

5G y salud



Comité Científico Asesor de Radiofrecuencias y Salud



Contenido

1	Alcance	4
2	¿Qué es el 5G?.....	4
3	¿Qué son las restricciones básicas y los niveles de referencia?	7
4	¿Cuál es el nivel de exposición ambiental en la población española y europea?	9
5	Límites de exposición personal y procedimientos de evaluación de su cumplimiento.....	13
6	Tecnología 5G y posibles efectos biológicos	18
7	¿Podemos estar tranquilos?.....	19

1 Alcance

Este documento presenta la opinión inicial del CCARS en base a la evidencia científica existente sobre el 5G y la salud. Se trata de un documento vivo que tendrá que revisarse a la luz de la evidencia científica.

2 ¿Qué es el 5G?

Se conoce como "5G" a la actual evolución de las redes de telefonía móvil que supera las limitaciones que tiene la actual red 4G, tanto en capacidad de transmisión y ancho de banda y de conexión más eficiente de todos los elementos del llamado Internet de las Cosas. La red 5G se diseña de tal forma que reduce drásticamente el consumo de potencia por Gigabyte de información transmitida, reduce los tiempos de reacción de la red (latencia) y se adapta de forma muy flexible a los diferentes tipos de terminales, que incluyen los teléfonos personales, pero también los sensores ambientales, de salud personal, vehículos, máquinas y otros dispositivos electrónicos. Precisamente, el incremento de la capacidad posibilita gestionar muchas más conexiones simultáneas, lo que permitirá, entre otras cosas, el despliegue masivo de sensores así como el desarrollo de la futura Industria conectada, es decir, las comunicaciones entre máquinas.

Inicialmente, 5G operará de forma conjunta con la red 4G existente, antes de evolucionar hacia una red totalmente autónoma e independiente de la red 4G.

Otra de sus ventajas diferenciales respecto a generaciones anteriores es su baja latencia. La latencia es el tiempo que tardan los dispositivos para responderse mutuamente a través de la red. Las redes 3G tienen un tiempo de respuesta típico de 100 milisegundos, la 4G tarda alrededor de 30 milisegundos y el tiempo de respuesta de la 5G será tan sólo de 1 milisegundo. Dicha característica abre la puerta a una gran variedad de aplicaciones como el coche conectado y la cirugía médica en remoto en tiempo real, entre otros.

Las redes 5G constarán de varios tipos de instalaciones, como las que ya conocemos hasta ahora, que incluyen: macros (antenas sobre mástiles y sobre torres y “*small cells*”).

Las antenas empleadas para 5G usarán “*massive MIMO*” (MIMO - múltiples entradas y múltiples salidas-) que gracias a sus múltiples elementos posibilitan un mejor aprovechamiento del espectro y la capacidad para enviar y recibir más datos simultáneamente. El beneficio para los usuarios será que más personas podrán conectarse simultáneamente a la red, manteniendo altas velocidades de transferencia.

Las antenas 5G cuentan también con otra característica que se denomina direccionamiento del haz o “*beamforming*”, una tecnología que permite a las antenas MIMO Masivas de las estaciones base, direccionar la señal hacia los usuarios y hacia los dispositivos, en lugar de emitir energía electromagnética en todas direcciones. En las redes 5G, especialmente en las que operen en frecuencias más altas (26 GHz) será necesario instalar un número mayor de “*small cells*”, con cobertura más reducida desde cada una de ellas, y conectadas entre sí mediante redes de fibra óptica y otros enlaces radio. Esta mayor densidad de antenas a frecuencias más altas no es específico de 5G. Viene motivada por las características de propagación (una peor propagación) a frecuencias más altas.

Para reducir la densificación masiva de “*small cells*”, 5G incorpora esta técnica de “*beamforming*” que permite que los elementos radiantes de las mismas sigan cubriendo zonas de tamaño mediano, sin aumentar la potencia y enfocando en todo momento las conexiones hacia la dirección en las que se encuentra cada usuario activo. De este modo, la potencia de la antena no se dispersa en todas direcciones, sino que se enfoca, como lo haría una linterna, hacia las direcciones donde debe emitirse la densidad de potencia en cada instante (Figura 1).

