

# **Medición de radiaciones no ionizantes Ingreso al universo de la investigación científica desde un punto de vista práctico**

## **Non-ionizing radiation measurement A look into the universe of scientific research from a practical point of view**

*Carlos Peliza <sup>(1)</sup>, Ariel Serra <sup>(2)</sup>*

<sup>(1)</sup> Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – Universidad Nacional de La Matanza  
<https://orcid.org/0000-0002-2901-185X>  
[cpeliza@unlam.edu.ar](mailto:cpeliza@unlam.edu.ar)

<sup>(2)</sup> Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – Universidad Nacional de La Matanza  
<https://orcid.org/0000-0002-2901-185X>  
[aserra@unlam.edu.ar](mailto:aserra@unlam.edu.ar)

### **Resumen:**

En los últimos años y a lo largo de todo el mundo se ha presentado un incremento exponencial del desarrollo de tecnología electrónica y de las telecomunicaciones lo que derivó en un aumento del uso de los dispositivos de telefonía móvil, situación que condujo a las compañías proveedoras a expandir la cobertura de su red. Dicha expansión produjo un crecimiento significativo de la exposición de la población a la radiación electromagnética (REM). La REM se divide principalmente en dos: ionizante y no ionizante.

Para equipos de telefonía móvil, la radiación EM emitida es de tipo no ionizante debido a sus bajos niveles de energía y puede llegar a ocasionar diferentes daños en el cuerpo de los seres humanos si se exceden ciertas escalas de exposición.

En este contexto, resulta de gran interés conocer y aprender sobre las radiaciones no ionizantes (RNI), ¿Qué son?, ¿Cómo se miden?, ¿Qué normas definen los límites a los cuales se deben adecuar? Asimismo, cabe mencionar que, en la Argentina, al momento de la realización de este artículo, y en los últimos años, no existe suficiente personal instruido y/o capacitado para la medición de las RNI. Particularmente, en el partido de La Matanza no hemos hallado registros formales organizados de los niveles de RNI.

Por las razones mencionadas conformar y ser parte de un grupo de investigación de mediciones RNI reporta un servicio de utilidad para la comunidad ya que dicho equipo podrá actuar como alerta temprana de posibles puntos de calentamiento por exposición a campos electromagnéticos junto a ello la actividad en la zona de influencia del partido de La Matanza agiliza la intervención para los casos donde es necesario arbitraje.

Este artículo es un estudio de las RNI en el ámbito de las telecomunicaciones y su aplicación práctica en las mediciones de las mismas, en particular, en el campus de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLAM). Para ello, primero se desarrolla la definición de RNI, se nombra la normativa vigente a nivel nacional. Seguidamente en base al instrumento para mensurar campos electromagnéticos existente en el laboratorio abierto de la carrera de Ingeniería electrónica (LACIE), de la facultad antes nombrada, se implementarán trabajos de medición en campo y, por último, una recopilación acerca de la experiencia, como alumna, de participar en un grupo de investigación.

### **Abstract:**

In recent years and throughout the world there has been an exponential increase in the development of electronic technology and telecommunications, which led to an increase in the use of mobile phone devices, a situation that conduct provider companies to expand their network coverage. This expansion produced a significant growth in the population's exposure to electromagnetic radiation (EMR). EMR is mainly divided into two: ionizing and non-ionizing.

For mobile telephone equipment, the EMR emitted is of the non-ionizing type due to its low energy levels and can cause various damages to the body of human beings if certain exposure levels are exceeded.

In this context, it is of great interest to know and learn about non-ionizing radiation (NIR), what are they, how are they measured, what standards define the limits to which they must be adapted? Likewise, it is worth mentioning that, in Argentina, at the time of writing this article, and in recent years, there is not

enough educated and/or trained personnel for the measurement of NIR. Particularly, in the district of La Matanza we have not found organized formal records of the RNI levels.

For the reasons mentioned, forming and being part of a RNI measurement research group provides a useful service for the community, since said team will be able to act as an early warning of possible hot spots due to exposure to electromagnetic fields, together with the activity in the zone of influence of the district of La Matanza speeds up the intervention for cases where arbitration is necessary.

