Campo electromagnético en instalaciones de bajas frecuencias – efecto en la salud

Electromagnetic field in low-frequency installations - health effect

DOI: 10.46932/sfjdv3n6-052

Received in: November 10th, 2022
Accepted in: December 15th, 2022

Horacio Pascual Hollman
Graduado en la Carrera de Posgrado en la Especialización en Higiene y Seguridad en el Trabajo, Graduado en Ingeniería Mecánica Electricista
Institución: Facultad Regional de Paraná, Universidad Tecnológica Nacional
Dirección: Av. Almafuerte 1033, E3102SLK Paraná, Entre Ríos, Argentina
Correo electrónico: horaciohollman@hotmail.com

Gustavo Alejandro Accinelli
Graduado en Ingeniería Electrónica
Institución: Facultad Regional de Paraná, Universidad Tecnológica Nacional
Dirección: Av. Almafuerte 1033, E3102SLK Paraná, Entre Ríos, Argentina
Correo electrónico: gustavoaccinelli@frp.utn.edu.ar

David Emiliano Fontana
Dicente en Ingeniería Electrónica en la Facultad Regional Paraná de la Universidad Tecnológica Nacional – Argentina
Institución: Ingeniería Electrónica, Facultad Regional de Paraná, Universidad Tecnológica Nacional
Dirección: Av. Almafuerte 1033, E3102SLK Paraná, Entre Ríos, Argentina
Correo electrónico: davidfontana68@gmail.com

RESUMEN
Se presenta un resumen de la investigación que se está llevando a cabo en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Paraná. La misma se enfoca en el campo electromagnético en las instalaciones de distribución de alta tensión de bajas frecuencias, donde se transmiten 132[kV] a 50[Hz]. El objetivo de este análisis es comprender los riesgos que provocan estas distribuciones de alto voltaje que se encuentran bajo las viviendas y cercanas a ellas. Se tomaron mediciones de campo en distintos puntos de la línea, pudiendo comprobar su intensidad. Las mediciones de campo se realizaron en los alrededores de la sede de la Estación Transformadora de Energía Eléctrica Norte ENERSA, Paraná, Entre Ríos. Las medidas se tomaron con respecto al campo eléctrico y magnético, comenzando en el centro de la línea y deslizándose un metro, hacia los laterales hasta llegar a los doce metros, distancia segura de alejamiento de la línea en la cual no se presentan posibles peligros. Se compararon las medidas tomadas con las establecidas por las normativas vigentes de Enersa correspondientes a la ley N° 8916, y los decretos provinciales 734 y 935, pudiéndose verificar que no discrepan de lo establecido, pero considerando la revisión constante de las mismas. Por otro lado, para poder obtener una estadística de calidad de salud en los residentes cercanos a la zona de medición, se analizó sobre los síntomas con los signos característicos de exposición de los campos estudiados. De esta manera, se sugieren soluciones y mejoras ante situaciones en las que se observen efectos colaterales redundantes en casos de estudios similares al presentado.

Palabras clave: salud, alta tensión, distribución de energía, regulación, control.

ABSTRACT
A summary of the research being carried out at the Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Paraná is presented. It focuses on the electromagnetic field in low frequency high voltage distribution installations, where 132 [kV] at 50 [Hz] are transmitted. The objective of this analysis is to understand the risks caused by these high voltage distributions under and near houses. Field measurements were taken at different points along the line, being able to check their intensity. The field measurements were taken in the surroundings of the headquarters of the Estación Transformadora de Energía Eléctrica Norte ENERSA, Paraná, Entre Ríos. The measurements were taken with respect to the electric and magnetic field, starting at the center of the line and sliding one meter towards the sides until reaching twelve meters, a safe distance away from the line at which there are no possible dangers. The measures taken were compared with those established by Enersa's current regulations corresponding to Law No. 8916, and provincial decrees 734 and 935, and it was verified that they do not differ from what was established, but considering the constant revision of the same. On the other hand, in order to obtain a statistic of health quality in the residents near the measurement area, the symptoms were analyzed with the characteristic signs of exposure of the studied fields. In this way, solutions and improvements are suggested for situations in which redundant collateral effects are observed in cases of studies similar to the one presented.

Keywords: health, high voltage, power distribution, regulation, control.

