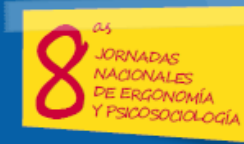




8º Jornadas nacionales de Ergonomía y Psicosociología

Avilés, 15, 16 y 17 de noviembre de 2012



Tiempo, trabajo,
productividad y salud

Iluminación y trabajo: Luz para ver y “luz”
saludable.

Julio Lillo

Catedrático de Ergonomía

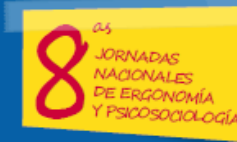
Universidad Complutense de Madrid

julillo@psi.ucm.es



8^o Jornadas nacionales de Ergonomía y Psicosociología

Avilés, 15, 16 y 17 de noviembre de 2012



Tiempo, trabajo,
productividad y salud

Iluminación y trabajo: Luz para ver y luz saludable.

Psychology: Revista Bilingüe de Psicología Ambiental - Bilingual Journal
of Environmental Psychology

ISSN 2171-1976, Online ISSN: 1989-9386

[Visit publication homepage](#)



Psychology es una revista bilingüe que publica trabajos multidisciplinares de Psicología Ambiental.

Los temas incluyen representación y cognición ambiental, evaluación de entornos e intervención ambiental, calidad de vida y medio ambiente, participación y educación ambiental, conducta ecológica, mapas cognitivos, apego al lugar, espacio simbólico y procesos de identidad social, actitudes y creencias ambientales, diseño de espacios, ambientes institucionales y de trabajo, ambiente y salud, estrés ambiental, ruido, hacinamiento, lugares peligrosos y miedo al delito, percepción de riesgos, aspectos psicosociales del impacto ambiental, conservación/gestión de recursos naturales, percepción del paisaje, métodos de investigación.

Psychology is a bilingual journal for the publication of multidisciplinary papers in Environmental Psychology.

Subjects include environmental representation and cognition, environment assessment and intervention, quality of life and environment, environmental participation and education, ecological behaviour, cognitive maps, place attachment, symbolic space and social identity processes, environmental attitudes and beliefs, space design, institutional and working environments, health and environment, environmental stress, noise, crowding, dangerous environments and fear of crime, risk perception, psychosocial aspects of environmental impact, conservation/management of natural resources, landscape perception, research methods.

Iluminación y trabajo: Luz para ver y “luz” saludable

1. La visión: primer sistema relacionado con la luz que llega a la retina.

1. Luz para ver: mediciones fotométricas.
2. Resultado conseguido
3. Usos comunes de la medición fotométrica
4. Especificación del tipo de luz
 1. Apariencia del iluminante
 2. Calidad relativa del iluminante

2. “Luz” y nivel de activación

1. Sistema circadiano: finalidad
2. Componentes del sistema circadiano
3. Características del sistema
 1. Días biológicos tienden a ser más largos que los cronológicos
 2. Receptores distintos a los que sirven para ver
 3. Efectos de la mala sincronización cronológica-circadiana

3. Futura investigación (PSI2012) y conclusiones

1. La visión: Primer sistema relacionado con la “luz” que llega a la retina

1. 1.Luz para ver: Mediciones fotométricas

Se relacionan con la respuesta de uno de los mecanismos del sistema visual a la energía que llega a la retina.

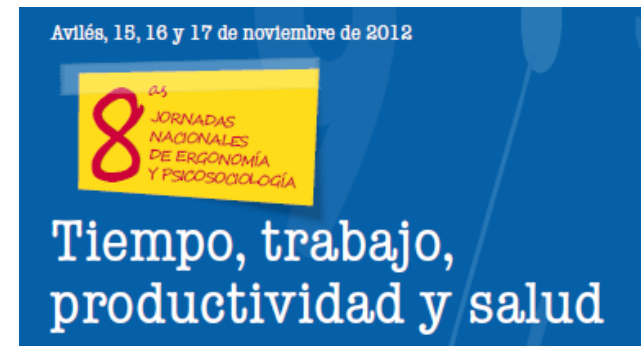
Parámetros más comunes:

Lúmenes: Total de luz emitida.

Luxes: Luz sobre una superficie.

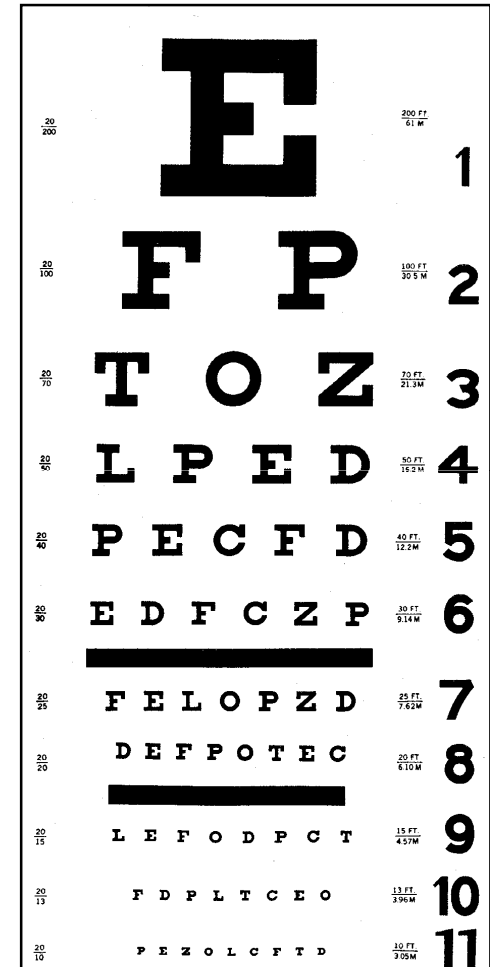
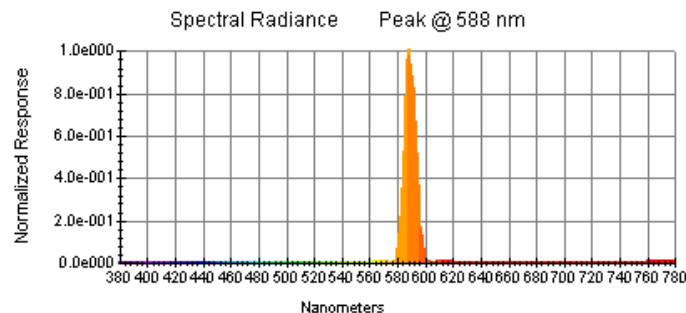
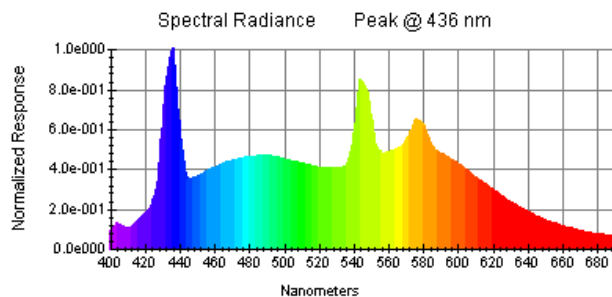
Candelas: Luz sobre una dirección.

