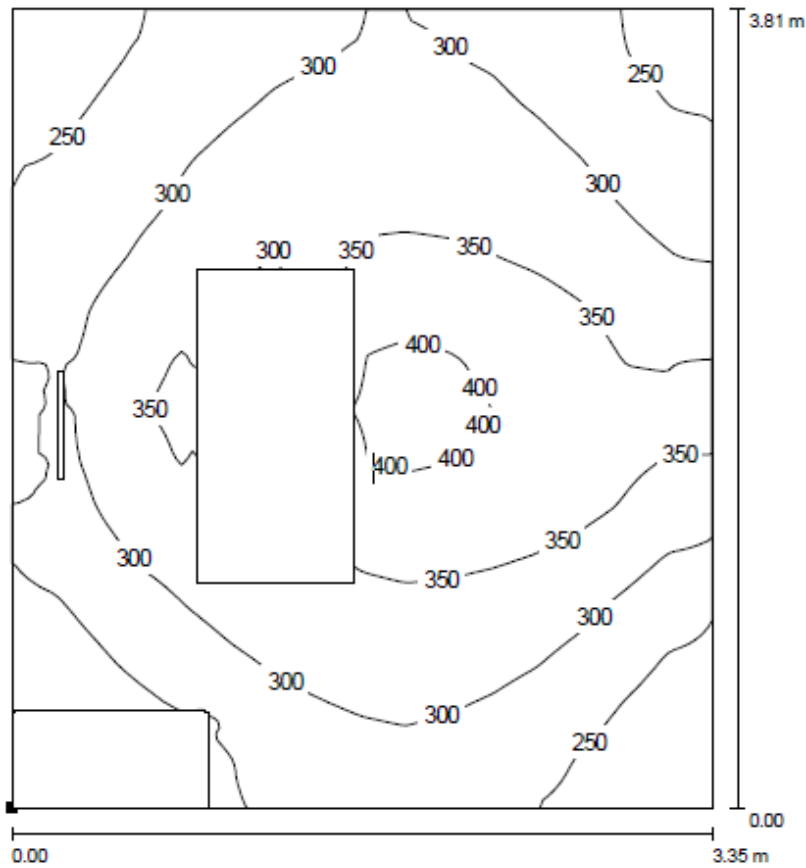


Trama: 128 x 128 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
243	123	419	0.507	0.294



## Despacho/Isolíneas (E, horizontal)



Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(24.455 m, 3.188 m, 0.850 m)

Valores en Lux, Escala 1 : 30

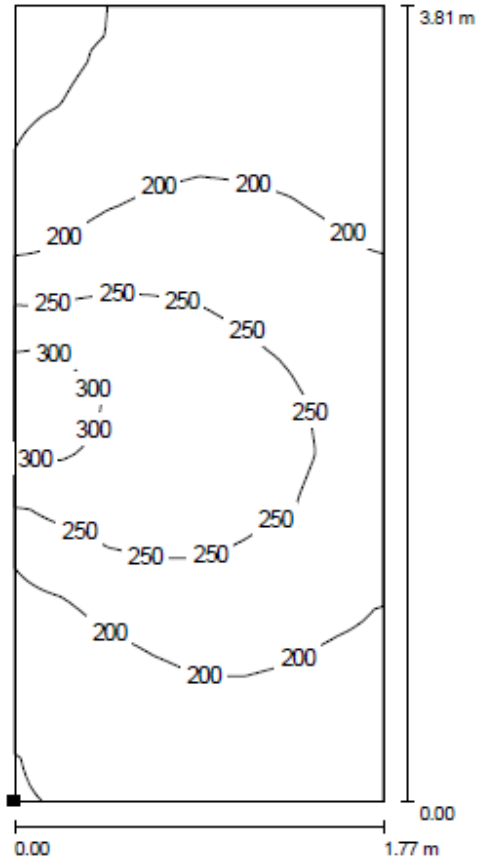


Trama: 128 x 128 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
307	202	418	0.658	0.483



### Pasillo / Isolíneas (E, horizontal)



Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(28.127 m, 3.193 m, 0.850 m)

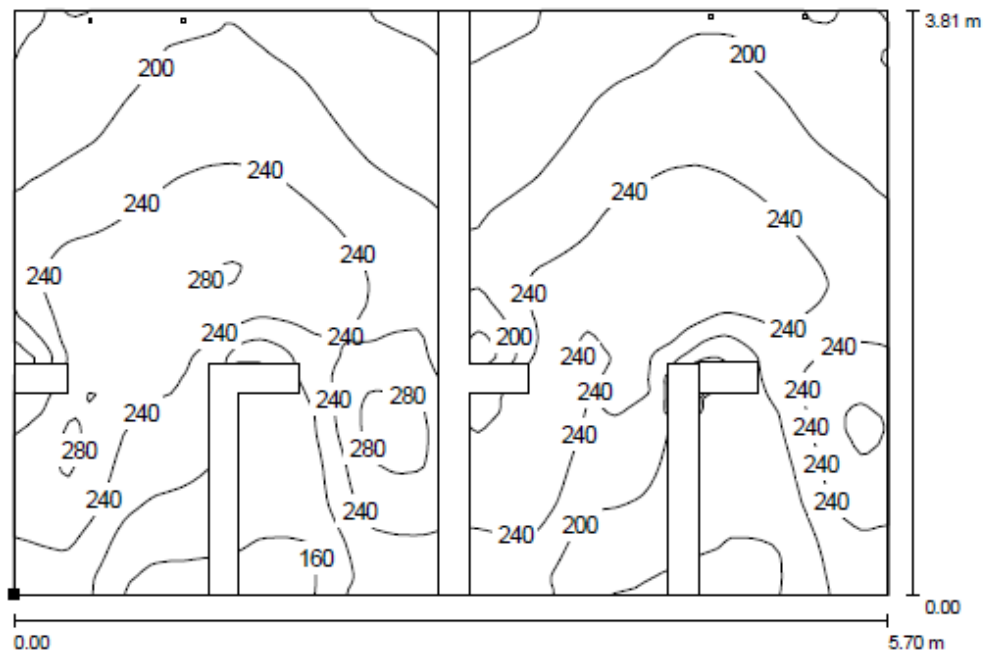


Valores en Lux, Escala 1 : 30

**Trama: 128 x 128 Puntos**

<b>Em [lx]</b>	<b>Emin [lx]</b>	<b>Emax [lx]</b>	<b>Emin / Em</b>	<b>Emin / Emax</b>
212	135	343	0.637	0.395