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos cien años, los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial han estado presentes en nuestra vida diaria. Sus características particulares, frecuencia y longitud de onda, hacen que los mismos sean clasificados como “no ionizantes”. Esto significa que no poseen energía suficiente como para producir la alteración de la estructura atómica de la materia. Sus efectos sobre los seres humanos, se manifiestan como alteraciones en las señales eléctricas transmitidas por el sistema nervioso, por las asociadas con la actividad cerebral, el músculo cardíaco, entre otras.

No obstante, toda la actividad “eléctrica”, natural, originada en reacciones químicas que se desarrollan en nuestro interior, tiene asociada la generación de campos eléctricos y magnéticos. Los mismos están cerca del núcleo de las células humanas, particularmente de sus cromosomas, y se consideran pequeños en relación con aquellos generados por las instalaciones eléctricas.

Lo que buscan las normas y guías, tanto nacionales como internacionales, es establecer valores límites para los campos eléctricos y magnéticos, de tal manera que los mismos resulten inferiores a los necesarios para interferir con aquellos que naturalmente se generan en el interior de nuestro propio cuerpo. [12]

El objetivo global de este documento consiste en establecer el nivel de conocimiento actual sobre los posibles efectos perjudiciales de los campos de muy baja frecuencia (Extremely Low Frequency, ELF) en la salud humana, abarcando el rango de 50Hz, perteneciente a instalaciones de alta tensión.

Los principales puntos de estudio son:

- Efectos de la exposición a los campos ELF sobre la salud humana.

- Comparación y resumen de los principales estándares (IEEE Std C95.6TM "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0-3 kHz" [7] e ICNIRP, "Guidelines for limiting Exposure to Time-Varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)" [8]. Niveles admisibles de exposición.
- Análisis de cumplimiento de la ley Nº 8916, y los decretos provinciales 734 y 935.
- Medición de los campos ELF y los principales tipos de estudios.
- Posibles soluciones para los campos ELF, y recomendaciones sobre prevención y protección.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Comenzando con el estudio realizado del campo electromagnético, las mediciones de campo se llevaron a cabo en los alrededores de la sede de la Estación Transformadora de Energía Eléctrica Norte ENERSA, ubicada en calle Blas Pareras y Don Bosco, ciudad de Paraná. Se tomaron mediciones de campo eléctrico y campo magnético, comenzando en el centro de la línea y deslizándose un metro o dos, dependiendo de la ubicación, hacia la derecha y hacia la izquierda, hasta doce metros en cada lado. Estas mediciones permitieron obtener una curva gaussiana, donde se encontró un punto máximo central, y a medida que nos alejamos de ese punto, los valores disminuyen formando el comportamiento gaussiano. La distancia es de doce metros debido a que es la medida recomendada en donde debe estar alejada la vivienda de la línea como parámetro a no afectar la salud del residente en el hogar cercano a esta [5].

Para realizar la medición se utilizaron los siguientes instrumentos: KMOON GM3120: Medidor de Radiación de Campo Electromagnético. El mismo mide el campo eléctrico en [V/m] y el campo magnético en [uT]. [10]

TES 1349S Triaxial Elf Magnetic Field Meter. Tester de medición de la intensidad de la radiación de campo magnético. Utiliza tres sensores ortogonales internos que testean un amplio rango de campo magnético ELF, independiente del ángulo de medición. Las mediciones las puede realizar en microTesla [uT] o miliGaus [mG] con un ancho de banda de 20[Hz] a 2000[Hz]. [11]

Ilustración 1 – Lado izquierdo TES 1394S, Lado derecho KMOON GM3120.

Se eligieron siete puntos de mediciones estratégicos, en donde se pudo corroborar si bajo esta línea de distribución se cumplieron o no, los doce metros recomendados. En la siguiente figura, se puede visualizar la ubicación de los puntos mencionados.

Ilustración 2 – Ubicación de los puntos de medición, obtenidos mediante la aplicación Google Earth.

A continuación, se mencionan los distintos puntos de medición.

Primera posición: Don Bosco y Roque Seanz Peña. Coordenadas: -31.736785, -60.491749

Ilustración 3 – Primer poste de medición y Estación Transformadora de Energía Eléctrica Norte ENERSA.

