

# Analysis of Metallic Materials that Prevent the Passage of Electromagnetic Waves in Houses

Ochante-Tineo Luis Gabriel, Bachiller en Ingeniería Civil<sup>1</sup>, Campos-Vasquez Neicer, Maestro en Ciencia Económicas<sup>2</sup>, Neyra-Torres Jose Luis, Maestro en Administración Estratégica<sup>3</sup>, Huaroc-Bravo Oscar Raúl, Maestro en Gestión Integral<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Privada del Norte, Perú, n00256586@upn.pe, neicer.campos@upn.edu.pe, jose.neyra@upn.edu.pe, oscar.huaroc@upn.edu.pe

**Abstract**—In this present article the article is carried out the systematic review in various databases and web portals such as: EBSCO, ProQuest, Science Direct, Scielo and Scopus. The bibliography is made up of 20 publications between 2010 - 2021, organized according to: title, author, year, country, database, method, results, measurement instruments, discussions and conclusions, with their respective references. The results show the great importance and impact of the protection against electromagnetic waves with different materials that recently (2021) is being studied with greater interest by the great power countries. New technologies and properties such as the reflection and absorption of electromagnetic waves, in which within the absorption we find materials that waterproof the entry of electromagnetic waves in the construction, such as: the manufacture of polymeric compounds that makes the magnetic properties lose, compound thermoplastic polyurethane, carbonyl iron dispersant, carbon fibers, nano carbon fibers, etc. And in the property of reflection we find the implementation of metallic materials in which I center my work, such as, for example: metallic steel meshes, aluminum, metallic fabrics, conductive wires and fabrics, transparent wood as a solution to the passage of electromagnetic waves and contributions to the environment. It was concluded that the protection against electromagnetic waves is of great importance for our health and care, implementing materials such as metallic fabrics in the construction at the time of the tilework of homes, buildings, etc.

**Keywords**—*Electromagnetic waves, IEM shielding, construction, Faraday cage, RF radiation.*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

# Análisis de Materiales Metálicos que Impiden el Paso de las Ondas Electromagnéticas en Viviendas

Ochante-Tineo Luis Gabriel, Bachiller en Ingeniería Civil<sup>1</sup>, Campos-Vasquez Neicer, Maestro en Ciencia Económicas<sup>2</sup>, Neyra-Torres Jose Luis, Maestro en Administración Estratégica<sup>3</sup>, Huaroc-Bravo Oscar Raúl, Maestro en Gestión Integral<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Privada del Norte, Perú, n00256586@upn.pe, neicer.campos@upn.edu.pe, jose.neyra@upn.edu.pe, oscar.huaroc@upn.edu.pe

**Resumen**—En este presente artículo se realiza la revisión sistemática en diversas bases de datos y portales web tales como: EBSCO, ProQuest, Science Direct, Scielo y Scopus. La bibliografía está compuesta por 20 publicaciones comprendidas entre 2010 – 2021, organizados según: título, autor, año, país, base de datos, método, resultados, instrumentos de medición, discusiones y conclusiones, con sus respectivas referencias. Los resultados muestran la gran importancia e impacto de la protección contra ondas electromagnéticas con distintos materiales que recientemente (2021) se está estudiando con mayor interés por parte de los grandes países potencia. Nuevas tecnologías y propiedades como la reflexión y la absorción de ondas electromagnéticas, en las cuales dentro de la absorción encontramos materiales que impermeabilizan el ingreso de ondas electromagnéticas en la construcción como por ejemplo: la fabricación de compuestos poliméricos que hace perder las propiedades magnéticas, compuesto poliuretano termoplástico, dispersor de carbonil hierro, fibras de carbono, nano fibras de carbono, etc. Y en la propiedad de la reflexión encontramos la implementación de materiales metálicos en lo cual yo centro mi trabajo como, por ejemplo: mallas metálicas de acero, aluminio, telas metálicas, hilos y tejidos conductores, madera transparente como solución al paso de ondas electromagnéticas y aportes al medio ambiente. Se concluyó que es de gran importancia la protección contra ondas electromagnéticas para nuestra salud y cuidado, implementando materiales como telas metálicas en la construcción al momento del tarrajeo de viviendas, edificios, etc.

**Palabras claves**—Ondas electromagnéticas, blindaje IEM, construcción, jaula Faraday, radiación de RF.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación dará a conocer los diferentes estudios realizados a nivel mundial y regional en cuanto al impacto que genera las ondas electromagnéticas en nuestras vidas, si bien es cierto el avance tecnológico nos ha simplificado la vida, ahorrándonos tiempo, facilismo, comunicándonos e interconectándonos a nivel mundial, sin embargo no nos damos cuenta las consecuencias que podría traernos en nuestra salud, diferentes investigaciones internacionales sugieren que las ondas electromagnéticas son causantes de muchos insomnios, pérdidas de sueño, estrés, otras incluso indican que son cancerígenas, algunos países ya están priorizando este tema, incluso con normal y leyes que establecen parámetros para la implementación de las tecnologías de comunicación inalámbrica.

