

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
Ingeniero de Sistemas**

**TEMA:
ESTADO DEL ARTE DEL RIESGO QUE REPRESENTA PARA LA SALUD HUMANA
LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE LAS COMUNICACIONES 5G**

**AUTOR:
BORIS SANTIAGO TARAPUÉS OLIVA**

**TUTOR:
JOSÉ LUIS AGUAYO MORALES**

Quito, Julio de 2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Boris Santiago Tarapués Oliva, con documento de identificación N^o 1721342374, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: ESTADO DEL ARTE DEL RIESGO QUE REPRESENTA PARA LA SALUD HUMANA LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE LAS COMUNICACIONES 5G, mismo que ha sido desarrollado para optar el título de: INGENIERO DE SISTEMAS, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Boris Santiago Tarapués Oliva

CI: 1721342374

Quito, Julio de 2021

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Artículo académico, con el tema: ESTADO DEL ARTE DEL RIESGO QUE REPRESENTA PARA LA SALUD HUMANA LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE LAS COMUNICACIONES 5G, realizado por Boris Santiago Tarapués Oliva, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, Julio de 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'José Luis Aguayo Morales', written over a dotted line.

José Luis Aguayo Morales

CI: 1709562597

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación, previo a la obtención del título académico, se lo quiero dedicar a varias personas que han hecho posible este logro, ya que, con sus palabras de aliento, ánimo y buena vibra me han ayudado a llegar a feliz término.

En primera instancia quiero agradecer a Dios por ser, compañero y guía a lo largo de mi vida en el ámbito tanto personal como estudiantil, me ha dado fuerzas para continuar con cada paso que doy y como mensaje puedo decir que Dios si escucha las oraciones.

A mis padres (Mariana y José), padrinos (Alex y Christine) y familia en general, que con su granito de arena me han apoyado a lo largo de mi carrera, por los valores que me inculcaron y poderlos poner en práctica y también transmitirlos a lo largo de mi vida y son un excelente ejemplo de vida a seguir, ¡gracias por todo!

A mi tutor, Ingeniero José Luis Aguayo, gracias por los conocimientos transmitidos a lo largo de la carrera, por sus consejos, por su paciencia y por ayudarme en el último peldaño de mi vida universitaria. A mis amigos (Gabriela Valladares., Iván Buitrón., entre otros) por ser mi sostén en momentos positivos y sobre todo en instantes negativos (estos fueron más), gracias a sus palabras y amistad he podido seguir luchando en todos los aspectos de la vida (en ocasiones con un estirón de orejas o con sus palabras de ánimo y consejos), les estaré eternamente agradecido, espero poder seguir contando con su amistad en un futuro ya que como conoce, espero algún día poder estudiar medicina.

Finalmente, a todos mis profesores, ya que, con un consejo, una palabra de aliento y con sus conocimientos aportaron para poder llegar a este momento, a todos ustedes les estaré eternamente agradecido.

Boris Santiago Tarapués Oliva

ESTADO DEL ARTE DEL RIESGO QUE REPRESENTA PARA LA SALUD HUMANA LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE LAS COMUNICACIONES 5G.

STATE OF THE ART OF THE RISK THAT THE ELECTROMAGNETIC RADIATION OF 5G COMMUNICATIONS REPRESENT TO HUMAN HEALTH.

Boris Santiago Tarapués Oliva¹, José Luis Aguayo Morales²

Resumen

Una nueva tecnología de telecomunicaciones permitirá que las personas tengan un mejor acceso a la información a alta velocidad y baja latencia que será de gran beneficio para todos ya que permitirá la implementación de otras tecnologías que aprovechen al máximo el 5G, pero esta llegada ha traído algunos temores entre la población acerca de si habrá algún riesgo para la salud humana. El 5G se basa en radiación no ionizante que aparentemente es segura, sin embargo, algunos estudios revelan que sería capaz de generar algunos daños en el organismo mientras que la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer lo clasifica en el grupo 2B posiblemente sea carcinogénico.

Este trabajo recopila información sobre 5G y sus riesgos para la salud humana. Utilizando el mapeo sistemático la información es ordenada y clasificada y es respaldada por artículos sobre este tipo de investigación publicados en IEEE o Scopus.

Como resultado de este trabajo me he encontrado con un problema, como el aumento de temperatura en la piel de los seres humanos, como principal factor de riesgo para la salud humana. Finalmente, se recomienda continuar realizando estudios para confirmar o descartar estos problemas de salud considerando otros factores como: social, ambiental, pandemia, etc.

Palabras Clave: Efectos Adversos, Laboratorio, Mitigación, Salud, Radiación, Riesgos, Tecnología.

Abstract

A new telecommunications technology will allow people to have better access to information to high speed and low latency that it will be great benefit for everyone, since it will allow the implementation of other technologies that make the most of 5G, but this arrival has brought some fears among the population about, if it any risk for human health will be there. 5G is based on non-ionizing radiation, that is apparently secure, however, some studies reveal that it would be capable of generating some damages in the body, while the International Agency for Research on Cancer classifies it in group 2B, which it is possibly carcinogenic.

This work collects information about 5G and its risks for the human health. Using the systematic mapping, the information is sorted and classified, supported by papers about research publish either IEEE or Scopus. As results of this work, I have found a problem, such as the increase in temperature in the skin of human beings, as the main risk factor to human health. Finally, it is recommended to continue carrying out studies to confirm or rule out these health problems considering other factors like: social, environment, pandemic, etc.

Keywords: Adverse Effects, Health, Laboratory, Mitigation, Radiation, Risks, Technology.

¹ Estudiante de Ingeniería de Sistemas – Universidad Politécnica Salesiana, Egresado – UPS – sede Quito. Email: btarapues@est.ups.edu.ec.

² Magister en Ciberseguridad-UISEK-Quito, Magister en Redes de Comunicaciones – PUCE - Quito, Magister en Sistemas Informáticos Educativos-UISRAEL - Quito, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones – EPN - Quito, Profesor de Ingeniería en Sistemas – Universidad Politécnica Salesiana – UPS – sede Quito, Email: jaguayo@ups.edu.ec

1. Introducción

En el ámbito de la tecnología sobre las redes de telecomunicaciones se han desplegado con diferentes generaciones (desde 1G hasta el 4G) para que los ciudadanos se puedan comunicar unos con otros, pero desde que ha comenzado el año 2020, se ha establecido dentro de la comunidad en general dudas sobre la implementación sobre la quinta generación (5G), ya que con esta se permite mayor número de dispositivos conectados es decir que no solo teléfonos celulares (smartphones) se van a conectar, sino que permite la ampliación de IoT (Internet de las Cosas), entre otras aplicaciones [1].

La incertidumbre que se ha comenzado a regar es que tanto puede afectar a la salud de los seres humanos es decir, la radiación electromagnética que estas antenas emiten, ¿son seguras para las personas y el ecosistema que las rodea?, ¿puede causar algún efecto secundario a tan larga exposición? ya que estas antenas usan una tecnología denominada ondas milimétricas, también permite gran velocidad en la transmisión de datos y genera un entorno de dispositivos que están cada vez más cerca para permitir las características anteriormente mencionadas [2].

El despliegue de la tecnología 5G en algunos países del mundo se ha visto frenada por la pandemia, trayendo consigo diferentes rumores sin fundamento sobre la nueva generación de telecomunicaciones muchos plantean que esta serviría para controlar a las personas, crear más enfermedades al estar expuestos a esta radiación, pero, ¿bajo qué primicias se sustenta dicha afirmación? ¿Qué efectos causa el 5G sobre la salud de los seres humanos? [3]. No solo basta con decir sobre los beneficios positivos que representará la nueva generación a implementarse ya que esta es nueva y se debe de ahondar en los posibles efectos sobre la salud humana, mediante la experimentación en laboratorios antes de que esta salga al mercado [4] y [5]. Diferentes institutos u organizaciones instan a las

diferentes organizaciones que van a implementar la nueva generación de telecomunicaciones a realizar más estudios con el fin de garantizar la seguridad de esta tecnología, tanto en el ámbito informático como en la salud de la ciudadanía y satisfacer todas las dudas que se puedan tener al respecto [6].

El fin de esta investigación es establecer el estado del arte que muestre el conocimiento acumulado sobre el daño que sufre el cuerpo humano por la exposición a fuentes de radiación natural (como la luz del sol) o artificiales como la de las antenas o estaciones de transmisión de telefonía 5G además de otras fuentes que también emiten radiación electromagnética [3]. A medida que se va caminando por la calle, o se realiza una actividad al aire libre, el cuerpo humano va absorbiendo radiación natural que a largo plazo puede causar efectos negativos en nuestra salud, como lo especifica la American Cancer Society sobre los rayos UV o UVA, como factores indiscutibles para desarrollar cáncer de piel si no se toma la protección adecuada, cómo es el uso de los protectores contra este tipo de rayos [7]. En la nueva generación de telecomunicaciones se ofrecen servicios a más dispositivos, con mayor ancho de banda y por ende requieren más energía y emitirá más radiación, por ende, se ve en la necesidad de realizar estudios para corroborar el impacto de esta tecnología sobre la sociedad en el ámbito de la salud.

Dentro de la coyuntura del Ecuador, diferentes instituciones como universidades, organizaciones, ONG entre otras, sean esas públicas o privadas, deberían de formar una alianza para fomentar la investigación de nuevas tecnologías que permitan realizar mediciones, experimentos cualitativos como cuantitativos, con el fin de evidenciar si una determinada maquinaria o dispositivo es bueno o malo para la comunidad en todos sus aspectos (salud, ambiente, etc.), para así solventar las dudas que se tengan y que la población no sea objetivo de malos entendidos. De esta manera se pretende que este trabajo sea de mucho beneficio para varias personas con o sin

conocimiento en esta rama de la tecnología, para que contengan una base sólida y puedan sacar sus propias conclusiones con muestras científicas, expresadas en este documento y así puedan seguir buscando más información relacionada con el tema o poder presionar a diferentes entidades gubernamentales como no gubernamentales, para que comiencen a implementar más estudios y dar a conocer pros y contras sobre nuevas tecnologías.

Para dar a conocer las diferentes posturas de los autores con sus respectivos trabajos científicos respecto a la inquietud presentada, se va a emplear una metodología que se llama mapeo sistemático de la literatura, esto permitirá revisar los diferentes artículos publicados en las diferentes bases de datos.

En términos generales, el mapeo sistemático ayuda a efectuar búsquedas en un área de investigación determinada y consta de diferentes partes como se aprecia en la Figura 1.

