

El IITREE realizó la campaña de mediciones de CEM de acuerdo a la programación de la operación de la Central que realizó CDS a efectos de cubrir en el estudio todas las diversas instancias operativas. La tarea - con el posterior análisis de las mediciones y su correlación con los datos de las cargas de las líneas - permitió determinar el origen de los campos medidos, mientras que con el agregado de la información del despacho anual de la Central se determinaron diversos estadígrafos, entre ellos los valores promedio aritmético y media geométrica de CEM ELF en un período de un año, los que se desarrollan en este artículo.

3. UBICACIÓN DE LA ZONA

Las mediciones se realizaron en diversos sitios en las proximidades de las salidas de CDS de las líneas de 132 kV N^{os} 201, 202, 203 y 204 que vinculan la ET de Dock Sud con las EETT Quilmes y Sobral, cuya ubicación eléctrica en el Sistema Argentino de Interconexión se indican en la Figura 1.

Las áreas influenciadas por las líneas son suburbanas de Dock Sud, partido de Avellaneda, Provincia de Buenos Aires. Las fotos de la Figura 2 son demostrativas de la zona.

Se realizaron mediciones en todos los Sitios en ocho (8) oportunidades [2]. En todas ellas las condiciones de operación fueron diferentes, cubriendo un abanico suficientemente representativo de los distintos estados de carga del ciclo combinado de CDS - que determinan las corrientes que circulan por las ternas mencionadas - según se indica en la Tabla I.

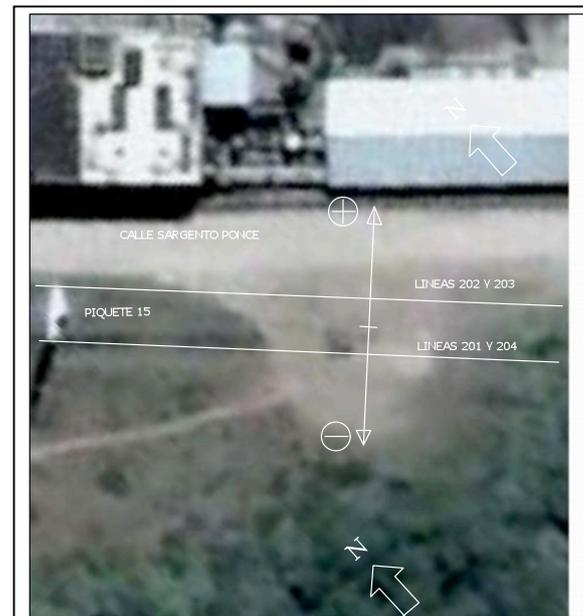


Figura 2. Foto satelital y de caracterización de uno de los diversos sitios de medición

Tabla I. Caracterización de las mediciones realizadas en campo. Condiciones operativas del Sistema.

Medicció		Informe IITREE	Estados de despacho del Ciclo combinado y			
N	n		Fecha	Estado topología	Topología	Corrientes (A)
1	10/09/2008	IL062/08	ciclo combinado a mínimo	TG y TV a subsistema blanco	entre 117 y 220	134, 5
2	16/09/2008	IL063/08	ciclo combinado a mínimo	TG y TV a subsistema blanco	entre 93 y 200	134, 5
3	16/09/2008	IL064/08	ciclo combinado a carga bas	TG y TV a subsistema blanco	entre 90 y 207	134, 5
4	17/09/2008	IL065/08	ciclo combinado a mínimo	TV a subsistema blanco	entre 60 y 160	134, 5
5	17/09/2008	IL066 / 08	ciclo combinado a carga bas	TV a subsistema blanco	entre 90 y 200	134, 5
6	01/10/2008	IL067/08	ciclo combinado a carga bas	TG y TV a subsistema blanco	entre 480 y 540	134, 5
7	27/10/2008	IL077/08	ciclo combinado a carga bas	subsistema blanco en servicio	entre 130 y 137	-
8	27/10/2008	IL078/08	fuera de servicio yemas puestas a tierra	subsistema blanco fuera de servicio y puesto a tierra	0	0

4. DETERMINACION DE LOS FACTORES DE RELACION B/I

Debido a que el campo magnético en las proximidades de un conductor es directamente proporcional a la corriente que lo origina es posible obtener los valores de campo de largo plazo desde los registros de las corrientes en igual lapso.

Se requiere determinar los factores de relación B (μT) vs I (A) para cada Punto de cada Sitio, lo que en este trabajo se ha realizado experimentalmente por mediciones de los pares de valores B, I.