Muchos artículos en la literatura discuten sobre los efectos nocivos de las ondas electromagnéticas emitidas por dispositivos eléctricos y electrónicos sobre la salud humana. Los paneles compuestos, objeto de este estudio, están diseñados

con la inspiración de la ausencia de un material protector de revestimiento de paredes frente a los efectos de las ondas electromagnéticas en el mercado [5].

El trabajo se ha centrado en el estudio de la protección de ondas electromagnéticas utilizando materiales que aplican la propiedad reflexiva, lo que hace es reflejar las ondas que inciden en nuestra construcción, dichos materiales son: mallas metálicas, de acero y aluminio que lo implemente en la construcción de viviendas al momento del tarrajeo que podría ser interior, exterior o ambos para una mayor eficacia.

Como podemos observar estos son algunos de los estudios que se realizan a nivel internacional ya que los grandes países potencia como China, Corea del Sur, entre otros países asiáticos han tomado la delantera en este tema particular, así que ellos mismos buscan proteger, blindar los edificios contra las ondas electromagnéticas, para cuidar la salud de las personas del interior, asimismo proteger sus dispositivos electrónicos.

Al ser un tema de estudio reciente, se encuentra escasa información a nivel latinoamericano y nacional, sin embargo, haré referencia a un estudio realizado en Colombia que ya da indicios de preocupación respecto a estos temas.

La producción y proliferación de nuevos dispositivos eléctricos y electrónicos tienen como consecuencia el desplazamiento progresivo de las comunicaciones hacia frecuencias más altas y mayores anchos de banda, esto incrementa la radiación de ondas electromagnéticas de alta frecuencia [9].

Siendo uno de los países pioneros en Latinoamérica, en abordar este tema de vital importancia, asimismo yo como estudiante, también reflejo mi gran interés por las consecuencias que traen consigo las ondas electromagnéticas, es por ende que se eligió esta materia de estudio que es muy amplia y novedosa, dando inicio así a futuros estudios que puedan realizarse en nuestro país (Perú).

Para el análisis se tomaron en cuenta estudios teóricos con aplicaciones en diferentes campos para poder dar a entender gran importancia que tiene en el mundo la implementación de estos materiales en la construcción.

Debido al gran avance científico en el mundo, la implementación de nuevas tecnologías de redes de internet nos planteamos la siguiente pregunta; ¿Qué materiales

implementados en la construcción nos ayudan a reducir el paso de ondas electromagnéticas?

El objetivo de la elaboración del presente trabajo es dar a conocer el impacto que generará en nuestra región la implementación de materiales novedosos en la industria de la construcción. Comprendemos que hoy en día el avance tecnológico nos ha dado una mejora de vida en cuanto al acceso de la información y simplicidad de vida, sin embargo, muchas veces no tomamos en cuenta las consecuencias que pueden traer el uso de aparatos electromagnéticos. Basándome en un principio experimental “Jaula Faraday” y aplicando dicho principio en la construcción de viviendas, mejorar así la salud de las personas.

## II. METODOLOGÍA

Es muy sabido la existencia de un sin número de investigaciones para esta revisión sistemática, sobre todo en idiomas extranjeros por lo cual se consideraron algunos principales requisitos para la inclusión de dichas investigaciones como su relevancia, sus bases teóricas y experimentales, las cuales deberán estar alineadas al objetivo de estudio, además de dar a conocer aquellos materiales que reducen el paso de ondas electromagnéticas.

En cuanto a la exclusión de artículos se consideraron los siguientes puntos:

- No se encuentra en el rango de tiempo establecido (2010 – 2020).
- Idiomas de difícil traducción, por la mala traducción de la red.
- Fuentes no confiables, no tener validez científica.
- Redundancia de investigaciones.
- No alinearse con el objetivo de la investigación.
- Acceso limitado.

Luego de realizar una revisión sistemática para cumplir con el objetivo propuesto, se logró hallar 102 artículos científicos. Posteriormente a la lectura y análisis de estas mismas se concluye que 85 dichos artículos se alinean coherentemente al objetivo de la investigación como se muestra en la tabla N°2.

Para la búsqueda de investigaciones se procedió al uso de bases de datos virtuales que presentan recursos de información con repositorios científicos tales como (Scielo, Dialnet, Elsevier, Scopus, Redalyc, ScienceDirect, Proquest).

Las cuales accedí gracias a la biblioteca virtual Licenciada por Laurate International Universities.