Segunda posición: Plazoleta – Gregorio Dean Funes y Francisco Beiró.

Tercera posición: Esquina Gregorio Dean Funes y Francisco Beiró.

Coordenadas: -31.737732,-60.491062

Ilustración 4 – Segunda y tercer posición de medición.

Cuarta posición: Agustín Montaño, entre Gregorio Dean Funes y Juan Lamadrid.Coordenadas: -31.738283 -60.489996

Ilustración 3 – Vista de cuarta posición de medición.

Quinta posición: Maestro Normal y Gregorio Dean Funes. Coordenadas: -31.738462 -60.488847

Ilustración 3 – Vista de la quinta posición de medición.

Sexta posición: Gregorio Dean Funes continuación, pasando Gbdor. Manuel Crespo. Coordenadas: -31.738755, -60.487074

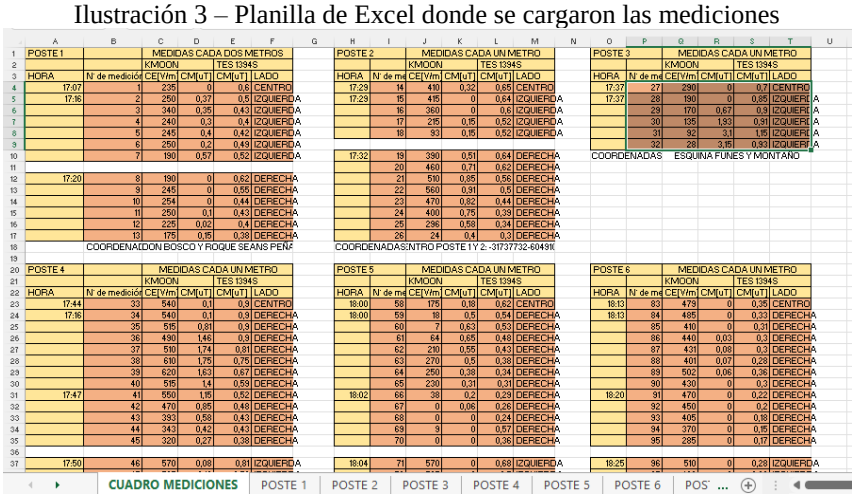
Séptima posición: Dean Funes continuación, pasando Gbdor. Manuel Crespo. Coordenadas: -31.739041 -60.485184

Ilustración 3 – Vista de la sexta y séptima posición de medición.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se tomaron alrededor de 132 mediciones, pudiendo cargar los datos en una planilla de Excel para obtener las curvas y analizar el comportamiento de las líneas de distribución.

Ilustración 3 – Planilla de Excel donde se cargaron las mediciones



POSTE 1		MEDIDAS CADA DOS METROS			
		KMOON		TES 1394S	
HORA	N° de medición	CE[V/m]	CM[uT]	CM[uT]	LADO
17:07	1	235	0	0,6	CENTRO
17:16	2	250	0,37	0,5	IZQUIERDA
	3	340	0,35	0,43	IZQUIERDA
	4	240	0,3	0,4	IZQUIERDA
	5	245	0,4	0,42	IZQUIERDA
	6	250	0,2	0,49	IZQUIERDA
	7	190	0,57	0,52	IZQUIERDA
17:20	8	190	0	0,62	DERECHA
	9	245	0	0,55	DERECHA
	10	254	0	0,44	DERECHA
	11	250	0,1	0,43	DERECHA
	12	225	0,02	0,4	DERECHA
	13	175	0,15	0,38	DERECHA
COORDENADDON BOSCO Y ROQUE SEANS PENA					

POSTE 2		MEDIDAS CADA UN METRO			
		KMOON		TES 1394S	
HORA	N° de me	CE[V/m]	CM[uT]	CM[uT]	LADO
17:29	14	410	0,32	0,65	CENTRO
17:29	15	415	0	0,64	IZQUIERDA
	16	360	0	0,6	IZQUIERDA
	17	295	0,15	0,52	IZQUIERDA
	18	93	0,15	0,52	IZQUIERDA
17:32	19	390	0,51	0,64	DERECHA
	20	460	0,71	0,62	DERECHA
	21	510	0,85	0,56	DERECHA
	22	560	0,91	0,5	DERECHA
	23	470	0,82	0,44	DERECHA
	24	400	0,75	0,39	DERECHA
	25	296	0,58	0,34	DERECHA
	26	24	0,4	0,3	DERECHA
COORDENADAS:NTRO POSTE 1 Y 2: -31737732-60491					

