

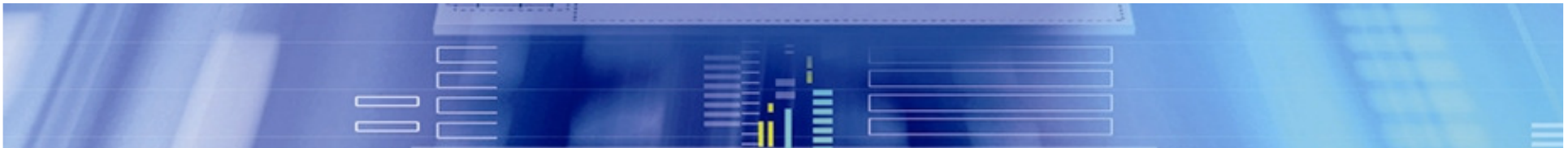
# **NORMA UNE-EN 12464-1**

**ILUMINACION DE LOS LUGARES DE TRABAJO  
PARTE 1: LUGARES DE TRABAJO EN INTERIORES**



## CORRESPONDENCIA Y ANTECEDENTES

- Publicada en Octubre de 2.003.
- Se trata de la transposición de la Norma Europea EN-12464-1 de Noviembre de 2.002.
- Elaborada por el Comité Técnico AEN / CTN 72 “Iluminación y Color“, cuya Secretaría desempeña ANFALUM.



## ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA

La iluminación de un espacio interior debe realizarse pensando en el ser humano, teniendo carácter prioritario el satisfacer sus exigencias en cuanto a:

- **Confort visual.**
- **Prestaciones visuales.**
- **Seguridad.**

La iluminación debe contribuir al bienestar:

- Eliminando las causas de posibles molestias.
- Proporcionando un ambiente visual agradable.



## ALGUNOS ANTECEDENTES HISTORICOS

- La ciencia luminotécnica, en su evolución, se ha apoyado fundamentalmente en el experimento.
- Creando un medio controlado en su totalidad y variando algunos de sus componentes, observar cual es la respuesta del individuo.
- A comienzos del siglo XX, se realizaron los primeros intentos para conocer la respuesta del hombre al sistema: HOMBRE - TAREA — ALUMBRADO.
- En 1.922, Luckiesh y Taylor, realizaron los primeros trabajos en el que observaron las iluminancias que escogían una serie de observadores para leer.
- En 1.940, Ferré y Rand, publicaron los resultados de sus investigaciones sobre la “relación entre iluminación y trabajo”. Haciendo referencia a las ventajas de:

Utilizar simultáneamente luz natural y artificial.

A la influencia del nivel de adaptación al deslumbramiento.

De la edad del trabajador.

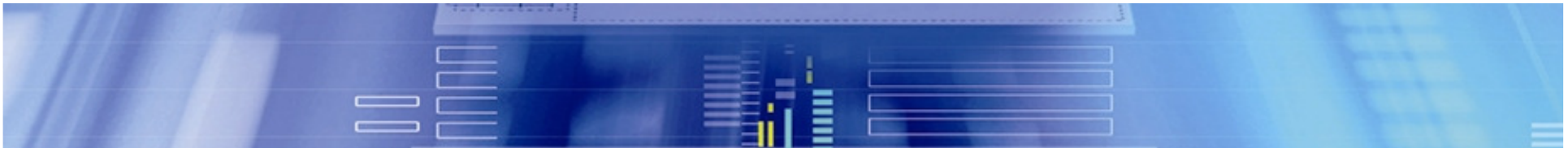
Del contraste de la tarea.