El presente estudio de investigación se ha realizado con una búsqueda de literatura, cuyos temas más importantes se relacionan a la protección de ondas electromagnéticas, materiales utilizados, o nuevas tecnologías implementadas. De las investigaciones científicas se identificaron cuáles han sido las palabras de mayor impacto.

Sé utilizó la siguiente cadena de búsqueda con palabras claves como: (“Casas” AND “Jaula de Faraday”), (“Materiales metálicos” AND “radiación” AND “ondas electromagnéticas”), (“Protección de viviendas” AND “radiaciones”), (“Electromagnetic waves” OR “radiation”), (“households” OR

“buildings” AND “anti-radiation”), (“anti-radiation” OR “shielding from electromagnetic waves” NOT “solar energy”) y también los utilizados los mismo pero escritos en el idioma Inglés, para identificar cuáles son los materiales que impiden el paso de onda, se ha planteado una pregunta principal que permite realizar una investigación sobre un tema puntual: ¿Qué materiales existentes impiden el paso de la ondas electromagnéticas en edificaciones en los últimos diez años?.

Podemos observar que la mayoría de los artículos son en idiomas extranjeros debido al novedoso tema e implementación en nuestro país Perú, así que tuve que considerar en su mayoría artículos en inglés, por su facilidad de traducción a comparación de otros idiomas. También hice descartes de artículos encontrados por buscadores no especializados.

Con la información científica ya encontrada se procedió a realizar un análisis de selección de artículos

- Paso 1.- Título del trabajo, autores e introducción.
- Paso 2.- Evaluación de la originalidad del estudio.
- Paso 3.- Evaluación de la población estudiada.
- Paso 4.- Evaluación del diseño del estudio.
- Paso 5.- Evaluación de los posibles sesgos.
- Paso 6.- Evaluación del doble ciego.
- Paso 7.- Evaluación de los resultados y de las conclusiones.

Basándome en este conjunto de pasos, se procedió a la selección de artículos científicos incluidos y excluidos, obteniendo resultados expuestos en el capítulo siguiente.

## III. RESULTADOS

La búsqueda de artículos de revisión sistemática en las bases de datos emitió muchos resultados dentro del periodo establecido 2010-2021, distribuido de la siguiente manera: ProQuest, 12 artículos; Scopus, 67 artículos; Science Direct, 18 artículos; Scielo, 3 artículos; EBSCO, 2 artículos.

A partir de todas las investigaciones mencionadas en el párrafo anterior se procedió a descartar y eliminar artículos irrelevantes sin concordancia con el objeto de investigaciones.

Luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión se obtuvieron un total de 20 artículos para la presentación de nuestros resultados, no encontrándose ninguna tesis.

TABLA 1.  
Artículos seleccionados

Nº	BASE DE DATOS	REVISTA	AUTORES	PAÍS	AÑO	TÍTULO
1	Science Direct	Materials Science and Materials Engineering	Ainsha Chaudhary, Vinay Gupta, Satish Teotia, Sobhas Nimanpure, Dipen K	India	2021	Electromagnetic Shielding Capabilities of Metal Matrix Composites
2	Science Direct	Building and Environment	Frank M.Clegg, Margaret Sears, Margaret Friesen, Theodora Scarato, Rob Metzinger, Cindy Russell.	Canadá	2020	Building science and radiofrequency radiation: What makes smart and healthy buildings

