

CONAMA

HABITABILIDAD Y SALUD

Grupo de trabajo GT-5
Congreso Nacional del Medio Ambiente 2018
Fundación Conama



RUMBO

20.30.



CONAMA 2018

26
NOV

29
NOV

PALACIO MUNICIPAL
DE CONGRESOS, MADRID

WWW.CONAMA2018.ORG

HABITABILIDAD Y SALUD

ENTIDAD ORGANIZADORA: Grupo de Investigación ABIO – Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible, Universidad Politécnica de Madrid.

PARTICIPANTES

Coordinadores

- Carmen Sánchez-Guevara Sánchez. Investigadora Doctora. Grupo de investigación ABIO. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid
- Laura Ronquillo Muñoz. Área Técnica. Fundación Conama

Relatores

- Ángel Gómez Amorín. Subdirector de Propuestas de Control de Riesgos Ambientales. Tesorero de Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA). Dirección General de Salud Pública. Xunta de Galicia
- Ángel Sánchez Malo. Director Hidrogeología y Medio Ambiente. Geomnía Natural Resources SLNE
- Beatriz Arranz. Investigadora. Instituto Eduardo Torroja, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
- Borja Frutos Vázquez. Vicedirector e investigador. Instituto Eduardo Torroja, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
- Carmen Sánchez-Guevara Sánchez. Investigadora Doctora. Grupo de investigación ABIO. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid
- César Asensio. Investigador. Universidad Politécnica de Madrid (Grupo 12A2)
- Cristina Linares Gil. Científica Titular. Departamento de Epidemiología y Bioestadística. Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III
- Eduardo Muñoz Lorenzo. Titulado Superior. Instituto Eduardo Torroja, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
- Francisco Vargas Marcos. Médico-Epidemiólogo, experto en campos electromagnéticos. Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA)
- Gloria Gómez Muñoz. Arquitecta. Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España
- Julio Díaz Jiménez. Jefe de departamento de Epidemiología y Bioestadística. Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III.
- Laura Ronquillo Muñoz. Área Técnica. Fundación Conama
- Lluch Hernández Gil. Jefa Unidad Técnica de Estudios en Salud Ambiental. Madrid Salud, Ayuntamiento de Madrid.
- Marc Sáez Zafra. Catedrático de Estadística y Econometría. Universidad de Girona
- Margarita De Luxán García de Diego. Dr. Arquitecta. Catedrática de Universidad. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid

HABITABILIDAD Y SALUD

- Maria Antonia Barceló Rado. Profesora Titular de Universidad. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Girona
- Maria Teresa de Diego Fernández. Responsable Área de Rehabilitación. Ferrovial Agroman S.A.
- Miguel Núñez Peiró. Investigador. Grupo de investigación ABIO, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid
- Víctor Manuel Irigoyen Hidalgo. Técnico. Asociación de Ciencias Ambientales (ACA)
- Víctor Manuel Zarco Lora. Colaborador. UGT

Comité técnico

- Ana Ethenique Calvo. Vicepresidenta. Confederación de Consumidores y Usuarios
- Ángel Gómez Amorín. Subdirector de Propuestas de Control de Riesgos Ambientales. Tesorero de Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA). Dirección General de Salud Pública. Xunta de Galicia
- Ángel Sánchez Malo. Director Hidrogeología y Medio Ambiente. Geomnía Natural Resources SLNE
- Aquilino Alonso Miranda. Director gerente. Agencia Andaluza de la Energía
- Beatriz Arranz. Investigadora. Instituto Eduardo Torroja, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
- Borja Frutos Vázquez. Vicedirector e investigador. Instituto Eduardo Torroja, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
- Carmen Sánchez-Guevara Sánchez. Investigadora Doctora. Grupo de investigación ABIO. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid
- César Asensio. Investigador. Universidad Politécnica de Madrid (Grupo 12A2)
- Consuelo Alcha Román. Profesora titular. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid
- Cristina García Cabañero. Responsable Vivienda y Salud, dep. Salud Ambiental. Madrid Salud, Ayuntamiento de Madrid.
- Cristina Linares Gil. Científica Titular. Departamento de Epidemiología y Bioestadística. Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III
- Daniel García de Frutos. Universidad Alfonso X El Sabio
- Eduardo Muñoz Lorenzo. Titulado Superior. Instituto Eduardo Torroja, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
- Emilia Román López. Profesora Ayudante Doctora. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid
- F. Javier Neila González. Catedrático de Universidad. Universidad Politécnica de Madrid
- Francisco Vargas Marcos. Médico-Epidemiólogo, experto en campos electromagnéticos. Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA)

HABITABILIDAD Y SALUD

- Gloria Gómez Muñoz. Arquitecta. Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España
- Hortensia Rayon Lopez. Jefe adjunto dpto. Salud Ambiental. Madrid Salud, Ayuntamiento de Madrid.
- Isabela Velázquez Valoria. Directora de Proyectos. GEA21 S.L.
- Joaquín Villar Rodríguez. Jefe del dpto. Internacionalización y Prospectiva. Agencia Andaluza de la Energía
- Jose Luis López Fernández. Director. Asociación de Ciencias Ambientales (ACA)
- Juan Jesús Hernández González-Nicolás. Técnico Plan Salud. Cruz Roja
- Julio Díaz Jiménez. Jefe de departamento de Epidemiología y Bioestadística. Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III.
- Laura Ronquillo Muñoz. Área Técnica. Fundación Conama
- Lluch Hernández Gil. Jefa Unidad Técnica de Estudios en Salud Ambiental. Madrid Salud, Ayuntamiento de Madrid.
- Mar Echenique González. Técnico de Salud. Cruz Roja
- Marc Sáez Zafra. Catedrático de Estadística y Econometría. Universidad de Girona
- Margarita De Luxán García de Diego. Dr. Arquitecta. Catedrática de Universidad. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid
- Maria Antonia Barceló Rado. Profesora Titular de Universidad. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Girona
- Maria Teresa de Diego Fernández. Responsable Área de Rehabilitación. Ferrovial Agroman S.A.
- Mariví Albizu Echeverría. Delegada. Colegio Oficial de Físicos del País Vasco
- Miguel Ángel Blanco Sanz. Jefe de la unidad técnica UTE III. Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de Madrid
- Miguel Núñez Peiró. Investigador. Grupo de investigación ABIO, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid
- Paula Rivas Hesse. Directora Área Técnica. Green Building Council España
- Víctor Manuel Irigoyen Hidalgo. Técnico. Asociación de Ciencias Ambientales (ACA)
- Víctor Manuel Zarco Lora. Colaborador. UGT

Índice

1. ANTECEDENTES	5
1.1. Objetivos del grupo de trabajo.....	5
2. INTRODUCCIÓN. ¿POR QUÉ HABLAR DE SALUD Y HABITABILIDAD?	6
2.1. Ámbito y delimitación del trabajo	7
3. FACTORES AMBIENTALES EN EL ENTORNO CONSTRUIDO Y SU IMPACTO SOBRE LA SALUD DE LAS PERSONAS	8
3.1. Variables meteorológicas	9
3.1.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen.....	9
3.1.2. Escala urbana	10
3.1.3. Escala edificio.....	11
3.1.4. Escala usuario	14
3.2. Contaminación atmosférica	17
3.2.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen.....	17
3.2.2. Escala urbana	17
3.2.3. Escala edificio.....	23
3.2.4. Escala usuario	27
3.3. Contaminación acústica	29
3.3.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen.....	29
3.3.2. Escala urbana	31
3.3.3. Escala edificio.....	35
3.3.4. Escala usuario	37
3.4. Contaminación lumínica.....	38
3.4.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen.....	38
3.4.2. Escala urbana	39
3.4.3. Escala edificio.....	48
3.4.4. Escala usuario	52
3.5. Contaminación electromagnética	59
3.5.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen.....	59
3.5.2. Escala urbana	59
3.5.3. Escala edificio.....	62
3.5.4. Escala usuario	62
3.6. Radón.....	69



HABITABILIDAD Y SALUD

3.6.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen.....	69
3.6.2. Escala urbana.....	70
3.6.3. Escala edificio.....	75
3.6.4. Escala usuario.....	84
3.7. Contaminación de origen interior por monóxido de carbono (CO).....	86
3.7.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen.....	86
3.7.2. Escala urbana.....	87
3.7.3. Escala edificio.....	88
3.7.4. Escala usuario.....	88
4. CONCLUSIONES.....	90
4.1. Barrio - Ciudad.....	90
4.2. Edificio.....	91
4.3. Usuario.....	93
5. RESUMEN DE MEDIDAS PARA EL USUARIO.....	96
6. BIBLIOGRAFÍA.....	99

1. ANTECEDENTES

El Congreso Nacional de Medio Ambiente (Conama) se ha constituido como espacio de trabajo y de debate sobre los principales y más importantes retos del desarrollo sostenible. Sus numerosos comités y grupos de trabajo, formados por equipos multidisciplinares de profesionales, procedentes de distintas entidades –ya sean de las administraciones públicas en todos sus niveles, empresas privadas, asociaciones y colegios profesionales, universidades, centros de investigación, sindicatos, entidades ecologistas, asociaciones sociales, consumidores, etc.– trabajan de forma colaborativa para poner de manifiesto las necesidades de las principales políticas.

En el contexto de la 14ª edición del **Congreso Nacional de Medio Ambiente, Conama 2018**, que se celebra en Madrid del 26 al 29 de Noviembre de 2018, se ha constituido el comité del grupo de trabajo GT-5, para abordar la relación de la salud de las personas con la habitabilidad de los espacios que frecuentan, ya sea su hogar, centro de trabajo, escuela, etc.

Como resultado de las reuniones realizadas por el comité, de los trabajos realizados por los distintos subgrupos en los que se ha dividido el grupo de trabajo en función de los diversos parámetros ambientales trabajados y del debate que surge de la celebración del Conama 2018 se ha elaborado el presente documento de trabajo. En él se recogen las conclusiones obtenidas hasta el momento, con la intención de aportar una mirada transversal y multidisciplinar en materia de habitabilidad y salud y dar a conocer así a los técnicos del sector y a población en general claves sobre las que trabajar y avanzar para la consecución de ciudades y edificios más saludables.

1.1. Objetivos del grupo de trabajo

El Grupo de trabajo GT-5 sobre habitabilidad y salud se planteó con el objetivo fundamental de agrupar en torno a una misma mesa a una amplia variedad de expertos del campo de la edificación y la salud. Su intención es trabajar de manera conjunta con el objetivo de:

EXPLORAR EL PAPEL QUE JUEGA EL ENTORNO URBANO Y CONSTRUIDO EN LA SOBRE LA SALUD, Y CÓMO FACTORES AMBIENTALES, COMO LA TEMPERATURA, LA HUMEDAD, LA LUZ, EL RUIDO O LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GASEOSA O ELECTROMAGNÉTICA, AFECTAN EN DISTINTA MEDIDA EN FUNCIÓN DE LA EXPOSICIÓN DEL USUARIO Y DE SU COMBINACIÓN CON OTROS FACTORES. ESTOS FACTORES AMBIENTALES SE INTERRELACIONAN EN EL ENTORNO CONSTRUIDO E INFLUYEN EN LA SALUD Y EL BIENESTAR. POR ESO SE HACE NECESARIO SU ANÁLISIS TRANSVERSAL QUE INCORPORE ACTORES PERTENECIENTES A DISTINTAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO. SÓLO ASÍ SE PODRÁ APORTAR UNA VISIÓN GLOBAL Y COMPLEJA DEL PROBLEMA QUE SIENTE LAS BASES DE LAS FUTURAS SOLUCIONES.

Se trataba, por tanto, de un reto complicado. En primer lugar por la disparidad de expertos que deben participar y, en segundo lugar, por los propios enfoques habituales del trabajo de cada uno de ellos. Por otro lado, la amplitud de parámetros implicados que se fueron

detectando en las reuniones de trabajo hizo necesario acotar el número de factores ambientales con los que se iba a trabajar, al menos en esta primera edición. Junto con la evaluación individualizada de cara parámetros y de los efectos específicos sobre la salud de los ocupantes de los edificios, se vio necesario dar la visión holística de todos ellos, en las distintas escalas del trabajo en la ciudad: la urbana, la edificatoria y la del propio usuario.

2. INTRODUCCIÓN. ¿POR QUÉ HABLAR DE SALUD Y HABITABILIDAD?

Hoy en día existe un amplio consenso científico en cuanto a los **riesgos que diversos factores ambientales, probablemente todos, suponen para la salud de la población.** La comunidad científica ha establecido la relación que existe entre numerosas enfermedades y la exposición a elevados niveles de contaminación ambiental, temperaturas extremas, altas o bajas, falta de luz, campos eléctricos o electromagnéticos o determinados niveles de ruido.

El lugar donde las personas se enfrentan habitualmente a estas agresiones son los entornos urbanos y edificatorios. Hay que tener en cuenta, que más de la mitad de la población mundial habita ya en ciudades y se estima que para 2050 la cifra llegará a dos tercios del total. Por tanto, la ciudad y sus edificios son el campo de batalla en el que estas agresiones deben ser estudiadas, delimitadas y combatidas.

Las ciudades juegan un papel fundamental en el impacto que estos factores ambientales tienen sobre la salud de las personas. En primer lugar porque muchas de estas alteraciones ambientales perniciosas se originan en las ciudades: el tráfico genera ruido y contaminación, la propia materialidad y morfología de la ciudad causa una isla de calor que incrementa las temperaturas, el acondicionamiento de los edificios eficientes energéticamente contamina el aire, el uso de equipos eléctricos y electrónicos genera campos electromagnéticos no deseables, etc. En segundo lugar porque el propio diseño de la ciudad y de los edificios puede ayudar a reducir o eliminar el grado de exposición de la población a estos agresores ambientales. Por ejemplo, la presencia de espacios verdes puede atenuar las temperaturas extremas y absorber contaminantes, la calidad de la envolvente de los edificios puede mejorar las condiciones de habitabilidad interiores con respecto al exterior y reducir la dependencia de las instalaciones y los combustibles, etc. Por tanto, la ciudad, siendo la causante de los problemas también puede convertirse en la herramienta de corrección.

Siendo el tráfico uno de los mayores causantes de problemas de calidad de aire y ruido, el crecimiento de las ciudades destruyendo las zonas de huertos y vegas periurbanas y su transformación en zonas edificadas, es uno de los mayores problemas. El desplazamiento de la población desde el centro de las ciudades hacia esas nuevas áreas periurbanas edificadas ha incrementado la generación de CO₂, NOx y ozono, y con ello se han incrementado los efectos nocivos sobre la población y el medio ambiente en general. Estos impactos se agravan con el cambio climático, multiplicando sus efectos perniciosos para la salud de los ciudadanos, especialmente en niños y ancianos.

Según el último informe publicado por el IPCC en 2018 se establece que el impacto de la subida de temperaturas sobre la salud de las personas será mayor en las ciudades, debido en gran medida al efecto de isla de calor mencionado.

Por todo ello, es necesaria la creación de espacios de encuentro, como este grupo de trabajo, en el que investigadores, técnicos de la administración y del sector privado de ámbitos de la edificación y la salud se junten para tender puentes entre las distintas disciplinas de conocimiento y abordar así un problema extremadamente complejo, que se debe observar con una mirada global e interdisciplinar que sienta las bases de las futuras soluciones.

2.1. Ámbito y delimitación del trabajo

Actualmente es posible encontrar literatura especializada en la que se trata la salud en la ciudad y en sus edificios desde las diversas perspectivas que señalan cada uno de los agentes nocivos. Sin embargo, no existen estudios que contemplen de manera global la salud de los ocupantes y la habitabilidad de las edificaciones con la totalidad de agentes nocivos, actuando e interactuando simultáneamente. Tampoco hay estudios que relacionen claramente los efectos de la ciudad y su isla de calor sobre los edificios, ni tampoco que relacionen los consumos de materia y energía propios del uso de los edificios y sus sistemas sobre la ciudad. Es por ello que dada la inmensidad del problema, una de las primeras delimitaciones que se estableció en el grupo de trabajo fue enmarcar exclusivamente los impactos sobre la salud dentro de los edificios, como resultado de habitar sus espacios y consumir recursos.

Junto con la delimitación de lo que podríamos llamar la escala espacial, fue necesario delimitar los parámetros ambientales a tratar. Un primer criterio de delimitación fue las materias de especialización de los expertos que se sumaron al grupo de trabajo así como de aquellos parámetros ambientales relacionados con la ciudad y la edificación.

Con todo y con ello, durante las reuniones del comité integrante de este grupo de trabajo, se han puesto de manifiesto la necesidad de abordar otros parámetros o temas que afectan directamente a la salud, pero que no han sido tratados en el presente documento por las limitaciones explicadas. Trabajar sobre la **accesibilidad universal**, sobre la relación de los parámetros estudiados con la **salud mental**, o de forma más amplia los **contaminantes de origen interior**, son aspectos que quedan pendientes para abordar en una futura ampliación de este trabajo.

3. FACTORES AMBIENTALES EN EL ENTORNO CONSTRUIDO Y SU IMPACTO SOBRE LA SALUD DE LAS PERSONAS

El trabajo se ha estructurado por subgrupos de trabajo, en torno a los distintos factores ambientales. De este modo se han elaborado una serie de documentos a modo de fichas en las que se ha analizado de manera homogénea para todos los factores los siguientes apartados:

- Descripción del parámetro y cuál es su origen
- ¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?
- ¿Qué recoge la normativa?
- ¿Qué medidas se pueden poner en marcha para atenuar su impacto sobre la salud?

Estos apartados se han elaborado para cada una de las escalas de trabajo en la ciudad:

- **La escala urbana**, que contempla el entorno barrio-ciudad próximo a la edificación.
- **La escala edificatoria**, el edificio y su ambiente interior.
- **La escala del usuario** y sus distintos factores de vulnerabilidad frente a las agresores ambientales.

Los parámetros analizados son:

- Variables meteorológicas
- Contaminación atmosférica
- Contaminación acústica
- Contaminación lumínica
- Contaminación electromagnética
- Radón
- Contaminación de origen interior por monóxido de carbono (CO)

3.1. Variables meteorológicas

3.1.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen

La ciudad, debido su morfología, materialidad, y actividades que concentra, modifica diversos parámetros relevantes para la salud y habitabilidad de la ciudadanía que vive en ella. De las tres escalas que usualmente se asocian al ámbito urbano (véase ilustración 1), la microclimática sería la más relevante desde la perspectiva del usuario, pues es en ella donde habita y desarrolla sus actividades. Esta escala también es la más relevante desde la perspectiva de los edificios, ya que la mayor parte de los intercambios energéticos se producen en ella.

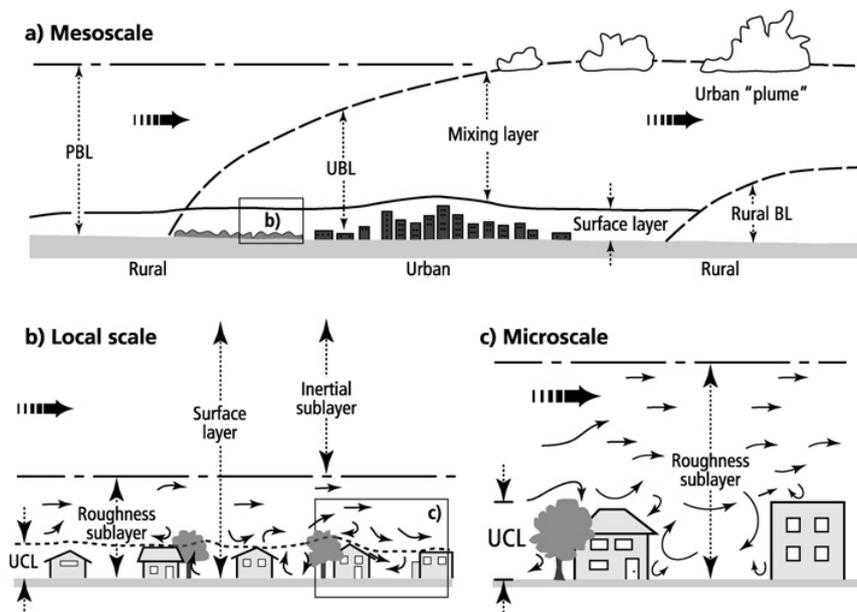


Ilustración 1: Escalas climáticas en entornos urbanos. Fuente: [1]

Los parámetros relacionados con la meteorología en contextos urbanos que se pretenden abordar son temperatura, humedad relativa, viento y radiación solar. Aunque la perspectiva climática engloba aspectos espaciales y temporales más amplios de los que son objetivo de este ámbito, debe señalarse que en contextos urbanos estos aspectos se han abordado tradicionalmente desde la perspectiva del *clima urbano* (Arnfield, 2003; Stewart & Oke, 2012; Taha, 1997). El Cambio Climático y el aumento de la población urbana han potenciado el interés por esta temática en las últimas décadas.

De entre todos estos parámetros, la temperatura ha sido extensamente vinculada con el aumento de la morbilidad y mortalidad, tanto por exceso (olas de calor) como por defecto (olas de frío). En este sentido, la temperatura máxima media diaria evidencia un efecto sobre la salud en los meses de calor, mientras que la mínima diaria lo muestra en los meses de frío. A

HABITABILIDAD Y SALUD

partir de esas variables meteorológicas, bien de forma directa o bien de otras derivadas, se definen los conceptos de ola de calor y de frío desde el punto de vista de la salud.

Este parámetro puede verse intensamente modificado en ámbitos urbanos por la isla de calor urbana, fenómeno que representa el gradiente de temperaturas existente entre el centro urbano y la periferia, y cuya intensidad puede llegar a los 8-10 °C durante las noches de mayor estabilidad atmosférica. Este fenómeno es también de gran relevancia a la hora de evaluar tanto la demanda energética de los edificios como el confort de sus ocupantes, especialmente en núcleos urbanos de latitudes medias y bajas.

Otros parámetros, como el viento y la radiación solar, también se ven modificados por la estructura urbana. En la escala microclimática las turbulencias dominan el flujo de aire, y es común la presencia de aire en calma o a velocidades muy bajas. En los meses fríos, cuando la altura solar es menor, es común que la parte baja del cañón urbano no reciba radiación solar, afectando por ello al confort de determinadas zonas urbanas y a la eficiencia energética de determinadas viviendas. En los meses cálidos, por el contrario, la radiación solar incide de forma más directa sobre las superficies horizontales, tanto en el espacio público como sobre todo en cubiertas, lo que de nuevo puede afectar tanto a la demanda energética como al confort de los usuarios.

3.1.2. Escala urbana

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

Existe una gran evidencia científica sobre cómo diversas variables meteorológicas afectan a la salud de las personas. Una simple búsqueda en PubMed arroja centenares de resultados, muchos de los cuales son revisiones sistemáticas:

- Temperatura ambiental: 5527 artículos, 425 revisiones sistemáticas
- Contaminación lumínica: 1117 artículos, 221 revisiones sistemáticas
- Olas de calor: 679 artículos, 92 revisiones sistemáticas
- Variabilidad climática y cambio climático: 472 artículos, 99 revisiones sistemáticas.

Concretamente, tanto las altas temperaturas [5] - [7] como las bajas [8] - [10] se han vinculado con un aumento de la mortalidad. A partir de estos estudios se han podido definir temperaturas de disparo para diferentes regiones, si bien no se ha llegado a desagregar a nivel urbano. Esto último puede tener especial relevancia en tanto en cuanto se incorpora la isla de calor urbana [11] - [13], por lo que podría ser interesante evaluar su incidencia en entornos urbanos.

¿Qué recoge la norma?

Al contrario de lo que sucede con la contaminación o el ruido, en la escala urbana no existe ninguna directiva europea o normativa nacional que regule las temperaturas. Sí que existen

planes de prevención, aunque estos se centran en las altas temperaturas [14] - [17]. Por otro lado, algunos municipios han desarrollado o están en fase de desarrollar planes de adaptación frente al Cambio Climático, cuyas medidas son en gran parte coincidentes con la mejora del confort higrotérmico del espacio público [18] y [19].

¿Cuáles son los condicionantes o modificadores?

En primer lugar debe señalarse que la exposición a los problemas medioambientales contribuye a las desigualdades socioeconómicas en salud a través de dos mecanismos: i) Exposición diferencial: Los grupos más desfavorecidos económicamente están más expuestos. ii) Susceptibilidad diferencial: La exposición a los problemas medioambientales tienen mayores efectos adversos en la salud de los grupos más desfavorecidos económicamente.

Sin embargo, existe un conocimiento escaso de las variables meteorológicas en ámbitos urbanos. Dado que no existe regulación que obligue a ello, la instalación de redes meteorológicas en ámbito urbano depende de la voluntad política. Además, las escasas estaciones meteorológicas existentes suelen situarse sobre la cubierta de los edificios, por encima de la cota superior del cañón urbano, y por tanto alejado del contexto microclimático. Debería potenciarse el despliegue de redes de monitorización con el fin de mejorar el conocimiento de estas variables en ámbitos urbanos, algo que ya se ha comenzado a desarrollar, de forma experimental, en varias ciudades [20].

Dado que los parámetros meteorológicos en las ciudades se ven afectados por la propia estructura urbana, esta perspectiva debería incorporarse tanto en el diseño como en la planificación de uso del espacio público. A modo de antecedentes, existen diversos estudios orientados hacia la mitigación de la isla de calor urbana [21] - [24], y que apuntan hacia el aumento de la presencia de la vegetación y zonas permeables, el control del albedo de los materiales de construcción, y la reducción de aquellos que se caracterizan por una gran inercia térmica. También se incide en un correcto diseño de la trama urbana, donde la ventilación del cañón urbano se vea favorecida. Algunos organismos públicos han comenzado a incluir este tipo de medidas entre sus recomendaciones de diseño [25] - [30].

3.1.3. Escala edificio

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

Uno de los factores que se suele relacionar más frecuentemente en la escala edificatoria es el estrés térmico. En su evaluación intervienen simultáneamente, directa o indirectamente, todos los factores meteorológicos aquí incluidos. De nuevo, éste puede deberse tanto a un exceso de calor como de frío. Su relación con la evaluación del confort es directa, existiendo diversos procedimientos tanto para ambientes interiores como exteriores [31] y [32].

HABITABILIDAD Y SALUD

El estudio del estrés térmico se ha relacionado tradicionalmente con el espacio de trabajo y no las viviendas, por lo que no se conocen bien las condiciones en las que se encuentran los hogares. En el caso de España, el estudio más reciente sobre consumos energéticos del sector residencial se deriva del proyecto SECH-SPAHOUSEC [33]. La Encuesta de Condiciones de Vida [34] también aporta datos relevantes sobre las características de los hogares, y se encuentra armonizada a nivel europeo.

¿Qué recoge la norma?

El Real Decreto 486/1997 [35] regula las condiciones ambientales de los espacios de trabajo, determinando los rangos mínimos y máximos de temperatura (17-27 °C), humedad relativa (30-70%), velocidad del aire (<0,5 m/s), e iluminación (>100-1000 luxes, dependiendo de la exigencia). Estos valores deben garantizarse, debiéndose corregir en caso de no alcanzarse y pudiéndose interrumpir la actividad en caso de no corregirse.

En el caso de viviendas la normativa de referencia es el Código Técnico de la Edificación [36]. En el *Documento Básico - Ahorro de Energía (DB-HE)* se limita la demanda y el consumo energético de los edificios, y en los que se debe asegurar unas mínimas condiciones interiores de confort. Sin embargo, las herramientas proporcionadas por el Ministerio de Fomento para la justificación de la normativa pueden plantear importantes incertidumbres en el contexto urbano. Tampoco se realiza un seguimiento posterior de las condiciones interiores de las viviendas, por lo que no se puede asegurar que las condiciones interiores sean realmente las adecuadas.

HABITABILIDAD Y SALUD

USO RESIDENCIAL		(24h, BAJA)						
		1-7	8	9-15	16-18	19	20-23	24
Temp Consigna Alta (°C)								
Enero a Mayo		-	-	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre		27	-	-	25	25	25	27
Octubre a Diciembre		-	-	-	-	-	-	-
Temp Consigna Baja (°C)								
Enero a Mayo		17	20	20	20	20	20	17
Junio a Septiembre		-	-	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre		17	20	20	20	20	20	17

USO NO RESIDENCIAL: 8 h		BAJA		MEDIA		ALTA	
		1-6 15-24	7-14	1-6 15-24	7-14	1-6 15-24	7-14
Temp Consigna Alta (°C)							
Laboral y Sábado		-	25	-	25	-	25
Festivo		-	-	-	-	-	-
Temp Consigna Baja (°C)							
Laboral y Sábado		-	20	-	20	-	20
Festivo		-	-	-	-	-	-

USO NO RESIDENCIAL: 12 h		BAJA			MEDIA			ALTA		
		1-6 15-16 21-24	7-14	17-20	1-6 15-16 21-24	7-14	17-20	1-6 15-16 21-24	7-14	17-21
Temp Consigna Alta (°C)										
Laboral y Sábado		-	25	25	-	25	25	-	25	25
Festivo		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temp Consigna Baja (°C)										
Laboral y Sábado		-	20	20	-	20	20	-	20	20
Festivo		-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ilustración 2: Perfiles de uso normalizados de los edificios. Fuente: [36] DB-HE1 Apéndice C

¿Cuáles son los condicionantes o modificadores?

El diseño de los edificios puede contribuir a mitigar o potenciar los fenómenos microclimáticos urbanos. Aumentar el aislamiento exterior puede ayudar a reducir la acumulación de calor en el ámbito urbano a la vez que mejorar la estabilidad térmica interior. Del mismo modo, las cubiertas verdes tienen un efecto positivo tanto en el interior como en el exterior de los edificios. También es conocido que el bienestar higrotérmico interior no sólo depende de la temperatura del aire y de su humedad relativa, sino también de la temperatura media radiante y de la velocidad del aire. Un correcto diseño de la envolvente del edificio puede ayudar a reducir la vulnerabilidad.

En general, recuperar estrategias bioclimáticas que permitan diseñar edificios pasivos¹ permitiría mejorar las condiciones higrotérmicas interiores. Debe tenerse en cuenta que, en los entornos urbanos, algunas medidas como la ventilación nocturna pueden no ser viables, dada la ausencia de viento, la presencia de ruido o contaminación, o las elevadas temperaturas producidas por la isla de calor.

¹ Edificio pasivo: edificación que es capaz de ofrecer condiciones higrotérmicas interiores de confort con una demanda energética muy baja.

3.1.4. Escala usuario

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

Actualmente existe bastante consenso en considerar la pobreza energética uno de los factores de vulnerabilidad más destacados de entre los que se relacionan con las condiciones higrotérmicas [37] - [42]. La causa fundamental de la misma está en los bajos ingresos de las familias, la mala calidad térmica de las viviendas y los elevados precios de la energía. Más allá de las implicaciones que la incapacidad para mantener una vivienda a temperaturas adecuadas puede tener sobre las condiciones de habitabilidad, diversos estudios han relacionado este fenómeno con problemas de salud [43]. Estos estudios se han centrado fundamentalmente en las consecuencias de vivir en viviendas frías, sin embargo es posible establecer también impactos sobre la salud de las personas causados por las altas temperaturas, especialmente durante períodos de olas de calor [44]. Entre las consecuencias más graves de vivir en casa frías se encuentra el exceso de mortalidad invernal por problemas cardiovasculares. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (2007) [45], se estima que un 40% del exceso de mortalidad invernal es debido a unas condiciones térmicas inadecuadas en las viviendas. También se conocen los efectos que tiene para la salud el efecto acumulativo de vivir a bajas temperaturas entre los que se encuentra el riesgo de sufrir neumonía, asma o artritis (OMS, 2009) [46]. Frente a una extensa literatura relativa a los efectos que tiene para la salud habitar en viviendas frías, son escasos los estudios que recogen las consecuencias que tienen sobre los ocupantes los problemas de sobrecalentamiento de los edificios. Algunos estudios como el de Vandetorren (2006) [47] en el que se relaciona una mayor tasa de mortalidad entre aquellos hogares que vivían en edificios antiguos o peor aislados, o el de Díaz (2018) [6] en que la presencia de sistemas de aire acondicionado parece estar relacionada con una disminución de la mortalidad en períodos de calor. Todos estos factores, ligados a la edificación, están también vinculados con la vulnerabilidad de los hogares, puesto que aquellas familias más desfavorecidas habitan el parque de viviendas más envejecido, con peor comportamiento térmico y con menos acceso a sistemas de aire acondicionado.

Se sabe que, entre los diferentes grupos de edad, las personas mayores son especialmente vulnerables a los extremos térmicos. Debe prestarse especial atención a este colectivo y a sus necesidades, en especial en el actual contexto de envejecimiento de la población [48]. También es conocido que el bienestar higrotérmico interior no sólo depende de la temperatura del aire y de su humedad relativa, sino también de la temperatura media radiante y de la velocidad del aire. Un correcto diseño de la envolvente del edificio puede ayudar a reducir la vulnerabilidad.

Además de esto, cabe destacar el impacto desigual que tienen las temperaturas extremas sobre la salud de las mujeres, debido a una mayor meteoro-sensibilidad de las mismas (Martínez-Carpio, 2003) así como a un acceso desigual a la energía, tal y como apunta el informe encargado por el Parlamento Europeo sobre Perspectiva de género en el acceso a los servicios de energía en la Unión Europea.

¿Qué recoge la norma?

El desarrollo normativo relativo a la pobreza energética está aún en desarrollo, en España, no existiendo aún una definición oficial del fenómeno. En este sentido, recientemente se ha realizado la definición de *consumidor vulnerable* a través del [RD 897/2017, de 6 de octubre, por el que se regula la figura del consumidor vulnerable, el bono social y otras medidas de protección para los consumidores domésticos de energía eléctrica](#)². Esta norma establece como consumidor vulnerable aquellas unidades familiares consumidores de energía eléctrica a través del mercado regulado que cumplen los requisitos establecidos para disfrutar del bono social eléctrico. Estos requisitos se basan en criterios de renta, contemplando unidades familiares adicionales como las familias numerosas o aquellas unidades familiares compuestas por pensionistas que perciban la cuantía mínima.

Si bien esta medida declara su intención de suministrar cobertura total a todas aquellas personas en riesgo de sufrir pobreza energética en España, cabe señalar que está destinada únicamente a consumidores eléctricos, que no se establece ninguna relación entre consumidor vulnerable y hogar afectado por la pobreza energética, ni la norma incluye entre sus objetivos cuestiones relativas a la salubridad de las viviendas o el confort. En este sentido, el estudio 'Pobreza Energética en España. Hacia un sistema de indicadores y una estrategia de actuación estatal', publicado por la Asociación de Ciencias Ambientales, realizaba un análisis del solapamiento de hogares potencialmente beneficiarios del bono social y hogares identificados en pobreza energética según metodología del Observatorio Europea de la Pobreza Energética, señalando desajustes entre ambos grupos.

Si bien el RD 897/2017 constituye la única normativa a escala nacional que hace referencia y ofrece medidas contra la pobreza energética, si se han producido desarrollos normativos a nivel autonómico. En este sentido, cabe destacar la Ley 24/2015, de 29 de julio, de medidas urgentes para afrontar la emergencia en el ámbito de la vivienda y la pobreza energética (Generalitat de Catalunya), Ley 9/2016, de 3 de noviembre, de reducción de la pobreza energética de Aragón, la Ley 3/2017, de 3 de febrero, de la Generalitat, para paliar y reducir la pobreza energética (electricidad, agua y gas) en la Comunitat Valenciana y la Ley 7/2017, de 14 de diciembre, de medidas de la eficiencia energética y garantía de accesibilidad a la energía eléctrica. Estos desarrollos autonómicos ofrecen medidas desde el ámbito energético y social y, con excepción de la Ley 24/2015, medidas sobre la eficiencia energética de los edificios.