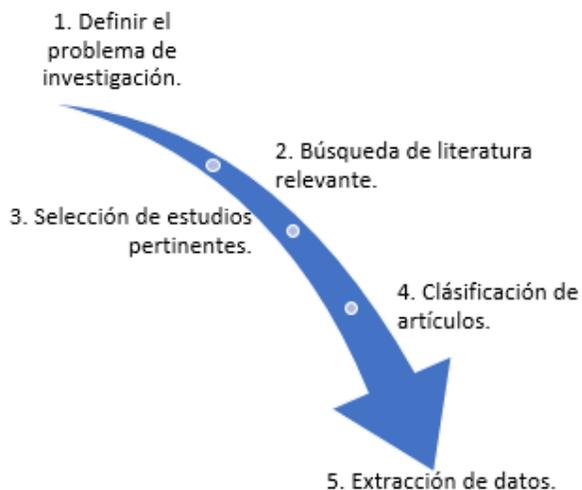


Figura 1.- Pasos del mapeo sistemático [8].

Al realizar los pasos descritos en la Figura 1, se conseguirá el principal objetivo de este trabajo que es dar a conocer a la población en general sobre los posibles riesgos a la exposición a la radiación electromagnética de las comunicaciones 5G, que es el principal estudio.

2. Materiales y Métodos

En primera instancia se da a conocer paso a paso el desarrollo del mapeo sistemático centrado en dicha problemática, lo que permitirá establecer si existe o no afectación al cuerpo humano la radiación electromagnética de las comunicaciones 5G.

2.1 Metodología

En primera instancia se describen los pasos a seguir en proceso de mapeo sistemático como se muestra en la Figura 2, seguido de esto se comienza a desglosar cada uno de estos puntos.

1. Definición de la problemática de investigación.
2. Búsqueda de literatura relevante.
3. Selección de estudios pertinentes.
4. Clasificación de los artículos.
5. Extracción de datos.

Figura 2.- Pasos para el mapeo sistemático [8].

2.1.1 Definición de la problemática de investigación

Para esta primera parte del mapeo sistemático se plantean dos cuestiones muy importantes que necesitan ser solventadas y son:

Q1: ¿Existe algún riesgo para la salud humana la radiación electromagnética de las comunicaciones 5G?

Q2: ¿Se puede mitigar o reducir riesgos al estar expuesto a la radiación no ionizante?

Definidas las problemáticas para ser aclaradas se continúa al segundo punto.

2.1.2 Búsqueda de literatura relevante

Las herramientas a ser utilizadas son los artículos científicos que se han realizado y verificado con anterioridad, con el fin de dar a conocer las experiencias obtenidas y sus resultados en relación al tema que se está tratando en este escrito, estas investigaciones se encuentran en las diferentes bases de datos como son:

- ACM Digital Library.
- IEEE Xplore.
- Scopus.
- ScienceDirect.
- Springer.
- Web of Science.

Estas bases de datos que se han mencionado brindan gran cantidad de información para poder realizar las respectivas investigaciones, gracias a la Universidad Politécnica Salesiana se tiene un acceso a sus diferentes archivos y con esto se puede efectuar la siguiente investigación.

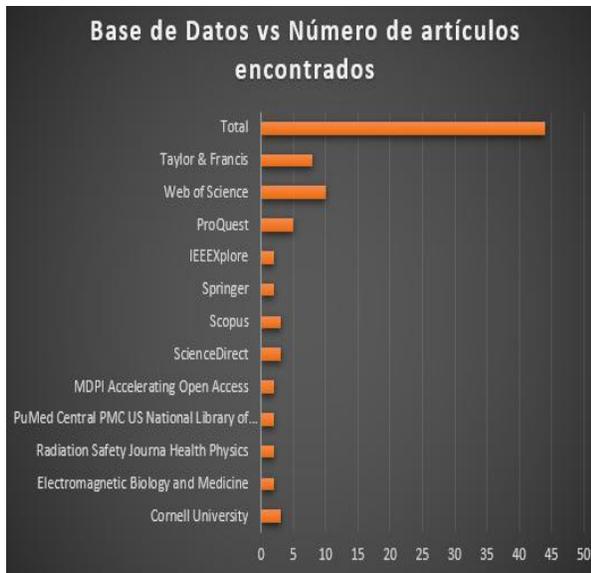


Figura 3.- Bases de datos para búsqueda de artículos.

De manera estadística como se aprecia en la Figura 3, se puede decir que, en una base de datos como Web of Science se pueden encontrar artículos relacionados con el tema que se está tratando, pero esto no quiere decir que solo en esa base de datos se encuentra información, algunos artículos se encuentran indexados en diferentes portales.

2.1.3 Selección de estudios pertinentes

La selección de estudios pertinentes se lo realizó al momento de tener las bases de datos que servirán para buscar los diferentes artículos relacionados con el tema de investigación, se procede a ejecutar la búsqueda en estos por

medio de palabras claves, en este caso se procedió de la siguiente manera:

- 5G + Human Health.
- 5G + Cancer.
- "5G Health".

Esto ayudará a buscar con mayor precisión los artículos que contengan relación con la investigación que se está llevando a cabo.

2.1.4 Clasificación de artículos

Al momento de efectuar la elección de los trabajos se obtuvo un total de 44 artículos, se tiene un número bajo de estudios ya que no se han efectuado investigaciones exhaustivas relacionadas a la problemática planteada en 2.1.1 Definición de la problemática de investigación.

Para catalogar las diferentes investigaciones científicas se aplica dos filtros que se aprecian en la Figura 4.

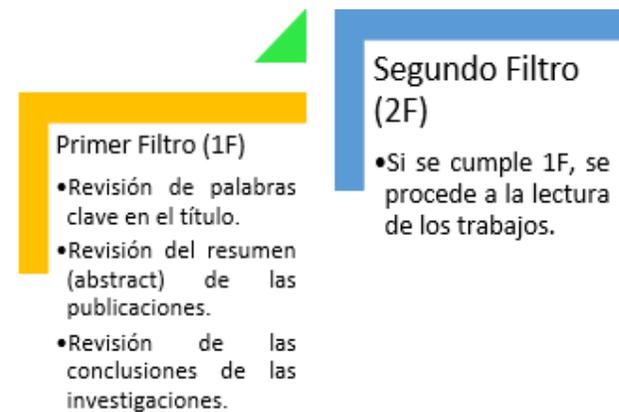


Figura 4.- Filtros para elección de artículos [8].

Los artículos que superen los dos filtros serán considerados como primarios que serán organizados de forma alfabética y se incluirán en 2.2. Investigaciones previas, en caso de no pasar el primer filtro estos serán expuestos como secundarios y se agregan a los artículos principales. Todos estos trabajos se organizarán en una matriz del estado del arte, como se aprecia de ejemplo en la Tabla 1.

Tabla 1.- Ejemplo de matriz del estado del arte.

Autor y fecha	Título	DOI
Kostoff RN y otros, 2020	Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions	https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.01.020
L Chiaraviglio, A Elzanaty, MS Alouini, 2020	Health Risks Associated with 5G Exposure: A View from the Communications Engineering Perspective	https://arxiv.org/pdf/2006.00944.pdf
B Shehu, Y Mubarak, M Mustapha	The Health Effects of the Fifth Generation (5G) of Cellular Mobile Communications	
Deruelle F., 2020	The different sources of electromagnetic fields: Dangers are not limited to physical health	https://doi.org/10.1080/15368378.2020.1737811
Keller H., 2019	On the assessment of human exposure to electromagnetic fields transmitted by 5G NR base stations	10.1097/HP.00000000000001089
Nasim I., Kim S., 2018	Mitigation of human RF exposure in 5G downlink	https://arxiv.org/pdf/1807.09094.pdf
Nasim I., Kim S., 2018	Mitigation of human EMF exposure in downlink of 5G	https://doi.org/10.1007/s12243-018-0696-6
Nasim I., Kim S., 2017	Human exposure to RF fields in 5G downlink	https://arxiv.org/pdf/1711.03683.pdf
Bushberg JT., y	IEEE Committee on Man and Radiation—	10.1097/HP.

otros, 2020	COMAR Technical Information Statement: Health and Safety Issues Concerning Exposure of the General Public to Electromagnetic Energy from 5G Wireless Communications Networks	000000000 000 1301
Simkó y Mattsson, 2019	5G wireless communication and health effects— a pragmatic review based on available studies regarding 6 to 100 GHz	https://doi.org/10.3390/ijerph16183406

2.1.5 Extracción de datos

Esta es la fase final del mapeo sistemático correspondiente a analizar cada uno de los artículos incluidos en esta investigación. Como parte de este paso se tiene cada una de las posturas de los autores frente a 2.1.1 Definición de la problemática de investigación, mostrando posibles riesgos a los que está expuesto.

Seguido se procede a ubicarlos en una tabla los problemas o enfermedades que causa la radiación, para luego clasificarlos desde el que más riesgo presente hasta el que genere menor daño esto se lo efectúa mediante un mapa de riesgos, dicha metodología permite establecer acciones o procesos sujetos a un peligro determinado.

2.2. Investigaciones previas

Esta subsección tiene como finalidad dar a conocer la documentación elegida para tener los diferentes puntos de vista de varios autores sobre la inquietud que se ha generado en relación con los sistemas de comunicaciones 5G y su posible efecto en la salud de los seres humanos. La siguiente evidencia científica expuesta en este trabajo contiene experimentos

realizados, así como la revisión de otros artículos para establecer su criterio, en el contexto de si es perjudicial o no.

2.2.1. Awada y otros

La tecnología 5G es el auge a partir del año 2020, se ha tocado el tema sobre las antenas y la radiación que emiten y su posible efecto perjudicial en la salud de las personas, pero este trabajo se ha centrado en los efectos que también podría generar la radiación de los teléfonos celulares que tengan esta tecnología, en específico se centra en el cerebro humano, ya que este dispositivos es el que más cerca se encuentra de un órgano importante, en [9] se usó un software y un maniquí antropomórfico con el fin de efectuar experimentos sobre el impacto que podría generar la radiación en la salud teniendo así una aproximación real al sistema nervioso central.

Para este experimento, se consideró como unidad de medida la Tasa de Absorción Específica o también conocido como SAR, por sus siglas en inglés, esto permite determinar la potencia máxima de un campo electromagnético de radiofrecuencia absorbida por un tejido de un ser vivo [9] y se calcula con la siguiente ecuación:

$$SAR = \frac{P}{\rho} = \frac{\sigma E^2}{2\rho} = \frac{J^2}{2\rho\sigma} \quad (1)$$

Donde:

P es la pérdida de densidad de potencia.

E es la intensidad de campo eléctrico.

J es la densidad actual.

ρ es la densidad.

σ Es la conductividad.

En otros términos, es un mecanismo que permite verificar la interacción entre la radiación emitida y cuanto absorbe un organismo vivo, esta se expresa en W/Kg.

