

**ESTUDIO DE CAMPOS
MAGNÉTICOS**

**APÉNDICE
03**

Estudio de campos magnéticos

El presente apéndice recoge el estudio de campos magnéticos realizado para el tramo ferroviario de 2x25 kV del tramo Bobadilla-Ronda de la línea Bobadilla-Algeciras, el cual se aporta a continuación.



Av. Ranillas, Edificio Dinamiza, 3D, Planta 1 - 50018 Zaragoza
Tel.: 976 976 859
www.fcirce.es

ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS DE LA LÍNEA FERROVIARIA 2x25kV EI BOBADILLA-RONDA

03/03/2023. REVISIÓN 01

Contenido

1	Objeto.....	2
2	Normativa vigente.....	3
3	Metodología de análisis de campos magnéticos.....	4
4	Características de la instalación y datos de cálculo	5
5	Resultados	8
6	Conclusiones.....	12
7	Referencias	13
8	Anexos	14
8.1	Anexo A: Validación aplicación de cálculo	14

1 Objeto

El objeto de este estudio es estimar las emisiones de campo magnético generadas por el tramo ferroviario de 2x25kV BOBADILLA-RONDA de la línea BOADILLA-ALGECIRAS.

El estudio comprende el cálculo de los niveles máximos del campo magnético que por razón del funcionamiento del nuevo tramo ferroviario pueden alcanzarse en el entorno del mismo y su evaluación comparativa con los límites establecidos en la normativa vigente.

2 Normativa vigente

El R.D. 1066/2001 de 28 de septiembre, por el que se aprueba el “Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las emisiones radioeléctricas”, adopta medidas de protección sanitaria de la población estableciendo unos límites de exposición del público a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas acordes a las recomendaciones europeas. Para el campo magnético generado a la frecuencia de 50 Hz, el límite establecido es de 100 microteslas (100 μ T).

Aunque la medida de campos magnéticos no es objeto del presente documento, a continuación, se indican las normas aplicables a la misma:

1. Norma UNE 20833 de abril de 1997: “Medida de los campos eléctricos a frecuencia industrial”.
2. Norma UNE-EN 62110 de mayo de 2013. “Campos eléctricos y magnéticos generados por sistemas de alimentación en corriente alterna. Procedimientos de medida de los niveles de exposición del público en general”.
3. Norma UNE-EN 61786-1 de octubre de 2014. “Medición de campos magnéticos en corriente continua, campos eléctricos y magnéticos en corriente alterna de 1 Hz a 100 kHz. Parte 1: Requisitos para los instrumentos de medida”.
4. UNE-EN 50121-1 de mayo de 2017. “Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética. Parte 1: Generalidades”.
5. UNE-EN 50121-2 de enero de 2017. “Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética. Parte 2: Emisión del sistema ferroviario completo al mundo exterior”.

3 Metodología de análisis de campos magnéticos

Para la elaboración del análisis del campo magnético, se ha desarrollado una aplicación que realiza la simulación y cálculo del campo magnético en los puntos deseados de la instalación y su entorno.

La aplicación desarrollada está realizada sobre Matlab/Octave. El cálculo está basado en un cálculo analítico (Biot y Savart de un segmento) realizado sobre el conjunto de conductores 3D de una instalación, discretizados a segmentos rectilíneos, y sobre un periodo de onda completo para obtener valores eficaces. Se tienen en cuenta los diferentes desfases entre fases o motivados por la presencia de un transformador. La misma metodología ha sido empleada con buenos resultados en otros estudios publicados.

A modo de validación de la aplicación, se han calculado los ejemplos descritos en la Norma UNE-EN 62110, obteniéndose los mismos resultados que en dicha norma. También se han realizado medidas de campo en la subestación de Utebo y se han comparado con los resultados obtenidos con la aplicación. El desarrollo de ambos métodos de validación se recoge en el anexo A de este documento.

El cálculo no tiene en cuenta el campo generado por los autotransformadores ni por el material rodante. De igual forma, no se consideran los posibles apantallamientos debidos a pantallas de cables o envolventes de la aparamenta eléctrica, quedando el cálculo por el lado de la seguridad.

La entrada de datos de la aplicación es la topología en 3D del conjunto de conductores de la instalación, así como las corrientes que circulan por cada conductor. Las corrientes consideradas para el cálculo son las máximas previstas, de forma que se obtiene el máximo campo magnético. El estado de carga máximo planteado es técnicamente posible de alcanzar, pero difícil que se produzca en realidad, y en todo caso durante un breve espacio de tiempo.

En ocasiones, debido a la topología de la instalación, no es posible determinar las corrientes por todos los tramos de la misma. Para estos casos se estiman las corrientes por dichos tramos que den lugar a los campos más desfavorables.

Los resultados obtenidos se presentan en un plano perpendicular al trazado de la línea en el punto de menor distancia al plano de rodadura. Se facilitan los resultados en un plano que abarca 10 metros a cada lado del eje de las vías como indica UNE-EN 50121-2, además se representa el campo a una altura de 1m del plano de rodadura según UNE-EN 50121-2 y también se muestran los resultados calculados a 2 y a 3 metros del plano de rodadura.

4 Características de la instalación y datos de cálculo

Las características principales de la línea ferroviaria son las siguientes:

Línea ferroviaria 2x25kV Bobadilla-Ronda

- Tensión nominal: 2x25 kV
- Potencia por unidad de longitud: 0.65 MW/km
- Máxima distancia entre autotransformadores: 21.2km
- Factor de potencia: 0.98
- Potencia máxima: 14.06 MVA
- Flecha máxima: 28cm
- Longitud de vano: 50m
- Tipo de atirantado: por dentro
- Características de los conductores:
 - Hilo de contacto: Cu Ag 0,1 BC-120 mm².
 - Cable de retorno: Cable Aluminio – Acero LA 110 mm² (94AL1/22ST1A).
 - Feeder -25 kV: Cable Aluminio-Acero LA 280 (242AL1/39ST1A).

La intensidad considerada para el cálculo del campo magnético es la correspondiente a la máxima potencia prevista para la catenaria. Dicha potencia es de 14.06 MVA y la corriente máxima es de 562.45 Amperios, teniendo en cuenta que la línea funciona como un sistema monofásico.

POSICIÓN O TRAMO	REF.	INTENSIDAD (A)	FASE (º)	TIPO
Hilo de contacto	1	562	-11.5	Monofásica
Feeder(-25kV)	2	281	-11.5	Monofásica
Vías	3	281	-11.5	Monofásica

Para simular el reparto de intensidades se ha supuesto que por el Feeder(-25kV) circulará el 50% de la corriente del hilo de contacto, y el 50% restante de esta corriente de retorno circulará por las vías. Teniendo esto en cuenta, se han modelado las vías como un conductor dúplex, con esta simulación por cada vía circulará un 25% de la intensidad del hilo de contacto.



Fig.1 Alzado de un tramo de la catenaria con el reparto de intensidades(A).

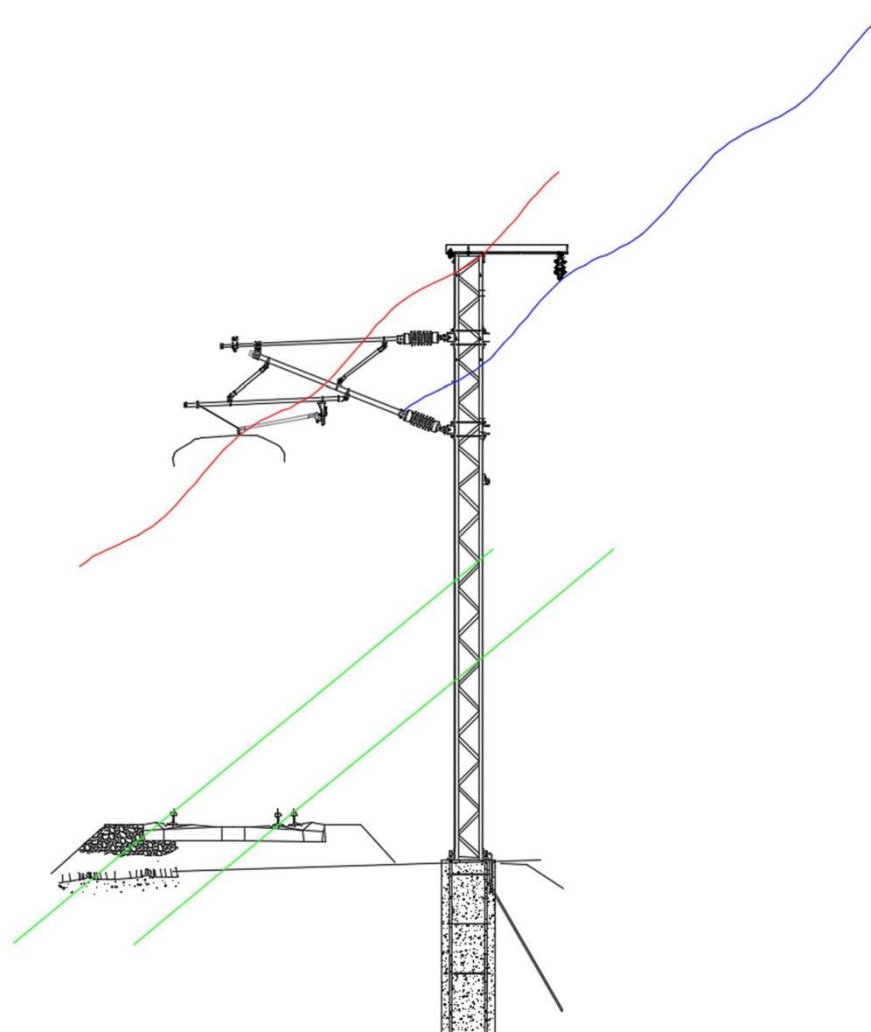


Fig.2 Vista 3D de los conductores modelados.

El campo magnético se ha calculado en un plano vertical perpendicular a la traza del eje de las vías en el punto más desfavorable de la misma. Dicho punto se encuentra en el centro del vano, donde el hilo de contacto está más cercano al plano de rodadura en situación de flecha máxima. La distancia mínima del hilo de contacto al plano de rodadura es de 5,02 metros.

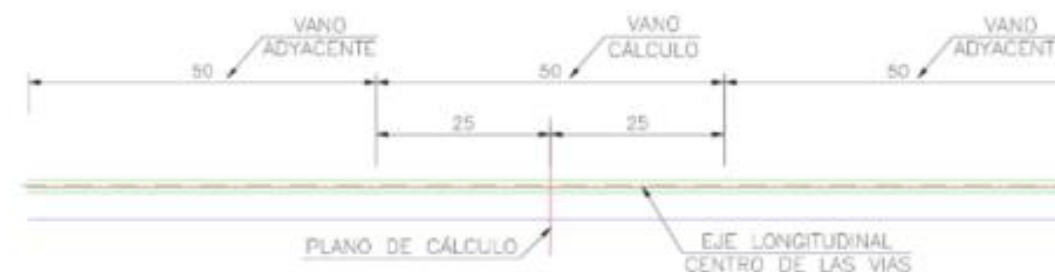


Fig.3 Planta de los vanos modelados y localización del plano de cálculo (cotas en metros).

Se ha realizado el modelado 3D de los conductores de tres vanos, el vano central en el que se sitúa el plano de cálculo y los dos vanos adyacentes. La influencia sobre el campo magnético en el plano de cálculo de los vanos más alejados se puede suponer despreciable, debido a que el campo magnético es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre el conductor y el punto de cálculo.

5 Resultados

La simulación del campo magnético ha sido realizada con las intensidades indicadas anteriormente, correspondiente a la máxima potencia de la catenaria. Por tanto, los valores de campo magnético calculados y representados serán los máximos que se producirán en caso de que la catenaria trabaje al límite de su potencia prevista y con una distribución de intensidades que no será el reparto habitual de corrientes, por lo tanto, es de esperar que los valores frecuentes sean inferiores.

Además, al tratarse del plano donde la distancia de los conductores al plano de rodadura es menor, en el resto de los puntos del vano el campo magnético será inferior.

Las dimensiones del plano de cálculo son de 10m a cada lado del eje longitudinal de las vías y 12m de altura. El origen, cota cero del plano de cálculo, corresponde con la intersección entre el plano de rodadura y el eje de las vías.

Se ha obtenido el campo magnético y se ha representado en el plano vertical indicado anteriormente. También se muestran los resultados a 1 metro del plano de rodadura (requerimiento reglamentario) y los valores a 2 y a 3 metros de altura del plano de rodadura.

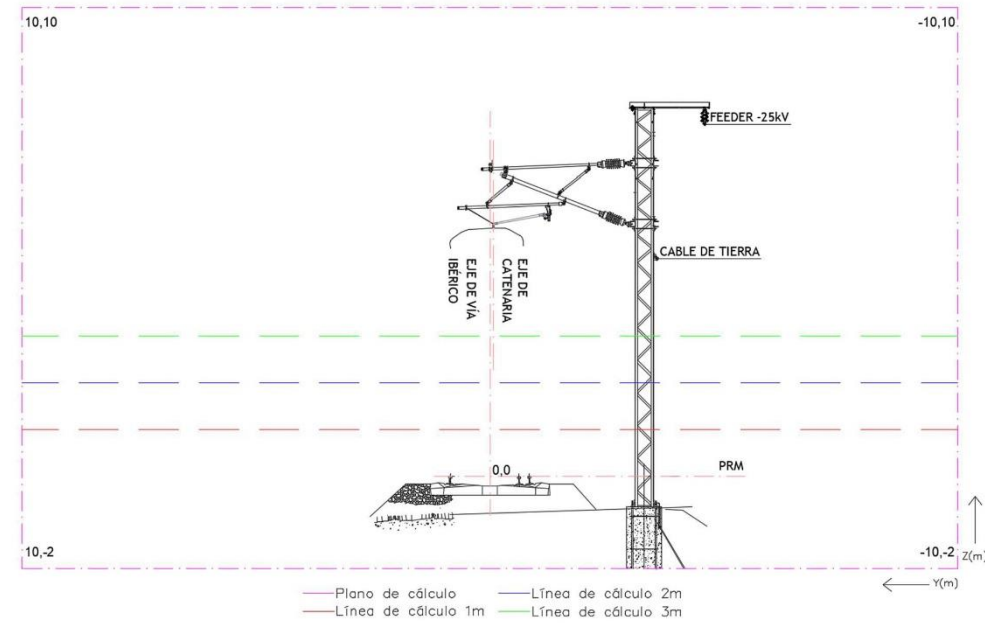


Fig.4 Plano vertical y líneas de cálculo

El valor más elevado de campo obtenido en el plano de cálculo y a una altura de 1 metro sobre el plano de rodadura es de **57.8 μT** , mientras que a 2 y a 3 metros dicho valor es de **54.83 μT** y **66.68 μT** respectivamente.

A continuación, se muestran los resultados en el plano y en las líneas indicados en la figura 4

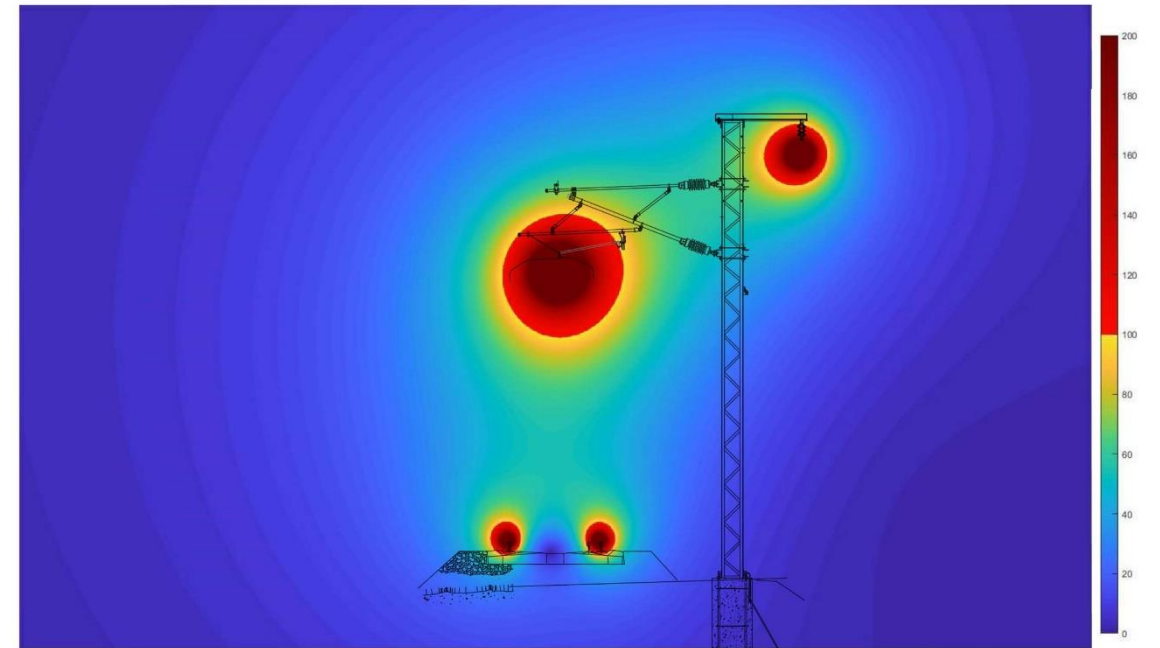


Fig. 5 Campo magnético en el plano de cálculo.

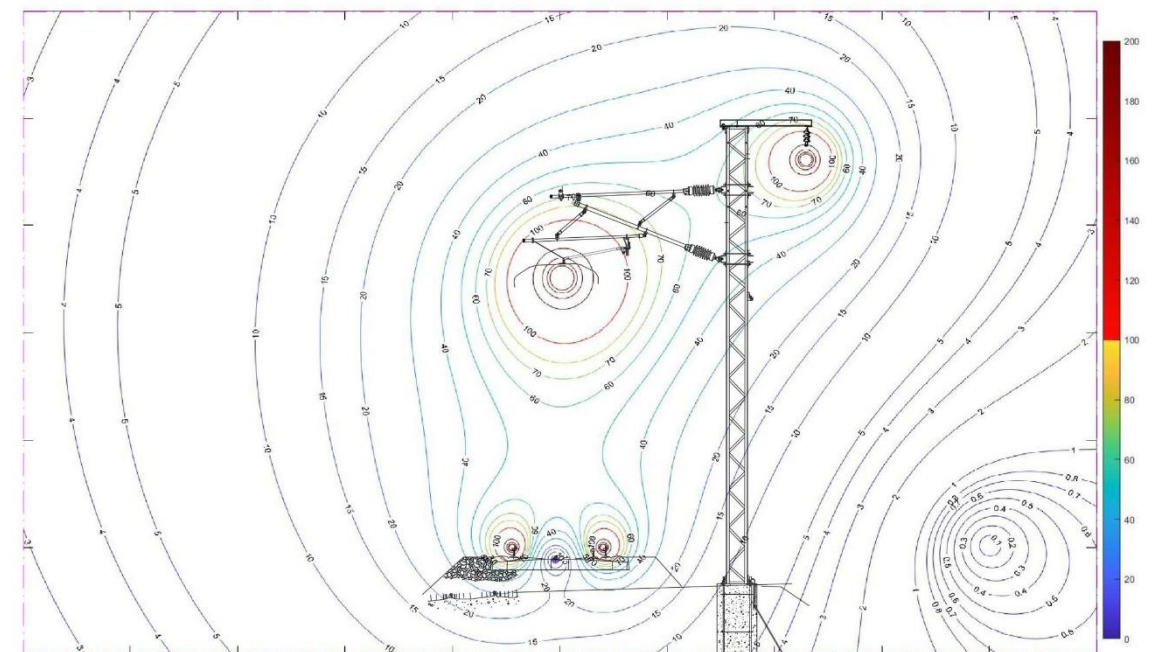


Fig.6 Isolíneas del campo magnético en el plano de cálculo.

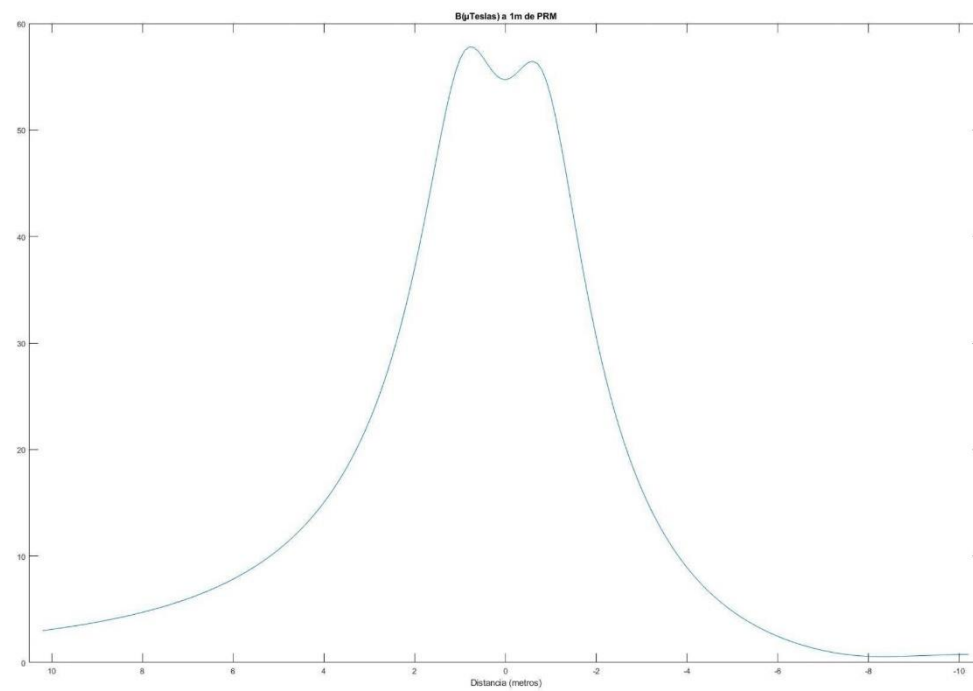


Fig.7. Campo magnético en la línea de cálculo a 1 metro de altura sobre el plano de rodadura (PRM).