Respecto al confort, existen algunos estándares con bastante aceptación, que no son en ningún caso de obligado cumplimiento, y que plantean algunas dudas. Por ejemplo, el estándar de confort adaptativo, si bien adapta la temperatura de confort en función de los días previos, no diferencia entre las temperaturas nocturnas y diurnas.

¿Cuáles son los condicionantes o modificadores?

Debe abordarse la perspectiva de la pobreza energética y por tanto la vulnerabilidad de los hogares frente a los extremos térmicos, desde la edificación, mejorando su eficiencia y su

² https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-11505

HABITABILIDAD Y SALUD

comportamiento pasivo. Sólo de esta manera se puede reducir la dependencia energética de los hogares mediante la mejora de las condiciones higrotérmicas de los hogares más vulnerables.

Debe mejorarse la cultura energética de los usuarios, mejorando sus hábitos para reducir el derroche de energía. En esta línea, incorporar en el sistema de alertas la perspectiva del edificio y del propio usuario puede contribuir a mejorar la capacidad de respuesta de los usuarios.

Así mismo, debe tenerse en cuenta que existen grupos de población más vulnerables que otros, y entre los que se encuentran:

- Mayores de 65 años [8], [49]
- Mujeres [50]
- Personas con bajo nivel educativo [51]
- Otras características de grupos especialmente vulnerables:
 - Mujeres embarazadas [52], [53]
 - Personas con enfermedades mentales y neurodegenerativas [54], [55]
 - Personas con enfermedades crónicas (cardiovasculares, respiratorias, diabetes y obesidad) [56]
 - Personas que realizan trabajos al aire libre [57]
 - Alcohólicos y personas que viven en la calle [58]

3.2. Contaminación atmosférica

3.2.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen

Hay mucha evidencia que la contaminación atmosférica, cuya fuente en las ciudades, es fundamentalmente consecuencia del tráfico, tiene muchos efectos adversos sobre prácticamente todos los indicadores de salud, como la mortalidad, los ingresos hospitalarios, las llamadas al servicio de atención domiciliaria urgente y la esperanza de vida. Tanto las exposiciones como los efectos, pueden ser a corto plazo (diario) como a largo plazo (anual).

El informe [“Air quality 2017”](#)³, de la Agencia Europea del Medio Ambiente, que presenta la evolución de la calidad del aire exterior en el periodo 2000-2015, refleja exposiciones de poblaciones urbanas de la UE 28 superiores a las admitidas por la OMS⁴ [59] - [60]:

- 82-85% de población urbanas expuestas a concentraciones superiores al límite de PM_{2.5}
- 50-62% de población urbanas expuestas a concentraciones superiores al límite de PM¹⁰
- 95-98% de población urbanas expuestas a concentraciones superiores al límite de O₃
- 7-9% de población urbanas expuestas a concentraciones superiores al límite de NO₂
- 85-91% de población urbanas expuestas a concentraciones superiores al límite de BaP
- 20-38% de población urbanas expuestas a concentraciones superiores al límite de SO₂

Si observamos la tendencia, se aprecia incremento de concentraciones en 2015 respecto al año precedente en PM₁₀ y O₃, y el más alto de Ozono de los últimos 5 años.

3.2.2. Escala urbana

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

HAY MUCHÍSIMA EVIDENCIA, TANTO POR LO QUE SE REFIERE A REVISIONES SISTEMÁTICAS (4901 REVISIONES SISTEMÁTICAS, EN HUMANOS, ENCONTRADAS EN PUBMED EL 25 DE JUNIO DE 2018), COMO OTROS ARTÍCULOS (41427 ARTÍCULOS, EN HUMANOS, ENCONTRADOS EN PUBMED EL 25 DE JUNIO DE 2018).

Los efectos sobre la salud fijados por la OMS:

- PM: Existe una estrecha relación cuantitativa entre la exposición a altas concentraciones de pequeñas partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}) y el aumento de la mortalidad

³ <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>

⁴ <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>

HABITABILIDAD Y SALUD

o la morbilidad, tanto a diario como a lo largo del tiempo. Por el contrario, cuando se reducen las concentraciones de partículas pequeñas y finas, la mortalidad relacionada también disminuirá, presumiendo que otros factores permanecen igual. La contaminación por partículas pequeñas tiene impactos en la salud incluso a concentraciones muy bajas; de hecho, no se ha identificado ningún umbral debajo del cual no se observe daño a la salud.

- O_3 : Puede causar problemas respiratorios, desencadenar asma, reducir la función pulmonar y causar enfermedades pulmonares. En el caso de España, se estima como responsable de 1700 muertes prematuras al año.
- NO_2 : Los estudios epidemiológicos han demostrado que los síntomas de la bronquitis en niños asmáticos aumentan en asociación con la exposición a largo plazo al NO_2 . El crecimiento reducido de la función pulmonar también está relacionado con el NO_2 en las concentraciones actualmente observadas en ciudades de Europa y América del Norte.
- SO_2 : puede afectar el sistema respiratorio y las funciones de los pulmones, y causa irritación de los ojos. La inflamación del tracto respiratorio causa tos, secreción de moco, agravamiento del asma y bronquitis crónica y hace que las personas sean más propensas a las infecciones del tracto respiratorio. Los ingresos hospitalarios por enfermedad cardíaca y mortalidad aumentan en días con niveles más altos de SO_2 . Cuando el SO_2 se combina con el agua, forma ácido sulfúrico; este es el componente principal de la lluvia ácida que es causa de la deforestación.

Los niveles excesivos de hidrocarburos son de efectos cancerígenos.

La calidad del aire, además de afectar a la salud humana, lo hace a los ecosistemas, al cambio climático, a edificios, etc.

Los efectos socioeconómicos de la polución resultan evidentes, porque acortan los periodos de vida, incrementan los costes médicos, reducen la productividad en el trabajo, ... De ahí que insistamos en el impacto que las actividades industriales, comerciales y residenciales proyectan sobre la calidad ambiental y la necesidad de acciones correctoras desde las instituciones. Parte de la solución residiría en edificios inteligentes, ciudades compactas, gestión de residuos correcta y una planificación urbanística adecuada.

Efectos en población general

La evidencia científica muestra que la contaminación del aire a los niveles actuales de las ciudades europeas es responsable de una carga significativa de muertes, hospitalizaciones y exacerbación de síntomas, especialmente para las enfermedades cardiorrespiratorias. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) actualmente el 85% de la población del planeta vive en áreas donde se superan los índices de protección de la salud [61].

La OMS ha informado recientemente de que más de 9 millones de muertes a nivel mundial cada año son atribuidas a la contaminación, lo que supone el 16 % de todas las muertes del

HABITABILIDAD Y SALUD

Planeta. De éstas un 92 % se producen en países con rentas bajas o medias. También indica que la contaminación atmosférica química ocasiona 6,5 millones de muertes prematuras al año, tanto por mala calidad del aire exterior como interior. Desde el punto de vista económico el impacto de la contaminación supera los 3,7 billones de euros al año, es decir, el 6,2% de la riqueza del planeta [62].

En general hay dos tipos de efectos en salud en relación a la contaminación química. Por un lado los efectos relacionados con exposiciones agudas de corta duración que se traducen en: Incremento de la mortalidad, ingresos hospitalarios por afectación respiratoria o cardiovascular, visitas a urgencias y/o atención primaria por afectación respiratoria o cardiovascular, uso de fármacos, merma en la actividad y rendimiento, absentismo laboral y escolar, síntomas agudos (tos, mucosidad, infecciones respiratorias, rinitis) y cambios fisiológicos (función pulmonar). Por otro lado los efectos atribuidos a la exposición prolongada, que van desde un incremento de la mortalidad por enfermedad respiratoria o cardiovascular, aumento en la incidencia y prevalencia de enfermedad crónica respiratoria (asma, EPOC), cáncer de pulmón y enfermedad cardiovascular crónica.

Los esfuerzos en investigación se dirigen, por una parte, a analizar los mecanismos biológicos que pueden explicar las asociaciones antes citadas. Los resultados en esta línea indican que las vías de toxicidad son múltiples y que los efectos presentan una gradación tanto en la gravedad, como en la población susceptible afectada, es decir, que las patologías menos graves son las que afectan a un mayor número de personas y que los efectos más severos son los que afectan a un menor número de personas. La visualización gráfica sería la de una pirámide en la que en la base estarían las personas afectadas por patologías menos importantes y en la cima de esa pirámide el número de personas que mueren en relación a la contaminación. La cuantificación de estos impactos constituye la segunda línea de trabajo en este campo.

Además de las tradicionales causas en morbi-mortalidad cardio-respiratoria o su relación con el incremento del cáncer de pulmón. Investigaciones recientes están relacionando la contaminación del aire con otras enfermedades como Parkinson [63], Alzheimer [64], cáncer de mama [65], cáncer de aparato digestivo y vejiga [66], ansiedad [67] y otros trastornos como obesidad [68] aumentando aún más el coste socio-económico de la contaminación.

En Europa, el 90% de los ciudadanos están expuestos a niveles de partículas finas en el aire por encima de las directrices de calidad del aire que fija la OMS. Estas cifras se traducen en 524.000 muertes prematuras anuales, 432.000 atribuibles a PM2.5, 17.000 a O3 y 75.000 a NO2. Reduciendo la exposición a PM (material particulado) la esperanza de vida de los europeos en unos 8 meses. Esto supone unos 1,2 billones de euros por muerte prematura, más un 10% más por enfermedades asociadas (10% del PIB europeo del 2013) [69].

En España, se calcula que 15,5 millones de personas (un 33.1% de la población) respira aire que incumple los estándares vigentes con niveles de contaminación por encima de los límites marcados por la unión europea y un 95,5% de la población (44,7 millones de personas) respira aire contaminado según los valores recomendados por la OMS. Estas cifras se traducen en 33.200 muertes prematuras anuales, 25.500 por PM2.5, 1.800 por O3 y 5.900 por NO2. Lo que supone económicamente unos 38.000 millones de euros (2,8% del PIB) [70]. Estimaciones más

HABITABILIDAD Y SALUD

recientes basadas en funciones dosis- respuesta calculada para cada ciudad española y, por tanto más ajustadas, dan valores más bajos en relación a la mortalidad anual atribuible a la contaminación atmosférica en España estableciéndose en 2.600 muertes/año las relacionadas con PM10; 6100 con el NO₂ y 500 las debidas al Ozono [71] y [72]. Es decir, la mortalidad anual, a corto plazo, atribuible a la contaminación atmosférica química en España estaría en torno a las 10.000 personas. Esta mortalidad es la quinta parte que la debida al tabaco y 8 veces más que causada por los accidentes de tráfico. El 3 % de la mortalidad que se produce en España estaría relacionada con los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica química.

En cuanto a las tendencias temporales de estos contaminantes en España, el último informe del MAGRAMA referente a la evaluación de la calidad del aire en el año 2014 realizada a partir de los datos generados por las redes autonómicas, locales y nacionales y el Plan Aire (http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/PLAN_AIRE_2013-2016), ponen de relieve entre sus conclusiones que en España existen superaciones frecuentes y generalizadas de los valores objetivo de ozono troposférico. También se pone de relieve la elevada concentración de partículas y dióxido de nitrógeno, como un hecho común en las aglomeraciones urbanas, superándose con relativa frecuencia los valores legalmente establecidos. En concreto, las evaluaciones de la calidad del aire demuestran que nuestros principales problemas son similares a otros países europeos, aunque en algunos casos agravados por nuestras especiales condiciones meteorológicas (mayor radiación solar que favorece la contaminación fotoquímica y, por tanto, la formación de ozono, la resuspensión de partículas por escasez de lluvia, etc.) y geográficas (episodios de intrusiones de partículas de origen sahariano).

La fuente de emisión principal de estos contaminantes es el tráfico de vehículos, que se concentra en las grandes ciudades. Por tanto, según estimaciones a nivel global, se espera que el número de días con concentraciones de ozono que superen los umbrales de protección a la salud humana aumenten. Algunos estudios apuntan que la mortalidad aguda relacionada con el ozono en Estados Unidos se incrementaría entre un 4 y un 5% entre 1990 y 2050 exclusivamente por la acción del cambio climático, sin considerar otros factores.

Las proyecciones regionales indican un aumento del 10% -14% de la morbilidad y la mortalidad relacionada con el ozono de 2021 a 2050 en varios países, entre ellos Bélgica, Francia, España y Portugal. Para el horizonte 2041-2060 se prevé que aumente la morbilidad y la mortalidad hasta en un 34% en algunas zonas [73]. Además se ha observado una asociación positiva entre las altas temperaturas, el ozono y las concentraciones de PM10 con la mortalidad, especialmente en días de ola de calor [74]. Observándose un aumento de la mortalidad del 1,66% por cada aumento de 1°C en la temperatura en los días con niveles de ozono bajo y un aumento de hasta un 2,1% en días de mucho ozono [75]. También se han observado una relación positiva entre la mortalidad cardiovascular y las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂), principal precursor del ozono troposférico [76].

Efectos en Población infantil.

Si las patologías anteriormente descritas y la mortalidad asociada se dan fundamentalmente en el grupo de mayores de 65 años, se está constatando que cada vez es mayor la evidencia de que la exposición a los contaminantes del aire durante periodos de la vida fetal e infancia, puede tener efectos a muy largo plazo. El impacto para la salud se produce incluso a concentraciones de contaminante menores que en el caso de los adultos [77] por la vulnerabilidad que supone ya de por sí el aumento celular acelerado que se da en esta etapa para la formación del sistema nervioso, reproductivo y endocrino [78] entre otros; como por el hecho de que las rutas fisiológicas sean metabólicamente más inmaduras y los mecanismos de eliminación de compuestos exógenos del organismo estén igualmente menos desarrolladas y sean menos eficaces. Por ello, los niños son especialmente vulnerables a la contaminación atmosférica.

La exposición de los niños a O₃ y PM se asocia con una mayor probabilidad de bronquitis y otras enfermedades respiratorias en la etapa post-natal, mientras que la exposición intrauterina al dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y partículas tienen efectos negativos significativos sobre el crecimiento fetal y parámetros antropométricos al nacer [79]. Así, la etapa de desarrollo intrauterino no está exenta de riesgos para el feto, teniendo constancia de que la placenta no lo protege de la exposición a los contaminantes ambientales presentes en la sangre materna [80]. Este contacto intrauterino puede conllevar resultados adversos tanto a corto plazo, como muerte fetal intrauterina y malformaciones congénitas [81], como a largo plazo, con morbi-mortalidades que se derivan en su mayoría de que se denomina como variables adversas al nacimiento, siendo las más destacadas el bajo peso al nacer [82], definido como bebés nacidos con un peso inferior a 2.500 g y la prematuridad [83] al nacimiento, definida como el parto pre término, es decir antes de la semana 37 gestación.

En torno al mecanismo fisiopatológico subyacente todavía no se tiene un conocimiento robusto al respecto, pero todo apunta a que las partículas PM_{2.5} y las ultrafinas (PM_{0.1}) son los contaminantes atmosféricos que contribuyen en mayor medida, principalmente por dos características:

- Por su pequeño tamaño este tipo de partículas pueden llegar hasta el torrente circulatorio.
- Por su composición química, característica derivada en buena parte de la acción antropogénica ya que hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y metales pesados están entre los componentes que estas partículas pueden transportar.

Una de las principales hipótesis que se baraja en la actualidad está en relación con que se produzca una acción conjunta entre el estrés oxidativo y un estado pro-inflamatorio.

Otras líneas de investigación tienen en cuenta además la capacidad pro-trombótica del material particulado (Schwartz, 2004) que produce cambios en la coagulación de la sangre. La relevancia de estos procesos se encuentra en que el estrés oxidativo, el estado pro-inflamatorio y pro-trombótico pueden provocar una deficiencia placentaria. Si ésta es grave puede llegar a suponer incluso la muerte del feto, y cuando es leve puede provocar

HABITABILIDAD Y SALUD

hipertensión materna, contribuyendo al retraso del crecimiento intrauterino debido a un menor aporte de oxígeno y nutrientes al feto en desarrollo.

Respecto a las investigaciones recientes llevadas a cabo en nuestro país, que han analizado cómo los diferentes contaminantes atmosféricos influyen en este tipo de variables registradas al nacimiento, existe dentro de los denominados estudios de cohortes el proyecto INMA (Infancia y Medio Ambiente), formado por una red de investigación de grupos españoles, cuyo objetivo es estudiar el papel de los contaminantes ambientales más importantes en el aire, agua y dieta durante el embarazo y sus efectos en el desarrollo infantil. Entre los resultados más relevantes encontrados para los efectos negativos de la contaminación atmosférica, se encuentran dos trabajos, en los que se pone de relevancia la influencia del NO₂ en bebés que nacen con casi un centímetro menos de talla y 22 gramos menos de peso; con un menor desarrollo neurológico que puede ser constatado a partir de los 18 meses de vida; y que en los primeros años sufren un cinco por ciento más de infecciones respiratorias [84]. En otro trabajo del proyecto en el que mediante modelos geoestadísticos se estimó la exposición residencial a dos contaminantes ambientales, dióxido de nitrógeno (NO₂) y benceno (C₆H₆), desde el embarazo hasta los 4.5 años de edad, se realizó una prueba de función respiratoria. En esta prueba, los niños que habían estado expuestos a mayores concentraciones de benceno y dióxido de nitrógeno durante el embarazo obtuvieron peores resultados, especialmente si la exposición se había producido durante el segundo trimestre de embarazo. En concreto, los niños y niñas más expuestos presentaban mayor obstrucción de las vías respiratorias en las pruebas de espirometría, y un mayor riesgo de baja función pulmonar [85].

Por otra parte, en resultados obtenidos en análisis de tipo ecológico longitudinal con series temporales en la ciudad de Madrid, se ha observado un incremento del riesgo tanto del número total de nacidos a término como de los partos prematuros asociado a las concentraciones de PM_{2.5} [86]. El impacto cuantitativo de este efecto sería el de un riesgo atribuible del 2,2 % para el caso de las PM_{2.5}. Es decir, que una disminución en las concentraciones de estos contaminantes en 10 µg/m³ reducirían el número de partos prematuros en un 2,2 %.

Además de estos efectos a corto plazo, y también para la ciudad de Madrid [87] se ha determinado que los contaminantes atmosféricos urbanos a los que están sometidas las embarazadas durante todo el periodo de gestación se relacionan con variables adversas al nacimiento.

Los resultados citados van en la línea de los ya obtenidos en otros estudios similares de carácter internacional y representa una línea de investigación que está tomando gran auge en la actualidad en los países más desarrollados ya que, la exposición a los contaminantes atmosféricos cuya concentración y efectos se incrementarán dentro del contexto de cambio climático condiciona por tanto, desde el desarrollo fetal hasta el crecimiento en la infancia y la vida adulta, suponiendo esto una carga de morbilidad capaz de generar discapacidad a lo largo de toda la vida.

Por otra parte, ya existen líneas de investigación orientadas no sólo a variables de tipo antropométrico/físico como las señaladas, sino que se están realizando investigaciones sobre

cómo la exposición a NO₂ y partículas PM₁₀-PM_{2.5}, principalmente en la etapa prenatal se ha asociado con alteraciones en la cognición de los niños en cohortes de nacimiento, ya que las estructuras básicas del cerebro que controlan las funciones vitales del cuerpo se desarrollan durante el embarazo y gran parte del desarrollo de la corteza cerebral que está involucrada en el pensamiento y la acción se produce durante los dos primeros años de vida [88]. El deterioro de la maduración del cerebro está relacionado con algunos de los problemas de salud infantil que hoy en día son más comunes, tales como trastornos de conducta y trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH), que constituyen una carga importante para la sociedad [89].

¿Qué recoge la norma?

La normativa, muy amplia, y a nivel europeo, puede encontrarse en:

- <https://www.eea.europa.eu/themes/air/policy-context>
 - [Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa⁵](#)
- [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

¿Cuáles son los condicionantes o modificadores?

Modificadores del efecto a nivel contextual, privación económica a nivel del barrio (o sección censal).

De hecho, la exposición a los problemas medioambientales, como la contaminación atmosférica, contribuye a las desigualdades socioeconómicas en salud a través de dos mecanismos:

- Exposición diferencial: Los grupos más desfavorecidos económicamente están más expuestos a las fuentes de contaminación atmosférica.
- Susceptibilidad diferencial: La exposición a los problemas medioambientales tienen mayores efectos (adversos) en la salud de los sujetos de los grupos más desfavorecidos económicamente.

3.2.3. Escala edificio

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=OJ:L:2008:152:FULL&from=EN>

HABITABILIDAD Y SALUD

EN EL TÓPICO INDOOR AIR POLLUTION, HAY TAMBIÉN MUCHÍSIMA EVIDENCIA, TANTO POR LO QUE SE REFIERE A REVISIONES SISTEMÁTICAS (1248 REVISIONES SISTEMÁTICAS, EN HUMANOS, ENCONTRADAS EN PUBMED EL 25 DE JUNIO DE 2018), COMO OTROS ARTÍCULOS (10089 ARTÍCULOS, EN HUMANOS, ENCONTRADOS EN PUBMED EL 25 DE JUNIO DE 2018).

La calidad del aire interior viene determinada fundamentalmente por la humedad relativa y por la temperatura, conviene evitar las concentraciones excesivas de agentes patógenos químicos – gases y partículas de combustión – que generan náuseas, fatigas y enfermedades respiratorias y del corazón, biológicos – cabellos, materias en descomposición, hongos y polvo, etc. – que provocan alergias, tuberculosis, enfermedades respiratorias, etc., físicos – electromagnetismo – que propician enfermedades musculares, o minerales – plomo, magnesio, cromo, amianto, etc. – que inciden en el malestar intestinal, estreñimiento, anorexia, deficiencias de aprendizaje, pérdida de audición, problemas cardiacos, etc.

Los principales contaminantes que se encuentran en el aire interior de viviendas, oficinas, locales de ocio, etc. son:

- Monóxido de carbono, CO
- Compuestos orgánicos volátiles, COV
- Dióxido de azufre, SO₂
- Partículas
- Asbestos
- Ozono
- Contaminantes biológicos
- Productos de uso doméstico
- Óxidos de nitrógeno, NOx
- Radón
- Humo ambiental de tabaco

Factores que se incluirán en la guía de calidad de aire interior de la OMS

- Contaminantes: formaldehído, benceno, naftaleno, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, radón, partículas, compuestos halogenados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, benzo-a-pireno.
- Agentes biológicos: Humedad y hongos, ventilación natural, alérgenos de ácaros y de mascotas.
- Combustiones interiores: Ventilación de estufas, chimeneas, campanas, tipos de combustible (sólido, sólido procesado, líquido, gas y electricidad).

Fuentes y producción

Fuentes primarias: Aquellas que generan contaminación debido a su uso o presencia en el interior

- Humo de tabaco: Monóxido de carbono, benceno, óxidos de nitrógeno y azufre, etc.
- Agua y humedades: Mohos, hongos, etc.
- Materiales de construcción y mobiliario: Compuestos orgánicos volátiles como el formaldehído (maderas aglomeradas) y otros compuestos (asbestos, etc.).
- Uso de combustibles fósiles: Hidrocarburos aromáticos policíclicos.
- Uso de productos químicos domésticos: Productos químicos para la limpieza, desinfección, ambientadores y fragancias, plaguicidas, adhesivos, pinturas, selladores, aislantes, etc.
- Control de plagas: Fuente de contaminación química.
- Calefacción, ventilación y aire acondicionado: Polvo, suciedad o crecimientos microbiológicos en los conductos y otros lugares de los circuitos, originando partículas, bacterias, etc.
- Aire contaminado procedente del exterior: Partículas, humos, polvo, gases procedentes de contaminantes industriales y vehículos, además de los naturales como polen, ácaros, y esporas fúngicas.
- Gases procedente del suelo: Radón e infiltraciones de contaminantes procedentes de usos anteriores del suelo y plaguicidas.
- Actividades de redecoración, remodelación y reparación: Pintado, impermeabilización, aislamiento, uso de adhesivos y otros productos e introducción de nuevo.
- Condiciones no sanitarias: Inadecuado mantenimiento y limpieza.
- Suministros: Disolventes, toners o tintas para impresoras, desinfectantes, etc.
- Individuos: olor corporal, cosméticos, incremento de dióxido de carbono.
- Eventos accidentales: Manejo y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

Fuentes secundarias: Son los procesos químicos que transforman los contaminantes emitidos por fuentes primarias dando lugar a otros nuevos (productos de oxidación, partículas, etc.).

¿Qué recoge la norma?

- UNE 171330: Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior.
- UNE 100030IN: Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones.
- UNE 100012: Higienización de sistemas de climatización.

HABITABILIDAD Y SALUD

- UNE 100713: Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales.
- Directiva del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción (89/106/CEE)

La Organización Mundial de la Salud establece unos **valores máximos para cada contaminante:**

- Benceno: No se puede recomendar ningún nivel de exposición seguro.
- Monóxido de carbono:
 - Nivel guía 15 minutos: 100 mg/m³
 - Nivel guía 1 hora: 35 mg/m³
 - Nivel guía 8 horas: 10 mg/m³
 - Nivel guía 24 horas: 7 mg/m³
- Formaldehído: Nivel guía: 0.1 mg/m³ (concentración media 30 minutos)
- Naftaleno: Nivel guía: 0.01 mg/m³ (concentración media anual)
- Dióxido de nitrógeno:
 - Nivel guía: 200 µg/m³ (media 1 hora)
 - Nivel guía: 40 µg/ m³ (media anual)
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos: No puede determinarse ningún nivel umbral ya que todas las exposiciones en el interior se consideran relevantes para la salud.
- Tricloroetileno: No puede determinarse ningún nivel umbral ya que todas las exposiciones en el interior se consideran relevantes para la salud.
- Tetracloroetileno: Nivel guía: 0.25 mg/m³ (media anual)

Valores guía OMS basados en efectos conocidos

- Dióxido de azufre: 500 µg/m³ 10 minutos, 125 µg/m³ 24 horas, 50 µg/m³ 1 año
- Dióxido de nitrógeno: 200 µg/m³ (0,1 ppm) 1 hora, 40 µg/m³ (0,02 ppm) 1 año
- Monóxido de carbono: 100.000 µg/m³ (90 ppm) 15 minutos, 60.000 µg/m³ (50 ppm) 30 minutos, 30.000 µg/m³ (25 ppm) 1 hora, 10.000 µg/m³ (10 ppm) 8 horas
- Ozono: 120 µg/m³ 8 horas

Concentraciones aconsejadas OSHA

- Formaldehído 0.1 ppm
- Compuestos orgánicos volátiles: 30 - 50 mg/ m³
- Tolueno 20 ppm
- Cloruro de metileno 50 ppm

HABITABILIDAD Y SALUD

- Benceno 1 ppm
- Acetona 75 ppm
- Estireno 5 ppm
- Asbestos 0.02 fibras/cm³
- Amoníaco 3.5 mg/m³
- Humo de tabaco 0.1 - 0.15 mg/ m³
- Tetracloruro de carbono (productos de limpieza) 1 ppm

Concentraciones EPA (United States Environmental Protection Agency)

- Monóxido de carbono: 9 ppm 8 horas, 35 ppm 1 hora
- Plomo: 0.15 µg/m³
- Dióxido de nitrógeno: 100 ppb 1 hora, 53 ppb 1 año
- Ozono: 0.07 ppm 8 horas
- PM_{2,5}: 12 µg/m³ 1 año (primario), 15 µg/m³ 1 año (secundario), 35 µg/m³ 24 horas
- PM₁₀: 150 µg/m³ 24 horas
- Dióxido de azufre: 75 ppb 1 hora (primaria), 0.5 ppm 3 horas (secundaria).

Para ampliar la Información, consultar:

- <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/text-version-indoor-air-quality-house-tour>
- <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>
- http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf
- http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf
- http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_243.pdf

3.2.4. Escala usuario

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

Hay mucha evidencia que la contaminación atmosférica, cuya fuente en las ciudades, es fundamentalmente consecuencia del tráfico, tiene muchos efectos adversos sobre prácticamente todos los indicadores de salud, como la mortalidad, los ingresos hospitalarios, las llamadas al servicio de atención domiciliaria urgente y la esperanza de vida. Tanto las exposiciones como los efectos, pueden ser a corto plazo (diario) como a largo plazo (anual).

HABITABILIDAD Y SALUD

HAY MUCHÍSIMA EVIDENCIA, TANTO POR LO QUE SE REFIERE A REVISIONES SISTEMÁTICAS (4901 REVISIONES SISTEMÁTICAS, EN HUMANOS, ENCONTRADAS EN PUBMED EL 25 DE JUNIO DE 2018), COMO OTROS ARTÍCULOS (41427 ARTÍCULOS, EN HUMANOS, ENCONTRADOS EN PUBMED EL 25 DE JUNIO DE 2018).

¿Qué recoge la norma?

La normativa, muy amplia, y a nivel europeo, puede encontrarse en:

- <https://www.eea.europa.eu/themes/air/policy-context>

3.3. Contaminación acústica

3.3.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen

Existen múltiples definiciones de ruido, pero en general, la más aceptada es la que se refiere al **ruido como sonido no deseado**. Cuando hablamos de ruido ambiental o contaminación acústica, solemos referirnos al conjunto de sonidos atribuibles a la actividad humana, y cabe hacer una gran diferenciación entre ruido agresor y contaminación acústica.

El **ruido agresor** es lo primero que se le viene a cualquiera a la cabeza al hablar del ruido ambiental. Con esta idea nos referimos a ese claxon, a los taconazos o martillazos de los vecinos, a los ladridos de perro, etc. todo ese sonido que nos ha fastidiado una siesta, o nos agobiado cuando intentábamos estudiar. Sus efectos suelen producirse en el corto plazo y tienen una gran componente subjetiva, por lo que sólo el que lo padece de forma continuada sabe realmente el sufrimiento que puede producir. El ruido agresor puede convertirse en un problema de salud para personas concretas, con nombres y apellidos, y por lo general también está originado por un foco fácilmente identificable. En muchas ocasiones el ruido agresor está íntimamente ligado a problemas de convivencia y civismo. Cuando el tema llega a mayores, el sonómetro y los decibelios se convierten en jueces, dirimiendo las diferencias entre agresor y agredido. El ruido agresor puede llegar a ser insufrible, provocando molestias, pérdida de sueño, nerviosismo, ansiedad o estrés. Estos efectos directos, a su vez, pueden desencadenar con el tiempo efectos indirectos de mayor gravedad para la salud. Afortunadamente, el ruido agresor afecta a una parte muy pequeña de la población, y cada día más, la administración habilita mecanismos para solucionar este problema (licencias y horarios de apertura, inspecciones de ruido en viviendas y vehículos, exigencias de aislamiento acústico, etc.).

La **contaminación acústica** está presente, en mayor o menor medida, en nuestras casas, nuestros parques, nuestras calles, etc. Pero, a pesar de ello, y al igual que ocurría hace décadas con la contaminación del aire, la sociedad en general no es consciente de la amenaza que supone la contaminación acústica. La contaminación acústica produce pérdida de bienestar en la ciudadanía, pero también afecta a la salud. No se trata de efectos inmediatos, sino efectos provocados por la exposición al ruido en el largo plazo. En muchas ocasiones, tampoco somos conscientes de los efectos que el ruido nos provoca, pero suponen un problema de salud pública, que van más allá de la respuesta subjetiva de cada una de las personas expuestas. La contaminación acústica puede producir efectos nocivos para la salud, incluso aunque no nos percatemos de la presencia del ruido. Un ambiente menos silencioso de lo necesario durante el descanso, en el ocio o en el trabajo, día tras día, puede provocar, entre otros efectos, estrés o deterioro del descanso (asociado a la reducción del número de horas de sueño, o a la pérdida de calidad del mismo). Existen múltiples evidencias científicas que establecen la relación entre la contaminación acústica y distintos tipos de enfermedades (cardiovasculares, respiratorias, deterioro cognitivo, etc.).

En algunos casos puede ser complicado discernir entre ruido agresor y contaminación acústica, o incluso pueden existir situaciones en que el mismo foco se ajuste a ambas descripciones. Sin

HABITABILIDAD Y SALUD

embargo las luchas contra la contaminación acústica y contra el ruido agresor requieren enfoques diferenciados.

El que sufre los efectos del ruido agresor es perfectamente consciente de ello. Sin embargo, en muchas ocasiones ni las administraciones ni los ciudadanos son conscientes de los efectos de la contaminación acústica, y por ello no emplean los recursos necesarios para la búsqueda de soluciones. Recientemente, la Organización Mundial de la Salud ha publicado el documento “Environmental Noise Guidelines for the European Region” donde se recopilan las evidencias científicas existentes que relacionan el ruido con efectos adversos para la salud de las personas [90]. En este documento se corroboran buena parte de los indicios ya expuestos en documentos anteriores. La contaminación acústica es un factor de riesgo, y por ello se ofrecen recomendaciones para proteger a la población. Los niveles de ruido que la OMS recomienda ahora son incluso más exigentes que los que ya se recomendaban en versión anterior de la guía [91], y están muy alejados de los niveles sonoros existentes realmente en las ciudades, por lo que la eliminación del problema es un grandísimo reto, cuyo resolución sólo puede iniciarse mediante una verdadera concienciación en la materia, tanto de la población general, como de las autoridades.

Mapas de ruido

Las agresiones por ruido pueden aparecer en cualquier momento, en cualquier punto de una ciudad. Sin embargo, la contaminación acústica tiene un carácter más estacionario, por lo que resulta factible efectuar una representación en forma de mapas. En 2002 la Comisión Europea dictó la [Directiva de Ruido ambiental](#)⁶, que obliga a las grandes ciudades e infraestructuras del transporte (aéreo, ferroviario y rodado) a realizar mapas estratégicos de ruido y planes de acción contra el ruido con una periodicidad de 5 años.

Los mapas de ruido son una herramienta muy útil para detectar focos de contaminación acústica y cuantificar el número de personas expuestas al ruido. Su uso conjunto con los planes de acción debe permitir, a nivel local, determinar las prioridades de actuación y evaluar la efectividad de las medidas adoptadas. Los mapas de ruido son una herramienta de diagnóstico fundamental, y resultan fundamentales para planificar y delimitar los usos del suelo. Además, a escala europea, su análisis debe permitir la adopción de políticas conjuntas, que trascienden el ámbito local (maquinaria, neumáticos, asfaltos, aeropuertos, ferrocarriles...).

Sin embargo, los mapas de ruido fallan estrepitosamente en uno de sus objetivos fundamentales, como es la información y concienciación al ciudadano. Por una parte, porque los indicadores que utilizan son excesivamente técnicos y alejados de la percepción ciudadana, y por otra porque excluyen aquellas fuentes que más preocupación suscitan en el ciudadano de a pie (p. ej. ruido del ocio).

Hoy en día son muchos los ayuntamientos cuya gestión del ruido está más cercana de la gestión de quejas que de la gestión ambiental, por lo que la realización de mapas estratégicos de ruido, que no atiende a quejas directas de vecinos, se considera innecesaria, un mero trámite. Por lo tanto, no se destinan los recursos necesarios, no se cumplen plazos, etc.