Se resumen a continuación, a título ilustrativo, los resultados de las determinaciones realizadas con tal fin en Puntos de un perfil transversal a las líneas de uno de los Sitios explorados, correspondiente a un caso con influencia determinante de las instalaciones de AT. En la Figura 3 se indican el “Factor de Proporcionalidad B (μT) vs I (A)” representado por el valor medio de las mediciones realizadas en las diversas condiciones indicadas en la Tabla I y, también, el respectivo rango de incerteza encontrado analíticamente en las determinaciones.

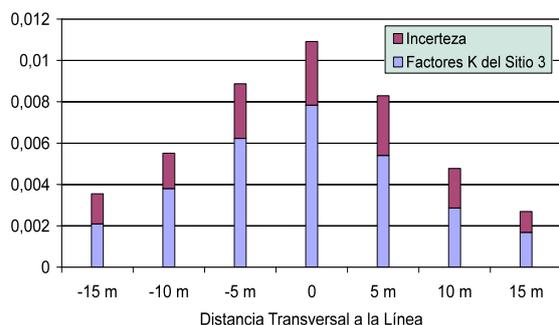


Figura 3. Gráfico de Factores de proporcionalidad (K) entre B (μT) e I (A) obtenidos de las mediciones.

No se grafican factores para puntos mas allá de ± 15 m. , medidos desde el eje de las torres, debido a las muy amplias incertezas encontradas en tales determinaciones. Este resultado implica que para este caso los campos mas allá de ± 15 m. no tienen origen predominante en las corrientes de la terna, razón por la cual estos puntos deben descartarse del estudio de estadígrafos promediados de exposición a campos producidos por la línea ya que su inclusión resultaría incorrecta.

La incerteza en el factor de proporcionalidad tiene origen predominantemente en la influencia de la variación de altura de los conductores por temperatura (ambiental mas calentamiento por la carga), efecto del viento, de la corriente homopolar circulante y la variabilidad inherente a la técnica de medición, todas ellas resultantes de las condiciones diversas encontradas en las diferentes oportunidades de medición.

Para el caso la incerteza resultó experimentalmente del 10%. Este valor se considera razonable – a los efectos de inferir los valores de campo con base en los valores de corrientes – considerando los rangos amplios de las variables de influencia y los estándares para mediciones determinísticas sugeridos internacionalmente [4]

El método de realizar mediciones bajo diversas condiciones de carga permite también demostrar la no influencia en el campo B de las instalaciones de AT en sitios alejados. El gráfico a continuación es autoexplicativo y la independencia que sugiere se corresponde con el cálculo analítico de los respectivos factores de correlación entre ambas variables, los que resultan muy bajos. Se encuentra que son sitios con influencia predominante sobre la de AT por parte de otras instalaciones (red pública de distribución y de los inmuebles vecinos). Para dos Sitios a 60 m del eje de la línea de AT se tienen valores en azul, frente a una vivienda con línea de baja tensión en la vereda y valores en rojo en un sitio de medición alejado de la vivienda y de líneas o cables de media y baja tensión.

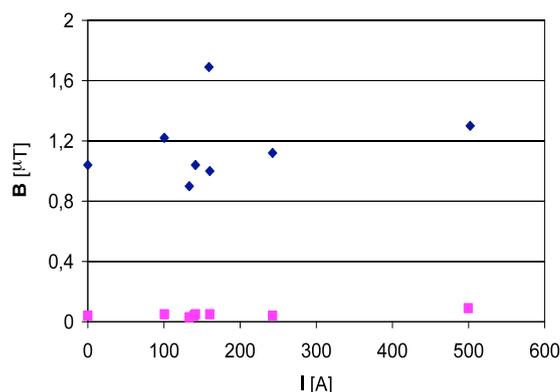


Figura 4. Gráfico de campo B en dos sitios a 60 m. No hay correlación con las respectivas corrientes en las líneas.

5. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

Tiene por objeto determinar magnitudes estadísticas de la exposición a campo magnético debajo de las líneas estudiadas.

Los resultados pueden ser de interés para estimaciones sobre grados de exposición humana.

Para la determinación de resultados estadísticos se utiliza como Guía la Publicación de CIGRE [1], documento reciente que refleja los criterios mas actualizados sobre el particular de especialistas del sector eléctrico mundial.

Se procedió al cálculo de la Base de Datos anual de campos B, en los Sitios que están relacionados a las corrientes en las líneas de AT de CDS, mediante la aplicación del siguiente procedimiento:

- Se parte de los datos de las corrientes como promedios cada 15 minutos en cada una de las líneas de AT del año comprendido entre el 1/11/07

y el 31/10/08, aportadas por el Despacho de Energía por consulta de CDS.