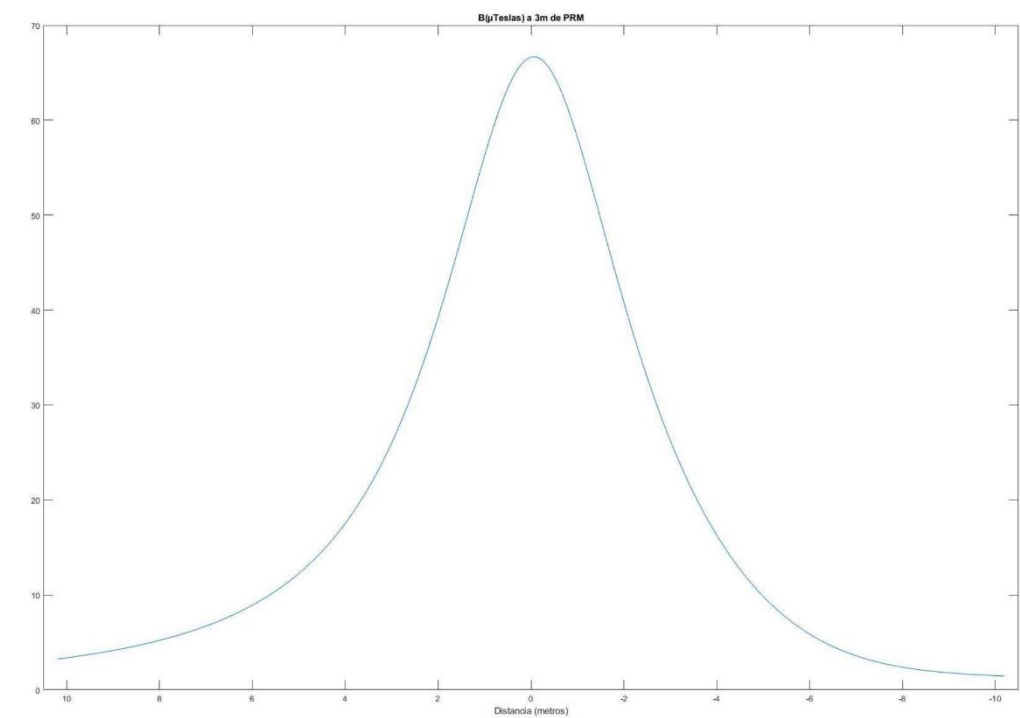


Fig.9 Campo magnético en el plano anterior a 3 metros de altura sobre el plano de rodadura (PRM).

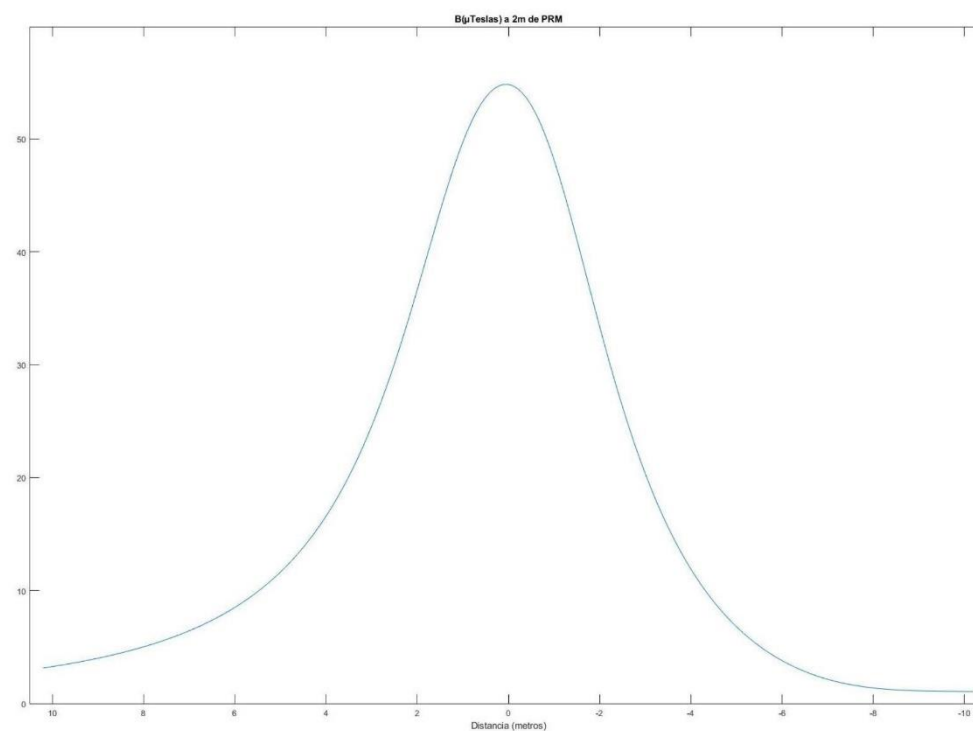


Fig.8 Campo magnético en el plano anterior a 2 metros de altura sobre el plano de rodadura (PRM).

6 Conclusiones

En conclusión, la simulación y cálculo realizado del campo magnético generado debido a la actividad del tramo ferroviario de 2x25kV Bobadilla-Ronda, en las condiciones más desfavorables de funcionamiento, (hipótesis de carga máxima realizable), se obtiene que los valores máximos de radiación emitidos son de 57.8 μ T a 1 m, de 54.83 μ T a 2m y de 66.68 μ T a 3m del plano de rodadura, están por debajo de los valores límite recomendados, esto es, 100 μ T para el campo magnético a la frecuencia de la red, 50Hz.

Asimismo, si se observa la norma UNE-EN 50121-2, indica que los valores de campo magnético máximos típicos calculados a 10 metros desde el eje de la vía más cercana y 1 metro por encima del plano de rodadura de la vía es de 16 μ T, mientras que los valores máximos obtenidos en el caso de estudio de este informe para las mismas distancias son de 3.11 μ T, que está por debajo del valor máximo que calcula la norma.

7 Referencias

- [1] C. Munteanu, Ioan T. Pop, V. Topa, C. Hangea, T. Gutiu, S. Lup "Study of the Magnetic Field Distribution inside Very High Voltage Substations" 2012 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE 2012) IEEE.
- [2] C. Munteanu, C. Diaconu, I. T. Pop, and V. Topa "Electric and Magnetic Field Distribution Inside High Voltage Power Stations from Romanian Power Grid" International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion. IEEE
- [3] G. Visan, I. T. Pop and C. Munteanu "Electric and Magnetic Field Distribution in Substations belonging to Transelectrica TSO" 2009 IEEE Bucharest Power Tech Coajimference

8 Anexos

8.1 Anexo A: Validación aplicación de cálculo



	Documento:	INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión:	01
	Proyecto:		Autor:	D.SM.S.
	Referencia:	I	Fecha:	29/10/15

1 ANTECEDENTES	3
2 OBJETO	3
3 NECESIDAD DEL CÁLCULO DEL CAMPO MAGNÉTICO	3
4 DESCRIPCIÓN DE APLICACIÓN PARA CÁLCULO DE CAMPO MAGNÉTICO	4
5 VALIDACIÓN DE RESULTADOS	5
5.1 Configuración D/C aéreo según figura B.1 IEC62110.....	5
5.2 Configuración S/C aéreo según figura B.2 IEC62110	7
5.3 Configuración D/C aéreo según figura B.3.a IEC62110.....	8
5.4 Configuración D/C aéreo según figura B.3.b IEC62110	9
5.5 Configuración S/C aéreo según figura B.4.a IEC62110	11
5.6 Configuración S/C aéreo según figura B.4.b IEC62110	12
5.7 Configuración D/C aéreo según figura B.5.a IEC62110.....	12
5.8 Configuración D/C aéreo según figura B.5.b IEC62110	14
5.9 Configuración D/C aéreo según figura B.6 IEC62110.....	14
5.10 Configuración 2 líneas aéreas según figura B.9 IEC62110	16
5.11 Configuración D/C cable según figura B.10a IEC62110	16
5.12 Configuración D/C cable según figura B.10b IEC62110.....	18

	Documento:	INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión:	01
	Proyecto:		Autor:	D.SM.S.
	Referencia:	I	Fecha:	29/10/15

1 ANTECEDENTES

El R.D. 337/2014, de 9 de mayo, recoge el Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión (RAT). Este nuevo reglamento limita los campos electromagnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.

Las limitaciones y justificaciones necesarias aparecen indicadas en:

- I. ITC-RAT-14. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIOR. 4.7: Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
- II. ITC-RAT-15. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EXTERIOR. 3.15: Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
- III. ITC-RAT-20. ANTEPROYECTOS Y PROYECTOS. 3.2.1: Memoria.

2 OBJETO

El objeto del presente documento es:

- I. Justificar la necesidad del cálculo del campo magnético en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
- II. Describir la aplicación desarrollada para el cálculo del campo magnético en instalaciones de alta tensión.
- III. Verificar los resultados proporcionados por la aplicación.

3 NECESIDAD DEL CÁLCULO DEL CAMPO MAGNÉTICO

El nuevo RAT fija la necesidad del cálculo del campo magnético, con ciertas diferencias entre los casos de instalaciones de interior (ICT-RAT-14) y exterior (ICT-RAT-15).

- 1. El cálculo se deberá realizar antes de la puesta en marcha de la instalación (ICT-RAT-14 e ICT-RAT-15).
- 2. Los valores de campo deben cumplir con el R.D. 1066/2001, Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas (ICT-RAT-14 e ICT-RAT-15).
- 3. Deberá realizarse para nuevas instalaciones o modificaciones de las existentes que puedan hacer aumentar el valor del campo magnético (ICT-RAT-14 e ICT-RAT-15).

	Documento:	INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión:	01
	Proyecto:		Autor:	D.SM.S.
	Referencia:	I	Fecha:	29/10/15

4. Para la justificación de cumplimiento podrán utilizarse cálculos recogidos en un proyecto tipo, siempre que la instalación sea lo suficientemente parecida, al menos en el caso de instalaciones interiores (ICT-RAT-14).
5. El estudio del campo electromagnético deberá incluirse en la memoria del proyecto administrativo para la legalización de la instalación, (ICT-RAT-20).

El R.D. 337/2014 será de obligado cumplimiento en junio de 2016, aunque actualmente ya se puede aplicar de forma voluntaria.

4 DESCRIPCIÓN DE APLICACIÓN PARA CÁLCULO DE CAMPO MAGNÉTICO

La aplicación desarrollada está realizada en Matlab/Octave. El cálculo está basado en un cálculo analítico (Biot y Savart de un segmento) realizado sobre el conjunto de conductores de una subestación discretizados, sobre un periodo de onda para obtener valores eficaces y con los diferentes desfases entre fases o motivados por un transformador. No tiene en cuenta el campo generado por los transformadores, sólo por los conductores.

La entrada de datos de la aplicación es la topología en 3D del conjunto de conductores de la subestación, así como las corrientes que circula por cada conductor.

Los resultados obtenidos se presentan en una imagen con el valor del campo magnético eficaz obtenido en cada punto, así como un archivo con el conjunto de valores para su posterior análisis.

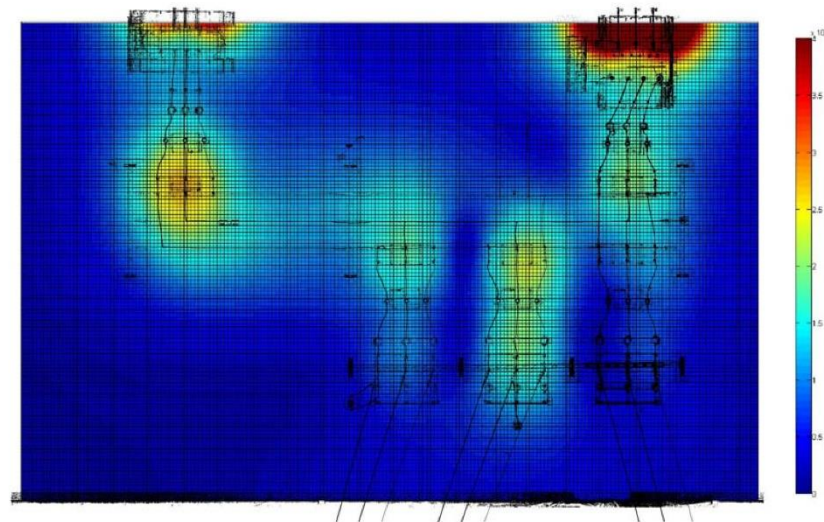


Figura 1. Resultados B eficaz subestación Utebo 45/15kV

	Documento:	INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión:	01
	Proyecto:		Autor:	D.SM.S.
	Referencia:	I	Fecha:	29/10/15

5 VALIDACIÓN DE RESULTADOS

La validación de los resultados obtenidos por la aplicación se puede realizar básicamente por 2 métodos:

1. Mediante comparación con resultados publicados y reconocidos como correctos.
2. Por medida directa en una instalación y comparación.

Inicialmente se ha realizado la validación por comparación con resultados publicados por resultar más sencilla, sin menoscabo de una posterior validación mediante medida en una instalación de alta tensión.

Para ello se ha realizado una revisión bibliográfica en busca de un modelo de una instalación de alta tensión con resultados de campo magnético, publicados y verificables.

No ha sido posible encontrar un modelo adecuado, por falta de alguna característica:

- Descripción del estado eléctrico de la instalación (corrientes, topología de apartamiento, etc...)
- Descripción geométrica de la instalación (posición x,y,z de todos los conductores, dimensiones generales de la subestación, etc...)
- Resultados suficientemente precisos (valor eficaz, distribución en x,y,z suficientemente representativa, etc...)

Por ello se ha realizado la validación con los únicos resultados suficientemente correctos y disponibles, que aunque no se corresponden con configuraciones complejas, pueden utilizarse para una primera validación. Estos resultados son los incluidos en la Norma IEC 62110:2009/COR1:2015.

La validación se realiza comparando las gráficas incluidas en la norma IEC 62110 con las gráficas obtenidas con la aplicación, para la misma configuración de conductores y de corrientes.

Dado que las configuraciones representadas en la Norma IEC 62110 corresponden a conductores infinitos, y que la aplicación calcula el campo debido a conductores en 3D y de dimensiones finitas, los resultados se han obtenido tomando conductores "infinitos". Para ello se han considerado conductores suficientemente largos en la dirección perpendicular al plano de cálculo en comparación con las otras 2 dimensiones.

5.1 Configuración D/C aéreo según figura B.1 IEC62110

Campo magnético eficaz a 1m del suelo, generado por 2 circuitos equilibrados de 200A de intensidad. Se representan los valores con los circuitos con secuencia transpuesta y no transpuesta.

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto: I	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

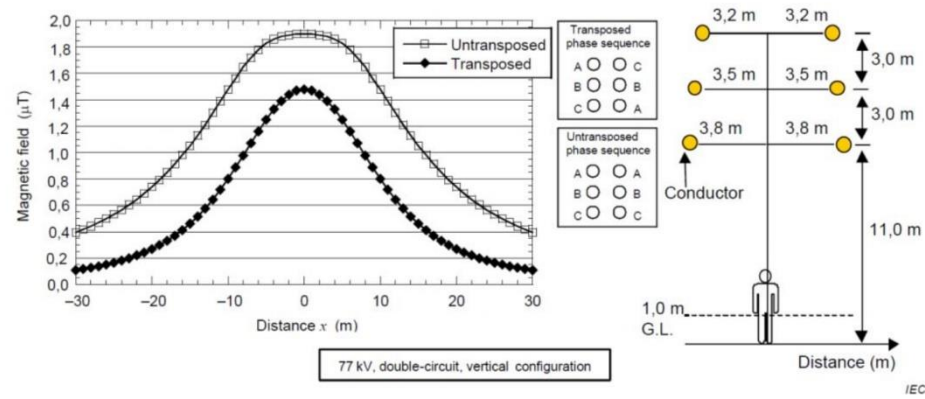


Figura 2. Norma IEC 62110 Figura B.1.

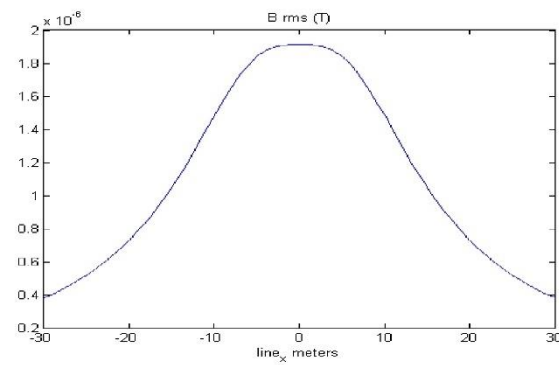


Figura 3. Norma IEC 62110 Figura B.1. Fases no transpuestas. Resultado aplicación.

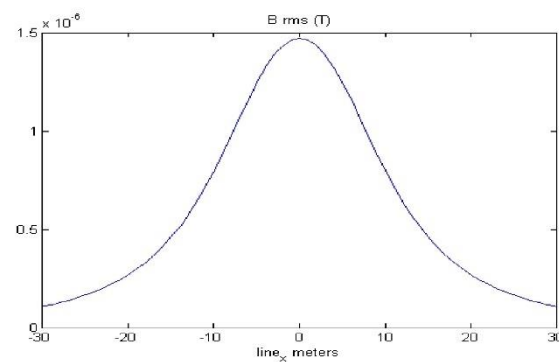


Figura 4. Norma IEC 62110 Figura B.1. Fases transpuestas. Resultado aplicación.

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto: I	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

5.2 Configuración S/C aéreo según figura B.2 IEC62110

Campo magnético eficaz a 1m del suelo, generado por un circuito equilibrado de 200A de intensidad.

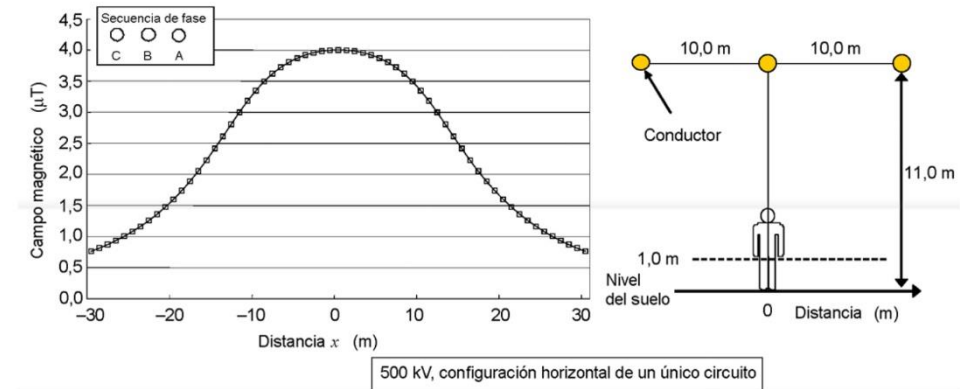


Figura 5. Norma IEC 62110 Figura B.2

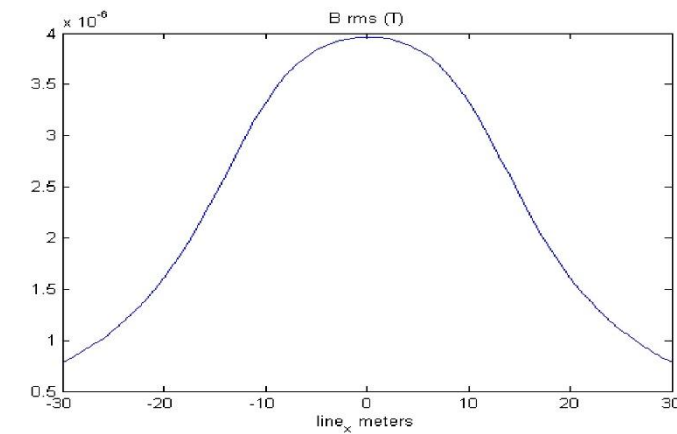


Figura 6. Norma IEC 62110 Figura B.2. Resultado aplicación.

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto:	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

5.3 Configuración D/C aéreo según figura B.3.a IEC62110

Campo magnético eficaz a 0,5, 1,0 y 1,5 m del suelo, generado por dos circuitos equilibrados de 200A de intensidad y a 11m del suelo. Se representan los valores con los circuitos con secuencia transpuesta y no transpuesta.

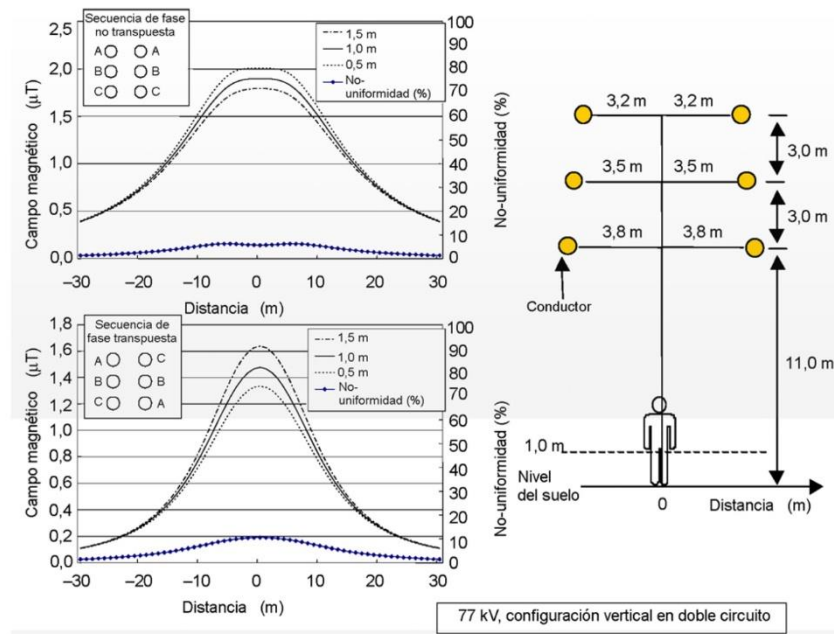


Figura 7 Norma IEC 62110 Figura B.3.a

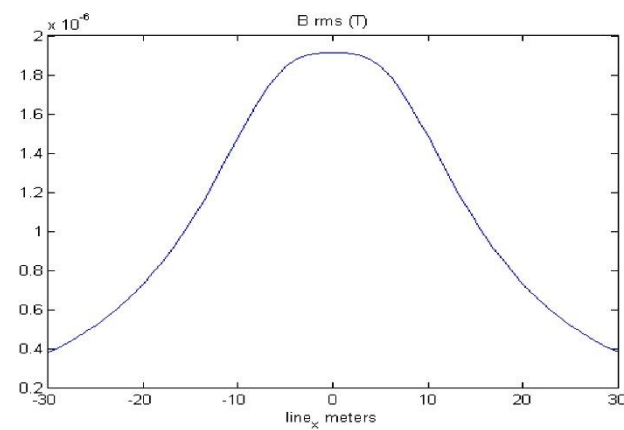


Figura 8. Norma IEC 62110 Figura B.3.a. Fases no transpuestas. Resultado aplicación a 1m.