⁶ <http://sicaweb.cedex.es/docs/leyes/Directiva-2002-49-CE-Evaluacion-gestion-ruido-ambiental.pdf>

HABITABILIDAD Y SALUD

Sin embargo, aunque hay en ellos aspectos mejorables (p.ej. la incorporación de fuentes de ruido excluidas, como el ruido producido por las actividades de ocio), los mapas estratégicos de ruido son básicos en un enfoque medioambiental y de salud pública. No sólo sirven para realizar una diagnosis de la situación en un municipio, sino que sientan las bases para una posterior protección de los ciudadanos en el interior de sus residencias. Por ejemplo, el Código Técnico de la Edificación establece los requisitos de aislamiento acústico de las fachadas en función de los niveles existentes en el exterior, quedando estos determinados por los mapas de ruido [92].

Los mapas de ruido determinan la necesidad de establecer requisitos adicionales de aislamiento en zonas afectadas por ruido aeroportuario, y AENA emplea herramientas similares para determinar las zonas de servidumbre acústica, y las zonas de actuación en los Planes de Aislamiento Acústico.

De hecho, cuando los mapas de ruido sean una herramienta verdaderamente implantada a nivel europeo, su utilización permitirá efectuar una verdadera política integral de gestión del ruido que contemple los elementos que generan el ruido, las infraestructuras que del transporte, la protección en edificios

Se trata de analizar la influencia que el ruido ambiental (principalmente debido al tráfico en una gran ciudad) tiene sobre diferentes indicadores de salud como son la mortalidad diaria, los ingresos hospitalarios diarios y las llamadas al servicio de atención domiciliaria urgente.

El tipo de estudios a los que en gran medida se hace referencia en esta ficha están centrados en niveles de ruido ambiental, es decir, ruido en el exterior de los edificios.

3.3.2. Escala urbana

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

De forma tradicional al ruido se le ha relacionado con la mayor incidencia de problemas auditivos como pérdida de audición, reclutamiento coclear o existencia de acúfenos. Desde el punto de vista de los efectos no auditivos, a la exposición a niveles elevados de ruido se le atribuían alteraciones del sueño, estrés fisiológico, disfunción vestibular, irritabilidad e incluso problemas cognitivos.

En principio, los efectos de la contaminación acústica sobre la salud se manifiestan en personas que, en su ambiente laboral, se veían sometidas a altos niveles de ruido y se limitaban a los problemas auditivos y no auditivos antes descritos y otros de carácter inespecífico como dolores de cabeza y ansiedad. Más tarde, también en el ámbito laboral, se comenzaron a detectar trastornos cardiovasculares y otras patologías relacionadas con respuestas hormonales. Lejos de ser patologías banales, los problemas relacionados con el ruido en ambiente laboral incluyen variaciones en la presión arterial; se ha relacionado con la hipertensión e incluso se han establecido asociaciones entre los niveles de ruido en ambiente laboral y un aumento del riesgo de sufrir patologías cardiovasculares más graves como ictus, infartos y, por tanto, con un aumento de riesgo de la mortalidad por estas causas. En un

HABITABILIDAD Y SALUD

ambiente laboral el tipo de exposición a este contaminante atmosférico de tipo físico, generalmente estaba relacionada con altas intensidades sonoras y se regulaba con la exposición del trabajador a cortos periodos de tiempo. Por tanto, el problema se circunscribe a un reducido grupo de personas. Posteriores estudios mostraron que no sólo la exposición a altas intensidades de ruido durante cortos periodos de tiempo producía efectos en salud, sino que largas exposiciones a intensidades sonoras más bajas tenían efectos similares. De este modo, se empezaron a relacionar patologías similares a las anteriormente descritas para el ambiente laboral, en personas que si bien, no estaban expuestas a grandes niveles sonoros, si lo estaban durante un periodo de tiempo mayor. Se iniciaron los estudios en entornos abiertos especialmente ruidosos como son las proximidades de los aeropuertos, donde se detectaron patologías en los residentes en estas zonas similares a las descritas para el ambiente laboral. Más tarde, estas investigaciones se extendieron a la totalidad de los habitantes de la ciudad, en las que el ruido de tráfico es el causante, en un 80 %, de la contaminación acústica existente. El problema pasó así de ser un problema laboral a ser un problema ambiental y, por tanto, de ser un grupo reducido el de personas expuestas a ser un problema de salud pública. Es tal su magnitud que para la Organización Mundial de la Salud (OMS), se ha convertido, tras la contaminación atmosférica, en el principal problema de salud pública.

En 2011, la OMS presentó *Burden of disease from environmental noise* [93], el primer informe a nivel mundial sobre los efectos del ruido en la salud pública especialmente importante porque por un lado se cuantificaban en un millón los años de vida saludable que se pierden en Europa occidental a causa del ruido cada año y, por otro, porque se incidía en que los efectos nocivos del ruido van más allá de los trastornos auditivos ya conocidos —como la sordera y los acufenos— y los problemas de estrés y de aprendizaje —en especial, en los niños— sino que además se establece que el ruido **es asimismo un factor clave en la incidencia de enfermedades** cardiovasculares y respiratorias.

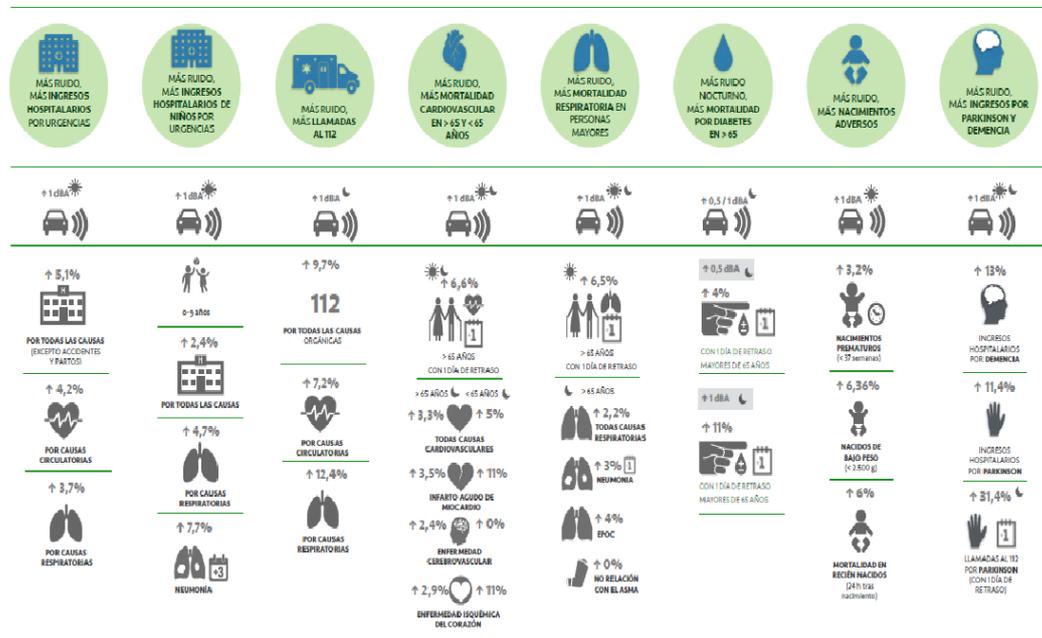
La activación del sistema reticular por el ruido produce el vertido de sustancias en la sangre, como mecanismo de respuesta a una situación de estrés, principalmente, adrenalina, norepinefrina y cortisol para personas sometidas a ruido de tráfico, que podría explicar la relación entre ruido y diversas patologías cardiovasculares y respiratorias. Por otro lado la exposición al ruido nocturno produce interrupciones del sueño y esta disminución del tiempo de sueño reparador provoca un aumento de los niveles de cortisol al día siguiente y la cronificación en la producción del cortisol que a su vez se relacionaría con la activación del metabolismo del tejido adiposo con el fin de incrementar el aporte energético en el organismo.

Este mecanismo podría explicar los resultados obtenidos en estudios recientes realizados en la ciudad de Madrid que relacionan el ruido con la morbi-mortalidad por causas circulatorias y respiratorias y diabetes así como con el aumento de partos prematuros, bajo peso al nacer e incluso mortalidad fetal. Así mismo, otras investigaciones están relacionando el ruido con la exacerbación de los síntomas de ciertas patologías neurodegenerativas como demencia, esclerosis múltiple o Parkinson que podrían incidir en el aumento de los ingresos hospitalarios por estas causas. Para el caso de la mortalidad diaria en Madrid indica que su efecto es, al menos, similar al de la contaminación atmosférica química debida a $PM_{2,5}$.

HABITABILIDAD Y SALUD

Al igual que ocurre con muchas otros factores ligados al medio ambiente, el mayor conocimiento de los mecanismos biológicos que relacionan estas variables ambientales y la salud, junto con las mejoras en las técnicas y procedimientos estadísticos están llevando a establecer cuál es la verdadera implicación que el medio ambiente tiene sobre la salud. Para el caso de la contaminación acústica el proceso es similar si bien se cuenta con un mayor desconocimiento de la población general de las repercusiones que el ruido tiene sobre su salud y, por tanto, una sensibilización de la Administración prácticamente inexistente.

Asociación entre ruido ambiental de tráfico y distintos efectos en la salud en la ciudad de Madrid



Fuente: Recio, A., Carmona, R., Linares, C., Criúz, C., Barajas, J.R., Díaz, J. Efectos del ruido urbano sobre la salud: estudio de análisis de series temporales realizados en Madrid. Instituto de Salud Carlos III, Escuela Nacional de Sanidad, Madrid, 2016.

☀ Ruido diurno
🌙 Ruido nocturno

Nota: algunos aspectos de los estudios se han simplificado o reducido para mostrarse en esta ilustración

Infografía: Jesús de la Osa, 2017

Ilustración 3: Asociación entre ruido ambiental de tráfico y distintos efectos en la salud en la ciudad de Madrid. Fuente: Jesús de la Osa, 2017. <https://www.tiempo.com/ram/392902/entrevista-julio-diaz-cristina-linares/>

¿Qué recoge la norma?

Los indicadores de ruido empleados para establecer objetivos o límites con carácter legislativo están basados en el nivel sonoro continuo equivalente (Leq). Al establecer intervalos de referencia para el cálculo del índice, los indicadores resultantes (Ld, Le, Ln correspondientes a los períodos de día, tarde y noche) representan la dosis de ruido acumulada a lo largo del

HABITABILIDAD Y SALUD

período correspondiente. Estos indicadores son los que emplea la legislación española para definir límites o niveles de referencia ([Real decreto 1367/2007](#))⁷.

El ambiente acústico exterior, compuesto por el conjunto de fuentes de ruido, en una zona residencial debe cumplir con unos valores de referencia denominados Objetivos de Calidad Acústica. Dichos objetivos se establecen en 60 dBA durante los períodos de día y tarde, y en 50 dBA durante el período noche, salvo para las zonas preexistentes en que el objetivo es 5 dBA superior.

Las recomendaciones de la OMS, resultantes de la recientemente publicado “Environmental Noise Guidelines for the European Region” [90], se refieren de manera independiente a cada tipo de fuente sonora (tráfico rodado, aviones, trenes,...), y se expresan en función del nivel nocturno (Ln) y del nivel combinado día-tarde-noche (Lden) existentes en el medio exterior.

	Lden (dBA)	Ln (dBA)
Tráfico rodado	53	45
Tráfico ferroviario	54	44
Tráfico aéreo	45	40
Aerogeneradores	45	-

Tabla 1: Valores recomendados para la protección de la salud. Fuente: [90]

La [Directiva 49/2002 sobre gestión de ruido ambiental](#) ⁸, y su transposición a la legislación española ([Ley 37/2003 del ruido](#) ⁹), establecen la obligatoriedad de realizar mapas estratégicos de ruido con una periodicidad de 5 años en las aglomeraciones de más de 100.000 habitantes, así como en los grandes aeropuertos, ejes viarios y ferroviarios. Estos mapas son una herramienta de diagnóstico a nivel local, que permiten informar al público y definir planes de acción (también obligatorios) para reducir la contaminación acústica. Así mismo, la evaluación conjunta, a escala europea, de los mapas estratégicos de ruido, permitirá definir la política estratégica de la UE para mitigar los efectos del ruido sobre la población.

La legislación de ruido establece principalmente dos niveles de protección al ciudadano:

- Protección frente a las agresiones originadas por comportamientos y actividades ruidosas (límites de emisión)
- Protección frente a la contaminación acústica agregada que producen el conjunto de fuentes existentes en un territorio (objetivos de calidad acústica).

En términos generales, la protección se sustancia mediante indicadores acumulados de largo plazo, para los que se establecen límites u objetivos de calidad acústica que no deberían ser

⁷ <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-18397>

⁸ <http://sicaweb.cedex.es/docs/leyes/Directiva-2002-49-CE-Evaluacion-gestion-ruido-ambiental.pdf>

⁹ <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-20976>

HABITABILIDAD Y SALUD

superados. Dada la particularidad del ruido, se establece un segundo límite, menos restrictivos para valores acumulados diarios (por separado para los períodos día, tarde y noche), de tal manera que mientras que el nivel anual no exceda el límite, el nivel sonoro pueda ser algo más elevado de forma esporádica. Adicionalmente, se establece un nuevo límite (menos restrictivo, aún) que no puede ser superado en ningún caso a lo largo de cualquiera de los días del año.



Ilustración 4: Tres indicadores independientes para la protección frente al ruido en el largo, medio y corto plazo, según la legislación española. Fuente: (C. Asensio, I2A2, 2018).

3.3.3. Escala edificio

¿Qué recoge la norma?

El Código Técnico de la Edificación [92] establece las condiciones acústicas que deben cumplir los edificios de nueva construcción (desde 2007) para minimizar las afecciones acústicas en el interior de los mismos:

- Se establecen requisitos relativos al aislamiento acústico entre particiones internas de las edificaciones, así como los requisitos exigidos a las fachadas.
- Se establecen exigencias para las instalaciones del propio edificio, para minimizar la potencia acústica que emiten, o maximizar la atenuación del sonido durante su propagación hacia los recintos protegidos.

En lo que se refiere a la contaminación acústica procedente del medio exterior, el elemento más débil son los huecos de las fachadas. La mejora del aislamiento acústico de la fachada resulta innecesaria si la calidad, instalación y estado de mantenimiento de los elementos existentes en la fachada resulta inadecuada. Por este motivo resultan especialmente efectivos los acristalamientos con cristal doble o laminado, y la mejora del aislamiento de los capialzados. La instalación de una doble ventana resulta especialmente eficaz ya que mejorar el aislamiento de la ventana, y elimina las transmisiones a través del capialzado.

HABITABILIDAD Y SALUD

Además de la calidad y tipología de los diferentes paramentos de cara a la minimización del ruido aéreo que se transmite a través de ellos, es fundamental optimizar las uniones entre paramentos, ya que pueden provocar la transmisión de vibraciones, y la generación de ruido estructural, además de crear una vía de transmisión del sonido por flancos que minimiza la eficacia acústica del elemento principal.

La existencia de elementos de ventilación en la fachada también reduce el aislamiento a ruido aéreo de esta, y por lo tanto son elementos que deben ser tratados adecuadamente.

Los requisitos de aislamiento acústico se definen en función del tipo de local, y su exigencia de calidad acústica. Además, estos requisitos de aislamiento son distintos en función del tipo de fuente acústica existente, siendo, por ejemplo, mayor en el caso de que la edificación se encuentre en una zona contaminada por ruido de aviación.

Las administraciones locales pueden establecer requisitos de aislamiento adicionales en el caso de que existan actividades ruidosas en zonas donde haya receptores susceptibles afectados por la contaminación acústica que se genera. En el caso de que las actividades dispongan de sistemas de amplificación sonora (música, televisión, megafonía...) además de las exigencias de aislamiento, pueden existir otras, como el uso de limitadores, orientadas a mantener un control sobre los niveles de ruido generados.

Hoy en día, existe una conexión clara entre los requisitos que se establecen para las edificaciones, los objetivos de calidad acústica que se definen para los entornos donde los edificios se encuentran, y la exigencia acústica en el interior de los mismos en función del uso previsto. De tal manera, que si en una zona se cumplen con los objetivos de calidad acústica del ambiente exterior, los aislamientos de fachada que exige el código técnico de la edificación deberían garantizar que se cumple con los objetivos de calidad acústica existentes en el interior, que a su vez están conectados con los usos de este recinto, y la protección de la salud y bienestar de las personas que lo habitan.

El código técnico de la edificación exige actualmente un aislamiento de las fachadas de 30 dBA, lo que implica, grosso modo, que un nivel exterior de $L_n=55$ dBA por la noche, se convertirá en 25 dBA preservando la salud de las personas que lo habitan. No obstante, es frecuente observar valores de aislamiento acústico de las fachadas que provocan una reducción del nivel sonoro de entre 20 y 30 dBA.

Como referencia, la OMS establece que el nivel sonoro ($Leq8h$) en un dormitorio no debería superar los 30 dBA en el largo plazo, por lo que en el ambiente exterior no deberían superarse los 45 dBA, asumiendo que el aislamiento medio anual de una fachada sean 15 dBA (parte del año las ventanas están abiertas).

3.3.4. Escala usuario

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

Los grupos especialmente vulnerables son:

- Ancianos porque son los que suelen tener mayor número de patologías de base.
- Niños. Por su especial susceptibilidad debido a la falta de madurez de su sistema inmunológico.
- Personas que tienen enfermedades neurodegenerativas. El ruido puede exacerbar los síntomas de estas enfermedades.
- Mujeres embarazadas. El ruido está detrás de partos prematuros, bajo peso al nacer e incluso mortalidad fetal

El nivel sonoro al que están expuestas las personas depende en gran medida, pero no únicamente, del ruido ambiental en su zona de residencia. No obstante, cabe realizar un distinción entre contaminación acústica (por ejemplo, la provocada por el ruido de tráfico), cuyos efectos sobre la salud pública están relacionados con una exposición acumulada de largo plazo, y agresiones sonoras (por ejemplo, ruido de vecinos, o actividades concretas), cuyos efectos sobre la salud no están necesariamente relacionados con la exposición acumulada al agente físico.

¿Cuáles son los condicionantes o modificadores?

Algunos de los efectos para la salud de las personas, como la molestia, el estrés o la ansiedad, pueden verse modificados por factores no acústicos [94]. Por ejemplo, la percepción de un ciudadano de que el ruido que está sufriendo podría ser evitado, o de que su solicitud está siendo ignorada, puede incrementar su sensación de rechazo, incrementando el nivel de molestia que el ruido le genera, o su nivel de estrés o ansiedad. Un ejemplo claro de factor no-acústico puede ser el grado de relación existente con la actividad responsable de las emisiones acústicas.

3.4. Contaminación lumínica

3.4.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen

Llamamos **luz** a la parte del espectro de las radiaciones electromagnéticas que percibe el ser humano. Isaac Newton fue el primer investigador en separar la luz visible en los diferentes colores que la componen, al hacer pasar la luz a través de un prisma de cristal. La luz solar se compone de una gama de unidades de energía electromagnética a las que Albert Einstein llamo *quants*, ahora denominados fotones. El nivel de color y la energía de un fotón dependen de su longitud de onda, cuanto más corta sea la longitud de onda, mayor será el nivel de energía.

La radiación solar tiene tres componentes: ultravioleta (UV), visible, e infrarrojo (IR). Aproximadamente un 54% de la energía que irradia el Sol ocurre fuera de la porción visible del espectro, sobre todo en el infrarrojo, y por tanto proporciona calor, pero no luz.

La ilustración 5 muestra el espectro solar (energía radiante según la longitud de onda de la radiación), indicando la parte visible.

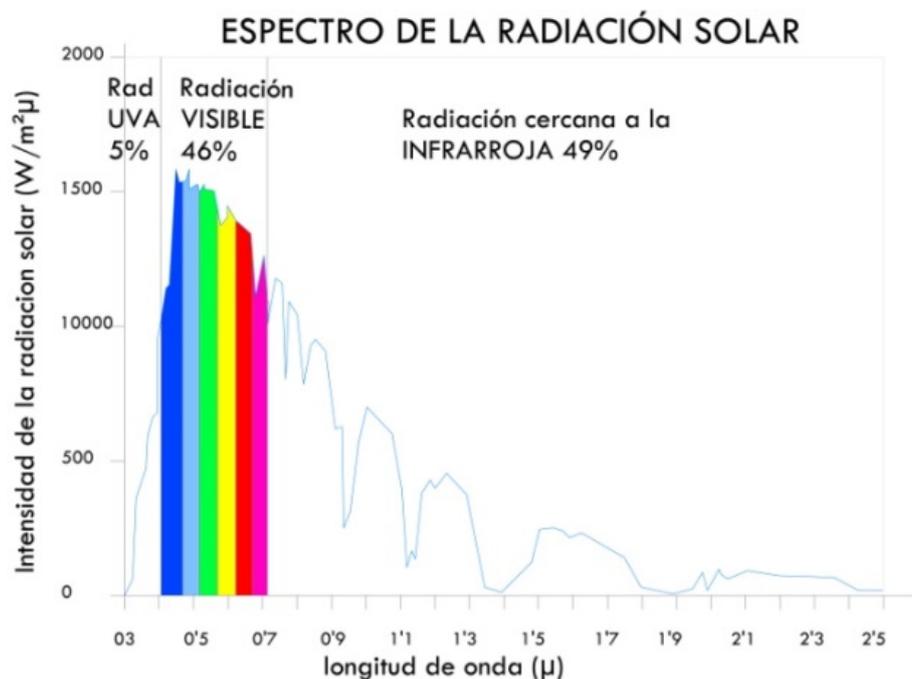


Ilustración 5: Espectro de la radiación solar. Elaboración: Beatriz Arranz. Investigadora. Instituto Eduardo Torroja, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Nuestra percepción del color resulta de la composición de la luz (el espectro energético de los fotones) que entra al ojo. Las células de cono del ojo humano son sensibles a tres rangos de frecuencia que el ojo interpreta como azul, verde y rojo. El espectro visible se extiende de 390 nm (violeta) a 780 nm (rojo). (Ilustración 6)

HABITABILIDAD Y SALUD

La iluminación natural ha sido hasta el siglo XX parte integrante de la arquitectura, la aparición de la luz artificial provocó en cierta medida que fuera relegada a un segundo plano del proyecto. Sin embargo, la riqueza que aporta la luz natural a la arquitectura, unida a la necesidad de racionalizar el gasto energético de los edificios, la ha situado de nuevo en un lugar preferente a la hora de concebir el proyecto arquitectónico.

Tras 150 años de iluminación con lámparas eléctricas existen muchos dispositivos que dan luz de gran calidad. La iluminación artificial constituye un 20% del gasto total de electricidad en países avanzados [95], y por lo tanto contribuye sustancialmente a la emisión de carbono a la atmósfera.

La luz es radiación y como tal afecta a todo aquello con lo que entra en contacto, en este sentido se define la contaminación lumínica como luz artificial que produce degradación de los ecosistemas o el estado natural.

En el campo de la ingeniería se contempla otra definición que limita la contaminación lumínica como aquellas emisiones de flujo luminoso de fuentes artificiales de luz nocturnas en intensidades, direcciones, rangos espectrales u horarios innecesarios para la realización de las actividades previstas en la zona en la que se instalan las luces. En la primera definición toda iluminación nocturna causaría contaminación lumínica y en la segunda tan solo las instalaciones ineficientes. Los efectos de la luz artificial en la naturaleza están probados independientemente de la eficiencia de los sistemas de iluminación. Sin embargo, necesitamos iluminar las ciudades, una de las herramientas más utilizadas para combatir la inseguridad es la sobre iluminación de calles, pues se espera con esto disuadir conductas antisociales.

La contaminación lumínica tiene como manifestación más evidente el aumento del brillo del cielo nocturno, por reflexión y difusión de la luz artificial en los gases y en las partículas del aire urbano (smog, contaminación...), de forma que se disminuye la visibilidad de las estrellas y demás objetos celestes.

3.4.2. Escala urbana

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

La luz es vida. La primera vida en la Tierra se desarrolló hace tres mil millones de años con la ayuda del sol. *“Toda vida en la tierra ha evolucionado bajo un ciclo rítmico cambiante entre la luz y la oscuridad”, “Todos los organismos poseen una representación interna del tiempo, el sistema circadiano se configuró por la evolución antes que cualquiera de nuestros sentidos”* nos dice Russell Foster, profesor de neurociencia circadiana en Oxford.

HABITABILIDAD Y SALUD

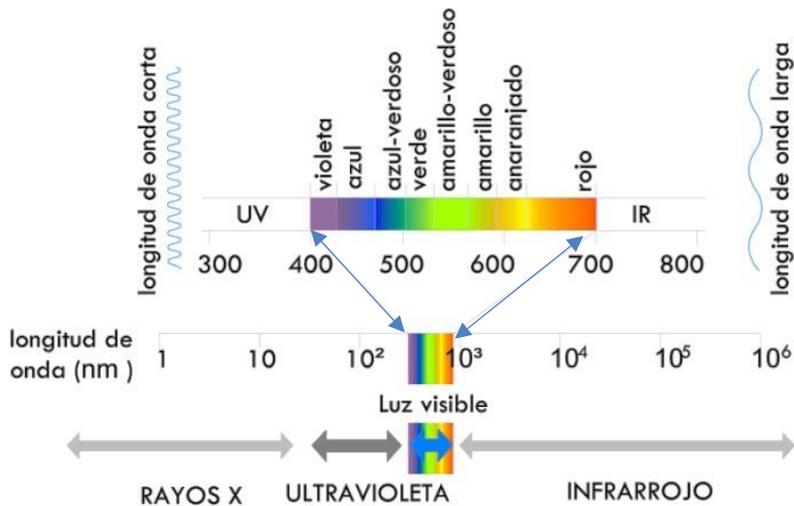


Ilustración 6: Espectro visible de la radiación solar. Elaboración: Beatriz Arranz. Investigadora. Instituto Eduardo Torroja, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Los beneficios de la luz natural se conocen desde tiempos remotos, la luz en dosis adecuadas se ha usado para el tratamiento de las enfermedades por exposición del cuerpo a los rayos solares. La terapia luminosa para tratar problemas de salud fue popular hasta la década de los 30 del siglo XX, momento en que se produjo la introducción de la penicilina que dio a los fármacos el papel dominante. Sin embargo, durante los últimos 30-40 años se ha reavivado de nuevo el interés por la luz como factor importante que contribuye a la salud y al bienestar debido a diversos hallazgos de las investigaciones biológicas y médicas. En el año 2002 David Berson junto a su equipo [96], en la Universidad de Brown (EE.UU.) detectó un nuevo tipo de fotorreceptor. Desde entonces se ha venido estudiando la sensibilidad espectral del nuevo tipo celular y se ha mostrado que la luz azulada tiene, en el aspecto biológico, mayor efecto activador que la luz rojiza. La ilustración 7 [97] muestra las rutas visuales y biológicas del cerebro: conexiones nerviosas por un lado entre la retina del ojo, con sus conos y bastones y el córtex visual (en rojo) y entre la retina con su nueva célula fotorreceptora y el núcleo supraquiasmático (NSQ) y la glándula pineal (en azul).

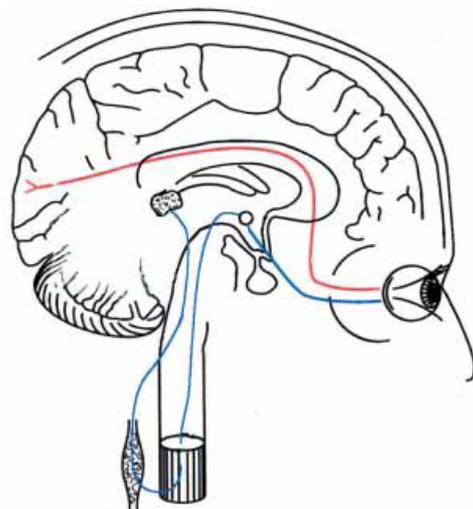


Ilustración 7: Rutas visuales y biológicas del cerebro. Fuente: "La iluminación en el trabajo: Efectos visuales y biológicos" Bommel y Beld, 2006

La ilustración 7 muestra la sensibilidad espectral del ojo: V_{λ} corresponde al sistema de conos y la curva V'_{λ} al sistema de bastones. La curva V_{λ} aplicable al sistema de conos es la base de todas las unidades de iluminación, como el lumen, el lux y la candela. Se denomina sistema

HABITABILIDAD Y SALUD

fotópico. Gracias a la curva V_λ puede verse que el ojo no es muy sensible a la luz en el azul y en el rojo extremos y que tiene una sensibilidad máxima hacia la luz verde-amarilla.

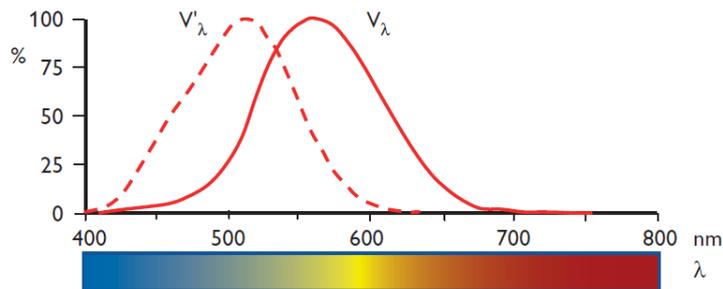


Ilustración 8: Curvas de sensibilidad espectral del ojo. Fuente: “La iluminación en el trabajo: Efectos visuales y biológicos” Bommel y Beld.

La sensibilidad de la nueva célula fotorreceptora también varía según las diferentes longitudes de onda de la luz, en la ilustración 9 [98] observamos la curva de “acción biológica” espectral junto con la curva de “sensibilidad visual” del ojo correspondiente a los conos. Al comparar las dos curvas se observa que la sensibilidad visual máxima se encuentra en la región de longitudes de onda del amarillo-verde mientras que la sensibilidad biológica máxima se encuentra en la región azul del espectro. Estos fenómenos tienen un significado importante a la hora de redactar las especificaciones de una iluminación sana.

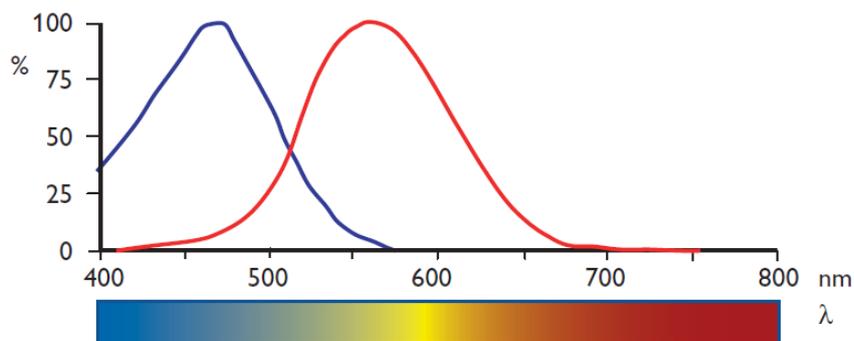


Ilustración 9: Curva de acción espectral biológica (con supresión de la melatonina), en azul [98] y curva de sensibilidad visual, en rojo. Fuente: “Photoreception for regulation of melatonin and the circadian system in humans”, Brainard, G.C.

HABITABILIDAD Y SALUD

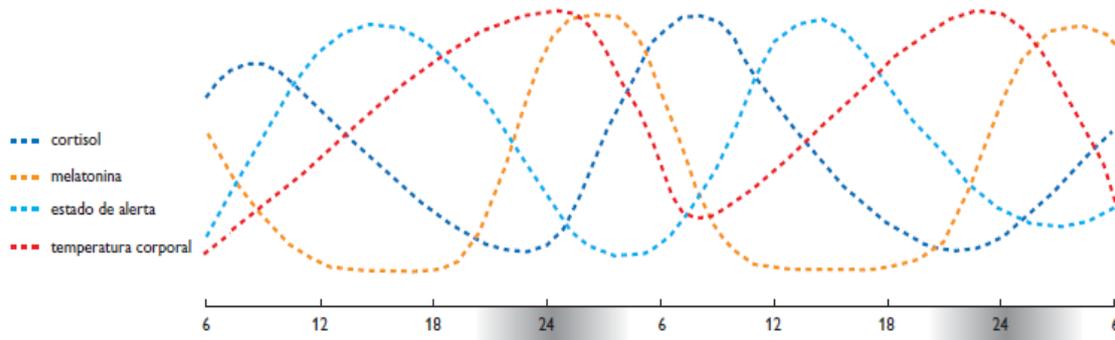


Ilustración 10: Curva de acción espectral biológica (con supresión de la melatonina), en azul [98] y curva desensibilización visual, en rojo. Fuente: "Photoreception for regulation of melatonin and the circadian system in humans", Brainard, G.C, 2004.

La luz envía señales a través de las células fotorreceptoras y de un sistema nervioso independiente a nuestro reloj biológico que, a su vez, regula el ritmo circadiano (diario) y los ritmos circanuales (estacionales) de muy distintos y variados procesos corporales. La figura 6 ilustra algunos ritmos típicos de los seres humanos. Esta figura solo muestra unos pocos ejemplos: temperatura corporal, vigilia y las hormonas cortisol y melatonina. [98]

Las hormonas cortisol ("hormona del estrés") y melatonina ("hormona del sueño") juegan un papel importante a la hora de controlar la vigilia y el sueño. El cortisol, entre otros, aumenta la glucosa sanguínea para dar energía al cuerpo y mejora el sistema inmune. Sin embargo, cuando los niveles de cortisol están demasiado elevados durante un período muy prolongado el sistema se agota y pierde su eficacia. El nivel de cortisol se incrementa por la mañana y prepara al cuerpo para la actividad del día que se avecina. Permanece a un nivel alto suficiente durante el día, cayendo a un nivel mínimo a medianoche. El nivel de la hormona del sueño (la melatonina) cae por la mañana, reduciendo la somnolencia. Normalmente sube de nuevo cuando llega la oscuridad para permitir un sueño sano. Para tener una buena salud es importante que estos ritmos no se alteren demasiado. En caso de que se altere el ritmo, la luz brillante de la mañana ayuda a restaurar el ritmo normal [99].

Esta es un área de conocimiento en la que aún queda mucho por entender. El Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2017 fue otorgado conjuntamente a Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash y Michael W. Young "por sus descubrimientos de mecanismos moleculares que controlan el ritmo circadiano" afectando a la segregación de las distintas hormonas que vamos necesitando en las distintas fases del día.