etc



1. Luz para ver: Medición fotométrica

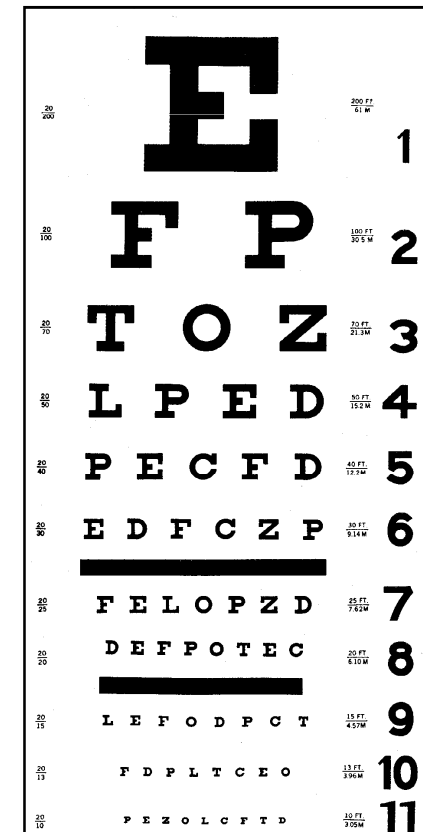
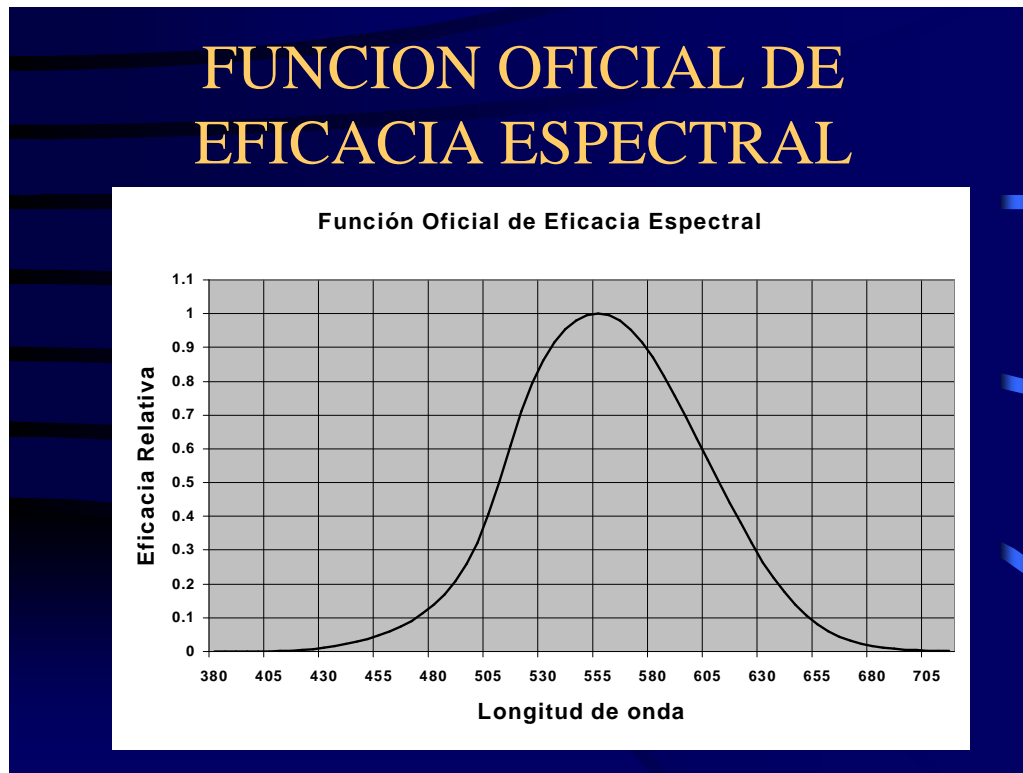
1.2. Resultado conseguido: *Iluminantes fotométricamente equivalentes (p.ej. De 200 luxes) permiten niveles semejantes de agudeza en respuesta a iluminantes de máximo contraste (negro sobre blanco) a pesar de sus diferencias físicas*



1. Luz para ver: Medición fotométrica

Forma de conseguir la equivalencia medición fotométrica-agudeza posible entre iluminantes distintos:

Ponderación en base a la función oficial de eficacia espectral (V_λ) y suma de los efectos producidos por la energía en todas las longitudes de onda .



Medición fotométrica y LPRL: Resultado conseguido

Especificación de las cantidades de luz que permiten trabajar (las que hay que conseguir en el entorno)

ILUMINACIÓN	
<input type="checkbox"/>	Los trabajadores manifiestan dificultades para ver bien la tarea.
<input type="checkbox"/>	Se realizan tareas con altas exigencias visuales o de gran minuciosidad con una iluminación insuficiente.
<input type="checkbox"/>	Existen...
<input type="checkbox"/>	Los t...

Zona o parte del lugar del trabajo	Nivel Mínimo de Iluminación (luxes)
Zonas donde se ejecutan tareas con:	
1. Bajas exigencias visuales	100
2. Exigencias visuales moderadas	200
3. Exigencias visuales altas	500
4. Exigencias visuales muy altas	1000
<hr/>	
Areas o locales de uso ocasional	50
Areas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

TABLA 5.2. Niveles mínimos de iluminancia establecidos en la ley de prevención de riesgos laborales.

Medición fotométrica y LPRL

Especificación de las cantidades de luz que dificultan trabajar (las que hay que evitar en el entorno): Lucha contra reflejos y deslumbramiento directo