Para ejemplificar se han tomado dos muestras, con una frecuencia entre 24 a 29 GHz a 1 gramo de masa, efectuando el cálculo

respectivo se tiene un SAR de 2.501 W/Kg en la sección del oído, como se muestra en la Figura 5:

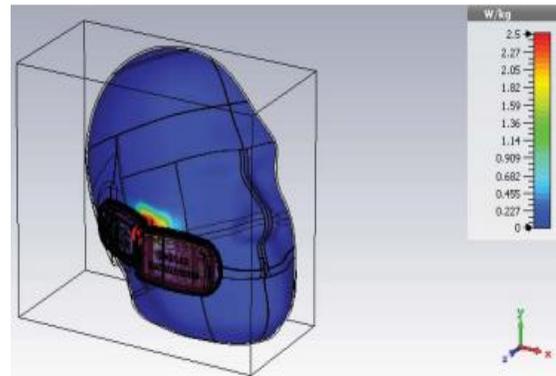


Figura 5.- Primera simulación [9].

La segunda simulación se realiza a una frecuencia entre 31.8 a 33.4 GHz, con 1 gramo de masa se tiene un SAR de 2.072 W/Kg en la región del oído.

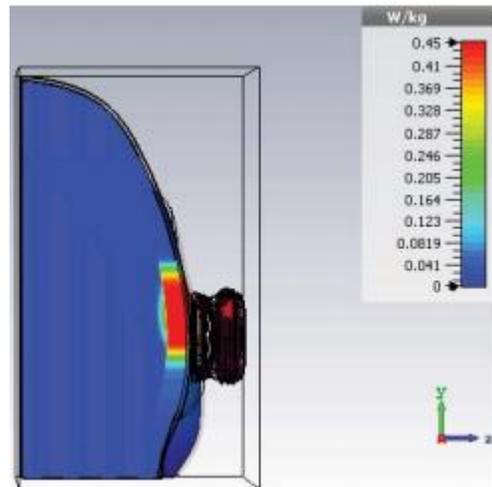


Figura 6.- Segunda simulación [9].

Postura: Como se puede apreciar en las dos figuras, la zona que más afectación tiene es el oído ya que el uso del celular apegado a esta región tiene una mayor tasa de absorción y pudiendo causar problemas a largo plazo. También puede generar problemas en parte de la región del lóbulo temporal sea izquierdo o derecho, dependiendo de dónde se use el celular.

También al estar expuestos a estos nuevos sistemas de comunicaciones, se tienen dos secuelas de la radiación como son los térmicos

como los efectos no térmicos y estos se detallan en la Tabla 2:

Tabla 2. Efectos térmicos vs. no térmicos [9].

Efectos Térmicos	Efectos No Térmicos
Ceguera	Alteración del ritmo cardiaco.
Esterilidad	Alteración de las señales eléctricas del cuerpo humano.
Calentamiento de la piel y tejidos expuestos.	Puede interferir con dispositivos médicos implantados.
Quemaduras	Posiblemente cancerígeno.

Por otra parte, los autores también encuentran posibles efectos nocivos al estar expuestos, si se usa el celular de manera frontal por un periodo largo de tiempo, estos son:

- Alzheimer.
- Migraña.
- Infertilidad.
- Defectos oculares en la región de la córnea.
- Ansiedad psicológica.
- Insomnio.
- Depresión.
- Enfermedad de Parkinson.

Algunos efectos pueden producirse a corto o largo plazo, pero se necesitan más estudios rigurosos para confirmar o desmentir dichos efectos en la salud de los seres humanos.

2.2.2. Betzalela, Ishaia y Feldman

Este trabajo tiene como finalidad dar a conocer posibles efectos de la radiación electromagnética sobre la piel de los seres humanos, este es el órgano más grande del cuerpo humano que tiene como finalidad proteger músculos y tejidos [10].

Al tener gran capacidad de transmisión de datos gesto va a interactuar con múltiples

dispositivos presentes en la actualidad, ya se tenía esta tecnología, pero con el 5G se masificará su uso con el fin de facilitar la vida de los usuarios [11].

Así, al tener tal velocidad de hasta 10 Gbps se manejará entre 28 GHz hasta 60 GHz y nuevos estudios sugieren que puedan llegar al orden de los sub-terahercios.

En un rango de 300 GHz, restringe una densidad de 10 W/m² para el público en general [10].

Postura: En la piel humana se tienen glándulas sudoríparas que tienen conductos en forma helicoidal este peculiar diseño podría tener propiedades de una antena de las mismas características, haciendo que este conducto funcione como una antena en el orden de los sub-THz.

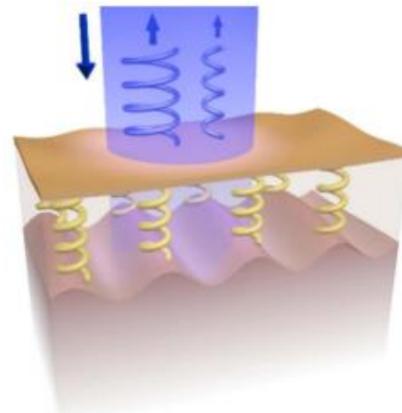


Figura 7.- Conductos helicoidales [10].

Algunos estudios sugieren que, al tener este diseño en el cuerpo humano cause efectos biológicos no térmicos, pero se necesitan más estudios para poder corroborar esta información.

2.2.3. Bushberg y Otros

Los autores aquí mencionados forman parte de COMAR, que por su traducción es el Comité sobre el Hombre y la Radiación esta es parte de la IEEE con su rama de la Ingeniería en sociedad con la Medicina y la Biología [12], exponen que diferentes organismos deben ser asociados con el fin de desarrollar más técnicas para demostrar los peligros de la radiación electromagnética de

las comunicaciones inalámbricas 5G, así lo sugieren otros autores como [1].

La preocupación llega ya que con esta tecnología se puede transmitir datos a más altas velocidades en comparación con los anteriores sistemas de telecomunicaciones, estos sistemas pueden operar de 100 a 1000 MHz de frecuencia y alcanzar inclusive en el orden de los GHz, donde sus longitudes de onda llegarían a 10mm o menos, estas se denominan Ondas Milimétricas (mmW).

Este trabajo postula que las ondas milimétricas no ingresan en el follaje y en los diferentes materiales de construcción, así como señales a frecuencias más bajas, por ende, estas redes requieren un gran despliegue para proporcionar una cobertura eficaz. Se requiere conocer qué impacto tendrá en la salud de las personas. Ante esto, se expresa posible influencia de radiación no ionizante en la población considerando el límite de exposición a estos sistemas que se describe a continuación:

- Aumento significativo de la temperatura del tejido expuesto, con un límite superior a 2 GHz.
- La FDA (Administración de Drogas y Alimentos por su traducción al español) considera que entre los 800 y 2500 MHz en tecnologías de 2G a 4G, no hay ninguna correlación con el desarrollo de algún tipo de cáncer.
- El peligro de las ondas milimétricas podría aumentar la temperatura de la piel a aproximadamente 44°C, si se mantiene una exposición por minutos puede causar quemaduras en la piel y la córnea. Esto es apoyado en otros artículos como [13].
- A intensidades suficientemente altas, las ondas milimétricas son particularmente dañinas al cristalino del ojo y la córnea ya que tienen capacidad limitada para disipar energía térmica, considerando una frecuencia de 60 GHz y una densidad de potencia de 100 W/m².

Postura: Este estudio ha determinado que, a exposiciones por debajo de los límites

establecidos no genera problema alguno de salud en los seres humanos. Sin embargo, se considera que debido a los escasos estudios y literatura se debe seguir efectuando más investigaciones en esta línea.

2.2.4. Calabrò y Magazù

Desde hace un tiempo atrás, ha aumentado el número de usuarios en la red, con el crecimiento de esta, existe una alta demanda que permitiesen tolerar múltiples dispositivos conectados y que admitan navegar a una mayor velocidad con latencias mucho menores, por ende ha comenzado a llegar la red 5G que tiene una gran capacidad para sostener las características antes mencionadas [14], todo esto conlleva a que exista una contaminación de ondas de radio que inquietan a la población sobre posibles efectos negativos en el cuerpo humano. En la tecnología 4G, si se tiene un tiempo prolongado de exposición a esta radiación, causa efectos nocivos en la salud cómo es el daño oxidativo en los tejidos cerebrales [14].

La nueva red 5G plantea trabajar en frecuencias superiores a 20 GHz, experimentos en ratas de laboratorio mostraron que:

- Existe modificación en los canales iónicos.
- Depresión en el crecimiento de células bacterianas.
- Alteración en la conformación de células cromáticas.
- Daño en la conformación del ADN.

Todos estos efectos producidos por alta radiación por un tiempo determinado de exposición, esto podría presentarse también en el cuerpo humano [15].

Postura: A medida que crece la demanda por más tecnología se incrementan las cuestiones a ser resueltas en el ámbito de la salud, que sean seguras o no, por ende, se recomienda seguir con estudios de laboratorio y de campo, para desmentir muchos mitos sobre la tecnología 5G, y de esta manera diseñar nuevos

dispositivos que no afecten a la integridad de los seres humanos y del medio ambiente.

2.2.5. Chiaraviglio, Elzanaty y Alouini

El primer autor efectúa un nuevo estudio con otros colaboradores [1], este trabajo se lo desarrolló con el fin de construir una idea más clara para poder afirmar o negar los efectos nocivos en la salud de los seres humanos, sobre la radiación no ionizante de las comunicaciones 5G.

Como punto de partida, se establecen los rangos que se consideran para los dos tipos de radiación como se expresa en la Tabla 3:

Tabla 3. Tipos de Radiación [1].

Tipos de Radiación	Resultados
Ionizante	Onda electromagnética con energía suficiente para eliminar electrones del átomo, haciendo que este se ionice. En el rango entran las siguientes: Rayos X con 3×10^{16} Hz Rayos Gamma mayor a 3×10^{19} Hz Las células expuestas a este tipo de radiación mueren o se vuelven cancerígenas.
No Ionizante	Ondas electromagnéticas que no tienen suficiente energía para realizar cambios en la estructura atómica. Sin embargo, producen vibraciones en las moléculas y que posiblemente puedan generar algún problema de salud. Las telecomunicaciones se basan en este tipo de radiación. Dentro de este tipo de radiación se pueden clasificar en: * Térmicas (Calentamiento de tejidos u órganos expuesto, como la piel).

* No térmicas (No existe una evidencia clara de efectos de salud para esta).

Este primer análisis ha servido para aclarar las dudas con respecto a la radiación no ionizante, con el fin de establecer la base para las telecomunicaciones, ahora se enfocará en los efectos negativos para la salud humana, pero cabe aclarar que los efectos son producidos en algunos animales de laboratorio y no en seres humanos, se presenta la lista de los efectos según [1].

- Tumor de glioma en el cerebro.
- Tumor de gliales del corazón.
- Tumor de glándulas parótidas.

Estos experimentos se han realizado en animales de laboratorio y los posibles efectos para los seres humanos se tiene:

- Altas dosis de exposición se tiene una quemadura leve en la piel.
- Alta exposición causa efectos oculares (cataratas, daños en la retina y problemas de córnea).
- Metabolismo de la glucosa en las células.

Postura: Desde el punto de vista de la ingeniería no existen efectos nocivos para la salud y recomienda seguir efectuando estudios médicos o de ingeniería para poder emitir un juicio más acertado sobre los problemas de salud que pudiesen causar.