- En 1.941, Weston, investigó el efecto del nivel de iluminación sobre la rapidez y la exactitud con que se realiza una tarea.
- Durante la Segunda Guerra Mundial, debido a las necesidades de capacitación rápida de mano de obra, se crearon grupos multidisciplinares que facilitaron diseños “hombres-máquina”. Esto dio lugar a la ergonomía, denominada por los norteamericanos “Human Engineering”.
- Blackwell, un psicofísico, realizó estudios sobre las iluminancias que exigía la realización de diversas tareas visuales. Estos primeros resultados, constituyen la base de los niveles de iluminación que recomienda la IES americana desde 1.959.
- En cuanto a deslumbramientos, ya en 1.925, se publicaron resultados de los primeros estudios que se realizaron en locales que se controlaban las características del campo visual y se modificaban, de forma conocida, el tamaño y la iluminación de la fuente de luz, mediante una escala diferencial.



- En cuanto a luz natural en 1.950, que se realizaron los primeros estudios sobre deslumbramiento, se ha ido progresando en su conocimiento. En 1.977 la IES publica un método de cálculo de un “índice de deslumbramiento para las ventanas situadas en dirección perpendicular a la línea de visión y fija los límites admisibles.
- En cuanto a aspectos direccionales de la luz, en 1.945, Waldran tuvo en cuenta éste factor direccional y se usó por primera vez el término “modelado”, como la distribución espacial de la iluminación alrededor de un punto.
- En 1941, Kruitoff, realizó experiencias que demostraron la respuesta del ser humano a algunos aspectos del ambiente visual. En concreto relacionó, la sensación de agrado-desagrado, con el nivel de iluminación y la temperatura de color de la luz. Dando lugar al ábaco de su nombre.



## CRITERIOS DE DISEÑO

La arquitectura, como conformadora de un espacio, crea unas condiciones ambientales adecuadas a las complejas actividades que realiza el ser humano.

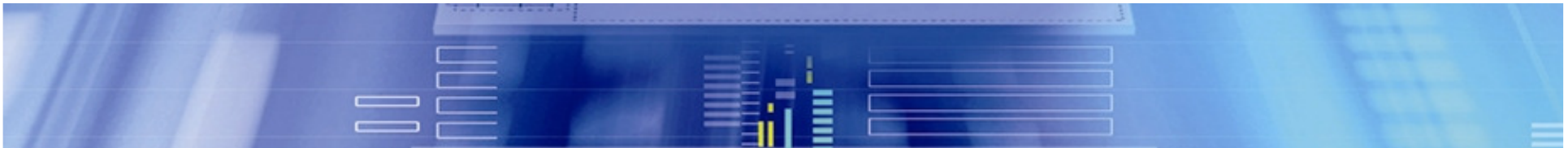
La arquitectura conforma el “ambiente físico”.

Este ambiente físico se ve influenciado por:

- Ambiente visual o luminoso.
- Ambiente climático.
- Ambiente acústico.

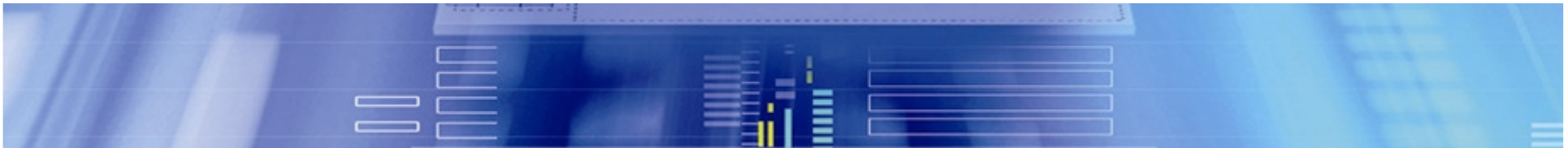
Todos interrelacionados entre ellos, por lo que debe existir una estrecha colaboración entre:

**Arquitecto – Cliente – Ingeniero de instalaciones.**



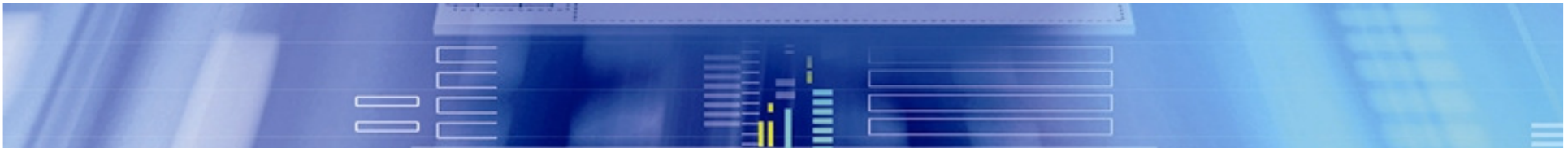
## EXIGENCIAS QUE DEBE CUMPLIR UNA BUENA ILUMINACION

- **Confort visual**, en el que los trabajadores tengan una sensación de bienestar y de un modo indirecto elevar su nivel de productividad.
- **Prestación visual**, en el que los trabajadores sean capaces de realizar sus tareas visuales, incluso en circunstancias difíciles y durante periodos más largos.
- **Seguridad.**



## PARAMETROS QUE DETERMINAN EL AMBIENTE LUMINOSO

- Distribución de luminancias.
- Nivel de iluminación o iluminancias.
- Deslumbramientos.
- Direccionalidad de la luz.
- Rendimiento de color y apariencia de color de la luz.
- Efectos estroboscópicos o flicker.
- Influencia de la luz natural o diurna.



## DISTRIBUCION DE LUMINANCIAS

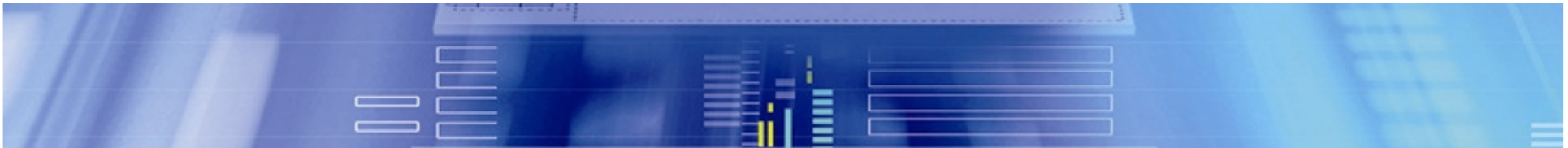
La **luminancia** “es el concepto luminotécnico que corresponde a la sensación subjetiva de claridad de un manantial de luz o de un objeto iluminado”.  
Símbolo: L . Unidad:  $\text{cd}/\text{m}^2$ .

Una **buena distribución de luminancias** en el campo de visión es necesaria para:

- Tener una buena agudeza visual.
- Tener sensibilidad al contraste. Discriminación de luminancias.
- Eficiencia de las funciones oculares, como la acomodación, convergencia, movimiento del ojo, contracción de la pupila.

Una **mala distribución de luminancias** puede dar lugar a:

- Si son demasiado elevadas, a deslumbramientos.
- Si los contrastes de luminancias son muy altos, causarán fatiga debido a la readaptación constante de los ojos.
- Si los contrastes son demasiado bajos, darán un ambiente de trabajo monótono y poco estimulante.

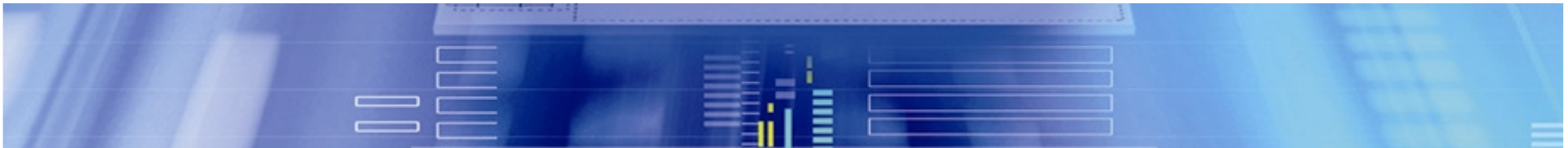


Dado que la luminancia de las superficies del local, dependen de:

- Las reflectancias de las mismas.
- De su iluminancia.