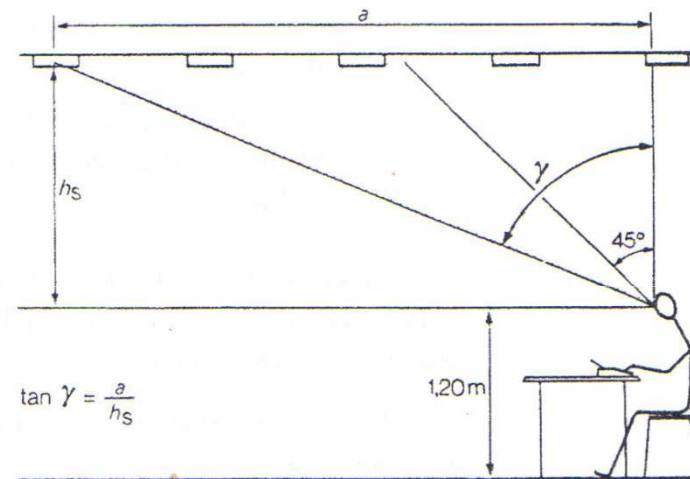
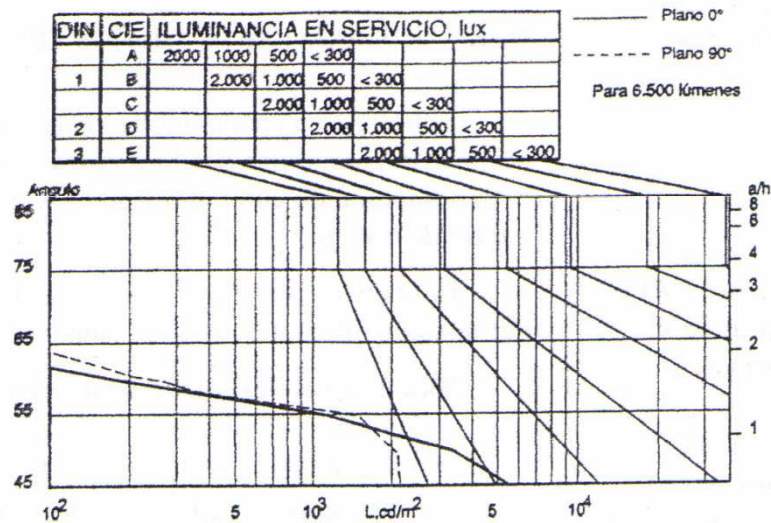
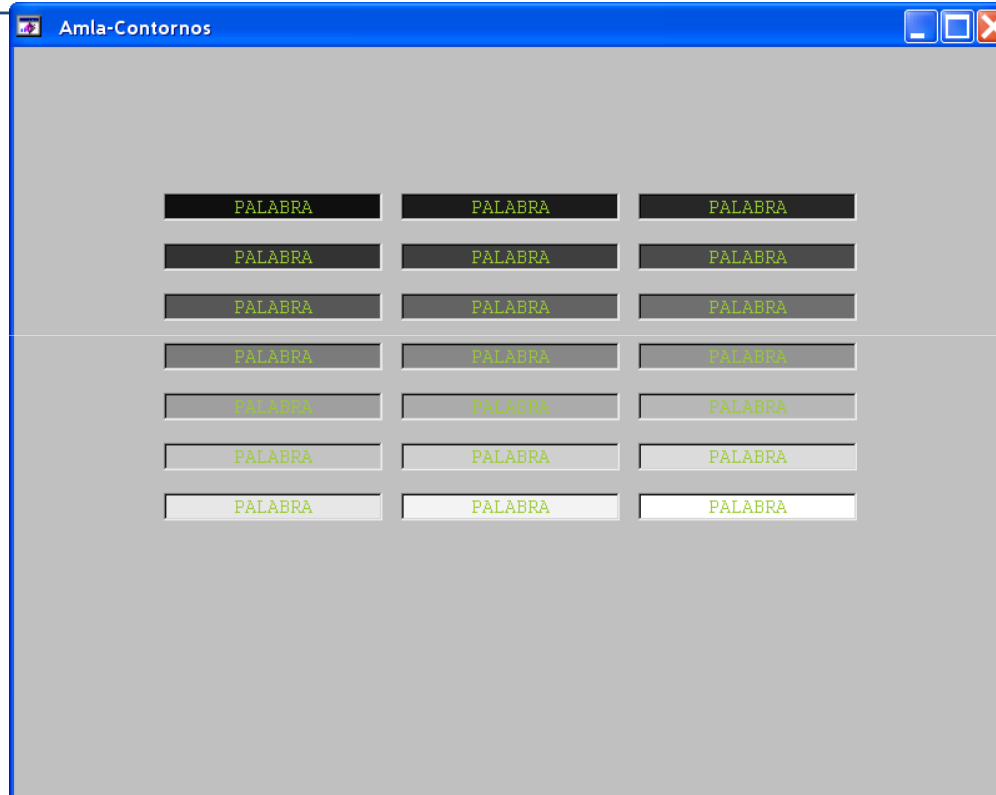


Figura n.º 11. Zona radiante de una luminaria dentro de la cual deben cumplirse los límites de luminancia.

- Existen reflejos o deslumbramientos molestos en el puesto o su entorno.
- Los trabajadores se quejan de molestias frecuentes en los ojos o la vista.

Medición fotométrica y LPRL

Especificación de las variaciones en la cantidad de luz que permiten trabajar (las que hay que conseguir en el entorno): Niveles suficientes de contraste



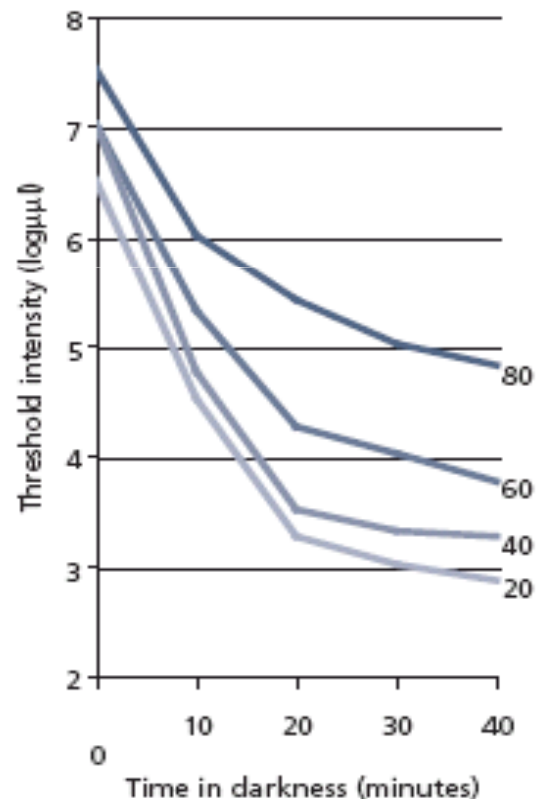
$$C_p = \frac{L_{MAX}}{L_{MIN}}$$

$$C_m = \frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{L_{MAX} + L_{MIN}} \bullet 100$$

$$C = \frac{L_2 - L_1}{L_1}$$

Medición fotométrica y LPRL

Especificación de las variaciones en la cantidad de luz que dificultan trabajar (las que hay que evitar en el entorno):
Cambios bruscos en el nivel de iluminación