			Alex Stadner, Anthony B.Miller			
3	Scopus	The Journal of The Textile Institute	Lai M.,F.a.Lou C.-W.b,c,d,e, f.Lin T.A.g.Wang C.-H.a,lin J.-H	China	2021	High-strength conductive yarns and fabrics: mechanical properties, electromagnetic in terference shielding effectiveness, and manufacturing techniques
4	Scopus	Nano- Micro Letters	Zou L.a, d.Lan C.c.Zhang S.b,Zheng X.a,Xu Z.a,Li C.a,Yang L.a,Ruan F.a,Tan S.C.b	China	2021	Near-Instantaneously Self- Healing Coating toward Stable and Durable Electromagnetic Interference Shielding
5	Scopus	Nano- Micro Letters	Liang C.a, b,Gu Z.c,Zhang Y.b,Ma Z.b,Qiu H.b,Gu J.b	China	2021	Structural Design Strategies of Polymer Matrix Composites for Electromagnetic Interference Shielding: A Review
6	Scopus	Nano- Micro Letters	Wang T.a,Kong W.- W.a,Yu W.- C.a,Gao J.- F.b,Dai K.c,Yan D.- X.a, d, Li Z.- M.a	China	2021	A Healable and Mechanically Enhanced Composite with Segregated Conductive Network Structure for High- Efficient Electromagnetic Interference Shielding
7	Scopus	Optics & Laser Technology	Lu Z.a, b, c,Zhang Y.a, b,Lu X.a, b,Wang H.a, b,Tan J.a, b	China	2021	Two-step randomized design of multi-rings metallic mesh for ultra-uniform diffraction distribution
8	Scopus	Composites Part B: Engineering	Li J.,Cui M.,Wen J.,Chen Y.,Shi B.,Fan H.,Xiang J.	China	2021	Leather-like hierarchical porous composites with outstanding electromagnetic i nterference shielding effectiv eness and durability
9	Scopus	Chemical Engineering Journal	Ryu S.H.,Han Y.K.,Kwon S.J.,Kim T.,Jung B.M.,Lee S.- B.,Park B.	China	2021	Absorption-dominant, low reflection EMI shielding materials with integrated metal mesh/TPU/CIP composite
10	Scopus	Journal of Electromag netic Waves and Application s	Ozturk M.a, b,Chung D.D.L.a	Estados Unidos	2021	Radio-wave shielding behavior of steel structures
11	Scopus	Functional Materials	Shabanova G.N., Korohodska A.N.,Kustov M.V., Khrystych E.V., Logvinok S.M., Ivashchenko M.Y.,Taraduda D.V.	Ucrania	2021	Barium-containing cement and concrete for protection against electromagnetic radiation
12	Scopus	Materials (Journal)	Majcher K.,Musiał M.,Pakos W.,Różański A.,Sobótka M.,Trapko T.	Polonia	2020	Methods of protecting buildings against hpm radiation—a review of materials absorbing the energy of electromagnetic waves
13	Scopus	DAAAM Internationa l	Colak S.,Varevac D.,Milicevic I.	Austria	2020	Materials that improve the shielding efficiency from EM radiation
14	Scopus	Microwave and Optical Technology Letters	Cho S.-S., Song S.-H, Hong I.- P.	Corea del Sur	2020	Analysis of the electromagnetic properties of eco-friendly transparent wood
15	Scopus	Health Physics	Weldu Y.W.,Mannan M.,Al-Ghamdi S.G.	Catar	2020	Monitoring Electromagnetic Radiation Emissions in Buildings and Developing Strategies for Improved Indoor Environmental Quality
16	Scopus	Journal of Composite Materials	Tugirumubano A.a, b,Vijay S.J.c,Go S.H.a, b,Shin H.J.b,Ku K.L.b, d,Kim H.G.b, d	Corea del Sur	2019	The evaluation of electromagnetic shielding properties of CFRP/metal mesh hybrid woven laminated composites
17	Scopus	IEEE Explore	Jeremie Corsi,Frederic Puybaret, Stephane Vauchamp, Isabelle Iachaud, Philippe Viars	España	2019	Study of feasibility of building materials electromagnetic characterization
18	Scopus	IEEE Explore	Pavlik M., Zbojovsky J., Kruzela L., Ivanca M.	Eslovaqu ia	2018	The shielding effectiveness of building material-brick filled with mineral wool
19	ProQu est	Solid State Phenomena	Rudnov V.S., Belyakov V.A., Galiakhmetov R.T.	Rusia	2018	New concrete for protection from radiation in the urals based on natural fillers
20	ProQu est	Ciencia e Ingeniería Neogranadi na	Andrés G.P, David L.T, Jairo R. R, José R.B	Colombia	2017	MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA USADOS PARA EL BLINDAJE DE INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA

Fuente: propia

Luego de buscar información en las siguientes bases de datos: EBSCO, ProQuets, Scielo, Redalyc, Scopus, Science Direct; se puede determinar que es de vital importancia el

estudio sobre las ondas electromagnéticas asimismo su cuidado sobre ellas, tal como muestra el año de publicación de los artículos, notamos que en los últimos años se ha vuelto materia de estudio, debido a que los países desarrollados le están tomando un gran interés al tema debido al impacto que generan los avances científicos y tecnológicos.

### Selección de estudios

En la realización de búsqueda de artículos de revisión sistemática, libros, tesis, revistas digitales se obtuvieron (100) investigaciones, de los cuales (2) son secciones de un libro, y (98) artículos de revistas académicas,

De las (100) investigaciones procedí a depurar (6) artículos por encontrarse fuera de mi rango de estudio establecido es decir menor a 2010-2021, también excluí (72) artículos que no cumplían con mi objetivo de estudio, quedándome al final con (20) artículos para utilizar en la presente revisión sistemática.

Procedo a esquematizar en un diagrama de flujo la selección y obtención de artículos de revisión sistemática.