2.2.6. Chiaraviglio, Fiore y Rossi

En el año 2019 los autores mencionados presentan este trabajo [13], en cual se centran en varios aspectos como se especifica en la Tabla 4:

Tabla 4. Posibles problemas del 5G [13].

Problemática	Resultados
Surgimiento de tumores con respecto al 5G.	En estaciones base como las de 2G y 3G, a un nivel alto de exposición generaron tumores cardíacos, cerebrales y en las glándulas suprarrenales en roedores están relacionados. La Agencia Internacional para la Investigación contra el Cáncer declaró que las ondas no ionizantes son posiblemente cancerígenas en humanos.
Proliferación incontrolada de estaciones base 5G.	Al desplegar en exceso estas estaciones aumentaría los niveles de radiación electromagnética y con esto aumenta la especulación sobre los límites establecidos para la exposición a la radiación, el estudio sugiere que a medida que aumentan las estaciones reduce de manera constante la potencia transmitida. En conclusión, la potencia irradiada por cada estación base se reduce cuando se aumenta el número de estaciones base.
	Esta tecnología usa ondas milimétricas a 26 GHz En este estudio, se recuerda que el 5G no es de uso exclusivo las ondas milimétricas, ya que esto solo se admitirá para servicios

Ondas milimétricas en el 5G. especializados, estas se atenúan fuertemente al atravesar obstáculos y genera deficiencias y por consiguiente se comprueba que el uso de estas se limita al calentamiento de la piel y no produce efectos en la salud, también se desmiente que una ave muera cuando está cerca de una antena 5G de onda milimétrica ya que su rango está entre los 100W y 200W de potencia máxima

Falta de estudios sobre las emisiones de las estaciones 5G. Se disputa este punto porque aún no se han liberado los estudios en condiciones en la vida real sobre los efectos en la salud que puede tener.

Es imposible medir los niveles de radiación de las estaciones 5G. Con aplicaciones móviles es prácticamente imposible medir de manera realista la radiación emitida por las estaciones base 5G, para que una medición sea efectiva, se debe realizar en un rango de frecuencia determinado y en diferentes bandas. Se debe utilizar un equipo que permita calibrar los parámetros establecidos y otros más para poder tener una apreciación más exacta y debe ser manejado por personal especializado.

Postura: Analizando los puntos expuestos en la Tabla 4 y sobre la base de la documentación expuestas en dicho trabajo, los resultados no fueron concluyentes ya que la experimentación se ha realizado en animales de laboratorio y no en condiciones reales recomendando que continúen con la

investigación en la parte médica o de ingeniería para que exista un mejor criterio.

2.2.7. Ciuala A.

El crecimiento de algunas estaciones base para implementar las redes 5G están en aumento en diferentes partes del mundo con el fin de mejorar las telecomunicaciones, pero, ¿qué hay detrás de todo esto? ¿acaso no se ha tomado en cuenta los riesgos posibles para la salud de los seres humanos y el medioambiente? Existen más interrogantes sobre esta nueva tecnología, el presente artículo pretende dar a conocer posibles efectos nocivos al momento de implementarla [5].

Varios estudios sugieren que al estar expuestos a la radiación de algunas estaciones base 5G, pueden causar estrés oxidativo que puede desembocar en daño a la base oxidativa del ADN, los estudios pertinentes aún no son concluyentes para llegar a una afirmación [16]. Algunos organismos o entidades han sugerido que la exposición a la radiación no ionizante no muestra un mayor riesgo en la aparición de tumores, una de estas es el Comité Científico sobre Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados que apoya esta teoría. Se puede encontrar más información en [5].

Postura: Dentro de este trabajo se han elegido diferentes artículos con excelente base científica, permitiendo identificar diferentes patologías que podrían aparecer al estar expuestos a la radiación no ionizante, estos son:

- Homeostasis vascular.
- Efectos en el ámbito reproductivo, metabólico y reproductivos.
- El uso de ondas milimétricas puede aumentar la temperatura de la piel.
- Daño ocular y neuromuscular.

A pesar de tener evidencias científicas relevantes, aún se necesitan más estudios que puedan confirmar o desmentir los efectos sobre la salud de los seres humanos.

2.2.8. Deruelle F.

Este estudio recalca que en Rusia se toman precauciones reales al momento de desplegar la tecnología 5G [17], refiriéndose a los estándares sobre radiación permitida, existen otros organismos internacionales, como FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) o la IEEE que realizan estudios para garantizar que se cumplan con los modelos establecidos para prevenir alguna anomalía en la población [1].

Más de 170 científicos han advertido sobre los peligros posibles que generan el despliegue de las comunicaciones 5G, entre ellas se tienen:

- Incidencia de cáncer.
- Aumento de radicales libres.
- Daño genético y reproductivo.
- Déficit de aprendizaje.
- Trastornos neurológicos.

Se han dado los respectivos permisos para poder desplegar esta nueva tecnología, sin la previa investigación de los efectos que pueda causar en la biología de los seres humanos y otras especies, es decir, que aún no se encuentra suficiente evidencia sobre las ondas milimétricas y su afectación, entre las cuales se encuentran:

- Aumento de la temperatura en la piel.
- Arritmias cardíacas.
- Daño ocular.
- Afectación al sistema neuromuscular, todo esto apoyado en diferentes estudios como por ejemplo en [5].

Postura: Esta tecnología es nueva relativamente ya que están comenzando a desplegarse, pero existe duda sobre los efectos que puedan causar sobre la salud de los seres humanos, se necesitan más investigaciones a fondo para proceder con una posición ya sea positiva o negativa y se recomienda seguir efectuando pruebas sobre la radiación electromagnética y sus efectos sobre la salud.

2.2.9. Guraliuc y otros

Aún no ha sido masificando, ni socializado el despliegue de la nueva tecnología 5G que permitirá tener mayor ancho de banda, un acceso más rápido a la información, entre otras características excelentes, cosa que las anteriores generaciones de telecomunicaciones no pueden superar pero esto lleva una gran responsabilidad con todos los actores involucrados (empresas particulares, estatales, entre otros organismos), con el fin de precautelar la seguridad en ámbitos de salud para todos los usuarios por ende se necesita conocer los daños posibles que puedan causar [18].

Al igual que en el trabajo anterior sobre la exposición con los teléfonos celulares que funcionarán en 5G, se da a conocer los efectos que pueden causar sobre el uso excesivo de estos dispositivos [19].

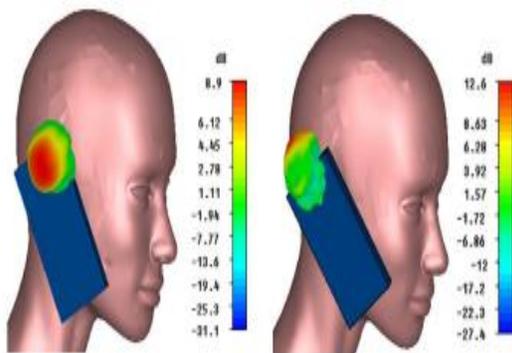


Figura 8.- Ganancia de antena [18].

En la Figura 8 al tener el dispositivo en esa posición se tiene una ganancia de la antena de 3.7dB, el mapa de calor muestra el impacto posiblemente negativo en el borde de la oreja, esto está representado por color rojo que es la zona más afectada.

Postura: El uso de una frecuencia de 60 GHz y una densidad de 0.5mm, se ha determinado en diferentes simulaciones que la interacción entre las ondas milimétricas y la cabeza del ser humano, pueden afectar únicamente a la piel y no traspasar a otras áreas como sería el cerebro. En general este estudio necesita ser complementado con otros más

profundos que puedan sacar de dudas a todos los usuarios de las redes 5G, sin que esta se vea comprometida en futuras implementaciones en diferentes partes del mundo.

2.2.10. Ibrahim, Rahman y Elijah

Los autores del presente trabajo se centran en una antena específica que sería usada en la implementación de redes 5G, estas son las antenas en forma de matriz con único dipolo 5x5, para obtener resultados se realiza la simulación en un software que se llama FEKO esto permitirá desarrollar mediciones de SAR y densidad de potencia (DP) con una distancia fija, con el fin de determinar a qué partes del cuerpo humano se tiene afectación negativa en la salud [20].

Los límites de exposición considerados son:

- Menor o igual a 10 GHz se tiene un SAR con valor 0.08 W/Kg de afectación a todo el cuerpo sobre los 10g.
- En la misma frecuencia de la primera se tiene un SAR de 2 W/Kg que afecta a la cabeza y tronco.
- Misma frecuencia se tiene un SAR de 4 W/Kg, se tiene una afectación a extremidades.

Dado estos valores por diferentes organismos, para tener un límite de exposición, los fabricantes se centran en no sobrepasar estos lineamientos para así evitar sanciones, pero esto no tiene que caer en conflictos de intereses de ninguna de las partes [4] y que se cumpla los parámetros establecidos por cada gobierno con el fin de poder proteger a sus ciudadanos [21].

Postura: Los estudios realizados en la siguiente antena (ver Figura 9) especifican que:

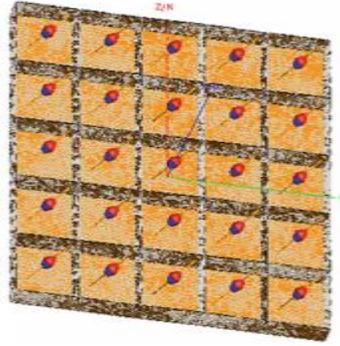


Figura 9.- Antena con matriz 5x5 [20].

Los valores de SAR y de DP aumentan si el usuario mantiene una distancia fija es decir mantiene un mismo radio desde la antena hacia él, mientras que si este se aleja de los valores antes mencionados disminuirán traduciendo en que los efectos físicos o biológicos en los seres humanos dependerá de la distancia que se encuentren de las estaciones base 5G, por último se plantea una nueva investigación que examinará a diferentes longitudes, para estudiar posibles efectos en la salud de los seres humanos.

2.2.11. Kaburcuk F.

Varias investigaciones señalan que el uso de los celulares conjuntamente con la radiación de estaciones base 4G o 5G pueden causar dolores de cabeza o incluso llegar a desarrollar tumores cerebrales por la alta exposición, debido al uso masivo de estas tecnologías [22] por ende, este estudio permitirá conocer algunos efectos que causarían al estar expuestos a un tiempo mayor al recomendado por diferentes organismos dedicados a estudiar estos impactos sobre la salud de los seres humanos.

Se emplea como una unidad de medida la tasa de absorción específica (SAR), para calcular el impacto en la cabeza de los usuarios, se emplea una técnica que se llama modelo multifísico que permite simular tejidos, piel, materia gris entre otras, este prototipo experimenta con frecuencias de 2.1 a 3.6 GHz que está por debajo de los 6 GHz que usaría 5G.