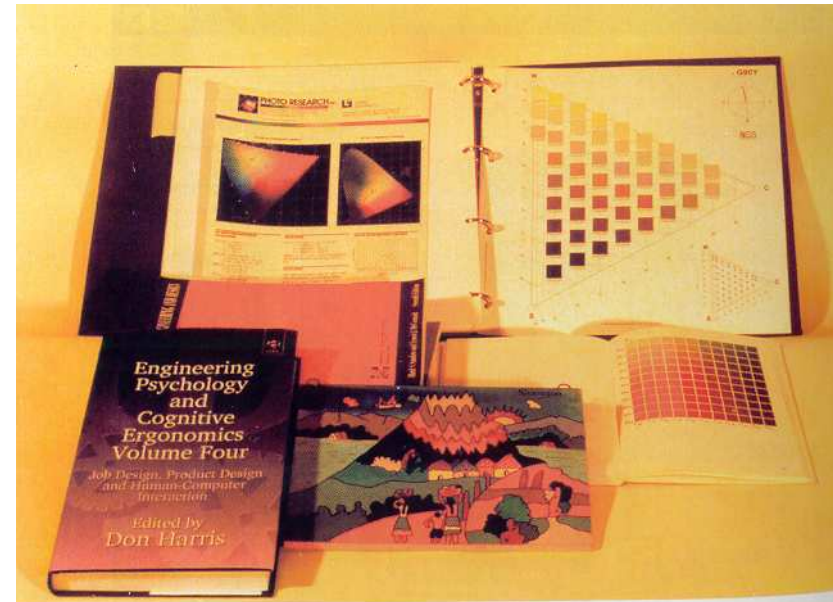
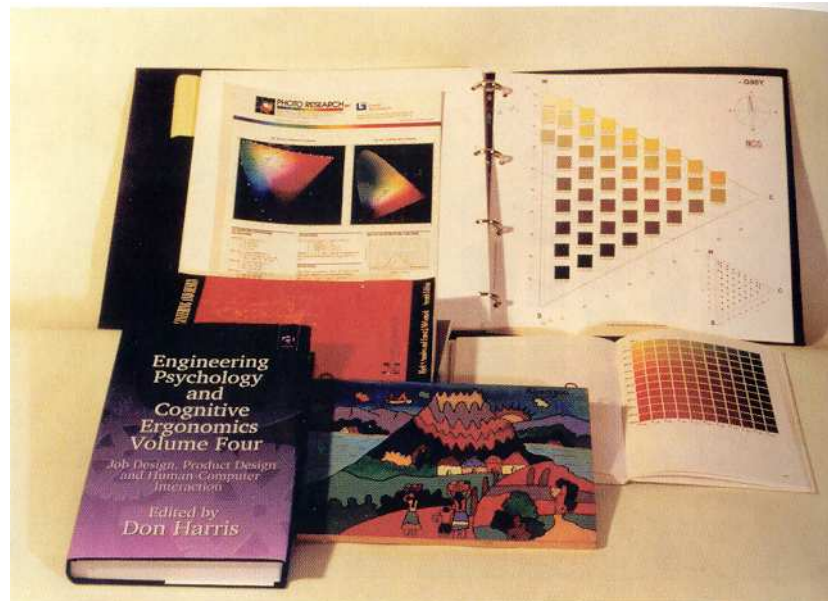
1.4 Dark adaptation

Dedine in light sensitivity with age.
Visual threshold after dark adaptation in different age groups (based on Timiras, 1988).

1. 4. Especificación del tipo de luz:

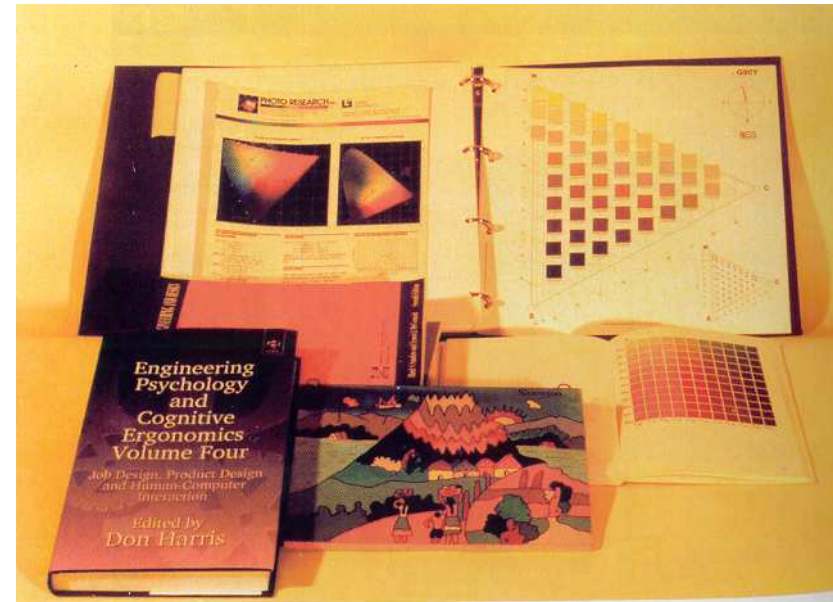
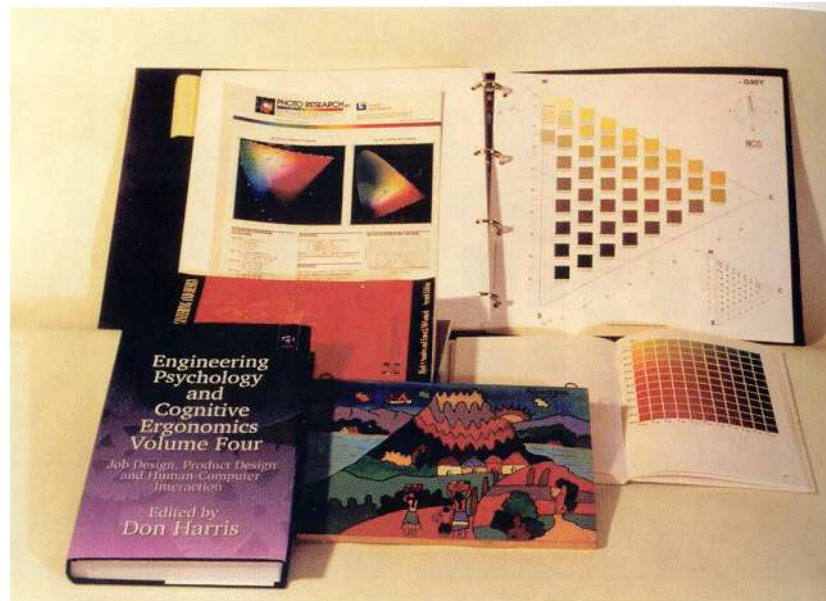
1.4.1. Apariencia del iluminante: Temperatura del color

Informa sobre la mayor o menor calidez psicológica de los iluminantes. En general, los iluminantes cálidos potencian la percepción de los colores cálidos (amarillos, naranjas, etc) y disminuyen la de los fríos (azules, algunos verdes, etc.). Los iluminantes fríos producen el efecto contrario.