- Se utilizan los factores de relación – valores medios y respectivos intervalos de incerteza -entre campo B y esas corrientes, tal como fueron determinados experimentalmente según lo indicado en el párrafo precedente.

- Se obtiene la Base de datos anual de campos, utilizando los factores anteriores. En particular, y con criterio conservativo, para este análisis se aplicaron los del “caso peor”, correspondientes a los valores máximos (los medios mas el correspondiente intervalo de incerteza).

A continuación se indican los estadígrafos estudiados, con ilustraciones de los resultados.

5. 1.Valores medios en el tiempo

Es el valor medio del campo B a lo largo del intervalo de integración en cada punto de medición de cada Sitio.

Corresponde a la expresión:

$$\bar{B} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i$$

5. 1. 1. En intervalos de 15 minutos

Se dispone de la totalidad de valores en intervalos de 15 minutos del año. Con esos datos se obtienen resultados estadísticos.

5. 1. 2. En intervalos horarios

Los perfiles con base horaria - cuatro (4) intervalos de 15 minutos - no se consideran de interés debido a la escasa variabilidad de la carga en ese lapso (ver curva de Figura 5).

5. 1. 3. En intervalos diarios

La Figura 5 es un ejemplo gráfico de resultados

estadísticos y corresponde a las curvas de valores medios del campo B representativos de cada intervalo de 15 minutos a lo largo del día, con datos del año completo de un Sitio.

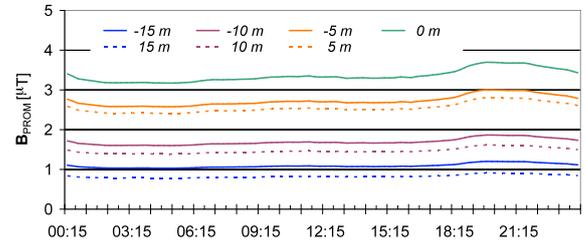


Figura 5. Gráfico de valores medios de campo B cada 15 minutos a lo largo del día, con datos de todo el año.

5. 1. 4. En intervalos semanales.

La Figura 6 es un ejemplo gráfico de resultados estadísticos y corresponde a las curvas de valores medios del campo B representativos de cada intervalo de 15 minutos a lo largo del día, con datos del año completo del Sitio.

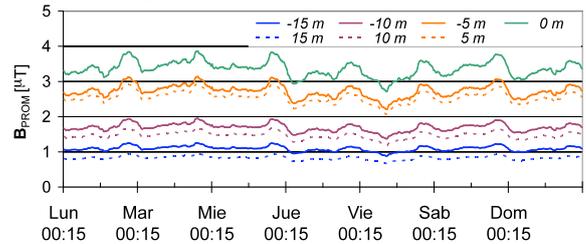


Figura 6. Gráfico de valores medios de campo B cada 15 minutos a lo largo de una semana, con datos de todo el año.

5. 1. 5. En intervalo anual.

La Figura 7 es un ejemplo gráfico de los perfiles transversales a las líneas, indicando valores medios y de probabilidad 95% de no ser superados, con datos del año completo del campo B en dos Sitios.