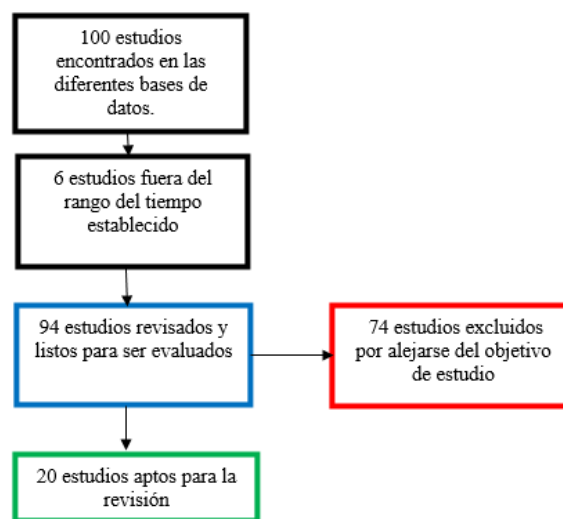


Fig. 1 Selección y clasificación.

Mediante este diagrama de flujo resumo mi selección de información, al ser un tema recientemente estudiado, las fuentes encontradas en su mayoría son de China y del año 2021, como se podrá observar posteriormente.

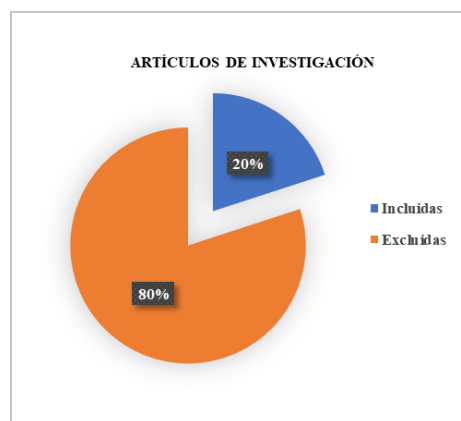


Fig. 2 Investigaciones incluidas y excluidas.

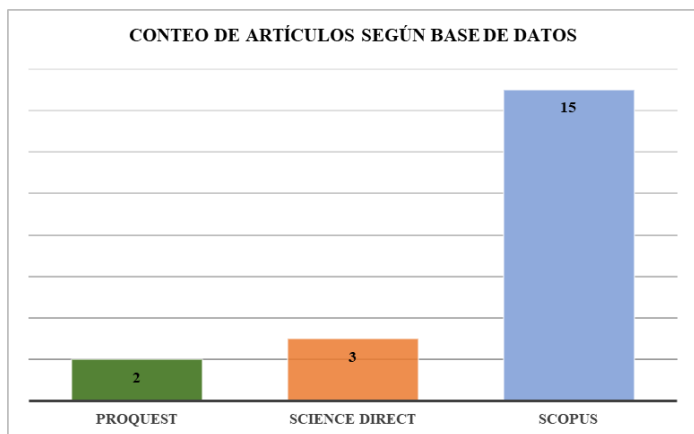


Fig. 3 Base de datos de artículos

Observando la figura N° 3, notamos que la base de datos “Scopus” es de dónde se recopiló más información respecto a los nuevos materiales y tecnologías que impiden el paso de ondas electromagnéticas, debido a su reputación como fuente confiable y gran calidad de artículos de investigación obteniendo (15) artículos, sin embargo, la base de datos Science Direct con (3) artículos y ProQuest (2 artículos) los cuales, estos 2 últimos mencionados presentan una escasa información respecto al objeto de estudio.

Cómo se puede observar en la figura N° 4, el país que mayores investigaciones tiene respecto a mi objeto de estudio es China, sus artículos se encuentran en el idioma inglés lo cual facilita su comprensión, también podemos observar que demás países recién se inician en el estudio del impedimento de las ondas electromagnéticas y nuevas tecnologías.

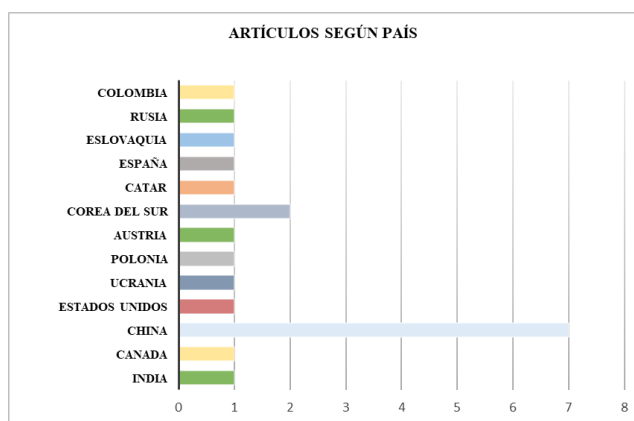


Fig. 4 Artículos según país.

TABLA 2.  
Artículos según su año de publicación.