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto:	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

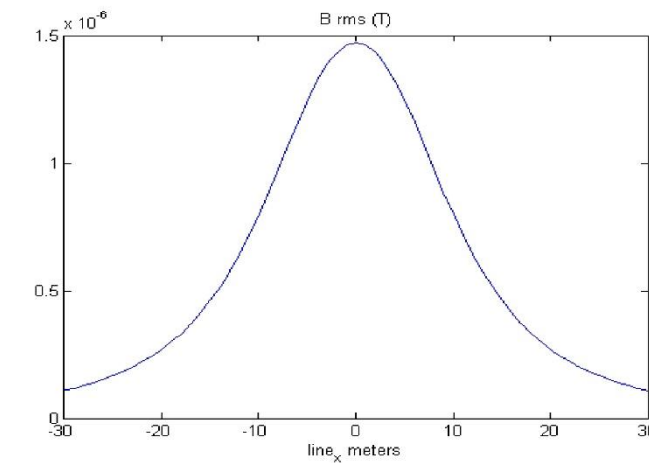


Figura 9. Norma IEC 62110 Figura B.3.a. Fases transpuestas. Resultado aplicación a 1m.

5.4 Configuración D/C aéreo según figura B.3.b IEC62110

Campo magnético eficaz a 0,5, 1,0 y 1,5 m del suelo, generado por dos circuitos equilibrados de 200A de intensidad y a 6m del suelo. Se representan los valores con los circuitos con secuencia transpuesta y no transpuesta.

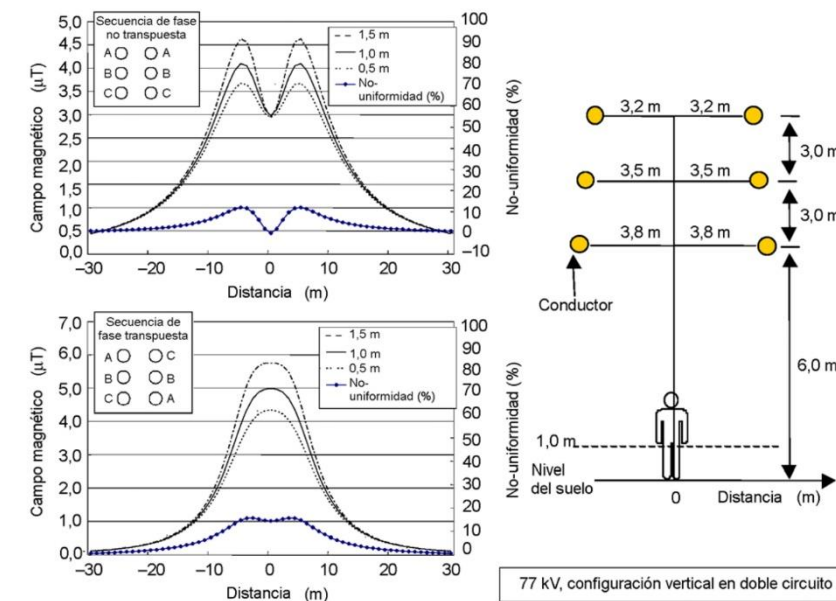


Figura 10 Norma IEC 62110 Figura B.3.b

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto:	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

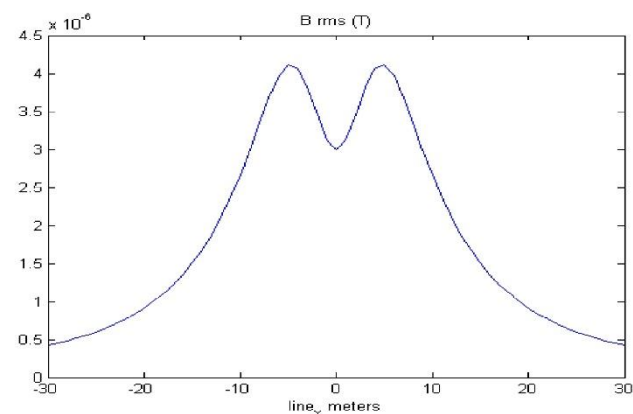


Figura 11. Norma IEC 62110 Figura B.3.b. Fases no transpuestas. Resultado aplicación a 1m.

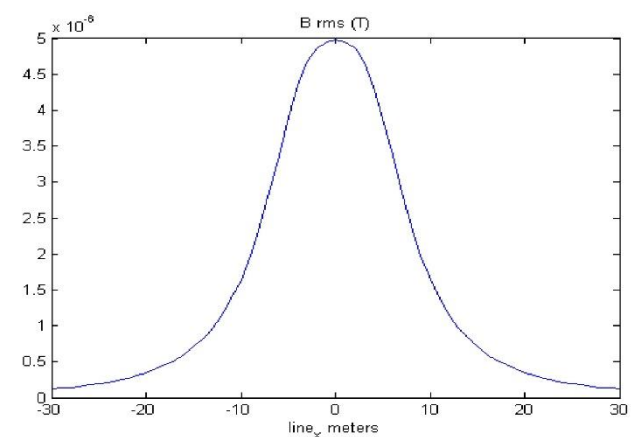


Figura 12. Norma IEC 62110 Figura B.3.b. Fases transpuestas. Resultado aplicación a 1m.

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto:	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

5.5 Configuración S/C aéreo según figura B.4.a IEC62110

Campo magnético eficaz a 0,5, 1,0 y 1,5m del suelo, generado por un circuito equilibrado de 200A de intensidad y a 11m del suelo.

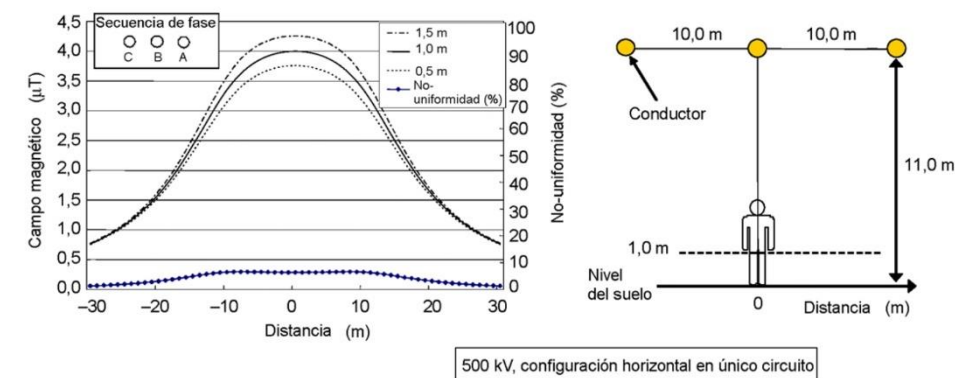


Figura 13 Norma IEC 62110 Figura B.4.a

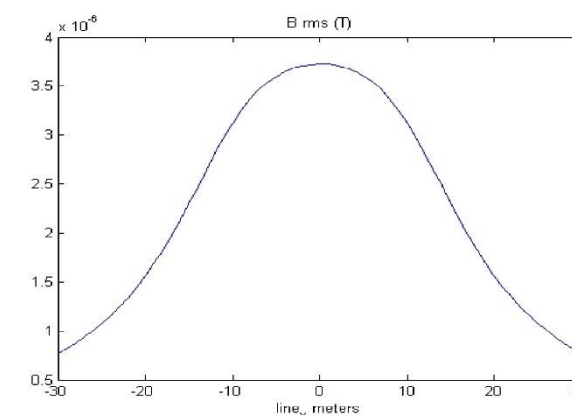


Figura 14. Norma IEC 62110 Figura B.4.a. Resultado aplicación a 0,5m.

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto:	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

5.6 Configuración S/C aéreo según figura B.4.b IEC62110

Campo magnético eficaz a 0,5, 1,0 y 1,5m del suelo, generado por un circuito equilibrado de 200A de intensidad y a 6m del suelo.

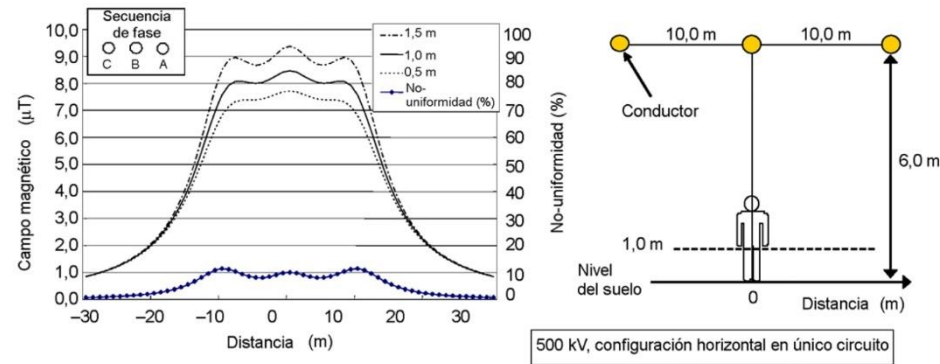


Figura 15. Norma IEC 62110 Figura B.4.b

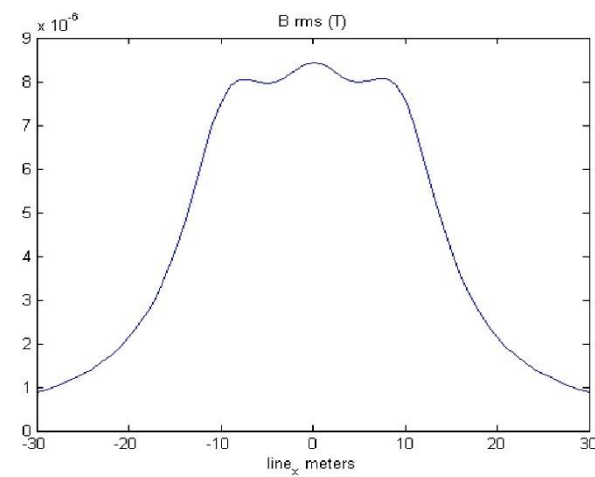


Figura 16. Norma IEC 62110 Figura B.4.b. Resultado aplicación a 1m.

5.7 Configuración D/C aéreo según figura B.5.a IEC62110

Campo magnético eficaz a 0,5, 1,0 y 1,5 m del suelo, generado por dos circuitos equilibrados de 200A de intensidad y a 11m del suelo. Se representan los valores con los circuitos con secuencia transpuesta.

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto:	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

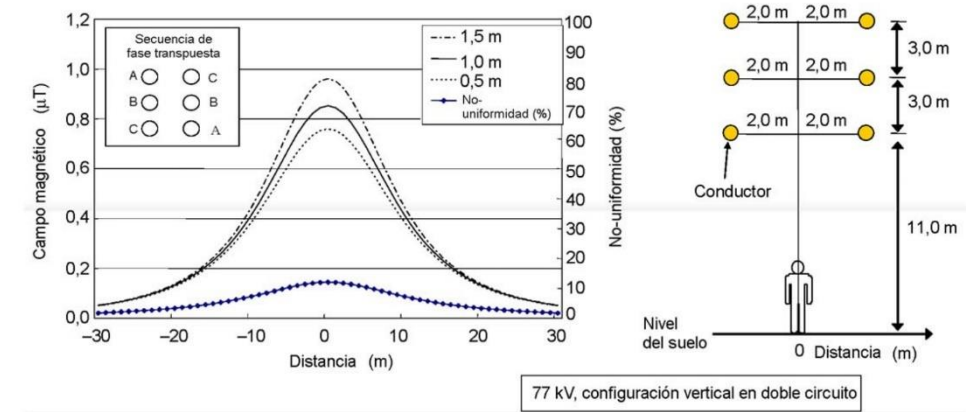


Figura 17. Norma IEC 62110 Figura B.5.a

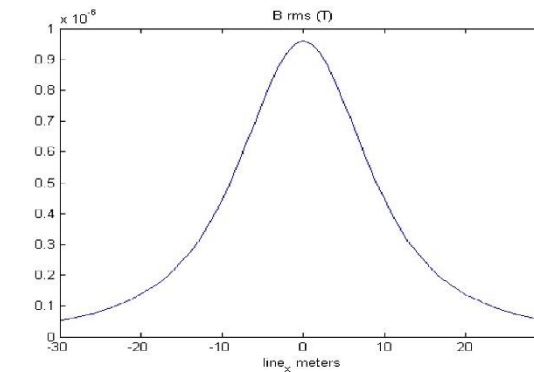


Figura 18. Norma IEC 62110 Figura B.5.a. Resultado aplicación a 1,5m.

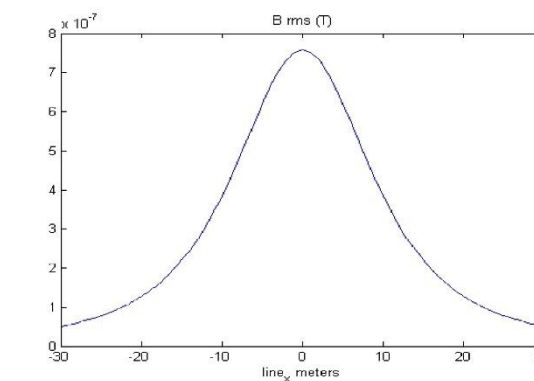


Figura 19. Norma IEC 62110 Figura B.5.a. Resultado aplicación a 0,5m.

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto:	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

5.8 Configuración D/C aéreo según figura B.5.b IEC62110

Campo magnético eficaz a 0,5, 1,0 y 1,5 m del suelo, generado por dos circuitos equilibrados de 200A de intensidad y a 11m del suelo. Se representan los valores con los circuitos con secuencia transpuesta.

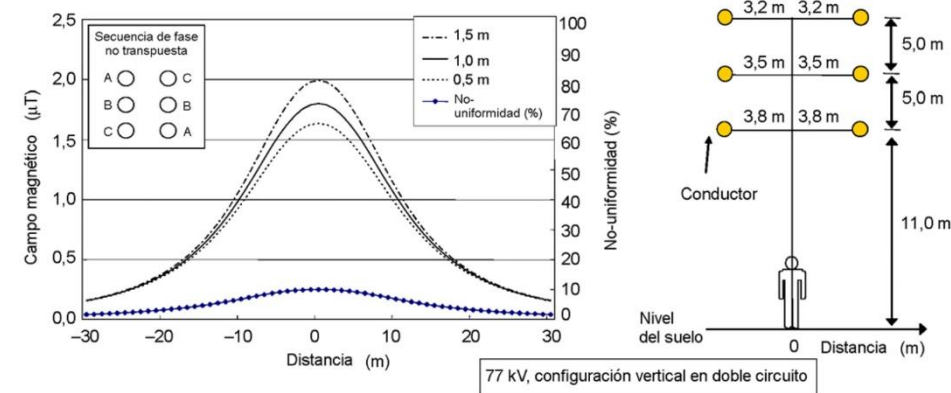


Figura 20. Norma IEC 62110 Figura B.5.a

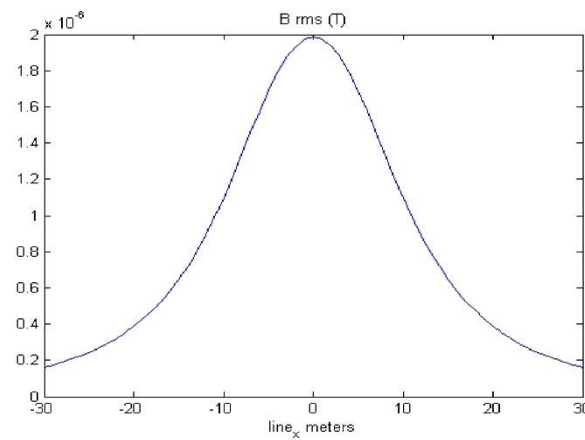


Figura 21. Norma IEC 62110 Figura B.5.b. Resultado aplicación a 1,5m.

5.9 Configuración D/C aéreo según figura B.6 IEC62110

Campo magnético eficaz a 0,5, 1,0 y 1,5 m del suelo, generado por dos circuitos equilibrados de 200A de intensidad y a 11m del suelo. Se representan los valores con los circuitos con secuencia transpuesta.

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto:	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

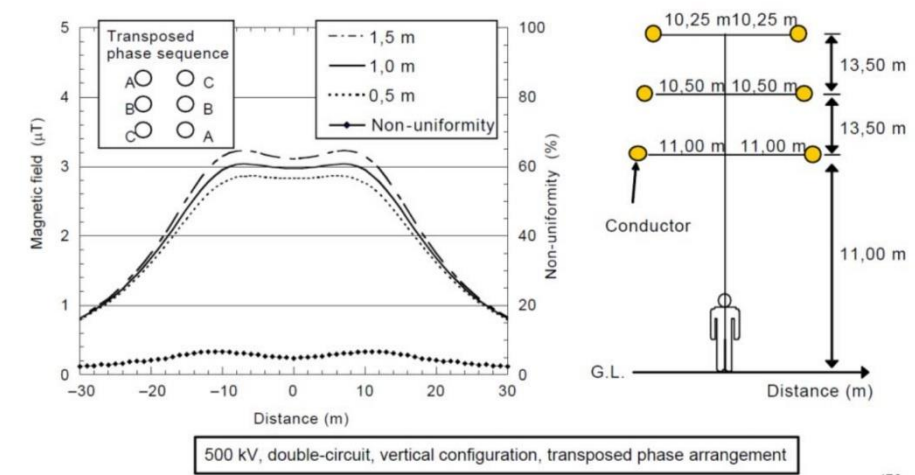


Figura 22. Norma IEC 62110 Figura B.6

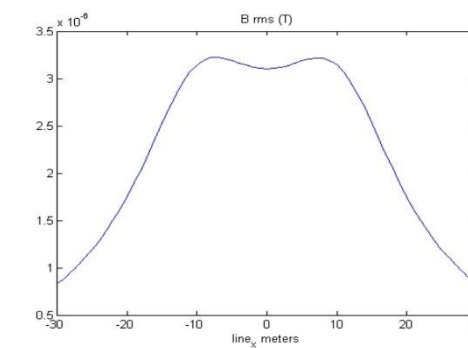


Figura 23. Norma IEC 62110 Figura B.6. Resultado aplicación a 1,5m.

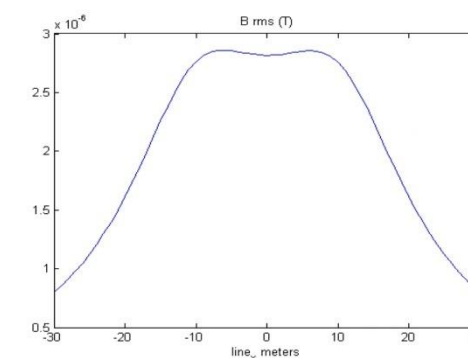


Figura 24. Norma IEC 62110 Figura B.6. Resultado aplicación a 0,5m.

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto:	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

5.10 Configuración 2 líneas aéreas según figura B.9 IEC62110

Campo magnético eficaz a 0,5, 1,0 y 1,5 m del suelo, generado por dos líneas. La primera línea está desequilibrada con intensidades de 200, 190 y 150A por fase. La línea inferior está equilibrada a 100A. (no trifásica)

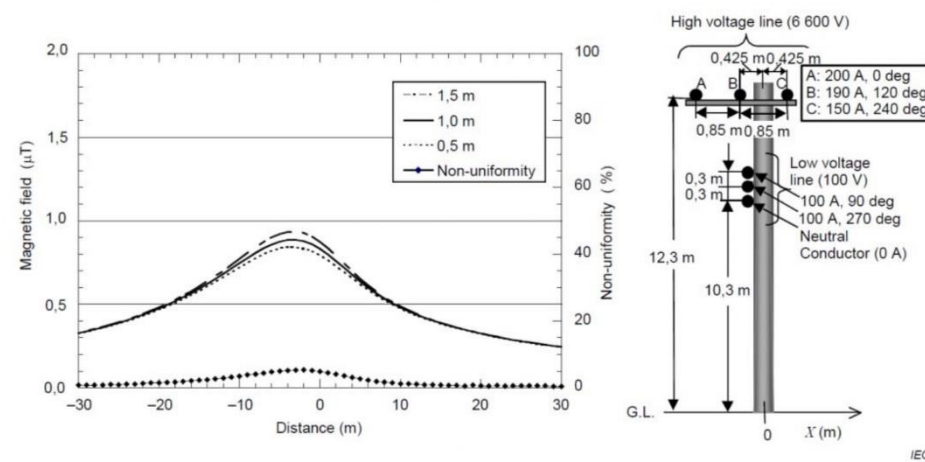


Figura 25. Norma IEC 62110 Figura B.9

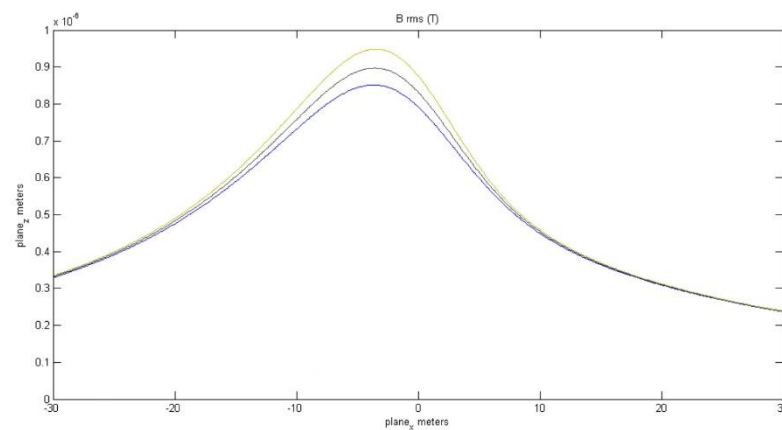


Figura 26. Norma IEC 62110 Figura B.9. Resultado aplicación a 1,5 1,0 y 0,5m.