Es importante considerar los valores límites de reflectancia de estas superficies, así la norma establece:

- Para techos valores de reflectancia entre 0,6 y 0,9.
- Para paredes valores entre 0,3 y 0,8.
- Para planos de trabajo entre 0,2 y 0,6.
- Para suelos entre 0,1 y 0,5.



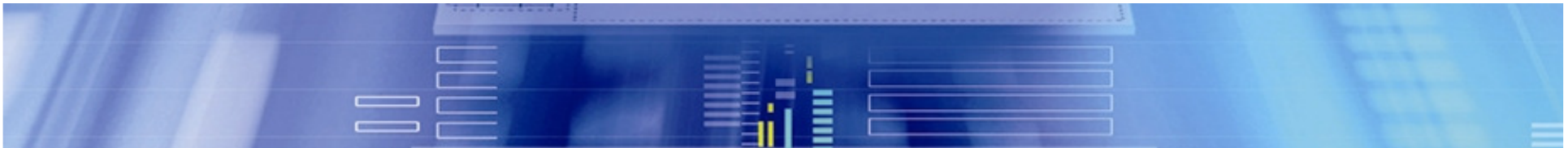
## NIVEL DE ILUMINACION O ILUMINANCIA

La **iluminancia** es concepto luminotécnico que corresponde a la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie u objeto que no emite luz.

Símbolo: E. Unidad: Lux.

La iluminancia y su distribución en el área de la tarea (uniformidad), es fundamental para realizar la tarea visual de modo:

- **Rápido.**
- **Seguro.**
- **Confortable.**

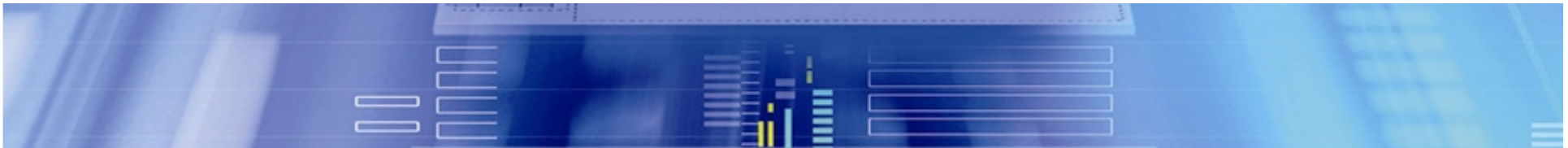


## ILUMINANCIAS RECOMENDADAS EN EL AREA DE LA TAREA

- Son valores mínimos en lux, recomendados y mantenidos con el tiempo de servicio.
- La escala se inicia en 20 lux, que es el nivel de iluminación mínimo requerido para discernir características del rostro humano.
- Aumenta el valor mínimo recomendado, con un factor de 1,5, aproximadamente, que representa la menor diferencia significativa en el efecto subjetivo de iluminación.
- Así resultan los escalones siguientes:

**20-30-50-75-100-150-200-300-500-750-1.000-2.000-3.000-5.000 Lux**

- En áreas ocupadas de forma continua, la iluminación mantenida no debe ser menor de 200 lux.