### Aseos / Isolíneas (E, horizontal)



Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(30.200 m, 3.193 m, 0.850 m)

Valores en Lux, Escala 1 : 41

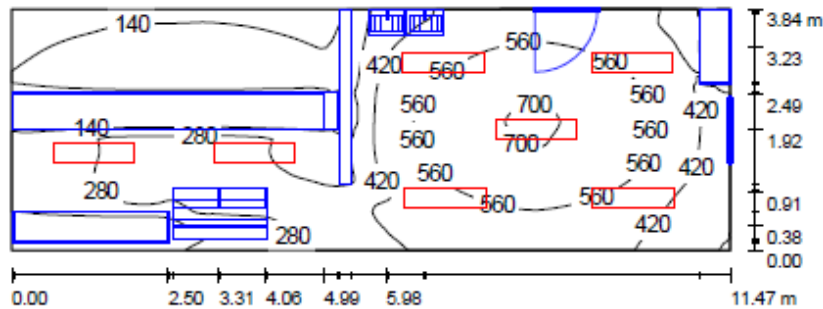


**Trama: 128 x 128 Puntos**

<b>Em [lx]</b>	<b>Emin [lx]</b>	<b>Emax [lx]</b>	<b>Emin / Em</b>	<b>Emin / Emax</b>
219	118	305	0.537	0.386

## Bar

### Resumen



Altura del local: 5.500 m, Altura de montaje: 3.938 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:100

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	362	14	710	0.039
Suelo	54	278	7.77	553	0.028
Techo	68	173	25	342	0.143
Paredes (6)	28	136	5.62	428	/

### Plano Útil

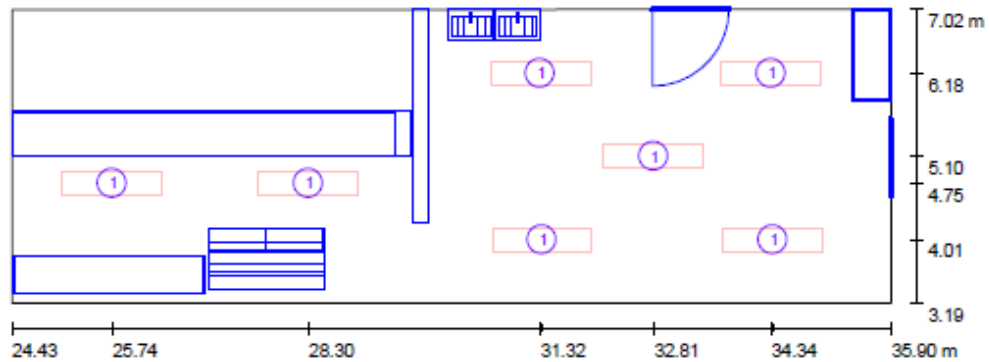
Altura: 0.850 m      Trama: 128 x 128 Puntos      Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	7	Sylvania 0046462 SYL-LOUVER D/I DO 236 A2 (1.000)	6700	72.0
<b>Total:</b>			<b>46900</b>	<b>504.0</b>

Valor de eficiencia energética:  $11.47 \text{ W/m}^2 = 3.17 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $43.94 \text{ m}^2$ )

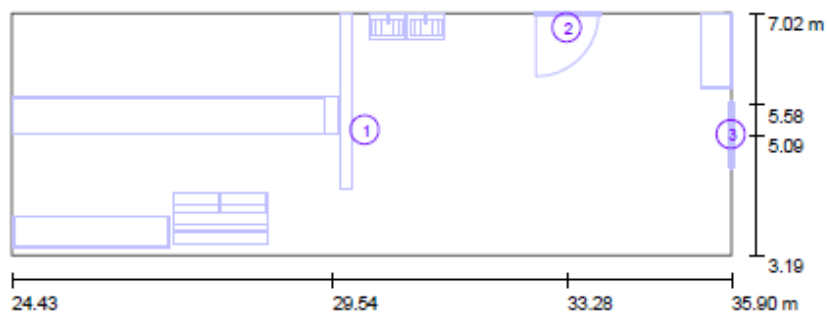
### Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 82

Nº	Pieza	Designación
1	7	Sylvania 0046462 SYL-LOUVER D/I DO 236 A2

### Objetos (plano de situación)



Escala 1 : 100

### Objeto-Lista de piezas

Nº	Pieza	Designación
1	1	Mesas y nevera
2	1	Puerta
3	1	Ventana



## Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 46900 lm

Potencia total: 504.0 W

Factor mantenimiento: 0.80

Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	Directo	Indirecto	Total		
<b>Plano útil</b>	295	67	362	/	/
<b>Barra del bar</b>	170	30	200	/	/
<b>Almacén y cocina</b>	414	100	514	/	/
<b>Suelo</b>	214	65	278	54	48
<b>Techo</b>	109	64	173	68	37
<b>Pared 1</b>	79	111	190	52	32
<b>Pared 2</b>	21	40	61	5	0.97
<b>Pared 3</b>	50	37	86	5	1.38
<b>Pared 4</b>	35	34	70	52	12
<b>Pared 5</b>	61	90	151	28	13
<b>Pared 6</b>	63	100	163	28	14