5.11 Configuración D/C cable según figura B.10a IEC62110

Campo magnético eficaz a 0,5, 1,0 y 1,5 m del suelo, generado por dos circuitos equilibrados de 200A de intensidad y a 1,85m enterrados en el suelo. Se representan los valores con los circuitos con secuencia transpuesta.

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto:	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

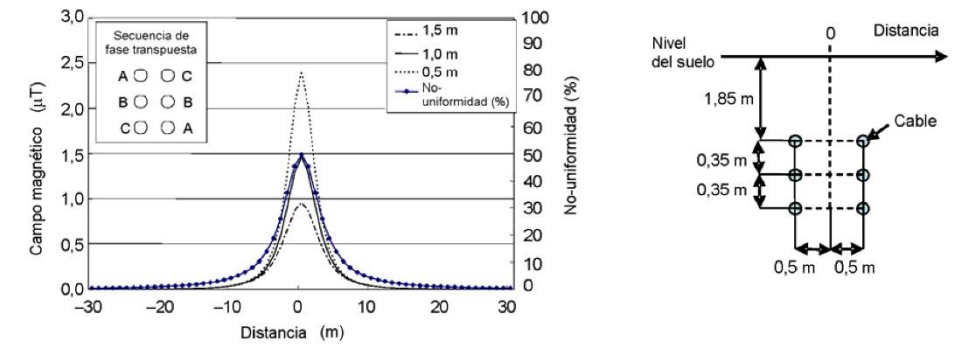


Figura 27. Norma IEC 62110 Figura B.10a

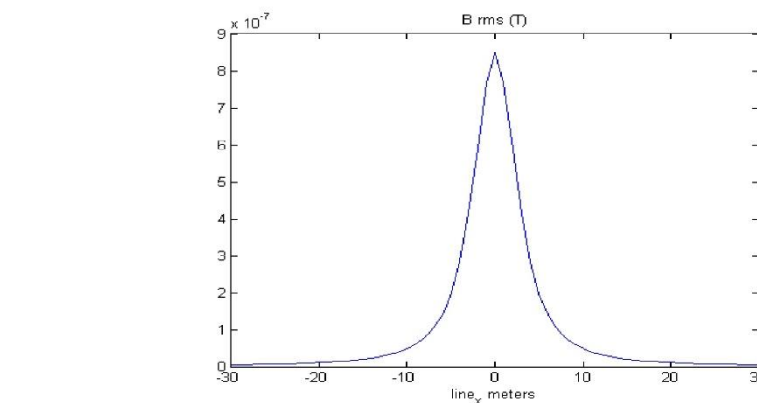


Figura 28. Norma IEC 62110 Figura B.10a. Resultado aplicación a 1,5m.

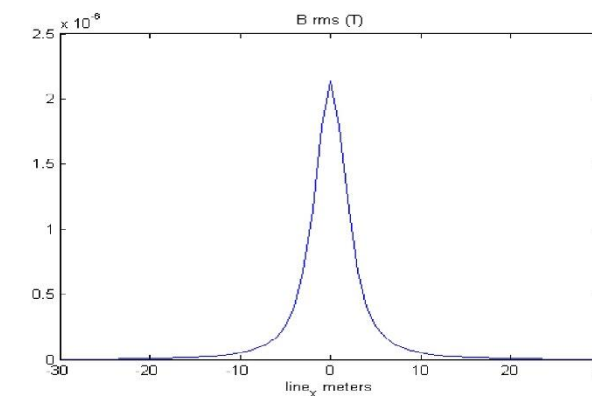


Figura 29. Norma IEC 62110 Figura B.10a. Resultado aplicación a 0,5m.

	Documento: INFORME: CAMPO MAGNÉTICO EN SSEE	Versión: 01
	Proyecto:	Autor: D.SM.S.
	Referencia: I	Fecha: 29/10/15

5.12 Configuración D/C cable según figura B.10b IEC62110

Campo magnético eficaz a 0,5, 1,0 y 1,5 m del suelo, generado por dos circuitos equilibrados de 200A de intensidad y a 0,60m enterrados en el suelo. Se representan los valores con los circuitos con secuencia transpuesta.

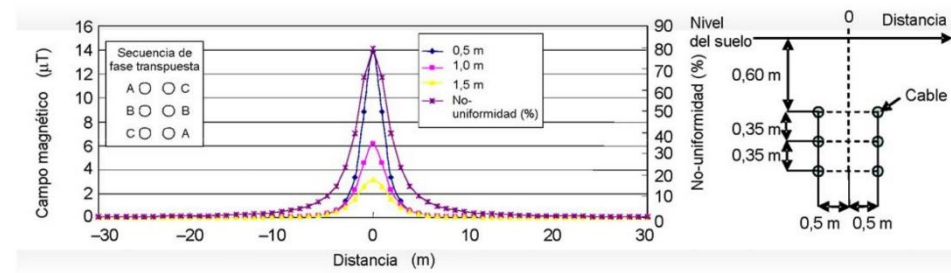


Figura 30 Norma IEC 62110 Figura B.10b

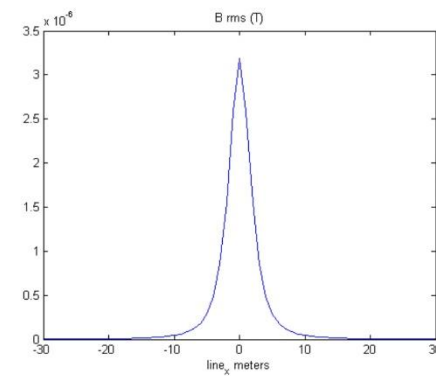


Figura 31. Norma IEC 62110 Figura B.10b. Resultado aplicación a 1,5m.

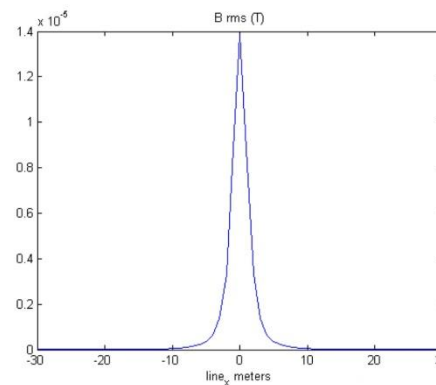


Figura 32. Norma IEC 62110 Figura B.10b. Resultado aplicación a 0,5m.



Av. Ranillas, Edificio Dinamiza, 3D, Planta 1 - 50018 Zaragoza
 Tel.: 976 976 859
www.fcirce.es

Validación por medición directa.

VALIDACIÓN DEL MÉTODO Y RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DESARROLLADA MEDIANTE MEDICIÓN DIRECTA DEL CAMPO B EN SET UTEBO

Fecha: 06-05-2016



	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

1 ANTECEDENTES Y OBJETO	3
2 JUSTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELEGIDA	3
3 JUSTIFICACIÓN ZONA DE MEDIDA	4
4 PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN Y DE MEDIDA	5
5 EQUIPO DE MEDIDA	8
6 DATOS MEDIDOS	9
7 CÁLCULO DEL CAMPO MAGNÉTICO	11
8 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	14
Caso 1: Valores medios de intensidad.....	14
Caso 2: Valores mínimos de intensidad.....	21
Caso 3: Valores máximos de intensidad.....	28
9 VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS	35
10 CONCLUSIONES	36
11 REFERENCIAS	36
12 ANEXOS	37
12.1 HOJAS DE TOMA DE DATOS DE CAMPO MAGNÉTICO	38
12.2 HOJAS DE TOMA DE DATOS DE INTENSIDADES	39
12.3 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE MEDIDA	41

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

1 ANTECEDENTES Y OBJETO

CIRCE ha desarrollado una aplicación para el cálculo del campo magnético generado por instalaciones eléctricas como subestaciones, líneas, centros de transformación, etc... El objeto de esta aplicación es cumplir con las disposiciones del R.D. 337/2014 que exige la justificación del campo magnético generado por instalaciones de alta tensión en el proyecto oficial.

Hasta ahora se ha realizado una validación mediante el cálculo de los ejemplos presentes en diversas normas y artículos técnicos. Para completar la validación del método y resultados obtenidos en instalaciones más complejas, se plantea la validación por medición directa en subestación.

2 JUSTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELEGIDA

La subestación donde se ha realizado la validación del método y resultados es la subestación de Utebo, sita en Zaragoza. La subestación posee 2 niveles de tensión, 45 y 15kV, y tiene una configuración tipo intemperie convencional SB en 45kV y celdas blindadas DB en 15kV. Existen 3 líneas de 45kV y 2 transformadores 45/15kV.

Se ha elegido esta instalación por varias razones:

1. La principal es que se dispone del láser escáner 3D de la instalación realizado con anterioridad para otro proyecto. A partir de dicho escáner se ha realizado el modelo 3D de los conductores, de modo que se dispone del modelo lo más real posible de la disposición de los conductores en la subestación.

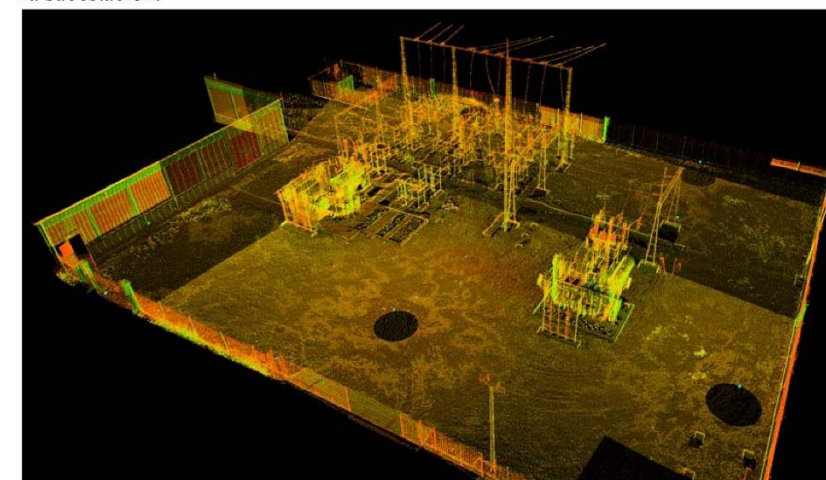


Figura 1. Escáner 3D Set Utebo.

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

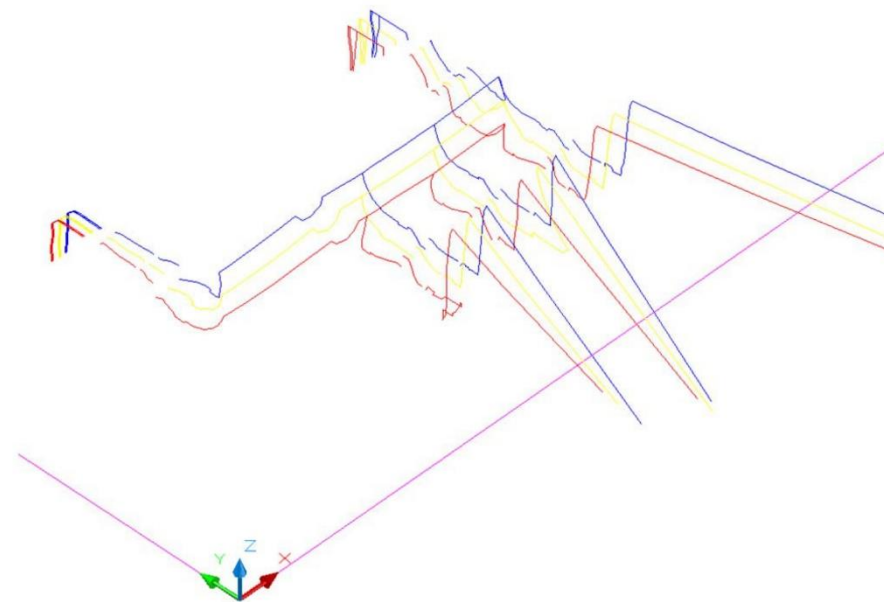


Figura 2. Modelo 3D conductores Set Utebo.

2. La instalación tiene una configuración tipo intemperie convencional y es de reducidas dimensiones. Con ello se facilita la toma de medidas en campo.
3. La instalación se encuentra próxima.

3 JUSTIFICACIÓN ZONA DE MEDIDA

Previamente a la medición en la instalación se ha realizado la simulación y cálculo del campo magnético en la subestación de Utebo, por lo que se dispone de una estimación de los valores y distribución del campo magnético.

Los valores obtenidos no corresponderán con los medidos ya que el estado de carga para el que han sido calculados es el máximo de la instalación, pero sirven para conocer de modo cualitativo la distribución del campo en la subestación. A la vista de estos valores y del funcionamiento de la aplicación, se cree conveniente que las zonas a realizar la medición cumplan una serie de requisitos:

1. Que estén alejadas de las zonas por las que probablemente estén tendidos cables subterráneos. No se conoce su posición exacta ni la intensidad que circula por ellos, por lo que no se pueden simular sus efectos en la aplicación.
2. Dado que la aplicación trabaja por planos ortogonales, se considera lo más sencillo y también lo más ilustrativo realizar el cálculo a lo largo de líneas ortogonales a las posiciones y barras de la instalación.

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

3. De igual forma, la utilización de planos ortogonales facilita su marcado dentro de la subestación, teniendo como referencias las barras o los ejes de las distintas posiciones.
4. Dado que la carga de la instalación no será la máxima, conviene realizar las medidas en zonas en las que sean previsibles valores importantes.
5. También es deseable que haya una variación importante de los valores entre puntos, de forma que se pueda apreciar el cambio de valor en las medidas tomadas en la subestación.

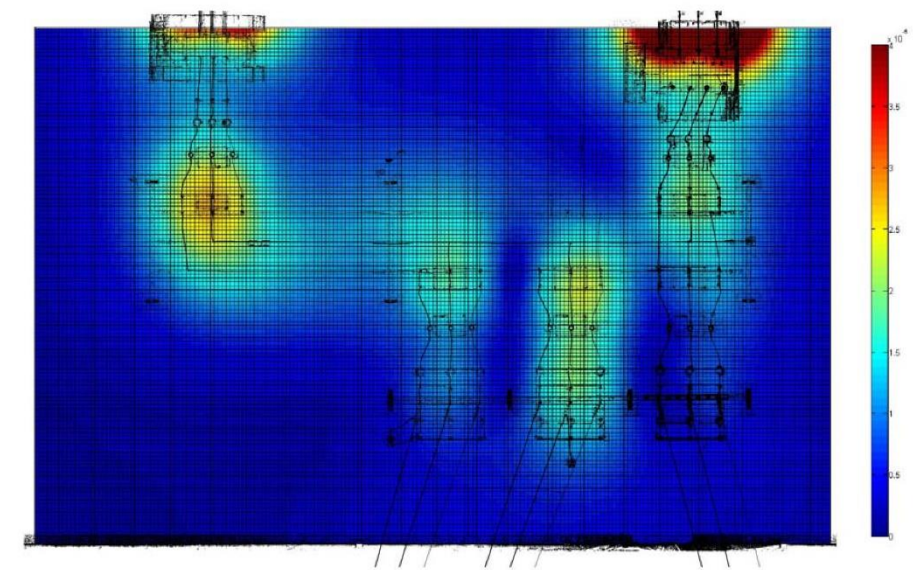


Figura 3. Campo magnético Set Utebo con carga máxima alcanzable.


Siguiendo las consideraciones anteriores se ha considerado que las zonas a medir sean 3 líneas:

1. Perpendicular a las líneas de entrada. (Línea 1)
2. Longitudinal a lo largo de las barras de 45kV. (Línea 2)
3. Perpendicular a las posiciones de transformador. (Línea 3)

4 PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN Y DE MEDIDA

El objetivo final es realizar medidas del campo magnético en unos puntos conocidos y con un estado de carga y topología de la subestación conocidos. Esas mismas condiciones se simularán en la aplicación y se compararán resultados, de forma que se pueda validar la aplicación de cálculo desarrollada.

Las medidas en la subestación de Utebo fueron realizadas durante la mañana del día 26 de Abril de 2016, asistiendo personal de Endesa.

	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

Puntos medidos:

Se realizaron medidas en las 3 líneas antes descritas y a 1 metro de altura, tal como fija la norma UNE 62110. También se realizaron mediciones a una altura de 0,5 y 1,5 en las líneas 1 y 2 con objeto de comprobar la uniformidad del campo. Las medidas se llevaron a cabo con referencia temporal, de forma que posteriormente se pueda conocer el estado de carga en el que fueron realizadas.

No se dispone de equipo de topografía para la toma de puntos, por lo que los diferentes puntos se localizaron en la subestación mediante referencias al vallado y las barras de la subestación según el plano siguiente, y utilizando cinta métrica.

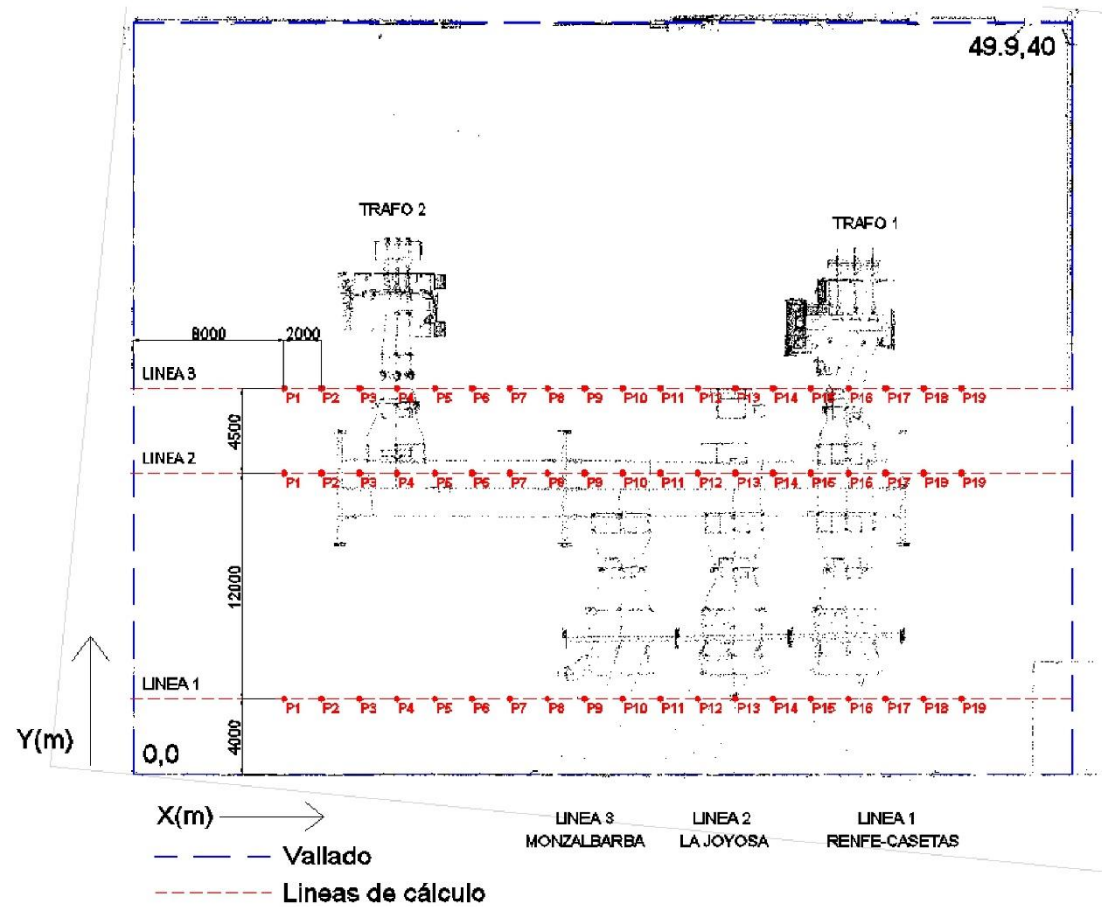


Figura 4. Descripción de los puntos de medida.

	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16



Figura 5. Equipo de medida en subestación Utebo, línea 1 P15 y línea 2 P1.

Estado de carga:

Durante la medición del campo magnético en el parque de la subestación también se registró el estado de carga de la subestación mediante fotografías de la remota de la instalación y toma de datos directa. Las medidas disponibles son las potencias que circulan por cada posición. Se han tomado las fotografías con la misma referencia temporal que las medidas del campo magnético, de forma que se puedan relacionar posteriormente.



Figura 6. Medidas de potencia en remota de la subestación.

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

Durante las medidas, la línea Monzalbarba se encontraba sin tensión debido a labores de mantenimiento. Además se comprobó que el estado de carga era bastante estable a lo largo de todo el proceso de medida, que tuvo lugar de durante unas 2 horas. Los únicos cambios importantes, y en todo caso temporales, se produjeron durante el paso de algunos trenes en la línea Renfe-Casetas que alimenta la línea de ferrocarril próxima. Por tanto, y a efectos de simulación, se tomarán sólo 3 estados de carga, el medio, el máximo y el mínimo, y el estado será el mismo para todas las medidas realizadas, pese a que se realizaron en diferentes momentos.

5 EQUIPO DE MEDIDA

El equipo utilizado es un Aaronia Spectran NF5030. Mide de forma directa el campo magnético generado por corrientes a la frecuencia de 50Hz, integrando el valor eficaz en los 3 ejes. Se dispone también de trípode estabilizado para fijar diferentes alturas.



Figura 7. Equipo de medida en subestación.

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

6 DATOS MEDIDOS

En las tablas siguientes se dan los datos de campo magnético medidos en los puntos indicados en la figura 4.