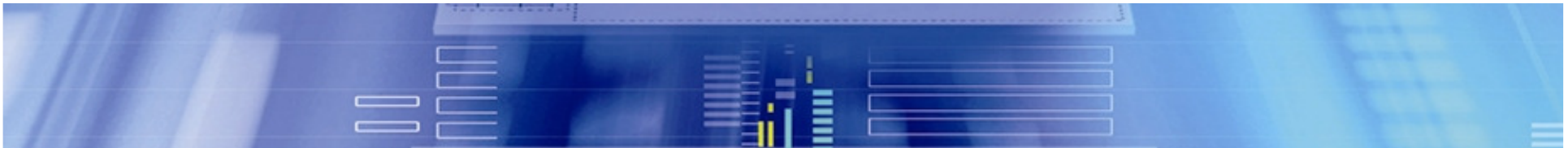


## ILUMINANCIAS DE AREAS CIRCUNDANTES INMEDIATAS

- Concepto relacionado con la uniformidad (relación entre la iluminancia mínima y la iluminancia media).
- Con éste parámetro se evita producir tensiones y molestias visuales por diferencias de nivel.

La Norma especifica que:

- La uniformidad de la tarea debe ser superior a 0,70.
- La uniformidad de la zona circundante superior a 0,50.
- La relación máxima entre la iluminancia de la tarea y la de la zona circundante debe ser al menos 1,50.



## DESLUMBRAMIENTO

- El **deslumbramiento** es una condición de la visión que nos indica, la distorsión o reducción, en la habilidad para ver los objetos significativos debido a una mala distribución de luminancias o a excesivos contrastes en el espacio o el tiempo.
- Puede ser:
- **Directo**, debido a las propias fuentes de luz.
- **Reflejado**, causado por reflexiones en superficies especulares.



## LIMITACION DEL DESLUMBRAMIENTO

Es muy importante la limitación del deslumbramiento para evitar:

- **Errores.**
- **Fatiga.**
- **Accidentes.**

Por tanto en lugares de trabajo habrá que limitarlo por debajo de un determinado nivel, especificado por un

**“Índice de deslumbramiento unificado de la CIE” ( UGR , Unified Glare Rating )**

La fórmula es:

$$UGR = 8 \log \left( \frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

Las tablas para cada local especifica el máximo UGR, admisible.



## APANTALLAMIENTOS

- Para evitar los deslumbramientos de las fuentes de luz, éstas deben apantallarse.
- Las luminarias según la luminancia de la lámpara que aloje, tendrán que tener un ángulo mínimo de apantallamiento, según los valores:

$\geq 500 \text{ Kcd} / \text{m}^2$  .....  $30^\circ$

50 a 500 Kcd /  $\text{m}^2$  .....  $20^\circ$

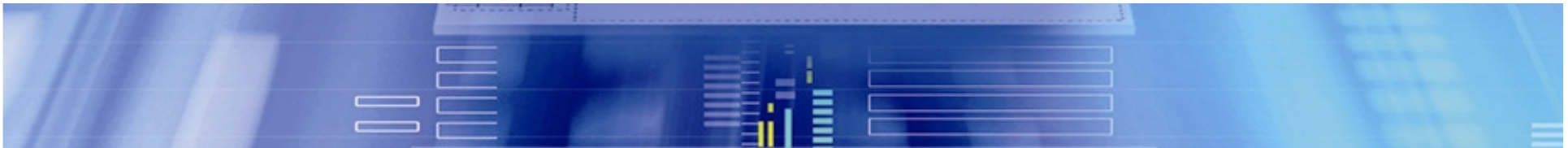
20 a 50 Kcd /  $\text{m}^2$  .....  $15^\circ$



## DESLUMBRAMIENTO REFLEJADO

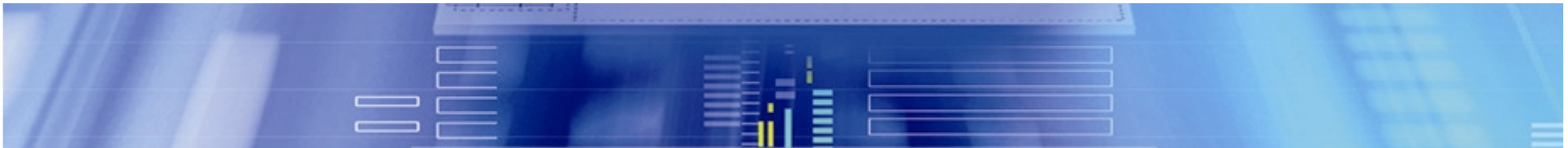
Causado por reflexiones en superficies especulares, es preciso evitarlos adoptando las siguientes medidas:

- Disponiendo de forma adecuada luminarias y lugares de trabajo.
- Considerando el acabado de las superficies. A ser posibles mates.
- Limitando la luminancia de las luminarias.
- Aumentando el área luminosa de las luminarias.
- Evitando los techos y paredes brillantes.