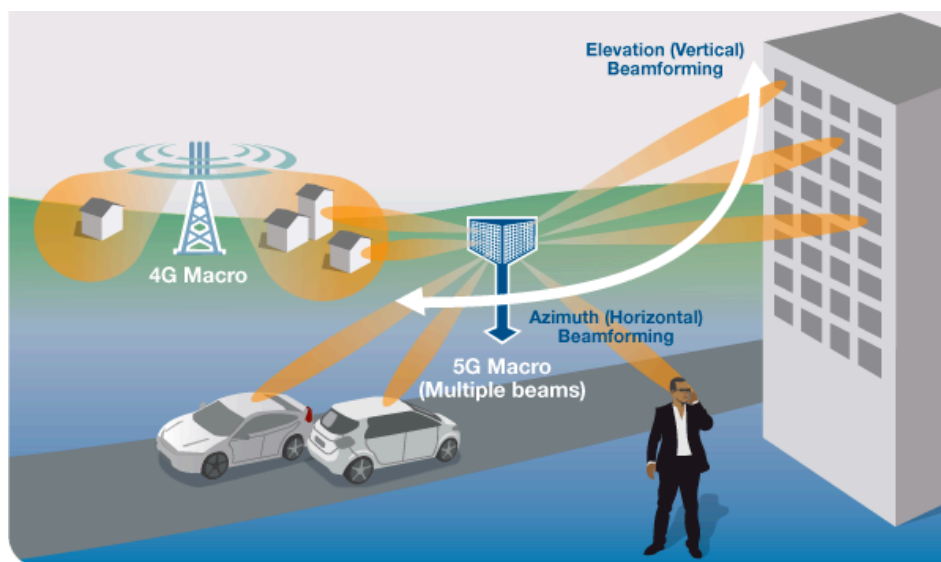


Figura 1 Técnica de Beamforming en 5G (Imagen cortesía de EMF Explained www.emfexplaine.info)

5G se basa en el principio de maximizar capacidad minimizando energía consumida por conexión. La eficiencia de 5G se traduce en que, sin aumentar la exposición respecto a la de estándares anteriores, tenemos más capacidad de conectar dispositivos de todo tipo. Lógicamente, la exposición que tengamos a estos campos electromagnéticos de 5G dependerá del número de dispositivos que en cada momento estén transmitiendo¹.

Las bandas de frecuencias identificadas por la CE como prioritarias para los despliegues de 5G son las de 700 MHz, 3,5 GHz y 26 GHz, agregando estas últimas una mayor capacidad gracias a los mayores anchos de banda disponibles en comparación con las actuales bandas de frecuencias y a la mayor eficiencia de la nueva tecnología. Aunque inicialmente, el despliegue comenzará por la banda de 3,5 GHz y en un momento posterior la banda de 700 MHz, en el futuro se emplearán las bandas milimétricas (26 GHz) que hasta ahora no se habían empleado en telefonía móvil.

¹ Hay que tener en cuenta además que una de las características inherente a los sistemas de telefonía móvil es su capacidad para conectarse y adaptar los niveles de potencia a los mínimos necesarios para establecer la conexión y por lo tanto, reducir el consumo

La tecnología que 5G utiliza para el acceso radio, es decir, para la transmisión mediante CEM entre el terminal móvil y la Estación Base, tiene la misma base técnica que la actual tecnología de 4G, mejorando la gestión de recursos y redundando en un menor consumo, menos interferencias, menor latencia y mayor flexibilidad.

La nueva red 5G será más eficiente que la red 4G si bien la naturaleza física de los CEM involucrados en la transmisión radio no diferirá sustancialmente en ambos sistemas, siendo de nuevo la densidad de potencia electromagnética el principal referente para analizar el impacto de los CEM.

3 ¿Qué son las restricciones básicas y los niveles de referencia?

Las Directrices de la *International Commission for non-ionizing radiation Protection* (ICNIRP) establecen los límites de exposición a las ondas electromagnéticas no ionizantes, incluidas las ondas de radiofrecuencia propuestas para el 5G. Estas directrices contienen los límites de exposición que se han establecido en base a la evidencia científica existente e incluyen un margen sustancial de seguridad para la protección del público en general. Estas recomendaciones han sido ampliamente adoptadas en todo el mundo, incluida la Unión Europea, a través de su Recomendación 1999/519/EC y están respaldadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS). En España, estos límites se adoptaron a través del Real Decreto 1066/2001.

