

FICHA TÉCNICA

AUTORES: MARTÍNEZ VERDÚ, Francisco Miguel; DE FEZ SAIZ, Dolores y VIQUEIRA PÉREZ, Valentín.

TÍTULO: La ergonomía visual en el puesto de trabajo: rendimiento y seguridad visual.

FUENTE: *Gestión Práctica de Riesgos Laborales*, nº 27, pág. 42, mayo 2006.

RESUMEN: La ergonomía visual o de la visión es una subdisciplina de la ergonomía, que trata de identificar y evaluar los aspectos medioambientales y laborales que pueden causar problemas de salud ocular o de funcionalidad visual. Además, tiene como objetivo la mejora del rendimiento visual en el entorno laboral. Por tanto, está directamente relacionada con la optometría ocupacional y ambiental. En este artículo se describen los temas habituales de esta materia: desde el control de la exposición radiante (ultravioleta, visible e infrarrojo, incluido láseres) para evitar lesiones oculares, hasta la luminotecnía, pasando por la protección ocular, la medida del rendimiento visual o la fatiga ocular delante de pantallas de visualización.

DESCRIPTORES:

- Ergonomía.
- Visión.
- Radiación.
- Luminotecnía.
- Protección.
- Pantallas de Visualización de Datos (PVD).

La ergonomía visual en el puesto de trabajo: rendimiento y seguridad visual

¿Hasta qué punto influye el tipo de iluminación y la disposición de los puntos emisores de luz en la capacidad visual? ¿Qué efectos puede provocar la radiación ultravioleta y la infrarroja en el ojo? Con la ergonomía visual se analiza cuál es la mejor adecuación del espacio de trabajo a las necesidades de la vista humana, cómo se optimiza su rendimiento y qué pautas deben seguirse para conseguir una eficaz prevención de riesgos oculares y visuales.

Francisco Miguel Martínez Verdú, Dolores de Fez Saiz y Valentín Viqueira Pérez, departamento Interuniversitario de Óptica, Universidad de Alicante.

La ergonomía se puede definir, genéricamente, como una ciencia multidisciplinar derivada de la tecnología, es decir, que se centra en el estudio y la optimización de la interacción hombre-máquina. Esto significa que su objetivo principal es adecuar el entorno de trabajo según las necesidades del ser humano y no al revés. En el campo de las Ciencias de la Visión, la Ergonomía de la Visión se dedica a identificar y analizar los aspectos medioambientales y laborales que pueden causar problemas de salud ocular o de funcionalidad visual, o bien, que optimizan el rendimiento visual en el entorno laboral. De forma complementaria, también se encarga de prescribir un tratamiento para restaurar la función visual o mejorar su rendimiento, así como de proporcionar información para educar en la prevención de riesgos oculares y visuales.

En esta disciplina, es imprescindible:

- > Valorar los factores de riesgo ambientales y laborales que deben controlarse para realizar tareas visuales seguras y confortables.
- > Valorar cómo estos factores de riesgo, junto con el entrenamiento visual adecuado, pueden alterarse para mejorar el rendimiento visual en el trabajo o en actividades de ocio (deporte, conducción etc.).

La visión y la radiación

Hay que tener en cuenta los efectos que provoca la energía radiante en el ojo humano y, sobre todo, las distintas pautas a seguir sobre su control radiométrico para evitar lesiones oculares. Aunque la energía radiante abarca desde rayos cósmicos hasta ondas de radio, en este caso, nos centramos principalmente en la radiación óptica –ultravioleta (UV), visible (VIS) e infrarroja (IR)– incluyendo tanto fuentes extensas como láseres. Así, por ejemplo, se debe analizar el control de los láseres en medicina estética, como en fotodepilación (operario y paciente deben llevar protectores oculares), oftalmología, etc.