1.4.1. Apariencia del iluminante: Temperatura del color

Informa sobre la mayor o menor calidez psicológica de los iluminantes. En general, los iluminantes cálidos potencian la percepción de los colores cálidos (amarillos, naranjas, etc) y disminuyen la de los fríos (azules, algunos verdes, etc.). Los iluminantes fríos producen el efecto contrario.



Temperatura del color.



Escala Kelvin. Indica la temperatura que habría de tener un radiador perfecto (cuerpo negro) para dar luz de tal apariencia cromática.

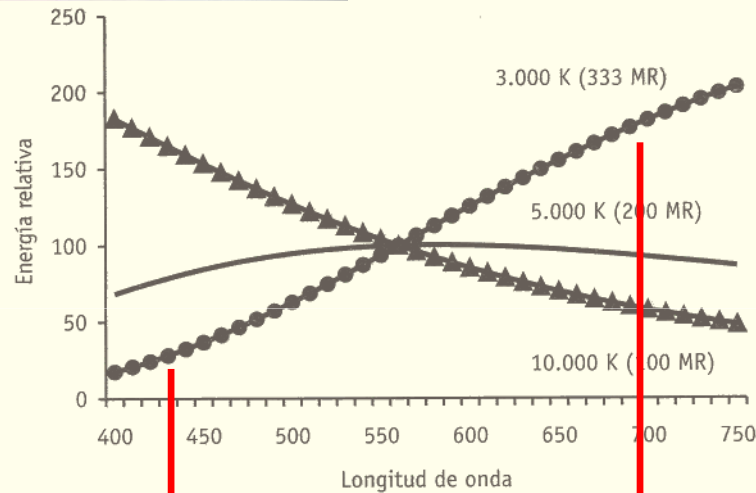
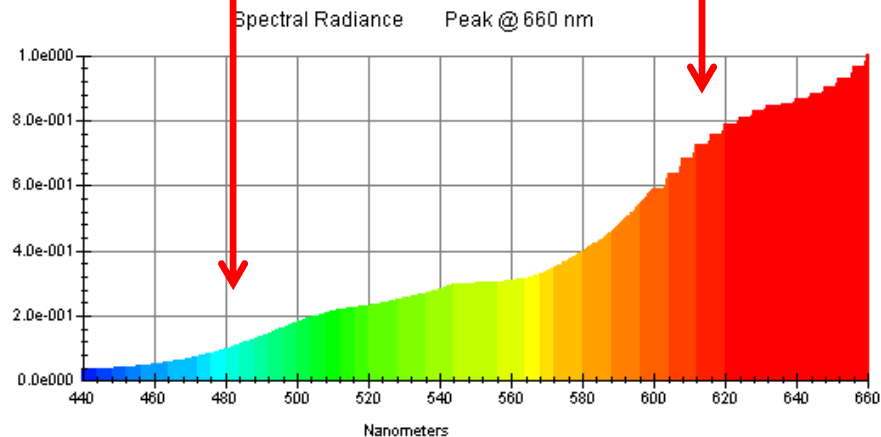


Figura 5.13 Espectros energéticos correspondientes a la energía emitida por un radiador



La escala *Kelvin* es contra intuitiva: Más grados, menos calidez psicológica.

Denominaciones comerciales fluorescentes:

Incandescente: 2700 K

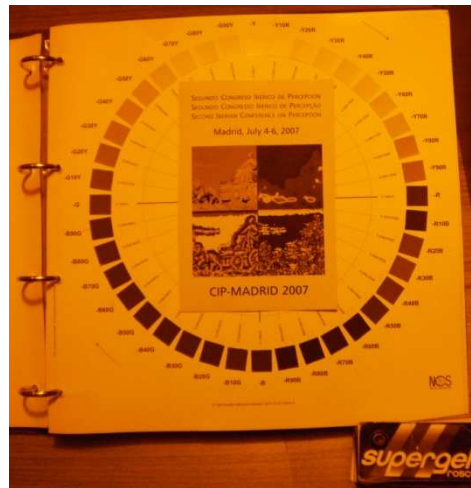
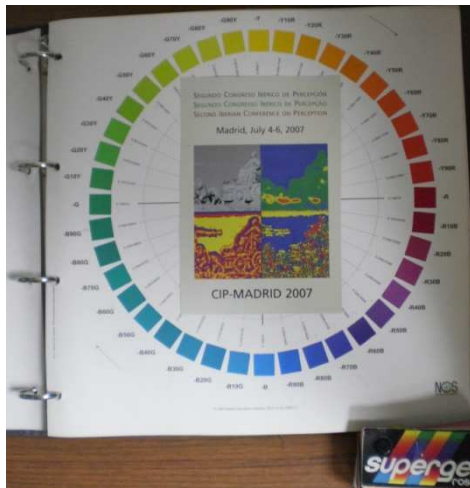
Blanco cálido: 3000 K