## DIRECCIONALIDAD DE LA LUZ

- Se describe mediante el concepto “**Modelado**”.
- El modelado es la capacidad de la luz para revelar la forma tridimensional de un objeto. Se consigue mediante un equilibrio entre la luz difusa y la luz direccional.
- Habrá que evitar que la iluminación sea excesivamente direccional lo que producirá fuertes sombras.
- Ni excesivamente difusa que hará perder el efecto modelado dando lugar a un ambiente muy apagado o monótono.
- La Norma no especifica medida cuantitativa alguna, en el momento actual el modelado puede tan solo evaluarse en términos cualitativos.

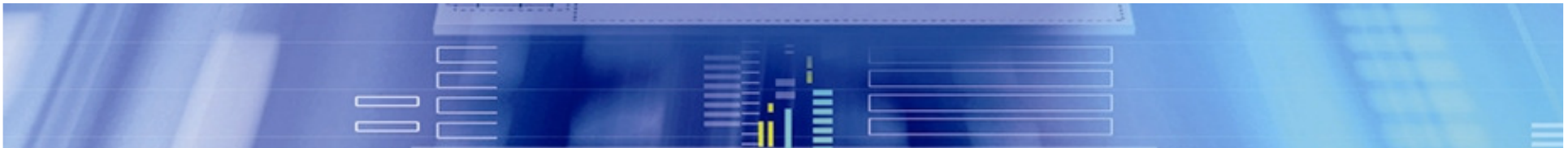


## EL COLOR EN LA LUZ

- El ser humano responde a los colores.
- El color del ambiente puede influir en su rendimiento.
- El color tiene efecto sobre el grado de satisfacción virtual experimentado.

Los dos atributos de las propiedades cromáticas de las fuentes de luz son:

- **Apariencia de color de fuente de luz.**
- **Rendimiento en color de la fuente de luz.**



## APARIENCIA DE COLOR

Es la Impresión de color recibida cuando miramos a la propia fuente de luz.

Se cuantifica por su temperatura de color correlacionada (  $T_c$ ) en  $^{\circ}$  Kelvin.

- $T_c \leq 3.300$   $^{\circ}$ K ..... Cálida
- $3.300$  a  $5.300$   $^{\circ}$ K ..... Intermedia
- $T_c > 5.300$   $^{\circ}$ K ..... Fria

La elección de una u otra, es una cuestión psicológica, estética y de lo que se considera como natural.

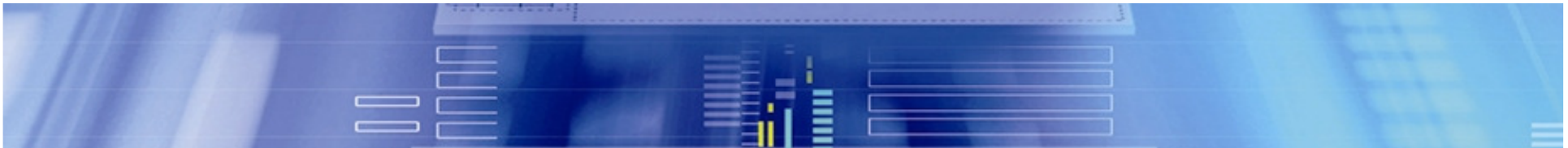
Aunque se tendrá en cuenta:

- Nivel de iluminación.
- Colores de la sala.
- Influencia de la luz natural.
- Clima circundante.