Simetrías en el plano útil

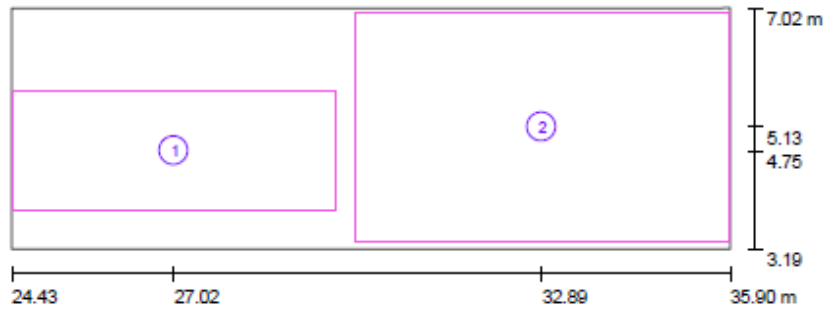
E<sub>min</sub> / E<sub>m</sub>: 0.039 (1:26)

E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub>: 0.020 (1:51)

**Valor de eficiencia energética:** 11.47 W/m<sup>2</sup> = 3.17 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 43.94 m<sup>2</sup>)



## Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 100

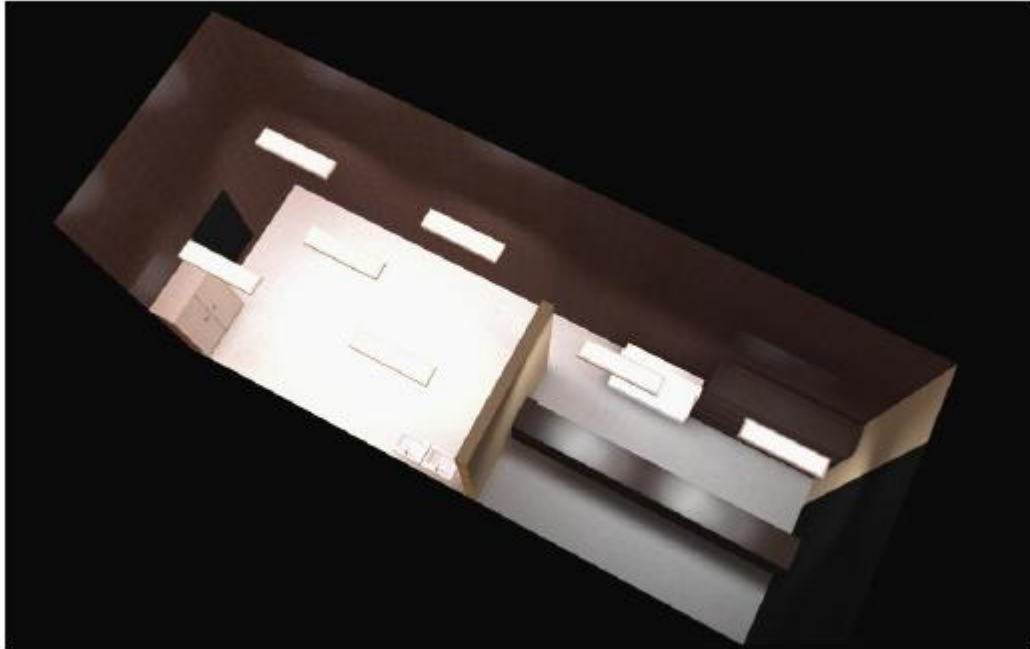
## Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
1	Barra del Bar	Horizontal	32x16	200	17	342	0.084	0.049
2	Almacén y cocina	Horizontal	128x128	514	51	708	0.099	0.072

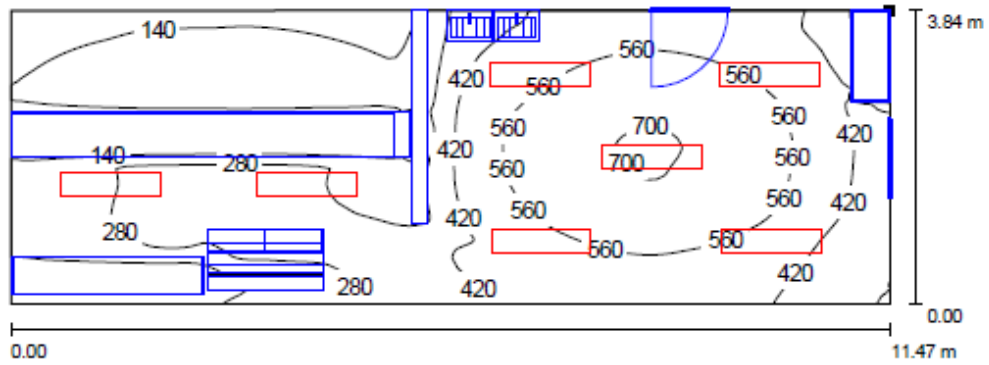
## Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	Emin/Em [lx]	Emin/Emax [lx]
horizontal	2	419	17	708	0.04	0.02

## Pre visualización Ray-Trace 1



## Plano útil / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 82

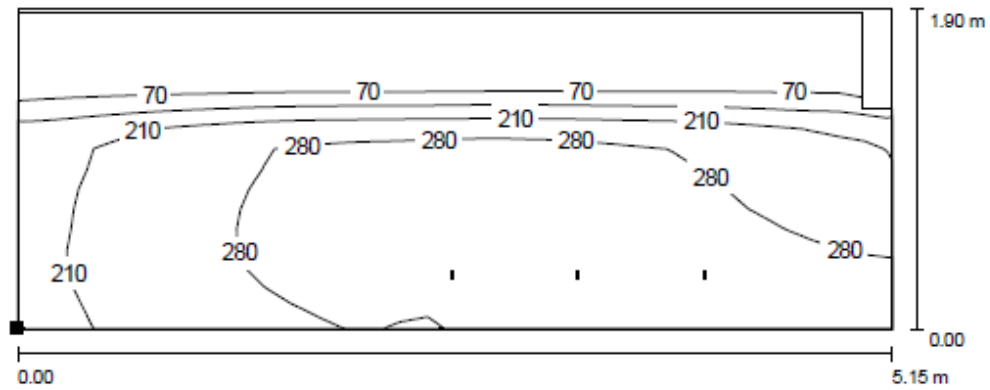
Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(35.900 m, 7.023 m, 0.850 m)