This article is a study of the RNI in the field of telecommunications and its practical application in the measurements of those particularly in the campus of the National University of La Matanza (UNLAM). To do this, first the definition of RNI is developed, the regulations in force at the national level are named. Next, based on the instrument to measure electromagnetic fields existing in the open laboratory of the Electronic Engineering career (LACIE), of the aforementioned faculty, field measurement work will be implemented and, finally, a compilation about the experience, such as student, to participate in a research group.

**Palabras clave:** Radiaciones no ionizantes, telecomunicaciones, investigación

**Key words:** Non-ionizing radiations, telecommunications, research

**Colaboradores:** Nadia Belén Marquardt (e-mail: [nmarquardt@alumno.unlam.edu.ar](mailto:nmarquardt@alumno.unlam.edu.ar)), grupo de investigación en RNI

## I. INTRODUCCION

La REM presenta una naturaleza dual ondulatoria-corpúscular, una de las formas de generar ondas EM es mediante la aceleración de cargas eléctricas, la cual se presenta en las corrientes oscilantes de circuitos eléctricos como el utilizado por el físico alemán Heinrich Hertz en el año 1887 en el descubrimiento de las ondas EM [1].

La radiación es energía que viaja en forma de ondas o partículas de alta velocidad. Puede ocurrir naturalmente o ser creada por el hombre. Según la frecuencia a la que operan se clasifican en (fig. 1) [2], [3]:

- Radiaciones Ionizantes (RI): es la REM que, al incidir sobre un átomo inicialmente eléctricamente neutro, genera el desprendimiento de un electrón con lo cual finalmente queda cargado positiva o negativamente, afectando así el estado natural de los tejidos vivos [4].
- Radiaciones No Ionizantes (RNI): “son las radiaciones electromagnéticas que no tienen la frecuencia suficiente para ionizar la materia y por lo tanto no pueden afectar el estado natural de los tejidos vivos. Constituyen, en general, la parte del espectro electromagnético cuya energía fotónica es demasiado débil para romper enlaces atómicos” [4].

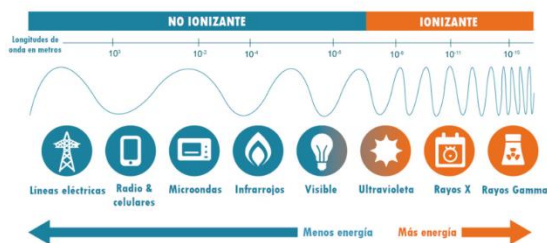


Fig. 1 Espectro electromagnético

Con el objetivo de garantizar que las personas que están en contacto con los campos EM, ya sea directa como indirectamente, se han desarrollado e implementado diferentes normas y

reglamentaciones para que dichas exposiciones sean inocuas para el bienestar de los individuos. El contexto normativo de nuestro país sobre los niveles de Máxima Exposición Poblacional (MEP) a las RNI, se apoya en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) [5]. La misma es la encargada de orientar y coordinar los estudios científicos, estadísticos y epidemiológicos sobre todo lo que concierne a asegurar la buena la salud y el no daño al medio ambiente. En Argentina, se halla en vigencia la resolución 3690/2004 [6] que obliga a las estaciones a demostrar que sus REM no afectan de manera negativa a la sanidad humana y el Protocolo de Medición de RNI elaborado por el Consejo Profesional de Ingeniería en Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC) que puede consultarse en [www.copitec.org.ar](http://www.copitec.org.ar), que conforma un marco de consulta sumamente útil para las mediciones de interés en el presente artículo. Debido a lo previamente expuesto, es necesario colaborar con el control de estas emisiones tomando muestras y llevando a cabo mensuraciones en campo que permitan verificar el cumplimiento de la normativa para brindar a los usuarios de los servicios de comunicaciones como así también al personal técnico que trabaja en la instalación y mantenimiento de estos.