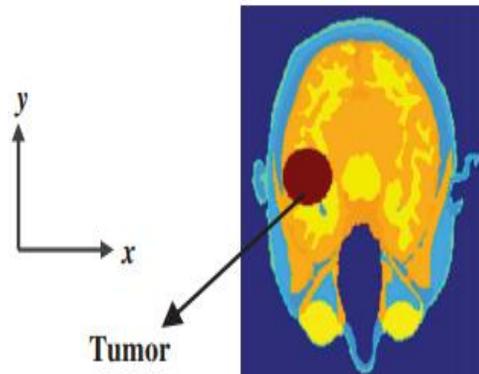


Figura 10.- Ubicación del tumor [22].

En la Figura 10 se tiene una ubicación del tumor en esa sección, ya que es la más cercana a la oreja y por ende está sección del cuerpo humano se ubica el celular para proceder a hacer llamadas y es la que está más expuesta a la radiación del móvil y sé la ha considerado como exposición de campo cercano [22], las dimensiones del tumor son 3.60 cm × 3.24 cm × 3.24 cm de forma elipsoide, es decir que no tendrá bordes irregulares.

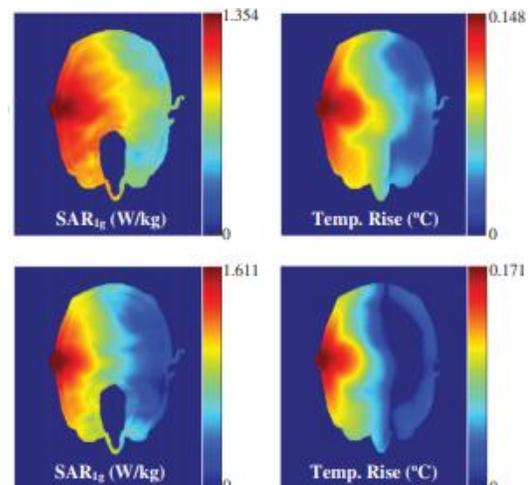


Figura 11.- Mapa de calor y la exposición [22].

Al proceder con los experimentos pertinentes mostrados en la Figura 11 entre una cabeza sana y una con enfermedad, se realiza la respectiva comparación llegando a determinar que en la primera tiene un patrón de calor más amplio, ya que contiene un cuerpo extraño en el organismo, mientras que sin tumor el mapa de calor muestra un ligero aumento desde la oreja, pero no difieren mucho el uno del otro.

Postura: Al desarrollar diferentes simulaciones, se tiene que el patrón de temperatura no tiene mucha diferencia entre una cabeza sana como una con tumor y al existir un incremento del calor en dicha región pueda aumentar los signos y síntomas del paciente respecto a dolores de cabeza, migraña entre otras, el autor sugiere que se sigan realizando más investigaciones en condiciones reales.

2.2.12. Kim S.

Diferentes sectores de la población han reaccionado ante la posibilidad de que el despliegue de las redes 5G, puedan ser perjudiciales para la salud y el medio ambiente, ante estos problemas se expresa en esta investigación [23], las consecuencias negativas para todos aquellos que usen esta herramienta.

Se sugiere usar unidades de medición básica como el SAR (tasa de absorción específica), conjuntamente con la densidad de potencia (DP) para determinar con otros factores, los impactos posiblemente negativos de la radiación no ionizante ya sea en la superficie del cuerpo humano o aún más preocupante dentro de este, esto se puede comprobar también en trabajos previos como [24], [25], [26] o [19].

Postura: Los estudios deben centrarse por ejemplo en la frecuencia de 28 GHz a la cual operará el 5G, incluir otros rangos de frecuencia como se describe en trabajos como [15].

Se considera también los efectos térmicos y no térmicos que puedan generar estas redes 5G se incluye daño a nivel celular, cambios en la temperatura corporal, llegando inclusive a causar grandes lesiones, estos efectos se pueden apoyar en el siguiente trabajo [27].

2.2.13. Kim y Nasim

La creciente demanda de dispositivos que se desean conectar a una red, exige una alta transferencia de datos, evitar interrupciones, entre otras características, esto supone implementar una nueva generación en las redes de telecomunicaciones para poder lograr este

cometido, sin embargo, ha surgido una preocupación en temas de salud entre la comunidad científica y usuarios en general poniendo en tela de duda que tan seguro será esta nueva tecnología [19].

Para que la nueva generación (5G) pueda alcanzar grandes velocidades se requiere aumentar la potencia de la señal, al tener este efecto también se espera que las frecuencias sean más altas y, por ende, la tasa de absorción específica (SAR) aumenta. Parte de esta tecnología requiere que sus antenas estén más cerca entre sí y de los usuarios, lo que aumenta el nivel de exposición a diferencia de las anteriores tecnologías, estas características también se apoyan en los siguientes trabajos [16] y [20].

Para desarrollar diferentes mediciones se deben emplear diferentes técnicas, que aún no se encuentran al cien por ciento desarrolladas, las más usadas sería el SAR (Tasa de Absorción Específica) y DP (Densidad de Potencia), pero se deben considerar otras formas de cálculo como son las técnicas de extrapolación en señales 5G como lo plantea [28].

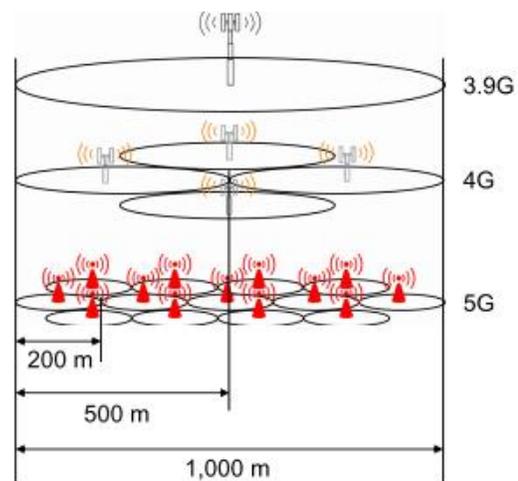


Figura 12.- Antenas usadas en las diferentes generaciones de telecomunicaciones [19].

Postura: Como se aprecian en la Figura 12 las diferentes tecnologías de telecomunicaciones, expresa en un párrafo anterior sobre un ecosistema de antenas para generar mayor capacidad de respuesta, a esto

llega la preocupación sobre el peligro potencial que representa la radiación emitida por estas antenas, entre estos podrían ser el calentamiento de tejidos u órganos expuestos a esta, causando lesiones a largo plazo, afectación a glándulas sudoríparas, nervios periféricos, daños oculares, testiculares, entre otros, por eso se recomienda seguir desarrollando pruebas para descartar algún daño en cuerpo humano [15] [19].

2.2.14. Kostoff y Otros

En el presente trabajo los autores de [3] desarrollaron investigaciones encontrando que, varios experimentos realizados no se realizan en ambientes reales y por consiguiente no se ha podido determinar los efectos más severos dentro de la salud humana a la exposición de la radiación de una estación 5G. En este estudio la frecuencia a la que se trabaja es de 3 Hz hasta los 300 GHz, se realiza con esta frecuencia ya que el mismo autor en trabajos anteriores determina que el cuerpo humano puede ser expuesto por corto tiempo a la radiación no ionizante con fines terapéuticos. Mientras que al superar el 1 GHz a larga duración tendrá efectos perjudiciales para la salud [3].

Dentro de las comunicaciones 5G [3], al utilizar ondas milimétricas como parte de esta tecnología, determinaron los efectos en la superficie de la piel humana y en los ojos como son:

- Cáncer de piel.
- Cataratas.
- Calentamiento de la piel.

También puede existir respuestas biológicas a la radiación, como efectos fisiológicos a los siguientes sistemas:

- Sistema nervioso.
- Sistema inmunológico.
- Sistema circulatorio más específico al corazón.

Por otro lado, el mismo trabajo hace mención de un trabajo realizado por un investigador de la ex Unión Soviética que se

llama Zalyubovskaya, que, en el año de 1977 efectúa experimentos con una potencia de 10,000,000 micro Watts por metro cuadrado y con frecuencias de 60 GHz, superando los límites establecidos por la FCC (Comisión Federal de las Comunicaciones), se tuvieron resultados que afectaron a la piel y también a:

- Corazón.
- Hígado.
- Riñones.
- Bazo.
- Cambios en las propiedades de la sangre.
- Médula ósea.

Postura: Enfatizando que es una frecuencia de portadora no modulada, acotando que las pruebas realizadas no fueron creadas en la vida real, pero se debe considerar ya que los seres vivos en general están expuestos a muchos estímulos tóxicos.

Su postura también indica que no toda la radiación causa efectos negativos en el ser humano, concluyendo que, sí existe afectación a la salud humana, pero se considera desarrollar experimentos en condiciones de vida real antes de emitir un juicio más amplio.

2.2.15. Nasim y Kim

Estos autores efectúan varios trabajos con respecto al tema de las comunicaciones 5G y su posible afectación en la salud, este trabajo del año 2019 trata esta problemática y pone en conocimiento al público [24].

Ahora bien, este trabajo [26] se centra directamente a los enlaces descendentes de las comunicaciones 5G, tomando en cuenta que la tasa de absorción es más alta en los sistemas de celulares actuales y se debe tener en cuenta para las ondas milimétricas y su posible afectación en la salud.

Considerando la tasa de absorción específica (SAR) y la densidad de potencia (DP) como los parámetros de medición más utilizados

se tienen los posibles riesgos y la cantidad permitida de estos factores:

- Para la cabeza y el tronco, se tiene un SAR de 2 W/Kg.
- Resto de extremidades en el tren superior es de 4 W/Kg, con una duración de exposición de 6 minutos y para 10 gramos de tejidos, teniendo en cuenta la frecuencia de 28 GHz [26].

Postura: Con los datos anteriores se establece que pueden existir problemas de salud, si se tiene una larga exposición a la radiación de los campos electromagnéticos de las comunicaciones 5G, recomendando que se tomen los valores del SAR y DP como principales elementos para tener una apreciación de cuanta radiación se puede absorber y determinar si existen problemas en la salud humana.

2.2.16. Nasim y Kim

Éste es un trabajo publicado en el año 2020 y tiene como finalidad establecer la creciente demanda para tener mayor velocidad de conexión, acceso a datos o información a un tiempo menor por ende se han desarrollado nuevas tecnologías que superen los 6 GHz en comunicaciones inalámbricas, pero la proliferación de estas herramientas crea inquietudes dentro de los usuarios como por ejemplo, si es seguro, es confiable, si causa o no daños en la salud de las personas, por ende estos autores pretenden dar una explicación al tema relacionado con la salubridad de los usuarios [25].

La estación base 5G se van a encontrar más cerca de los usuarios a diferencia de las anteriores tecnologías, ya que éstas cubrirán un área geográfica más pequeña y por ende su distancia entre antenas es más corta [29]. Estos sistemas 5G, pueden funcionar a diferentes frecuencias como por ejemplo en 6 GHz o a 28 GHz, en el caso de la primera frecuencia, una

exposición prolongada podría tener impactos negativos en el cuerpo humano [23].