Blanco frío: 5000 K

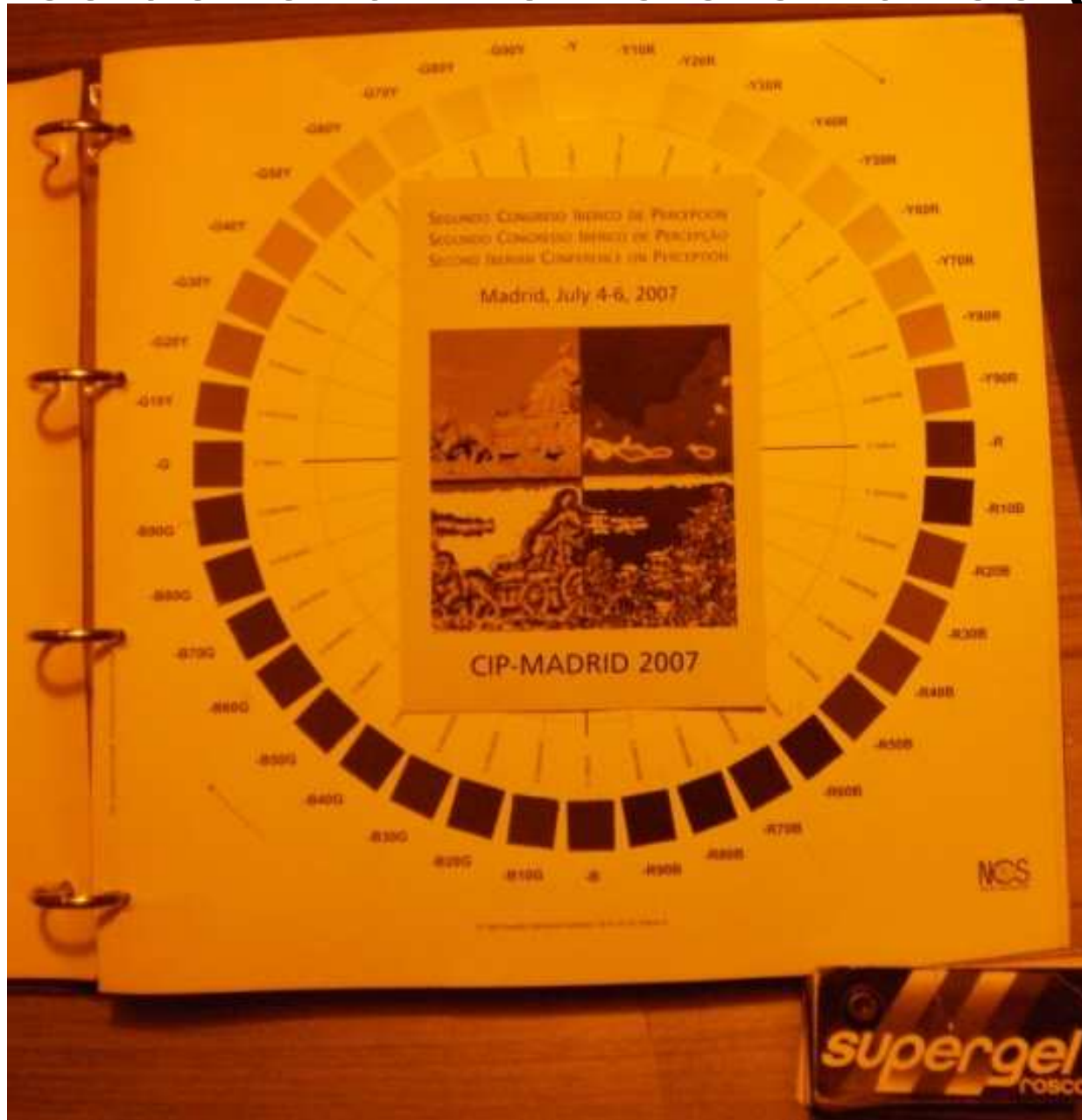
Luz día: 6300 K

1.4.2. Calidad relativa del iluminante Índice de rendimiento cromático (IRC) .

Indica la variedad de colores que se pueden ver para una temperatura del color. Cero es visión sin funcionalidad cromática (equivalente a ver en blanco y negro), 100 % lo mejor para una temperatura del color) temperatura que habría de tener un radiador perfecto (cuerpo negro) para dar luz de tal apariencia cromática.



1.4.2. Calidad relativa del iluminante Índice de rendimiento cromático (IRC) .



1.4.2. Calidad relativa del iluminante Índice de rendimiento cromático (IRC) .



2. “Luz” y nivel de activación

2.1. Sistema circadiano

Ajusta el funcionamiento fisio-psicológico al ciclo día-noche (variación circadiana) en base a los cambios lentos en la cantidad de “luz” que llegan a la retina.

Función principal: permitir un nivel de activación adecuado a la situación (activado vs somnoliento, hambriento-no hambriento, etc).

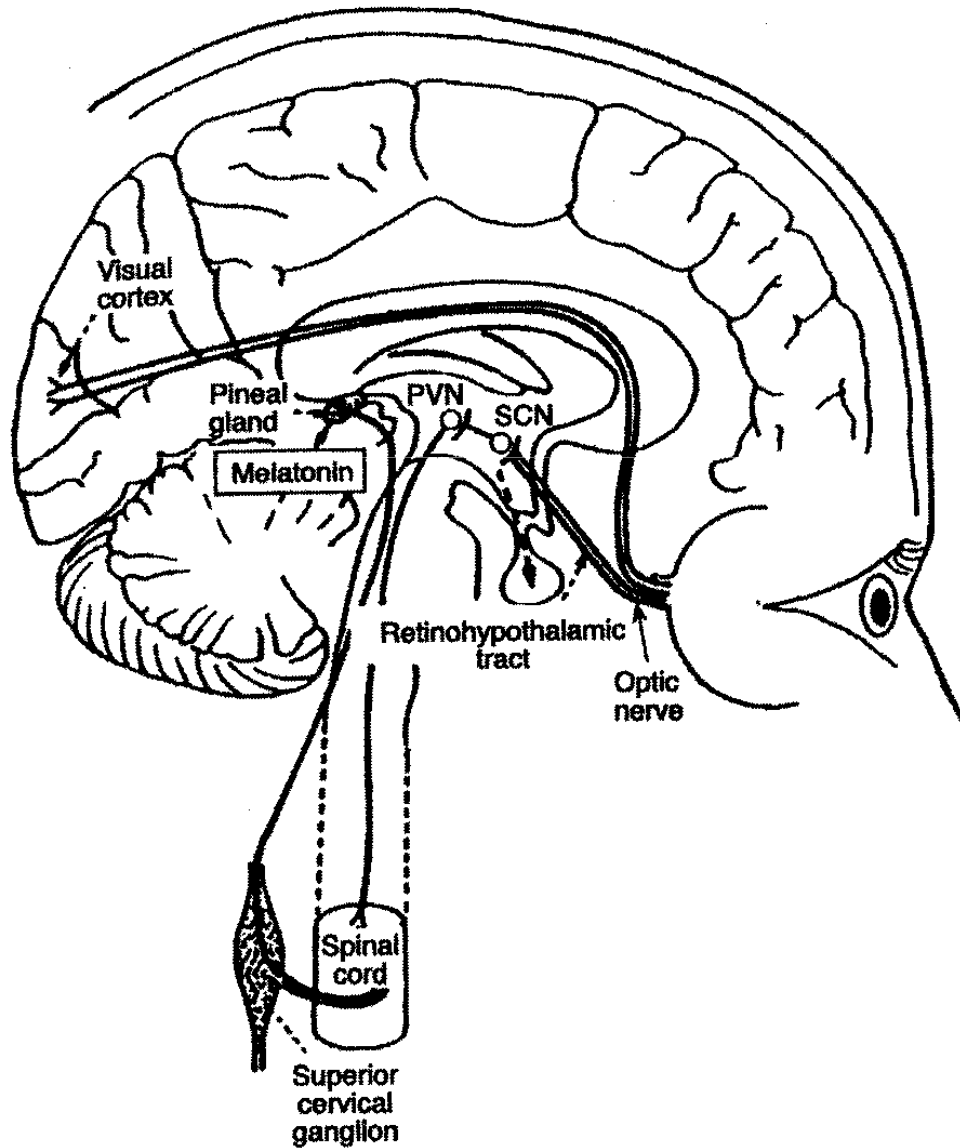
2. 2. Componentes del sistema circadiano

- A. El “reloj biológico”. Centro cerebral que crea el día y la noche biológica (periodos de actividad alta y baja). Ubicación. Núcleo supraquiasmático (SCN).

- B. Fuentes de sincronización del reloj.
Fundamentalmente la retina. Otras áreas nerviosas secundarias no bien definidas todavía

- C. Hormona mensajera (Melatonina. Generada por la glándula pineal en respuesta a las ordenes del reloj biológico). La melatonina es desactivante.