## II. INTRUMENTO

A fin de llevar a cabo las mediciones del trabajo de investigación existen diferentes proveedores de instrumentos adecuados para esta tarea, no obstante, el fabricante Narda resulta ser el más conocido en el rubro. Narda ofrece una gran y diversa cantidad de equipos, en particular, el NBM-550 [7] es un dispositivo que se ajusta perfectamente a los requerimientos de este proyecto, además de que la universidad dispone de una unidad.

NBM-550 (Narda Broadband Field Meter) proporciona resultados altamente precisos para mediciones de intensidad de campo

electromagnético. Maneja aplicaciones desde unos pocos Hertz hasta radiaciones de alta frecuencia de microondas mediante una selección de sondas intercambiables para campos eléctricos y magnéticos. Es un aparato de simple uso y cuenta con un software a través del cual es posible controlar a distancia la herramienta, así como también exportar archivos .xls con las métricas obtenidas.



Fig. 2 NBM-550 Narda Broadband Field Meter

Como se mencionó el párrafo anterior, el equipo dispone de distintas sondas, dependiendo de cual se seleccione, se puede lograr medir diferentes rangos de frecuencia. Para nuestro caso particular, las dos que más adecuan a los requerimientos del trabajo son: EF0391 [8] y la EF0392 [9]. Sus especificaciones se detallan en la tabla 1. Según las recomendaciones de la empresa ConRes Test Equipment [10], la cual se encarga de hacer pruebas para verificar especificaciones dadas por los fabricantes, así como también calibrar equipos, la sonda que más se adecua para el trabajo y la que se utilizará es la EF0391. Se puede observar una imagen de la misma en la figura 3.

Especificación	EF0391		EF0392	
Rango de frecuencia	100kHz - 3GHz		100 kHz bis 3 GHz	
Rango de medición	0.2 - 320 V/m (CW)	10 nW/cm <sup>2</sup> - 27 mW/cm <sup>2</sup> (CW)	0.8 - 1300 V/m (CW)	170 nW/cm <sup>2</sup> - 450 mW/cm <sup>2</sup> (CW)
	0.2 - 10 V/m (True RMS)	10 nW/cm <sup>2</sup> - 0.027 mW/cm <sup>2</sup> (True RMS)	0.8 - 36 V/m (True RMS)	170 nW/cm <sup>2</sup> - 0,35 mW/cm <sup>2</sup> (True RMS)
Incertidumbre				

Linealidad	±1 dB (1 MHz to 1 GHz) ±1.25 dB (1 GHz to 2.45 GHz)		±1 dB (1 MHz - 400 MHz) +1,4/ -1 dB (400 MHz - 2,45 GHz)	
Planitud de la respuesta de frecuencia	±0.5 dB (1.2 - 200 V/m)	±0.5 dB (0.00038 - 10.6 mW/cm <sup>2</sup> )	+2/-3 dB (1 bis 2 V/m)	+2/-3 dB (0,265 - 1,06 μW/cm <sup>2</sup> )
	±0.7 dB (200 - 320 V/m)	±0.7 dB (10.6 - 27 mW/cm <sup>2</sup> )	±1 dB (2 bis 4 V/m)	±1 dB (1,06 - 4,25 μW/cm <sup>2</sup> )
			±0,5 dB (4 bis 400 V/m)	±0,5 dB (4,25 μW/cm <sup>2</sup> - 42 mW/cm <sup>2</sup> )
Especificaciones generales				
Rango de temperatura	0 °C - +50 °C		0 °C - +50 °C	
Compatibilidad NBM-500	SI		SI	

TABLA 1  
TABLA COMPARATIVA EF0391 Y EF0392



Fig. 3 Sonda EF0391

### III. MEDICIONES

De acuerdo a lo establecido en las normas mencionadas en la sección de introducción, previo a efectuar las mediciones se debe realizar:

- Evaluación del entorno de medición: relevamiento visual del lugar, entorno, ubicación, características topográficas, objetos que pudieran producir campos relativamente intensos

- Selección de puntos de medición: lugar accesible por el público, se deben seleccionar al menos 16 puntos, registrar la ubicación, evitar posibles interferencias

Además, los límites establecidos como máxima exposición poblacional permitida en función de la frecuencia se observan en la tabla 2.