Diferentes organismos de algunas partes del mundo establecen límites de exposición como la FCC o la ICNIRP, teniendo como base el SAR en un rango de hasta 1.6 W/Kg y la DP con un máximo de 10 W/m², se debe entender que una directriz o estándar a nivel global que permita tener una mayor exactitud al momento de realizar mediciones y establecer efectos positivos o negativos sobre los usuarios de las redes 5G.

Postura: Para que existan efectos biológicos en el cuerpo de los seres humanos, la radiación electromagnética no ionizante dependerá del nivel de energía absorbida por los tejidos, la profundidad de penetración de estas ondas y que superen los 6 GHz a los cuales funcionaría 5G. La evidencia científica sigue siendo escasa y se sugiere continuar con las investigaciones pertinentes.

2.2.17. Portalea R.

Aumenta gradualmente la contaminación radioeléctrica, por la proliferación de múltiples aplicativos para este efecto, a medida que comienza a existir mayor demanda por el acceso a datos o información crece o es necesario desarrollar nuevas tecnologías, con el fin de satisfacer la demanda de los usuarios [30].

Con el fin de tratar de contestar a las interrogantes que se plantean en la población, sobre si las emisiones de radiación de los sistemas 5G, son perjudiciales para la salud o el medio ambiente, se realiza una comparativa con los límites de exposición a la radiación no ionizante recomendados, conjuntamente apoyado con el siguiente trabajo [31].

Los límites de exposición a la radiación que se considera en España son:

Tabla 5. Problemáticas con las frecuencias en España [31].

Rango de frecuencias	Problema
Desde 0 a 1 Hz	Se desea prevenir efectos en el sistema cardiovascular y sistema nervioso central.
Desde 1.1 Hz hasta 10 MHz	Este es el límite para prevenir afectaciones en el sistema nervioso.
Desde 100 KHz hasta 10 GHz	Se tiene un límite para prevenir fatiga calórica en todo el cuerpo humano y un calentamiento excesivo de órganos o tejidos expuestos.
De 10 GHz hasta 300 GHz	Se considera que puede existir calentamiento de tejidos en la superficie corporal.

Esto con el fin de prevenir algún efecto adverso en la salud de los usuarios mientras realizan sus actividades usando esta tecnología, su rango a ser considerado es de 3 KHz hasta 300 GHz.

El SAR (Specific Absorption Rate), considera que a una exposición de 30 minutos con un valor de 4 W/Kg aumenta la temperatura en 1°C de un tejido expuesto, para esto el individuo deberá permanecer en reposo para experimentar este efecto, esto es perjudicial para la salud de los seres humanos. También se puede corroborar en el siguiente trabajo [30] y [31].

Postura: Los Estados junto con las compañías que despliegan la tecnología 5G entre otros organismos, deben examinar diferentes técnicas para establecer límites de exposición en cada país, tomando en cuenta diferentes factores como: flujo de usuarios por las calles, densidad de las edificaciones, entre otros para realizar sus cálculos y difundir si existe un peligro para la población, evitando conflictos de intereses como se menciona en [4].

2.2.18. Russell C.

La popularidad que han tenido los diferentes dispositivos de comunicación han hecho que la demanda por más ancho de banda aumente y por consiguiente dependería de una nueva infraestructura para poder realizarlo, sin embargo, la expansión de esta nueva tecnología supone un reto y un riesgo para todos los usuarios creando una controversia, esto supone que la radiación que estas antenas emiten generarían un riesgo para la salud de los seres humanos, esto sugiere que se involucren diferentes entidades, tanto del estado como no gubernamentales, con el fin de realizar investigaciones sobre las posibles consecuencias para la salud humana convirtiéndose en un tema de salud pública [32], pero esto no debe de caer en un tema de conflictos de intereses con ninguna área o compañía en específico [4], lo que se requiere es que continúen con las investigaciones pertinentes para descartar cualquier desinformación que se pudiese generar.

Postura: Los posibles efectos en la salud son:

- Afectación a la integridad del ADN.
- Daño en los espermatozoides.
- Disfunción inmunológica.
- Cambios neurodegenerativos.
- Cáncer de cerebro.
- También se tiene efectos electro sensibles como: dolores de cabeza, insomnio, mareos, náuseas, falta de concentración, entre otros.

Por ende, los sistemas que emiten radiación no ionizante requieren más estudios para confirmar o descartar estos efectos nocivos para la salud de los seres humanos y del entorno que los rodea.

2.2.19. Shehu, Mubarak y Mustapha

Siempre existe el temor a las nuevas tecnologías y como estas puedan tener efectos positivos o negativos en los seres humanos específicamente en la salud, por ende, este artículo pretenderá dar su punto de vista con el fin de poder aclarar dudas [6].

También expresa enfáticamente que para el ámbito de las telecomunicaciones se emplea la radiación no ionizante, basándose en otros autores [1]. Analizando distintos estudios se podrían establecer las siguientes afectaciones:

- Posible causa de cáncer, según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer indicó que dependiendo de la intensidad y la duración de exposición podría tener efectos cancerígenos en cuerpo humano.
- El organismo mencionado en el anterior punto también apunta a que podría producir Alzheimer.
- Debido a una larga exposición podría causar aborto espontáneo, pero aún no se ha comprobado este efecto.
- De la misma manera este autor expresa la radiación no ionizante con su efecto térmico sobre la piel de los seres humanos, apoyado en artículos como [15], [14].
- Efectos cancerígenos en el cerebro.
- Desequilibrio en el sistema inmunológico [3], se debe considerar que todos estos efectos no están cien por ciento científicamente comprobados.

Postura: El autor considera que son posibles efectos de la radiación electromagnética y recomienda que continúen desarrollando estudios epidemiológicos sobre el presente tema.

2.2.20. Simkó y Mattsson

Continuando con la línea de investigación este trabajo [15] sugiere que si existe una relación entre el resquebrajo de la salud humana a la exposición de la tecnología 5G a frecuencias entre 6 a 100 GHz. Revisando estudios que se realizaron en vivo o in vitro, debido que recoge información de otros trabajos se presenta a continuación una estadística sobre los el número de publicaciones y el rango de las frecuencias trabajadas, con el fin de poder esclarecer una posible afectación a la salud de los seres humanos.

De la misma manera, para frecuencias no resonantes se usan distintas variaciones como se expresa en el trabajo de [14], con el fin de determinar si existe una afectación ya que poco a poco se va convirtiendo en tema de salud pública.

Para comprender de mejor manera los autores [15] dan a conocer una subdivisión del espectro de frecuencia 5G, en los siguientes puntos:

- Menor a 1 GHz - Cobertura de red, IoT.
- Entre 1 a 6 GHz - Cobertura de red, IoT, Transferencia de datos.
- Mayor a 6 GHz - Mayor capacidad de transferencia de datos a altas velocidades - Alcance corto, Tiempo de Latencia Corto.

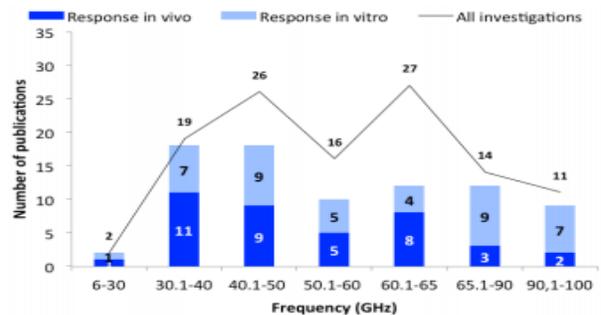


Figura 13.- Tipos de experimentos realizados [15].

En la Figura 13 se consideran los rangos de frecuencias que podrían afectar a la salud de los individuos, realizando diferentes experimentos.

Postura: En el caso de la Tasa de Absorción Específica (SAR) indica que, si se superan los valores de 4W/Kg provoca un calentamiento tisular de 1°C. El límite considerado de exposición para el público en general es de 0.08W/Kg (SAR). Estudios en vivo (bacterias, hongos, ratones, conejos y algunos humanos) se encuentra que un 80% se encuentra reacción a la exposición superando los límites establecidos.

Tabla 6. Frecuencias y Posibles daños [14].

Frecuencias	Posibles Daños
Hasta 30 GHz	En fibroblastos con valores de 25 GHz, 0.80mW/cm ² a 20 minutos, se encuentra efectos genotóxicos, con valores superiores de SAR de 20 W/Kg se tienen problemas.
De 30.1 GHz a 40 GHz	Se encuentran reacciones después de la exposición como: inflamación de tejidos, cambios de temperatura en la piel, cambios morfológicos, presión arterial, respuesta bacteriana. Después de 15 minutos existe liberación de radicales libres.
De 40.1 GHz a 50 GHz	Presenta cambios de estrés oxidativos con densidades de potencia de 0.02 hasta 450mW/cm ² , presenta problemas en el sistema inmunológico, neurológico, morfológico y genotóxico. A valores de 42 GHz a 100, 150, 240 uW/cm ² , entre 20 y 40 minutos de exposición presenta radicales libres, activación de canales iónicos de potasio.
	Estudios realizados en voluntarios se expresa que, en puntos de acupuntura

De 50.1 GHz a 60 GHz	sobre la piel, existe cambio en las propiedades dieléctricas de la piel. A 475 mW/cm ² y 1898 mW/cm ² y 30 minutos de exposición se encuentran lesiones térmicas agudas en los ojos.
De 60.1 GHz a 65 GHz	Ratones inyectados con células tumorales presentan una inhibición al crecimiento de estas, con exposición a 61.22 GHz con 13.3mW/cm ² por 15 días.
De 65.1 GHz a 90 GHz	Se identifica daño ocular, específicamente en el epitelio corneal a 75 GHz con 143 mW/cm ² . En hámster con una frecuencia hasta 75 GHz con 450mW/cm ² , muestra la inhibición de la síntesis de proteínas, la proliferación celular y muerte celular en densidad de potencia más alta de la que se describe.
De 90.1 GHz a 100 GHz	Se encuentra efectos agudos en la contracción muscular, reflexión de la piel, y la posible incidencia de cáncer de piel.

A pesar de contar con dichos datos como se muestra en la Tabla 6 se requieren más estudios específicos en voluntarios sanos para poder determinar una correlación entre la densidad de potencia, la tasa de absorción específica, la frecuencia y el tiempo de exposición para aclarar con más detalle los riesgos que representaría la radiación de las redes 5G.

3. Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los diferentes artículos científicos descritos en este trabajo, con el fin de dar a conocer los problemas que causa la radiación electromagnética de las comunicaciones 5G.

Luego de tener estas posturas se procede a redactar algunas formas de protección contra esta radiación, basado en las diferentes publicaciones científicas.