## Trama: 128 x 128 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
362	14	710	0.039	0.020

### Barra del Bar / Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 37

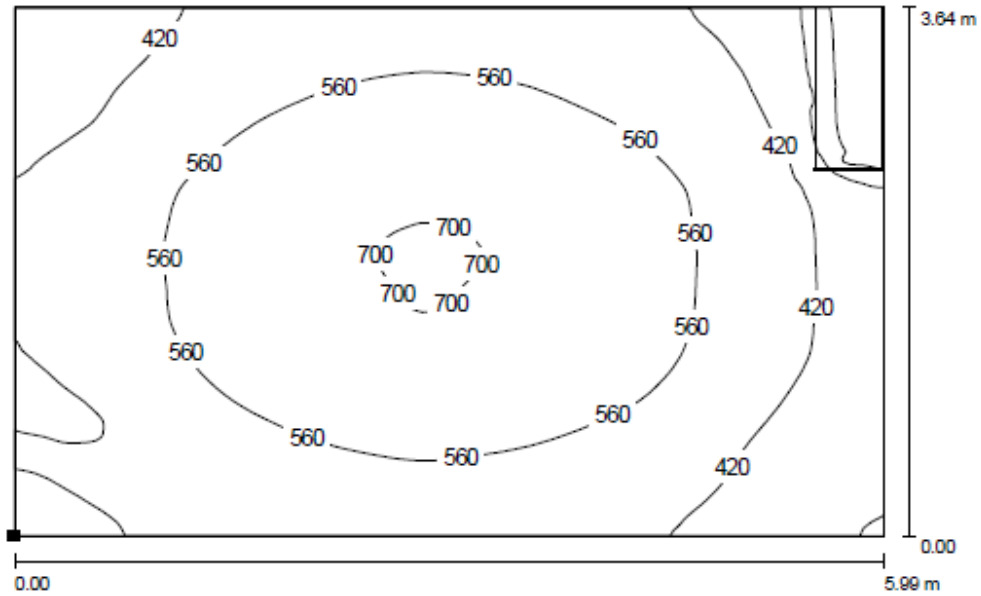
Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(24.446 m, 3.800 m, 0.850 m)



Trama: 32 x 16 Puntos

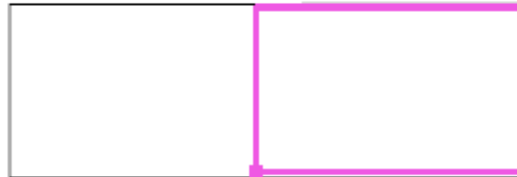
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
200	17	342	0.084	0.049

### Almacén y cocina / Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 43

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(29.900 m, 3.304 m, 0.850 m)



**Trama: 128 x 128 Puntos**

Em [lx]	Emin [lx]	E <sub>max</sub> [lx]	Emin / Em	Emin / E <sub>max</sub>
514	51	708	0.099	0.072

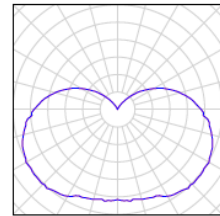
## 2.2 ILUMINACIÓN EXTERIOR

### Lista de luminarias

#### 36 Piezas

#### **iGuzzini 7247\_1930 EMILIA**

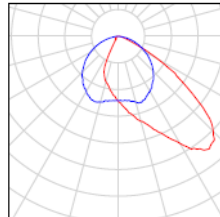
Nº de artículo: 7247\_1930  
Flujo luminoso de las luminarias: 5600 lm  
Potencia de las luminarias: 83.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 71  
Código CIE Flux: 25 51 77 71 75  
Armamento: 1 x 1700 (Factor de corrección 1.000).