POSTE 3		MEDIDAS CADA UN METRO			
		KMOON		TES 1394S	
HORA	N° de me	CE[V/m]	CM[uT]	CM[uT]	LADO
17:37	27	290	0	0,7	CENTRO
17:37	28	190	0	0,85	IZQUIERDA
	29	170	0,67	0,9	IZQUIERDA
	30	135	1,33	0,91	IZQUIERDA
	31	92	3,1	1,15	IZQUIERDA
	32	28	3,15	0,93	IZQUIERDA
COORDENADAS	ESQUINA FUNES Y MONTAÑO				

POSTE 4		MEDIDAS CADA UN METRO			
		KMOON		TES 1394S	
HORA	N° de medición	CE[V/m]	CM[uT]	CM[uT]	LADO
17:44	33	540	0,1	0,9	CENTRO
17:16	34	540	0,1	0,9	DERECHA
	35	515	0,81	0,9	DERECHA
	36	490	1,46	0,9	DERECHA
	37	510	1,74	0,81	DERECHA
	38	610	1,75	0,75	DERECHA
	39	620	1,63	0,67	DERECHA
	40	515	1,4	0,59	DERECHA
17:47	41	550	1,15	0,52	DERECHA
	42	470	0,85	0,48	DERECHA
	43	393	0,58	0,43	DERECHA
	44	343	0,42	0,43	DERECHA
	45	320	0,27	0,38	DERECHA
17:50	46	570	0,08	0,81	IZQUIERDA

POSTE 5		MEDIDAS CADA UN METRO			
		KMOON		TES 1394S	
HORA	N° de me	CE[V/m]	CM[uT]	CM[uT]	LADO
18:00	58	175	0,18	0,62	CENTRO
18:00	59	18	0,5	0,54	DERECHA
	60	7	0,63	0,53	DERECHA
	61	64	0,65	0,48	DERECHA
	62	210	0,55	0,43	DERECHA
	63	270	0,5	0,38	DERECHA
	64	250	0,38	0,34	DERECHA
	65	230	0,31	0,31	DERECHA
18:02	66	38	0,2	0,29	DERECHA
	67	0	0,06	0,26	DERECHA
	68	0	0	0,24	DERECHA
	69	3	0	0,57	DERECHA
	70	0	0	0,36	DERECHA
18:04	71	570	0	0,68	IZQUIERDA

POSTE 6		MEDIDAS CADA UN METRO			
		KMOON		TES 1394S	
HORA	N° de me	CE[V/m]	CM[uT]	CM[uT]	LADO
18:13	83	479	0	0,35	CENTRO
18:13	84	495	0	0,33	DERECHA
	85	410	0	0,31	DERECHA
	86	440	0,03	0,3	DERECHA
	87	431	0,09	0,3	DERECHA
	88	401	0,07	0,28	DERECHA
	89	502	0,06	0,36	DERECHA
	90	430	0	0,3	DERECHA
18:20	91	470	0	0,22	DERECHA
	92	450	0	0,2	DERECHA
	93	405	0	0,18	DERECHA
	94	370	0	0,15	DERECHA
	95	295	0	0,17	DERECHA
18:25	96	510	0	0,28	IZQUIERDA

Se puede visualizar en la siguiente figura, el comportamiento gaussiano de la séptima medición correspondiente al poste número seis. Se eligió la misma debido a poseer los valores más elevados de exposición.