3.1 Resultados obtenidos

De las investigaciones llevadas a cabo se han trabajado con un total de 38 artículos vinculados específicamente a la temática planteada, cómo es conocer si se tiene algún efecto contraproducente en la salud humana al estar expuesto a la radiación de los sistemas 5G, de los cuales 20 trabajos se tomaron para realizar el análisis respectivo a la problemática surgida, los 18 artículos restantes son de apoyo para la investigación producida.

Sobre la base de la información obtenida en 2.2. Investigaciones previas, se puede responder a la pregunta **Q1**: ¿Existe algún riesgo para la salud humana la radiación electromagnética de las comunicaciones 5G?

Y la respuesta es sí, existen riesgos para la salud humana al estar expuesto a este tipo de radiación no ionizante que emiten las comunicaciones 5G, pero se debe tomar en cuenta que esto no sería una única fuente de irradiación, sino que intervienen las otras antenas de las antiguas generaciones de telecomunicaciones.

A continuación, se presenta la extracción de los datos, es decir que se obtienen las diferentes posturas de cada uno de los autores, se presentará en una tabla los tipos de radiación, en este caso la ionizante como no ionizante que se usa en las telecomunicaciones, así mismo las consecuencias posibles de estar expuesto a esta y finalmente se pretenderá dar a conocer posibles maneras de mitigar los efectos de esta.

Tabla 7.- Posibles riesgos para la salud humana.

Autores	Tipos de Radaición		Posibles Afectaciones													
	Ionizante	No Ionizante	Calentamiento de la piel	Cáncer de piel	Problemas Oculares	Sistema Nervioso	Sistema Circulatorio	Sistema Inmunológico	Sistema Reproductor	Afectación en órganos			Dolores de cabeza (migraña)	Tumor cerebral	Estrés	Cambio metabólico celular
										Cerebro	Corazón	Riñones				
Awada y Otros		X	X	X			X		X				X	X	X	
Betzalela, Ishaia y Feldman		X	X	X												
Bushberg y Otros		X	X	X	X											
Calabró y Magazú		X	X												X	X
Chiaraviglio, Elzanaty y Alouini	X	X	X		X		X			X				X		X
Chiaraviglio, Fiore y Rossi		X					X							X		
Ciaula A.		X	X		X				X							
Deruelle F.				X	X		X		X				X			X
Guraliuc y Otros		X				X				X				X		
Ibrahim, Rahman y Elijah		X	X										X			X
Kaburcuk F.		X								X			X	X		
Kim S.		X	X		X											
Kim y Nasim		X	X			X							X			
Kostoff y Otros	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X				X
Nasim y Kim		X	X							X			X			
Nasim y Kim		X	X													
Portalea R.		X	X			X	X									
Russell C.		X				X		X	X	X			X	X		X
Shehu, Mubarak y Mustapha		X	X	X				X		X				X		
Simkó y Mattsson		X	X	X			X									X
Total			15	6	6	5	7	3	4	7	1	1	7	7	2	7

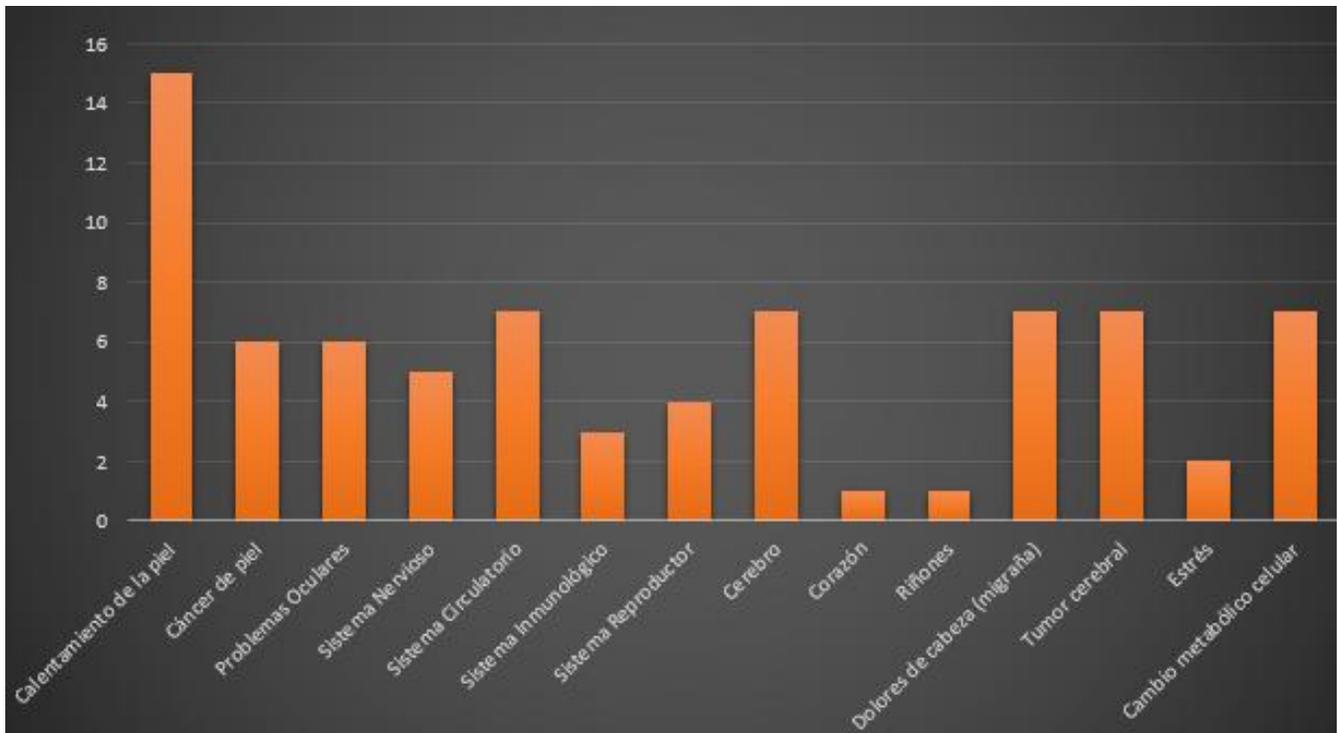


Figura 14.- Posibles efectos nocivos del 5G.

Para conocer a que parte del organismo humano puede tener una mayor o menor posibilidad de tener algún problema en la salud de los seres humanos, se ha realizado un mapa de riesgos que permite identificar la principal causa de enfermedad al estar expuesto a la radiación de los diferentes sistemas que 5G.

A continuación, se presenta el mapa de riesgos:

Tabla 8. Mapa de riesgos.

Riesgo Máximo	15
Riesgo Moderado	7
Riesgo Medio	4 y 6
Riesgo Bajo	1 y 3

Analizando los resultados obtenidos se tiene que la principal afectación podría ser el calentamiento de la piel, al estar expuesto a la radiación electromagnética.

Seguido se tiene posibles efectos negativos en el cerebro, ya que el uso de la telefonía móvil es concurrente, ya sea que se esté realizando una

llamada, revisando mensajes u otra actividad, como se muestra en el trabajo de Kaburcuk [22] o en el trabajo de Guraliuc [18].

Otra problemática que atañe es que podría ser posiblemente cancerígeno, en la región de la piel de los seres humanos, así mismo por el uso de la telefonía celular combinado con la radiación de los sistemas 5G, es posible causante de problemas oculares como por ejemplo en la retina o la córnea.

Por otra parte, se tiene también problemas en los diferentes sistemas del cuerpo humano y esto puede ser causal de revisión por parte del cuerpo médico en el caso de presentarse algún signo o síntoma de una enfermedad asociado al estudio realizado en este trabajo.

3.2. Soluciones factibles para reducir el riesgo

Dentro esta nueva tecnología de telecomunicaciones 5G ha surgido diferentes posibilidades sobre efectos negativos en la salud humana, cuando un usuario está expuesto a la radiación no ionizante de estos sistemas [33], por ende, se plantean diferentes formas de protección o mitigación ante esa problemática [34], dando respuesta a la cuestión **Q2**: ¿Se puede mitigar o reducir riesgos al estar expuesto a la radiación no ionizante?

Se debe tener en cuenta que algunos estudios sobre esta nueva tecnología, las frecuencias están por encima de los 6 GHz, por eso se debe definir un protocolo para limitar la exposición y mantener la velocidad de datos en sistemas 5G [24].

En el trabajo denominado Análisis de exposición EM 5G recalca que es necesario conocer y establecer límites para la exposición humana [35] y [36], para evitar problemas en la salud también se añaden los siguientes parámetros que se deberían tomar en cuenta.

- Mantener una distancia prudente con las estaciones base del 5G si no se está usando dicha tecnología.
- Si se está interactuando con los sistemas 5G no se debe extender el uso más allá de 10 minutos, ya que, en estudios anteriores se describe un potencial riesgo a corto plazo.
- Realizar estudios donde se requiera realmente desplegar 5G y mantener los anteriores sistemas de telecomunicaciones.
- Los organismos gubernamentales como no gubernamentales deberían establecer leyes que restrinjan el uso excesivo de las redes 5G.
- En concordancia con el punto anterior, se deben realizar estudios con el fin de determinar dónde sea necesario desplegar la tecnología 5G y que esta pueda convivir con las anteriores generaciones de telecomunicaciones.

Estas son algunas medidas que se podrían tener en cuenta, no únicamente para los sistemas 5G, se debe considerar para otros sistemas que emiten radiación no ionizante como son las anteriores generaciones de telecomunicaciones.

Teniendo en consideración el mapa de riesgos de la Tabla 8, las organizaciones podrían elaborar señaléticas para educar a los usuarios sobre límites de exposición y formas de cuidado al interactuar con esta u otras tecnologías.

En la Figura 15 se puede describir que no solo únicamente basta tener un equipo de

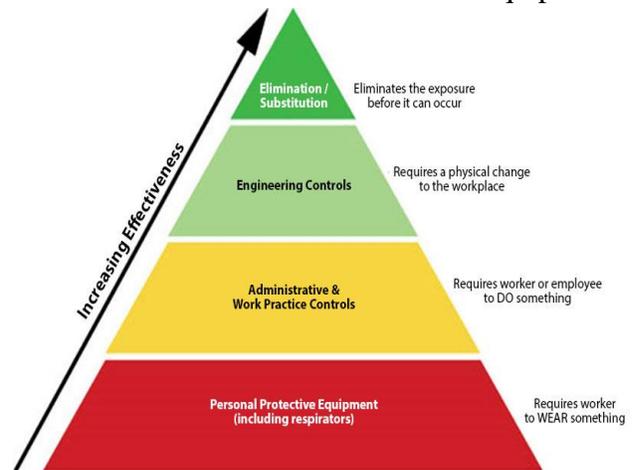


Figura 15.- Aumento de la eficacia en la protección contra la radiación [38].

protección personal para disminuir los niveles de radiación que se pueda absorber en el cuerpo humano, se debe considerar los aspectos como:

- Trabajos en las partes administrativas creando buenas prácticas de control en los lugares con mayor incidencia a la exposición de radiación.
- Controles en los ámbitos de la ingeniería, para conocer si se está cumpliendo los reglamentos expuestos por los organismos de control.
- Fundamentalmente, eliminar fuentes de radiación que no se estén usando o con poco uso de estas, ya que se puede ahorrar costes como mantenimiento y de esta manera cuidar la salud de todos los usuarios.