LINEA 1							
Punto	D. transv. (m)	Hora	Campo μT (altura: 0,5 m)	Hora	Campo μT (altura: 1 m)	Hora	Campo μT (altura: 1,5 m)
1	8	11:10:00	0,223	10:46:00	0,2341		
2	10	11:10:30	0,2423	10:47:00	0,2599		
3	12	11:11:00	0,2599	10:48:00	0,2818		
4	14	11:11:30	0,2796	10:49:00	0,3045		
5	16	11:12:00	0,306	10:50:00	0,329		
6	18	11:12:30	0,3446	10:51:00	0,3698	11:25:00	0,387
7	20	11:13:00	0,3875	10:52:00	0,4281	11:25:30	0,473
8	22	11:13:30	0,5726	10:53:00	0,6161	11:26:00	0,6495
9	24	11:14:00	0,88	10:54:00	0,948	11:26:30	1,01
10	26	11:14:30	1,294	10:55:00	1,425	11:27:00	1,57
11	28	11:15:00	2,167	10:56:00	2,448	11:27:30	2,733
12	30	11:15:30	3,762	10:57:00	4,764	11:28:00	5,79
13	32	11:16:00	4,986	10:58:00	7,241	11:28:30	11,78
14	34	11:16:30	3,026	10:59:00	4,048	11:29:00	4,954
15	36	11:17:00	1,849	11:00:00	2,268	11:29:30	2,43
16	38	11:17:30	1,733	11:01:00	1,88	11:30:00	1,76
17	40	11:18:00	1,401	11:02:00	1,287	11:30:30	1,303
18	42	11:18:30	0,86	11:03:00	0,772	11:31:00	0,737
19	44	11:19:00	0,46	11:04:00	0,4603	11:31:30	0,469

Figura 8. Campo magnético medido en los puntos de la línea 1.

LINEA 2							
Punto	D. transv. (m)	Hora	Campo μT (altura: 0,5 m)	Hora	Campo μT (altura: 1 m)	Hora	Campo μT (altura: 1,5 m)
1	8	11:58:00	0,6213	11:46:00	0,653	12:11:00	0,757
2	10	11:58:30	1,104	11:46:30	1,256	12:11:30	1,509
3	12	11:59:00	1,992	11:47:00	2,632	12:12:00	3,642
4	14	11:59:30	2,758	11:47:30	3,666	12:12:30	5,064
5	16	12:00:00	2,172	11:48:00	2,368	12:13:00	3,53
6	18	12:00:30	1,603	11:48:30	1,94	12:13:30	2,22
7	20	12:01:00	1,43	11:49:00	1,774	12:14:00	2,158
8	22	12:01:30	1,372	11:49:30	1,774	12:14:30	2,199
9	24	12:02:00	1,457	11:50:00	1,841	12:15:00	2,236
10	26	12:02:30	1,58	11:50:30	1,804	12:15:30	2,053
11	28	12:03:00	2,399	11:51:00	2,463	12:16:00	2,726
12	30	12:03:30	3,143	11:51:30	3,961	12:16:30	4,989
13	32	12:04:00	4,204	11:52:00	5,96	12:17:00	7,477
14	34	12:04:30	3,673	11:52:30	5,488	12:17:30	8,113
15	36	12:05:00	2,951	11:53:00	4,911	12:18:00	7,733
16	38	12:05:30	2,513	11:53:30	3,692	12:18:30	5,712
17	40	12:06:00	1,876	11:54:00	2,398	12:19:00	3,359
18	42	12:06:30	1,351	11:54:30	1,451	12:19:30	1,546
19	44	12:07:00	0,7753	11:55:00	0,86	12:20:00	0,901

Figura 9. Campo magnético medido en los puntos de la línea 2.

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

LINEA 3			
Punto	D. transv. (m)	Hora	Campo μT (altura: 1 m)
1	8	12:29:00	0,6717
2	10	12:29:30	1,24
3	12	12:30:00	1,835
4	14	12:30:30	2,148
5	16	12:31:00	1,679
6	18	12:31:30	1,212
7	20	12:32:00	1,125
8	22	12:32:30	1,132
9	24	12:33:00	1,169
10	26	12:33:30	1,31
11	28	12:34:00	1,563
12	30	12:34:30	1,862
13	32	12:35:00	1,766
14	34	12:35:30	2,268
15	36	12:36:00	3,945
16	38	12:36:30	4,903
17	40	12:37:00	4,527
18	42	12:37:30	3,326
19	44	12:38:00	1,729

Figura 10. Campo magnético medido en los puntos de la línea 3.

En el caso de las intensidades se tomaron datos tanto manualmente como mediante fotografías de las potencias indicadas en la remota de la instalación. A partir de dichas medidas se calcularon los datos medios, máximos y mínimos de potencia de cada posición. Con las potencias obtenidas, se calcula la intensidad para la simulación de los campos magnéticos en cada uno de los tres casos.

	Valores medios				Valores mínimos				Valores máximos			
	P (MW)	Q (MW)	I (A)	fase (°)	P (MW)	Q (MW)	I (A)	fase (°)	P (MW)	Q (MW)	I (A)	fase (°)
línea Renfe-casetas	0,54	0,06	6,67	-6,34	0,10	0,00	1,23	0,00	4,30	0,90	53,98	-11,82
línea La Joyosa	-21,76	-3,99	271,76	-10,39	-21,20	-3,60	264,15	-9,64	-24,00	-4,50	299,95	-10,62
línea Monzalbarba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trafo 1 (45 kV)	13,85	1,77	171,52	-7,23	13,40	1,60	165,76	-6,81	14,30	1,90	177,21	-7,57
Trafo 1 (15 kV)	-13,81	-1,45	485,88	-5,99	-13,30	-1,20	467,27	-5,16	-14,30	-1,80	504,32	-7,17
Trafo 2 (45 kV)	7,56	1,42	94,49	-10,64	7,20	1,30	89,88	-10,23	7,80	1,50	97,57	-10,89
Trafo 2 (15 kV)	-7,30	-1,36	259,83	-10,55	-6,90	-1,20	245,06	-9,87	-7,70	-1,60	275,19	-11,74

Figura 11. Valores medio, mínimo y máximo de las potencias medidas en cada posición.

Para el cálculo de las intensidades se han tomado las tensiones de 47 kV y 16,5 kV, valores que variaron muy poco durante el periodo de toma de datos.

El signo de la potencia corresponde al visualizado en la remota de la instalación. En el caso de las líneas, positivo para potencias hacia la línea y negativo hacia barras. En el caso de los transformadores, positivo hacia la máquina y negativo desde la máquina.

En los anexos se incluyen las hojas de datos tomadas en la instalación.

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

7 CÁLCULO DEL CAMPO MAGNÉTICO

Se ha calculado el campo magnético para los valores medio, mínimo y máximo de intensidad, obtenidos según se indica en el apartado anterior. Las intensidades por los tramos de barras, se han calculado para cada caso a partir de los valores del resto de posiciones.

Las intensidades utilizadas para los cálculos son las siguientes:

	Valores Medios		Valores Mínimos		Valores Máximos	
	I (A)	fase (°)	I (A)	fase (°)	I (A)	fase (°)
línea Renfe-casetas	6,67	-6,34	1,23	0,00	53,98	-11,82
línea La Joyosa	271,76	-10,39	264,15	-9,64	299,95	-10,62
línea Monzalbarba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trafo 1 (45 kV)	171,52	-7,23	165,76	-6,81	177,21	-7,57
Trafo 1 (15 kV)	485,88	-5,99	467,27	-5,16	504,32	-7,17
Trafo 2 (45 kV)	94,49	-10,64	89,88	-10,23	97,57	-10,89
Trafo 2 (15 kV)	259,83	-10,55	245,06	-9,87	275,19	-11,74
Barras La Joyosa-Trafo 1	178,19	-7,25	167,00	-6,76	231,06	-8,56
Barras La Joyosa-Trafo 2	94,49	-10,64	89,88	-10,23	97,57	-10,89

Figura 12. Intensidades calculadas.

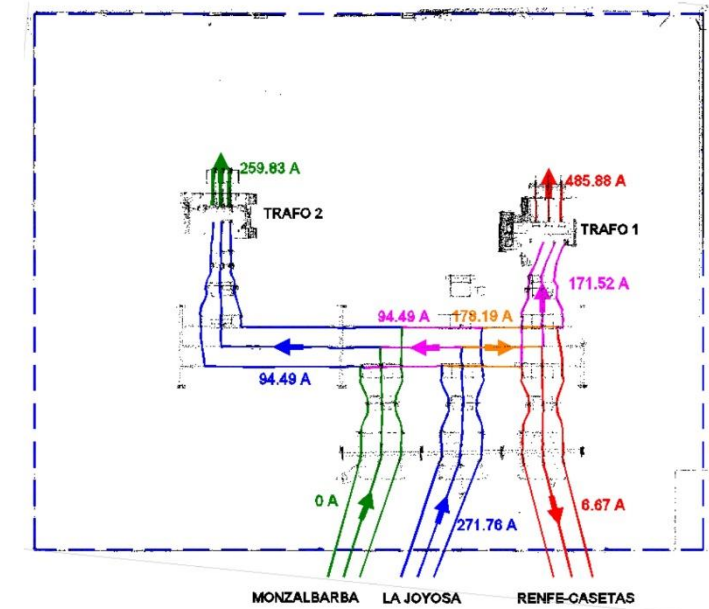



Figura 13. Distribución de intensidades para el caso de valores medios.

	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

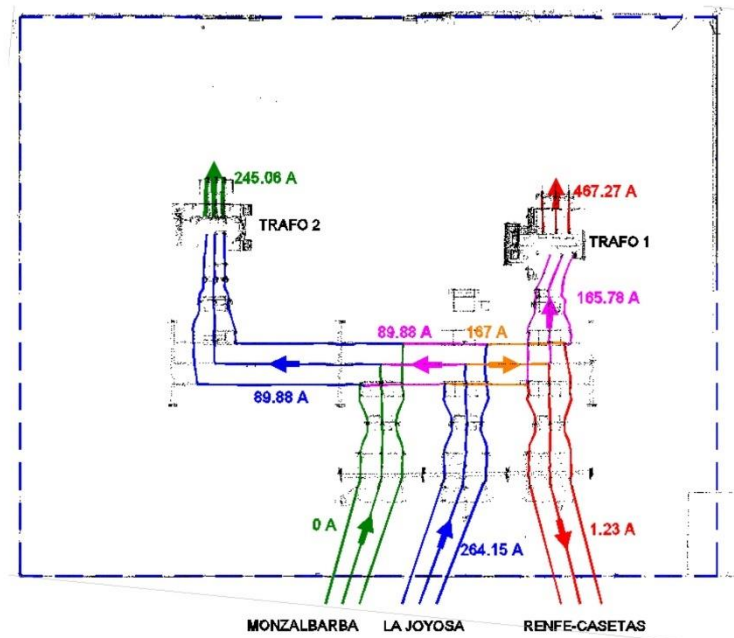


Figura 14. Distribución de intensidades para el caso de valores mínimos.

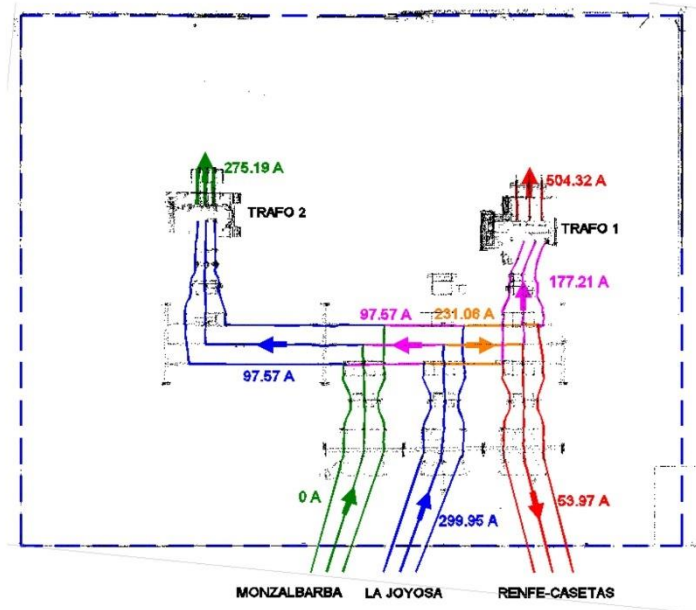


Figura 15. Distribución de intensidades para el caso de valores máximos.

	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

En la fase central de la línea La Joyosa existe una línea bobina de bloqueo, dicha bobina se ha modelado a partir de las mediciones del escáner 3D y de fotografías de una bobina similar. La bobina consta de 4 capas concéntricas separadas 4 cm. Su diámetro máximo exterior es de 54 cm. cada capa tiene 6 espiras separadas 3,5 cm.



Figura 16. Fotografía de una bobina de bloqueo similar a la instalada y escaneado 3D de la bobina de la subestación Utebo, línea La Joyosa.

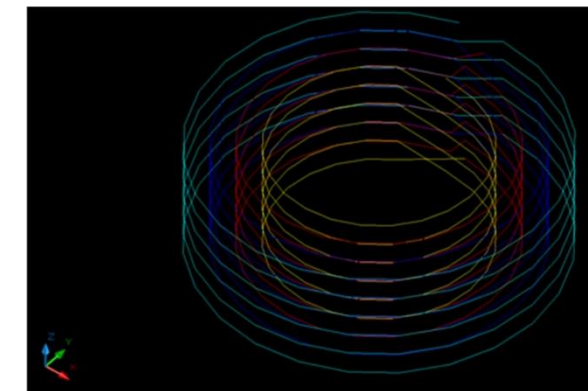


Figura 17. Modelo de la bobina de bloqueo.

El efecto de la bobina es muy importante pero localizado, sólo afecta a la zona cercana, en el resto de zonas el efecto de la bobina es inapreciable. Durante las medidas la línea Monzalbarba se encontraba en descargo por mantenimiento, por lo que no es necesario el modelado de su bobina de bloqueo.

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

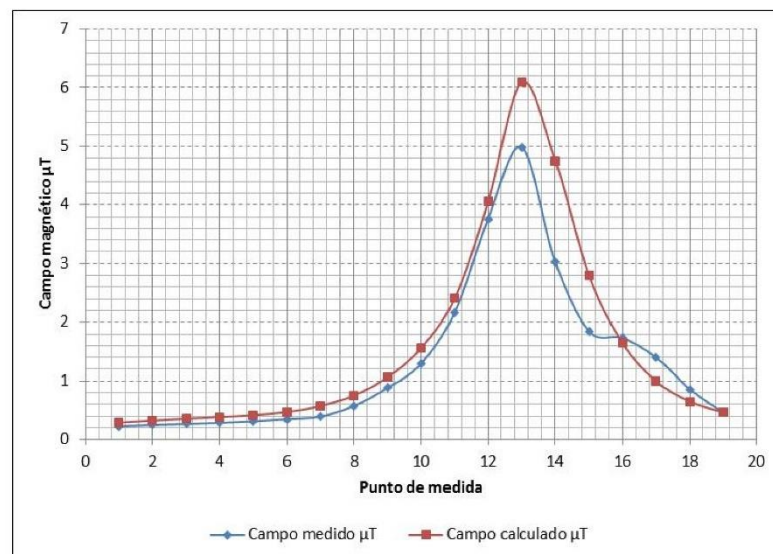
	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

8 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

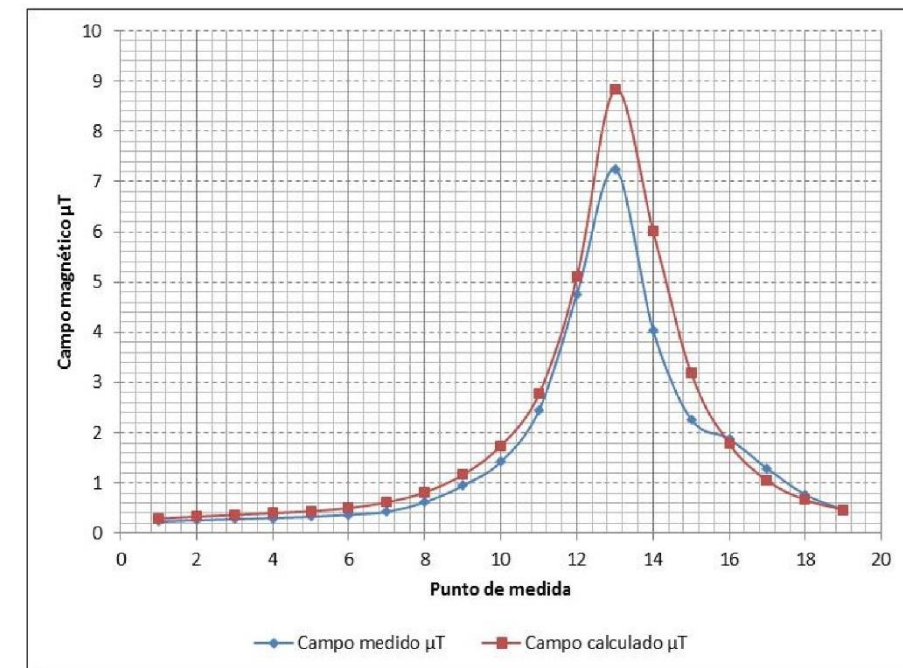
A continuación se presentan los resultados de las simulaciones comparados con los medidos en la instalación, para los tres casos simulados:

Caso 1: Valores medios de intensidad.

Línea 1. Altura 0,5 m. Valores medios de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,223	0,284964857	-0,06196486	21,7447364
2	10	0,2423	0,31954741	-0,07724741	24,17400599
3	12	0,2599	0,351287849	-0,09138785	26,01508975
4	14	0,2796	0,380174944	-0,10057494	26,45491121
5	16	0,306	0,413159092	-0,10715909	25,93652035
6	18	0,3446	0,467187681	-0,12258768	26,23949343
7	20	0,3875	0,568866359	-0,18136636	31,88206797
8	22	0,5726	0,752148561	-0,17954856	23,87142253
9	24	0,88	1,060261943	-0,18026194	17,00164232
10	26	1,294	1,56119284	-0,26719284	17,11465959
11	28	2,167	2,407198717	-0,24019872	9,97835017
12	30	3,762	4,053237772	-0,29123777	7,185311809
13	32	4,986	6,094491891	-1,10849189	18,18842179
14	34	3,026	4,758106029	-1,73210603	36,40326673
15	36	1,849	2,806825467	-0,95782547	34,12486734
16	38	1,733	1,644846649	0,088153351	5,359365952
17	40	1,401	0,995714174	0,405285826	40,7030287
18	42	0,86	0,648438706	0,211561294	32,62625941
19	44	0,46	0,459241099	0,000758901	0,165251041



Línea 1. Altura 1 m. Valores medios de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,2341	0,294266119	-0,06016612	20,44615923
2	10	0,2599	0,33204581	-0,07214581	21,72766763
3	12	0,2818	0,367668261	-0,08586826	23,35482022
4	14	0,3045	0,401156842	-0,09665684	24,09452658
5	16	0,329	0,439719421	-0,11071942	25,17956127
6	18	0,3698	0,501018671	-0,13121867	26,19037543
7	20	0,4281	0,613690916	-0,18559092	30,24175711
8	22	0,6161	0,816977123	-0,20087712	24,58785167
9	24	0,948	1,164996855	-0,21699685	18,62638974
10	26	1,425	1,746698646	-0,32169865	18,41752421
11	28	2,448	2,773476778	-0,32547678	11,73533454
12	30	4,764	5,100174751	-0,33617475	6,591435925
13	32	7,241	8,828345067	-1,58734507	17,98009768
14	34	4,048	6,022098872	-1,97409887	32,78091101
15	36	2,268	3,186107315	-0,91810732	28,81595704
16	38	1,88	1,781903447	0,098096553	5,505155372
17	40	1,287	1,044189098	0,242810902	23,25353741
18	42	0,772	0,666448794	0,105551206	15,83785693
19	44	0,4603	0,467284928	-0,00698493	1,49478996

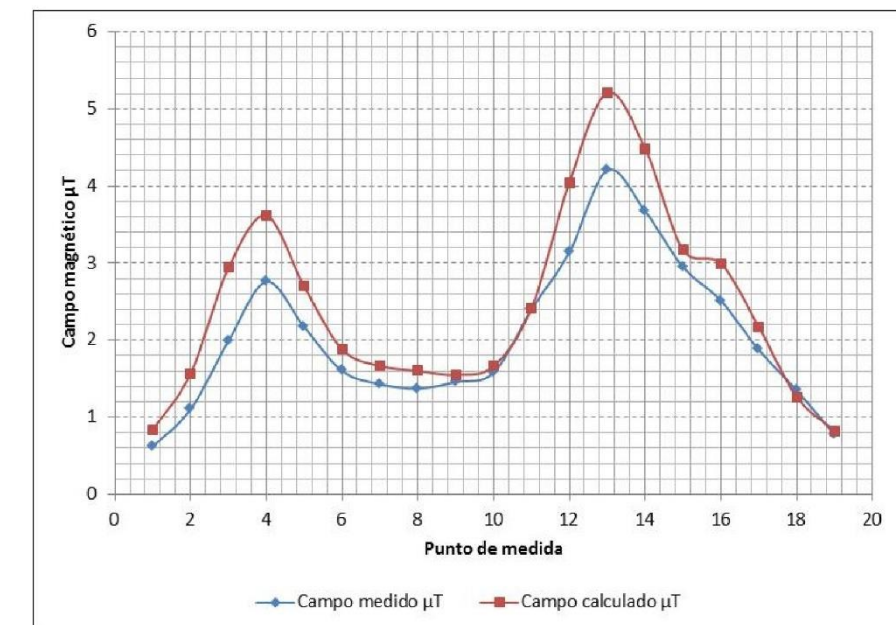
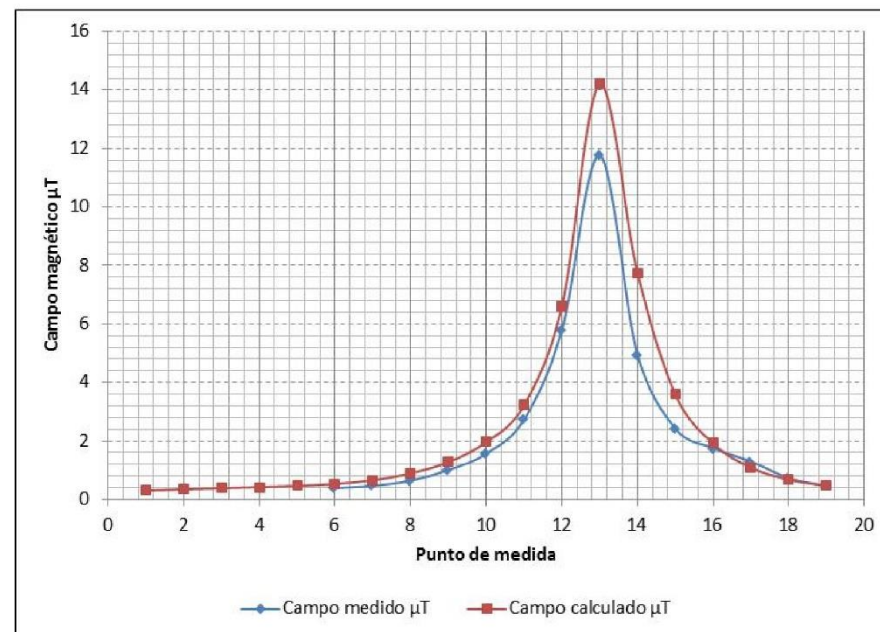