El ojo humano, como órgano sensible a la luz visible, puede ser irradiado con cantidades de radiación no visible (UV, IR, etc.), e incluso en la banda visible, lo que puede provocar lesiones oculares en varios segmentos del ojo (córnea, cristalino, retina). El caso más habitual es el de las cataratas

u opacificación del cristalino, que obliga a extraerlo y sustituirlo por una lente artificial (intraocular). Pues bien, tal opacidad no solamente puede darse por efecto de una exposición sostenida de radiación ultravioleta, que es lo que popularmente se conoce, sino también por radiación infrarroja. Por tanto, al mismo riesgo estarían expuestos profesionales tan dispares como un pescador, que trabaja al aire libre, o un panadero, al lado de un horno.

El concepto clave es el de umbral de exposición, es decir, la cantidad máxima de dosis de radiación que admiten las partes del ojo humano antes de sufrir daño. El concepto de dosis debe entenderse como el resultado de la cantidad de radiación por tiempo de exposición. Por tanto, matemática y fisiológicamente puede provocar el mismo daño, al superar el umbral de exposición, radiaciones muy elevadas en tiempos muy cortos como radiaciones muy débiles con tiempos muy largos. El primer caso se asocia habitualmente a los láseres, mientras que el segundo se da principalmente en la exposición durante bastante tiempo al sol o a lámparas de rayos UVA.

La Comisión Internacional de Iluminación y Color (CIE) y la Comisión Internacional de Protección a Radiación No-Ionizante (ICNIRP) son las organizaciones científicas que velan por el control radiométrico de las fuentes de luz y láseres que pueden dañar el ojo, incluso la piel. En sus publicaciones técnicas exponen cálculos para verificar que un protector ocular o filtro especial es seguro para el uso que se le pretende dar. En el caso de un láser, por ejemplo, se evalúa en primer lugar su nivel de exposición o dosis de radiación, que consiste solamente en multiplicar su potencia (en vatios) por su tiempo de uso (exposición en el ojo).

Dado que un láser emite solamente en una longitud de onda, y sabiendo su tiempo de emisión o uso, se consultan unas tablas técnicas para calcular el umbral de exposición en el ojo. El cociente entre esta exposición máxima permitida en el ojo por el nivel real de exposición del láser se utiliza para calcular el nivel máximo de transmisión espectral del filtro protector que debe fabricarse.

Lo importante en el control de calidad óptica en fábrica no es que este nivel máximo de transmisión se extienda a otras longitudes de onda para asegurar que no existe riesgo, sino que debe verificarse exclusivamente en la longitud de onda del láser. Por ejemplo, si un sistema de fabrica-

ción de filtros protectores a láseres no es capaz de conseguir factores de transmisión inferiores a 0,001 para la longitud de onda de un láser específico, y el valor recomendado es 0,0005, no es suficiente con fabricar un filtro gris uniforme con una transmisión media de 0,001. De esta forma, no se impide que la radiación del láser, siempre a una sola longitud de onda, llegue limitada en cantidad al ojo, con lo cual el riesgo de lesión ocular es probablemente muy alto.

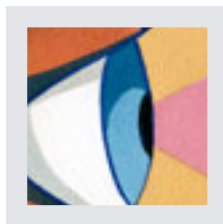
Igualmente, hay que valorar la acción indirecta de la radiación óptica, sobre todo ultravioleta, en el cuerpo humano, principalmente en la piel: los principios de la fotosensibilización y sus dos variantes –fototoxía y fotoalergia–, como consecuencia de haber ingerido sustancias o haberlas aplicado directamente en la piel y producirse a posteriori una reacción fisiológica adversa en el cuerpo activada por la exposición a radiación ultravioleta. Algunos medicamentos, por ejemplo, en dosis habituales de uso e ingeridos de forma convencional, provocan en algunas personas reacciones cutáneas ante la exposición a la luz solar natural, que lleva siempre componente ultravioleta.

La luminotecnía y el color

A la hora de tratar el control de la iluminación en el entorno laboral, para realizar de forma segura y confortable cualquier tarea, hay que analizar los distintos tipos de lámparas que existen en el mercado:

- > De incandescencia, que emiten luz por calentamiento de un filamento metálico.
- > De luminiscencia, que emiten luz por procedimientos varios, como la fotoluminiscencia –principio de emisión de las lámparas fluorescentes– o de descarga (típicas en las instalaciones deportivas).