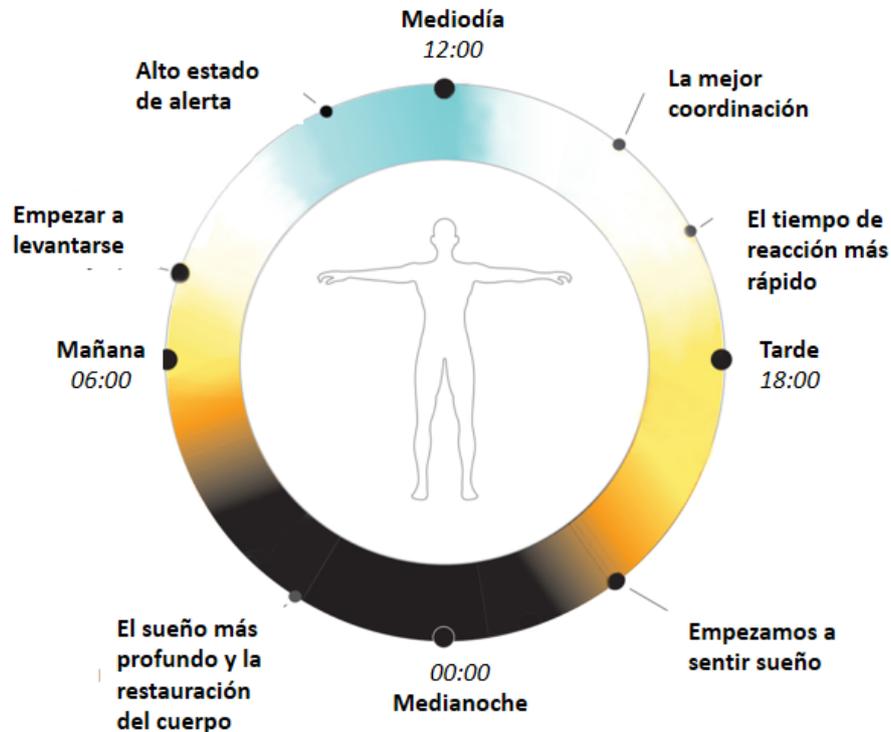


Ilustración 11: Presentación en visita a Lledó. Fuente: “El futuro de la iluminación creando prosperidad y bienestar en base a las nuevas directivas de la UE” por Rafael Lledó

Necesitamos luz y oscuridad, hay un periodo del día en el que estamos activos y otro en el que estamos durmiendo. La luz es el componente externo que tiene la mayor influencia sobre nuestro reloj interno. (Ilustración 11)

El organismo actúa ante la luz natural o la artificial, la natural tiene el espectro completo y la artificial puede variar en gran medida, reproduciendo espectros muy equilibrados o, todo lo contrario. Según la norma CIE DIS 026 necesitamos que llegué al ojo al menos 240 Melanopic Daylight Equivalent Illuminance (MDEI) de la fuente de luz D65 (o cantidad equivalente) para activarnos y sincronizarnos. (Ilustración 12).

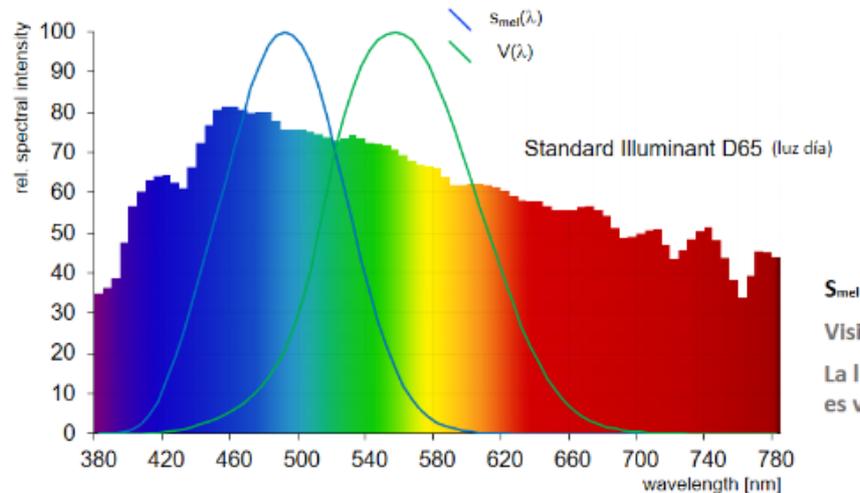


Ilustración 12: Espectro de Iluminación Estándar D65. Fuente: CIE DIS 026

Además de la regulación del ciclo circadiano, existen múltiples datos clínicos que han demostrado que el espectro electromagnético es una variable ambiental en el mantenimiento de la salud humana. La falta de exposición a los rayos UV y a un equilibrado espectro visible puede ser un elemento significativo en la contribución al desarrollo de **enfermedades degenerativas**, que parecen afectar principalmente a poblaciones urbano-industriales que viven sus vidas en el interior de edificios. Numerosos científicos que han contribuido significativamente en la comprensión de los mecanismos bioquímicos de la energía electromagnética en la salud humana, uno de los pioneros es el Dr. Richard Wurtman, en un artículo ya histórico [5] señaló algunos de los efectos biológicos de la luz solar, en lo que se refiere tanto a la radiación ultravioleta visible como la no visibles (UVA y B).

- 1) Las longitudes de onda de alta energía 290 nm UVB estimulan el sistema neuroendocrino para secretar hormonas que influyen en el desarrollo sexual y psicológico.
- 2) La piel también absorbe las longitudes de onda UVB que son necesarios para sintetizar la producción de vitamina D3.
- 3) La luz se puede utilizar para tratamiento de la psoriasis, herpes y otros trastornos cutáneos, así como la hiperbilirrubina y la ictericia neonatal en los bebés.
- 4) Las longitudes de onda ultravioleta de alta energía han demostrado tener importantes beneficios germicidas, incluso contra las bacterias estafilococos, hongos, moho.

La luz natural proporciona la única luz con el espectro de la radiación completo [100]. La luz incandescente está más cerca en la distribución espectral a la luz natural, la luz fluorescente emite un espectro muy distorsionado que es muy diferente del de la luz natural (Ilustración 13). La evolución de los sistemas de iluminación eléctrica ha sido lenta hasta que aparecieron los LED adicionales.

HABITABILIDAD Y SALUD

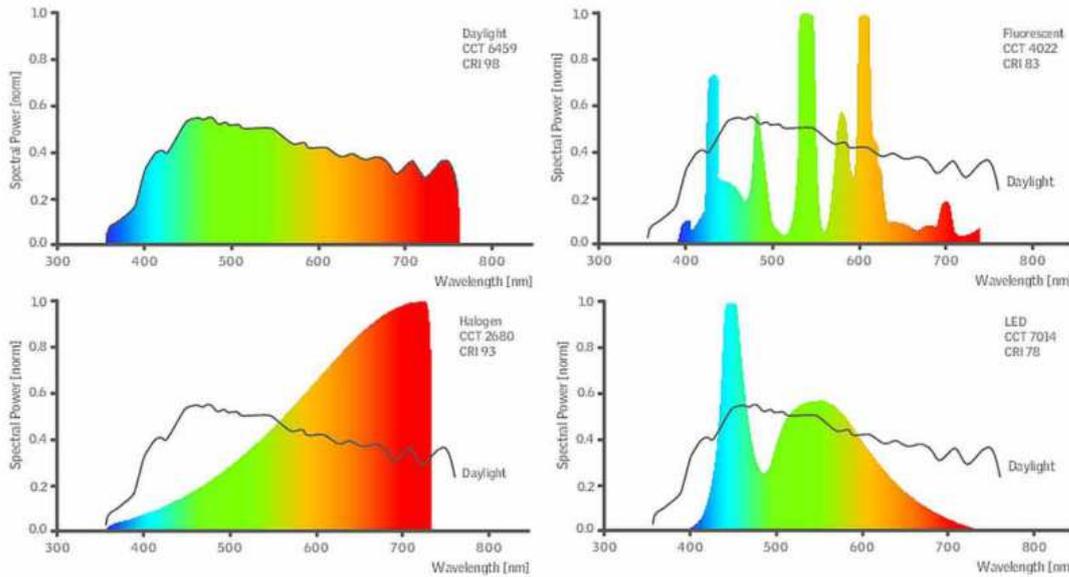


Ilustración 13: Espectros de distintas fuentes de luz: Arriba izquierda luz natural, arriba derecha fluorescente, abajo izquierda halógena y abajo derecha LED estándar.

La luz fluorescente altera los ritmos circadianos, y al hacerlo, los estudios han demostrado efectos negativos para la salud que van desde molestias menores como dolores de cabeza, cansancio ocular, fatiga y aumento de peso, hasta efectos más graves, como trastornos del insomnio y del sueño, un aumento del riesgo de cáncer, depresión, y un sistema inmunitario debilitado, modificaciones en el hipocampo, disminución de la densidad de las espinas dendríticas y aumento del factor de necrosis tumoral (TNF), además un incremento de la tasa de trastornos del humor que guarda relación con el incremento de la contaminación lumínica nocturna en las ciudades durante los últimos 50 años [101] - [105].

Existen muchos tipos de luminarias tipo led, la ilustración 14 muestra el espectro de leds de última generación dinámicos de la empresa LLEDÓ, que varían a lo largo del día simulando la luz natural y reproducen su espectro en mayor o menor medida dependiendo del modelo.

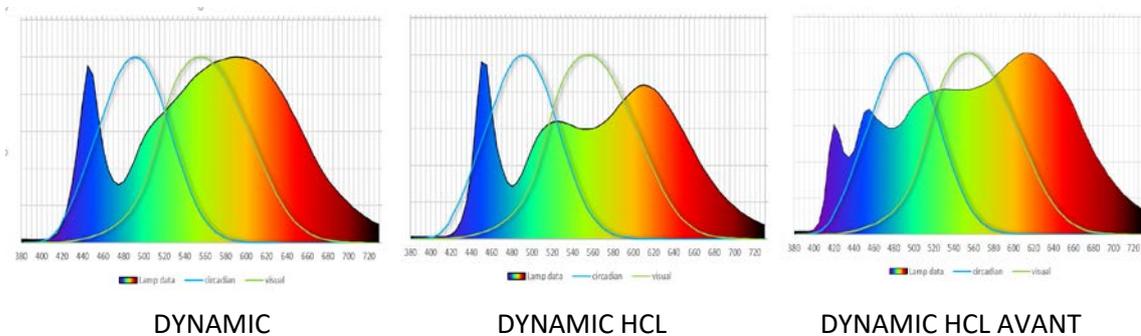


Ilustración 14: Modelos de Luminarias tipo LED, dinámicas y que reproducen un espectro próximo al de la luz natural.

¿Qué recoge la norma?

La norma regula la iluminación artificial, en España no hay regulación de obligado cumplimiento en cuanto a la iluminación natural.

Los **aspectos visuales** están bien cubiertos por las normas conocidas en el sector de la iluminación. En España tenemos el Comité **CTN 72 - ILUMINACIÓN Y COLOR** de AENOR:

La Secretaría de este Comité la lleva ANFALUM (Asociación nacional de fabricantes de luminarias, lámparas y equipos asociados). Su campo de actividad es la normalización de: La iluminación en sus aspectos de emisión y recepción; el color en sus aspectos de definición, clasificación y designación; candelabros e instalaciones de iluminación, en sus aspectos de terminología, características y métodos de ensayo.

A nivel internacional mantiene relaciones con otros Comités: CEN/TC 50 Báculos y sus accesorios; CEN/TC 169 Luz e iluminación; ISO/CIE Comité Internacional de Iluminación; ISO/TC 274 Iluminación. Desde su creación ha participado en la elaboración de numerosas normas que se pueden consultar en:

<https://www.une.org/Paginas/Normalizacion/Ficha-CTN.aspx?n=5&c=CTN%2072>

A continuación, se recogen las que pueden mantener mayor interés en relación a este trabajo:

- UNE –EN 12464-2: 2008. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en exteriores.
- UNE-EN 16268:2016. Características de las superficies reflectantes para luminarias.
- UNE-EN 13201:2016 Iluminación de carreteras.
- UNE-EN 13032-4:2016. Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias. Parte 4: Lámparas LED, módulos y luminarias.

Para los **efectos no visuales** recientemente disponemos de la norma **DIN SPEC 67600:2013-04**

Esta norma trata los efectos biológicos de la luz circadiana, tratando aspectos como: Acumulación de radiación, niveles, duración en la exposición, cantidad de luz azul (460-480nm.), superficie y paredes del local, cambios dinámicos en su nivel y color (como en la naturaleza), etc. CIE ha presentado el borrador CIE DIS 026 con similares características.

¿Cuáles son los condicionantes o modificadores?

A escala urbana se deberían crear las condiciones para que tanto espacios exteriores como interiores recibieran la mayor cantidad de luz natural, el entorno va a influir significativamente en la disponibilidad de luz natural en interiores. La luz artificial en exteriores debe ser de calidad, evitar la contaminación lumínica y el derroche.

HABITABILIDAD Y SALUD

Podemos considerar los siguientes condicionantes en relación a la disponibilidad de **luz natural** a nivel urbano:

Variación temporal: La luz natural es variable en el tiempo en cuanto a su intensidad, su contenido espectral y su heterogeneidad.

Lugar y entorno: La calidad y cantidad de luz en el interior de un espacio es variable, la luz natural que recibe un local depende de múltiples factores exteriores:

- Latitud, longitud y altitud del lugar, condiciones climatológicas, condiciones de la atmosfera local (ej.: contaminación).
- Colores del entorno próximo.
- El estado de la bóveda celeste en un momento concreto.
- Situación: forma del edificio e implantación. La implantación del lugar de edificación es también el factor más importante que afecta a la disponibilidad de luz solar, el acceso a la luz, ya que puede haber obstáculos como edificaciones, vegetación, sombras proyectadas.
- La orientación de la fachada, en el hemisferio norte la fachada sur recibe la mayoría del tiempo luz directa blanca mientras que la fachada norte recibe luz indirecta, estable. En las fachadas este y oeste, existe mucha diferencia en función de la hora del día: directa en las primeras o últimas horas del día, rojiza y direccional, y el resto del día luz indirecta estable y azulada. La cubierta recibe luz directa todo el día y por lo tanto hará falta controlarla.
- La pendiente en cualquier dirección reducirá la cantidad de luz natural que alcanza las ventanas que miran hacia la pendiente.
- Profundidad del edificio y tamaño total: La iluminación lateral en un edificio establece un límite a la profundidad del mismo para que pueda ser iluminado satisfactoriamente durante el día. En un edificio típico la luz natural puede penetrar aproximadamente 6 m hacia dentro desde la vertical de la ventana. Esto establece una limitación al diseño, produciendo plantas que son de 12 m de profundidad.
- Intrusión lumínica: La intrusión lumínica se produce cuando la luz artificial procedente de la calle entra por las ventanas invadiendo el interior de las viviendas. Su eliminación total es muy complicada debido a que siempre entrará un cierto porcentaje de luz reflejada en el suelo o en las paredes, esto puede provocar falta de descanso, así como posibilidades de alguna alteración en la vida de la ciudad. Esto resulta una gran agresión medioambiental, así como una agresión a los vecinos al mismo tiempo. La introducción de los leds está aumentando el abuso en el uso de la luz en exteriores, en la iluminación de exteriores en chalets con led deben enfocar al suelo y no el vecino y emplearse las cálidas (2700º) evitando el uso de la leds fría (de 5000º o más).

En cuanto a la calidad y eficiencia de la **iluminación artificial** podemos considerar los siguientes aspectos:

- **Dirección de la luz:** Impedir que la luz se emita por encima de la horizontal y dirigirla sólo allí donde es necesaria. Emplear de forma generalizada luminarias apantalladas cuyo flujo

HABITABILIDAD Y SALUD

luminoso se dirija únicamente hacia abajo.

- **Espectro:** Usar lámparas de espectro poco contaminante y gran eficiencia energética, preferentemente de vapor de sodio a baja presión (VSBP) o de vapor de sodio a alta presión (VSAP), con una potencia adecuada al uso.
- **Selección de áreas a iluminar:** Iluminar exclusivamente aquellas áreas que lo necesiten, de arriba hacia abajo y sin dejar que la luz escape fuera de estas zonas
- **Niveles de iluminación:** Ajustar los niveles de en el suelo a los recomendados por organismos como el Instituto Astrofísico de Canarias o la Comisión Internacional de Iluminación.
- **Optimización de horarios de encendido:** Regular el apagado de iluminaciones ornamentales, monumentales y publicitarias.
- **Regular escenarios de contaminación lumínica extrema:** Prohibir los cañones de luz o láser y cualquier proyector que envíe la luz hacia el cielo.
- **Racionalizar el uso:** Reducir el consumo en horas de menor actividad, mediante el empleo de reductores de flujo en la red pública o el apagado selectivo de luminarias. Apagar totalmente las luminarias que no sean necesarias.

3.4.3. Escala edificio

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

El entorno, el diseño del edificio y la selección de los sistemas de iluminación artificial van a determinar las características de la iluminación.

Se ha realizado un gran número de proyectos de investigación que comparan los efectos sobre la salud, sobre el bienestar y sobre la vigilia en personas que trabajan bajo diferentes condiciones de iluminación.

A continuación, se analizan algunos de estos estudios:

Küller and Wetterberg [106] estudiaron el patrón de ondas cerebrales (EEG) de las personas, en un laboratorio que simulaba un entorno de oficina, aplicando un nivel de iluminación relativamente alto (1700 lux) en uno de los casos y en el otro caso un nivel relativamente bajo (450 lux). El patrón de los ECG muestra una diferencia marcada: el mayor nivel de iluminación da como resultado un número inferior de ondas delta (la actividad delta del ECG es un indicador de somnolencia) lo que indica que la luz brillante influye poniendo en estado de vigilia el sistema nervioso central, los resultados se muestran en la ilustración 15.

HABITABILIDAD Y SALUD

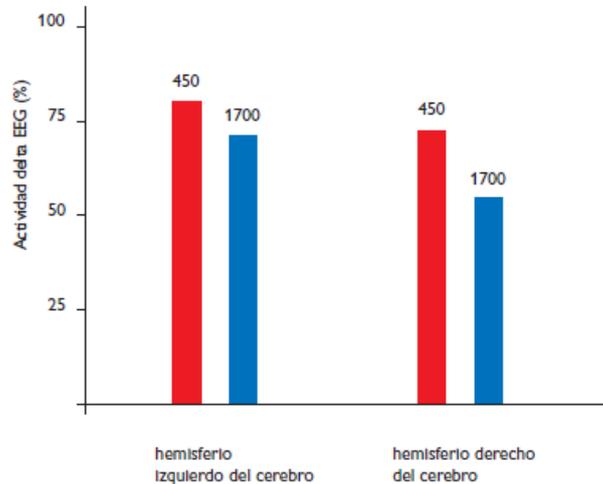


Ilustración 15: Actividad delta en el EEG de trabajadores. Fuente: Küller and Wetterberg.

Se han realizado muchas investigaciones referentes a los efectos de la luz sobre la vigilia y el estado de ánimo en condiciones que simulan los turnos de noche, porque es aquí donde se espera que los efectos sean mayores. La figura 12. muestra el efecto de dos regímenes de iluminación sobre la excitación, en función del tiempo de trabajo de los trabajadores por turno [13]. Con ambos regímenes se produce una reducción de la excitación durante la noche, pero el régimen de iluminación alta siempre provoca un nivel de excitación significativamente elevado y, por lo tanto, una mejor vigilia y un mejor estado de ánimo.

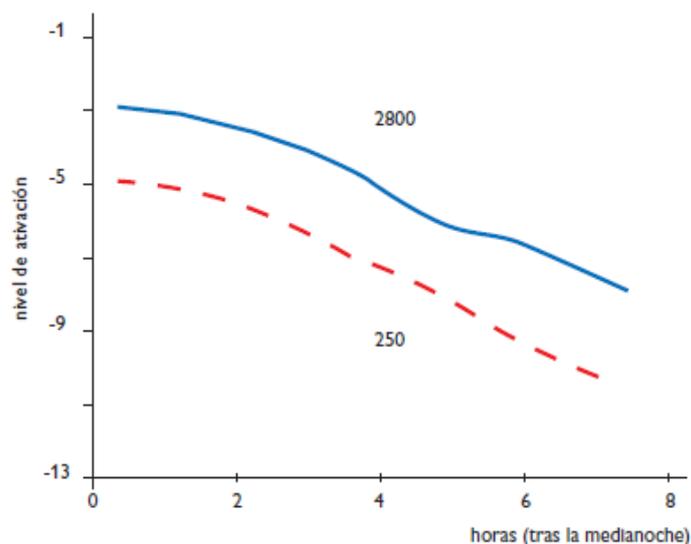


Ilustración 16: Vigilia y estado de ánimo expresados como nivel de excitación. Fuente: Boyce et al.

Otros estudios muestran que el uso de niveles de iluminación más elevados para contrarrestar la fatiga provoca que los sujetos permanezcan en alerta durante más tiempo [108] - [110].

HABITABILIDAD Y SALUD

Los estudios sobre los niveles de estrés y de malestar en personas que trabajan en interiores se han realizado comparando un grupo de personas que usa sólo luz artificial con otro grupo que utiliza luz artificial y luz natural combinadas [111]. Como se puede ver en la ilustración 17, en enero existe poca diferencia entre los resultados de los dos grupos. Pero en mayo, cuando ya existe una contribución real de la luz natural, el grupo que dispone de esta luz transmite a los investigadores muchas menos quejas por estrés. Otro estudio muestra que en invierno la luz artificial brillante en interiores tiene un efecto positivo sobre la vitalidad y sobre el estado de ánimo [112].

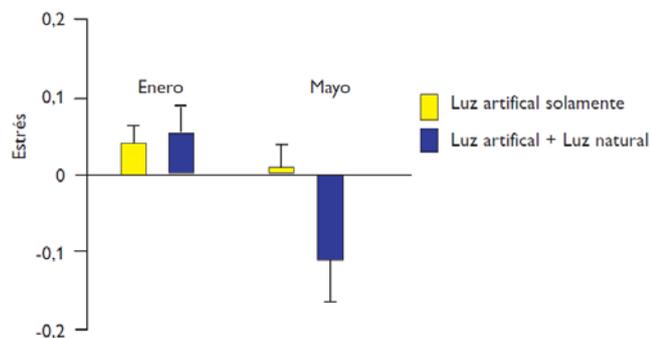


Ilustración 17: Nivel de quejas sobre estrés. Fuente: Kerkhof.

A nivel de costes, existen múltiples estudios en oficinas que monetizan la mejora de la calidad ambiental en relación a otros costes. En el estudio realizado por CBRE [113] midieron el **12%** de incremento en el rendimiento de las personas, cuando se aplica la iluminación correcta para cubrir nuestras necesidades **visuales y circadianas**

¿Qué recoge la norma?

La normativa está desarrollada en relación a la cantidad de luz para la realización de distintas tareas (ámbitos laborales), sin embargo, no hay normativa de obligado cumplimiento que haga referencia a la cantidad de luz natural necesaria.

Normativa técnica:

- UNE 72-163-84. Niveles de iluminación. Asignación a tareas visuales.
- UNE 72-153-85. Niveles de iluminación. Asignación a tareas visuales.
- UNE-EN 1838:2000. Iluminación. Alumbrado de emergencia.
- UNE-EN 12665:2012. Iluminación. Términos básicos y criterios para la especificación de los requisitos de alumbrado.
- DIN 5035-7 Artificial Lighting - Part 7: Lighting of interiors with visual display work stations
- DIN EN 12665 Light and lighting – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements
- DIN EN 15193 Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting.
- UNE EN 410. Vidrio para la edificación. Determinación de las características luminosas y solares de los acristalamientos. 2011.
- UNE EN 13363-1. Dispositivos de protección solar combinados con acristalamiento. Cálculo del factor de transmitancia solar y luminosa. Parte 1: Método simplificado. 2009.

HABITABILIDAD Y SALUD

- UNE EN 13363-2. Dispositivos de protección solar combinados con acristalamiento. Cálculo del factor de transmitancia solar y luminosa. Parte 2: Método simplificado. 2008.

Normativa legal:

- REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97 23/04/1997
- REAL DECRETO 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. BOE nº 97 23/04/1997

¿Cuáles son los condicionantes o modificadores?

En relación a la iluminación natural, las fuentes son de dos tipos:

- Directa: La luz directa del sol y luz difusa del cielo. La luz directa del sol que es recibida por una superficie perpendicular a la dirección del haz varía entre 60000 y 120000 lux, se trata de una iluminación muy intensa para desarrollar una tarea.
- Indirecta: La luz procedente de una superficie reflectante o de un difusor traslucido que han sido a su vez iluminados por una fuente directa o difusa.

La eficacia luminosa de la luz natural es considerablemente mayor que las de las fuentes de luz artificial comúnmente utilizadas, al tratarse de una eficacia luminosa mayor la cantidad de calor por unidad de iluminación introducida es menor. La iluminación óptima será la procedente de la radiación difusa. Siempre que sea posible se diseñará con la luz que entra en la bóveda celeste y no con la radiación directa.

Disponibilidad de luz natural: La contribución de la luz natural al interior es otro factor muy importante que determina la calidad del ambiente de trabajo.

Ventanas: Tipo de acristalamientos, sistemas de protección solar, sistemas de protección lumínica.

Tipo de luz artificial: Intensidad, color, dirección, momento del día y acumulación de la radiación, son muy importantes en la iluminación circadiana.

Brillo de las superficies que forman los límites físicos del espacio, como las paredes, el suelo y el techo. El brillo de estas superficies determina en gran medida cómo se vive el espacio en su conjunto.

Limitación correcta del deslumbramiento y de los reflejos luminosos indeseables.

Equilibrio de los contrastes y las luminancias. Una de las reglas de oro de la luminotecnia establece que la relación de luminancias entre el plano inmediato (tarea) y el mediato (Infinito) no deberá ser superior a 10:1. En este contexto, "infinito" puede ser considerado como cualquier distancia superior a los cinco metros. Se ha establecido que cuando los ojos se

HABITABILIDAD Y SALUD

encuentran enfocados sobre una tarea visual, estos necesitan elevarse y enfocar al infinito con el propósito de descansar sus músculos. Este ejercicio se realiza cada 5 a 7 minutos.

Frente a este panorama, es fácil comprender que, si las luminancias no guardan al menos la relación establecida por las recomendaciones, la pupila deberá realizar un agotador trabajo de adaptación de altas a bajas luminancias y viceversa entre 10 y 12 veces por minuto. Lo que el ojo ve es lo que el objeto refleja y no la luz propiamente dicha. Por lo tanto al proyectar la iluminación de una habitación se deberán tener en cuenta las características propias de las superficies

Contaminación atmosférica y ruido: En ubicaciones muy sucias o contaminadas, pueden ser necesarias ventanas cerradas herméticamente y ventilación mecánica o aire acondicionado. Los depósitos sucios en las ventanas pueden requerir un programa riguroso de mantenimiento. Las claraboyas horizontales se ensucian rápidamente y precisan ser limpiadas frecuentemente. Por esta razón deben evitarse en lugares sucios o contaminados. El acristalamiento inclinado se ensucia más rápido que las ventanas verticales.

Uso del edificio: Las necesidades de iluminación y su configuración varían según la aplicación, la edad y el sexo, necesitamos la luz correcta en el lugar correcto y a la hora correcta para llevar a cabo nuestras actividades.

En relación a la iluminación artificial y sistemas de control: Los LEDs y los sistemas de control son parte importante de las tecnologías para crear Iluminación Centrada en las Personas, donde los principales parámetros a cuidar para una correcta iluminación circadiana son:

Intensidad, composición espectral (color e Índice Reproducción Cromática), dirección, el momento en el día, la acumulación de radiación, la dinámica de la luz, las características del entorno.

Coste, productividad y rendimiento: Mejora en el, confort, la salud y bienestar de los usuarios, genera un 10-15% de incremento en la productividad en oficinas, mejora en los gastos operativos de energía, cumplimiento con responsabilidad social empresas tanto propia como de las empresas que vayan a ser inquilinos, certificación del inmueble eficiente o ergonómico, reducción de gastos de mantenimiento para propiedad, mejora el valor patrimonial del edificio.

3.4.4. Escala usuario

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

La falta de confort durante largos periodos de tiempo puede resultar en problemas de salud. El confort lumínico es fundamental para adecuar el espacio a su uso. Intervienen diversos factores relacionados con el usuario: confort visual, adaptación, el deslumbramiento, color.

HABITABILIDAD Y SALUD

Adaptación: El proceso de visión se produce en una variada gama de intensidades luminosas, gracias a la capacidad de adaptación. Se produce un cambio en el tamaño de la pupila, dependiendo de la cantidad de luz que recibe.

Deslumbramiento: El deslumbramiento es la sensación que produce un nivel de brillo del campo visual considerablemente superior a aquel al que están adaptados nuestros ojos. Debido a las limitaciones de las propiedades de adaptación del ojo, los cambios abruptos del brillo pueden dar lugar a un menor rendimiento visual y a cansancio e incomodidad el ojo. Este fenómeno proviene directamente de la luz, tanto la natural como la artificial (ilustración 18), o indirectamente de la reflexión de la luz sobre los materiales.

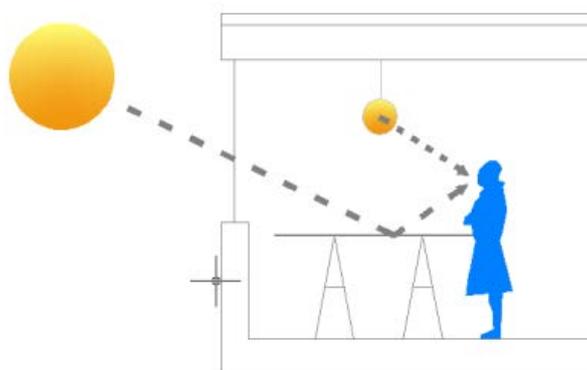


Ilustración 18: Esquema de deslumbramiento. Elaboración: Beatriz Arranz. Investigadora. Instituto Eduardo Torroja, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Color: Deben recibir una atención considerable las propiedades de color de la luz. La iluminación de un local debería permitir ver los colores “reales”. El ajuste adecuado de los efectos visuales de color de la piel humana es muy importante, ya que una iluminación donde la piel aparezca pálida suele ser motivo de quejas. La apariencia misma del color de la luz juega su papel a la hora de darle cierta atmosfera al espacio. Incluso puede tener influencia sobre las emociones. La percepción del color depende de:

- La longitud de onda reflejada por un objeto (400-450 nm violeta; 620-700 nm rojo).
- El tipo de iluminación que lo alcanza un objeto: solar, incandescente, fluorescente o led.
- La superficie que lo rodea: la apariencia de un color puede cambiar en función de la que poseen los colores que le rodean.
- El estado de adaptación (luz-oscuridad) del observador.

Características personales: El rendimiento visual real de una persona depende no sólo de la calidad de la iluminación sino también de sus propias “habilidades visuales”. La ilustración 1 indica la cantidad relativa de luz que se necesita para leer un libro bien impreso, en función de la edad. Una de las muchas razones de este efecto de la edad es el deterioro de la transmitancia del cristalino: Según la profesora Joan Roberts, el cristalino es casi transparente

HABITABILIDAD Y SALUD

hasta los 15 años, después amarillea progresivamente hasta los 40 filtrando la luz violeta, posteriormente se vuelve marrón filtrando la luz (ilustración 20).

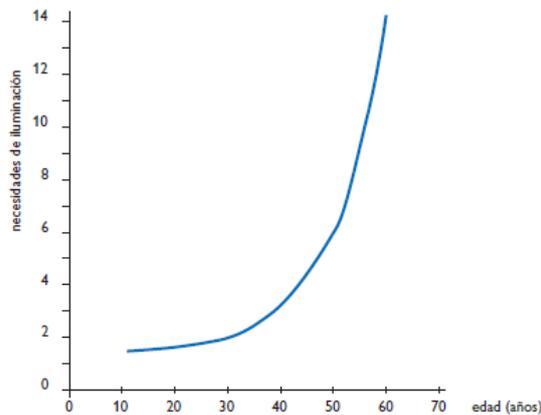


Ilustración 19: Relación entre la edad y la cantidad relativa de luz necesaria para leer un texto bien impreso. Fuente: Fortuin, G. J., "Visual power and visibility".

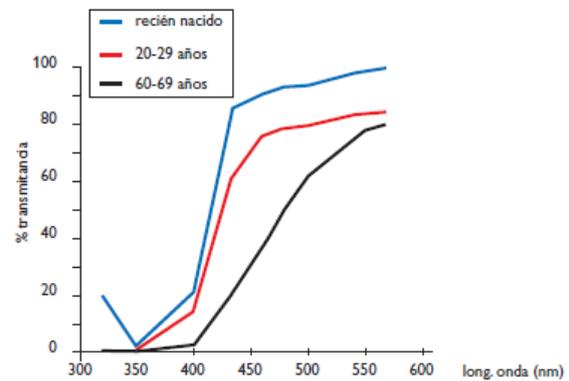


Ilustración 20: Transmitancia del cristalino según la edad. Fuente: Brainard, G.C. et al. "Action spectrum for melatonin regulation in humans: Evidence for a novel circadian photoreceptor".

A continuación, podemos observar el rendimiento visual relativo en función del nivel de iluminación, en diferentes tareas visuales difíciles: uno para una tarea moderadamente difícil (300 lux) y otro para una tarea difícil (1000 lux). Todas estas tareas muestran un claro aumento del rendimiento visual en paralelo al incremento de la calidad de la iluminación. En la ilustración 21 se indican los niveles de iluminación necesarios para entornos industriales especificados en la norma europea de iluminación de los lugares de trabajo.

Podemos observar que los requisitos establecidos en la norma europea están mejor adaptados a las personas jóvenes. El rendimiento visual de los trabajadores mayores es considerablemente inferior. Se puede compensar por completo esta situación con un nivel de iluminación superior cuando se trata de tareas de dificultad moderada.

HABITABILIDAD Y SALUD

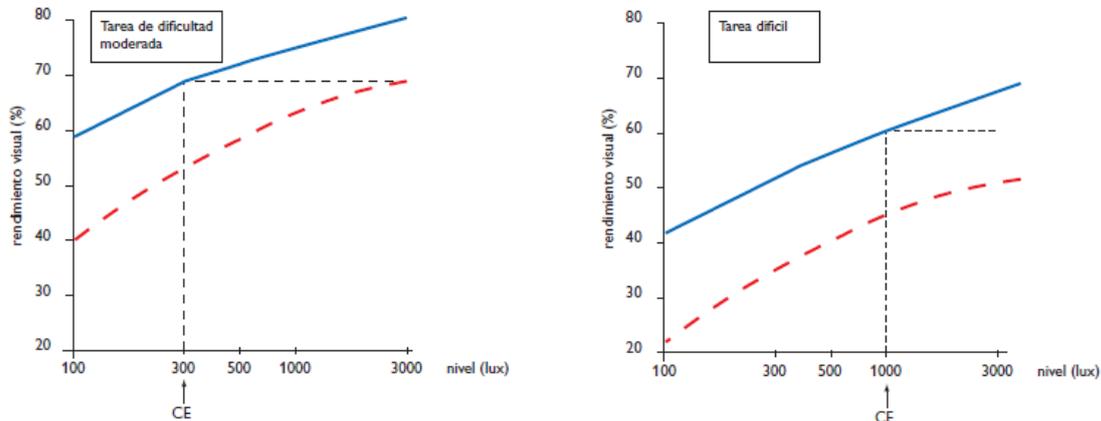


Ilustración 21: Relación entre el rendimiento visual relativo (en %) y el nivel de iluminación (en lux). Línea azul continua: personas jóvenes; línea roja discontinua: personas mayores. Fuente: CIE Publication 29.2: “Guide on interior lighting”, (1986).

¿Qué recoge la norma?

Para efectos visuales:

- UNE-EN 14255-3:2009. Medición y evaluación de la exposición de las personas a la radiación óptica incoherente. Parte 3: Radiación ultravioleta emitida por el sol.
- UNE-EN 14255-4:2007. Medición y evaluación de la exposición de las personas a la radiación óptica incoherente. Parte 4: Terminología y magnitudes usadas en mediciones de exposición a radiación ultravioleta, visible e infrarroja.
- Norma EN ISO 28803:2012. Ergonomics of the physical environment- Application of International Standards to people with special requirements.