Actualmente, estas directrices de la ICNIRP se encuentran en revisión y serán publicadas previsiblemente en mayo de 2020 sin que se prevean cambios sustanciales. Recientemente, el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) publicó su revisión de niveles sin que éstos hayan sufrido cambios importantes para las frecuencias del 5G.

Estos límites utilizan dos tipos de medidas o indicadores: las "restricciones básicas" y "los niveles de referencia". Estas restricciones (que limitan la intensidad de cada banda y la suma de todas ellas) se han basado en los estudios científicos existentes y se revisan periódicamente por si hubiera nuevos avances en el conocimiento científico que hicieran aconsejable su modificación.

Las restricciones de la exposición a los CEM son indicadores cuantitativos de los niveles de exposición, y se establecen basándose directamente en los efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas. Se calculan en función de la cantidad de energía absorbida medida, conocida como *Tasa de Absorción Específica* (TAE, SAR, en inglés). La unidad de SAR es el vatio por kilogramo de tejido expuesto (W/kg). Las normativas internacionales de protección radiológica consideran que sólo exposiciones a CEM que dan lugar a valores de **SAR superiores a 4 W/kg** promediados en todo el cuerpo son potencialmente capaces de provocar efectos adversos en humanos (RD1066/2001, ICNIRP-OMS y UE).

Hay que tener en cuenta que el comportamiento de los materiales dieléctricos polares, como los tejidos humanos, varía con la frecuencia. A mayores frecuencias, la profundidad de penetración de las ondas disminuye. En frecuencias superiores a 10 GHz la profundidad a la que penetran los CEM es muy pequeña por lo que resultan absorbidos en gran medida por la superficie corporal y la energía depositada en los tejidos subyacentes es mínima. Una forma de caracterizar estos campos es estableciendo indicadores de referencia que permitan relacionar los niveles de CEM que inciden en la superficie del cuerpo con los niveles de SAR que éstos generan. Así, se establecen los "*niveles de referencia*" para la potencia incidente en W/m². Esta densidad de potencia es la magnitud que hay que limitar para prevenir un calentamiento excesivo de la superficie corporal a estas frecuencias. Por ejemplo, en España, la densidad de potencia establecida por la legislación es de **10 W/m² para la banda de frecuencias de 2 GHz donde funcionan actualmente algunos servicios de telefonía móvil.**

Los "*niveles de referencia*" nos permiten una evaluación más rápida y sencilla de la exposición para determinar la probabilidad de que se sobrepasen las "*restricciones básicas*". Algunos niveles de referencia se derivan de las restricciones básicas pertinentes utilizando mediciones o técnicas de electromagnetismo computacional. Los niveles de referencia de potencia incidente (W/m²) de los CEM son medibles sobre el terreno, lo que permite verificar si las instalaciones de radiocomunicaciones generan o no un nivel de exposición superior al límite normativo, así como comparar estudios.

En la siguiente tabla se resumen los niveles legales establecidos por el Real Decreto 1066/2001 en algunos servicios/tecnologías de comunicaciones móviles.

Sistema-frecuencia (MHz)	mW/cm ²	μW/ cm ²	V/m	W/ m ²
900	0,45	450	41,2	4,5
1800	0,90	900	58,3	9
2000	1	1000	61	10

Tabla 1 Niveles de referencia vigentes (RD1066/2001). Elaboración: F. Vargas.

4 ¿Cuál es el nivel de exposición ambiental en la población española y europea?

La implantación de la tecnología 5G se realizará de una forma progresiva. Para estimar un previsible escenario del nivel de exposición futuro es necesario conocer el punto de partida del nivel actual de exposición de la población.

A continuación se resumen de forma descriptiva, pero no exhaustiva, los resultados de algunos estudios nacionales e internacionales que han medido la exposición a CEM emitidos por diferentes tecnologías de RF en diversos ambientes y utilizando distintas metodologías.

En nuestro país durante el año 2018, según el [INFORME ANUAL SOBRE LA EXPOSICIÓN DEL PÚBLICO EN GENERAL A LAS EMISIONES RADIOELÉCTRICAS DE ESTACIONES DE RADIOCOMUNICACIÓN 2019 \(DIRECCIÓN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN\)](#), se puede afirmar, después de las 1.959.472 mediciones realizadas en zonas donde suelen permanecer las personas, que los niveles de exposición radioeléctrica derivados de los servicios de radiocomunicaciones, y detallados en este informe, son significativamente más bajos que los límites de exposición regulados en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, establecidos para la protección sanitaria de las personas. El valor máximo² alcanzado fue de 128,38 μW/ cm².