Según el uso que se pretenda dar a una lámpara, conviene tener en cuenta tanto el consumo eléctrico como su eficacia luminosa y el rendimiento de color. En iluminación urbana, por ejemplo, los ayuntamientos instalan en las farolas lámparas de sodio de alta presión, que se caracterizan por un bajo consumo eléctrico pero también por un deficiente rendimiento en color. Como en este caso lo prioritario es que exista nivel de iluminación suficiente para deambular y circular por la calle, poco importa si los coches o nuestras caras se perciben diferentes



como bajo la luz diurna. En cambio, en algunas industrias (textiles, gráficas, TV, etc.), donde la percepción de los colores debe ser lo más natural posible, se recomiendan otro tipo de lámparas (fluorescentes y de descarga) con un consumo eléctrico más alto, pero cualitativamente mejores en rendimiento luminoso y de color.

Antes de abordar el diseño de iluminación de interiores (plantas industriales, oficinas, etc.) y exteriores (calles, carreteras, glorietas, etc.), es preciso conocer los fundamentos y tipos de luminarias, entendidas como todas las partes adjuntas a la fuente de luz que sirven para redistribuir espacialmente la luz y ofrecer seguridad. Así, la lámpara de noche del dormitorio, o el flexo del escritorio, son ejemplos técnicos de luminarias. Una cosa es la bombilla o el mini-tubo fluorescente, realmente la fuente de luz, y otra cosa es la mampara o el reflector o carcasa (pueden hacer una sencilla prueba en sus casas, no se lee igual sobre la cama con la lámpara sin mampara que con ella).

El objetivo del diseño de iluminación es sustituir la iluminación natural cuando ésta sea insuficiente para el área de trabajo. Por eso, es muy importante establecer, en primer lugar, cómo se cuantifica el nivel de iluminación mínimo para una tarea. La Comisión Internacional de Iluminación y Color publica unas tablas de niveles recomendados de iluminación, en las que se aprecia la correlación siguiente:

- > Si la exigencia visual de la tarea es alta, es decir, se necesite ver, controlar, manejar, objetos pequeños a distancias intermedias (aprox. 1-2 metros), el nivel de iluminación requerido para hacer confortablemente la tarea será alto.
- > En función del tipo de lámpara seleccionada, incandescente o luminiscente, sobre todo si la luz es blanco-amarillenta o blanco-azulada, se recomiendan niveles medios de iluminación (aprox. 500 lx), para lámparas incandescentes; y niveles más altos (aprox. 1000 lx), para conseguir la misma sensación de confort visual con otro tipo de lámparas.

Así, en el diseño de iluminación, hay que tener en cuenta los sistemas y métodos de alumbrado de interiores y exteriores, además del cálculo luminotécnico de instalaciones, como el método de los lúmenes y el método de punto a punto. Se tienen en cuenta la influencia de la luz procedente directamente de la lámpara (luminaria) y la que proviene

El concepto clave en la radiación es el umbral de exposición: la cantidad máxima de dosis que admiten las partes del ojo humano antes de sufrir daño

indirectamente del entorno (paredes, techo, suelo o incluso el pavimento de una carretera, etc.).

Otro aspecto importante en el diseño de iluminación es el deslumbramiento, que se clasifica en varios tipos: incapacitante o perturbador, y discomfortante o molesto, directo e indirecto. Existen pautas para cuantificarlo y reducirlo, según métodos establecidos por la CIE.

En cuanto al control del color en la decoración de ambientes luminosos, influyen aspectos como el carácter trivariante del color (tono, claridad y colorido), la temperatura de color (y la dualidad psicológica colores fríos vs. cálidos), el rendimiento, el grado de simulación de la luz diurna y la psicología del color en la decoración y en la publicidad (incluso en Internet). A este último respecto, está cuantificado científicamente, que los colores provocan reacciones psíquicas y emocionales. Por tanto, los colores básicos tienen cualidades psicológicas positivas y negativas, de forma que según el entorno o espacio donde se sitúe el color se puede favorecer o potenciar unas u otras cualidades psicológicas. En la decoración de interiores, por ejemplo, es recomendable utilizar colores fríos (azules, verdes, siempre desaturados) en entornos con mucha iluminación natural; en cambio, los colores cálidos (rojos, amarillos, desaturados también) son los más adecuados en espacios o habitaciones con poca iluminación natural, debido a su orientación con respecto al tránsito del sol a lo largo del día o a la inexistencia de ventanas.