Ilustración 4 – Curva correspondiente a la séptima medición del Campo Eléctrico [V/m]

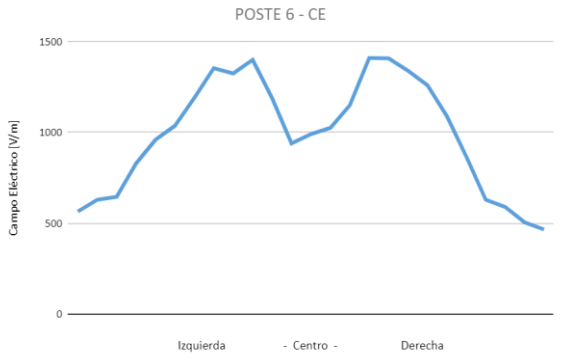
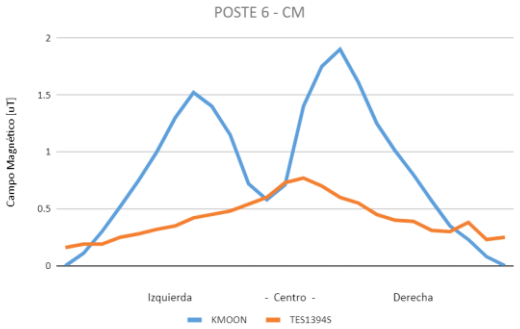


Ilustración 5 – Curva correspondiente a la séptima medición del Campo Magnético [uT] - Azul: KMOON - Naranja: TES1309



Analizando la curva obtenida, las mediciones corresponden a dos líneas con intensidades elevadas, la medición número 111 fue la de mayor valor posicionada en el lado derecho, a los tres metros de

distancia del centro con una medición de campo eléctrico de 1,41 [kV/m] y un valor de campo magnético de 1,9 [uT].

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizadas las curvas correspondientes, se tomaron los valores máximos en cada línea de las mediciones de los dos campos, de manera de comparar estos con los permitidos y establecidos por el Ente Provincial Regulador de la Energía (EPRE), el cual mediante la ley N° 8916 asegura que la actividad eléctrica se desarrolle respetando las normas de protección ambiental y resguardando los derechos de los usuarios.

Adicionalmente, se tienen en cuenta los estándares mencionados que presentan valores límites de manera de comparar con los obtenidos en el estudio realizado. Para el rango de frecuencias de 1-368[Hz], ICES limita el campo eléctrico a 5 [kV/m] para el público en general. Sin embargo, dentro de las líneas de distribución de energía (line-rights of way, ROWs), el límite se lleva a 10 [kV/m], dando como justificación que las líneas de energía se pueden considerar entornos “cuasi-controlados”. Por el contrario, los límites de exposición por ICNIRP para el público en general son de 5 y 4.2 [kV/m] para 50 y 60 [Hz] [7], respectivamente, aunque admite exposiciones de hasta 10 [kV/m] por debajo de 25 [Hz].

Comparando la máxima medición obtenida con las mediciones límites establecidas por las normativas internacionales, podemos concluir que los valores se encuentran bajo reglamentación y no discrepan de lo recomendado.

Analizando el efecto en la salud de los valores obtenidos, los estudios en seres humanos, en animales e in vitro, publicados desde la monografía de 2002 de la IARC (International Agency for Research on Cancer), no modifican la clasificación global de los campos magnéticos ELF como posibles carcinógenos para los seres humanos [12]. En cuanto a otras enfermedades, como pueden ser las cardiovasculares, neurodegenerativas, entre otras, las investigaciones realizadas verifican que los campos ELF no son la causa de estos efectos y no hay una evidencia consistente hallada; resultados similares se muestran en otras recopilaciones, como la realizada por UNESA (United Nations Economic and Social Affairs)[13]. Considerando las investigaciones sobre la leucemia existe una cierta asociación estadística que relaciona un aumento de la incidencia de esta enfermedad en niños cuyos hogares se encuentran cerca de líneas de distribución de energía, pero esta asociación es débil.

Por otro lado, los efectos de exposición a corto plazo sobre la salud de los campos ELF, provocan los campos magnéticos externos ELF que originan en el cuerpo humano corrientes y campos eléctricos que, si la intensidad del campo es muy elevada, causan estimulación muscular, así como cambios en la excitabilidad neuronal del sistema nervioso central y sensaciones dolorosas [4].

En la actualidad, los dos organismos internacionales consideran que las pruebas científicas relacionadas con los posibles efectos sobre la salud, atribuibles a la exposición a largo plazo, son insuficientes para justificar una reducción de los límites actualmente establecidos. [6]

Así pues, queda por establecer un consenso internacional donde se elabore un estándar que proporcione límites de exposición ELF considerando los efectos a largo plazo, pero para ello es necesario continuar investigando.