#### 43 Piezas

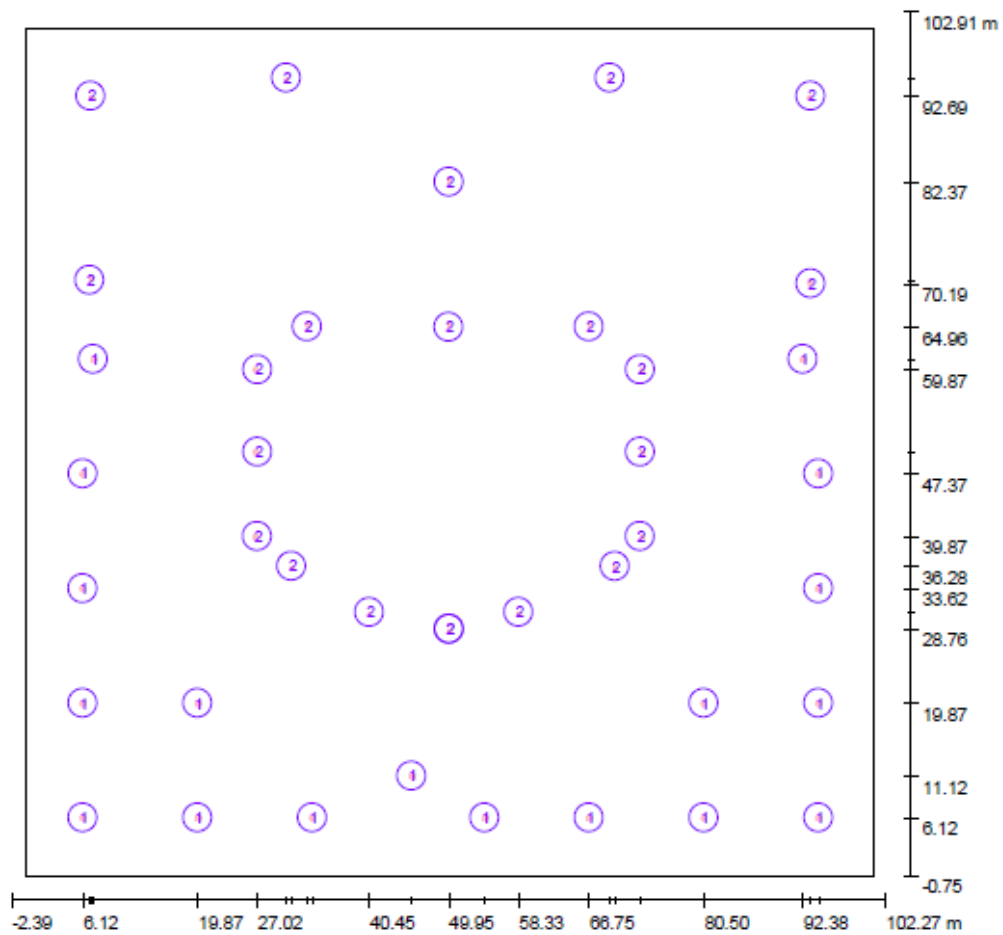
#### **iGuzzini 7369 PLATEA\_PRO**

Nº de artículo: 7369  
Flujo luminoso de las luminarias: 20000 lm  
Potencia de las luminarias: 275.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 53 91 100 96 38  
Armamento: 1 x 1802 (Factor de corrección 1.000).





## Luminarias (ubicación)

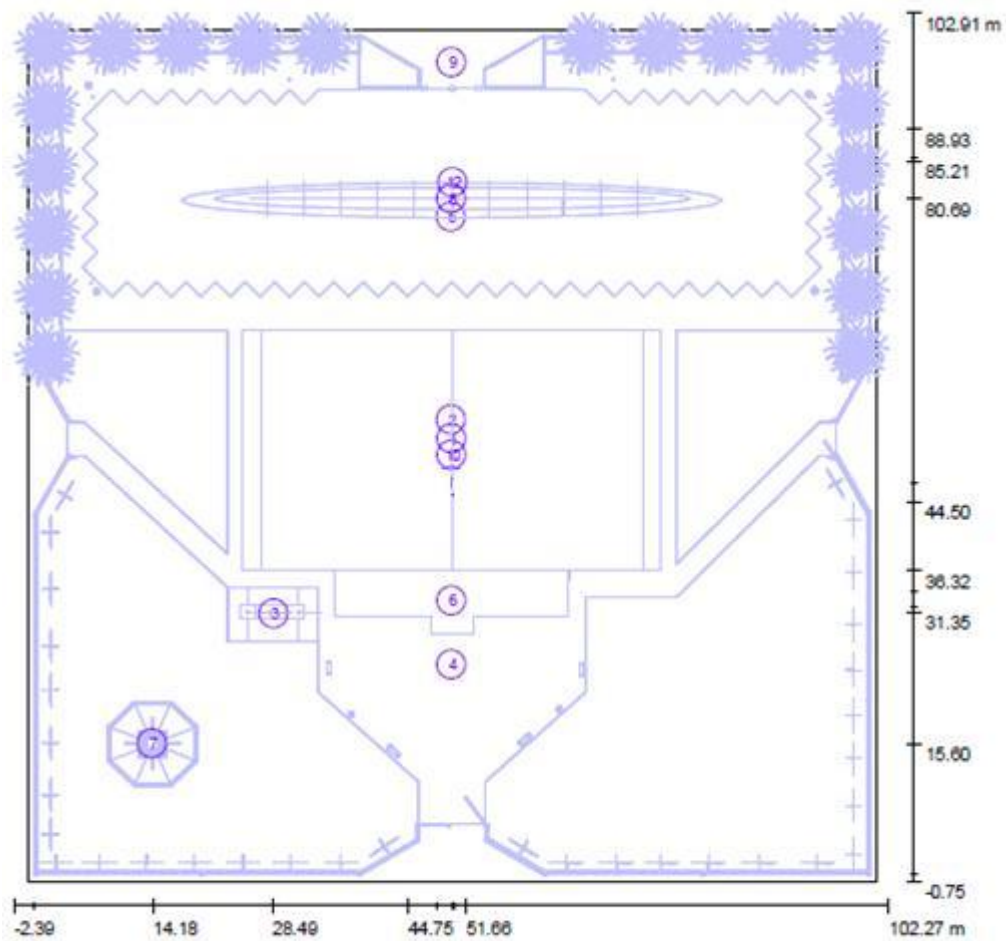


Escala 1 : 750

## Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	18	iGuzzini 7247_1930 EMILIA
2	22	iGuzzini 7369 PLATEA_PRO

### Objetos (plano de situación)

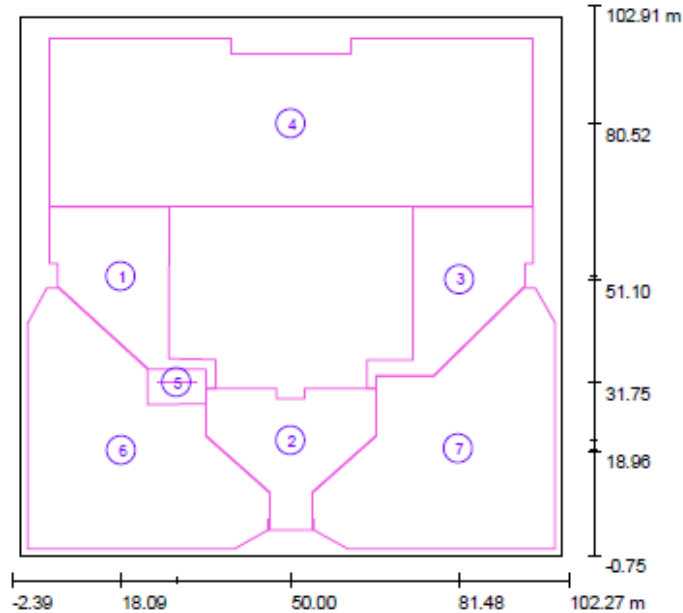


Escala 1 : 750

### Objeto-Lista de piezas

Nº	Pieza	Designación
1	1	Aceras y bordillos
2	1	Bancos y basureros
3	1	Banderas
4	1	Cerramiento delantero
5	1	Cerramiento posterior
6	1	Espacios verdes
7	1	Fuente
8	1	Aparcamiento
9	1	Garita
10	1	Polideportivo

## Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 1180

### Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
1	Ingreso y espacio verde Izquierdo	horizontal	128x128	27	8.57	53	0.314	0.160
2	Ingreso Principal	horizontal	128x128	36	4.24	83	0.117	0.051
3	Ingreso y espacio verde Derecho	horizontal	128x128	27	7.89	53	0.290	0.148
4	Aparcamiento	horizontal	128x128	17	7.65	29	0.45	0.263
5	Banderas	perpendicular	128x128	41	5.70	132	0.137	0.043
6	Área verde frontal izquierda	horizontal	128x128	13	0.61	55	0.048	0.011
7	Área verde frontal derecha	horizontal	128x128	13	0.69	57	0.051	0.012



## Resumen de los resultados

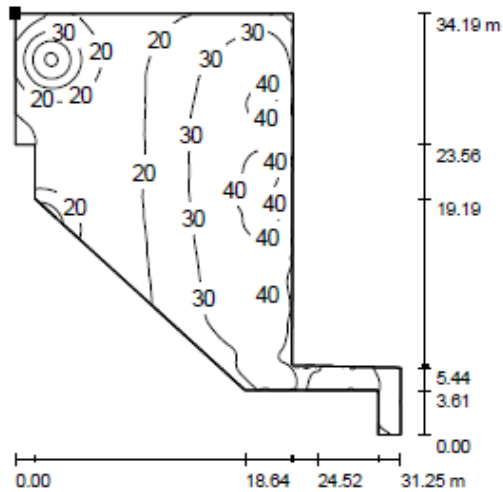
Tipo	Cantidad	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
<b>perpendicular</b>	1	41	5.70	132	0.14	0.04
<b>horizontal</b>	6	18	0.61	83	0.03	0.01

## Pre visualización



## Superficies exteriores

### Ingreso y espacio verde Izquierdo / Isolíneas (E, horizontal)



Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(4.563 m, 64.875 m, 0.850 m)

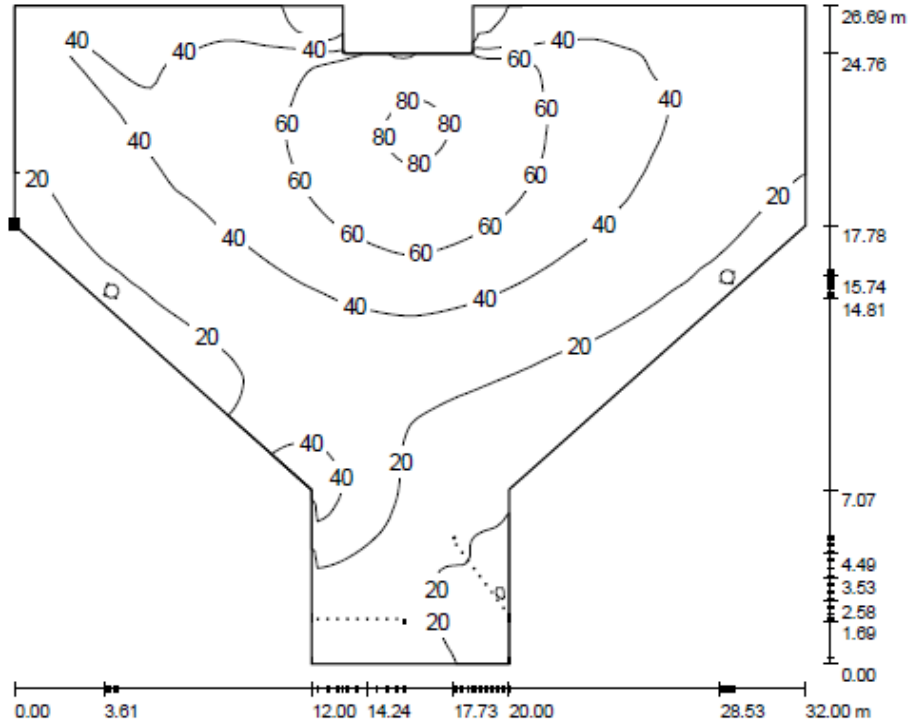


Valores en Lux, Escala 1 : 500

**Trama: 128 x 128 Puntos**

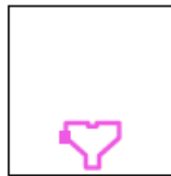
<b>Em [lx]</b>	<b>Emin [lx]</b>	<b>Emax [lx]</b>	<b>Emin / Em</b>	<b>Emin / Emax</b>
27	8.57	53	0.314	0.160

### Ingreso Principal / Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 250

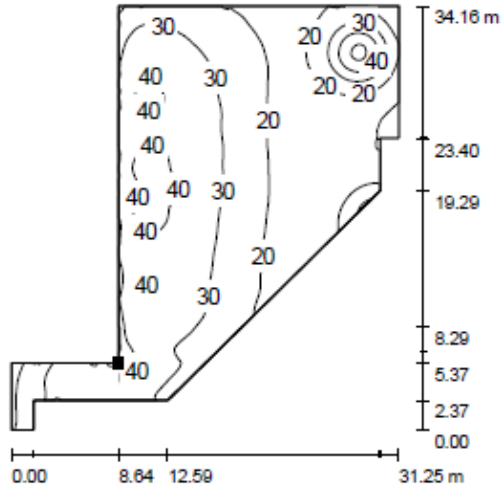
Situación de la superficie en la  
escena exterior:  
Punto marcado:  
(33.997 m, 21.785 m, 0.850 m)