Rango de frecuencia f (MHz)	Densidad de Potencia equivalente de onda plana S (mW/cm <sup>2</sup> )	Campo Magnético E (V/m)	Campo Eléctrico H (A/m)
0,3-1	20	275	0,73
1-10	20/f <sup>2</sup>	275/f	0,73/f
10-400	0,2	27,5	0,073
40-2000	f/2000	1f375f <sup>1/2</sup>	-
2000-100000	1	61,4	-

TABLA 2

VALORES LÍMITES DE EXPOSICIÓN SEGÚN RESOLUCIÓN N° 202/95 DEL MINISTERIO DE SALUD Y ACCIÓN SOCIAL DE LA NACIÓN

Dicho esto, en primera instancia se mide es la inmisión, en caso de que los valores que se obtengan superen los límites de la tabla 1, se procederá con la medición de emisión en las estaciones correspondientes. Una vez que se selecciona el punto a verificar se realiza un barrido de mediciones desde una altura de unos 30 cm desde el suelo hasta aproximadamente una altura de 2 metros, a una velocidad lenta y contante.

Teniendo en cuenta lo expuesto, durante los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2022, en conjunto con todo el equipo de investigación, se llevaron a cabo mediciones en distintos puntos cercanos dentro y fuera de la UNLAM. Dichos puntos se observan en el mapa de la figura 4.



Fig. 4 Mapa de puntos de medición

Al cual se puede acceder mediante el link:

Los resultados obtenidos, junto con su respectiva fecha y ubicación se reflejan en la tabla 3.

Fecha	Ubicación (Grados Decimales)			Mediciones mW/cm <sup>2</sup>	
	Pto.	x	y	Máx.	Prom.
11/08	1	-58,561782	-34,6695761	0.0037	0.0015
	2	-58,562015	-34,6697835	0.0012	0.0008
	3	-58,562294	-34,6700504	0.0018	0.0010
	4	-58,562748	-34,6703394	0.0009	0.0006
	5	-58,563011	-34,6705750	0.0014	0.0007
	6	-58,563465	-34,6710861	0.0031	0.0006
19/08	7	-58,562636	-34,6688363	0.0006	0.0005
	8	-58,562759	-34,6689664	0.0022	0.0014
	9	-58,562858	-34,6692267	0.0002	0.0002
	10	-58,563105	-34,6694186	0.0003	0.0002
	11	-58,563574	-34,6698576	0.0004	0.0003
	12	-58,564113	-34,6702383	0.000	0.0000
	13	-58,564292	-34,6703994	0.0007	0.0005
	14	-58,563783	-34,6707678	0.0031	0.0014
05/09	15	-58,563858	-34,6696998	0.0012	0.0004
	16	-58,564030	-34,6695321	0.0005	0.0003
	17	-58,564330	-34,6693270	0.0005	0.0004
	18	-58,564628	-34,6690534	0.0003	0.0002
	19	-58,564893	-34,6688517	0.0003	0.0002
	20	-58,565226	-34,6686576	0.0003	0.0001

	21	-58,565668	-34,6688164	0.0001	0.0000
	22	-58,565880	-34,6689973	0.0002	0.0001
	23	-58,565591	-34,6692246	0.0002	0.0002
	24	-58,565135	-34,6695202	0.0002	0.0002
	25	-58,564837	-34,6696635	0.0010	0.0007
06/09	26	-58,564666	-34,6676055	0.000221	0.000026
	27	-58,564371	-34,6678372	0.000427	0.000279
	28	-58,564143	-34,6676166	0.000452	0.000251
	29	-58,563974	-34,6681195	0.000861	0.000379
	30	-58,563866	-34,6678416	0.000497	0.000273
	31	-58,563775	-34,6682872	0.000324	0.00204
	32	-58,563585	-34,6678923	0.000445	0.000251
	33	-58,563523	-34,6684637	0.000581	0.000386
23/09	34	-58,565799	-34,6690750	0.000201	0.000078
	35	-58,566416	-34,6689890	0.000201	0.000041
	36	-58,566893	-34,6686316	0.000136	0.000082
	37	-58,567062	-34,6684265	0.000608	0.000134
	38	-58,566448	-34,6681397	0.00045	0.000219
	39	-58,567126	-34,6679323	0.000381	0.000178
	40	-58,567590	-34,6675220	0.000207	0.000108
	41	-58,567901	-34,6678441	0.000334	0.000172
	42	-58,568247	-34,6675419	0.000259	0.000168
	43	-58,568937	-34,6670274	0.000267	0.000131
	44	-58,569417	-34,6667185	0.00065	0.000428
	45	-58,569081	-34,6663612	0.000334	0.000221
	46	-58,569038	-34,6659817	0.001845	0.001039