Para los efectos no visuales:

- DIN SPEC 67600:2013-04 Biologically effective illumination – Design guidelines.
- DIN SPEC 5031-100 Optical radiation physics and illuminating engineering – Part 100: Non visual effects of ocular light on human beings - Quantities, symbols and action spectra.
- CIE ha presentado el borrador CIE DIS 026 con similares características.

¿Cuáles son los condicionantes o modificadores?

Para diseñar centrándonos en el usuario es importante incorporar variables que hasta ahora raramente se han considerado:

- **Características particulares:** Es importante para diseño centrado en la persona tener en

HABITABILIDAD Y SALUD

cuenta la edad, el género y el cronotipo de cada persona para calcular los efectos de la luz. Las personas mayores necesitan más luz melanópica durante el día para mantenerles despiertos durante la jornada y para que puedan dormir mejor durante la noche. Cada persona tiene su propio ritmo circadiano, algunas son diurnas, otras nocturnas y por último el tercio restante se queda entre medias.

- **Tarea:** El grado en que una iluminación de buena calidad mejora el rendimiento en el trabajo depende del componente visual de la tarea. Una tarea con un componente visual importante se beneficiará más de las condiciones que afecten a la visión que una tarea donde este componente tenga menos importancia.
- **Sistemas adaptables:** Diseñar para usuarios específicos puede resultar poco versátil, por lo que la tendencia más realista es realizar diseños adaptables tanto en la envolvente del edificio como en sus instalaciones. En este sentido el usuario es un elemento clave para que un sistema resulte óptimo, ya que podemos tratar de instalar todo tipo de dispositivos innovadores tanto en las ventanas como en el sistema de iluminación con el fin de conseguir eficiencia, pero si el usuario no está informado o el sistema es muy complejo, el esfuerzo y la inversión habrán sido inútiles, además de haber generado una situación de falta de confort.
- **Preferencias del usuario:** Hay múltiples investigaciones, la mayoría de ellas basadas en encuestas realizadas a usuarios, que analizan los aspectos subjetivos relativos al uso de iluminación natural en edificios de oficinas, preferencias en las condiciones físicas y luminosas, estudio del nivel de satisfacción en relación con la aceptación de luz eléctrica y el control de los dispositivos de protección solar. La mayoría de los trabajos relacionados con el nivel de satisfacción del usuario se han realizado en climas de baja luminosidad como el norte de Europa, norte de Estados Unidos, Canadá y Finlandia. Existe gran potencial de ahorro, para lo que es necesario un buen diseño del sistema de iluminación combinado con dispositivos de control solar mediante un sistema de control, lo que permitirá gran ahorro de energía a la vez que proporcionará las condiciones de iluminación requeridas por los usuarios. Por lo tanto, para que el diseño sea realmente eficaz es necesario el conocimiento de las preferencias y las necesidades de los usuarios.

Anca D. Galasiu y Jennifer A. Veitch [114] realizan una revisión de 60 estudios realizados en el periodo de 1965 a 2004 en diversos países, en relación con las preferencias y nivel de satisfacción de los usuarios con el ambiente lumínico y los sistemas de control en oficinas con iluminación natural. Como conclusión resumen las lagunas en el conocimiento en el campo de la iluminación natural y su interacción con los usuarios.

A continuación, se presenta una selección de esta amplia revisión en relación a los aspectos relacionados exclusivamente con la ventana. Estructurando la revisión en torno a dos temas:

- Preferencias físicas y condiciones de iluminación natural en oficina.
- Satisfacción del usuario y aceptación en relación al control de la iluminación artificial y los dispositivos de control solar.

Conclusiones destacables en relación a las preferencias del tipo de ventana:

HABITABILIDAD Y SALUD

- El tipo de vista y el contenido de la vista fueron los factores más determinantes, con vistas próximas a la ventana se seleccionaban ventanas más anchas que con vistas alejadas de la ventana.
- La satisfacción del usuario es proporcionalmente afectada por el área de la ventana y era inversamente proporcional al número y ancho de los montantes de la ventana.
- Las ventanas horizontales de tamaño igual o superior al 25% del tamaño de la pared son las más apreciadas, mientras ventanas por debajo del 10% del área de la pared son clasificadas como insatisfactorias.
- Una vista más rural o natural mejora el bienestar.
- Gran preferencia por los lugares situados cerca de las ventanas. "Vistas al exterior" es el aspecto señalado como más positivo de una ventana, seguido de la posibilidad de ver el clima en el exterior y de la posibilidad de abrir la ventana para aumentar la ventilación.

Conclusiones destacables en relación a las preferencias en la configuración de los dispositivos de control solar:

- El control solar y lumínico en una ventana es un elemento clave para evitar el deslumbramiento y el sobrecalentamiento. Múltiples investigadores han tratado el tema de si el uso de los dispositivos de control solar responde a algún patrón predecible y si es así si estos patrones responden a factores lógicos como: orientación de la ventana, hora del día, condición de la bóveda celeste, estación, latitud o posición del puesto de trabajo.
- En la mayoría de los casos se prefiere la lama abierta, lo que sugiere la preferencia por tener vistas.
- Los investigadores reflejan que los usuarios no cambian la posición de las venecianas diariamente. Es muy probable que un usuario baje la protección solar cuando advierte cierta intensidad solar, pero es muy improbable que la vuelva a levantar.
- Los usuarios varían la posición cuando la radiación solar directa alcanza sus puestos, pero rara vez cambian la posición para obtener una vista diferente o para obtener mayor iluminación natural.
- Los resultados mostraron que una vez replegadas las persianas automáticamente, rara vez se bajaban manualmente. Sin embargo, cuando las persianas se bajaban automáticamente la reacción era diferente, en el 88% de las ocasiones se replegaban manualmente. Los investigadores concluyen que los usuarios aceptan con más agrado la subida de las persianas que la bajada.

Conclusiones destacables en relación al confort visual y deslumbramiento:

- La gente tolera mejor el deslumbramiento procedente de la luz natural que el de la luz artificial.
- Las vistas afectan a su juicio sobre el grado de deslumbramiento, cuando las vistas son agradables la tolerancia al deslumbramiento aumenta.

HABITABILIDAD Y SALUD

- El deslumbramiento es menos aceptable para aquellas personas que trabajan frente al ordenador que para los que lo hacen leyendo o escribiendo en un plano horizontal.

Conclusiones destacables en relación a los sistemas de iluminación artificial y sistemas de control solar automatizados.

- Los sistemas de iluminación artificial y de control solar automatizados son aceptados en mayor medida por el usuario cuando incorporan interfaz de usuario.
- Los sistemas de persianas simples cumplen su función con calidad igual o superior a los sistemas innovadores estudiados y tienen la ventaja de ser fáciles de usar, de instalar y requieren menos mantenimiento.
- Los usuarios están satisfechos teniendo el control de las persianas y la iluminación, y encuentran el sistema manual "simplemente correcto".

3.5. Contaminación electromagnética

3.5.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen

La exposición a los campos electromagnéticos (CEM), de Frecuencia Extremadamente Baja (FEB) y Radiofrecuencia, ha generado algún temor por su hipotética relación con diversos efectos sobre la salud humana.

El uso generalizado de teléfonos móviles, sistemas inalámbricos de telecomunicación y el despliegue de antenas de telefonía han provocado una cierta alarma por las consecuencias sanitarias a largo plazo de la exposición a este tipo CEM.

Las nuevas tecnologías de las telecomunicaciones han desplazado el interés y la preocupación por los efectos sobre la salud derivados de la exposición a líneas de alta tensión, transformadores y aparatos electrodomésticos.

¿Son peligrosos para la salud los CEM? Esta es la pregunta que los científicos, los expertos y los responsables de la salud pública deben responder a la ciudadanía.

3.5.2. Escala urbana

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

Existe una abundante cantidad de evidencia científica de calidad y actualizada sobre los efectos sobre la salud de los CEM.

Se han publicado numerosas revisiones sistemáticas y metaanálisis realizadas por varias agencias especializadas, comités científicos y equipos de investigación competentes y con experiencia acreditada en la evaluación de los riesgos de los CEM. En la investigación de la causalidad asociada a la exposición de los CEM y sus efectos hay serias limitaciones metodológicas y sesgos de confusión que no permiten establecer conclusiones causales y definitivas.

1) Evidencias sobre CEM de FEB

El Comité Científico de la Unión Europea [115], ha publicado varios informes científico (2009,2013 y 2015), con análisis combinados de los estudios epidemiológicos, sobre la asociación entre CEM de baja frecuencia y leucemia infantil que han señalado la evidencia de una asociación. Sin embargo, esta asociación no cumple unos criterios adecuados para ser considerada causal. Por tanto, la evidencia general de que CEM de FEB es un factor de riesgo en leucemia infantil, debe considerarse como “limitada”. Este término se usa de acuerdo con la definición dada por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC). Sobre esta base la IARC clasificó (2001) estos CEM en el Grupo 2b, es decir en la categoría de “posiblemente carcinógenos para humanos”, en este grupo se incluyen más de 200 sustancias, entre ellas figuran el café, la gasolina y el estireno. Si existe un efecto de la exposición a CEM sobre la salud parece estar limitado a exposiciones superiores a 0,4 μ Teslas. En los países europeos la proporción de niños expuestos a tales niveles es inferior al 1%.

Las nuevas evidencias publicadas desde la clasificación de la IARC no respaldan una relación causal y según algunos autores [116] esta clasificación debería revisarse.

2) Evidencias sobre los niveles de exposición de la población a Radiofrecuencias(RF)

Se han publicado varias revisiones sistemáticas de sobre los efectos sobre la salud de las RF. Estas conclusiones sobre la ausencia de efectos adversos para salud derivados de la exposición a RF han sido ratificadas por otras agencias y comités competentes en la evaluación de riesgos los CEM: SSM [117] y [118] Suecia 2014 y 2016; Ministry of Health; New Zealand 2015 [119]; RSC, Canada 2014 [120] y ARPANSA [121], Australia 2014, ANSES, [122] 2016 y CCARS [123] 2016).

Los niveles de exposición de la población europea en ambientes urbanos a las RF (Radio, TV y telefonía móvil) están bien cuantificados y son muy inferiores a los recomendados por las agencias y comités científicos (OMS-ICNIRP, FCC y el IEEE) competentes en establecer los límites que garantizan la protección de la salud. La principal fuente de exposición a campos electromagnéticos (CEM) de las Radiofrecuencias (RF) es el uso del teléfono móvil (TM) ya que al hablar se sitúa muy cerca de la cabeza. La potencia de emisión de los teléfonos móviles actuales es muy baja si la comparamos con los teléfonos móviles que se utilizaban en los años 90. El control dinámico de la potencia, la transmisión discontinua durante las llamadas de voz y el control adaptativo de potencia (3G) han conseguido reducir de forma muy significativa los niveles de exposición y la Tasa Específica de Absorción de Energía (SAR, Specific Energy Absortion Rate).

Un amplio estudio [124] realizado en numerosos países europeos ha demostrado que el campo eléctrico medio se sitúa entre 0,08 V/m y 1,8 V/m. Una abrumadora mayoría de las medidas fue inferior a 1 V/m. Se estimó que menos del 1% de las medidas estaban por encima de 6 V/m y menos de 0,1 % se situaron por encima de 20 V/m. Ningún nivel de exposición superó los límites que se consideran seguros por la ICNIRP.

Respecto a las nuevas tecnologías de telecomunicación (Long Term *Evolution*, LTE, por sus siglas en inglés) un estudio realizado en Suecia [125] confirma que las mediciones realizadas en condiciones reales, en redes en pleno funcionamiento, sobre el terreno, el nivel de exposición causado por la red LTE fue, en media, inferior al 4% del valor límite normativo y no superó en ningún punto los 2,7 V/m. Otros estudios más exhaustivo [126] han realizado campañas de medidas masivas en diferentes escenarios incluyendo zonas exteriores e interiores, en escuelas, hospitales y otros puntos considerados de especial sensibilidad, siendo el valor de campo más alto medido de 3,47 V/m en exteriores y 2,27 V/m en interiores, entre 15 y 20 veces inferiores al límite normativo (ICNIRP, 2009).

El SCENIHR (2015) en su último informe publicado incluye una revisión sistemática de las evidencias científicas sobre los CEM. En sus conclusiones se establece que la investigación publicada desde el anterior informe (2009) refuerza la conclusión de que la exposición a CEM de RF no está relacionada causalmente con los síntomas que algunas personas refieren. Esta conclusión es aplicable al público, niños y adolescentes y a las personas con Intolerancia ambiental idiopática atribuida a los CEM. Recientes meta análisis de estudios observacionales y de provocación respaldan esta conclusión. En relación con los síntomas que se presentan después de exposiciones cortas (medidas en minutos a horas) a RF los resultados consistentes procedentes de múltiples estudios experimentales doble ciego aportan una fuerte evidencia global de que tales efectos no son causados por la exposición a RF.

En relación con los síntomas que se presentan después de exposiciones más largas (días a meses) la evidencia de los estudios observacionales es ampliamente consistente y respalda que no hay un efecto causal. Sin embargo, hay lagunas, especialmente en términos de

vigilancia de la exposición. En relación con síntomas y enfermedades neurológicas en humanos los estudios no muestran efectos claros pero la evidencia es limitada. En la anterior opinión del SCENIHR se concluyó que no había efectos sobre la reproducción y el desarrollo de la exposición a RF a niveles no térmicos. La inclusión de los estudios en humanos y animales más recientes no aporta cambios a esta valoración. Los estudios sobre el desarrollo del niño y los problemas conductuales muestran resultados conflictivos y limitaciones metodológicas, por ello, la evidencia de un efecto es débil.

Según concluye el CCARS los resultados de los estudios epidemiológicos, en el periodo revisado, confirman que no se observa un riesgo más elevado de tumores cerebrales en usuarios de teléfonos móviles. Esta conclusión coincide con las de otras revisiones sistemáticas y evaluaciones de riesgo realizadas en el mismo periodo por Agencias y Comités internacionales competentes en la evaluación de los efectos de los campos electromagnéticos sobre la salud.

En relación con el informe anterior del CCARS, publicado en el año 2013, no se observa un aumento del riesgo de tumores cerebrales en personas expuestas a las Radiofrecuencias emitidas por las antenas de telefonía móvil, radio y televisión.

La evolución de las tasas de incidencia de tumores cerebrales en los países desarrollados no respalda la relación entre el uso del teléfono móvil y la percepción de un mayor riesgo de padecer estos tumores.

Las evidencias más actuales indican que no hay riesgos para salud derivados de la exposición a antenas y Teléfonos Móviles. Una percepción del riesgo subjetiva no basada en evidencias genera una alarma que no está justificada por las evidencias actuales. No hay riesgos de exposición ambiental (antenas y wifi) y ocupacional ni hay aumento de enfermedades ni de tumores del Sistema Nervioso.

En este sentido cabe recordar que la OMS [127] concluyó que: “Teniendo en cuenta los muy bajos niveles de exposición y los resultados de investigaciones reunidos hasta el momento, no hay ninguna prueba científica convincente de que las débiles señales de RF procedentes de las estaciones de base y de las redes inalámbricas tengan efectos adversos en la salud”. Esta posición no ha sido modificada por las nuevas evidencias publicadas desde esa fecha.

¿Qué recoge la norma?

La legislación aplicable, resumida, es la siguiente:

- Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.
- Ley 9/2014 Ley General de Telecomunicaciones de 9 de mayo de 2014. Esta ley estableció unos niveles únicos de emisión radioeléctrica tolerable que no supongan un riesgo para la salud que deben ser respetados por todas las Administraciones públicas, tanto autonómicas como locales.
- Real decreto 229/2016, de 22 de julio que transpone la directiva 2013/35/UE sobre salud y seguridad relativa a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (Campos electromagnéticos).

¿Cuáles son los condicionantes o modificadores?

En relación con las RF no es necesario establecer medidas especiales ya que los niveles de exposición son muy inferiores a los considerados como seguros por los organismos y autoridades competentes.

3.5.3. Escala edificio

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

Aunque, como se recoge en los apartados anteriores, no hay evidencias claras sobre la afectación en la salud de la exposición prolongada a bajos niveles de electromagnetismo, en la resolución 1815 (2011) de la Asamblea Parlamentaria Europea, se indica lo siguiente:

- Dar preferencia, para los niños en general y especialmente en las escuelas (incluye la enseñanza infantil, primaria y secundaria) y en las aulas, a los sistemas de acceso a internet a través de conexión por cable (es decir, evitando la conexión inalámbrica Wifi) y de regular estrictamente el uso de los teléfonos de los estudiantes en el recinto escolar;
- En cuanto a la planificación de las líneas eléctricas y de las estaciones base de antenas de telefonía móvil:
 - tomar medidas de planificación urbana que requieran una distancia de seguridad entre las líneas de alta tensión y otras instalaciones eléctricas y las viviendas;
 - aplicar normas de seguridad estrictas en lo que concierne al impacto sanitario de las instalaciones eléctricas en las casas nuevas.
 - reducir el umbral admisible para las antenas de conformidad con el principio ALARA e instalar sistemas de seguimiento global y continuo de todas las antenas.
 - determinar la ubicación de cualquier nueva antena GSM, UMTS, WiFi o WiMax no solo basándose en los intereses de los operadores, sino consultando a las autoridades locales y residentes o asociaciones de ciudadanos afectados.
- La evaluación de los riesgos debe centrarse en mayor medida en la prevención.

De esta resolución se deduce que se deberá aplicar el principio de precaución, que puede ser llevado al diseño de los edificios con el propósito de reducir la exposición a los CEM de baja frecuencia.

3.5.4. Escala usuario

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

En relación con las exposiciones a CEM de FEB no se han publicado estudios bien diseñados que respalden una relación causal en personas expuestas o en determinadas poblaciones. Las tasas de leucemia linfocítica siguen estables, si hubiera una relación las tasas deberían mostrar algún incremento en su incidencia.

HABITABILIDAD Y SALUD

En los últimos años se ha producido un cambio en el patrón de uso de uso del TM. La introducción de los sistemas de mensajería (WhatsApp), los sistemas manos libres, Skype, redes sociales, etc. han contribuido a reducir la cantidad de energía absorbida por el tejido cerebral de los usuarios del TM.

La instalación creciente de puntos de acceso de sistema wifi (PA), femtoceldas, DECT y otros sistemas inalámbricos ha aumentado la exposición en el interior del ambiente doméstico, laboral y escolar. Sin embargo, teniendo en cuenta todas estas fuentes de emisión los resultados de las evaluaciones nacionales e internacionales indican que los niveles habituales (cotidianos) de la población son muy inferiores a los establecidos por ICNIRP-OMS, la Recomendación del Consejo de Ministros de la Unión Europea y la legislación vigente (RD 1066/2001).

Han evaluado las características de la exposición a la tecnología WLAN (Wireless Local Area Network) en un ambiente experimental controlado [132]. Se realizaron medidas de RF emitidas por un punto de acceso (PA) y una unidad de cliente (UC) con un router provisto de tarjetas tipo R52 y R52n con un pico de emisión de 18 dBm y 25 dBm. Las medidas se efectuaron a una distancia de 40 cm del router con varias configuraciones de señal. Se evaluó el SAR generado por la UC en la cabeza de dos modelos humanos (mujer y hombre). Los máximos nivel de SAR observados en la piel de la frente de la cabeza fueron 22,77 mW/kg (mujer) y 10,37 mW/kg (hombre) muy inferiores a los 2 W/kg permitidos.

En relación con el medio escolar, [128] en sus trabajos observaron una densidad de potencia de pico de 5 mW/m² a una distancia de 1 metro, en un escenario con 28 APs (puntos de acceso) y ordenadores que trabajaban en la banda de 2,45 GHz, y de alrededor de 2 mW/m² a una distancia de 1.5 metros en un escenario con 14 dispositivos Wi-Fi en la banda de 5,8 GHz. Estas densidades de PIRE están considerablemente por debajo de los límites que aplica la normativa europea, que es de 10 W/m² en ambas bandas de frecuencia.

El Ministerio de Salud de Nueva Zelanda (2014) realizó un estudio [129] en escuelas para valorar la exposición a sistema Wi-Fi. Las medidas fueron realizadas tanto para APs como para ordenadores con conexión Wi-Fi. Los resultados obtenidos de exposición a los campos electromagnéticos están muy por debajo de los límites recomendados por la ICNIRP para el público en general. En el caso de los APs, la exposición máxima promediada durante 6 minutos era equivalente al 0,024% del nivel de referencia para el público en general, es decir, casi 400 veces más baja que el nivel de referencia. Generalmente, los niveles de exposición eran inferiores al 0,01% (10.000 veces más bajos) de los niveles de referencia. En el caso de los ordenadores, los niveles de exposición obtenidos eran más bajos que los medidos en el caso de los APs.

Un estudio [130] sitúa la exposición de niños y niñas europeos a campos electromagnéticos muy por debajo del máximo recomendado. Estas son las principales conclusiones de un estudio liderado por el Instituto de Salud Global de Barcelona (ISGlobal), publicado en *Environment International*. En las últimas décadas, se han desarrollado **nuevas tecnologías móviles** de comunicación que están en continua evolución. La población infantil europea está expuesta a **mayores niveles de campos electromagnéticos de radiofrecuencia en las**

HABITABILIDAD Y SALUD

ciudades, pero su exposición total está muy por debajo los límites de referencia. A día de hoy, representan la principal fuente de campos electromagnéticos de radiofrecuencia (RF-EMF, por sus siglas en inglés) a los cuales está expuesta la población. Hay una preocupación creciente sobre los efectos en la salud a largo plazo de este tipo de exposición, especialmente a edades tempranas, cuando los órganos y el cerebro se están desarrollando. Por lo tanto, los estudios que caracterizan la exposición a RF-EMF en la infancia se han convertido en prioridad para la Organización Mundial de la Salud. Antenas, teléfono

El objetivo del estudio de ISGlobal fue **medir la exposición ambiental a RF-EMF en 529 niños y niñas entre 8 y 18 años de edad, en cinco países europeos**: Dinamarca, Países Bajos, Eslovenia, Suiza y España. La exposición personal a radiofrecuencias (entre 87,5 MHz y 6 GHz) **se midió con “exposímetros” portátiles** que los niños y niñas llevaban en su cintura o en una mochila durante el día y dejaban al lado de su cama durante la noche, durante tres días consecutivos. La utilización de dispositivos portátiles (como teléfonos móviles) y fuentes de RF-EMF en casa se evaluó con un diario de actividades y un cuestionario. Se definieron seis tipos de bandas de frecuencia: **la total y las relacionadas con teléfonos inalámbricos; antenas de radio y televisión; teléfonos móviles; antenas de telefonía móvil** (o estaciones base); y **WiFi**.

Los resultados muestran que **el promedio de exposición personal total fue de 75,5 microWatts por metro cuadrado ($\mu\text{W}/\text{m}^2$), un valor muy por debajo del nivel de referencia de 4,5 a 10 W/m^2** establecido por la Comisión Internacional para la Protección contra Radiación No-Ionizante (ICNIRP). Las antenas de telefonía móvil son las que más contribuyeron a la exposición total, seguidas por las antenas de radio y televisión (principalmente frecuencias FM). El WiFi y los teléfonos inalámbricos contribuyeron muy poco. En general, la exposición fue más elevada en los ambientes urbanos, fuera de casa, durante desplazamientos movimientos, y durante el día (versus la noche).

Los resultados de los estudios epidemiológicos en el periodo revisado confirman que no se observa un riesgo más elevado de tumores cerebrales en usuarios de teléfonos móviles. Esta conclusión coincide con las de otras revisiones sistemáticas y evaluaciones de riesgo realizadas en el mismo periodo por Agencias y Comités internacionales competentes en la evaluación de los efectos de los campos electromagnéticos sobre la salud.

En relación con el informe anterior del CCARS, publicado en el año 2013, no se observa un aumento del riesgo de tumores cerebrales en personas expuestas a las Radiofrecuencias emitidas por las antenas de telefonía móvil, radio y televisión.

La evolución de las tasas de incidencia de tumores cerebrales en los países desarrollados no respalda la relación entre el uso del teléfono móvil y la percepción de un mayor riesgo de padecer estos tumores.

La introducción de nuevas tecnologías y aplicaciones de los sistemas de telecomunicación debe estar acompañada de una labor pedagógica sobre sus implicaciones y consejos sobre un uso seguro (conducción de vehículos, medios de transporte), respetuoso (respetar la intimidad, reducir el volumen en los medios de transporte y lugares de ocio) y responsable,

HABITABILIDAD Y SALUD

especialmente en la infancia y la adolescencia (en el ámbito escolar, redes sociales, internet, etc.).

De la revisión de las evidencias publicadas se deduce que no es fácil responder a la pregunta sobre si el uso del TM está asociado a un mayor riesgo de TC. Son numerosas las dificultades de los investigadores para dar una respuesta inequívoca. Como hemos visto algunos estudios epidemiológicos (especialmente los de menor calidad y potencia estadística) presentan limitaciones metodológicas: exposición no cuantificada, sesgos de selección, información y participación, heterogeneidad de los datos, RR basados en muy pocos casos de tumores, etc.

A estas limitaciones hay que añadir otros problemas que aumentan la complejidad de la investigación: la proporción de población afectada por TC es muy pequeña, la influencia del azar, factores de confusión, periodos de latencia muy largos hasta la aparición del tumor, necesidad de disponer de muestras muy amplias de casos y, últimamente, dificultad para encontrar controles que no utilicen el TM. Además de estos obstáculos inherentes a los estudios epidemiológicos, hay varios elementos esenciales que impiden obtener conclusiones sobre la causalidad.

En la evaluación del riesgo de las RF no se ha demostrado un mecanismo biológico plausible y aceptado por la comunidad científica. Las RF son radiaciones no ionizantes que no tienen suficiente energía para romper los enlaces moleculares y no hay evidencia de efectos adversos en animales y estudios celulares.

La realidad es que la mayoría de recientes estudios de cohortes, de caso control, análisis de tendencias de tasas de incidencia de TC y revisiones sistemáticas y metaanálisis confirman que no hay un aumento del riesgo de TC.

La información y la educación deben ser objetivas y respaldadas por las mejores evidencias científicas aportadas por las Agencias y Organismos Nacionales e Internacionales que cuentan con acreditada experiencia, responsabilidad y competencia.

El compromiso de esta tarea exige la coordinación y participación de todas las partes implicadas: autoridades estatales, autonómicas y locales; colegios profesionales; sociedades científicas; compañías operadoras o comercializadoras; asociaciones de usuarios y consumidores; padres y educadores, etc., mediante un diálogo abierto y transparente.

Recomendaciones para un uso adecuado del teléfono móvil

La introducción de nuevas tecnologías y aplicaciones de los sistemas de telecomunicación debe ir acompañada de una labor pedagógica sobre sus implicaciones y consejos sobre un uso seguro (en el trabajo, conducción de vehículos, medios de transporte, utilización indebida de datos personales), respetuoso (derecho a la intimidad, reducir el volumen en los medios de transporte y lugares de ocio) y responsable, especialmente en la infancia y la adolescencia (en el ámbito escolar, redes sociales, internet, etc.).

La información debe ser transparente, accesible, objetiva y respaldada por las mejores evidencias científicas aportadas por las Agencias, Comités y Organismos Nacionales e

HABITABILIDAD Y SALUD

Internacionales que cuentan con acreditada experiencia, responsabilidad y competencia profesional.

Algunos sectores de la población hacen un uso inadecuado del TM que puede generar diversos problemas (ANSES 2016. CCARS 2016) en las relaciones interpersonales, en el medio escolar, laboral y familiar. Además, el uso inapropiado está asociado con caídas, atropellos y accidentes por distracciones. A estos problemas algunos autores añaden posibles efectos sobre la disminución de la memoria, excesiva dependencia del GPS, de internet y de las redes sociales, incapacidad de entender un mapa. El uso intensivo hasta altas horas de la noche puede estar asociado con alteraciones del ritmo circadiano (sueño e insomnio), ansiedad, síntomas depresivos, fobias, agresividad, fracaso escolar, y deterioro de las relaciones afectivas. En algunos países (reforma laboral de Francia) ya se ha planteado el derecho a la desconexión digital.

El uso de las nuevas tecnologías (teléfono móvil) tiene un impacto psicosocial en algunas personas en la etapa de la infancia y adolescencia. La salud mental puede verse afectada por un “uso problemático” del teléfono móvil. Este uso inadecuado puede afectar a la salud percibida, al comportamiento, al bienestar, generar dependencia, estrés, depresión, alteraciones del ritmo circadiano, etc. en este tipo de usuarios. Estos trastornos pueden afectar a las relaciones familiares, personales y escolares (aprendizaje). Por estas razones, al realizar estudios epidemiológicos sobre los efectos sobre la salud de la exposición a las radiofrecuencias es necesario tener en cuenta que este tipo de uso inapropiado genera factores de confusión a la hora de valorar posible asociaciones causales.

En un informe publicado en Francia [126] se establece que la hipótesis de una relación entre el uso (*problemático*) del teléfono móvil y la aparición de trastornos de salud mental, como los descritos en algunos estudios, es más plausible que la hipótesis de una relación entre el uso del teléfono móvil y la aparición de otros efectos sanitarios. No se ha observado ningún efecto demostrado sobre la salud de los niños asociado a las exposiciones de RF emitidas por los teléfonos móviles.

En relación con la exposición a las RF varios estudios han puesto en evidencia una asociación entre un “uso problemático” (intensivo e inadecuado) del TM por jóvenes y efectos sobre su salud mental (depresión, ideas suicida, comportamientos de riesgo, etc.). Estos estudios no permiten, sin embargo, deducir la causalidad de las asociaciones observadas. Por ello, la ANSES recomienda realizar estudios complementarios que evalúen el impacto sanitario y psicosocial (aprendizaje escolar, relaciones sociales y familiares, etc.) durante la infancia relacionado con el uso de las tecnologías móviles de comunicación y especialmente con los fenómenos adictivos, trastornos del ritmo circadiano, etc. **Los riesgos que en alguna ocasión se han asociado a las radiofrecuencias de los juguetes, dispositivos de telecomunicación y teléfonos móviles se deben al uso que se hace y no a los efectos de las radiofrecuencias.** El uso del teléfono móvil (duración, modalidad, frecuencias de utilización, etc.), puede ser considerado como un sesgo de confusión mayor cuando se investiga la asociación entre efectos sanitarios y exposición a radiofrecuencias. El uso razonable del teléfono móvil se basa en el impacto sobre el comportamiento, la salud mental y el bienestar de los niños y no en los efectos sobre la salud derivados de la exposición a radiofrecuencias.

HABITABILIDAD Y SALUD

En relación con la población infantil, la Agencia de Protección contra la Radiación (HPA) señaló que no hay razones que justifiquen que los sistemas Wi-Fi no deban ser usados por los escolares y otros grupos de la población. No existen evidencias de que las nuevas tecnologías asociadas a dispositivos inalámbricos (*Wi-Fi*) provoquen efectos adversos sobre la salud. De acuerdo con la evidencia científica disponible, no hay razones que aconsejen no usar los equipos inalámbricos en el ámbito escolar, doméstico o laboral [131].

Por estas razones se considera necesario establecer unas recomendaciones para un uso seguro, sensato y apropiado del TM.

Infancia y adolescencia

- Los padres deben promover que sus hijos hagan un uso razonable del teléfono móvil, por ejemplo, evitando las comunicaciones nocturnas y limitando la frecuencia y duración de las llamadas.
- Limitar el uso por parte de los niños del conjunto de dispositivos de comunicación móviles, por ejemplo, aplicando a estos dispositivos la prohibición de publicidad
- Limitar la publicidad dirigida a los niños cuyo objetivo directo sea promover la venta, puesta a disposición, utilización o uso de un teléfono móvil a menores de 14 años.
- Promover un uso razonable de todos los juguetes, dispositivos y teléfonos móviles durante la infancia.
- No se recomienda la retirada de los equipos inalámbricos de los hogares, las escuelas o en otros tipos de centros. No se han observado efectos adversos para la salud en los estudios realizado en el ámbito escolar [131].

Población

- No utilizar el TM mientras se conduce. En caso de necesidad estacionar el vehículo en un lugar seguro. No usar el sistema de manos libres ya que genera distracciones peligrosas.
- En el caso de personas que se sienten inquietas por los hipotéticos efectos del uso del TM se pueden adoptar varias medidas para reducir la exposición.
- Realizar llamadas de corta duración
- Enviar mensajes escritos (SMS, WhatsApp, correo electrónico).
- Usar el sistema de manos libres.
- Utilizar el TM en zonas de buena cobertura. No usarlo en aparcamientos subterráneos, túneles, ascensores, etc.
- Al comprar un nuevo teléfono verificar la SAR, es decir la cantidad de energía es absorbida por el cuerpo.
- No es necesario prescindir de los sistemas inalámbricos (Wi-Fi, router, WLAN, DECT, bluetooth, etc.) ya que sus potencias de emisión son inferiores a 100 milivatios (0,1 vatios) y la emisión de los teléfonos móviles.

HABITABILIDAD Y SALUD

- No usar artilugios anti cem o escudos protectores, son ineficaces, reducen la conexión y provocan un aumento de la potencia de emisión del teléfono.
- Personas con marcapasos o implantes mantener el TM (cuando está encendido) a 15 cm de distancia del dispositivo. Las antenas de telefonía móvil no producen interferencia electromagnética de estos dispositivos.

3.6. Radón

3.6.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen

La radiación natural es la fuente de irradiación más importante de los seres vivos y procede de dos orígenes diferentes: la radiación cósmica que alcanza la Tierra y la propia radiación terrestre.

La radiación cósmica, que procede del espacio exterior, genera en su interacción con la atmósfera radio-nucleidos cosmogénicos como carbono-14, tritio, sodio-22 y berilio-7.

La radiación terrestre es debida a la existencia, desde hace más de 4.500 millones de años, de elementos radiactivos naturales en la superficie de la Tierra y que se encuentran siempre presentes en nuestro entorno.

La radiactividad natural está estrechamente relacionada con la presencia o ausencia de rocas y sedimentos que contienen elementos radiactivos. Todas las rocas son radiactivas, en el sentido que todas contienen elementos primordiales que, al desintegrarse, se transforman en otros núcleos inestables, los cuales, tras su correspondiente cadena de desintegración terminan en núcleos estables con emisión de radiactividad, o sea, emitiendo radiaciones ionizantes en cada una de dichas desintegraciones.

Son las rocas ígneas (granitos) y volcánicas, los suelos resultantes de la meteorización de éstas (arcillas) y la metamorfosis de las últimas (pizarras) las que presentan mayor actividad radiogénica.

Los suelos de origen volcánico presentan contenidos variables de radionucleidos, fundamentalmente de las series del uranio y el torio y los derivados de su degradación (radio (Ra), radón (Rn), polonio (Po) y plomo (Pb)). La concentración depende entre otras cuestiones, de la tipología de las rocas del subsuelo.

El radón (Rn-222) es un gas noble, químicamente inerte, formado a través de la desintegración del Ra-226, procedente de la cadena radioactiva del U-238 que es un constituyente natural de la corteza terrestre.

Las rocas basálticas poseen 1 ppm de uranio y las areniscas, al igual que las carbonatadas, 0.5 ppm. Las arcillosas y graníticas poseen 3.5 ppm. Nos encontramos con que determinadas zonas de España, como Galicia y otras zonas, poseen unas características geológicas propicias a encontrar zonas ricas en pizarras, areniscas y conglomerados graníticos altamente fracturados, con un potencial de emisión de gas Rn-222 de los más altos de Europa.