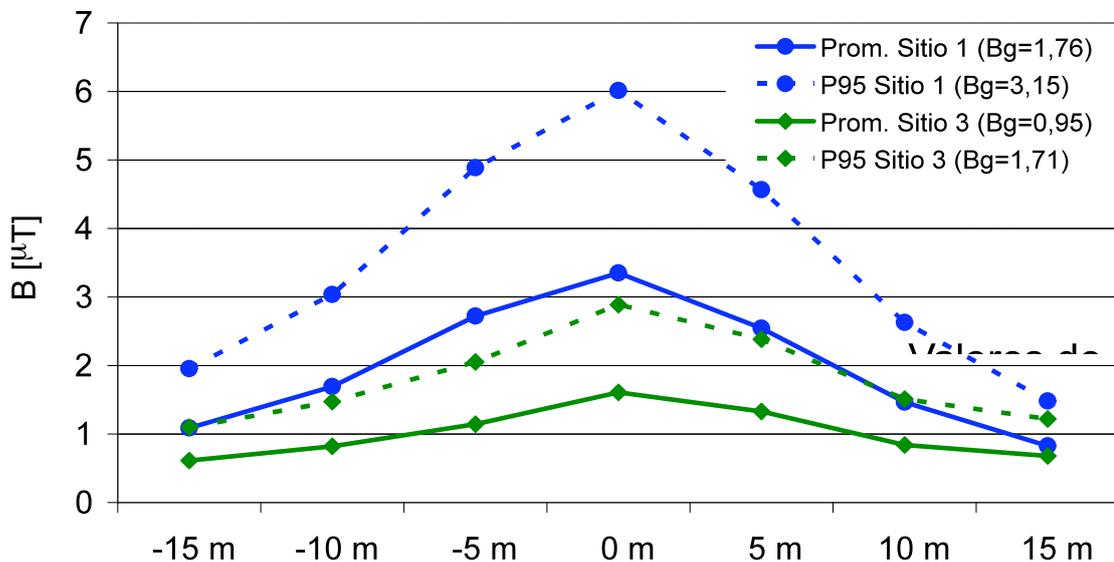


Figura 7. Gráfico de valores medios y de probabilidad 95% de no ser superados anuales de campo B.

5. 2. Medianas en el tiempo

Es el valor ubicado en el centro del listado de un conjunto de datos ordenados, por ejemplo, de mayor a menor.

Los valores están disponibles en la Tabla II.

Tabla II. Valores estadísticos de los valores de B para un Sitio, expresados en μT .

d [m]	-15 m	-10 m	-5 m	0 m	5 m	10 m	15 m	B _a	B _g
B _{PROMEDIO}	1.09	1.69	2.72	3.35	2.54	1.46	0.83	1.96	1.76
B _{MEDIANA}	1.09	1.69	2.72	3.34	2.54	1.46	0.82	1.95	1.75
B _{90%}	1.82	2.83	4.56	5.61	4.26	2.45	1.38	3.27	2.94
B _{95%}	1.95	3.04	4.89	6.01	4.57	2.63	1.48	3.51	3.15
B _{99%}	2.09	3.24	5.21	6.42	4.87	2.80	1.58	3.75	3.37

Se observa que las medianas resultan similares a los promedios.

5. 3. Valores no excedidos en ciertos porcentajes del tiempo

Se calculan las frecuencias relativas de ocurrencia y distribuciones acumuladas con los percentiles 90, 95 y 99%.

La Figura 8 corresponde a un ejemplo gráfico de resultados estadísticos. Son las curvas de frecuencias relativas de ocurrencia y acumulada del campo B para el caso particular de un Sitio, distancia 0 m (línea de torres).

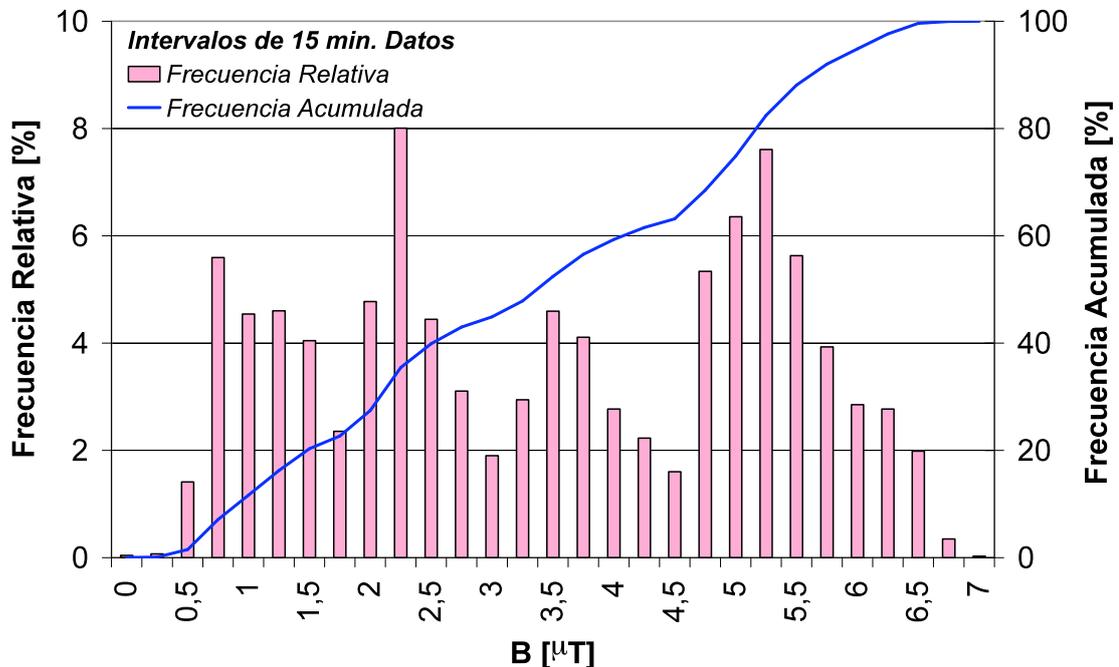


Figura 8. Un Sitio. Posición 0m. Gráfico de frecuencias relativas de ocurrencia y acumulada de campo B (Aprox. 35000 datos).