De esta manera se pueden ir desarrollando diferentes técnicas que permitirían una protección, no solo para estos sistemas, sino que se puede ampliar el uso de dispositivos móviles y crear así una cultura del uso correcto de estas tecnologías.

4. Conclusiones

Se realizó una investigación y organización de trabajos previos sobre los posibles riesgos que representa para la salud humana la radiación no ionizante, que es la base para las telecomunicaciones, con la finalidad de aportar con criterios científicos sobre este tema.

En esta bibliografía analizada se tiene que el 19.23% de los autores destacan los siguientes resultados: se tiene el aumento de la temperatura en 1°C en la superficie corporal, específicamente la piel, lo que puede dar lecturas erróneas al momento de presentar alguna enfermedad que produzca fiebre.

De acuerdo con la metodología empleada existe un 8.97% de investigaciones científicas las cuales detallan que, sobre los 6 GHz se evidencia efectos nocivos para la salud a largo plazo: teniendo cambios en el sistema circulatorio, causa probable de migrañas o desarrollar un tipo cáncer cerebral.

Mientras que entre un 5.13% hasta el 7.69% de publicaciones detalla la existencia de desarrollar cáncer de piel, problemas oculares, afecciones al sistema nervioso y/o reproductor.

Finalmente, desde el 1.28% hasta el 3.85% de artículos revela que podría causar enfermedades en órganos como riñones y/o corazón, alteraciones en el sistema inmunológico y causa probable para generar estrés en los usuarios.

Estos resultados anteriores se lo consiguieron usando mapeo sistemático de la literatura científica elegida y también usando la metodología del mapa de riesgos, para

identificar cual es el problema de salud que mayor consideración se debería tener.

Las formas de reducir los riesgos ante la radiación electromagnética de los sistemas 5G tienen poca divulgación, por ende, se insta a examinar el lugar de despliegue de las antenas teniendo en consideración que, al estar a 200 metros el usuario debería retirarse del lugar, en caso de que no la esté usando.

Para prevenir problemas oculares frente a la radiación ultravioleta, la Organización Mundial de la Salud o la Asociación de Investigación del Cáncer, aconseja usar lentes o gafas con filtros EN170.

En futuros trabajos se deberían analizar por el rango de frecuencia de operación del 5G y establecer tiempos, ya sea en minutos u horas, con el fin de limitar la exposición a la radiación de la tecnología 5G y cuidar de la salud de los usuarios.

Referencias

- [1] L. Chiaraviglio, A. Elzanaty y M.-S. Alouini, «Health Risks Associated with 5G Exposure: A View from the Communications Engineering Perspective.,» 2020.
- [2] D. Buenaño Silva y D. Terán Suarez, «Análisis de riesgo de la infraestructura y el espectro radioeléctrico en la implementación de la tecnología 5g en las ciudades de Quito y Guayaquil,» 2020.
- [3] R. Kostoff, P. Heroux y A. Tsatsakis, «Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions,» *ScienceDirect*, vol. 323, pp. 35-40, 2020.
- [4] L. Hardell y M. Carlberg, «[Comment] Health risks from radiofrequency radiation, including 5G, should be assessed by experts with no conflicts of interest,» *Oncology Letters*, vol. 20, pp. 1-1.
- [5] A. Di Ciaula, «Towards 5G communication systems: Are there health implications?,» vol. 221, n° 3, pp. 367 - 375, 2018.
- [6] B. Shehu, Y. Mubarak y M. Mustapha, «The Health Effects of the Fifth Generation (5G) of Cellular Mobile Communications,» vol. 6, n° 9, 2020.
- [7] A. C. Society, «How do i protect myself from ultraviolet (uv) rays?,» *CA: a cancer journal for clinicians*, pp. 1 - 10, 2019.
- [8] D. Carrizo y J. Rojas, «Metodologías, técnicas y herramientas en ingeniería de requisitos: un mapeo sistemático,» *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 26, n° 3, pp. 473 - 485, 2018.
- [9] B. Awada, G. Madi, A. Mohsen, A. Harb, A. Diab, L. Hamawy y M. Hajj-Hassan, «Simulation of the Effect of 5G Cell Phone Radiation on Human Brain,» *IEEE International Multidisciplinary Conference on Engineering Technology (IMCET)*, pp. 1 - 6, 2018.
- [10] N. Betzalel, P. B. Ishai y Y. Feldman, «The human skin as a sub-THz receiver—Does 5G pose a danger to it or not?,» *Environmental research*, vol. 163, pp. 208 - 216, 2018.
- [11] N. Gualda Fernández, «Antenas para dispositivos móviles 5G e IoT,» *Universidad Politécnica de Valencia*, 2019.
- [12] J. Bushberg, C. Chou, K. Foster, R. Kavet, D. Maxson, R. Tell y M. Ziskin, «Ieee committee on man and radiation—comar technical information statement: Health and safety issues concerning exposure of the general public to electromagnetic energy from 5g wireless communications networks,» *Health Physics*, vol. 119, n° 2, p. 236, 2020.
- [13] L. Chiaraviglio, M. Fiore, E. Rossi, M. Marsan, N. Melazzi, S. Buzzi y S. Palazzo, «5G technology: which risks from the health perspective,» 2019.
- [14] E. Calabrò y S. Magazù, «Non-resonant Frequencies in Mobile Wireless 5G Communication Networks,» *Wireless Personal Communications*, vol. 115, n° 2, pp. 1387 - 1399, 2020.
- [15] M. Simkó y M. Mattsson, «5g wireless communication and health

- effects—a pragmatic review based on available studies regarding 6 to 100 ghz,» ” *International journal of environmental research and public health*, vol. 16, n° 18, p. 3406, 2019.
- [16] A. H. Sodhro y M. A. Shah, «Role of 5G in medical health,» *International Conference on Innovations in Electrical Engineering and Computational Technologies (ICIEECT)*, pp. 1 - 5, 2017.
- [17] F. Deruelle, «The different sources of electromagnetic fields: dangers are not limited to physical health,» *Electromagnetic biology and medicine*, vol. 39, n° 2, pp. 166 - 175, 2020.
- [18] A. Guraliuc, M. Zhadobov, R. Sauleau, L. Marnat y L. Dussopt, «Millimeter-wave electromagnetic field exposure from mobile terminals,» *European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*, pp. 82 - 85, 2015.
- [19] S. Kim y I. Nasim, «Human Electromagnetic Field Exposure in 5G at 28 GHz,» *IEEE Consumer Electronics Magazine*, vol. 9, n° 6, pp. 41 - 48, 2020.
- [20] N. Ibrahim, T. Abd Rahman y O. Elijah, «EMF Radiation Effects from 5× 5 Dipole Array Antenna Towards Human Body for 5G Communication,» *Springer, Singapore*, pp. 483 - 493, 2017.
- [21] L. Hardell y R. Nyberg, «[Comment] Appeals that matter or not on a moratorium on the deployment of the fifth generation, 5G, for microwave radiation,» *Molecular and clinical oncology*, vol. 12, n° 3, p. 247 . 257, 2020.
- [22] F. Kaburcuk, «Effects of a brain tumor in a dispersive human head on SAR and temperature rise distributions due to RF sources at 4G and 5G frequencies,» *Electromagnetic biology and medicine*, vol. 38, n° 2, pp. 168 - 176, 2019.
- [23] S. Kim, «Analysis of Human Exposure to Electromagnetic Fields in 5G Uplink and Downlink,» *Cornell University*, 2020.
- [24] I. Nasim y S. Kim, «Mitigation of human EMF exposure in downlink of 5G,» *Annals of Telecommunications*, vol. 74, n° 1, pp. 45 - 52, 2019.
- [25] I. Nasim y S. Kim, «Adverse impacts of 5G downlinks on human body,» *IEEE Xplore*, pp. 1 - 6, 2019.
- [26] I. Nasim y S. Kim, «Human exposure to RF fields in 5G downlink,» *Cornell University*, 2017.
- [27] J. Lin, «FCC Announces Its Existing RF Exposure Limits Apply to 5G [Health Matters],» *IEEE Microwave Magazine*, vol. 21, n° 4, pp. 15 - 17, 2020.
- [28] D. Franci, S. Coltellacci, E. Grillo, S. Pavoncello, T. Aureli, R. Cintoli y M. Migliore, «Experimental procedure for fifth generation (5G) electromagnetic field (EMF) measurement and maximum power extrapolation for human exposure assessment,» *Environments*, vol. 7, n° 3, p. 22, 2020.
- [29] W. Bailey, B. Cotts y P. Dopart, «Wireless 5G Radiofrequency Technology—An Overview of Small Cell Exposures, Standards and Science,» *IEEE Access*, pp. 140792 - 140797, 2020.

- [30] R. E. Portalea Galeano, «Caracterización computacional de la potencia electromagnética absorbida en el cuerpo humano a frecuencias del sistema 5G,» *Master's thesis*, 2020.
- [31] H. Keller, «On the assessment of human exposure to electromagnetic fields transmitted by 5G NR base stations,» *Health physics*, vol. 117, nº 5, pp. 541 - 545, 2019.
- [32] C. L. Russell, «5 G wireless telecommunications expansion: Public health and environmental implications,» *Environmental research*, vol. 165, pp. 484 - 495, 2018.
- [33] F. A. Martín, «Las medidas de la UE para proteger las redes 5G (EU Toolbox): se dice el pecado, pero no el pecador,» *Análisis del Real Instituto Elcano (ARI)*, nº 17, p. 1, 2020.
- [34] M. Zmyślony, P. Bieńkowski, A. Bortkiewicz, J. Karpowicz, J. Kieliszek, P. Politański y K. Rydzyński, «Ochrona zdrowia ludności przed zagrożeniami elektromagnetycznymi– wyzwania wynikające z planowanego w Polsce wdrożenia systemu radiokomunikacji standardu 5G,» *Medycyna Pracy*, vol. 71, nº 1, pp. 105 - 113, 2020.
- [35] L. De Luis Ruiz, «Análisis de exposición EM 5G,» *Universidad del País Vasco*, 2020.
- [36] V. Pighin, «Nuevos desafíos de las redes 5G en Europa,» *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES, FACULTAD DE CIENCIA POLÍTICA Y RRII, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ROSARIO*, pp. 1 - 6 , 2020.
- [37] G. Maturro y J. Saavedra, «Factores que Inciden en la Mejora de Procesos Software. Un mapeo sistemático de la literatura,» *En CibSE*, pp. 84 - 97, 2012.
- [38] E. D. o. Labor, «Occupational Safety & Health Administration,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.osha.gov/ionizing-radiation/control-prevention>. [Último acceso: 21 June 2021].