Un amplio estudio (1) realizado en numerosos países europeos ha demostrado que el campo electromagnético 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

² Valor máximo promedio de las medidas realizadas registrado en la provincia de Madrid.

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, la UE y el RD 1066/2001 que oscilan entre **41 a 61 V/m en función de las frecuencias para las bandas actualmente empleadas en telefonía móvil.**

Como ejemplo comparativo hay que recordar que a una distancia de 30 cm de un frigorífico y un televisor se puede medir en algunos casos un campo eléctrico de 120 V/m y 60 V/m, respectivamente tal y como establece la Oficina Federal Suiza de Salud Pública³.

Respecto a las tecnologías LTE (*Long Term Evolution*), base de los sistemas de 4ª generación (4G), se realizó un estudio en Suecia (2) para valorar la exposición a CEM del público general en 30 ubicaciones de estaciones base(LTE) y se comparó con otras fuentes de RF: FM, Frequency Modulation; T-DAB, Terrestrial-Digital Audio Broadcasting; TETRA, Terrestrial Trunked Radio; PMR, Private Mobile Radio; DVB-T, Digital Video Broadcasting-Terrestrial; GSM, Global System for Mobile Communications; UMTS, Universal Mobile Telecommunications System; DECT, Digital Enhanced Cordless Telecommunications; HSPA, High Speed Packet Access; WiFi, Wireless Fidelity 802.11; LTE, Long Term Evolution; WiMAX, Worldwide Interoperability for Microwave Access.

Los resultados confirmaron que las mediciones realizadas en condiciones reales, en redes en pleno funcionamiento, sobre el terreno, que el nivel de exposición generado 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.**

Otro estudio más exhaustivo (3) ha 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).**

⁴ La exposición media registrada por RF-EMF de las estaciones base (downlink-DL) en los días de apertura de la Feria (mañana, tarde y noche) para las tres zonas estudiadas

Un estudio (4) sitúa la exposición de niños y niñas europeos a campos electromagnéticos muy por debajo del máximo recomendado. La **población infantil europea está expuesta a mayores niveles de campos electromagnéticos de radiofrecuencia en las ciudades**, pero su **exposición total está muy por debajo de los límites de referencia**. El objetivo del estudio fue **medir la exposición ambiental a RF 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 dosímetros 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. 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 y Wi-Fi**.

Los resultados muestran que **el promedio de exposición personal total fue de 75,5 micro Watios 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 (450-1000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)** establecido por la ICNIRP. Las antenas de telefonía móvil son las que más contribuyeron a la exposición total, seguidas de las antenas de radio y televisión (principalmente frecuencias FM). El Wi-Fi y los teléfonos inalámbricos contribuyeron muy poco. En general, la exposición fue más elevada en los ambientes urbanos, fuera de casa, durante desplazamientos y movimientos y durante el día (versus la noche).

En España dos estudios (5 y 6) caracterizaron la exposición personal a CEM en la población de Albacete y en un gran evento como la Feria de Albacete donde se incrementa considerablemente el número de antenas y de terminales. En todos los casos, la exposición nunca superó los límites recomendados situándose, en promedio, entre 10.000 y 100.000 veces por debajo. 5G

Dos revisiones sistemáticas recientes (7 y 8) han evaluado la exposición personal a CEM de 47 estudios en diversos países europeos y considerando diversos microambientes (exteriores, interiores, vehículos, etc.) y con diferentes metodologías. En todos los casos, la exposición media se encontró en la horquilla 0,04-1,97 V/m.

Todos los estudios demuestran que los niveles de exposición se encuentran muy por debajo de los límites recomendados.

En la siguiente Tabla 2 se resumen los estudios comentados.