Año	N° Artículos	Porcentaje
2017	1	5%
2018	2	10%
2019	2	10%
2020	5	25%
2021	10	50%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

Fuente: propia

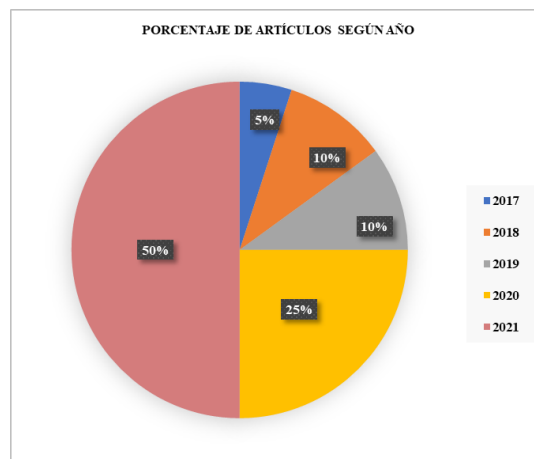


Fig. 5 Porcentaje de artículos según año.

Esta investigación se centró en la búsqueda de artículos teniendo en consideración las variables de mayor interés como, en la Tabla N° 1 se corrobora los datos en mención con anterioridad, es decir “Base de datos”, “Título de Investigación”, “Año”, “Autores”, “País”. Con el objetivo de utilizar toda la información obtenida se procede a hacer un análisis de las fuentes considerando solamente la información actual y que estén alineados al objetivo de estudio.

En la Tabla N° 2 se aprecia la cantidad de artículos según su año de investigación concluyendo así que el tema a tratar es actual y con mucho futuro de investigación.

En la Tabla N° 3 se puede apreciar los artículos con una pequeña descripción – resumen, para así poder tener mejor idea del tema tratado.

Asimismo, en la figura N° 1 podemos observar un diagrama de flujo detallando el procedimiento de análisis y selección de datos de forma resumida.

En la figura N° 2 Se presenta las investigaciones incluidas y excluidas de las cuales arrojan un resultado del 20% que se acercan a nuestro objetivo y un 80% que no concuerdan con nuestro objetivo de estudio.

En la figura N° 3, tomando los porcentajes representativos de las revistas de investigación para el análisis, pues concluimos que la base de datos “Scopus” es quien mayores investigaciones presenta, frente a “ProQuest” y “Science Direct” que son bases de datos que brindan información de calidad, sin embargo, debido al tema moderno a estudiar presentan escasa información.

En la figura N° 4 presentamos un diagrama de barras con el número de fuentes según el país, siendo China el país con mayores artículos de investigación con referente a nuestros objetivos de estudios, también podemos notar las pocas fuentes que tienen los países latinoamericanos, asimismo no encontrando artículo alguno de nuestro país Perú.

Observando la Figura N° 5 representamos los datos en un diagrama circular que nos da a conocer los artículos según sus años de publicación, y como era de esperar según el objetivo de

estudio moderno y actual, el 50% de artículos son del año 2021 seguido del 25% en el 2020, para el 2019 y 2018 un 10% de los artículos y solamente un 5% para el año 2017, lo cual podemos observar que no se encontró artículo alguno entre los años 2010-2016. Estos resultados reflejan la importancia que le están tomando los países potencia a la actual problemática causada por las ondas electromagnéticas, la cual aún es una gran materia de estudio.

#### Valores máximos permisibles de campos electromagnéticos

Para este apartado hacemos uso de valores máximos permisibles determinados por la ICNRP (INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION).

TABLA 3.

Niveles de referencia para exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos.

Rango de frecuencia	Densidad de flujo magnético (uT)
Hasta 1Hz	$2 \times 10^5$
1 – 8 Hz	$2 \times 10^5/f$
8 – 25 Hz	$2.5 \times 10^4/f$
0.025 – 0.82kHz	$25/f$
0.82 – 65kHz	30.7
0.065 – 1MHz	$2/f$
1 – 10MHz	$2/f$
10 – 400Mhz	0.2
400 – 2000Mhz	$0.01f^4$
2 – 300Ghz	0.45

Fuente: ICNRP 1998

TABLA 4.

Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos.

Rango de frecuencia	Densidad de flujo magnético (uT)
Hasta 1Hz	$4 \times 10^4$
1 – 8 Hz	$4 \times 10^4/f$
8 – 25 Hz	$4 \times 10^4$
0.025 – 0.82kHz	$5/f$
0.82 – 65kHz	6.25
0.065 – 1MHz	6.25
1 – 10MHz	$0.092/f$
10 – 400Mhz	0.092
400 – 2000Mhz	$0.0046f^{0.5}$
2 – 300Ghz	0.20

Fuente: ICNRP 1998

Donde f es la frecuencia que se indica en las columnas de las tablas de Rango de frecuencia.