	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

Línea 1. Altura 1,5 m. Valores medios de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8		0,303593448	-0,30359345	100
2	10		0,344834761	-0,34483476	100
3	12		0,384851367	-0,38485137	100
4	14		0,423792741	-0,42379274	100
5	16		0,469155224	-0,46915522	100
6	18	0,387	0,539264467	-0,15226447	28,23558309
7	20	0,473	0,664815972	-0,19181597	28,85249149
8	22	0,6495	0,891043835	-0,24154384	27,10796324
9	24	1,01	1,28558129	-0,27558129	21,43631772
10	26	1,57	1,965249231	-0,39524923	20,11191378
11	28	2,733	3,222828131	-0,48982813	15,19870471
12	30	5,79	6,59321546	-0,80321546	12,18245429
13	32	11,78	14,20999091	-2,42999091	17,10058031
14	34	4,954	7,751869476	-2,79786948	36,09283522
15	36	2,43	3,598005897	-1,1680059	32,46258984
16	38	1,76	1,924307211	-0,16430721	8,538512442
17	40	1,303	1,09149463	0,21150537	19,37759148
18	42	0,737	0,683020897	0,053979103	7,902994286
19	44	0,469	0,474441587	-0,00544159	1,14694557

Línea 2. Altura 0,5 m. Valores medios de intensidad						
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %	
1	8		0,6213	0,83882598	-0,21752598	25,93219399
2	10	1,104	1,568609489	-0,46460949	29,61919408	
3	12	1,992	2,940356597	-0,9483566	32,25311507	
4	14	2,758	3,614735396	-0,8567354	23,70119254	
5	16	2,172	2,696001108	-0,52400111	19,43623488	
6	18	1,603	1,883677613	-0,28067761	14,90051221	
7	20	1,43	1,666058224	-0,23605822	14,16866593	
8	22	1,372	1,602922204	-0,2309222	14,40632636	
9	24	1,457	1,552319709	-0,09531971	6,140468897	
10	26	1,58	1,664823609	-0,08482361	5,09505085	
11	28	2,399	2,418901729	-0,01990173	0,822758874	
12	30	3,143	4,046631833	-0,90363183	22,33046816	
13	32	4,204	5,20887072	-1,00487072	19,29152736	
14	34	3,673	4,48658215	-0,81358215	18,13367331	
15	36	2,951	3,173221583	-0,22222158	7,003027599	
16	38	2,513	2,996053759	-0,48305376	16,12300038	
17	40	1,876	2,173976227	-0,29797623	13,70650807	
18	42	1,351	1,265782552	0,085217448	6,732392378	
19	44	0,7753	0,824087915	-0,04878792	5,920231881	

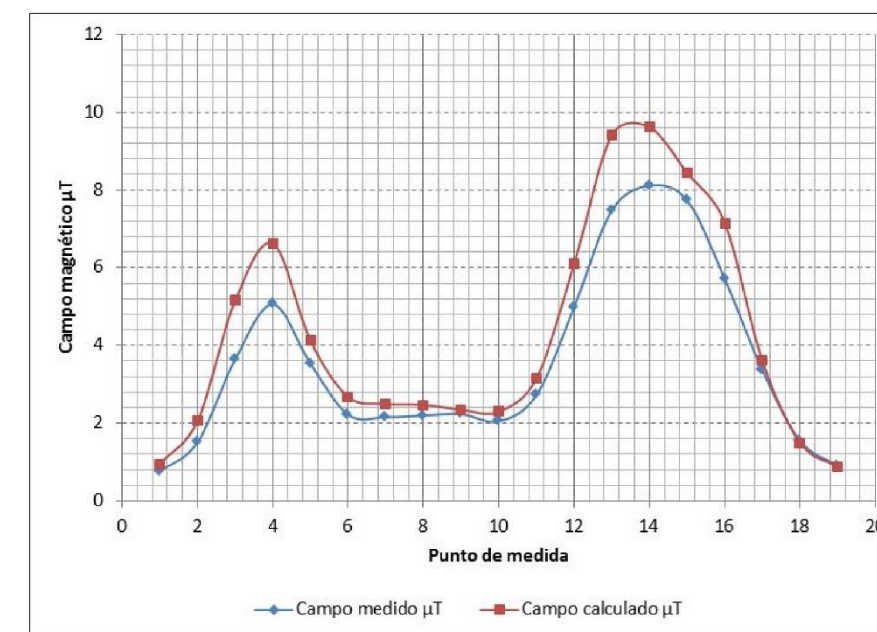
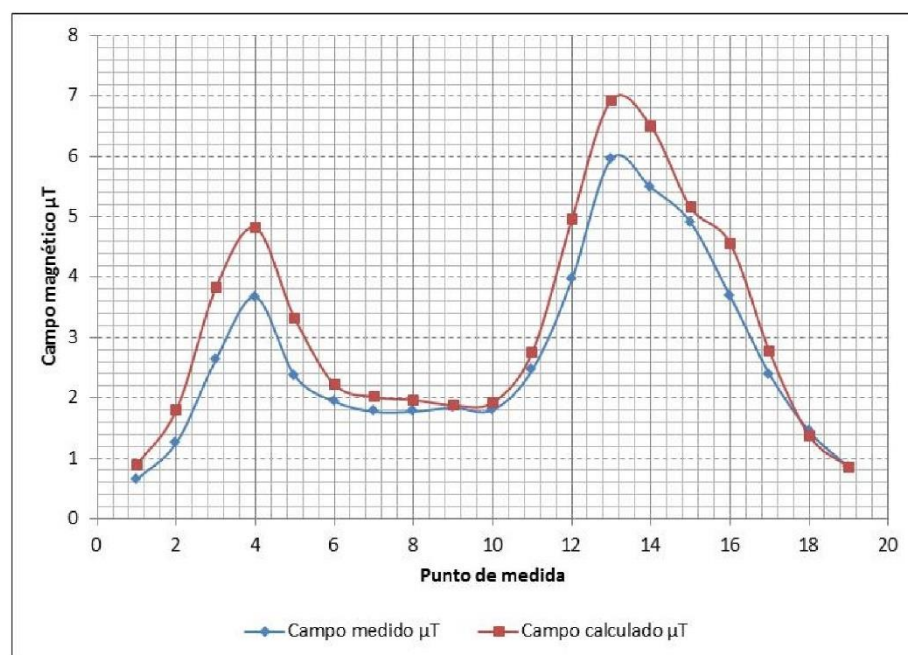


	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

Línea 2. Altura 1 m. Valores medios de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,653	0,896268755	-0,24326875	27,14238931
2	10	1,256	1,797713162	-0,54171316	30,1334592
3	12	2,632	3,82134949	-1,18934949	31,12380831
4	14	3,666	4,816723393	-1,15072339	23,8901697
5	16	2,368	3,316863657	-0,94886366	28,60725539
6	18	1,94	2,226343462	-0,28634346	12,8616032
7	20	1,774	2,017147977	-0,24314798	12,0540476
8	22	1,774	1,965379394	-0,19137939	9,737529282
9	24	1,841	1,880079034	-0,03907903	2,07858462
10	26	1,804	1,92474168	-0,12074168	6,273136895
11	28	2,463	2,751653146	-0,28865315	10,49017194
12	30	3,961	4,954257601	-0,9932576	20,04856592
13	32	5,96	6,932442761	-0,97244276	14,02741853
14	34	5,488	6,504530067	-1,01653007	15,62803241
15	36	4,911	5,158779738	-0,24777974	4,803068761
16	38	3,692	4,564314126	-0,87231413	19,11161462
17	40	2,398	2,77050249	-0,37250249	13,44530427
18	42	1,451	1,381537057	0,069462943	5,027946386
19	44	0,86	0,854166291	0,005833709	0,682971163

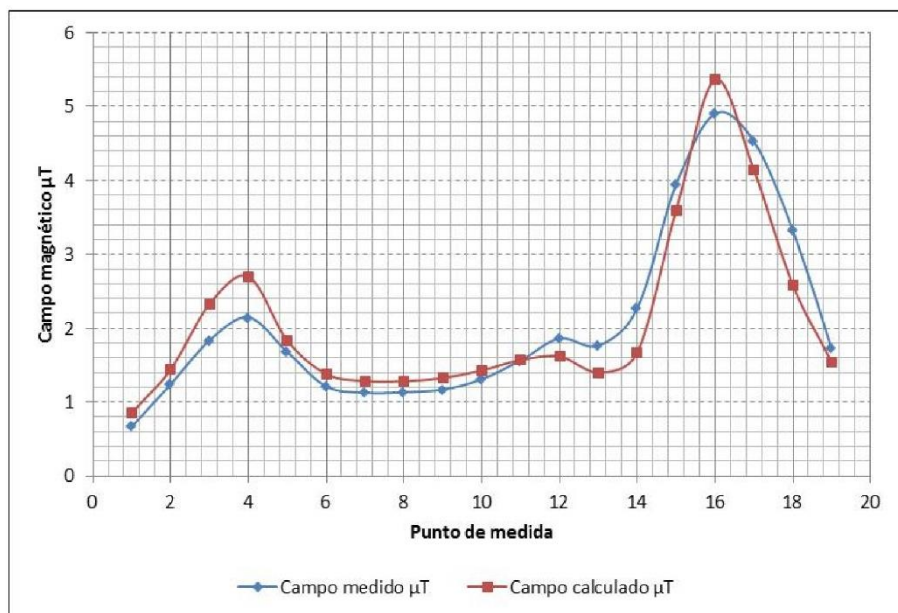
Línea 2. Altura 1,5 m. Valores medios de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,757	0,952055204	-0,1950552	20,48780395
2	10	1,509	2,056396724	-0,54739672	26,61921784
3	12	3,642	5,156081172	-1,51408117	29,36495996
4	14	5,064	6,630473488	-1,56647349	23,62536387
5	16	3,53	4,124160769	-0,59416077	14,4068285
6	18	2,22	2,68040843	-0,46040843	17,17680129
7	20	2,158	2,499657773	-0,34165777	13,66818198
8	22	2,199	2,473322178	-0,27432218	11,09124319
9	24	2,236	2,346797309	-0,11079731	4,721213389
10	26	2,053	2,293630728	-0,24063073	10,49125846
11	28	2,726	3,154330022	-0,42833002	13,57911249
12	30	4,989	6,101090954	-1,11209095	18,2277393
13	32	7,477	9,416991052	-1,93999105	20,60096523
14	34	8,113	9,621834872	-1,50883487	15,68136319
15	36	7,733	8,446890909	-0,71389091	8,451522777
16	38	5,712	7,153389308	-1,44138931	20,14973946
17	40	3,359	3,60099247	-0,24199247	6,720160391
18	42	1,546	1,496103033	0,049896967	3,335129076
19	44	0,901	0,879704475	0,021295525	2,420758999



	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

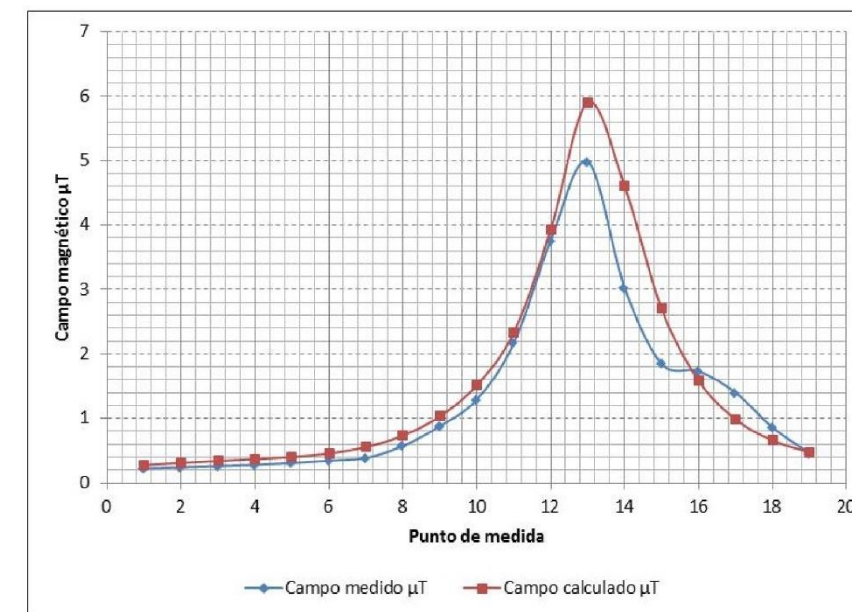
	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

Línea 3. Altura 1 m. Valores medios de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,6717	0,856826195	-0,18512619	21,60603817
2	10	1,24	1,441888664	-0,20188866	14,00168192
3	12	1,835	2,327531899	-0,4925319	21,16112347
4	14	2,148	2,699299854	-0,55129985	20,42380927
5	16	1,679	1,833716095	-0,15471609	8,437298192
6	18	1,212	1,380067018	-0,16806702	12,17817801
7	20	1,125	1,28644424	-0,16144424	12,54964929
8	22	1,132	1,282991012	-0,15099101	11,76867261
9	24	1,169	1,326090625	-0,15709063	11,84614551
10	26	1,31	1,428065267	-0,11806527	8,267497971
11	28	1,563	1,568303876	-0,00530388	0,338191874
12	30	1,862	1,618166087	0,243833913	15,06853439
13	32	1,766	1,400692061	0,365307939	26,08053187
14	34	2,268	1,668601491	0,599398509	35,92220861
15	36	3,945	3,593307901	0,351692099	9,787418964
16	38	4,903	5,362459432	-0,45945943	8,568072876
17	40	4,527	4,138259076	0,388740924	9,393827624
18	42	3,326	2,585876004	0,740123996	28,62178985
19	44	1,729	1,542531059	0,186468941	12,08850476



Caso 2: Valores mínimos de intensidad.

Línea 1. Altura 0,5 m. Valores mínimos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,223	0,275049685	-0,05204968	18,92373903
2	10	0,2423	0,308785909	-0,06648591	21,53139338
3	12	0,2599	0,340026834	-0,08012683	23,56485607
4	14	0,2796	0,368879364	-0,08927936	24,2028621
5	16	0,306	0,402122199	-0,0961222	23,90372849
6	18	0,3446	0,455988241	-0,11138824	24,42787581
7	20	0,3875	0,555769765	-0,16826977	30,27688366
8	22	0,5726	0,733857318	-0,16125732	21,97393332
9	24	0,88	1,03198266	-0,15198266	14,7272494
10	26	1,294	1,516293574	-0,22229357	14,66032555
11	28	2,167	2,334799376	-0,16779938	7,186886272
12	30	3,762	3,92898411	-0,16698411	4,25005817
13	32	4,986	5,90644769	-0,92044769	15,5837779
14	34	3,026	4,601422368	-1,57542237	34,23772568
15	36	1,849	2,700775603	-0,8517756	31,5381849
16	38	1,733	1,58747201	0,14552799	9,167279109
17	40	1,401	0,985464453	0,415535547	42,16646734
18	42	0,86	0,658432041	0,201567959	30,61332784
19	44	0,46	0,472631771	-0,01263177	2,672645272

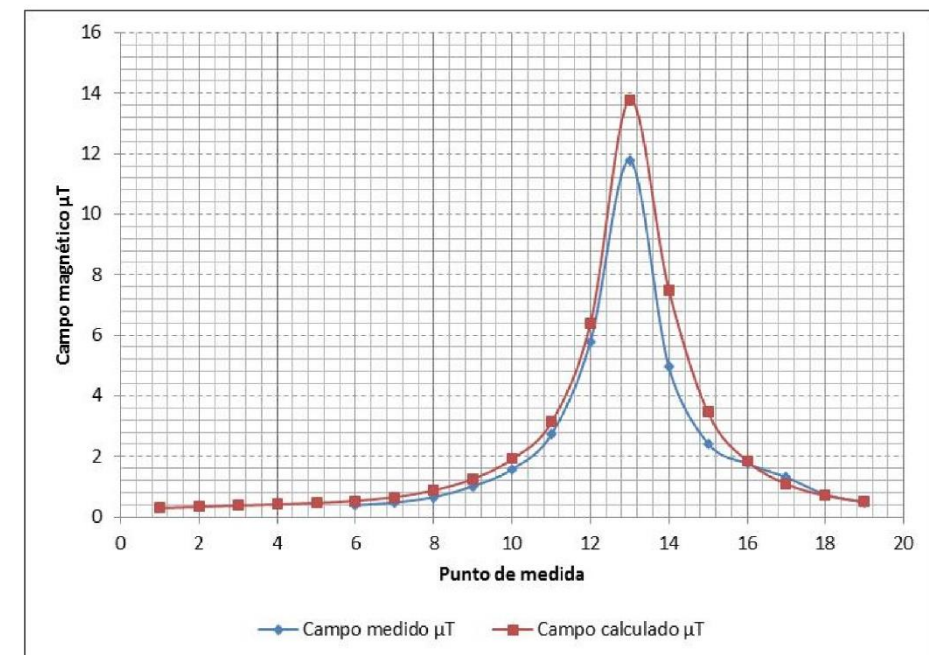
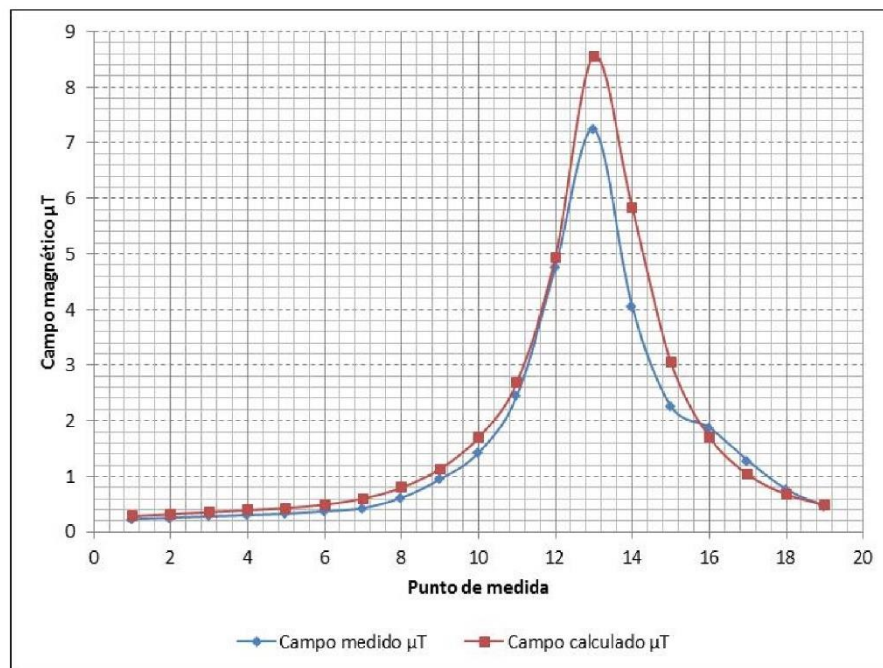


	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

Línea 1. Altura 1 m. Valores mínimos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,2341	0,284091786	-0,04999179	17,59705431
2	10	0,2599	0,320938773	-0,06103877	19,01882171
3	12	0,2818	0,355963511	-0,07416351	20,83458244
4	14	0,3045	0,38931186	-0,08481186	21,78506961
5	16	0,329	0,428019751	-0,09901975	23,1343882
6	18	0,3698	0,489028861	-0,11922886	24,38074128
7	20	0,4281	0,599615736	-0,17151574	28,60427528
8	22	0,6161	0,797271846	-0,18117185	22,72397391
9	24	0,948	1,13422293	-0,18622293	16,41854745
10	26	1,425	1,696907716	-0,27190772	16,02371854
11	28	2,448	2,690671525	-0,24267153	9,018994807
12	30	4,764	4,944948305	-0,18094831	3,659255751
13	32	7,241	8,560191201	-1,3191912	15,41076794
14	34	4,048	5,826007985	-1,77800798	30,51846117
15	36	2,268	3,060629032	-0,79262903	25,89758587
16	38	1,88	1,713353099	0,166646901	9,726360598
17	40	1,287	1,033899538	0,253100462	24,48017945
18	42	0,772	0,678984846	0,093015154	13,69915014
19	44	0,4603	0,482479454	-0,02217945	4,596973785