2. 2. Componentes del sistema circadiano



La conexión nerviosa entre el ojo y la g.pineal se denomina “eje retino-hipotalámico-pineal”

2. 3. Características del sistema

A. Los días biológicos tienden a ser más largos que los cronológicos

A. El “reloj biológico”. Centro cerebral que crea el día y la noche biológica (periodos de actividad alta y baja). Ubicación. Núcleo supraquiasmático (SCN).

B. Fuentes de sincronización del reloj.
Fundamentalmente la retina. Otras áreas nerviosas secundarias no bien definidas todavía

C. Hormona mensajera (Melatonina. Generada por la glándula pineal en respuesta a las ordenes del reloj biológico). La melatonina es desactivante.

2. 3. Características del sistema

A. Reloj biológico: Los días biológicos tienden a ser más largos que los cronológicos

Experimentos con iluminación constante (media) o donde la variación luz-oscuridad estaba bajo control de los participantes: El día circadiano dura más de 25 horas.

Consecuencias aplicadas: Son más fáciles los cambios que requieren “estirar” el día:

Menos jet-lag cuando se viaja hacia el Oeste (p.ej. De España a Méjico) que cuando se viaja al Este (p.ej. De Méjico a España).

Menos dificultad cuando se pasa a un turno posterior (p.ej. De tarde a noche) que a uno anterior (p.ej. De noche a tarde).

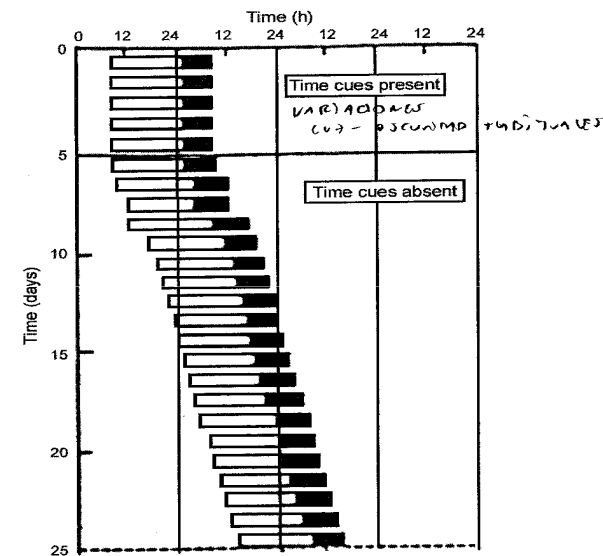


Figure 3.4 Sleep-wake cycles for an individual over 25 days, sleep periods being indicated by black shading. For the first 5 days, a constant light-dark cycle was present. At day 6 and for all the following days, a constant dim light level is provided throughout the 24 h. For the first 5 days the period of the circadian cycle is 24 h but after day 6, the period increases to more than 25 h and the circadian system starts to free-run resulting in a steady drift in sleep period.

2. 3. Características del sistema

B. Mecanismo de sintonización: Receptores en la retina distintos a los que sirven para ver.

1. Tales receptores **pueden ser operativos en personas que no ven** (ciegos corticales). Por ello se ha hablado de “luz” entre comillas.
2. Hablamos de una respuesta retiniana distinta a la que produce experiencias visuales (**los ciegos corticales se adaptan al jet lag igual de bien que las personas normales y mucho mejor que los ciegos retinianos**).
3. La **sensibilidad relativa** de los receptores circadianos es distinta a la de los receptores visuales.

2. 3. Características del sistema

B. Mecanismo de sintonización.

Sensibilidad relativa distinta a la de los receptores visuales.

FUNCIÓN OFICIAL DE EFICACIA ESPECTRAL

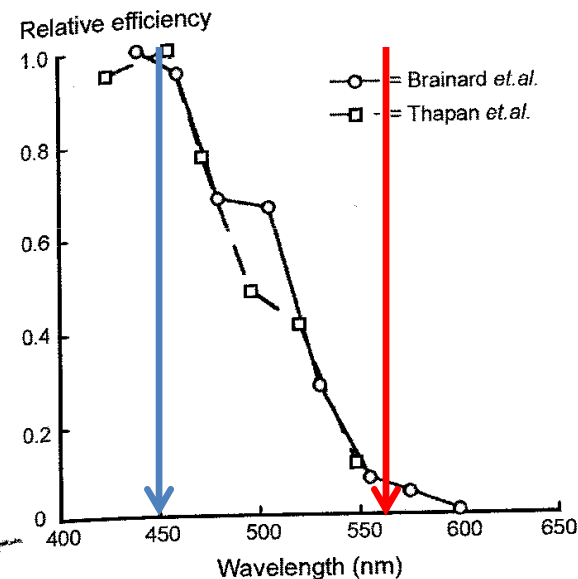
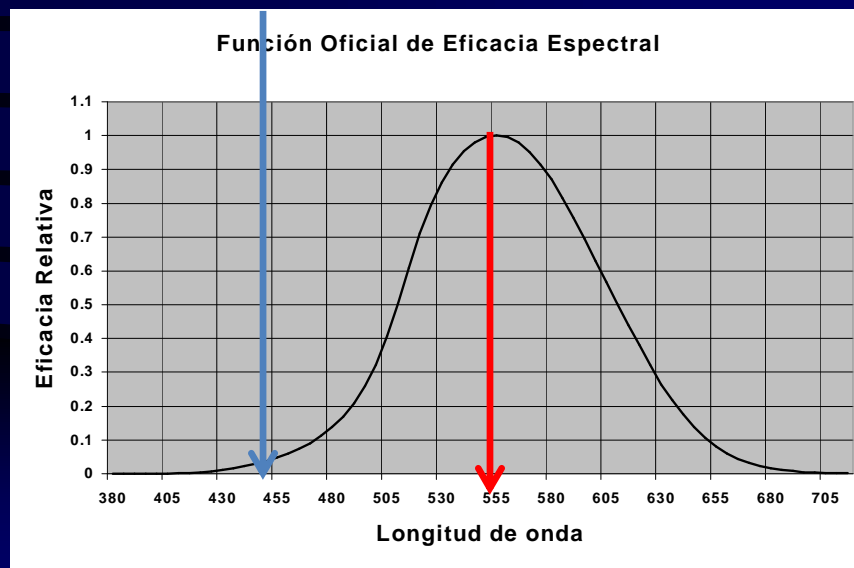


Figure 3.2 Measured relative efficiency of electromagnetic radiation at different wavelengths in stimulating the human circadian system melatonin suppression as a marker (after Brainard *et al.*, Thapan *et al.*, 2001).

La longitud de onda, tipo de luz, más eficaz para el sistema visual lo es muy poco para el circadiano, y viceversa.