La diferencia entre ambas tablas radica en el conocimiento y desconocimiento de la exposición a las ondas electromagnéticas. Exposición ocupacional, son las personas que laboran o trabajan en ambientes con exposiciones a ondas electromagnéticas y tienen conocimiento de ello, tomando las precauciones necesarias, mientras que la exposición poblacional

es el público en general, ancianos, niños, etc que desconocen su exposición a ondas electromagnéticas.

En países europeos como España, y otros, establecieron como límite máximo de 100uT de exposición a ondas electromagnéticas.

#### IV. CONCLUSIÓN

En su reciente estudio titulado “Electromagnetic shielding properties of cementitious composites containing carbon nanofibers, zinc oxide, and activated carbon powder” nos demuestra que la adición de CNF (nanofibra de carbono) a la matriz cementosa no ha variado mucho las propiedades mecánicas de las mezclas fabricadas, sin embargo, a pesar de que el CNF tiene características de conducción eléctrica, al mezclarse con los compuestos cementosos no logra una mejora [11].

En el artículo “Building science and radiofrequency Radiation: What makes smart and healthy buildings” plantea estrategias que incluyen la instalación de redes de Internet cableadas (no inalámbricas), que en lugar de utilizar teléfonos inalámbricos y con cable o con cable conexiones en sistemas de construcción (por ejemplo, mecánica, ing, seguridad). Y es justamente lo que plantearé como alternativa de solución en mi posterior investigación [2].

En el artículo “Study of feasibility of building materials electromagnetic characterization” señala que la polarización no influye significativamente por lo que un material isotrópico equivalente podría acercarse al comportamiento de la pared de bloques de cemento en términos de cambios de polarización.

Por lo cual no veo muy beneficioso la implementación de materiales isotrópicos [4].

En la investigación sobre “MATERIALS THAT IMPROVE THE SHIELDING EFFICIENCY FROM EM RADIATION” considera que la solución al problema de la radiación electromagnética es la innovación y el uso de materiales que absorban con éxito la radiación EM. Ya que la capacidad de un material en particular para absorber la radiación EM se mide con mayor frecuencia por la eficiencia del blindaje [3].

En el artículo “Analysis of the electromagnetic properties of eco-friendly transparent Wood” La madera transparente, hecha agregando epoxi transparente a la madera de balsa, es de  $50 \times 50$  mm.2 en tamaño y 1,4 mm de altura y tiene un 80% de transmitancia de luz en la región de luz visible. Lo cual me pareció una solución óptima tanto ingenieril, arquitectónica, y de cuidado ambiental, sin embargo, respecto a los costos habría que evaluarlos [1].

En la investigación “The shielding effectiveness of building material – brick filled with mineral wool” La capacidad de sombreado aumenta con el grosor del material. El espesor del material también afecta directamente el valor del coeficiente de absorción, lo cual es de suponer que al incrementar el espesor del material también incrementara directamente el coeficiente de absorción. La lana mineral tiene una buena capacidad de protección incluso contra las ondas acústicas. Por tanto, es

posible conseguir una combinación de ladrillo y material de lana mineral que pueda proteger parcialmente tanto las ondas electromagnéticas y en caso se desee también las ondas acústicas [8].

En la publicación “New Concrete for Protection from Radiation in the Urals Based on Natural Fillers” demuestra experimentalmente la alta eficiencia del tipo de hormigón de protección contra la radiación recientemente desarrollado debido a la elección de las materias primas y la optimización de las características de la mezcla de hormigón (relación W / C y relación de gruesos y agregados finos). Así que también podríamos lograr grandes resultados, sin incluso el uso de tecnologías nuevas, sino con un buen estudio e implementación de los materiales comunes [10].

En el artículo “High-strength conductive yarns and fabrics: mechanical properties, electromagnetic interference shielding effectiveness, and manufacturing techniques” concluye que los compuestos pueden producir diferentes niveles de EMI SE cuando consisten en una red conductora metálica mejorada mediante el cambio del número de capas de tela, el ángulo de laminación y el tipo de tela de laminación. Otro artículo con un principio de cual me baso para mi posterior estudio, por su gran resultado y materiales al alcance [12].

En la investigación “High structural insulation composite material development with electromagnetic protection effect reinforced with carbon fibers and particles” como resultado, los materiales compuestos producidos en este estudio han sido evaluados como materiales con valores significativos para sus valores de aislamiento térmico, aislamiento acústico y blindaje electromagnético. Sin embargo aún no se estudiaron sus propiedades mecánicas dejándolo así para un posterior estudio, en caso sea un resultado favorable, esta podría ser la tecnología implementada en la construcción [5].