Referencia	Ámbito del estudio - población	Nivel observado	Banda
Joseph W et al. 2010	Redes en funcionamiento, Suecia.	Nunca superior a 2,7 V/m	RF, LTE
Lunca et al. 2014	Medidas en ambientes exteriores e interiores (escuelas, hospitales, etc.) Rumania	Exteriores: Nivel máximo: 3,47 V/m . Interiores: nivel máximo: 2,27V/m	RF,4G/LTE
Gajsek P et al. 2015	Análisis comparativo de estudios realizados en Europa	Entre 0,08 y 1,8 V/m	RF, Radio, TV, Antenas de Telefonía.
Birks et al. 2018	Población infantil (8-19 años) en 5 países europeos. Exposímetros personales	Nivel promedio: 75,5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	87MHz a 6GHz
Ramírez et al. 2019	Voluntarios. Albacete	Nivel promedio: 37,7 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	RF DECT,Wifi, Radio ,TV
Ramírez et al. 2019	Voluntarios. Feria Albacete	Nivel promedio ⁴ : 791.8 $\mu\text{W} / \text{m}^2$	RF, DECT, Wifi, Radio, TV

⁴ La exposición media registrada por RF-EMF de las estaciones base (downlink-DL) en los días de apertura de la Feria (mañana, tarde y noche) para las tres zonas estudiadas

<p>Sagar et al. 2018</p>	<p>Análisis exposición en diferentes ambientes en Nivel promedio: RF Entre 0,23 y 1,97V/m</p>
<p>Jailian et al 2019</p>	<p>Análisis exposición en diferentes ambientes en Entre 0,04 y RF en hogares, colegios y oficina</p>

Tabla 2 Niveles de exposición ambiental a Radiofrecuencias. Elaboración: F. Vargas, A. Nájera y N. Miranda 2019.

5 Límites de exposición personal y procedimientos de evaluación de su cumplimiento

Como se ha indicado, las Directrices de la ICNIRP o de otros organismos como el IEEE establecen las pautas internacionales que regulan la exposición a las ondas electromagnéticas no ionizantes para un amplio rango de frecuencias que abarca hasta los 300 GHz (es decir, están incluidas las bandas propuestas para el 5G) en base al riesgo de efectos térmicos. Si bien la posibilidad de riesgos "no térmicos" o no relacionados con los peligros del calentamiento de los tejidos, a niveles de exposición inferiores a los fijados por ICNIRP, ha sido una cuestión de controversia pública (y hasta cierto punto científica), ni el ICNIRP ni el IEEE han considerado justificado establecer límites específicos de

exposición para la protección de los efectos "no térmicos" a la luz de sus propias revisiones de la literatura científica y de las revisiones de las agencias de salud (9), pues éstos no ocurren en condiciones normales ni a los niveles de exposición habituales y de trabajo de estas tecnologías. Para obtener más evidencia en este sentido se requiere la realización de más estudios de investigación que aporten nuevos resultados que puedan replicarse de forma independiente.

Las directrices de la ICNIRP han sido aplicadas para los diversos sistemas de comunicaciones móviles e inalámbricos utilizados en las últimas décadas (GSM, Wi-Fi, radar, 4G, 3G, etc.) sin que se hayan observado problemas de salud pública debido a estas tecnologías y tanto los organismos internacionales como la normativa española mantienen los límites de exposición, de lo que cabe inferir que la observancia de éstos garantiza la salud pública respecto a emisiones electromagnéticas del 5G.

Los niveles de referencia actuales para público en general que se emplearán en 5G son los siguientes.

- ❖ 700 MHz: **3.5 W/ m²**
- ❖ 3.5 GHz: **10 W/ m²**
- ❖ 26 GHz: **10 W/ m²**

Los niveles de referencia deben cumplirse en las zonas en que puedan permanecer habitualmente personas. En España, para la instalación de una estación radioeléctrica nueva, el proyecto técnico de la misma debe incorporar un estudio detallado previo, que indique los niveles de exposición radioeléctrica en áreas cercanas a sus instalaciones que se encuentren en entorno urbano o donde puedan permanecer habitualmente personas. La aprobación de dicho proyecto técnico por parte de la Administración es requisito imprescindible para la puesta en marcha de una nueva estación.

El estudio debe tener en cuenta los niveles de emisiones pre-existentes a la puesta en marcha de la nueva estación, evaluados mediante medidas realizadas y detalla un volumen de referencia, de manera que fuera del mismo se garantiza que no se superarán los niveles de referencia. En el caso de que el volumen de referencia incluya zonas en la que puede darse presencia habitual de personas, las mismas deben vallarse y señalizarse adecuadamente.