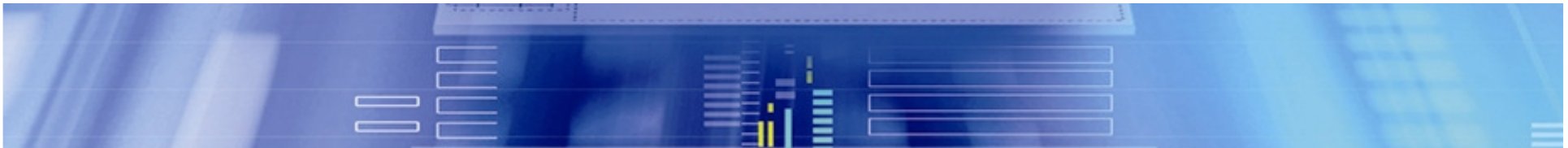
## RENDIMIENTO EN COLOR

- Capacidad de la luz para reproducir con fidelidad los colores de un objeto iluminado por la misma.
- Las propiedades de rendimiento en color de una fuente de luz, se indica por el “**Indice Ra**”
- El máximo de Ra es de 100, disminuyendo al disminuir la calidad de rendimiento de color.
- La Norma establece, para interiores, un mínimo de  $Ra = 80$ .



## EFECTO ESTROBOSCOPICO

- En las lámparas de descarga, al utilizar corriente alterna, la intensidad en la lámpara pasa por “cero” dos veces en cada periodo, disminuyendo su intensidad luminosa en esos momentos. Por éste motivo aparece el fenómeno denominado “efecto estroboscópico”
- Que produce la sensación de que los cuerpos en movimiento lo hacen con velocidad menor que la real, apareciendo una especie de sombra a su alrededor y el parpadeo luminoso aumenta la fatiga visual.
- Por tanto éste efecto debe ser evitado.
- Para ello emplearemos equipos de encendido electrónicos a alta frecuencia (HF) 30 Khz.



## MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES

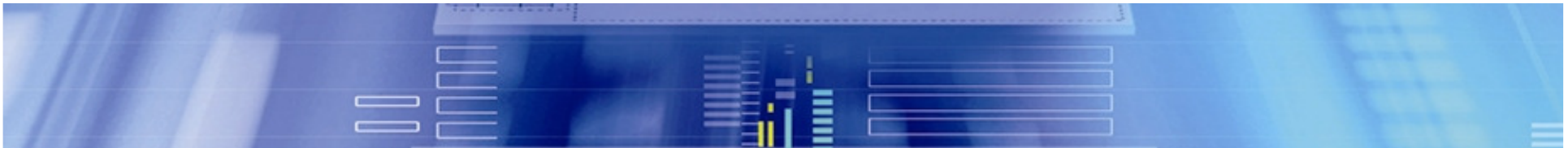
El proyecto de iluminación debe ser diseñado con un factor de mantenimiento total calculado (**MF**) de acuerdo a:

- Equipo de alumbrado seleccionado (Factor de mantenimiento de la luminaria, **LMF**).
- Ambiente espacial (Factor de mantenimiento del espacio, **RSMF**).
- Programa de mantenimiento especificado. Incluye, el factor de mantenimiento del flujo luminoso de la lámpara, **LLMF** y de supervivencia de la lámpara, **LSF**.

De ésta manera tendremos que:

- **Iluminancia mantenida = iluminancia inicial x el factor de mantenimiento (MF).**

Siendo:  **$MF = LMF \times RSMF \times LLMF \times LSF$**



## LUZ NATURAL

La luz natural puede proporcionar la totalidad o parte de la iluminancia para tareas visuales.

Las ventajas de la luz natural son:

- Razones económicas.
- Razones fisiológicas y psicológicas.
- Variedad ambiental, diferencias de nivel y de cromaticidad con el tiempo.
- Modelado específico y distribución de luminancias.