**Trama: 128 x 128 Puntos**

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
36	4.24	83	0.117	0.051

### Ingreso y espacio verde Derecho / Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 500

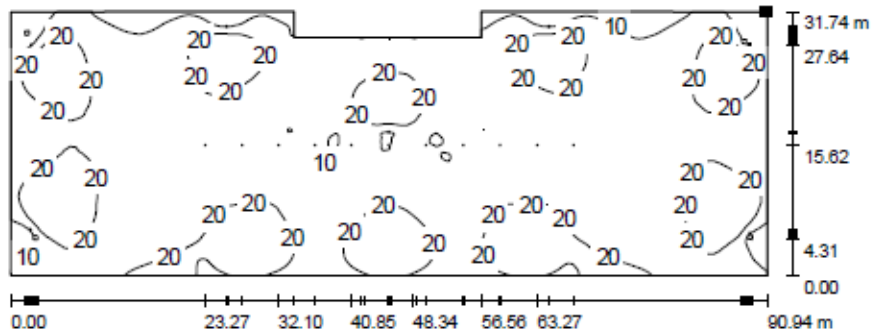
Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(72.894 m, 36.090 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
27	7.89	53	0.290	0.148

### Aparcamiento/ Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 750

Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(95.500 m, 96.750 m, 0.850 m)

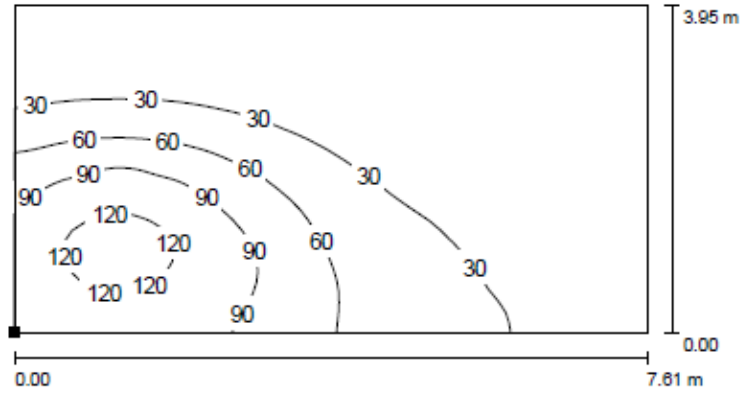


**Trama: 128 x 128 Puntos**

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
17	1.39	29	0.082	0.048

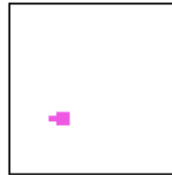


## Banderas / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 75

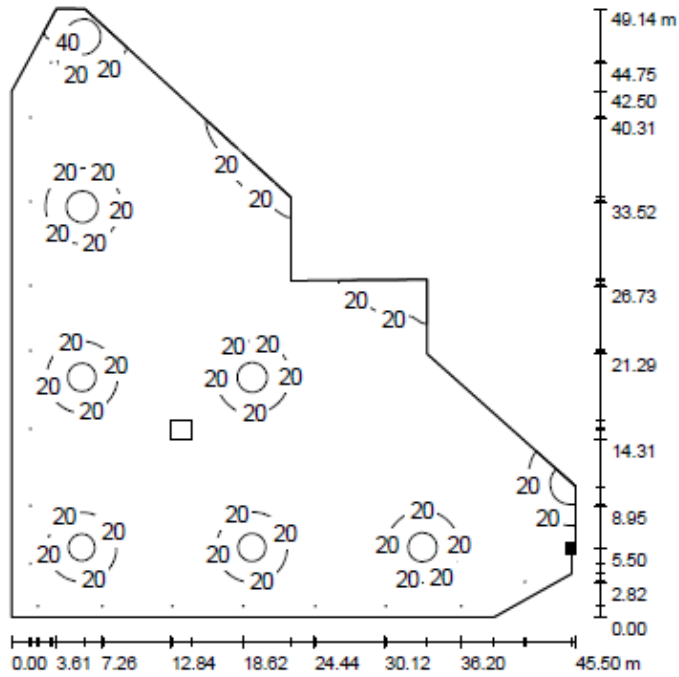
Situación de la superficie en la  
escena exterior:  
Punto marcado:  
(32.375 m, 31.750 m, 4.711 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax
41	5.70	132	0.137	0.043

### Área verde frontal izquierda / Isolíneas (E, horizontal)



Valores en Lux, Escala 1 : 500

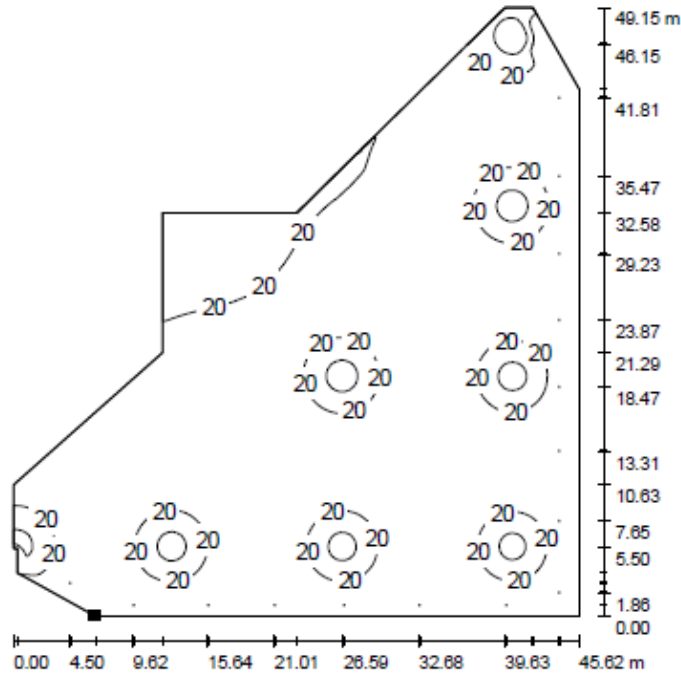
Situación de la superficie en la escena exterior:  
Punto marcado:  
(45.670 m, 6.000 m, 0.850 m)