2. 3. Características del sistema

B. Mecanismo de sintonización.

Sensibilidad relativa distinta a la de los receptores visuales.

CONSECUENCIAS APLICADAS:

1. **Las mediciones fotométricas** de la luz **no sirven** para especificar su eficacia respecto al funcionamiento circadiano. (dos iluminantes idénticos en luxes, pero distintos en temperatura del color, tienen distinta eficacia circadiana: más el de luz más fría).
2. Es posible encontrar **iluminantes para actuar selectivamente** sobre el sistema visual o el circadiano

2. 3. Características del sistema

C. Momento de exposición.

Dependiendo del momento biológico (relativo a la mínima temperatura corporal), una misma dosis de luz puede adelantar o retrasar el inicio del día biológico

CONSECUENCIAS APLICADAS:

1. Las terapias lumínicas son eficaces en la medida en que las dosis de “luz” (¡y de “oscuridad”!) se apliquen en los momentos adecuados. La luz intensa demora el inicio del siguiente día biológico cuando se aplica antes de la temperatura mínima, por el contrario lo adelanta si se aplica después.

2. 3. Características del sistema

C. Efectos de la mala sincronización cronológica-circadiana: Influencia sobre el desempeño y la salud de los trabajadores

A. Desempeño

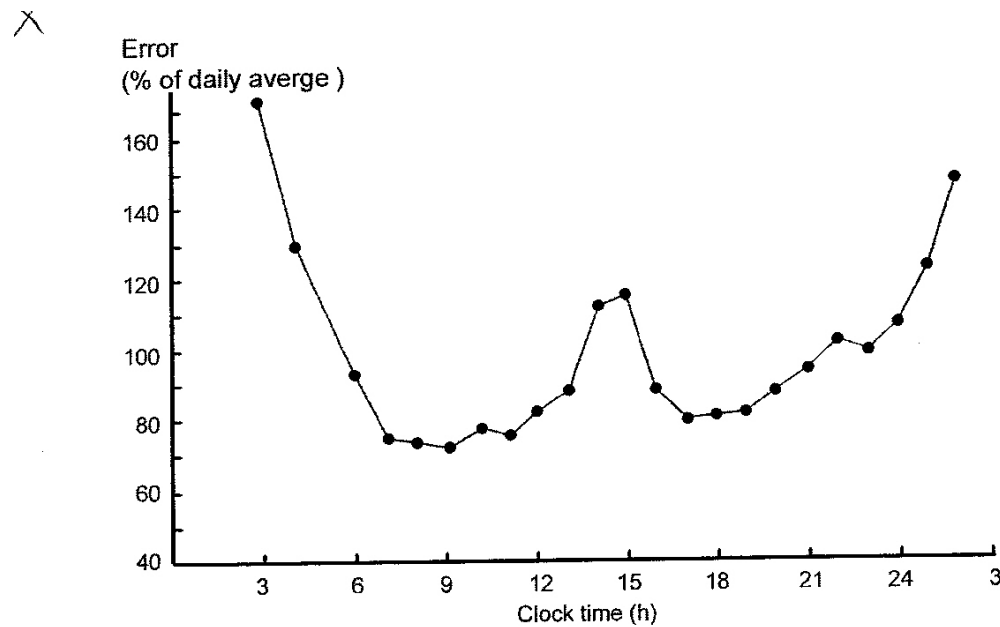


Figure 3.8 Variation in errors made reading gas meters at different times over 24 h (after Minors and Waterhouse, 1981).

2. 3. Características del sistema

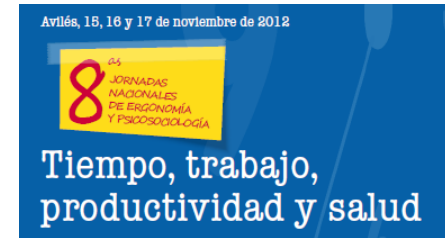
C. Mala sincronización cronológica-circadiana: Influencia sobre el desempeño y la salud de los trabajadores

El desajuste circadiano produce:

- A. Problemas de salud: Gastrointestinales, cardiacos y relacionados con el embarazo, Knuttson, 2003.
- B. Mayor riesgo de accidentes laborales (Folkard & Tucker, 2003).
- C. Problemas de sueño (sensación de somnolencia, Tepas et al., 1985; reducción en el número de horas semanales, Tepas & Carvalhais, 1990; sesteo durante la jornada laboral, Rosa, 1993).
- D. Peor ajuste psicosocial (menos amigos en el trabajo, Tepas et al., 1985), más separaciones matrimoniales (Presser, 2003).



Algunas Conclusiones



- 1. Actividad laboral y activación circadiana:** El desempeño seguro y saludable de la actividad laboral requiere una buena sincronización circadiana (niveles altos de activación psico-fisiológica cuando así lo precisa el desempeño de la actividad laboral). **No es suficiente con la adecuación de los factores visuales.**
- 2. Factores lumínicos y psicosociales: confusión entre causas. Los factores psicosociales NO** son la causa directa de los desajustes en el funcionamiento circadiano. Sin embargo, son una importante **CAUSA INDIRECTA** ya que determinan las dosis de luz-oscuridad a la que es expuesto el trabajador (la causa directa).
- 3. Se entiende mal cómo influye la luz en la activación circadiana.**
 - 1. La luz que permite ver no es la misma que la que activa al sistema circadiano (por eso no puede medirse en luxes).*
 - 2. Sus efectos dependen de cuando (momento biológico) y cuanta luz llega al trabajador.*
 - 3. Todavía no se dispone de parámetros para calibrar la capacidad de un iluminante para influir en el funcionamiento circadiano.*

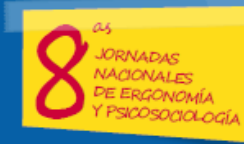
2.4. Futura investigación (¡se busca colaboración!)

- Objetivos proyecto PSI2012:
- 1. Utilización combinada de mediciones fotométricas y colorimétricas para estimar la eficacia circadiana de un iluminante (¿Cuánto debe incrementarse la iluminancia de un iluminante cálido para igualar el efecto de uno frío?).
- 2. Establecimiento de relaciones causales entre disfuncionalidades circadianas (p.ej. Trastornos de sueño en trabajadores de noche, desempeño laboral no óptimo, etc.) y exposición a ciertos tipos de luz y patrones de luz-oscuridad.
- 3. Utilización de terapia lumínica en el marco de lo indicado en el punto anterior.



8º Jornadas nacionales de Ergonomía y Psicosociología

Avilés, 15, 16 y 17 de noviembre de 2012



Tiempo, trabajo,
productividad y salud

Iluminación y trabajo: Luz para ver y “luz” saludable.

Julio Lillo

Catedrático de Ergonomía

Universidad Complutense de Madrid

julillo@psi.ucm.es