Línea 1. Altura 1,5 m. Valores mínimos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8		0,29316308	-0,29316308	100
2	10		0,333376487	-0,33337649	100
3	12		0,372677952	-0,37267795	100
4	14		0,41133806	-0,41133806	100
5	16		0,45667775	-0,45667775	100
6	18	0,387	0,526301114	-0,13930111	26,46794964
7	20	0,473	0,649512741	-0,17651274	27,17617833
8	22	0,6495	0,869605994	-0,22010599	25,3110024
9	24	1,01	1,2518398	-0,2418398	19,31874991
10	26	1,57	1,909635022	-0,33963502	17,78533691
11	28	2,733	3,127277112	-0,39427711	12,60768066
12	30	5,79	6,393985839	-0,60398584	9,446155412
13	32	11,78	13,78503948	-2,00503948	14,54503983
14	34	4,954	7,50375165	-2,54975165	33,97969135
15	36	2,43	3,450540787	-1,02054079	29,57625631
16	38	1,76	1,842130174	-0,08213017	4,458434872
17	40	1,303	1,081480248	0,221519752	20,48301409
18	42	0,737	0,698515795	0,038484205	5,509425183
19	44	0,469	0,491599324	-0,02259932	4,597102272

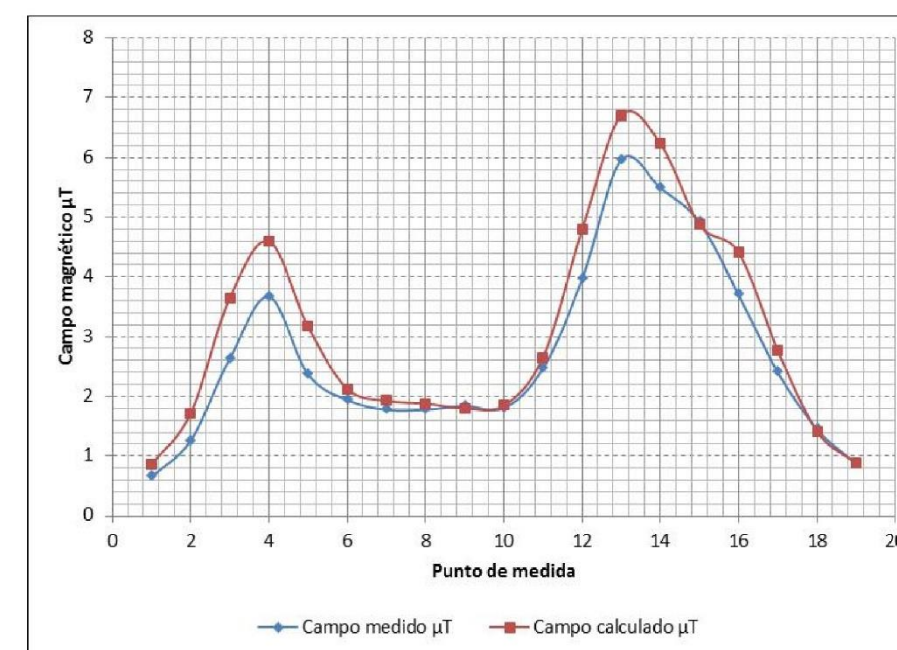
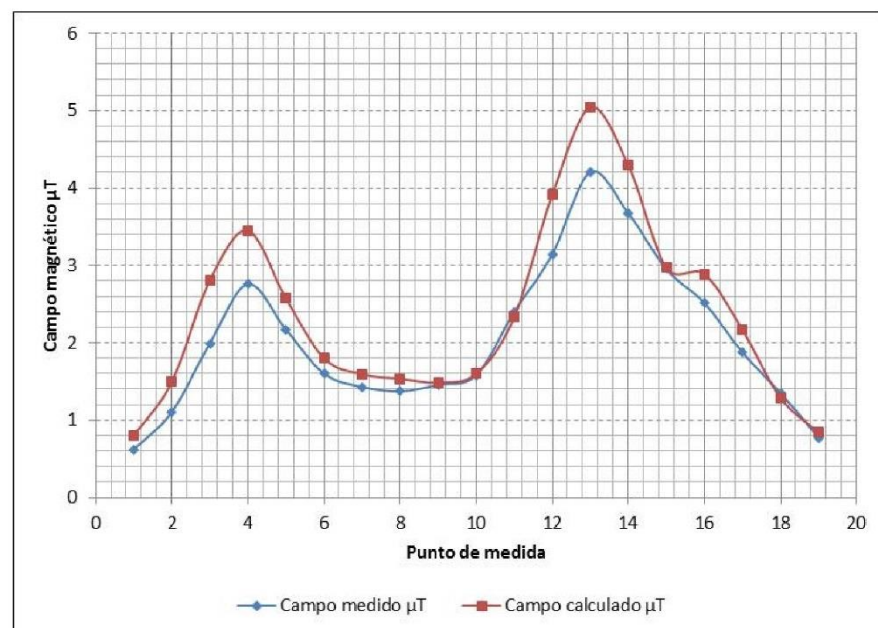


	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

Línea 2. Altura 0,5 m. Valores mínimos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,6213	0,798020556	-0,17672056	22,14486267
2	10	1,104	1,494689382	-0,39068938	26,13849985
3	12	1,992	2,805249779	-0,81324978	28,99028048
4	14	2,758	3,449199704	-0,6911997	20,03942258
5	16	2,172	2,573678595	-0,40167859	15,60717782
6	18	1,603	1,799432973	-0,19643297	10,91638174
7	20	1,43	1,593019125	-0,16301913	10,2333439
8	22	1,372	1,533937355	-0,16193736	10,55697319
9	24	1,457	1,486973274	-0,02997327	2,015723757
10	26	1,58	1,598545202	-0,0185452	1,160129972
11	28	2,399	2,331089129	0,067910871	2,913267879
12	30	3,143	3,910275646	-0,76727565	19,62203474
13	32	4,204	5,037018248	-0,83301825	16,53792396
14	34	3,673	4,291889655	-0,61888965	14,41998058
15	36	2,951	2,968115526	-0,01711553	0,57664623
16	38	2,513	2,888790589	-0,37579059	13,0085784
17	40	1,876	2,165306331	-0,28930633	13,36098855
18	42	1,351	1,287781445	0,063218555	4,909105886
19	44	0,7753	0,839460912	-0,06416091	7,643108891

Línea 2. Altura 1 m. Valores mínimos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,653	0,852785586	-0,19978559	23,4274112
2	10	1,256	1,713359927	-0,45735993	26,69374483
3	12	2,632	3,646998134	-1,01499813	27,83105712
4	14	3,666	4,596616496	-0,9306165	20,245685
5	16	2,368	3,166687961	-0,79868796	25,22155547
6	18	1,94	2,126933595	-0,18693359	8,788877811
7	20	1,774	1,928752463	-0,15475246	8,023448649
8	22	1,774	1,880537893	-0,10653789	5,665288275
9	24	1,841	1,800140811	0,040859189	2,269777359
10	26	1,804	1,846584487	-0,04258449	2,306121778
11	28	2,463	2,650512379	-0,18751238	7,074570964
12	30	3,961	4,786687767	-0,82568777	17,2496684
13	32	5,96	6,70452014	-0,74452014	11,10474911
14	34	5,488	6,229711807	-0,74171181	11,90603723
15	36	4,911	4,871304249	0,039695751	0,814889586
16	38	3,692	4,403622303	-0,7116223	16,15993048
17	40	2,398	2,762990031	-0,36499003	13,20996555
18	42	1,451	1,412755966	0,038244034	2,707051661
19	44	0,86	0,873089145	-0,01308914	1,4991762

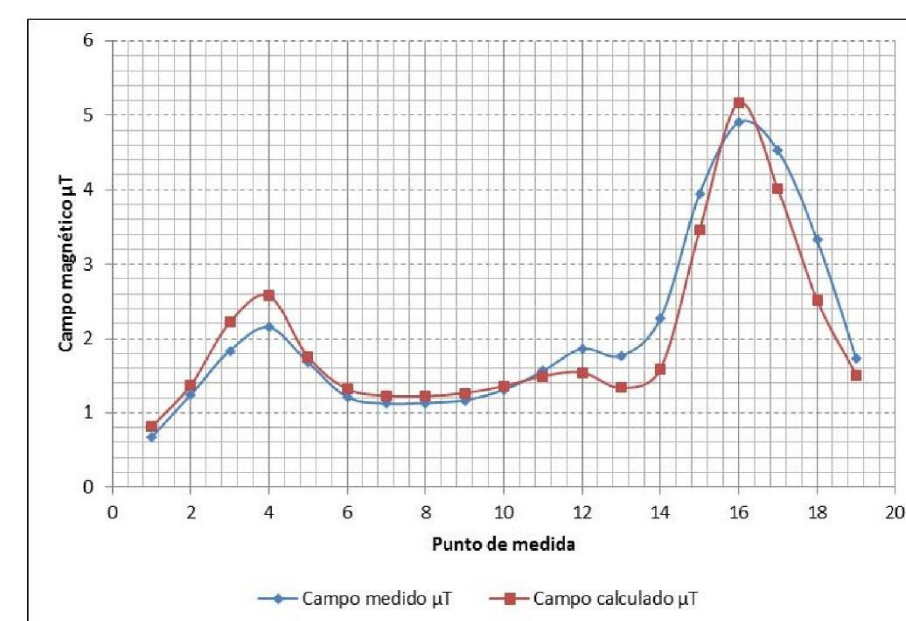
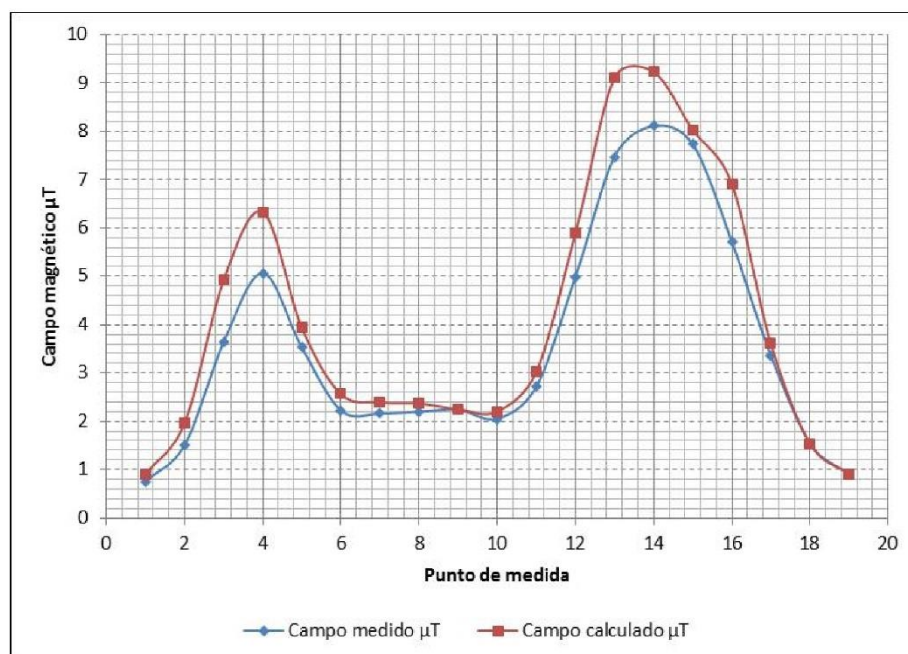


	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

Línea 2. Altura 1,5 m. Valores mínimos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,757	0,906014466	-0,14901447	16,44725017
2	10	1,509	1,960379027	-0,45137903	23,02508958
3	12	3,642	4,923036364	-1,28103636	26,02126553
4	14	5,064	6,328468185	-1,26446818	19,98063588
5	16	3,53	3,938133484	-0,40813348	10,36362747
6	18	2,22	2,56109414	-0,34109414	13,31829764
7	20	2,158	2,390316287	-0,23231629	9,719060525
8	22	2,199	2,366424881	-0,16742488	7,075013558
9	24	2,236	2,246307738	-0,01030774	0,458874685
10	26	2,053	2,198665987	-0,14566599	6,625198555
11	28	2,726	3,036489143	-0,31048914	10,22526768
12	30	4,989	5,893877327	-0,90487733	15,35283611
13	32	7,477	9,110146665	-1,63314667	17,92667808
14	34	8,113	9,231833166	-1,11883317	12,11929577
15	36	7,733	8,03434241	-0,30134241	3,750679204
16	38	5,712	6,91099161	-1,19899161	17,34905318
17	40	3,359	3,603371862	-0,24437186	6,781755283
18	42	1,546	1,53971326	0,00628674	0,408305885
19	44	0,901	0,902542011	-0,00154201	0,170852024

Línea 3. Altura 1 m. Valores mínimos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,6717	0,812411023	-0,14071102	17,32017652
2	10	1,24	1,369672491	-0,12967249	9,467408605
3	12	1,835	2,214927817	-0,37992782	17,15305637
4	14	2,148	2,572807456	-0,42480746	16,511436
5	16	1,679	1,75386339	-0,07486339	4,268484671
6	18	1,212	1,321555175	-0,10955518	8,289867674
7	20	1,125	1,229973588	-0,10497359	8,534621316
8	22	1,132	1,224843139	-0,09284314	7,580002404
9	24	1,169	1,264478366	-0,09547837	7,550810563
10	26	1,31	1,361015868	-0,05101587	3,748366912
11	28	1,563	1,495401621	0,067598379	4,520416303
12	30	1,862	1,544351035	0,317648965	20,56844317
13	32	1,766	1,333898239	0,432101761	32,39390741
14	34	2,268	1,586339347	0,681660653	42,97067042
15	36	3,945	3,450461652	0,494538348	14,332527
16	38	4,903	5,171601069	-0,26860107	5,193770079
17	40	4,527	4,010477681	0,516522319	12,87932163
18	42	3,326	2,518133508	0,807866492	32,08195629
19	44	1,729	1,508801263	0,220198737	14,5942837

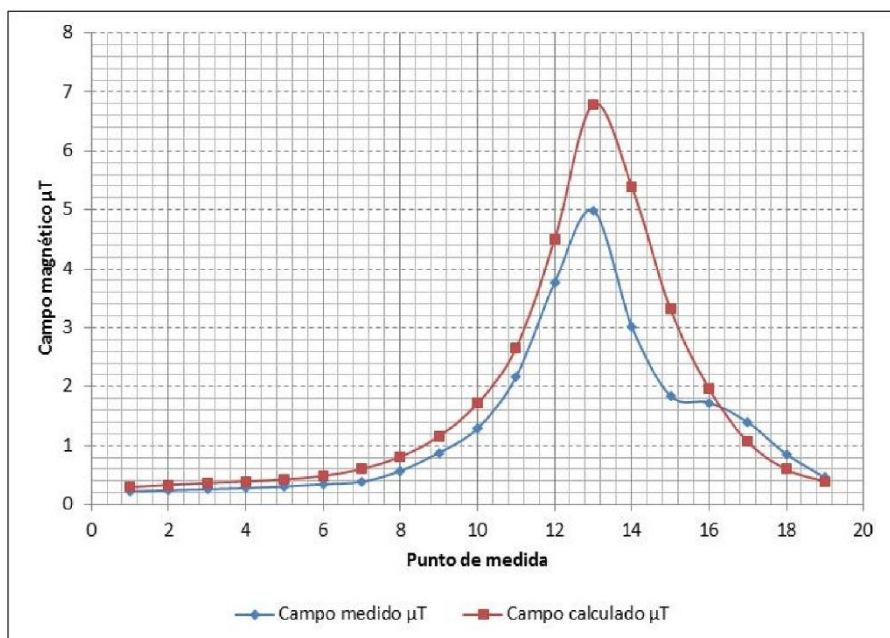


	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

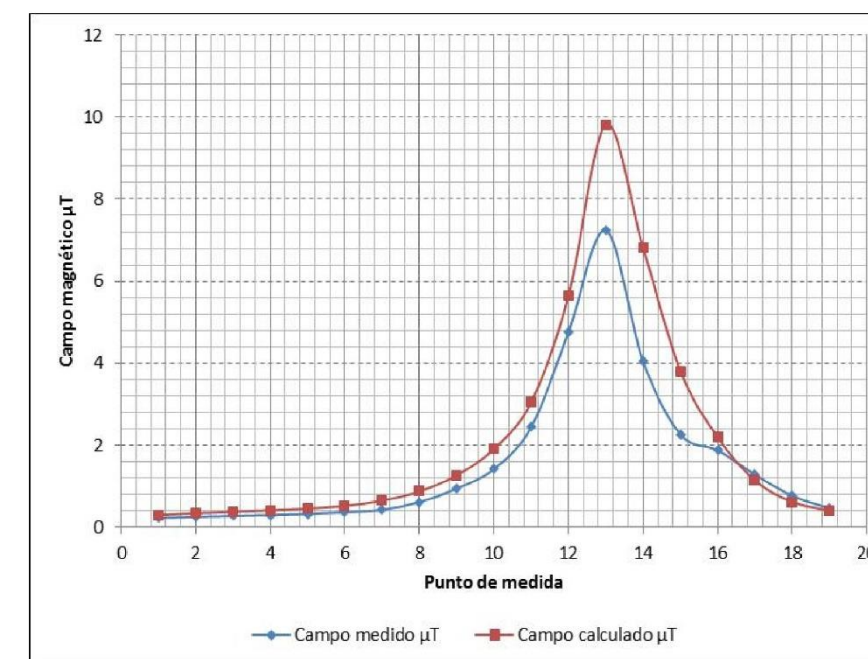
	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

Caso 3: Valores máximos de intensidad.

Línea 1. Altura 0,5 m. Valores máximos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,223	0,297136165	-0,07413616	24,95023272
2	10	0,2423	0,33239793	-0,09009793	27,10544251
3	12	0,2599	0,364569032	-0,10466903	28,71034633
4	14	0,2796	0,394017359	-0,11441736	29,03865935
5	16	0,306	0,428967491	-0,12296749	28,665923
6	18	0,3446	0,488923123	-0,14432312	29,51857175
7	20	0,3875	0,603947518	-0,21644752	35,83879587
8	22	0,5726	0,8113229	-0,2387229	29,42390756
9	24	0,88	1,157428923	-0,27742892	23,9694134
10	26	1,294	1,71514292	-0,42114292	24,55439222
11	28	2,167	2,653478257	-0,48647826	18,33360632
12	30	3,762	4,491873139	-0,72987314	16,24874782
13	32	4,986	6,793939793	-1,80793979	26,61106586
14	34	3,026	5,397255913	-2,37125591	43,93447247
15	36	1,849	3,319171541	-1,47017154	44,2933281
16	38	1,733	1,970887158	-0,23788716	12,07005469
17	40	1,401	1,0706105	0,3303895	30,85991595
18	42	0,86	0,599938023	0,260061977	43,3481406
19	44	0,46	0,392123579	0,067876421	17,30995658



Línea 1. Altura 1 m. Valores máximos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,2341	0,307021419	-0,07292142	23,75124804
2	10	0,2599	0,345661567	-0,08576157	24,81084835
3	12	0,2818	0,381908378	-0,10010838	26,21266874
4	14	0,3045	0,416142095	-0,11164209	26,8278783
5	16	0,329	0,456831849	-0,12783185	27,98225418
6	18	0,3698	0,524260343	-0,15446034	29,4625266
7	20	0,4281	0,650876023	-0,22277602	34,22710553
8	22	0,6161	0,880113716	-0,26401372	29,99768229
9	24	0,948	1,270571701	-0,3225717	25,38791797
10	26	1,425	1,917940142	-0,49294014	25,70153942
11	28	2,448	3,05577456	-0,60777456	19,88937822
12	30	4,764	5,647955823	-0,88395582	15,65089832
13	32	7,241	9,814345317	-2,57334532	26,22024428
14	34	4,048	6,817179913	-2,76917991	40,62060777
15	36	2,268	3,811676736	-1,54367674	40,4986268
16	38	1,88	2,196981278	-0,31698128	14,42803731
17	40	1,287	1,144353051	0,142646949	12,46529194
18	42	0,772	0,622281781	0,149718219	24,05955373
19	44	0,4603	0,404381744	0,055918256	13,82808621

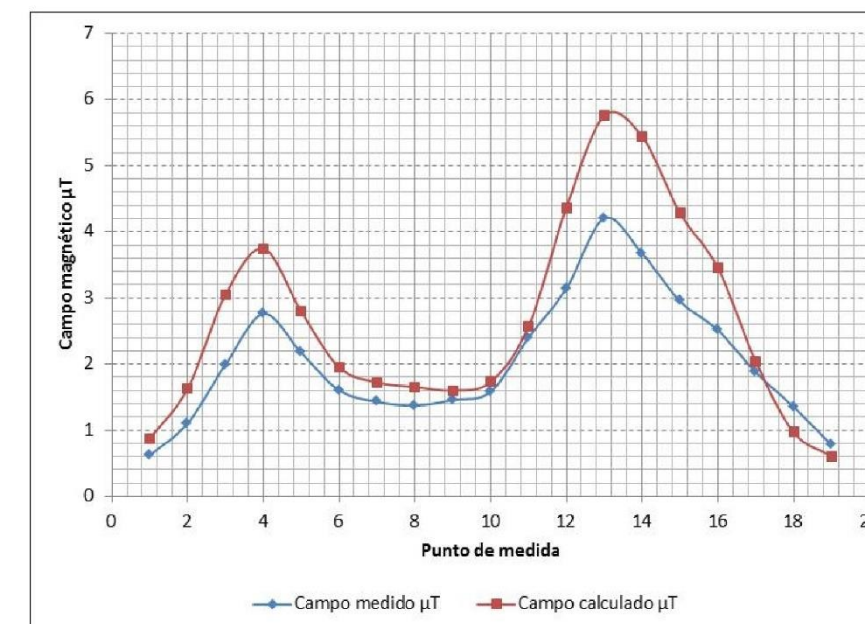
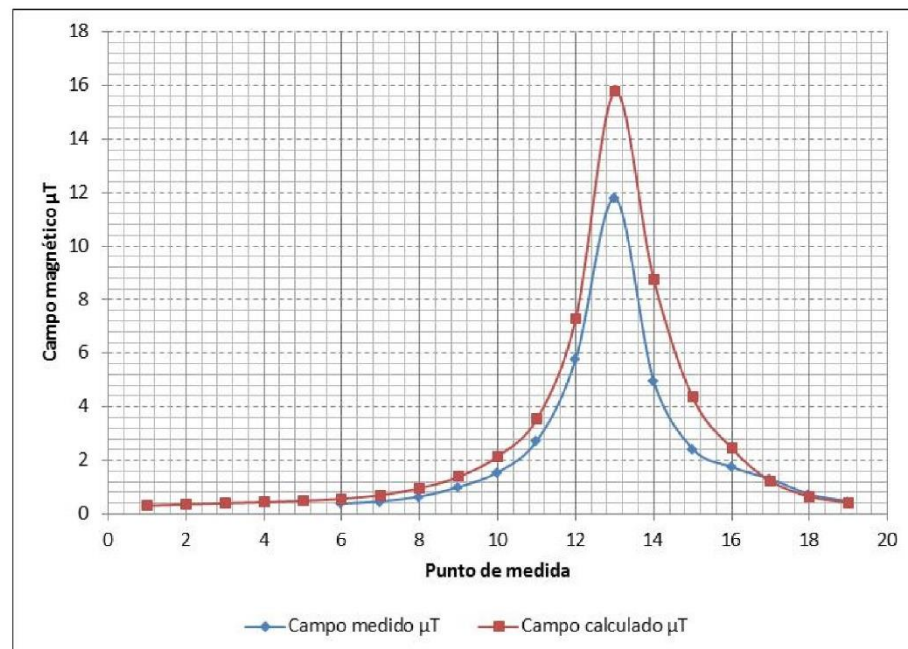