La forma geométrica concreta y dimensiones del volumen de referencia, se concretan en en el [Cuaderno 01/2008 del COIT sobre "Emisiones Radioeléctricas: Normativa, Técnicas de Medida y Protocolos de Certificación"](#)

Para evaluar la exposición a CEM procedentes de antenas de telefonía móvil, un concepto útil es la distancia de cumplimiento o distancia de referencia, que es la distancia desde la antena en la que la señal de RF cae por debajo del límite de exposición especificado. Por ejemplo, una investigación presentó los cálculos basados en dos transmisores 5G (10). Asumiendo la máxima potencia transmitida para una celda pequeña (small cell Ericsson AIR 5121) con 8 haces que transmiten un total de 1 W y TDD (Acceso múltiple por división en el tiempo), calculó que la distancia de cumplimiento en relación con los límites de ICNIRP para público en general es de 1,5 m, asumiendo la máxima potencia en todas las direcciones del haz. Con esta distancia de cumplimiento se puede instalar la celda de manera adecuada a determinada distancia de los edificios y en altura de manera que se impida el acceso del público. Por el contrario, la distancia de cumplimiento o de referencia de un transmisor 5G que funciona a 3,5 GHz y transmite un total de 200 W utilizando una matriz de 64 antenas es de 25 m. La metodología para la verificación de los límites habría de adaptarse a las características de 5G.

En 5G, la combinación de asignación dinámica de recursos y MIMO masivo y el modo de transmisión en TDD hace prácticamente improbable que la PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) máxima se pueda producir de manera sostenida, durante decenas de segundos o minutos, en la misma dirección.

Parecería aconsejable para resolver esta situación adoptar un enfoque estadístico para la evaluación del cumplimiento que proporcionase una medida más realista de las exposiciones promediadas en el tiempo de las antenas de estación base MIMO ya que éstas no están el 100% de tiempo transmitiendo a la máxima potencia. Este enfoque también podría cumplir con los límites de exposición establecidos sin considerar el caso actual poco ajustado a la realidad, en el que se considera el peor de los escenarios posibles (100% de tiempo emitiendo a la máxima potencia).

Ya se han publicado algunos estudios experimentales basados en un enfoque estadístico con una serie de simulaciones. En un estudio reciente (11) se ha calculado la exposición humana a campos electromagnéticos, procedentes de varias fuentes, emitidos por una red inalámbrica 5G ultra densa de nodos integrados en un suelo (sistema *ATTOS-cell floor*). Sus resultados mostraron que el nivel medio de exposición, la Tasa de Absorción Específica (SAR, en inglés) fue de **4,9 mW/kg alcanzando 7,6 mW/kg en un 5%** de los casos. Estos niveles de energía absorbida son muy inferiores a las restricciones básicas **4 W/kg (SAR)** establecidos por ICNIRP, OMS, UE y el Real Decreto 1066/2001.

Otro estudio publicado (12) referido a un sistema 5G con MIMO masivo, observó que en la práctica los valores máximos están entre el 7% y el 22% de los máximos teóricos. Por otra parte, la norma IEC 62232 establece que el cálculo de niveles de exposición debe basarse en un método estadístico, que tenga en cuenta el percentil del 95% de situaciones. El IEC también ha publicado en abril de 2019 la norma IEC 62311:2019.

Las normas internacionales IEC 62232 y ITU-T K.100 establecen el uso de la potencia máxima real para realizar evaluaciones de cumplimiento más ajustadas a las condiciones reales.

Para ello, se ha desarrollado un modelo estadístico para determinar la potencia máxima real de las antenas MIMO masivas 5G que se encuentra alrededor del 25% de la potencia máxima teórica para antenas de matriz 8x8 (Ver Figura 1). Es decir, en condiciones reales la transmisión en modo TDD limitará el tiempo de transmisión, y no toda la potencia estará enfocada en la misma dirección por varios minutos por lo que resulta muy improbable un 100% de utilización. Este caso de estudio se ha incluido en el *informe técnico IEC TR 62669* y en el *ITU-T Supplement on 5G EMF compliance*.