La protección ocular

Se trata del análisis y control de los factores de riesgo, no solamente por radiación sino también mecánicos, químicos, eléctricos, etc., que pueden provocar lesiones oculares en el trabajo. Aunque bastante frecuentes dentro de los accidentes laborales, se pueden evitar en la mayoría de los casos si los trabajadores llevan puesto el protector ocular o facial, como variante técnica de término general de equipo de protección individual (EPI). Entre los factores de riesgo más habituales están las partículas o los granos que pueden impactar en el ojo a gran velocidad, el polvo, los gases y los agentes químicos, así como la radiación óptica en dosis descontroladas, por potencia o por tiempo de exposición.

Es importante tener en cuenta las lesiones oculares por agentes mecánicos, es decir, por contusión y por perforación, y sus primeros auxilios. En este

sentido, existen distintos tipos de técnicas de localización que deben utilizarse para detectar correctamente cuerpos extraños intraoculares. En el caso de penetración de cuerpos extraños en el globo ocular, es fundamental diagnosticar cuanto antes la naturaleza físico-química del objeto, para descartar que transporte agentes infecciosos que podrían agravar la lesión. Para ello, es habitual utilizar técnicas ecográficas, que permiten hallar partículas no metálicas, y técnicas radiológicas para las partículas metálicas.

Las lesiones oculares por agentes químicos son las debidas al contacto directo e indirecto con los mismos, que engloba la ingestión, absorción o la inhalación. De modo paralelo a los riesgos por radiación óptica, hay que tener en cuenta variables químicas típicas como la concentración, el pH y, por supuesto, el tiempo de exposición (química). Respecto a la peligrosidad de los compuestos ácidos y alcalinos, estos últimos resultan mucho más peligrosos por la afinidad bioquímica con las células lipóideas (de grasa) con los tejidos oculares. Tampoco deben menospreciarse los efectos indirectos en el sistema visual tras haber ingerido sustancias químicas. Existe una batería de elementos metálicos y pesados (plomo, por ejemplo) que, en cantidades abusivas en entornos industriales, pueden provocar la ceguera total.

Los protectores oculares individuales deben pasar una serie de controles de calidad (tanto mecánicos y químicos, como espectrales) para evitar lesiones por radiación óptica. Estos tests de control incluyen pruebas exigentes de dureza a impactos, resistencia química, termoestabilidad, radiosensibilidad, etc.

En la práctica, los pasos que se deben seguir para contar con un eficaz programa de protección ocular en cualquier tipo de industria son la identificación y el análisis de los posibles factores de riesgo de lesiones oculares y visuales para, a posteriori, eliminarlos o controlarlos. En cualquier caso, el uso de protectores oculares individuales debe ser la última opción de control ergonómico. Por tanto, las fases de un programa de protección/prevenición ocular pasa por una revisión del entorno de trabajo, un análisis de la visión de los trabajadores, un plan de actuación basado casi siempre en una correcta señalización visual, y una fase final de mantenimiento del programa entre las diferentes partes implicadas (reuniones entre empresa y sindicatos), que incluyan también la revisión de normativas nacionales e internacionales, cursos de formación continua, etc.

El mensaje final es bastante directo desde el principio: *“Cuando los trabajadores se entrenen para trabajar sin riesgos, serán capaces de anticiparse y evitar lesiones relacionadas con su trabajo”*.

El rendimiento visual

En este apartado se engloban varios temas centrados en el análisis de los factores generales que influyen en el rendimiento visual en el trabajo. En primer lugar trata los principios de medida del rendimiento visual (*visual performance*). Como ejemplos destacan la fatiga visual delante de pantallas de visualización de datos, la visión y la conducción, etc. Los límites de la visión humana se pueden dividir a grandes rasgos en:

- > **Detección:** ¿está o no está el objeto?
- > **Reconocimiento:** ¿qué es, qué forma y color tiene?
- > **Discriminación:** ¿se distingue respecto a otros objetos del entorno?