El radón se presenta en la naturaleza en tres isótopos: el ^{222}Rn , al que se le denomina específicamente Radón, proveniente de la cadena de desintegración del Uranio ^{238}U y con un periodo de semidesintegración (T1/2) de 3,8 días, el ^{220}Rn (T1/2 de 54,5 segundos) que proviene de la serie de desintegración del Torio ^{232}Th y que se denomina Torón, y el ^{219}Rn (T1/2 de 3,92 segundos) proveniente de la desintegración del Actinio ^{235}U y al que se le denomina

HABITABILIDAD Y SALUD

Actinón. De estos tres isótopos del radón, el de mayor significación radiológica y también de riesgo para la salud es el ^{222}Rn . Esto se debe a que el ^{222}Rn comprende en torno al 80% de todo el radón, seguido del ^{220}Rn (un 19%) y del ^{219}Rn (1%).

El ^{222}Rn proviene a su vez de la desintegración del radio (^{226}Ra), presente en los suelos terrestres. Capaz de viajar entre los poros del terreno hasta alcanzar la superficie, donde podrá diluirse entre los gases de la atmósfera, o penetrar en el interior de los edificios si éstos no se encuentran debidamente protegidos. Al penetrar en un espacio cerrado, el radón se acumula aumentando su concentración. **La inhalación de este gas puede llegar a generar cáncer pulmonar debido a que la radiación que se produce de la desintegración del mismo y de sus descendientes de vida corta** (^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi y ^{214}Po) en el interior de nuestro organismo, es capaz de alterar el ADN de los tejidos pulmonares.

La magnitud con la que medimos la actividad de la radiación producida por la desintegración del núcleo de cualquier elemento radiactivo es el Becquerel (Bq), que indica el número de desintegraciones por segundo del núcleo atómico, en este caso del radón. Para el caso de la concentración de la actividad en un espacio cerrado usamos el Becquerel por metro cúbico de aire (Bq/m³) que expresa el número de desintegraciones por segundo en un metro cúbico de aire.

El valor de referencia para tomar actuaciones de prevención según la Directiva Europea (DIRECTIVA 2013/59/EURATOM DEL CONSEJO de 5 de diciembre de 2013) tiene como límite 300 Bq/m³, pudiendo los estados de la Unión establecer como límite concentraciones inferiores en sus normas legales, pero nunca superiores.

3.6.2. Escala urbana

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

El estudio más conocido ha sido el denominado informe BEIR VI (Biological Effects of Ionizing Radiation) [133], publicado por la National Academy of Sciences de los Estados Unidos en 1999 que prosiguió en parte los resultados de un informe previo denominado BEIR IV, el cual estima un riesgo directo de cáncer de pulmón atribuido al radón residencial, siendo este riesgo lineal y proporcional a la concentración de radón.

Indica además que el riesgo puede ser superior en fumadores que en nunca fumadores. Posteriormente, las conclusiones de este informe que indicaba un riesgo lineal y significativo entre el radón y el cáncer de pulmón en población general, fueron sustentadas por estudios en población general.

Los primeros estudios sobre cáncer de pulmón y radón residencial comenzaron a realizarse a finales de los años 80 y en la década de los 90. Estos estudios tienen una metodología similar y todos ellos son de casos y controles. La mayor parte de estas investigaciones se han realizado en Europa y Norteamérica. Los estudios han consistido en incluir sujetos diagnosticados de cáncer de pulmón y seleccionar sujetos sin esta enfermedad (controles). A ambos grupos se les coloca un detector de radón en su domicilio y se comparan ambas concentraciones.

HABITABILIDAD Y SALUD

Los resultados obtenidos también han sido heterogéneos, si bien la mayoría de los estudios han apuntado a un efecto pernicioso para la exposición a radón, a la vez que han sido también fuertemente dependientes de la zona en la que se ha realizado la investigación. Así, aquellos estudios realizados en zonas de elevadas concentraciones de radón residencial han encontrado con más frecuencia un mayor efecto que los estudios realizados en áreas de bajo radón residencial. Esto es lógico, ya que se necesitan concentraciones relativamente elevadas para poder observar un efecto dosis-respuesta. Algunas de esas zonas tienen una concentración mediana inferior a 50 Bq/m³, bastante por debajo de la concentración de 100Bq/m³ recomendada por la OMS.

Como consecuencia de los estudios disponibles, un grupo de investigadores de la Universidad de Oxford decidió realizar un pooling study de todos los estudios de casos y controles realizados en Europa que incluyesen más de 150 casos. En el caso europeo se incluyeron 13 estudios de 9 países, con más de 7.000 casos y más de 14.000 controles. Los resultados de este estudio se publicaron en el British Medical Journal en el año 2005, observándose una asociación lineal entre el radón residencial y el riesgo de cáncer de pulmón, con un incremento del 16% en la probabilidad de desarrollar cáncer pulmonar por cada 100Bq/m³ que aumenta la concentración de radón residencial. Se observó además un sinergismo entre el radón residencial y el hábito tabáquico. Los resultados de esta investigación, la más citada sobre radón y cáncer de pulmón, sirvió a la OMS para iniciar el International Radon Project que finalizó con la publicación de un Manual sobre Radón en 2009. A la par del estudio europeo, se realizó otro pooling study con los estudios norteamericanos (estadounidenses y canadienses). Este estudio incluyó 7 investigaciones, con más de 3.600 casos y casi 5.000 controles. Se observó un riesgo del 11% por cada 100Bq/m³ de aumento en la concentración de radón residencial.

En el año 1992 se comenzó un estudio competitivo financiado por la Xunta de Galicia de casos y controles en el área sanitaria de Santiago de Compostela. Éste fue el primer estudio realizado sobre radón residencial y cáncer de pulmón en España y en él se incluyeron 163 casos y 241 controles. Los resultados se publicaron en el año 2002 en el American Journal of Epidemiology. En este estudio se puso en evidencia que el 22,2% de las viviendas superaban los 148 Bq/m³. En cuanto al efecto del radón sobre el cáncer de pulmón, ya había un efecto significativo a partir de los 37Bq/m³. En esta investigación se analizó también la interacción entre tabaco y cáncer de pulmón. Para aquellos sujetos fumadores expuestos a más de 37Bq/m³ se obtuvo un riesgo de cáncer de pulmón de 46,45 (IC95% 8,5-254,8), suponiendo este riesgo más del doble del observado para los fumadores expuestos a una concentración de radón menor de 37Bq/m³.

Entre los años 2004 y 2008 se realizó otro estudio de casos y controles de base hospitalaria en Galicia. En este estudio se incluyeron 450 casos y 550 controles, con un total de 990 participantes. Este tamaño de la muestra coloca esta investigación como una de las de mayor muestra realizada en Europa. En este estudio el 15% de los controles tenían concentraciones de radón que superaban los 148Bq/m³ frente al 20% de los casos. Los riesgos obtenidos para las diferentes categorías de exposición a radón residencial son muy similares a los encontrados en el artículo publicado en el año 2012 en *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention* (revista oficial de la Asociación Americana de Investigación en Cáncer).

HABITABILIDAD Y SALUD

En este estudio se analizó también el efecto de la interacción entre radón residencial y consumo de tabaco, observándose de nuevo la existencia de interacción entre tabaco y radón, que en este caso tiene una naturaleza aditiva, estadísticamente significativa. Con la existencia de un tamaño de muestra importante se pudo analizar el efecto del aumento en la concentración de radón en los nunca fumadores, no observándose ningún aumento en el riesgo de cáncer de pulmón con el aumento en la concentración de radón interior.

Finalmente, el radón también produce cáncer de pulmón en nunca fumadores. Así, estudios de casos y controles realizados en Galicia han observado que el radón produce cáncer de pulmón a partir de los 200 Bq/m³. Este resultado podría indicar que para un nunca fumador, debe haber mayor exposición a radón para producir cáncer de pulmón, lo que es biológicamente plausible [134].

El efecto del radón apenas ha sido estudiado en otros cánceres diferentes al pulmonar. Existe plausibilidad biológica de que el radón pueda causar otras enfermedades además del cáncer de pulmón.

Finalmente, un estudio reciente realizado por Turner y Cols, utilizando la cohorte del *Cancer Prevention Study II* como sujetos de estudio ha encontrado asociación entre radón residencial y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). En este estudio la concentración de radón se ha estimado de nuevo utilizando la concentración media en condados estadounidenses lo que de nuevo es una limitación. A pesar de ello se observó un exceso significativo de riesgo de EPOC por cada 100 Bq/m³ de aumento en la concentración residencial del 13% [(RR = 1.13, (95% CI 1.05- 1.21)]. Dada la importancia de la EPOC como enfermedad crónica, la confirmación de este efecto sería tremendamente relevante en las políticas preventivas que atañen al radón residencial. Actualmente se está ejecutando un estudio de casos y controles en Galicia sobre este tema.

¿Qué recoge la norma?

La [Directiva 2013/59/Euratom del Consejo de 5 de diciembre de 2013](#)¹⁰, que va a ser traspuesta al ordenamiento jurídico español, establece que los Estados miembros garantizarán que se facilite la información local y nacional relativa a la exposición al radón en recintos cerrados y a los riesgos asociados para la salud, así como la importancia de efectuar medidas de radón y los medios técnicos disponibles para reducir las concentraciones de radón existentes, tanto de trabajadores como de la población.

Este requerimiento ha de ser resuelto, a día de hoy, de una forma genérica, puesto que las autoridades de Sanidad no disponen de datos propios sobre niveles de radón en domicilios particulares, por lo que su intervención se limita a transmitir información sobre los riesgos del radón sin aportar una orientación específica sobre qué zonas del territorio son más susceptibles de estar sometidas a una mayor exposición y recomendar, por lo tanto, que se

¹⁰ <https://www.boe.es/doue/2014/013/L00001-00073.pdf>

HABITABILIDAD Y SALUD

realicen medidas para evaluar la exposición. Se establecen también los 300 Bq/m³ como concentración límite tanto para viviendas como para lugares de trabajo.

La Directiva 2013/59/Euratom, también hace obligatorio el desarrollo de un plan de acción a nivel nacional para hacer frente a los riesgos a largo plazo debidos a las exposiciones al radón en viviendas, edificios de acceso público y lugares de trabajo para cualquier vía de entrada del radón, ya sea el suelo, los materiales de construcción o el agua.

Entre las medidas a adoptar, cita expresamente que se podrán incluir requisitos específicos en los códigos de edificación nacionales y que se identificarán aquellas zonas en las que se espere que el promedio anual de concentración de radón en un número significativo de edificios supere el nivel de referencia nacional correspondiente. Esta es una medida que todavía no está incorporada a la normativa nacional.

Por otra parte [Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero](#)¹¹, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, establece que la autoridad sanitaria, con anterioridad al 15 de septiembre de 2019, deberá tener caracterizada, desde el punto de vista de la exposición al radón, cada una de las masas de agua subterráneas que se utilizan para captación de agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

Se incluye al radón por primera vez como parámetro en agua de consumo debido a la consideración del agua de consumo como una de las tres fuentes principales de entrada de gas radón en las viviendas y espacios cerrados, junto con las emanaciones del subsuelo y materiales de construcción.

¿Cuáles son los condicionantes o modificadores?

En 1991, el Prof. L.S.Quindós de la Universidad de Cantabria y otros, dieron a conocer los resultados de una serie reducida de mediciones realizadas a escala nacional entre 1988 e 1989 sobre la concentración de radón en las viviendas españolas, obteniendo una media nacional de concentración de radón de 41.1 Bq/m³, con un rango de concentración de entre 10 y 15402 Bq/m³. Estas cifras mostraban ya la gran variabilidad de los datos, deduciéndose que el 13% de las viviendas superaban el valor de referencia impuesto por la EPA (*Environmental Protection Agency*), y un 4% superaban las recomendaciones de la U.E (200 Bq/m³ para nuevas construcciones y 400 Bq/m³ para las ya existentes).

Con posterioridad, el proyecto MARNIA, resultado de un acuerdo entre el CSN y ENUSA-Industrias Avanzadas, S.A., en el que colaboraron las Universidades de Salamanca, Extremadura, Vigo y la Politécnica de Cataluña, evaluó la tasa de exposición a la radiación gamma natural en España. Este proyecto se llevó a cabo en diferentes fases entre 1991 y 2004. Además de los objetivos del proyecto Marnia, también se pretendía elaborar un mapa del potencial emisor de radón, las tasas de exposición en el litoral, así como la elaboración de mapas de tasa de exposición a escala 1:200.000.

¹¹ <https://www.boe.es/buscar/pdf/2003/BOE-A-2003-3596-consolidado.pdf>

HABITABILIDAD Y SALUD

Se parte inicialmente de medidas de radiación gamma procedente del suelo efectuadas a lo largo de las numerosas campañas de exploración de uranio que realizaron la antigua Junta de Energía Nuclear y ENUSA durante más de 30 años, que han supuesto unos 250.000 datos de todo el territorio nacional excepto de ambos archipiélagos, Ceuta y Melilla. Esos datos se completan con medidas de tasa de exposición obtenidas en el propio desarrollo del Proyecto MARNA.

A la luz de los datos obtenidos, se llegó a la conclusión de que existe una fuerte correlación entre las zonas de mayor tasa de exposición gamma con las de mayor potencial de exhalación de radón, estando la mayor parte del territorio en un nivel 2 de exposición potencial, en una escala del 0 al 3. Sin embargo, la distribución estadística tan asimétrica que presentan las mediciones, hacen difícil la interpretación de estos mapas, ya que, en cada cuadrícula del mallado, la mayor parte de los puntos medidos van a estar por debajo de los valores medios, encontrándose algunos con valores muy por encima de los valores medios.

Las unidades geológicas que presentan valores medios de tasa de exposición más altos se localizan en formaciones graníticas de diversa naturaleza situadas en las provincias de Cáceres, Madrid, Toledo y Ávila (Sistema Central), en el arco hercínico gallego y en el oeste de las provincias de Salamanca y Zamora. También presentan valores similares los granitos de Cataluña y batolitos de Badajoz, Córdoba y Sevilla.

Las concentraciones de radón (radón-222) en una vivienda, o en un edificio en general, varían de manera sustancial con la situación geográfica. Dado el gran número de factores implicados, es muy difícil predecir si los niveles de este gas serán elevados en una vivienda concreta; en cambio, sí es posible hacer predicciones fiables sobre las zonas en las que hay mayor probabilidad de encontrar viviendas con concentraciones altas de radón.

Sin duda, el método más directo y fiable para identificar estas zonas es la elaboración de mapas a partir de mediciones de la concentración de radón en el aire interior de las viviendas. No obstante, con independencia del parámetro estadístico que se represente localmente (media geométrica, percentil 75, etc.), este método requiere una densidad considerable de medidas en todo el territorio, de manera que se consiga una cuadrícula suficientemente fina y un número de datos en cada casilla suficiente para que el error muestra no supere un valor prefijado.

La cartografía del potencial de radón de España, desarrollada por el Consejo de Seguridad Nuclear, categoriza las zonas del territorio estatal en función de sus niveles de radón y, en particular, identifica aquellas en las que un porcentaje significativo de los edificios residenciales presenta concentraciones superiores a 300 Bq/m³.

Para producir el mapa de potencial de radón, se han utilizado más de 12.000 medidas de radón en viviendas, agrupadas por unidad litoestratigráfica —según el mapa a escala 1:200.000 del Instituto Geológico y Minero de España (IGME)— y rango de exposición a la radiación gamma, obtenido a partir del mapa MARNA de radiación gamma natural. Las áreas establecidas según esos criterios primarios de agrupación se dividieron o combinaron posteriormente a fin de obtener (en la medida que la escala permite) unidades con niveles de radón espacialmente

HABITABILIDAD Y SALUD

homogéneos y con un tamaño muestra el adecuado. Para estas unidades se estimó el percentil 90 (P90) de la distribución de concentraciones de radón como una cota superior al 90% de confianza. Los valores así obtenidos se representan agrupados por rangos en el mapa de potencial de radón.

La finalidad última de esta cartografía es facilitar el desarrollo del Plan Nacional de Actuación contra el Radón que requiere la directiva europea 2013/59/Euratom, así como orientar a las comunidades autónomas y a los municipios más expuestos en la puesta en marcha de sus estrategias o políticas de intervención. En el siguiente mapa se puede observar la **cartografía del potencial de radón de España**: <https://www.csn.es/mapa-del-potencial-de-radon-en-espana>

Las zonas del mapa con potencial superior a 300 Bq/m³ (el nivel de referencia que establece la Directiva 2013/59) se consideran **zonas de actuación prioritaria**. En este otro mapa se puede consultar los municipios en los que parte de la población reside en zonas de actuación prioritaria: <https://www.csn.es/mapa-de-zonificacion-por-municipio>

La información proporcionada por los mapas no debe considerarse sustitutiva de las mediciones directas, que son el indicador más fiable del riesgo al que está expuesto cada individuo en su vivienda o en su lugar de trabajo.

A nivel de Comunidades Autónomas, sólo existe un mapa de radón, que es el Mapa de Radón de Galicia, realizado con mediciones de trazas (las más fiables) en viviendas ocupadas. Actualmente dicho mapa tiene más de 3.800 mediciones en viviendas de todos los municipios de la Comunidad Autónoma.

Una herramienta fundamental para acometer esta problemática a escala urbana es aumentar la escala de trabajo, realizando campañas de medidas de radón en viviendas y suelo a nivel municipal, como base de Mapas de Riesgo Potencial a escala municipal a incorporar en los planes de ordenación urbana, en última instancia, las administraciones responsables, aparte de las estatales y autonómicas, serían los ayuntamientos, que podrían incorporar el riesgo por radón en sus Planes de Ordenación Urbana, introduciendo algún tipo de recomendación, u obligatoriedad, de medidas preventivas a escala de Plan de Ordenación Urbana, en barrios (regiones de suelo urbanizable) con categorías de riesgo altas.

3.6.3. Escala edificio

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

Este apartado puede fundirse con el anterior ya que recoge los mismos elementos de afectación humana.

Los niveles de referencia fijados por normativa son para ambientes interiores: recintos habitados de cualquier tipo con permanencia de personas.

- Residencial.

HABITABILIDAD Y SALUD

- Puestos de trabajo.

Muchos gobiernos e instituciones han establecido normativas y estrategias de control del radón para reducir el riesgo para la salud pública. La OMS recomienda que los niveles no superen los 100 Bq/m³ para nuevas construcciones y entre 200-300 Bq/m³ para las ya existentes [135].

Existen muchos estudios sobre concentraciones interiores a nivel nacional.

¿Qué recoge la norma?

La norma europea UNE 171330-2 de 2009, relativa a los procedimientos de inspección de calidad ambiental en interiores, que establece un valor límite admisible de 200 Bq/m³.

- El Consejo de Seguridad Nuclear en la Guía de Seguridad 11.02 [136] recomienda un nivel de referencia de radón en viviendas de 300 Bq/m³ de promedio anual y un nivel objetivo de 100 Bq/m³ para edificios de nueva planta o para viviendas en las que vayan a realizarse acciones de mitigación.
- La Directiva 2013/59/EURATOM de 17 de enero de 2014 que limita la exposición al radón en recintos cerrados a 300 Bq/m³ y fomenta la adopción de medidas técnicas para la remediación.

No obstante, en el momento vigente, la legislación existente en España sobre la exposición al radón en los espacios públicos y lugares de trabajo se basa en el [RD 783/2001](#)¹², modificado por [RD 1439/2010](#)¹³.

- Aplicación del RPSRI (Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes) marco normativo español en espacios públicos y lugares de trabajo.
- El RD 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones traspone la DIRECTIVA 96/29/Euratom del Consejo de 13 de mayo de 1996 por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes.
- El RD 783/2001 se aplica a todas las prácticas que impliquen un riesgo derivado de las radiaciones ionizantes que procedan de una fuente artificial, o bien, de una fuente natural de radiación cuando los radionucleidos naturales son o han sido procesados por sus propiedades radiactivas, fisionables o fértiles.
- Con posterioridad, el RD 783/2001 queda modificado por el RD 1439/2010 por el que se modifica el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra radiaciones ionizantes, aprobado por RD 783/2001 de 6 de Julio.
- El RD 1439/2010 obliga directamente a los titulares de las actividades en las que existan

¹² <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-14555>

¹³ <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-17709>

HABITABILIDAD Y SALUD

fuentes naturales de radiación a realizar los estudios necesarios para determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público, que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica, sin necesidad de que estos estudios sean exigidos por las autoridades competentes.

- El RD 1439/2010 modifica el Título VII del RD 783/2001, de forma que indica que los titulares de las actividades laborales, no reguladas en el artículo 2.1, en las que existan fuentes naturales de radiación, deberán declarar estas actividades ante los órganos competentes en materia de industria de las Comunidades Autónomas en cuyo territorio se realizan estas actividades laborales y realizar los estudios necesarios a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

Las actividades laborales cuyos titulares deben realizar los estudios requeridos por el RD 1439/2010 incluyen las que se llevan a cabo en los siguientes lugares de trabajo:

- Establecimientos termales
- Cuevas, galerías y minas
- Instalaciones donde se almacenan y tratan aguas de origen subterráneo
- Lugares de trabajo subterráneos en general
- Lugares de trabajo en zonas identificadas por sus valores elevados de radón.

Asimismo, en el caso de actividades laborales con exposición a la inhalación de descendientes del radón, los estudios contendrán la descripción de la instalación, las medidas de radón realizadas y sus resultados, la descripción de los puestos de trabajo con los tiempos de permanencia en ellos y las acciones correctoras previstas o adoptadas.

Las recomendaciones del Consejo de Seguridad Nuclear

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) actúa de órgano asesor, habiendo sido designado para establecer los criterios y procedimientos para la regulación de los niveles de gas radón en el entorno laboral en España.

La [Guía de Seguridad 11.4. del Consejo de Seguridad Nuclear](#)¹⁴ (12 de diciembre de 2012) establece la metodología para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo. El objetivo de esta guía es establecer una serie de criterios metodológicos para los estudios que, en virtud del título VII del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI), deben realizar los titulares de las actividades laborales en las que exista un considerable riesgo potencial de exposición al radón (²²²Rn) y a sus descendientes de vida corta. La finalidad principal de los estudios es determinar si la concentración media anual de

¹⁴ http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/GSG-11.04_Evaluacion_de_exposicion_al_radon_en_trabajo.pdf

HABITABILIDAD Y SALUD

radón a la que están expuestos los trabajadores o el público supera el nivel de referencia correspondiente.

En el caso de los trabajadores, este nivel (600 Bq/m³ – Instrucción IS-33 del CSN) define cuáles son las exposiciones laborales al radón que deben considerarse dentro del sistema de protección radiológica ocupacional.

Los estudios del riesgo radiológico ligado al radón deben ser representativos de la exposición anual de los trabajadores y, en su caso, del público. Para ello, los resultados deben basarse en medidas con detectores pasivos expuestos durante un periodo mínimo de tres meses. Se recomienda estructurar los estudios atendiendo a un protocolo en cuatro fases:

- 1) Planificación del estudio.
- 2) Realización de las exposiciones y análisis de los dispositivos de medida.
- 3) Expresión de los resultados y toma de decisiones.
- 4) Diseño e implantación, si procede, de medidas para reducir las exposiciones al radón de los trabajadores y del público.

En cualquier caso, si se desea corregir el posible efecto estacional, las exposiciones deberán cubrir un año completo en lugar de tres meses.

Próxima aplicación de la directiva europea 2013/59/EURATOM

La Unión Europea en una reciente directiva (directiva 2013/59/EURATOM Diario Oficial, 17 de enero de 2014 donde establece normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes) marca un nivel de referencia máximo de 300 Bq/m³ para el promedio anual en lugares de trabajo y en cualquier recinto cerrado. Dicha directiva establece que cada estado miembro debe disponer de niveles nacionales de referencia y de un plan de acción –que deberán trasladar a su legislación antes del 6 de febrero de 2018- que fomente la adopción de medidas técnicas para identificar espacios donde se supere el nivel de referencia y fomentar, cuando proceda, la adopción de medidas de mitigación. Así, la gran novedad es sin duda que los niveles de referencia en espacios de trabajo se reducirán de los 600 Bq/m³ actuales a 300 Bq/m³ con la aplicación de la nueva directiva.

El pasado 16 de Febrero de 2018, el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, ha acordado la apertura de los trámites de audiencia a los interesados y de información pública en la elaboración de la propuesta de "Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes (<http://www.minetad.gob.es/energia/es-ES/Participacion/Paginas/proyecto-rd-riesgos-radiacion-ionizante.aspx>). La norma regulará el marco para la protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes. Incorporará parcialmente al ordenamiento jurídico español la Directiva 2013/59/Euratom del Consejo, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom.

HABITABILIDAD Y SALUD

Dentro del marco regulador español, con esta nueva norma quedarán derogados el R.D. 783/2001, por el que se aprueba el Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, y el R.D. 413/1997, sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.

El Código Técnico de la Edificación (CTE), normativa de obligado cumplimiento en el ámbito de la construcción y edificación, recoge ya un borrador del documento de “protección frente a la exposición al radón DB-HS6” que se pretende incluir en los próximos meses tras su revisión y fase de alegaciones. En su estado actual, este documento plantea una exigencia de protección a los recintos habitados, con el nivel de referencia de la Directiva Europea, 300 Bq/m³. Para su cumplimiento se dan unas pautas de actuación en viviendas de nueva construcción, con una aplicación de técnicas en progresión según la exposición potencial al radón que muestran los mapas del CSN. Se barajan barreras anti radón para el grado medio, y barreras más sistemas de despresurización para el grado alto.

También se establecen los requisitos de los laboratorios que realicen las medidas de comprobación de niveles, y los procedimientos de muestreo.

¿Cuáles son los condicionantes o modificadores?

Comportamiento del gas. Comprensión de los mecanismos de transporte de cara a la actuación.

El gas radón proveniente del subsuelo, generado por la desintegración del radio, exhala a la atmósfera y se mezcla con el resto de gases, disminuyendo así su concentración sin que alcance niveles importantes. Ahora bien, si existiese una edificación sobre el terreno, y debido fundamentalmente a la diferencia de presión que se establece entre los poros del terreno y el espacio cerrado de la edificación (normalmente alta debido a ventilaciones o ausencia de las mismas), se establecería un flujo del gas hacia el interior. Por su condición de gas, su movilidad es alta entre los poros de los materiales normalmente usados en la edificación y penetrará fácilmente en el interior de la vivienda, atravesando los forjados, soleras, muros, e introduciéndose a través de grietas o fisuras. La acumulación de radón en el interior de los edificios eleva las concentraciones y por tanto el riesgo para la salud de sus habitantes.

De una forma general, la ecuación diferencial que describe la generación, transporte, desintegración y acumulación de radón, puede escribirse de la siguiente manera:

$$\frac{\partial \varepsilon C}{\partial t} = D \nabla^2 C + \frac{k}{\mu} \nabla C \nabla P - \lambda \varepsilon C + \varepsilon G$$

La ecuación anterior, contemplada en distintos estudios [137] define la concentración de radón en un espacio y tiempo determinado, en función de la tasa de entrada descrita por el mecanismo difusivo (primer término), dependiente del gradiente de concentraciones, la tasa advectiva (segundo término), que depende del gradiente de presiones entre la existente en los

HABITABILIDAD Y SALUD

poros del terreno y la del interior de la edificación, la desintegración del átomo, la desintegración (tercer término) y la generación del mismo en el sustrato de terreno (cuarto término).

Los principales factores que influyen en la tasa de flujo de radón hacia el interior son los siguientes:

- La potencialidad del suelo de generar gas radón. Rocas con contenidos altos de radio.
- La capacidad que tenga el gas de escapar de la estructura de la roca (Emanación).
- La porosidad y humedad que presente el terreno para que el radón pueda alcanzar la superficie (Exhalación).
- La diferencia de presiones entre el terreno y el interior de la edificación.
- Las condiciones meteorológicas que modificarán el flujo de radón por variación del gradiente de presiones entre los poros del terreno y el interior del edificio.

En la siguiente ilustración se esquematizan los distintos procesos físicos que afectan a las concentraciones de radón interior.

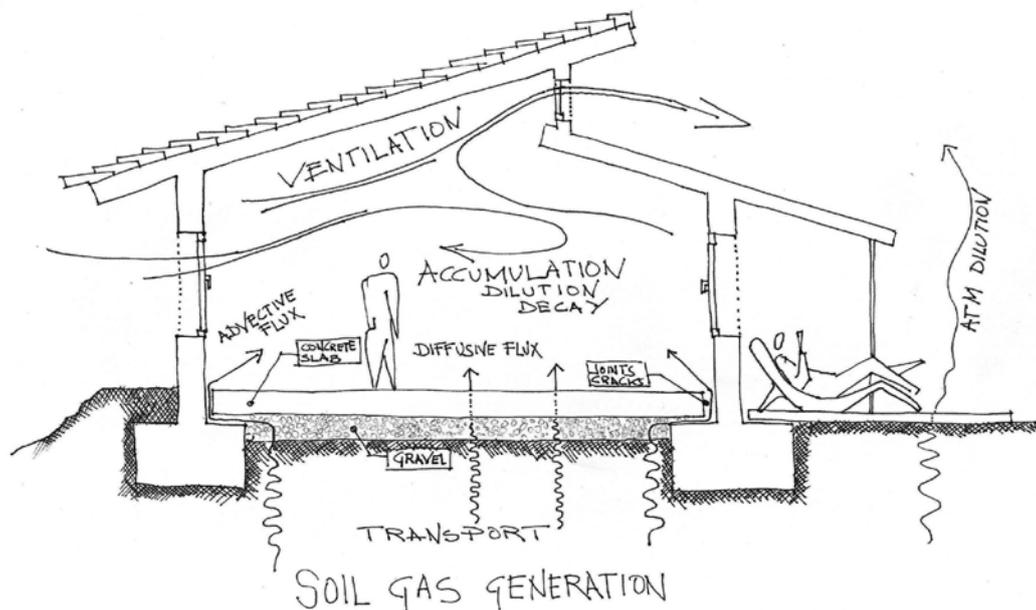


Ilustración 22: Esquema de procesos físicos de generación, transporte, desintegración, acumulación y dilución.

Estrategias de protección. Sobre su funcionamiento.

Se trata de actuaciones constructivas destinadas a frenar la entrada de radón al interior del edificio. Estas técnicas pueden aplicarse a edificios existentes, en los que habrá que intervenir para la introducción de las mismas, o a edificios de nueva planta en los que podrán ser

HABITABILIDAD Y SALUD

planteadas en fase de proyecto. Lógicamente, las técnicas planteadas para edificios de nueva planta supondrán un menor coste, una mayor facilidad de ejecución y una integración en el diseño del edificio, además de conseguir efectividades de reducción de radón de mayor rango.

En general, e independientemente de si se trata de un edificio de nueva planta o un edificio ya construido, las técnicas de actuación se basan en 3 estrategias claramente diferenciadas que se exponen a continuación.

1) Sistemas de extracción de radón desde el terreno. Despresurización

Se trata de despresurizar el terreno extrayendo aire desde el área de asiento del edificio. Tiene una doble función, por un lado forzar una vía de escape del gas del terreno reduciendo la concentración en él, y por otro invertir el gradiente de presiones para anular el mecanismo advectivo de la física de transporte de gases.

En condiciones normales, la presión en el interior de un edificio tiende a igualarse con la presión atmosférica en el exterior, a través de la comunicación aérea que existe entre los puntos de infiltración como carpinterías, rejillas, chimeneas, etc. Lo mismo ocurre con respecto a las presiones que se establecen en el terreno pero con un ligero desfase temporal función de la permeabilidad el suelo. Por otro lado, el estado de presiones en el interior sufre una ligera despresurización inducida por la fuga de aire que se produce por las chimeneas y rejillas debido al efecto “stack” y “venturi”, que oscila entre -2 y -5 Pa con respecto a la exterior y la del terreno. Esta gradiente provoca un flujo advectivo del gas hacia el interior del edificio. La estrategia de despresurización persigue invertir este gradiente provocando despresurizaciones en terreno del orden de -10 Pa respecto a la interior (valor de garantía), normalmente mediante el uso de extractores conectados a la red de inserción. Lograr este objetivo parte por comprender la mecánica de fluidos, en su componente de extensión de presiones en terreno, contando con los parámetros involucrados, tales como el ratio de permeabilidad entre el terreno y el lecho gravoso, la estanquidad de la losa de solera, las potencias de extracción, la distribución de puntos o red de inserción, o las barreras que pueden provocar las cimentaciones.

Como se muestra en la ilustración 23 para la extracción es necesario un punto de captación en el terreno, un conducto de evacuación hacia el exterior y un extractor mecánico en el caso de que las concentraciones sean excesivas y no funcione por tiro natural.

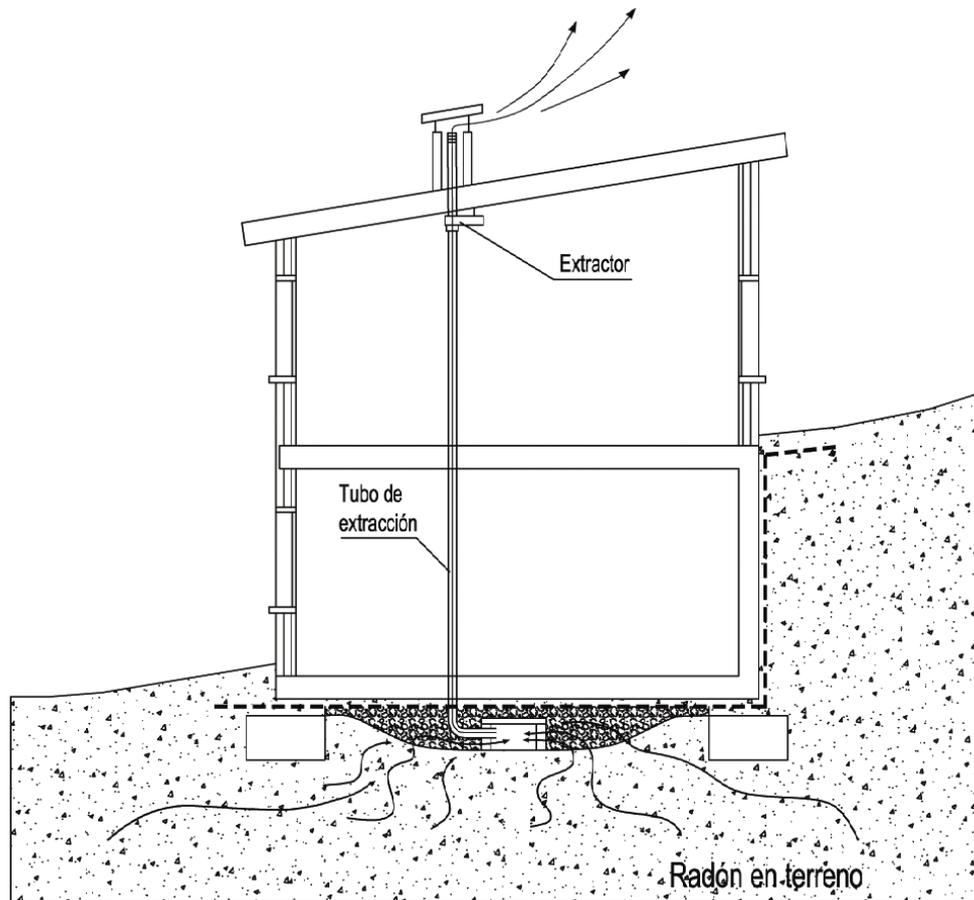


Ilustración 23: Esquema de elementos que componen un sistema de extracción

Este tipo de medidas están clasificadas como las de mayor efectividad de las estrategias habitualmente empleadas en protección.