TABLA 3  
RESULTADOS DE MEDICIONES EFECTUADAS

Como se puede observar, y teniendo en cuenta los límites detallados en la tabla 1, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango permitido y no dañino para la población. El valor máximo medido es de 0.0037 mW/cm<sup>2</sup>, es decir que se encuentran un 99% por debajo del límite más estricto que establece la norma (20mW/cm<sup>2</sup>).

#### IV. CONCLUSIONES

##### *A. Sobre la investigación:*

Basados en los cálculos y en las mediciones realizadas concluimos que los niveles presentes en

los puntos de estudiados son menores que los valores estipulados por la normativa vigente.

Respecto a las mediciones llevadas a cabo, se concluye que es de vital importancia conocer el entorno donde se toman las mediciones, saber que puede y que no puede afectarlas, estar al tanto de los valores límite.

A través del proceso de desarrollo de este proyecto se adquirió capacitación para el uso del equipo de medición Narda NBM 500, y de las normas relacionadas a las RNI y sus respectivas mediciones. Lo cual es útil para el desarrollo de propuestas futuras para monitoreos de RNI.

Vale la pena resaltar que este proyecto sirve como punto de partida de la universidad en cuanto a la temática de las RNI y, por lo tanto, abre un amplio panorama de estudio. Por ejemplo, resultaría interesante evaluar los distintos posibles objetos, barreras, muros que podrían disminuir el impacto de las ondas electromagnéticas, así como también, y promover la investigación de los impactos ambientales y los efectos en la salud por la exposición a RNI. Para lograr estas metas se deberían conformar equipos multidisciplinarios de profesionales de las áreas de ingeniería, ciencias biológicas, ciencias sociales y de la salud.

##### *B. Sobre mi experiencia personal*

A pesar de haber aprendido mucho a lo largo de la carrera acerca de ondas electromagnéticas, antenas, radiación, entre otros, esta experiencia ha sido algo totalmente distinto, positivo y enriquecedor tanto a nivel académico como a nivel profesional. Me permitió sumar prácticas “reales” en un campo de medición, en conjunto con compañeros estudiantes, así como también con los docentes, quienes han sido un apoyo fundamental para el desarrollo de las prácticas y la recopilación de información previo a llevar a cabo al grupo, gracias a esto los alumnos pudimos nutrirnos de su conocimiento para poder avanzar de manera más veloz y simple con las tareas de la investigación. Sumado a los temas de los cuales ya tenía al menos un mínimo conocimiento teórico, he podido instruirme de manera práctica sobre las normas vigentes relativas a las RNI, informarme sobre el

uso de los equipos de medición y sus correspondientes calibraciones y hasta me he dado el lujo de utilizar dicho equipo el cual es propiedad de la UNLaM e incluso en Argentina sería muy difícil o poco probable haberlo hecho.

Por otro lado, considero un punto importante que adquirir estos conocimientos sirve o ayuda a poder informar a mis personas cercanas sobre el tema en cuestión, el cual el común de la gente desconoce, e incluso puede llegar a pensar que no existen normas sobre ello y hasta que cualquier radiación podría provocar enfermedades graves. Hasta incluso me podría servir en caso de que en algún momento quisiera dedicarme en profundidad a llevar a cabo las mediciones y verificar cumplimiento de normas de manera profesional.