Estos aspectos son muy importantes, porque una tarea que obliga al sistema visual a funcionar al límite de sus posibilidades puede causar estrés general, fatiga y disminución del rendimiento o, en el peor de los casos, provocar un accidente laboral. Por tanto, las tareas visuales deben ajustarse a niveles supra-umbrales de visión; no solamente los factores psicociológicos influyen en el rendimiento en el trabajo, sino que también son fundamentales las capacidades visuales de los individuos y los factores de visibilidad de la tarea.

Los límites de la visión humana dependen de la edad, generalmente reduciendo su eficacia y versatilidad, con lo cual es inadecuado exigir a un trabajador el mismo rendimiento (visual) en una tarea, con los mismos parámetros, durante 30 años. Su rendimiento visual bruto se habrá reducido inexorablemente a menos que se contrarreste disminuyendo la exigencia visual o realizando un entrenamiento visual específico.

En el tema específico de pantallas de visualización de datos hay que analizar tanto aspectos comparativos entre diferentes tecnologías de pantallas (CRT, LCD, plasma, etc.) como aspectos relacionados con el confort y el entrenamiento visual para evitar la fatiga visual debido a un uso prolongado de estos dispositivos. Hay que tener en cuenta que el origen de tal molestia puede ser la conjunción de

varios agentes. Por un lado optométricos, es decir, específicos del funcionamiento visual del individuo, pero también ambientales (entorno de iluminación, presentación de la información en la pantalla, etc.) y músculo-esqueléticos o posturales. En cualquier caso, ante la presencia de fatiga visual en una persona, se debe revisar su estado de visión, puesto que las prestaciones visuales no son las mismas con 20 años que con 50 y no todas las personas con la misma edad son igual de propensas a padecer fatiga visual delante de un ordenador o un teléfono móvil. Para paliar estos problemas es posible practicar varios ejercicios de entrenamiento o terapia visual, con pocos recursos materiales, que se pueden realizar tanto en el lugar de trabajo como en casa. ||

BIBLIOGRAFÍA:

- > Anshel, J.: *Visual Ergonomics in the workplace*. London: Taylor & Francis Ltd., 1998.
- > Boyce, P. R.: *Human factors in lighting*, 2nd ed., London: Taylor & Francis, 2003.
- > International Commission on non-ionizing radiation protection: *Measurements of optical radiation hazards*. Oberschleissheim: ICNIRP, 1998.
- > Jackson, R.; Macdonald, L.; Freeman, K.: *Computer generated colour: a practical guide to presentation and display*. Chichester: John Wiley and Sons, 1994.
- > Leachtenauer, J. C.: *Electronic Image Display: Equipment Selection and Operation*. Bellingham: SPIE Press, 2003.
- > Lillo Jover, J.: *Ergonomía. Evaluación y diseño del entorno visual*. Madrid: Alianza Editorial, Psicología y Educación, 2000.
- > Loran, D.F.; McEwen, C.J.: *Sports Vision*. Stoneham: Butterworth-Heinemann, 1995.
- > North, R. V.: *Trabajo y Ojo*. Barcelona: Masson S.A., 1996.
- > Olson, P.L.: *Human factors in traffic safety*. Tucson: Lawyers & Judges, 2002.
- > Pitts, D.G. & Kleinstein, R.N.: *Environmental Vision*. Boston: Butterworth-Heinemann, 1993.
- > Schreuder, D.A.: *Road lighting for safety*. London: Thomas Telford, 1998.
- > Sheedy, J.E.; SHAW-McMINN, P.G.: *Diagnosis and Treating Computer-Related Vision Problems*. Amsterdam, Boston: Butterworth-Heinemann, 2003.
- > Smith, N. A.: *Lighting for Health and Safety*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.
- > Wormington, C.M.: *Ophthalmic Lasers*. Amsterdam: Elsevier, 2003.