2) Sistemas de barreras frente al paso del gas radón.

Consiste en interponer una barrera de material impermeable frente al paso de los gases entre el terreno y los elementos constructivos que están en contacto con el edificio (soleras, muros de sótano, forjados sanitarios, etc.). El objetivo es dotar de mayor estanquidad a la vivienda para atenuar el flujo de radón hacia su interior desde el terreno.

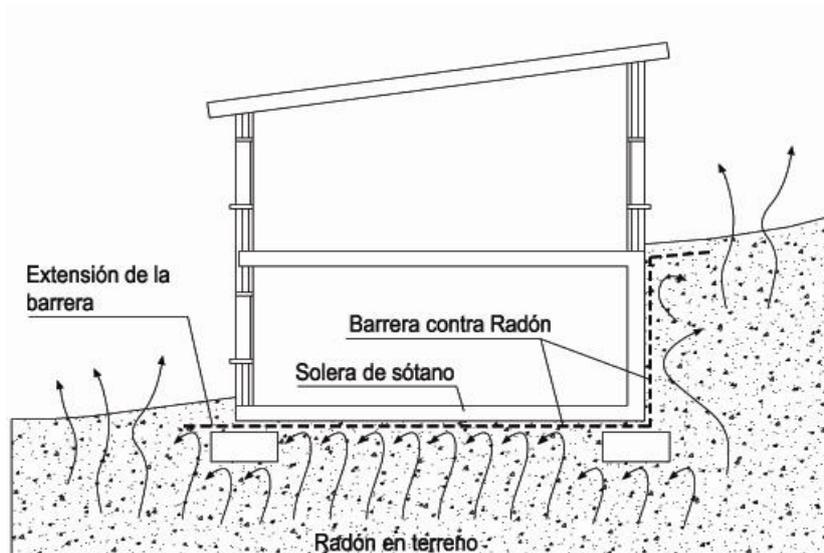


Ilustración 24: Esquema de colocación de barrera anti radón.

Estas barreras deben cumplir una serie de requisitos mínimos para garantizar sus prestaciones de estanqueidad frente al gas. Entre los ensayos que pueden tenerse en cuenta destacan los propiamente encaminados a analizar su estanqueidad, como el ensayo de difusión de membranas a gas radón, y los que analizan las propiedades mecánicas que deban garantizar su durabilidad y resistencia frente a elongaciones, roturas, punzonamientos, ataques químicos, etc. En la actualidad, estos requisitos se están contemplando en los nuevos [Documentos de Idoneidad Técnica \(DIT\)](#)¹⁵ que fabricantes comienzan a solicitar de cara a la puesta en mercado de sus materiales con función de barreras.

3) Ventilación.

La ventilación es una técnica habitual en casos de baja concentración. La mezcla de aire con el exterior reduce la concentración interior por dilución. Esta técnica, aunque bastante obvia, no llega a ser de alta efectividad, al menos con las tasas de ventilación habituales en las viviendas.

Para la aplicación de estas técnicas, es necesario conocer la tasa de infiltración inicial del edificio (hermeticidad) para poder proponer el flujo extra necesario que reduzca a valores aceptables. Para ello son recomendables los ensayos de puerta soplante (Blower Door), conforme a la norma [UNE-EN 13829:2002](#)¹⁶ "Aislamiento térmico. Determinación de la estanqueidad al aire en edificios. Método de presurización por medio de ventilador".

Una vez obtenidos, es posible llegar a calcular las tasas necesarias mediante la siguiente expresión:

$$C=R/V.\lambda t$$

¹⁵ <http://dit.ietcc.csic.es/dite/>

¹⁶ <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0026148>

Siendo, R (Bq/s), la tasa de entrada de radón por el suelo, V (m^3), el volumen de acumulación y λt (h^{-1}) el sumatorio (λ_d const desintegración + λ_h tasa de hermeticidad + λ_r tasa de renovaciones /h)

El siguiente ejemplo muestra el cálculo realizado para dos situaciones distintas de hermeticidad de partida, ambos con los mismos niveles iniciales de radón, y las tasas asociadas para su reducción hasta los 200 Bq/m^2 , considerado como valor objetivo en este caso.

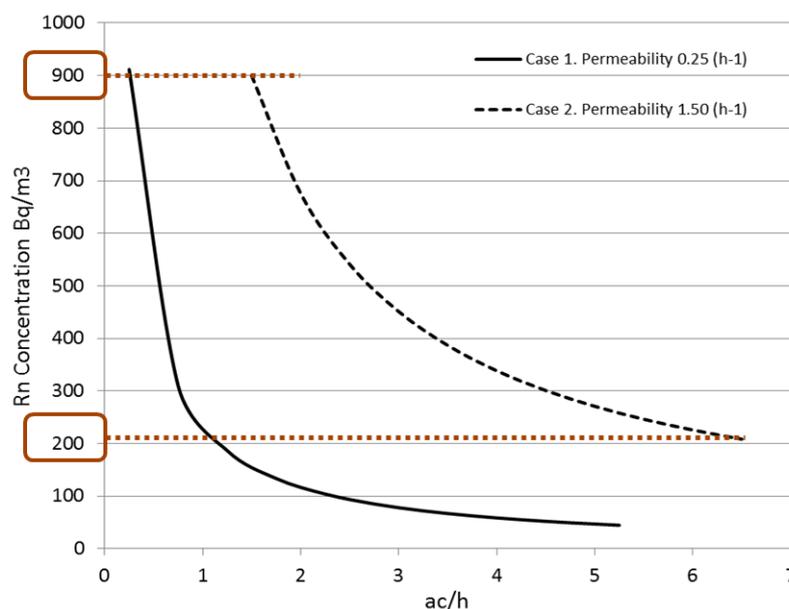


Ilustración 25: Cálculo de tasas de ventilación necesarias en función del grado de hermeticidad de la vivienda.

3.6.4. Escala usuario

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

Las dosis procedentes de la radiactividad natural nunca son suficientes para que se produzcan efectos de salud deterministas, sino que siempre se plantea un escenario de efectos estocásticos. Las características de los efectos estocásticos son determinantes para un correcto tratamiento de la contaminación radiológica: Los efectos son de carácter grave (cáncer y efectos hereditarios) y tardíos. La expresión o desarrollo del cáncer se produce generalmente muchos años después de la exposición y los efectos hereditarios se manifiestan en la siguiente generación. La relación entre población afectada y exposición es lineal y carece de umbral; esto es, a menor exposición, menor probabilidad, pero nunca se reduce a cero de igual manera que no hay exposición cero.

Es conveniente destacar que la radiación alfa, emitida por el radón y sus descendientes, es la más energética, liberando una elevada cantidad de energía en muy poco espacio. La radiación

HABITABILIDAD Y SALUD

beta y gamma es menos penetrante y por tanto liberan menor cantidad de energía al ir atravesando los tejidos del cuerpo humano.

El radón es considerado cancerígeno por la Organización Mundial de la Salud (OMS), de acuerdo con la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE.UU., que lo clasifican como cancerígeno del Grupo 1. Advierten que el principal efecto adverso derivado de la inhalación de radón y en especial de sus productos de desintegración es el riesgo de contraer cáncer de pulmón, siendo la segunda causa por detrás del tabaco y la primera causa en los nunca fumadores.

Los primeros estudios epidemiológicos que asociaron el radón con la aparición del cáncer de pulmón se realizaron en mineros de diversos minerales. Estos estudios han sido realizados en varios lugares del mundo, habiendo participado globalmente varios miles de individuos.

En total hay más de 20 estudios publicados y los resultados han sido heterogéneos, aunque la gran mayoría apuntan a una relación entre la exposición a radón en la mina y el riesgo de cáncer de pulmón. Una característica muy importante es la especificidad que se ha observado para el radón y el cáncer de pulmón, no produciendo la exposición a radón un exceso de mortalidad por otros cánceres.

Estos estudios han sido utilizados para realizar modelizaciones matemáticas que han permitido estimar el riesgo de cáncer de pulmón atribuido a la exposición a radón residencial en población general

¿Qué recoge la norma?

Las administraciones responsables son las siguientes:

- Ministerio de Sanidad
- Ministerio de Industria
- Ministerio de Fomento
- Comunidades Autónomas
- Municipios

¿Cuáles son los condicionantes o modificadores?

Mejorar las condiciones de la edificación. Comentadas en la ficha a nivel edificatorio.

A nivel usuario:

- Limitar la permanencia en espacios con altas concentraciones de radón.
- Promoción de campañas responsables de concienciación sobre los riesgos del gas radón en la salud.

3.7. Contaminación de origen interior por monóxido de carbono (CO)

Este apartado se inicia como uno de los contaminantes presentes en el ambiente interior. En caso de seguirse desarrollando el trabajo, el apartado de “Contaminación de origen interior” debería tratar más contaminantes, de distintos orígenes.

3.7.1. Descripción del parámetro y cuál es su origen

El CO es un gas incoloro, inodoro e insípido, no irritante, capaz de provocar la muerte sin que la víctima se dé cuenta. Es la primera causa de intoxicación por gases y el agente que mayor número de muertes por intoxicación produce.

Según la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (Separ) cada año en España entre 5.000 y 10.000 personas padecen intoxicación por monóxido de carbono (CO), con una media de 125 muertes anuales. La incidencia en niños representa aproximadamente del 15 al 30 % de todos los casos y supone del 1,5 al 2 % de todas las intoxicaciones infantiles.

A su alta toxicidad se suma las características de este gas y la inespecificidad de los síntomas que produce por lo que su identificación suele ser difícil, pudiendo pasar inadvertida

Causas

En la mayor parte de los casos están relacionados con la combustión incompleta de sustancias y combustibles derivados de hidrocarburos, aceites, maderas, etc. por deficiente funcionamiento de distintos aparatos, combustión de vehículos, etc. en ambientes no adecuados o mal ventilados

En España las fuentes más habituales son los calentadores de agua y sistemas de calefacción. Entre el 70-80% se producen en el propio domicilio, 10% en entorno laboral y menos de un 2% son de intencionalidad suicida

Fuentes de contaminación por CO

- Electrodomésticos o aparatos que usan combustible
 - Todos los aparatos que funcionan con combustible (por ejemplo, calentadores de agua a gas, estufas de gas, secadoras de ropa a gas, HORNOS, ETC) deben ser revisadas por un profesional todos los años o según las recomendaciones del fabricante.
 - Los braseros, estufas de gas, etc.
- Chimeneas y estufas de leña
- Parrillas al carbón
- Generadores y otros aparatos que funcionan con combustible

HABITABILIDAD Y SALUD

- Vehículos
- Incendios

¿Qué recoge la norma?

A continuación se recoge información relativa a las diferentes Directivas y leyes relacionadas con el monóxido de carbono:

- DECRETO 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico.
- Directiva 2000/69/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de Noviembre de 2000 sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente. DOCE 313/L, de 13-12-00.
- REAL DECRETO 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono
- Real Decreto 2367/1985, de 20 de noviembre, por el que se establece la sujeción a especificaciones técnicas de los equipos detectores de la concentración de monóxido de carbono.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- UNE 23.300-84 Equipos de detección y medida de la concentración de monóxido de carbono
- UNE EN 50.545-1:2012 aparatos eléctricos para la detección y medida de gases tóxicos y combustibles en aparcamientos y túneles
- ORDEN SCO 127/2004, de 22 de enero, por la que se desarrollan los artículos 4 y 6 del Real Decreto 1079/2002, de 18 de octubre, por el que se regulan los contenidos máximos de nicotina, alquitrán y monóxido de carbono de los cigarrillos, el etiquetado de los productos de tabaco, así como las medidas relativas a ingredientes y denominaciones de los productos del tabaco.

3.7.2. Escala urbana

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

Impacto en el medio ambiente, se trata de una sustancia extremadamente **inflamable** que reacciona vigorosamente con oxígeno, acetileno, cloro, flúor y óxidos nitrosos, pudiendo provocar **humos tóxicos** e **incendios** si existen focos de calentamiento.

Es un **precursor de ozono**, es decir, al combinarse con otros contaminantes atmosféricos forma ozono troposférico (próximo a la superficie terrestre) que provoca afectaciones importantes en la salud humana y es dañino para la flora y fauna autóctona.

Umbral de información pública establecidos por el RD 508/2007 (kg/año).

- Umbral de información pública a la atmósfera: 500.000 kg/año
- Umbral de información pública al agua: -
- Umbral de información pública al suelo: -

3.7.3. Escala edificio

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

Coincide con la descripción a nivel usuario

3.7.4. Escala usuario

¿Qué sabemos sobre cómo afecta este parámetro a la salud?

Etiopatogenia

La intoxicación con monóxido de carbono se produce por la inhalación de gases de combustión.

La toxicidad de este gas es debida a la alta afinidad por el CO de la hemoglobina (Hb), proteína responsable del transporte de O₂ en sangre, formando la carboxihemoglobina (COHb). Al disminuir considerablemente la capacidad de la Hb para transportar O₂, se produce hipoxia tisular.

Los niveles de COHb dependen de múltiples factores, incluida la magnitud de la exposición, el grado de ventilación alveolar, el volumen sanguíneo y la actividad metabólica.

Por tanto, la toxicidad del CO se debe a tres mecanismos:

- El CO se une a la hemoglobina desplazando al O₂.
- Modifica la capacidad de la hemoglobina para liberar el oxígeno a los tejidos
- Se une a la citocromo oxidasa en los tejidos impidiendo la utilización del oxígeno.
- El resultado final es la hipoxia de los tejidos.
- Un nivel de COHb superior al 3% en los no fumadores o superior al 10% en los fumadores

HABITABILIDAD Y SALUD

confirma la exposición.

Factores de riesgo

La exposición al monóxido de carbono puede ser particularmente peligrosa para las siguientes grupos de riesgo:

- Niños: Debido a una mayor frecuencia respiratoria y una inhalación mayor de CO por unidad de peso corporal.
- Embarazadas: El CO es capaz de traspasar la barrera placentaria y llegar al torrente sanguíneo del feto, cuya capacidad para eliminar el CO de la hemoglobina es mucho menor.
- Los efectos en el embarazo dependen del tiempo y la cantidad de exposición. No se ha relacionado ningún patrón de malformaciones congénitas unida a la intoxicación de CO en embarazadas pero si muerte fetal y daño cerebral unidos a la hipoxia celular.
- Ancianos: La hipoxia producida aumenta la probabilidad de padecer daño cerebral irreversible.
- Pacientes con: anemia, cardiopatías y enfermedades respiratorias pueden ser mucho más sensibles a esta sustancia, por lo que se debe extremar su exposición a la misma.

Clínica

Suele ser difícil diagnosticar una intoxicación con CO, ya que los síntomas son inespecíficos. Los síntomas más comunes de envenenamiento por CO son: Cefalea, mareos, debilidad, náuseas, vómitos, dolor torácico, confusión y en los casos más graves puede dar lugar a muerte del sujeto.

Las personas que están dormidas o intoxicadas pueden morir de envenenamiento por CO antes de presentar ningún síntoma.

Puede causar lesiones en distintos órganos y sistemas y dar lugar a lesiones agudas o crónicas dependiendo del tiempo y grado de exposición pudiendo dar lugar a daños cerebrales y/o cardiacos permanentes e incluso la muerte del sujeto.

Éstas pueden minimizarse o prevenirse tras el tratamiento con oxígeno (O₂) al 100% o la terapia de oxígeno hiperbárico (HBO)¹.

4. CONCLUSIONES

4.1. Barrio - Ciudad

El reto de la sostenibilidad urbana debe ser la clave de la hoja de ruta hacia una economía baja en carbono y el cumplimiento de los objetivos marcados para el 2030 y 2050. La convivencia del tráfico y los edificios y las necesidades de uso y gestión de ambos plantean la necesaria transformación de nuestro entorno hacia una descarbonización y la reducción de la dependencia energética, pero no sólo debemos plantear este reto en término de ahorros energéticos sino como hemos visto en el documento ampliando los beneficios que implica este cambio en términos de salud.

La relación entre numerosas enfermedades y exposición a la contaminación en sus derivadas: lumínica, acústica, atmosférica, electromagnética, etc. tal como ha establecido la comunidad científica, es un riesgo para la salud de la población.

La ciudad, como centro, puede ser la causante de los problemas también puede ser la herramienta de corrección ya que el propio diseño de las mismas puede ayudar a disminuir o eliminar el grado de exposición de la población a los agentes contaminantes, en este sentido, la presencia por ejemplo, de espacios verdes puede atenuar la temperatura y absorber contaminantes; en paralelo, la mejora de la envolvente de los edificios redundará en la reducción de la demanda energética y por ende en las emisiones de CO₂, siendo posible avanzar en la minimización de las mismas si abastecemos esta demanda con energías renovables.

El último [informe del IPCC en 2018](#)¹⁷ establece que el impacto sobre la salud de la subida de las temperaturas será mayor en las ciudades debido al efecto de la isla de calor. El desarrollo de estrategias de todas las administraciones involucradas en trabajar hacia los objetivos planteados en la COP21 para evitar una subida de la temperatura global en 1,5°C debe de ser un trabajo transversal que basado en un consenso de mínimos trabaje hacia entornos urbanos sostenibles desde una visión plurifuncional que integre el mayor número de conceptos. En este sentido la futura Ley de transición energética puede ser el marco en el que confluya y oriente la transformación hacia una economía descarbonizada y sostenible con el planeta.

La transformación de los entornos urbanos es una oportunidad para dibujar nuestras ciudades bajo el paradigma del respeto a la naturaleza y a los ciudadanos, la percepción de estos de los beneficios que aportan a nuestra salud dichos entornos será la mejor palanca para demandar las inversiones necesarias desarrollar la capacidad de adaptación a entornos más saludables.

El mejor programa de concienciación de los habitantes de nuestras ciudades será el disfrute de las ventajas asociadas un hábitat más limpio de contaminantes.

¹⁷ https://www.ipcc.ch/pdf/session48/pr_181008_P48_spm_es.pdf

4.2. Edificio

El análisis de los factores ambientales que se recogen en el documento señalan de manera contundente como la permanencia de manera continua en espacios interiores con condiciones inadecuadas tiene efecto sobre nuestra salud. La aparición del Código Técnico de la Edificación en 2006 supuso un cambio importante en el diseño de los edificios en tanto que definían mayores exigencias para la calidad del aire interior, la protección frente al ruido y la eficiencia energética. En ese sentido, y a pesar de que aún algunos de estos documentos normativos tienen un margen de mejora, podemos afirmar que en los edificios de nueva construcción se han reducido de manera sustancial el riesgo de tener condiciones interiores no adecuadas, ya que la propia normativa es exigente en ese sentido.

Sin embargo, el gran reto se plantea en los edificios existentes, que fueron construidos en otro contexto económico y social y representan el mayor porcentaje del patrimonio construido. El censo de vivienda del 2011 refleja que en España existen más de 25 millones de vivienda de las cuales casi el 60% es anterior a 1979, por lo tanto están construidas sin criterios de eficiencia energética. La escala de viviendas construidas bajo los criterios del DB HE 2013 es mínima no llega al 0,8 % por lo que la percepción en el mercado de la posibilidad de mejora del parque existente mediante la incorporación de la mejora de la envolvente está muy alejada de la realidad.

No hay que olvidar que la población que habita los edificios más ineficientes es, en buena parte, aquella en situación de pobreza o de vulnerabilidad. Estos edificios tienen sistemas constructivos sin aislamiento térmico y acústico, lo que implica que, por ejemplo, la demanda energética sea elevada. Estos hogares tienen menos capacidad de conseguir que sus viviendas estén en condiciones adecuadas de temperatura, tanto en invierno como en verano, porque no pueden asumir el coste energético de climatización o el de aislar muros y cambiar las ventanas por otras de mayor calidad que se comporten mejor frente al ruido. Como se ha indicado en el documento, las consecuencias de esta situación son peores para los ancianos y niños de estos hogares.

Sería necesaria una intervención integral del parque existente, debiendo ser prioritaria para los edificios cuyos ocupantes se encuentren en situación de vulnerabilidad mediante el liderazgo de la administración local, pero, sin obviar la transformación del resto del parque construido con características similares.

No hay que olvidar que la reducción del consumo de energías fósiles reduce las emisiones de gases contaminantes, lo que repercute en la calidad del aire local y en el conjunto del planeta.

Mediante una rehabilitación integral se podrían abordar todos los aspectos que confluyen en la mejora de la calidad de los edificios, prestando especial atención a aquellos que influyen sobre la salud, por ejemplo, la intervención para reducir la demanda energética a través de la mejora de los cerramientos, garantiza que se mantenga la temperatura interior adecuada con un aporte de energía mínimo, diferente en función de las condiciones climáticas en las que se ubique el edificio. Es importante recalcar que en un cambio de las ventanas, no sólo hay que

HABITABILIDAD Y SALUD

identificar la mejora en el comportamiento energético, sino también la mejora en la reducción de la “contaminación” acústica.

Las condiciones interiores de los edificios dependen tanto de las características constructivas y de diseño como de las condiciones del entorno próximo, es por este motivo que el marco normativo de cumplimiento para la proyección y construcción de los edificios (residenciales y terciarios) debería integrar los condicionantes necesarios que produzcan como resultado edificios sostenibles con el entorno y que aporten confort en su interior. El reto es ambicioso, para afrontarlo será necesaria la interrelación activa entre las diferentes administraciones que mediante grupos multidisciplinares trabajen en la definición de soluciones que respondan a las necesidades medioambientales y de salud con el objetivo definir e implementar un hábitat en el territorio que respondan a la lucha contra el cambio climático.

Hay que señalar que, en la mayoría de los casos, la intervención en la escala urbana puede ayudar a corregir parte de los factores ambientales que luego repercuten en los edificios. Esta cuestión es especialmente importante en el caso de zonas con altos niveles de tráfico rodado. Si se reduce el tráfico a escala urbana, esto supone menos ruido en las viviendas y mejor calidad del aire. También puede ser significativo para abordar el fenómeno de la isla térmica mediante la eliminación de zonas asfaltadas y la inclusión de vegetación que finalmente acaba produciendo condiciones climáticas exteriores mejores para la climatización de los edificios.

La relación ciudad- edificio- usuario no es inconexa sino por el contrario está totalmente relacionada. La ciudad afecta al edificio, como la suma de edificios construyen y alimentan la ciudad. En esta relación el ciudadano tiene un rol relevante, ya que debe de canalizar, implementar, mantener y vivir en las ciudades y por ende en sus edificios. El conocimiento del comportamiento de nuestros edificios es fundamental para poder hacer un uso adecuado de los mismos, lo que redundaría en un entorno más eficiente para nosotros, nuestros vecinos y nuestros conciudadanos. La asociación de las características de nuestros edificios y sus beneficios o carencias puede funcionar como palanca para concienciar a los propietarios para afrontar una intervención en la mejora de los edificios. La administración debería ejercer un rol ejemplarizante mediante la intervención de sus edificios (residencial y terciarios) y la difusión de las mejoras obtenidas no sólo en término de ahorros energéticos sino de en kpis relacionados con los indicadores de salud relacionados en este informe, entre los que destacamos el ruido y la temperatura. La identificación y medición del “antes” y “después” debe de ser el punto de inicio para afrontar una rehabilitación ya que servirá para auditar los problemas iniciales y buscar las soluciones más efectivas para alcanzar los objetivos definidos. La medición posterior debería ayudar a la comprobación de los resultados esperados y a la gestión del buen uso del edificio. En este análisis debemos ser ambiciosos e identificar los indicadores que resulten necesarios para la transformación de nuestro entorno no sólo en términos energéticos sino que debemos incorporar ruido, temperatura, humedad, ventilación, contaminantes atmosféricos, lumínicos, electromagnéticos, etc.

Existe el término “edificio enfermo” y la OMS lo ha definido como un conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en estos espacios cerrados. Es un conjunto de molestias y enfermedades originadas en la mala ventilación, la descompensación de temperaturas, las partículas en suspensión, los gases y vapores de origen

HABITABILIDAD Y SALUD

químico y los bioaerosoles, entre otros agentes causales identificados. El tipo de malestares que producen y estimulan estas situaciones es variado: jaquecas, náuseas, mareos, resfriados persistentes, irritaciones de las vías respiratorias, piel y ojos, etc. Entre estos malestares, las alergias ocupan un papel importante.

La administración deberá definir e implementar estrategias que trabajen en la necesidad de transformar nuestros entornos y edificios en un hábitat más sostenible que limite el cambio climático, para ello no sólo definirá las características que deberán tener nuestro parque inmobiliario sino que deberá trabajar en medidas de incentivación para llevar a cabo la transformación. La regulación debe trabajar en la estrategia como fórmula para alcanzar los objetivos definidos, por ejemplo, en el tema del tabaco ha conseguido eliminar el humo en el interior de los edificios, locales, colegios, hospitales, etc... de acceso público consiguiendo superficies más saludables y ayudando a la concienciación de fumadores y no fumadores de las consecuencias inmediatas de habitar y usar superficies libres de humo, como olores, molestias oculares, tos, así pues, el humo del tabaco y con él todos los agentes tóxicos que contiene supone ya no solo un problema de salud y de calidad de vida, sino también **un problema moral y de conciencia cívica**, en la que la decisión personal, respetable, de fumar, afecta a terceros que ejercen su libre derecho a no ser fumadores, convirtiéndose sin opción alguna en un fumador pasivo.

El objetivo será transformar nuestros parques en “edificios sanos” y que las ventajas asociadas a los mismos (como en el caso de los entornos libre de tabaco) pondere su valor en el mercado.

Sólo queda preguntarnos si seremos capaces.

4.3. Usuario

El impacto sobre la salud los distintos factores ambientales analizados en el presente documento no afectan por igual a la población. Los resultados obtenidos por el Grupo de Trabajo en Salud y Habitabilidad muestran que existen determinadas circunstancias que hacen que algunos sectores de la población sean más sensibles y propensos a sufrir algunas de las consecuencias en salud que conlleva la exposición a los factores ambientales analizados.

En este sentido podemos clasificar la propensión de la población a sufrir impactos en salud por factores ambientales como resultado de la ecuación que combina condiciones de vulnerabilidad de la población con el grado de exposición al factor agresor. Condicionantes de vulnerabilidad de la población son su edad, sexo o circunstancias de salud que hace a estos grupos más sensibles:

- El factor de **la edad de la población** es una condición determinante en la vulnerabilidad de los ocupantes de los edificios frente a posibles agresores ambientales.
 - Los **mayores de 65 años** sufren en mayor medida las consecuencias de habitar espacios que no reúnen unas condiciones mínimas de bienestar térmico. Los extremos térmicos, la contaminación atmosférica y la contaminación acústica

HABITABILIDAD Y SALUD

provocan un incremento de la mortalidad y la morbilidad. Este mayor grado de vulnerabilidad de la población mayor frente a los factores analizados no es en absoluto desdeñable, dado que, según datos del último censo, en España, este grupo representa el 17% de la población.

- Otro grupo poblacional que por su edad es vulnerable a determinados factores ambientales son los **niños**. Los menores son una población vulnerable frente a los extremos térmicos. Sin embargo, los niños generalmente cuentan con una persona cuidadora adulta que tiende a preocuparse de ellos y evita su exposición a temperaturas extremas. Sin embargo, los niños son una población de riesgo frente al ruido puesto que existe menos conciencia frente a la agresividad de este y el sistema inmunológico inmaduro de los pequeños les hace ser más sensibles frente al mismo.
- También se aprecian diferentes grados de vulnerabilidad de la **población por sexo**. Los estudios científicos muestran un mayor impacto sobre la salud de las mujeres debido a la falta de condiciones de habitabilidad térmica en los edificios. A esto se le añade que las mujeres embarazadas son más vulnerables al calor y al ruido, siendo estos factores ambientales responsables de un aumento en la tasa de partos prematuros. En concreto el ruido puede provocar además bajo peso al nacer e incluso mortalidad fetal.
- Las **personas con enfermedades** mentales y enfermedades neurodegenerativas, enfermedades crónicas (cardiovasculares, respiratorias, diabetes y obesidad) son más vulnerables frente a los extremos térmicos. Las personas con enfermedades neurodegenerativas son más sensibles frente al ruido puesto que niveles elevados de este pueden exacerbar sus síntomas.

Además de las condiciones de vulnerabilidad de la población, el riesgo a sufrir impactos en salud asociados a factores ambientales puede verse acrecentado por el grado de exposición de la población a estos factores.

- Uno de los parámetros que más puede afectar al nivel de exposición de las personas a determinados agresores ambientales es la **pobreza energética**. La combinación de tener una renta baja y habitar viviendas con una baja eficiencia energética hace que las familias no puedan hacer frente al pago de sus facturas energéticas o de llevar cabo actuaciones de mejora del comportamiento energético de sus viviendas como puede ser una rehabilitación energética de la misma. Si bien el más conocido es el impacto que tiene sobre la salud el habitar viviendas frías, deben incorporarse también los impactos en salud de la exposición prolongada a elevadas temperaturas producida fundamentalmente por el sobrecalentamiento en el interior de los edificios durante la estación cálida. La pobreza energética se relaciona fundamentalmente con el hecho de habitar viviendas con un deficiente comportamiento térmico; generalmente las familias con rentas más bajas viven en viviendas antiguas y que cuentan con una baja eficiencia energética. Podemos añadir que los hogares vulnerables no sólo están más expuestos a temperaturas que no son adecuadas para la salud, sino que también podemos asociar vivir en viviendas mal acondicionadas con sufrir mayores niveles de ruido. Es habitual que las viviendas de estos hogares cuenten con cerramientos y ventanas con un peor aislamiento no sólo térmico sino acústico y que por tanto se vean más afectados por los niveles de ruido que se producen en la calle.

HABITABILIDAD Y SALUD

Frente a los riesgos que supone para la población ser vulnerable y encontrarse expuesta a determinados agresores ambientales la mejora de las condiciones térmicas, acústicas y de calidad de aire de las edificaciones a través de la rehabilitación del soporte edificado para reducir los niveles de exposición de la población se presenta como una de las mejores soluciones a largo plazo si queremos evitar riesgos para la salud de la población. La incorporación de medidas de arquitectura bioclimática en la edificación para hacer a la población más resiliente frente a los extremos térmicos, los elevados niveles de ruido y la contaminación atmosférica se hace necesaria. Esta rehabilitación del soporte edificado debe contemplar las distintas necesidades y vulnerabilidades de la población.

5. RESUMEN DE MEDIDAS PARA EL USUARIO

Variables meteorológicas

- En invierno, ventila los espacios a medio día ya que es el momento de temperaturas más altas.
- En verano, usa protecciones solares en las ventanas de tu casa y ábrelas para refrescar por la noche si la temperatura exterior lo permite.

Contaminación atmosférica

- Si es bueno saber lo que se come, sepamos lo que respiramos.

Contaminación acústica

- Aunque no te moleste un ruido, su presencia pone en riesgo tu salud y la de los tuyos.
- Consulta el [mapa de ruido](#) ¹⁸ de tu ciudad. Exige una mejora del ambiente sonoro.

Contaminación lumínica

- Si tienes la posibilidad de utilizar luz natural, aprovechala en vez de encender la luz artificial.
- Cada actividad necesita un nivel de iluminación distinto, busca tu confort lumínico.
- No dejes a solas tu lámpara, si la enciendes, utilízala.

Contaminación electromagnética

- La exposición media de la población a los campos electromagnéticos es muy inferior a los límites establecidos como seguros por la OMS y la Unión Europea.
- Uso **seguro** del teléfono móvil (en el trabajo, conducción de vehículos, medios de transporte, utilización indebida de datos personales), **respetuoso** (derecho a la intimidad de los demás, reducir el volumen en los medios de transporte y lugares de ocio) y **responsable**, especialmente en la infancia y la adolescencia por un uso problemático (intensivo e inadecuado).
- En el ámbito escolar: evitar las interferencias en la enseñanza por distracción y falta de actividad física, prevenir el acoso en redes sociales y un uso razonable de internet.

Radón

- Si tu vivienda está construida en una zona granítica, o se encuentra en una [zona de riesgo del mapa de radón](#) ¹⁹, comprueba tus niveles de concentración solicitando una medición a técnicos especializados.
- La exposición a largo plazo a niveles elevados de gas radón está asociada a un incremento de riesgo de cáncer de pulmón, siendo la segunda causa de dicha enfermedad después del tabaquismo. Debido a esto es muy importante determinar la concentración media de

¹⁸ <http://sicaweb.cedex.es/>

¹⁹ <https://www.csn.es/mapa-del-potencial-de-radon-en-espana>

HABITABILIDAD Y SALUD

radón en las viviendas y lugares de trabajo con el fin de poder determinar las dosis medias recibidas por las personas que allí viven o trabajan, pues es en estos espacios en los que pasamos la mayor parte de nuestro tiempo.

Contaminación interior por Monóxido de carbono (CO)

- Si estás cerca de un motor, aparato de combustión o a gas, asegúrate de que la estancia esté bien ventilada.
- Revisa y limpia anualmente la chimenea. Los conductos obstruidos impedirán la correcta ventilación y podría acumularse CO en la estancia.
- Abre la puerta del garaje antes de poner el coche en marcha.

Habitabilidad y salud Medidas para el usuario



Contaminación atmosférica

- ✓ Si es bueno saber lo que se come, sepamos lo que respiramos.



Contaminación lumínica

- ✓ Si tienes la posibilidad de utilizar luz natural, aprovechala en vez de encender la luz artificial.
- ✓ Cada actividad necesita un nivel de iluminación distinto, busca tu confort lumínico.
- ✓ No dejes a solas tu lámpara, si la enciendes, utilízala.



Radón

- ✓ Si tu vivienda está construida en una zona granítica, o se encuentra en una zona de riesgo del mapa de radón², comprueba tus niveles de concentración solicitando una medición a técnicos especializados.
- ✓ Después del tabaquismo, la exposición prolongada al gas radón, es la segunda causa de muerte por cáncer de pulmón. Conoce la concentración media de radón de tu viviendas y lugares de trabajo.



Habitabilidad y salud
Grupo de trabajo GT-5

Congreso Nacional del Medio Ambiente
Conama 2018
Fundación Conama

RUMBO 20.30.



Variables meteorológicas

- ✓ En invierno, ventila los espacios a medio día ya que es el momento de temperaturas más altas.
- ✓ En verano, usa protecciones solares en las ventanas de tu casa y ábrelas para refrescar por la noche si la temperatura exterior lo permite.

Contaminación acústica

- ✓ Aunque no te moleste un ruido, su presencia pone en riesgo tu salud y la de los tuyos.
- ✓ Consulta el mapa de ruido¹ de tu ciudad, exige una mejora del ambiente sonoro.



Contaminación electromagnética

- ✓ La exposición media de la población a los campos electromagnéticos es muy inferior a los límites establecidos como seguros por la OMS y la Unión Europea.
- ✓ Uso seguro del teléfono móvil, respetuoso y responsable, especialmente en la infancia y la adolescencia por un uso intensivo e inadecuado.
- ✓ En la escuela: evita las interferencias en la enseñanza por distracción y falta de actividad física, prevenir el acoso en redes sociales y un uso razonable de internet



Contaminación interior por Monóxido de carbono (CO)

- ✓ Si estás cerca de un motor, aparato de combustión o a gas, asegúrate de que la estancia esté bien ventilada.
- ✓ Revisa y limpia anualmente la chimenea. Los conductos obstruidos impedirán la correcta ventilación y podría acumularse CO en la estancia.
- ✓ Abre la puerta del garaje antes de poner el coche en marcha.