La experiencia sirvió a en varios aspectos: organización de trabajo, esfuerzo, redacción de documentos formales y/o universitarios, redacción de escritos para revistas científicas de discusión, entre otros. Sumado a esto, el mundo de hoy es tremendamente competitivo y resulta necesario estar actualizándose y compitiendo constantemente, por lo cual, recomiendo aprovechar estas oportunidades que brinda la universidad de colaborar con los grupos de investigación, en el cual se pueden emplear los conocimientos y herramientas adquiridos a lo largo de la carrera, así como también enfrentarse a nuevos retos y a distintas exigencias.

## V. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

### A. *Referencias bibliográficas:*

[1] H. D Young. & R. A. Freedman. Sears & Zemansky. *Física Universitaria con Física Moderna*. Volumen 2. Decimosegunda Edición. Editorial Pearson. 2009.

[2] Mirion Technologies. "What is radiation?" 31 marzo 2015. Recuperado de [https://www.mirion.com/learning-](https://www.mirion.com/learning-center/radiation-safety-basics/what-is-radiation)

[center/radiation-safety-basics/what-is-radiation](https://www.mirion.com/learning-center/radiation-safety-basics/what-is-radiation)

[3] Leach V., Weller S., Redmayne M. "A novel database of bio-effects from non-ionizing radiation". Rev Environ Health. 25 septiembre 2018. doi: 10.1515/reveh-2018-0017. Recuperado desde: [https://www.orsaa.org/uploads/6/7/7/9/67791943/a\\_novel\\_database\\_of\\_bio-effects\\_from\\_non-ionizing\\_radiation.pdf](https://www.orsaa.org/uploads/6/7/7/9/67791943/a_novel_database_of_bio-effects_from_non-ionizing_radiation.pdf)

[4] ENACOM. Ente Nacional de Comunicaciones. Recuperado desde [http://www.enacom.gob.ar/radiaciones-no-ionizantes\\_p119](http://www.enacom.gob.ar/radiaciones-no-ionizantes_p119)

[5] OMS. "Campos electromagnéticos y salud pública: teléfonos móviles". 8 octubre 2014. Recuperado desde: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/electromagnetic-fields-and-public-health-mobile-phones>

[6] Comisión Nacional de Comunicaciones. Resolución 3690/2004. Boletín Oficial N° 30.524, 10/11/04. Recuperado desde [https://www.enacom.gob.ar/multimedia/normativas/2004/Resolucion%203690\\_04%20CNC.pdf](https://www.enacom.gob.ar/multimedia/normativas/2004/Resolucion%203690_04%20CNC.pdf)

[7] Hoja de datos. NBM 550 Narda Broadband Field Meter Series NBM-500. Narda Safety Test Solutions. Recuperado desde: [https://www.trs-rentelco.com/Specs-Manuals/NAR\\_NBM\\_550\\_Spec.pdf](https://www.trs-rentelco.com/Specs-Manuals/NAR_NBM_550_Spec.pdf)

[8] Hoja de datos. E-FIELD PROBE – EF 0391. Narda Safety Test Solutions. Recuperado desde: <https://www.narda-sts.com/de/breitband-emf/nbm-550/nbme-field-3-ghz/>



[9] Hoja de datos. E-FIELD PROBE – EF 0392. Narda Safety Test Solutions. Recuperado desde: <https://www.narda-sts.com/en/wideband-emf/nbm-550/nbme-field-3-ghz-high-power/>

[10] NBM Series Probes - Electric and Magnetic Field Measurement. Narda Safety Test Solutions. Recuperado desde:

<https://assets-us-01.kc-usercontent.com/ecb176a6-5a2e-0000-8943-84491e5fc8d1/c3344fb0-4a7f-48a8-97ef-1a7abf79d88c/Narda%20Broadband%20Field%20Meter%20Series%20NBM-500%20Data%20Sheet.pdf>

**Recibido:** 2022-10-23

**Aprobado:** 2022-11-18

**Hipervínculo Permanente:** <https://doi.org/10.54789/reddi.7.2.6>

**Datos de edición:** Vol. 7 - Nro. 2 -Art. 6

**Fecha de edición:** 2022-12-29