**Trama: 128 x 128 Puntos**

<b>Em [lx]</b>	<b>Emin [lx]</b>	<b>Emax [lx]</b>	<b>Emin / Em</b>	<b>Emin / Emax</b>
13	0.61	55	0.048	0.011

### Área verde frontal derecha / Isolíneas (E, horizontal)



Situación de la superficie en la  
escena exterior:  
Punto marcado:  
(60.599 m, 0.500 m, 0.850 m)



Valores en Lux, Escala 1 : 500

**Trama: 128 x 128 Puntos**

<b>Em [lx]</b>	<b>Emin [lx]</b>	<b>Emax [lx]</b>	<b>Emin / Em</b>	<b>Emin / Emax</b>
13	0.69	57	0.051	0.012



## CONCLUSIONES

De acuerdo a la investigación bibliográfica, los análisis y resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

- En la realización del presente trabajo se ha logrado alcanzar altos niveles altos niveles de aprendizaje sobre los fundamentos luminotécnicos.
- La iluminación incorrecta puede provocar fatiga visual y/o lesiones músculo-esqueléticas por adopción de posturas forzadas.
- La falta de iluminación puede ocasionar accidentes por caídas, choques contra objetos, mala percepción e interpretación de las señales de seguridad
- La utilización del software de iluminación DIALux permitió que la realización de este trabajo sea más ágil y los resultados más objetivos gracias a la representación foto realista que presenta.
- La distribución de los luminarios es uno de los factores determinantes para obtener una mejor eficiencia de las instalaciones de iluminación.
- La limpieza del local y de las luminarias principalmente de polvo es un elemento muy importante a tomar en cuenta dentro de un estudio luminotécnico pues de esto depende la degradación de la iluminación.
- La iluminación artificial óptima es la que definirá en una industria el nivel de productividad de los obreros y precautelara su salud laboral y en la iluminación en general brindara un mayor confort visual.



## RECOMENDACIONES

De acuerdo a la investigación bibliográfica, los análisis y resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

- Seguir incorporando en el proceso de enseñanza-aprendizaje la utilización de software que haga posible una mejor comprensión de los conocimientos, la obtención de resultados ágiles y confiables.
- En el caso de los sistemas de iluminación, efectuar limpiezas periódicas de las lámparas para así contribuir a la mejor distribución del flujo luminoso del área que se va a iluminar.
- En el momento de la planificación de las luminarias a utilizar, sustituir la iluminación con lámparas incandescentes por otras de mayor eficiencia como las de halogenuros metálicos
- Es recomendable en la decoración de los locales la utilización de colores claros en las paredes para mejorar la reflexión, colores oscuros disminuyen la iluminación y la hacen poco eficiente
- Incentivar en la formación de los nuevos profesionales la importancia que implica el ahorro energético.



## BIBLIOGRAFIA

DE LA CRUZ GOMES, José Manuel; DE LA CRUZ HIDALGA, Alberto. CTE Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación. España: Ediciones experiencia, SL, 2008

DE LA CRUZ GOMES, José Manuel. ITC-BT-09 Alumbrado Exterior. Madrid: Ediciones experiencia SL, 2006

COLEGIO NACIONAL DE OPTICOS-OPTOMETRISTAS DE ESPAÑA  
[Video].VARILUX

CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN

SAN MARTIN PARRANO, Ramón. Manual de Luminotecnia. Madrid: General de Ediciones especializadas S. L, 2003

### **Enlaces Internet.**

<http://edison.upc.es/curs/llum/indice0.html>: Detallada página de luminotecnia, iluminación de interiores y exteriores.

<http://www.construsur.com.ar>: Mantenimiento y montaje electromecánico

<http://editorial.cda.ulpgc.es>: Editorial de construcción arquitectónica

<http://www.electromagazine.com.uy> Revista del Sector Eléctrico del Uruguay.

<http://funindes.usb.ve/indene-web/iluminacion/metodos.html> Instituto de energía INDENE Universidad Simón Bolívar



<http://es.wikipedia.org>: Enciclopedia libre.

<http://www.electroindustria.com/pdfs/Pag7.pdf>

<http://www.eradelpixel.com/content/view/89/39/>

<http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/euleb/es/glossary/index12.html>

[http://www.unav.es/ted/manualted/manual\\_archivos/luz9\\_main.htm](http://www.unav.es/ted/manualted/manual_archivos/luz9_main.htm)

[http://www.philipslumileds.com/pdfs/myths\\_3\\_SP.PDF](http://www.philipslumileds.com/pdfs/myths_3_SP.PDF)

<http://www.anfalum.com/pdf/JornadaInfApliDircEcolum.pdf>

[http://conselleriavivenda.xunta.es/ipecos-opencms-portlet/export/sites/default/PortalVivenda/Biblioteca/Codigo\\_Tecnico\\_Edificacion/HE3\\_-\\_Eficiencia\\_Enerxxtica\\_das\\_Instalacixns\\_de\\_Iluminacixn.pdf](http://conselleriavivenda.xunta.es/ipecos-opencms-portlet/export/sites/default/PortalVivenda/Biblioteca/Codigo_Tecnico_Edificacion/HE3_-_Eficiencia_Enerxxtica_das_Instalacixns_de_Iluminacixn.pdf)



## ANEXOS

- ⌚ Norma UNE-EN 12464-1: 2003. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interiores
  
- ⌚ Norma UNE EN 12193: Iluminación. Alumbrado de instalaciones deportivas
  
- ⌚ Valores límite de eficiencia energética de la instalación