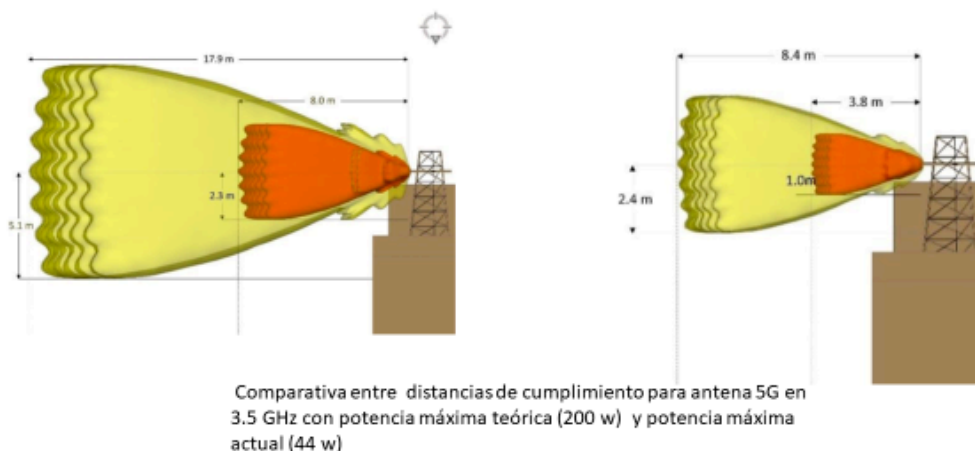


Figura 2 Comparativa entre distancias de cumplimiento con la potencia máxima teórica y la potencia máxima real (Fuente: Ericsson)

Este enfoque está muy alineado con la opinión de ANSES (13) en relación al cálculo del SAR donde señala que el mismo se realiza en laboratorio en condiciones muy conservadoras, teniendo en cuenta niveles máximos de potencia emitidos por los terminales; en condiciones reales, los terminales operan a niveles de potencia significativamente más bajos, y adaptan constantemente la potencia a la mínima imprescindible para garantizar la comunicación para prolongar así la duración de las baterías. Varios estudios han confirmado este hecho (14,15,16,17). Por ejemplo, un estudio realizado (16) con dispositivos 3G concluyó que las potencias de salida medias en todos los entornos eran inferiores a 1% de la potencia de salida máxima disponible.

Recientemente, el operador australiano Telstra ha anunciado que ha completado una serie de pruebas relativas a la evaluación de los niveles de exposición a emisiones 5G en entornos reales utilizando equipos comerciales. Según el estudio (18), los niveles de exposición se encuentran aproximadamente 1000 veces por debajo de los límites de seguridad y todas las pruebas encontraron que los niveles de exposición en 5G son similares a 3G, 4G y Wi-Fi. Las pruebas se han realizado en diferentes entornos típicos:

cafeterías, calles de barrios residenciales, campos deportivos, etc. Los dispositivos de usuario empleados se configuraron para producir un alto nivel de tráfico de datos 5G.

Por todo lo anterior, resulta que el enfoque tradicional estático para diseñar el límite de cumplimiento podría ser demasiado conservador en 5G. En este sentido, la introducción de una metodología estadística se ajustaría más a la realidad. Es decir, considerando que no siempre se utiliza la máxima potencia en transmisión, que los diagramas de radiación no son estáticos, que la asignación de recursos para un terminal dado se realiza para una ventana de unos pocos milisegundos, y que los tiempos de actualización de los “beams”⁵ son de ese mismo orden de magnitud, podría tener sentido ajustarse a que los niveles de señal recibida estén por debajo de los límites de radiación máximos permitidos actualmente en un determinado percentil (pe. 95% o 99%) de la ventana temporal de medida considerada. Es decir, podría tener sentido ajustar el cálculo del volumen de referencia considerando un enfoque estadístico de la potencia.

En cualquier caso, el 5G también estará sometido a los límites considerados seguros por el RD1066/2001 y a mecanismos de control para evaluar su cumplimiento.

6 Tecnología 5G y posibles efectos biológicos

El principal efecto de la interacción de las radiaciones utilizadas por la telefonía móvil, también la futura 5G, con la materia biológica es el calentamiento efecto que, por otra parte, es mínimo o despreciable a los niveles de exposición personal habituales.

Las frecuencias empleadas para el 5G son parte del conocido como espectro para radiocomunicaciones donde la investigación en términos de posible impacto en la salud lleva realizándose desde hace décadas.