En el artículo “Leather-like hierarchical porous composites with outstanding electromagnetic interference shielding effectiveness and durability” hemos demostrado por primera vez un compuesto de blindaje EMI excepcional y duradero que presenta una estructura porosa jerárquica fabricada mediante la decoración de redes 3D AgNW y PU en un andamio similar al cuero. Se obtuvieron grandes resultados, sin embargo, en nuestro país es todavía muy temprano la implementación de estas tecnologías [6].

En la publicación “Radio-wave shielding behavior of steel structures” el comportamiento de blindaje de ondas de radio del alambre de acero continuo orientado (a diferencia de la fibra de acero discontinua orientada aleatoriamente) se ha evaluado en este trabajo utilizando el método del cable coaxial en frecuencias que van desde 600MHz a 2000MHz. Los hallazgos de este trabajo significan que, para lograr un alto blindaje utilizando refuerzo de acero, se prefiere la configuración de capas cruzadas a la configuración unidireccional, mientras que, para lograr un blindaje bajo, se prefiere la configuración de bobina [7].

## V. REFERENCIAS

- [1] Cho, Sung-Sil, Sung-Ho Song, y Ic-Pyo Hong. 2021. «Analysis of the Electromagnetic Properties of Eco-Friendly Transparent Wood». *Microwave and Optical Technology Letters* 63(9):2237-41. doi: 10.1002/mop.32385.
- [2] Clegg, Frank M., Margaret Sears, Margaret Friesen, Theodora Scarato, Rob Metzinger, Cindy Russell, Alex Stadtner, y Anthony B. Miller. 2020. «Building Science and Radiofrequency Radiation: What Makes Smart and Healthy Buildings». *Building and Environment* 176:106324. doi: 10.1016/j.buildenv.2019.106324.
- [3] Colak, Stanko, Damir Varevac, y Ivana Milicevic. 2020. «Materials That Improve the Shielding Efficiency from EM Radiation». Pp. 0800-0806 en *DAAAM Proceedings*. Vol. 1, editado por B. Katalinic. DAAAM International Vienna.
- [4] Corsi, J., Puybaret, F., Vauchamp, S., Lachaud, I., & Viars, P. (2019). Study of feasibility of building materials electromagnetic characterization. 2019 International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC EUROPE, 948-952. Barcelona, Spain: IEEE. <https://doi.org/10.1109/EMCEurope.2019.8872032>
- [5] D Soyaslan, Devrim. 2021. «High Structural Insulation Composite Material Development with Electromagnetic Protection Effect Reinforced with Carbon Fibers and Particles». *Journal of Industrial Textiles* 51(3):424-34. doi: 10.1177/1528083719883050.
- [6] Li, J., Cui, M., Wen, J., Chen, Y., Shi, B., Fan, H., & Xiang, J. (2021). Leather-like hierarchical porous composites with outstanding electromagnetic interference shielding effectiveness and durability. *Composites Part B: Engineering*, 225, 109272. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109272>
- [7] Ozturk, M., & Chung, D. D. L. (2021). Radio-wave shielding behavior of steel structures. *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 35(11), 1407-1419. <https://doi.org/10.1080/09205071.2021.1891975>
- [8] Pavlík, Marek, Ján Zbojovský, Lukáš Kruželák, y Michal Ivančák. 2018. «The shielding effectiveness of building material – brick filled with mineral wool». Pp. 000185-88 en 2018 International IEEE Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE).
- [9] Posada, Andrés Orlando Garzón, David Arsenio Landínez Téllez, Jairo Roa Rojas, y José Ramos Barrado. 2017. «Materiales compuestos de matriz polimérica usados para el blindaje de interferencia electromagnética». *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* 27(1):5-26. doi: 10.18359/rcin.1917.
- [10] Rudnov, Vasily S., Vladimir A. Belyakov, y R. T. Galiakhmetov. 2018. «New Concrete for Protection from Radiation in the Urals Based on Natural Fillers». *Solid State Phenomena* 284:1042-46. doi: 10.4028/www.scientific.net/SSP.284.1042.
- [11] Wanasinghe, Dimuthu, Farhad Aslani, y Guowei Ma. 2021. «Electromagnetic Shielding Properties of Cementitious Composites Containing Carbon Nanofibers, Zinc Oxide, and Activated Carbon Powder». *Construction and Building Materials* 285:122842. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.122842.
- [12] Zhang, Shu, Xuewu Huang, Wei Xiao, Lulu Zhang, Hang Yao, Ling Wang, Junchen Luo, y Jiefeng Gao. 2021. «Polyvinylpyrrolidone Assisted Preparation of Highly Conductive, Antioxidation, and Durable Nanofiber Composite with an Extremely High Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness». *ACS Applied Materials & Interfaces* 13(18):21865-75. doi: 10.1021/acsami.1c05319.