1. <http://sicaweb.cedex.es/>

2. <https://www.csn.es/mapa-del-potencial-de-radon-en-espana>

6. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía específica del apartado [4.1. Variables meteorológicas](#)

- [1] T. R. Oke, "Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites". World Meteorological Organisation, 2006.
- [2] I. D. Stewart and T. R. Oke, "Local climate zones for urban temperature studies," Bull. Am. Meteorol. Soc., vol. 93, no. 12, pp. 1879–1900, 2012.
- [3] A. J. Arnfield, "Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island," Int. J. Climatol., vol. 23, no. 1, pp. 1–26, 2003.
- [4] H. Taha, "Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat," Energy Build., vol. 25, no. 2, pp. 99–103, 1997.
- [5] J. Díaz, R. Carmona, I. J. Mirón, C. Ortiz, I. León, and C. Linares, "Geographical variation in relative risks associated with heat: Update of Spain's Heat Wave Prevention Plan," Environ. Int., vol. 85, pp. 273–283, 2015.
- [6] J. Díaz, R. Carmona, I. J. Mirón, M. Y. Luna, and C. Linares, "Time trend in the impact of heat waves on daily mortality in Spain for a period of over thirty years (1983–2013)," Environ. Int., vol. 116, no. January, pp. 10–17, 2018.
- [7] Ministerio de Sanidad, "Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperature Sobre La Salud," 2017.
- [8] J. Díaz, R. Carmona, I. J. Mirón, C. Ortiz, and C. Linares, "Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: The need for a cold wave prevention plan," Environ. Res., vol. 143, pp. 186–191, 2015.
- [9] R. Carmona, J. Díaz, I. J. Mirón, C. Ortíz, I. León, and C. Linares, "Geographical variation in relative risks associated with cold waves in Spain: The need for a cold wave prevention plan," Environ. Int., vol. 88, pp. 103–111, 2016.
- [10] R. Carmona Alférez et al., "Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al frío en España en el período 2000-2009. Comparación con la mortalidad atribuible al calor," Madrid, Spain, 2016.
- [11] J. Bartholy and R. Pongrácz, "A brief review of health-related issues occurring in urban areas related to global warming of 1.5°C," Curr. Opin. Environ. Sustain., vol. 30, pp. 123–132, 2018.
- [12] L. H. Schinasi, T. Benmarhnia, and A. J. De Roos, "Modification of the association between high ambient temperature and health by urban microclimate indicators: A systematic

HABITABILIDAD Y SALUD

- review and meta-analysis,” *Environ. Res.*, vol. 161, no. October 2017, pp. 168–180, 2018.
- [13] E. Jamei, P. Rajagopalan, M. Seyedmahmoudian, and Y. Jamei, “Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 54, pp. 1002–1017, 2016.
- [14] Junta de Andalucía, “Temperaturas Excesivas Sobre La Salud,” 2014.
- [15] Generalitat Valenciana, “Protocolo de actuación ante ola de calor,” 2017.
- [16] Comunidad de Madrid, “Vigilancia y Control de los Efectos de las Olas de Calor,” 2017.
- [17] Generalitat de Catalunya, “Pla d’actuació per prevenir els efectes de les onades de calor sobre la salut (POCS),” 2018.
- [18] D. Reckien et al., “How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28,” *J. Clean. Prod.*, vol. 191, pp. 207–219, 2018.
- [19] G. R. Biesbroek, R. J. Swart, and W. G. M. van der Knaap, “The mitigation-adaptation dichotomy and the role of spatial planning,” *Habitat Int.*, vol. 33, no. 3, pp. 230–237, 2009.
- [20] C. L. Muller, L. Chapman, C. S. B. Grimmond, D. T. Young, and X. Cai, “Sensors and the city: A review of urban meteorological networks,” *Int. J. Climatol.*, vol. 33, no. 7, pp. 1585–1600, 2013.
- [21] A. H. Rosenfeld et al., “Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates,” *Energy Build.*, vol. 22, no. 3, pp. 255–265, 1995.
- [22] C. S. B. Grimmond et al., “Climate and more sustainable cities: Climate information for improved planning and management of cities (Producers/Capabilities Perspective),” *Procedia Environ. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 247–274, 2010.
- [23] M. Santamouris, “Regulating the damaged thermostat of the cities - Status, impacts and mitigation challenges,” *Energy Build.*, vol. 91, pp. 43–56, 2015.
- [24] H. Akbari and D. Kolokotsa, “Three decades of urban heat islands and mitigation technologies research,” *Energy Build.*, vol. 133, pp. 834–842, 2016.
- [25] US Environmental Protection Agency, “Reducing Urban Heat Islands : Compendium of Strategies - Urban Heat Island Basics,” 2008.
- [26] US Environmental Protection Agency, “Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Green Roofs,” 2008.
- [27] US Environmental Protection Agency, “Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Cool Pavements” 2008.

HABITABILIDAD Y SALUD

- [28] US Environmental Protection Agency, "Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Trees and Vegetation," 2008.
- [29] US Environmental Protection Agency, "Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Cool Roofs," 2008.
- [30] US Environmental Protection Agency, "Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Heat Island Reduction Activities," 2008.
- [31] S. Coccolo, J. Kämpf, J. L. Scartezzini, and D. Pearlmutter, "Outdoor human comfort and thermal stress: A comprehensive review on models and standards," *Urban Clim.*, vol. 18, pp. 33–57, 2016.
- [32] D. Enescu, "A review of thermal comfort models and indicators for indoor environments," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 79, no. February, pp. 1353–1379, 2017.
- [33] IDAE, "Análisis del consumo energético del sector residencial en España," Madrid, 2011.
- [34] Instituto Nacional de Estadística, "Encuesta de Condiciones de Vida," 2017. .
- [35] Boletín Oficial del Estado (B.O.E.), "Real Decreto 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.," *Minist. Trab. y Asuntos Soc.*, vol. 97, pp. 1–14, 1997.
- [36] Boletín Oficial del Estado (B.O.E.), "Real Decreto 314/2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.," *Carreteras*, vol. 6259, no. 151, p. 11, 2006.
- [37] C. Sánchez-Guevara Sánchez, A. Mavrogianni, and F. J. Neila González, "On the minimal thermal habitability conditions in low income dwellings in Spain for a new definition of fuel poverty," *Build. Environ.*, vol. 114, pp. 344–356, 2016.
- [38] A. Sanz Fernández, G. Gómez Muñoz, C. Sánchez-Guevara Sánchez, and M. Núñez Peiró, "Estudio técnico sobre pobreza energética en la ciudad de Madrid," Ayuntamiento de Madrid, Madrid, 2016.
- [39] C. Sánchez-Guevara Sánchez, F. J. Neila González, and A. Hernández Aja, "Energy poverty methodology based on minimal thermal habitability conditions for low income housing in Spain," *Energy Build.*, vol. 169, pp. 127–140, 2018.
- [40] S. Tirado Herrero, L. Jiménez Meneses, J. L. López Fernández, and J. Martín García, "Pobreza Energética en España. Informe de tendencias," Madrid, Spain, 2014.
- [41] S. Tirado Herrero, L. Jiménez Meneses, J. L. López Fernández, E. Perero Van Hove, V. M. Irigoyen Hidalgo, and P. Savary, "Pobreza, vulnerabilidad y desigualdad energética. Nuevos enfoques de análisis," Madrid, Spain, 2016.
- [42] S. Tirado Herrero, J. L. López Fernández, and P. Martín García, "Pobreza Energética en

HABITABILIDAD Y SALUD

- España. Potencial de Generación de empleo derivado de la rehabilitación energética de viviendas. REPEX,” 2012.
- [43] C. Liddell and C. Morris, “Fuel poverty and human health: A review of recent evidence,” *Energy Policy*, vol. 38, no. 6, pp. 2987–2997, 2010.
- [44] J. M. Robine et al., “Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003,” *Comptes Rendus - Biol.*, vol. 331, no. 2, pp. 171–178, 2008.
- [45] Organización Mundial de la Salud 2007. “Housing, Energy and Thermal Comfort: A review of 10 countries within the WHO European Region.”
- [46] Organización Mundial de la Salud 2009. “Improving public health responses to extreme EuroHEAT.”
- [47] S. Vandentorren, P. Bretin, A. Zeghnoun, L. Mandereau-Bruno, A. Croisier, C. Cochet, J. Ribéron, I. Siberan, B. Declercq, M. Ledrans, “August 2003 heat wave in France: Risk factors for death of elderly people living at home”. *Eur. J. Public Health*. 16 (2006) 583–591. doi:10.1093/eurpub/ckl063.
- [48] C. Linares Gil, R. Carmona Alférez, C. Ortiz Burgos, and J. Díaz Jiménez, *Temperaturas extremas y salud. Cómo nos afectan las olas de calor y de frío*. Catarata, 2017.
- [49] T. Benmarhnia, Z. Bailey, D. Kaiser, N. Auger, N. King, and J. S. Kaufman, “A difference-in-differences approach to assess the effect of a heat action plan on heat-related mortality, and differences in effectiveness according to sex, age, and socioeconomic status (Montreal, Quebec),” *Environ. Health Perspect.*, vol. 124, no. 11, pp. 1694–1699, 2016.
- [50] J. Díaz et al., “Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly,” *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, vol. 75, no. 3, pp. 163–170, Mar. 2002.
- [51] T. Benmarhnia, L. Laurian, and S. Deguen, “Measuring Spatial Environmental Deprivation: A New Index and its Application in France,” *Environ. Justice*, vol. 6, no. 2, pp. 48–55, 2013.
- [52] V. Arroyo, J. Díaz, R. Carmona, C. Ortiz, and C. Linares, “Impact of air pollution and temperature on adverse birth outcomes: Madrid, 2001–2009,” *Environ. Pollut.*, vol. 218, pp. 1–8, 2016.
- [53] Y. Zhang, C. Yu, and L. Wang, “Temperature exposure during pregnancy and birth outcomes: An updated systematic review of epidemiological evidence,” *Environ. Pollut.*, vol. 225, pp. 700–712, 2017.
- [54] A. Bouchama and F. Matthies, “Prognostic Factors in Heat Wave – Related Deaths,” *Arch Intern Med*, vol. 167, no. 20, pp. 2170–2176, 2007.
- [55] C. Linares, P. Martínez-Martin, C. Rodríguez-Blázquez, M. J. Forjaz, R. Carmona, and J. Díaz, “Effect of heat waves on morbidity and mortality due to Parkinson’s disease in

Madrid: A time-series analysis,” Environ. Int., vol. 89–90, pp. 1–6, 2016.

- [56] G. P. Kenny, J. Yardley, C. Brown, R. J. Sigal, and O. Jay, “Heat stress in older individuals and patients with common chronic diseases,” *Cmaj*, vol. 182, no. 10, pp. 1053–1060, 2010.
- [57] È. Martínez-Solanas et al., “Evaluation of the impact of ambient temperatures on occupational injuries in Spain,” *Environ. Health Perspect.*, vol. 126, no. 6, pp. 1–10, 2018.
- [58] B. Ramin and T. Svoboda, “Health of the homeless and climate change,” *J. Urban Heal.*, vol. 86, no. 4, pp. 654–664, 2009.

Bibliografía específica del apartado [4.2. Contaminación atmosférica](#)

- [59] Agencia Europa del Medio Ambiente, “Air Quality Report 2017”. EEA Report Nº 13/2017, 11 Oct 2017. ISSN 1977-8449
- [60] Agencia Europa del Medio Ambiente, “Air Quality Report 2018”. EEA Report Nº 12/2018, 29 Oct 2018. ISSN 1977-8449
- [61] Organización Mundial de la Salud (OMS) “Estadísticas sanitarias mundiales 2015”. ISBN 978 92 4 356488 3
- [62] Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, Anderson HR, Frostad J, Estep K, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*. 2017 May 13;389(10082):1907-1918.
- [63] Ritz B, Pei-Cheen L, Hansen J et al. Traffic-related air pollution and Parkinson’s disease in Denmark: A case-control study. *Environ Health Perspect* 2015.
<http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1409313>
- [64] Culqui DR, Linares C, Carmona R, Ortiz C, Díaz J. Short-term association between environmental factors and emergency hospital admissions due to Alzheimer’s disease in Madrid. *Science of the Total Environment* 2017;592:451-457.
- [65] Schmidt CW. Air Pollution and Breast Cancer in Postmenopausal Women: Evidence across Cohorts. *Environ Health Perspect*; DOI: 10.1289/EHP3200 .
- [66] Wong CM, Tsang H, Lai HK, Thomas GN2, Lam KB, Chan KP et al. Cancer Mortality Risks from Long-term Exposure to Ambient Fine Particle. [Cancer Epidemiol Biomarkers Prev](#). 2016 May;25(5):839-45.
- [67] Brauer M. Air pollution, stroke and anxiety. *BMJ* 2015. Mar 24; 350:h1510.doi: 10.1136/bmj.h1510.

HABITABILIDAD Y SALUD

- [68] Christensen JS, Raaschou-Nielsen O, Tjønneland A, et al. Road Traffic and Railway Noise Exposures and Adiposity in Adults: A Cross-Sectional Analysis of the Danish Diet, Cancer, and Health Cohort <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1409052>.
- [69] OECD WHO Regional Office for Europe, 2015. Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth. Copenhagen.
- [70] Ecologistas en Acción 2015. Informe de la calidad del aire en el Estado español durante 2014. http://www.ecologistasenaccion.es/IMG/pdf/informe_calidad_del_aire_2014.pdf.
- [71] Ortiz C, Linares C, Carmona R, Díaz J. Evaluation of short-term mortality attributable to particulate matter pollution in Spain. *Environmental Pollution*. 2017; 224:541-551.
- [72] Linares C, Falcón I, Ortiz C, Díaz J. An approach estimating the short-term effect of NO₂ on daily mortality in Spanish cities. *Environment International*, 2018; 116:18-28.
- [73] Orru, H.; Andersson, C.; Ebi, K.L.; Langner, J.; Aström, C.; Forsberg, B. Impact of climate change on ozone-related mortality and morbidity in Europe. *Eur. Respir. J.* 2013, 41, 285–294.
- [74] Katsouyanni, K.; Analitis, A. Investigating the synergistic effects between meteorological variables and air pollutants: Results from the European PHEWE, EUROHEAT and CIRCE projects. *Epidemiology* 2009, 20, S264–S264.
- [75] Analitis A, Katsouyanni K, Biggeri A, Baccini M, Forsberg B, Bisanti L, et al. Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project. *Am J Epidemiol.* 2008;168:1397–1408
- [76] Nuvolone, D.; Balzi, D.; Pepe, P.; Chini, M.; Scala, D.; Giovannini, F.; Cipriani, F.; Barchielli, A. Ozone short-term exposure and acute coronary events: A multicities study in Tuscany (Italy). *Environ. Res.* 2013, 126, 17–23.
- [77] Weiss B, Landrigan PJ. The developing brain and the environment: An introduction. *Environ Health Perspect.* 2000;108(SUPPL. 3):373–4.
- [78] Bruckner J V. Differences in sensitivity of children and adults to chemical toxicity: the NAS panel report. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2000; 31(3):280–5.
- [79] Pedersen, M.; Giorgis-Allemand, L.; Bernard, C.; Aguilera, I.; Andersen, A.M.; Ballester, F.; Beelen, R.M.; Chatzi, L.; Cirach, M.; Danileviciute, A.; et al, Ambient air pollution and low birthweight: A European cohort study (ESCAPE). *Lancet Respir. Med.* 2013, 1, 695–704.
- [80] Olsen J. Prenatal Exposures and Long Term Health Effects. *Epidemiol Rev.* 2000;22(1).
- [81] Lacasana M, Esplugues A, Ballester F. Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects. *Eur J Epidemiol.* 2005;20(2):183–99.

HABITABILIDAD Y SALUD

- [82] Mannes T, Jalaludin B, Morgan G, Lincoln D, Sheppard V, Corbett S. Impact of ambient air pollution on birth weight in Sydney, Australia. *Occup Environ Med.* 2005;62(8):524–30.
- [83] Ritz B, Wilhelm M, Hoggatt K J GJK. “Ambient air pollution and preterm birth in the environment and pregnancy outcomes study at the University of California, Los Angeles.” *Am J Epidemiol.* 2007; 166(9):1045–52.
- [84] Fernández-Somoano A, Llop S, Aguilera I, Tamayo-Uria I, Martínez MD, Foraster M, Ballester F and Tardón A. Annoyance Caused by Noise and Air Pollution during Pregnancy: Associated Factors and Correlation with Outdoor NO₂ and Benzene Estimations. *Int J Environ Res Public Health.* 2015 Jun; 12(6): 7044–7058.
- [85] Morales E, Garcia-Esteban R, de la Cruz OA, Basterrechea M, Lertxundi A, de Dicastillo MD, Zabaleta C, Sunyer J. Intrauterine and early postnatal exposure to outdoor air pollution and lung function at preschool age. *Thorax.* 2015 Jan;70(1):64-73.
- [86] Arroyo V, Díaz J, Ortíz C, Carmona R, Sáez M, Linares C. Short term effect of air pollution, noise and heat waves on preterm births in Madrid (Spain). *Environmental Research* 2016a; 145:162-168.
- [87] Arroyo V, Díaz J, Carmona R, Ortiz C, Linares C. Impact of air pollution and temperatura on adverse birth outcomes: Madrid 2001-2009. *Environmental Pollution.* 2016b. DOI: 10.106/j.envpol.2016.08.069.
- [88] Selemon LD. A role for synaptic plasticity in the adolescent development of executive function. *Transl Psychiatry* 2013; 3:e238. Sram R, Binkova B, Dejmek J, Bobak M. Ambient air pollution and pregnancy outcomes: A review of the literature. 2005;113(4):375–82.
- [89] Erskine HE, Moffit TE, Copeland WE, et al, A heavy burden on young minds: the global burden of mental and substance use disorders in children and youth. *Psychol Med* 2015; May; 45(7):1551-63.

Otra bibliografía de referencia:

- Brunekreef B, Beelen R, Hoek G, Schouten L, Bausch-Goldbohm S, Fischer P, Armstrong B, Hughes E, Jerrett M, van den Brandt P. Effects of long-term exposure to traffic-related air pollution on respiratory and cardiovascular mortality in the Netherlands: the NLCS-AIR study. *Res Rep Health Eff Inst.* 2009 Mar;(139):5-71; discussion 73-89.
- Hales S, Kovats S, Lloyd S, Campbell Lendrum D (eds). Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. WHO, 2014.
- HEI Collaborative Working Group on Air Pollution, Poverty, and Health in Ho Chi Minh City, Le TG, Ngo L, Mehta S, Do VD, Thach TQ, Vu XD, Nguyen DT, Cohen A. Effects of short-term exposure to air pollution on hospital admissions of young children for acute lower respiratory infections in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Res Rep Health Eff Inst.* 2012

HABITABILIDAD Y SALUD

- Jun;(169):5-72; discussion 73-83.
- J Toxicol Environ Health A. 2005 Jul 9-23;68(13-14):1093-109.
 - Krewski D, Burnett R, Jerrett M, Pope CA, Rainham D, Calle E, Thurston G, Thun M. Mortality and long-term exposure to ambient air pollution: ongoing analyses based on the American Cancer Society cohort.
 - Krewski D, Jerrett M, Burnett RT, Ma R, Hughes E, Shi Y, Turner MC, Pope CA 3rd, Thurston G, Calle EE, Thun MJ, Beckerman B, DeLuca P, Finkelstein N, Ito K, Moore DK, Newbold KB, Ramsay T, Ross Z, Shin H, Tempalski B. Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. Res Rep Health Eff Inst. 2009 May;(140):5-114; discussion 115-36
 - Milner J., Home energy efficiency and radon related risk of lung cancer: modelling study, BMJ 2014;348:f7493
 - WHO, 2014. Cambio Climático y Salud. Nota descriptiva n°266. Organización Mundial de la Salud. Septiembre de 2015.
 - WHO, 2015. Economic Cost of the Health Impact of Air Pollution in Europe: Clean Air, Health and Wealth; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2015.
 - www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/es/

Bibliografía específica del apartado 4.3. Contaminación acústica

- [90] Organización Mundial de la Salud (OMS). Environmental Noise Guidelines for the European Region 2018. ISBN 978 92 890 5356 3 <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>
- [91] Berglund, Birgitta, Lindvall, Thomas, Schwela, Dietrich H & World Health Organization. Occupational and Environmental Health Team.(1999). Guidelines for community noise. Geneva: World Health Organization. <http://www.who.int/iris/handle/10665/66217>
- [92] Código Técnico de la edificación. CTE-DB-HR Protección frente al ruido. <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-proteccion-frente-ruido.html>
- [93] Organización Mundial de la Salud (OMS). Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. 2011. ISBN: 978 92 890 0229 5
- [94] Asensio, César & Gasco Sanchez, Luis & De Arcas, G. (2017). A Review of Non-Acoustic Measures to Handle Community Response to Noise around Airports. Current Pollution Reports. 3. 230–244. 10.1007/s40726-017-0060-x.

Otra bibliografía de referencia:

HABITABILIDAD Y SALUD

- Arroyo V, Díaz J, Ortiz C, Carmona R, Sáez M, Linares C. Short term effect of air pollution, noise and heat waves on preterm births in Madrid (Spain). *Environmental Research* 2016; 145:162-168.
- Barceló MA, Varga D, Tobías A, Díaz J, Linares C, Sáez M. Long term effects of traffic noise on mortality in the city of Barcelona, 2004-2007. *Environmental Research* 2016, 147:193-206.
- Carmona R, Linares C, Ortiz C, Vázquez B, Díaz J. Effects of noise on telephone calls to the Madrid Regional Medical Emergency Service (SUMMA 112). *Environmental Research*. 2017; 152:120-127.
- Carmona R, Linares C, Recio A, Ortiz C, Díaz J. Daily hospital admissions by Multiple Sclerosis associate to chemical and acoustic air pollution in Madrid 2001-2009. *Science of the Total Environment*. 2018; 612:111-118.
- Díaz J, Linares C. Traffic noise and adverse birth outcomes in Madrid: A time-series analysis. *Epidemiology*. 2016; 27:e2-e3.
- Linares C, Culqui DR, Carmona R, Ortiz C, Díaz J. Short-term association between environmental factors and hospital admissions due to dementia in Madrid. *Environment Research*. 2017; 152: 214-220.
- Linares C, Díaz J, Tobías A, De Miguel JM, Otero A. Air pollutants and noise levels over daily hospital admissions in children in Madrid: a time series analysis. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2006;79:143-152.
- Linares C, Díaz J, Tobías A, Otero A. A Review of epidemiological evidence on short-term effects of environmental factors on respiratory problems in children. *Current Respiratory Medicine Reviews*. 2006;2:173-181.
- Linares C, Martínez-Martín P, Rodríguez-Blázquez C, MJ Forjaz, Quiroga B, Ortiz C, Carmona R, Díaz J. Short-term association between road traffic noise and demand for health care generated by Parkinson's disease in Madrid. *Gaceta Sanitaria*. 2017.
- Recio A, Banegas JR, Linares C, Díaz J. The short-term association of road traffic noise with cardiovascular, respiratory, and diabetes-related mortality. *Environmental Research* 2016;150:383-390.
- Recio A, Linares C, Banegas JR, Díaz J. Impact of road traffic noise on cause-specific mortality in Madrid (Spain). *Science of the Total Environment* 2017; 590-591:171-173.
- Recio A, Linares C, Banegas JR, Díaz J. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory and metabolic health: an integrative model of biological mechanisms. *Environment Research* 2016; 146:359-370.
- Tobías A, Díaz J, Sáez M, Alberdi JC. Use of Poisson Regression and Box Jenkins Models to Evaluate the Short-Term Effects of Environmental Noise Levels on Health in Madrid, Spain. *European Journal Epidemiology* 2001; 17:765-771.
- Tobías A, Díaz J, Recio A, Linares C. Traffic Noise and Risk of Mortality from Diabetes. *Acta Diabetologica*. 2015; 52: 187-188.

HABITABILIDAD Y SALUD

- Tobías A, Recio A, Díaz J, Linares C. Noise levels and cardiovascular mortality: A case-crossover analysis. *European Journal Preventive Cardiology*. 2014;22:496-502.
- Tobías A, Recio A, Díaz J, Linares C. Does traffic noise influence respiratory mortality? *European Respiratory Journal*. 2014 44:797-799.
- Tobías A, Recio A, Díaz J, Linares C. Health impact assessment of traffic noise. *Environmental Research*, 2015; 137:136-140.

Bibliografía específica del apartado [4.4. Contaminación lumínica](#)

- [95] Agencia internacional de la energía IEA (International Energy Agency). *Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas*. (2015)
- [96] Berson, D.M., Dunn, F.A., Motoharu Takao; "Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock", *Science*, February 8; (2002).
- [97] WJM van Bommel et al. *Lighting for work: a review of visual and biological effects*. Memorial lecture presented to the Society of Light and Lighting, London, June 2004
- [98] Brainard, G.C., "Photoreception for regulation of melatonin and the circadian system in humans", Fifth International LRO lighting research symposium, Orlando, (2002).
- [99] Richard J. Wurtman "The effects of light on the human body", *Scientific American*, 1975.
- [100] "Lighting indoor environments: Visual and non-visual effects of light sources with different spectral power distributions" (L.Bellia, F.Bisegna, G. Spada, *Building & Environment*, 2011)
- [101] Wiskemann A.et al. "Fluorescent lighting enhances tumor formation" (N.W., 1986 *Cancer Research and Clinical Oncology*)
- [102] Hazell, J. et al. "Fluorescent lighting contributes to agoraphobia" (*Psychology & Medicine*, 1990)
- [103] O'Leary et al. "Increase in breast cancer rates among night workers exposed to fluorescent light" (*American Journal of Epidemiology*, 2006)
- [104] Stevens, & Rea "Circadian disruption caused by fluorescent light in the built environment contributes to breast cancer and endocrine disruption" (*Cancer Causes and Control*, 2001)
- [105] Basso, M.R. "Fluorescent lighting caused increased stress in humans". (Jr., *Journal of Neuroscience*, 2001)
- [106] Küller, R., Wetterberg, L., "Melatonin, cortisol, EEG, ECG and subjective comfort in healthy humans: impact of two fluorescent lamp types at two light intensities", *Lighting*

HABITABILIDAD Y SALUD

Research and Technology, (1993).

- [107] Boyce, P.R, et al. "Lighting the graveyard-shift: the influence of a daylight-simulating skylight on the task performance and mood of night-shift workers", Lighting Research and Technology. vol. 44, 1997. no. 3, p. 316-333.
- [108] Daurat, A., et al., "Bright light affects alertness and performance rhythms during a 24-hour constant routine", Physics and behaviour, (1993).
- [109] Grunberger, J., et al., "The effect of biologically-active light on the no psyche and thymopsyche on psycho-physiological variables in healthy volunteers", Int. J. of Psychophysiology, (1993).
- [110] Tops, M., et al., "The effect of the length of continuous presence on the preferred illuminances in offices", Proceedings CIBSE Conference, (1998).
- [111] Kerkhof, G.A., "Licht en prestatie", Proceedings. Symposium Licht en Gezondheid, Amsterdam, (1999).
- [112] Partonen, T., et al., "Bright light improves vitality and alleviates distress in healthy people", Journal of Affective disorders, (2000).
- [113] <https://www.cbre.nl/en/healthy-offices-research/juiste-verlichting>
- [114] Galasiu, A.D. et al. "Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: a literature review"

Otra bibliografía de referencia:

- Monroy, M. M.. Manual de diseño de calidad ambiental ICARO. ISBN: 84-690-0658-4. Las Palmas de Gran Canaria: Servicio de Medio Ambiente del Ayuntamiento (fondos europeos FEDER). 2003.
- Yañe, G. Z. Arquitectura solar e iluminación natural. ISBN: 978-84-89150-81-2. Madrid: Munilla-Lería.2008.
- Bluysen, P.M.. The Indoor Environment Handbook. How to make buildings healthy and comfortable. ISBN: 978-1-84407-787-8. Reino Unido y Estados Unidos: Earthscan.2009
- Licht, U.B. Lighting Design. Detail. ISBN: 978-3-7643-7493-8. Munich: Birkhäuser. 2006
- LBL. Tips for daylighting windows. ISBN: 978-1-58603-709-3. IOS Press. 2009
- Grupo de trabajo: CEI, IDAE y CSCAE. Guía Técnica Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. Madrid: IDAE. ISBN: 84-86850-92-4

Bibliografía específica del apartado [4.5. Contaminación electromagnética](#)

HABITABILIDAD Y SALUD

- [115] SCENIHR (2015). Opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF).SCENIHR adopted this Opinion at the 9th plenary meeting on 27 January 2015. Disponible en: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_o_041.pdf
- [116] Leitgeb N (2015). Synoptic Analysis of Epidemiologic Evidence of Glioma Risk from Mobile Phones. J Electromagn Anal, 7(9), 233-243
- [117] SSM:s Scientific Council on Electromagnetic Fields (2014) 2014:16. Recent research on EMF and Health Risk. Ninth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields. Disponible en : <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Rapport/Stralskydd/2014/SSM-Rapport-2014-16.pdf>
- [118] SSM:s Scientific Council on Electromagnetic Fields (2016) 2016:15. Recent research on EMF and Health Risk. Eleventh report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields. Disponible en: https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Rapport/Stralskydd/2016/SSM_Rapport_2016_15_webb_1.pdf
- [119] Interagency Committee on the Health Effects of Non ionising Fields 2015. Interagency Committee on the Health Effects of Non ionising Fields: Report to Ministers 2015. Wellington: Ministry of Health. Disponible en: <http://www.health.govt.nz/publication/interagency-committee-health-effects-non-ionising-fields-report-ministers-2015>
- [120] Demers Paul (chair), Richard Findlay, Kenneth R Foster, Bryan Kolb, John Moulder, Anne-Marie Nicol, Frank Prato, Rianne Stam. (2014). Expert Panel Report on A Review of Safety Code 6 (2013): Health Canada's Safety Limits for Exposure to Radiofrequency Fields. Royal Society of Canada, Ottawa, ON. ISBN: 978-1-928140-00-9. Disponible en: http://rsc-src.ca/sites/default/files/pdf/SC6_Report_Formatted_1.pdf
- [121] Report by the ARPANSA Radiofrequency Expert Panel on Review of Radiofrequency Health Effects Research (2014)– Scientific Literature 2000 – 2012. Disponible en: <http://www.arpansa.gov.au/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=CtAAW82puS>
- [122] ANSES (2016). Compatibilité électromagnétique des dispositifs médicaux exposés à des sources radiofréquences Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective.Édition scientifique. Disponible en: <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2011SA0211Ra.pdf>
- [123] CCARS. Informe sobre Radiofrecuencias y salud. 2013-2016 <http://ccars.org.es/publicaciones/documentos-elaborados-por-el-ccars/160-informe-sobre-radiofrecuencias-y-salud-2016>
- [124] Gajsek et al . Electromagnetic field exposure assessment in Europe radiofrequency fields (10 MHz–6 GHz). Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology (2015), 37 – 44. 2015 Nature America, Inc. All rights reserved 1559-

0631/15. www.nature.com/jes.

- [125] Joseph W, Verloock L, Goeminne F, Vermeeren G, Martens L (2010). Assessment of general public exposure to LTE and RF sources present in an urban environment. *Bioelectromagnetics*, 31(7), 576-9.
- [126] Lunca E, Damian C, Salceanu A (2014). EMF Exposure Measurements on 4G/LTE Mobile Communication Networks. *Actas del International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering*, pp.545-548 .
- [127] OMS. Nota descriptiva N°304 Mayo 2006. Los campos electromagnéticos y la salud pública. Estaciones de base y tecnologías inalámbricas 2006).14. Zentai et al.2015. Characterization and Evaluation of a Commercial WLAN System for Human Provocation Studies. *BioMed Research International*. Volume 2015, Article ID 289152, 10 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2015/28915>
- [128] Peyman A, Khalid M, Calderon C, Addison D, Mee T, Maslanyj M y Mann S, (2011). Assessment of Exposure to Electromagnetic Fields from Wireless Computer Network (Wi-Fi) in Schools: Results of Laboratory Measurements, *Health Physics*, 100, 594-612, 2011.
- [129] Ministry of Health (2014). Exposures to Radiofrequency from Wi-Fi in New Zealand Schools. Report 2014/02. EMF Services. Profesional EMF Measurement and Advisory Services. Report 2014/02. Disponible en: <https://www.health.govt.nz/system/files/documents/publications/wifi-in-nz-schools.pdf>
- [130] Spatial and temporal variability of personal environmental exposure to radio frequency electromagnetic fields in children in Europe. Birks LE, Struchen B, Eeftens M, van Wel L, Huss A, Gajšek P, Kheifets L, Gallastegi M, Dalmau-Bueno A, Estarlich M, Fernandez MF, Meder IK, Ferrero A, Jiménez-Zabala A, Torrent M, Vrijkotte TGM, Cardis E, Olsen J, Valič B, Vermeulen R, Vrijheid M, Röösli M, Guxens M. *Environ Int*. 2018 Aug;117:204-214. doi: 10.1016/j.envint.2018.04.026. Epub 2018 May 10.
- [131] Public Health England (PHE), 2013. Guidance wifi radio waves and health. Acceso enero de 2017: <https://www.gov.uk/government/publications/wireless-networks-wi-fi-radio-waves-and-health/wi-fi-radio-waves-and-health>
- [132] Zentai et al. 2015. Characterization and Evaluation of a Commercial WLAN System for Human Provocation Studies. *BioMed Research International*. Volume 2015, Article ID 289152, 10 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2015/28915>

Bibliografía específica del apartado [4.6. Radón](#)

- [133] National Research Council. Health Effects of Exposure to Radon: BEIR VI. Washington, DC: The National Academies Press, 1999. <https://doi.org/10.17226/5499>

HABITABILIDAD Y SALUD

- [134] Torres-Durán M, Ruano-Ravina A, Parente-Lamelas I, Leiro-Fernández V, Abal-Arca J, Montero-Martínez C, Pena-Álvarez C, González-Barcala FJ, Castro-Añón O, Golpe-Gómez A, Martínez C, Mejuto-Martí MJ, Fernández-Villar A, Barros-Dios JM. Lung cancer in never-smokers: a case-control study in a radon-prone area (Galicia, Spain). *Eur Respir J*. 2014 Oct; 44(4):994-1001. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25034571>
- [135] Organización Mundial de la Salud (OMS). WHO Handbook on indoor Radon. A Public Health Perspective. 2009. ISBN 978 92 4 154767 3. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44149/9789241547673_eng.pdf?sequence=1
- [136] Consejo de Seguridad Nacional (CSN). Guía de Seguridad 11.4. Metodología para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo. Madrid, 12 de diciembre de 2012. <http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/GSG-11.04%20Evaluacion%20de%20exposicion%20al%20radon%20en%20trabajo.pdf>
- [137] E. Muñoz, B. Frutos, M. Olaya, J. Sánchez (2017). A finite element model development for simulation of the impact of slab thickness, joints, and membranes on indoor radon concentration. *Journal of Environmental Radioactivity*. Volume 177, October 2017, Pages 280–289. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.07.006>

CONAMA

Monte Esquinza 28 - 3º derecha
28010 Madrid (España)

T +34 91 310 73 50

conama@conama.org

www.conama.org