Los principales estadígrafos se indican en la Tabla II, de Estadísticas del Universo de valores individuales de 15 minutos (Anuales)

5. 4. Media aritmética en el espacio y el tiempo.

Es un indicador de promedio espacial y temporal. Se aplica para calificar zonas de exposición.

Corresponde a la expresión:

$$B_{ar} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i$$

Donde los B_i son las determinaciones en cada uno de n puntos de medición y B_a la media aritmética de todos ellos.

En la Tabla II se indica el resultado de este indicador para un Sitio.

5. 5. Media geométrica en el espacio y el tiempo.

Es un indicador de promedio espacial y temporal. Se aplica para calificar zonas de exposición, p.e, para estudios epidemiológicos.

Corresponde a la expresión:

$$B_g = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n B_i}$$

Donde los B_i son las determinaciones en cada uno de n puntos de medición y B_g la media geométrica de todos ellos.

En la Tabla II se indica el resultado de este indicador para un Sitio.

6. CONCLUSIONES

El trabajo experimental realizado consistió en mediciones de campos B en diferentes Sitios de influencia de las líneas de AT y permitió determinar:

- Sí el campo en cada Sitio se debe a la influencia de esas líneas o tiene origen en otras fuentes.
- Donde corresponde, los factores de proporcionalidad entre las corrientes en las líneas de AT y los campos en cada Sitio que esas corrientes originan.

Se comprobó que los campos magnéticos en los Sitios en estudio hasta una distancia de $\pm 15\text{m}$ desde el eje de la línea tienen origen en las corrientes de las líneas de AT. Fuera de esta franja, no tienen origen predominante en las corrientes de la ternas.

Por este procedimiento se pudo demostrar que los campos magnéticos en ciertos Sitios correspondientes a la cercanía de vecinos no tienen origen en las corrientes de las líneas de AT en estudio. La influencia predominante se presume con origen en la red de Distribución de la zona, que lleva el suministro a los lugareños.

Por otra parte, utilizando la Base de Datos de corrientes disponible por el Operador de la red y generalizando el uso de los factores de proporcionalidad hallados para los Sitios influenciados por las instalaciones de AT se calculó la Base de Datos de campos B completa para todo el año comprendido entre el 1/11/07 y el 31/10/08.

A partir de la Base de Datos de campos B anual fue posible calcular en los puntos bajo influencia de las ternas – descartando aquellos por fuera de una distancia de $\pm 15\text{m}$ desde el eje de la línea para evitar que su inclusión resultara en evaluaciones no representativas - diversos valores estadísticos recomendados por CIGRE, los que están disponibles para su eventual utilización para estudios sobre exposición humana.

El máximo valor del campo magnético esperable de las instalaciones de AT en cuestión, en la peor ubicación debajo de las líneas, y como máximo anual absoluto resultó de $11 \mu\text{T}$, valor que cumple con el límite de $25 \mu\text{T}$ establecido en la Res.77/98 de la Secretaría de Energía de Argentina [3] de aplicación con propósito regulatorio en el Sector Eléctrico Nacional. Obsérvese que los valores estadísticos recomendados por CIGRE - a utilizar con propósitos de ponderación de efectos a largo plazo - resultantes del estudio y mostrados en la Tabla II (ver B_a y B_g , que son las medias aritmética y geométrica en el espacio y en el tiempo dentro de la franja de $\pm 15 \text{ m}$ desde el eje de las líneas), aún con grados de expectativas de ocurrencia tan altos

como el 99%, equivalen al orden de un tercio (1/3) del máximo absoluto mencionado.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] CIGRE (Conseil International des Grands Réseaux Electriques): “*Characterisation of ELF magnetic fields*”. Technical Brochure 320. Task Force C4.205. April 2007.

[2] IITREE – UNLP. Informes de Laboratorio IL062-08, IL063-08, IL064-08, IL065-08, IL066-08, IL067-08, IL077-08, IL078-08.

[3] Secretaria de Energía Argentina - Resolución 77/98.- “*Ampliación al Manual de Gestión Ambiental del Sistema de Transporte Eléctrico de Extra Alta Tensión*”.

[4] CIGRE “*Technical Guide for Measurement of Low Frequency Electric and Magnetic Fields near Overhead Power Lines*”. Working Group C4.203. 2008.