Presenta inconvenientes a resolver:

- Control de la luz natural, imprescindible para evitar deslumbramientos.
- Uniformidades muy bajas, si no se controla correctamente.

Soluciones de integración:

- Apantallamiento para reducir el deslumbramiento de las ventanas.
- Sistema de conmutación y/o regulación del flujo luminoso automática o manual.



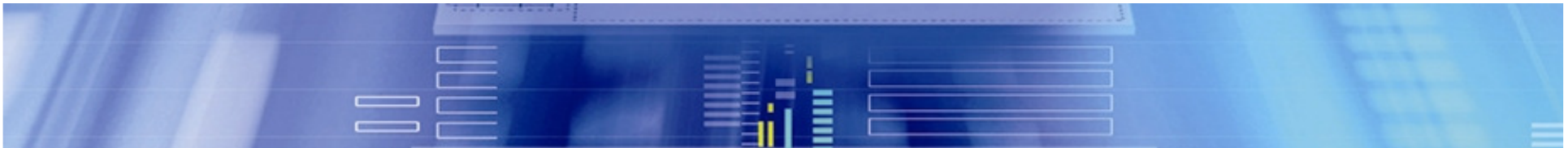
## **LISTA DE COMPROBACION PARA EL DISEÑO DE UN ALUMBRADO**

### **CARACTERISTICAS GENERALES.**

- Propósito del interior, implantación de objetos, máquinas y personal.
- Disponibilidad de luz natural y penetración; necesidad de combinar los dos sistemas, necesidad de control de alumbrado eléctrico.
- Dificultad visual de la tarea; riesgo de reflexiones de velo.
- Iluminancias de tarea y alrededores; vertical u horizontal; general o localizada.
- Modelado requerido, alumbrado direccional.
- Apariencia de color y rendimiento en color requeridos.
- Índice de deslumbramiento u otros requerimientos para evitar deslumbramientos.
- Recomendaciones oficiales o especificaciones reglamentarias.
- Necesidad de alumbrado de emergencia.

### **CONDICIONES AMBIENTALES.**

- Presencia o ausencia de ambientes corrosivos, necesidad de luminarias especiales.
- Temperaturas ambientales elevadas o bajas, efectos sobre lámparas y luminarias.
- Posible efecto de calor radiante desde hornos u otros equipos industriales.



## **CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES.**

- Dimensiones del interior: largo, ancho, alto.
- Altura de montaje de las luminarias.
- Relación: separación / altura de montaje.
- Reflectancia de paredes, techo, suelo y plano de trabajo.
- Coordinación del alumbrado con otros servicios.
- Limitaciones en el montaje de luminarias.

## **LAMPARAS.**

- Tipos de lámparas que satisfacen los requerimientos de apariencia y rendimiento en color.
- Emisión luminosa en relación a altura de montaje y tamaño de lámpara.
- Racionalización del tipo de lámpara, color y potencia, particularmente con instalaciones existentes.
- Tiempo de encendido hasta flujo máximo, necesidad de un sistema que cubra los fallos de alimentación y/o microcortes.
- Necesidad de reducir efectos estroboscópicos y de parpadeo.
- Economía, costes de primera inversión y explotación.



## **LUMINARIAS.**

- Idoneidad para el propósito.
- Apariencia, aspecto.
- Distribución fotométrica requerida.
- Datos fotométricos avalados.
- Necesidad de equipo especial.
- Facilidad de mantenimiento.
- Piezas de recambio, actuales y futuro.
- Peso, fijaciones.
- Sistemas de carril.

## **MANTENIMIENTO.**

- Factores de mantenimiento.
- Accesibilidad de luminarias.
- Utilizar fuentes de luz mas eficientes para cada tipo de trabajo.
- Comprobar sistemas de conmutación o control, con objeto de minimizar el uso de la energía.