Como resultado del análisis realizado se identificaron dos opciones que deberían implementarse, más allá de que no producen una reducción significativa en los niveles de exposición, permiten mantener bajo observación el comportamiento del servicio brindado en el tendido eléctrico dado por la empresa distribuidora, en este caso, ENERSA.

En primer lugar, se establece proporcionar más información al público en general, sobre las acciones que se deberían llevar a cabo en el caso de que deseen reducir su exposición, brindando una breve explicación de los posibles efectos colaterales a corto plazo mencionados en este estudio.

Finalmente, como segunda solución, se plantea continuar realizando mediciones, análisis, y observaciones en distintos puntos estratégicos de las líneas de distribución alrededor de la provincia donde se encuentren zonas residenciales/urbanas cercanas, debido a que estos valores pueden discrepar en un período de tiempo determinado, donde se puede ver afectado el individuo que se encuentre cercano a esta.

Como próximo objetivo a concretar se plantea la continuidad de esta investigación de manera de obtener resultados sobre los efectos a largo plazo de los campos de baja frecuencia a alta tensión. Esto requerirá de encuestas a realizar a hogares con familias que estén viviendo bajo un largo período de tiempo cerca de la línea de distribución con el objetivo de verificar si se ha producido algún tipo de alteración celular, a lo largo de los años en el grupo familiar, derivando a una enfermedad crónica, como es el cáncer.

REFERENCIAS

[1] Ente Provincial Regulador de la Energía (1995, Agosto). Ley Nº 8916-95/MARCO REGULATORIO PROVINCIAL. Paraná, Entre Ríos. Recuperado de: https://epre.gov.ar/web/ley-no-8916-95-marco-regulatorio-provincial/

[2] Ente Provincial Regulador de la Energía (2012, marzo). Decreto Nº 734. Paraná, Entre Ríos. Recuperado de: https://www.epre.gov.ar/Decreto_734_CC_ENERSA.pdf

[3] Ministerio de trabajo, empleo y seguridad social, subsecretaria de relaciones laborales. (2016, febrero) Buenos Aires. Recuperado de: http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/260000-264999/260177/norma.htm

[4] ELF Working Group of the Federal-Provincial-Territorial Radiation Protection Com-

mittee. PDF "Health Effects and Exposure Guidelines Related to Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields - An Overview" Canada, Enero 2005.

[5] World Health Organization. "Environmental Health Criteria 238. Extremely Low Frequency Fields". 2007. ISBN: 978 92 4 157238 5.

[6] National Institute of Environmental Health Sciences and National Institute of Health. EMF Rapid Program. "EMF Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power, Questions & Answers". Junio 2002.

[7] IEEE Std C95.6TM. "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0-3 kHz". Octubre 2002. ISBN 0-7381-3389-2.

[8] ICNIRP. "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)". 1998. Health Physics 74 (4): 494-522.

[9] Organización Mundial de la Salud. "Estableciendo un diálogo sobre los riesgos de los campos electromagnéticos". 2005. ISBN: 92 4 354571X.

[10] Grupo CYM. Ficha técnica KMOON GM3120. Recuperado de: https://www.grupocym.pe/cms/_imgs/ficha/FICHA-TECNICA-SENSOR-DETECTOR-DE-RADIACION-ELECTROMAGNETICA-GM3120.pdf

[11] TES Electrical Electronic CORP. Ficha técnica TES1394. Recuperado de: https://www.mcgill.ca/epi-biostat-occh/files/epi-biostat-occh/elf_magnetic_field_meter_triaxial_tes-1394_manual_0.pdf

[12] Mario L. Ruz, Francisco Vázquez, Antonio J. Cubero, Lorenzo Salas, Jorge E. Jiménez, Antonio Arauzo, Juan R. Cubero, Laura García, Maria Dolores Redel, Juan Garrido. "Efectos sobre la salud humana de los campos magnéticos y eléctricos de muy baja frecuencia (ELF)". Editado por la Junta de Andalucía, Consejería de Empleo, Sevilla. 2010. 217 pp., ISBN: 978-84-692-4787-7.

[13] Grupo Pandora S.A. "Campos magnéticos y eléctricos de 50 Hz". 2001. ISBN 84-9320590-7. Publicación realizada con la colaboración de Endesa y UNESA.