Hasta la fecha y revisando la evidencia científica existente, la exposición a radiofrecuencias respetando los límites de exposición establecidos por el ICNIRP no conlleva riesgos para la salud conocidos. El portal EMF (www.emf-portal.org) es una base de datos de investigación científica sobre los efectos de los campos electromagnéticos,

⁵ Los tiempos de actualización de los “beams” (haces) ocurren en la estación base están por debajo de las decenas de milisegundos.

incluidos los estudios sobre los efectos de la RF en la salud. Es administrado por la Universidad RWTH de Aachen, Alemania y enlazado desde el sitio web de la OMS. EMF-Portal contiene más de 25.000 artículos científicos publicados sobre los efectos biológicos y para la salud de EMF y 2.500 estudios sobre comunicaciones móviles. En términos de investigación específicamente en frecuencias 5G, la base de datos enumera unos 350 estudios sobre investigación relacionada.

7 ¿Podemos estar tranquilos?

Sí, en función de las evidencias científicas disponibles.

Cabe esperar que los niveles de exposición previsible no cambien significativamente y, en todo caso, no podrán superar los límites máximos permitidos que garantizan la salud pública respecto a emisiones electromagnéticas.

El CCARS continuará realizando un seguimiento de los resultados de los estudios que se vayan publicando sobre los niveles reales de exposición de la población tanto en relación con las redes 5G que estén operativas en todo el territorio nacional y del uso de los dispositivos que utilicen esa tecnología. Al mismo tiempo el CCARS asume la responsabilidad de informar y comunicar a la sociedad y las partes interesadas la información más relevante sobre los efectos sobre la salud de la tecnología 5G.

REFERENCIAS

1. Gajšek 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.
2. 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.
3. 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
4. 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.
5. Ramirez-Vazquez, R., Gonzalez-Rubio, J., Arribas, E., and Najera, A. (2019). Characterisation personal exposure to environmental radiofrequency electromagnetic fields in Albacete (Spain) and assessment of risk perception. *Environmental Research* 172, 109–116.
6. Ramirez-Vazquez R, Gonzalez-Rubio J, Arribas E, Najera A. (2019) Personal RF-EMF exposure from mobile phone base stations during temporary events. *Environ Research*. 2019; 175: 266-273. doi:10.1016/j.envres.2019.05.033.

7. Sagar et al. (2018) Comparison of radiofrequency electromagnetic field exposure levels in different everyday microenvironments in an international context. *Environ Int.* 2018 May;114:297-306. doi: 10.1016/j.envint.2018.02.036. Epub 2018 Mar 9
8. Jailian et al. (2019). Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday microenvironments: An updated systematic review for Europe. *Environ Res.* 2019 Sep;176:108517. doi: 10.1016/j.envres.2019.05.048. Epub 2019 May 31.
9. Kenneth R. Foster (IEEE Life Fellow), Sachiko Kodera, and Akimasa Hirata (IEEE Fellow). *IEEE Future Networks Tech Focus*, Volume 3, Issue 2, September 2019
10. C. Törnevik, "Impact of EMF limits on 5G network roll-out," in *ITU Workshop on 5G*, 2017.
11. Sergei Shikhantsov, Arno Thielens, Günter Vermeeren, Piet Demeester, Luc Martens Guy Torfs and Wout Joseph. Statistical approach for human electromagnetic exposure assessment in future wireless ATTO-cell networks. (2019). *RADIATION PROTECTION DOSIMETRY*.183(3).p.326-331
12. B.Thors, A. Furuskar, D. Colombi, and C. Tornevik, "Time-averaged realistic maximum power levels for the assessment of radio frequency exposure for 5G radio base stations using Massive MIMO," *IEEE Access*, 2017.
13. ANSES (2019). OPINION of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the possible health effects associated with high specific absorption rate values from mobile telephones carried close to the body. Disponible en:
<https://www.anses.fr/en/system/files/AP2017SA0229EN.pdf>
14. Persson et al., Output power distributions of terminals in a 3G mobile communication network *Bioelectromagnetics.*, Vol. 33, Pg. 320 - 325, 2012
15. Wiart et.al. Exposure induced by WCDMA Mobile Phones in Operating Networks, *IEEE Trans on Wireless communications* vol 8 No 12 2009
16. Dragan Jovanovic et al, Mobile telephones: A comparison of radiated power between 3G VoIP calls and 3G VoCS calls, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* (2015) 25, 80–83
17. Paramananda Joshi et al, Output Power Levels of 4G User Equipment and Implications on Realistic RF EMF Exposure Assessments, *IEEE Access*, 2017

18. <https://www.telecompaper.com/news/telstra-tests-5g-infrastructure-confirms-eme-levels-below-safety-limits--1299830>