	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

Línea 1. Altura 1,5 m. Valores máximos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8		0,316951363	-0,31695136	100
2	10		0,359261625	-0,35926162	100
3	12		0,400143624	-0,40014362	100
4	14		0,440086023	-0,44008602	100
5	16		0,487826689	-0,48782669	100
6	18	0,387	0,564345696	-0,1773457	31,42501081
7	20	0,473	0,704479401	-0,2314794	32,85822134
8	22	0,6495	0,958622276	-0,30912228	32,24651499
9	24	1,01	1,400598093	-0,39059809	27,88794981
10	26	1,57	2,156629488	-0,58662949	27,20121798
11	28	2,733	3,549064281	-0,81606428	22,99378699
12	30	5,79	7,294725362	-1,50472536	20,62758071
13	32	11,78	15,74808475	-3,96808475	25,19725294
14	34	4,954	8,744273822	-3,79027382	43,34578147
15	36	2,43	4,355128153	-1,92512815	44,20370849
16	38	1,76	2,450498155	-0,69049816	28,17786881
17	40	1,303	1,224322782	0,078677218	6,426182617
18	42	0,737	0,648762597	0,088237403	13,60087704
19	44	0,469	0,419461882	0,049538118	11,80992116

Línea 2. Altura 0,5 m. Valores máximos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,6213	0,87154315	-0,25024315	28,71265181
2	10	1,104	1,62815956	-0,52415956	32,1933779
3	12	1,992	3,05077929	-1,05877929	34,70520773
4	14	2,758	3,747783812	-0,98978381	26,40984277
5	16	2,172	2,794218696	-0,6222187	22,26807433
6	18	1,603	1,950642825	-0,34764283	17,82196211
7	20	1,43	1,72269465	-0,29269465	16,99051253
8	22	1,372	1,653861467	-0,28186147	17,04262856
9	24	1,457	1,599004138	-0,14200414	8,880786173
10	26	1,58	1,728675618	-0,14867562	8,600550401
11	28	2,399	2,56922523	-0,1702252	6,625448823
12	30	3,143	4,367958267	-1,22495827	28,04418431
13	32	4,204	5,754237077	-1,55023708	26,9407926
14	34	3,673	5,439962202	-1,7669622	32,48114851
15	36	2,951	4,284999715	-1,33399971	31,13185072
16	38	2,513	3,45433707	-0,94133707	27,25087481
17	40	1,876	2,039491465	-0,16349146	8,016285806
18	42	1,351	0,966509618	0,384490382	39,78133017
19	44	0,7753	0,605830056	0,169469944	27,97318206

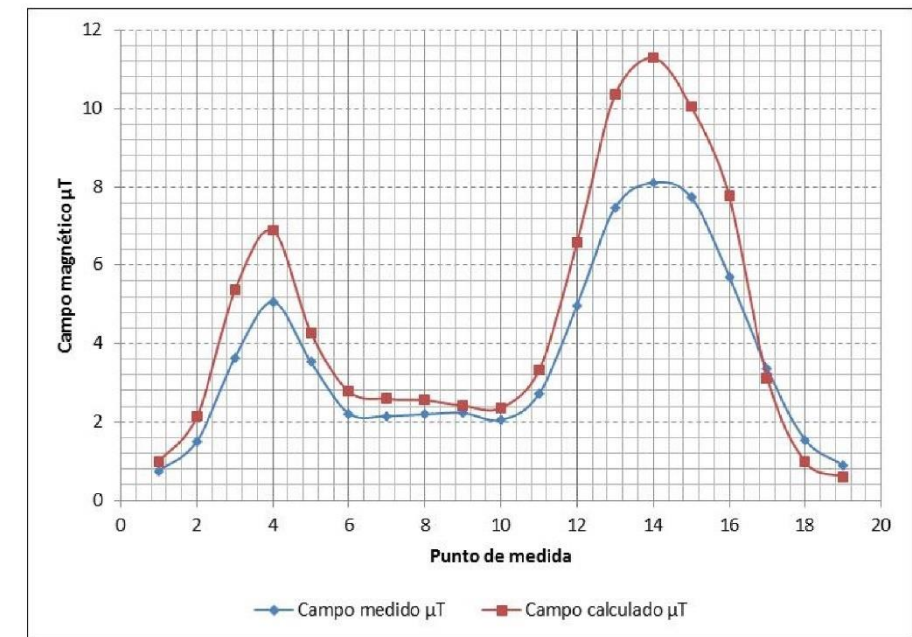
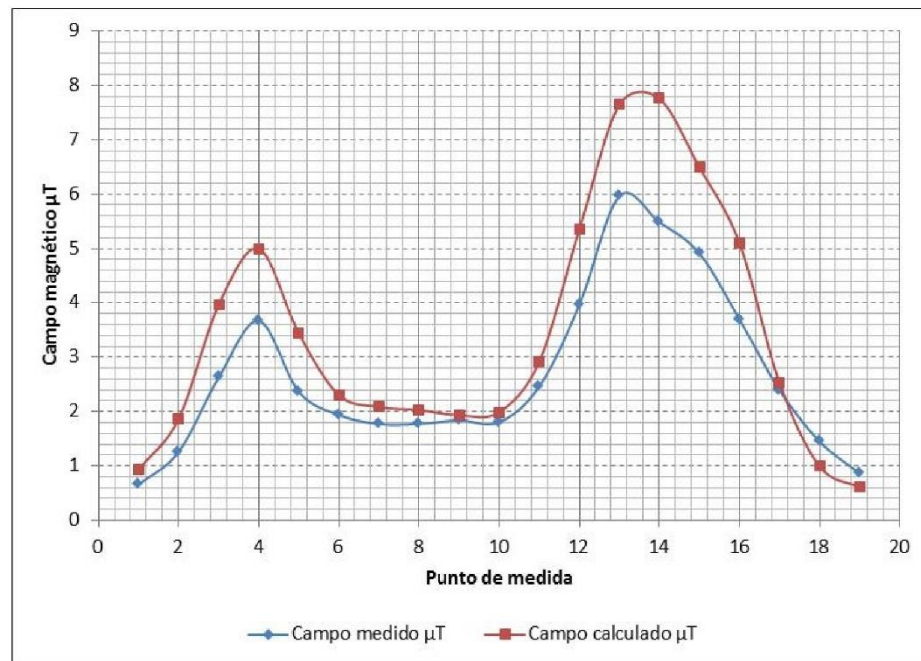


	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

Línea 2. Altura 1 m. Valores máximos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,653	0,931656327	-0,27865633	29,90977667
2	10	1,256	1,867096413	-0,61109641	32,72977275
3	12	2,632	3,967972995	-1,33597299	33,66890341
4	14	3,666	4,997361088	-1,33136109	26,64128257
5	16	2,368	3,440724305	-1,07272431	31,17728158
6	18	1,94	2,307681085	-0,36768109	15,93292452
7	20	1,774	2,087774112	-0,31377411	15,02912171
8	22	1,774	2,029630507	-0,25563051	12,59492828
9	24	1,841	1,935941618	-0,09494162	4,904157063
10	26	1,804	1,990759452	-0,18675945	9,381316857
11	28	2,463	2,916389901	-0,4533899	15,5462718
12	30	3,961	5,350458543	-1,38945854	25,96896194
13	32	5,96	7,647237876	-1,68723788	22,06336331
14	34	5,488	7,763340877	-2,27534088	29,30878488
15	36	4,911	6,487913356	-1,57691336	24,30540097
16	38	3,692	5,097654617	-1,40565462	27,57453619
17	40	2,398	2,531654994	-0,13365499	5,279352612
18	42	1,451	0,99334526	0,45765474	46,07207159
19	44	0,86	0,605838445	0,254161555	41,95203482

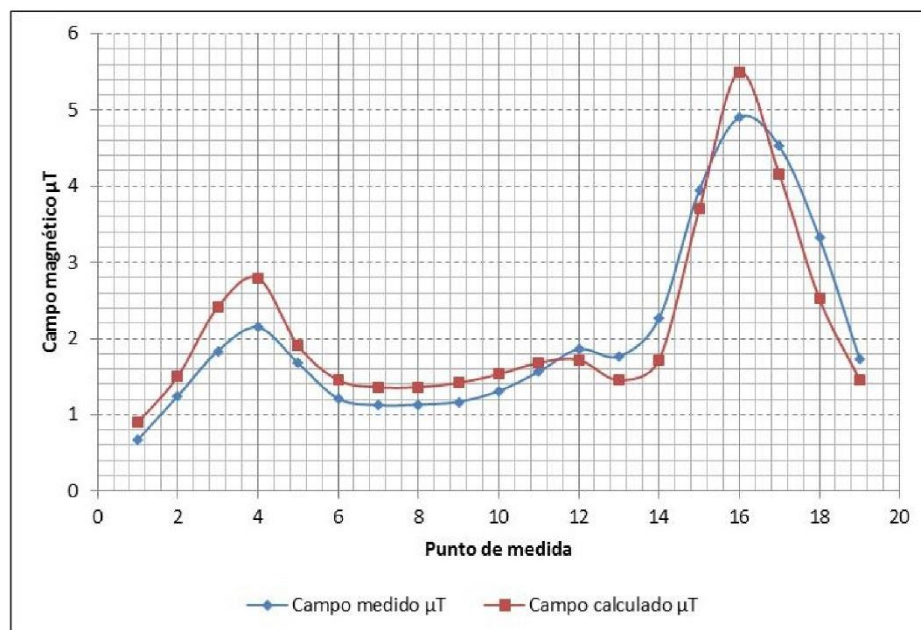
Línea 2. Altura 1,5 m. Valores máximos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,757	0,990061575	-0,23306158	23,54010912
2	10	1,509	2,136994926	-0,62799493	29,38682343
3	12	3,642	5,358284712	-1,71628471	32,03048744
4	14	5,064	6,883389177	-1,81938918	26,43158958
5	16	3,53	4,281813405	-0,7518134	17,55829444
6	18	2,22	2,78079368	-0,56079368	20,16667703
7	20	2,158	2,58980083	-0,43180083	16,67312886
8	22	2,199	2,557113532	-0,35811353	14,00460039
9	24	2,236	2,417706439	-0,18170644	7,51565352
10	26	2,053	2,364094255	-0,31109426	13,15913081
11	28	2,726	3,33130572	-0,60530572	18,17022425
12	30	4,989	6,588748288	-1,59974829	24,2800031
13	32	7,477	10,36054728	-2,88354728	27,83199771
14	34	8,113	11,29777717	-3,18477717	28,18941389
15	36	7,733	10,04057631	-2,30757631	22,98250855
16	38	5,712	7,760398067	-2,04839807	26,39552829
17	40	3,359	3,131017324	0,227982676	7,281424919
18	42	1,546	0,98580517	0,56019483	56,82612008
19	44	0,901	0,598831685	0,302168315	50,45964052



	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

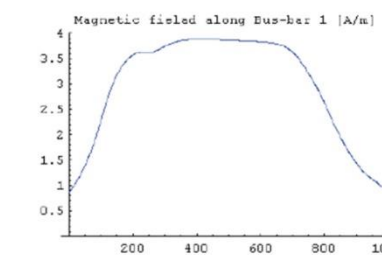
	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

Línea 3. Altura 1 m. Valores máximos de intensidad					
Punto	D. transv. (m)	Campo medido μT	Campo calculado μT	diferencia	diferencia %
1	8	0,6717	0,892903312	-0,22120331	24,77348989
2	10	1,24	1,498637327	-0,25863733	17,25816663
3	12	1,835	2,413097338	-0,57809734	23,95665226
4	14	2,148	2,795455342	-0,64745534	23,16099749
5	16	1,679	1,91142073	-0,23242073	12,15957985
6	18	1,212	1,453976191	-0,24197619	16,64237641
7	20	1,125	1,361300694	-0,23630069	17,35844955
8	22	1,132	1,36295463	-0,23095463	16,94514437
9	24	1,169	1,415736243	-0,24673624	17,42812223
10	26	1,31	1,531371743	-0,22137174	14,45578085
11	28	1,563	1,682384508	-0,11938451	7,096148774
12	30	1,862	1,72023946	0,14176054	8,240744595
13	32	1,766	1,451875398	0,314124602	21,63578238
14	34	2,268	1,720608199	0,547391801	31,81385521
15	36	3,945	3,698496261	0,246503739	6,664971968
16	38	4,903	5,496843028	-0,59384303	10,80334703
17	40	4,527	4,158945916	0,368054084	8,849696321
18	42	3,326	2,524462943	0,801537057	31,75079513
19	44	1,729	1,459890923	0,269109077	18,43350576

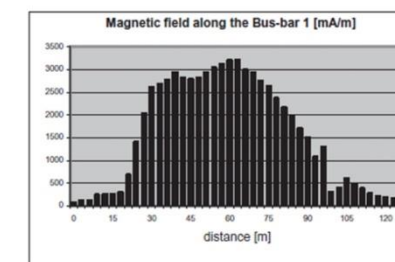


9 VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

Como se puede observar en las gráficas del punto anterior, las discrepancias entre las medidas y los valores simulados por la aplicación están dentro del rango de errores obtenidos por otros autores [1], [2]. Las referencias de estudios existentes son escasas, no por la falta de medidas de campo magnético en instalaciones de alta tensión, sino por la ausencia de herramientas de simulación y cálculo con las que poder realizar la comparación. A modo de ejemplo se incluye el campo calculado y las medidas obtenidas que figuran en la referencia [1]:



(a) analytical computation



(b) experimental measurements

Figure 7: Magnetic field strength distribution along the Bus-bar 1 of the 400 kV Rosiori substation

Figura 18. Comparativa de resultados del artículo referencia [1].

Para explicar las discrepancias entre el campo calculado y campo medido se deben valorar las circunstancias tanto de la medida como del cálculo:

1. La posición de los puntos en la subestación no es exacta. Se han tomado las posiciones mediante cinta métrica y referencias al vallado, ejes de cimentaciones y ejes de calles. Pese a ello se ha comprobado que los resultados varían poco respecto a los valores de posiciones desplazadas tanto en x como en y.
2. El cálculo no tiene en cuenta la presencia de armónicos, que sí se producen en la realidad.
3. Se ha simulado el campo con un mismo estado de carga, cuando el estado de carga durante la medición no siempre es el mismo, aunque sí lo suficientemente constante.

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

4. Se produjo el paso de varios trenes durante la medición, resultando estados de carga mayores durante un breve periodo de tiempo. Su influencia será mayor en las medidas próximas a la línea Renfe-Casetas.
5. El cálculo no tiene en cuenta el campo generado por los cables de baja tensión o por los equipos, sólo por los conductores.
6. Los valores medidos no eran totalmente estables, dependiendo su valor del momento exacto de toma del valor. En futuras medidas se podría mejorar mediante la toma de varias medidas continuas en un mismo punto.

Pese a esas circunstancias, los valores calculados respecto de los valores medidos son cuantitativamente próximos y cualitativamente buenos, con curvas muy similares.

Por otro lado, los valores normales obtenidos en ésta y en otras instalaciones están alejados de los valores límite legales, por lo que los errores presentes no invalidan los resultados de cálculo simulados. Además, en casi todos los puntos el valor medido es inferior al valor calculado, estando por tanto del lado de la seguridad los valores proporcionados por la aplicación.

10 CONCLUSIONES

De las medidas obtenidas en la instalación y su comparación con los valores simulados, podemos concluir que la aplicación desarrollada es válida para la estimación del campo magnético en instalaciones de alta tensión. Por tanto, permite el cálculo del campo magnético según los requerimientos del R.D. 337/2014:

1. En las situaciones de campo magnético más desfavorables. Se puede simular el estado de carga máximo, estado difícilmente alcanzable durante la realización de medidas, dado que el consumo de una instalación no se puede conocer a priori ni modificar según nuestros requerimientos.
2. En instalaciones en proyecto y por tanto sin posibilidad de medida, al no existir la instalación.

11 REFERENCIAS

[1] Mauro Salvadori; Nicola Severino; Davide Capra; Luigi Pedretti "Verification of magnetic field prediction of a 3D computer model on MV/LV substation" 22nd International Conference on Electricity Distribution Stockholm, 10-13 June 2013

[2] C. Munteanu1 V. Topa A. Racasan G. Visan I. T. Pop "Computation Methods and Experimental Measurements of the Electric and Magnetic Field Distribution inside High Voltage Substations" ICEAA '09. International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications, 2009 de IEEE:

	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

12 ANEXOS

	Documento: VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión: 02
	Proyecto:	Autor: D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia: I	Fecha: 06/05/16

12.1 HOJAS DE TOMA DE DATOS DE CAMPO MAGNÉTICO

En este anexo se adjuntan los datos de campo magnético tomados en la instalación.

PUNTO	TIEMPO h/m/s	Campo B (µT)		
		0,5 m.	1 m.	1,5 m.
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

PUNTO	TIEMPO h/m/s	Campo B (µT)		
		0,5 m.	1 m.	1,5 m.
1				
2	11:58		6213 nT	
3	59		1104 nT	
4			21358	
5	12:00		2132	
6			11603	
7	01		11450	
8			11322	
9			1132	
10			1580	
11			21399	
12			31143	
13			4204	
14			31673	
15			21951	
16			21513	
17			11876	
18			11351	
19			71513 nT	
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

PUNTO	TIEMPO h/m/s	Campo B (µT)		
		0,5 m.	1 m.	1,5 m.
1	11:10	2725 nT		
2	11:10/30	24213		
3	11:11	25919		
4	11:11/30	27916		
5	11:12	30616		
6		34416		
7		38215		
8		51216		
9		018811		
10		11294		
11		21167		
12		31752		
13		41985		
14		11849		
15		31026		
16		11435		
17		11401		
18		01860		
19		460 nT		
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				



8 metros

32 metros

LINEA 1			Campo B (µT)		
PUNTO	TIEMPO h/m/s		0,5 m.	1 m.	1,5 m.
1	10:46			234,1	
2	10:47			259,9	
3	10:48			231,8	
4	10:49			304,5	
5	10:50			329,0	
6	10:51			369,8	
7	10:52			428,4	
8	10:53			616,1	
9	10:54			0948, AT	
10	10:55			1'425	
11	10:56			2'418	
12	10:57			4'764	
13	10:58			7'241	
14	10:59			9'048	
15	11:00			2'268	
16	11:01			1'828	
17	11:02			1'787	
18	11:03			3'210 µT	
19	11:04			460,3	
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

8 metros ←
18 metros ←
30 metros ←
40 metros ←
44 m ←

LINEA 2 + 3			Campo B (µT)		
PUNTO	TIEMPO h/m/s		0,5 m.	1 m.	1,5 m.
1	11:46		653 µT		
2	42	30		1255 µT	
3	42	30		2'632	
4	42	30		3'666	
5	48	30		2'368	
6	49	30		1'940	
7	49	30		1'774	
8	50	30		1'804	
9	51	30		2'146,3	
10	51	30		3'161	
11	52	30		5'960	
12	53	30		4'191	
13	53	30		3'692	
14	54	30		2'139,8	
15	54	30		1'451	
16	55	30		0'860	
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

LINEA 3			Campo B (µT)		
PUNTO	TIEMPO h/m/s		0,5 m.	1 m.	1,5 m.
1	12:29			671,7 µT	
2	30	30		1'835	
3	30	30		2'148	
4	31	30		1'679	
5	31	30		1'212	
6	37	30		1'132	
7	37	30		1'169	
8	38	30		1'563	
9	38	30		1'862	
10	38	30		1'266	
11	38	30		2'268	
12	38	30		2'194,5	
13	38	30		4'403	
14	38	30		4'522,7	
15	38	30		3'326	
16	38	30		1'329	
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

11:10/30
11:30
12:30



9/11/2016


LINEA 1			Campo B (µT)		
PUNTO	TIEMPO h/m/s		0,5 m.	1 m.	1,5 m.
1	11:25			387 µT	
2	26	30		475	
3	26	30		649,5	
4	27	30		1010	
5	27	30		1'330,4	
6	28	30		2'733	
7	28	30		5'140	
8	29	30		1'178	
9	29	30		4'954	
10	30	30		2'130	
11	30	30		1'760	
12	31	30		1'303	
13	31	30		737 µT	
14				469	
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

LINEA 2 + 3			Campo B (µT)		
PUNTO	TIEMPO h/m/s		0,5 m.	1 m.	1,5 m.
1	12:11				157 µT
2	12	30			1'504 µT
3	12	30			3'642
4	13	30			5'064
5	13	30			2'150
6	14	30			2'220
7	14	30			2'158
8	15	30			2'199
9	15	30			2'236
10	16	30			2'053
11	16	30			2'726
12	17	30			4'989
13	17	30			4'177
14	18	30			8'133
15	18	30			5'172
16	19	30			3'359
17	19	30			1'546
18	20	30			0'901
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

LINEA 3			Campo B (µT)		
PUNTO	TIEMPO h/m/s		0,5 m.	1 m.	1,5 m.
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

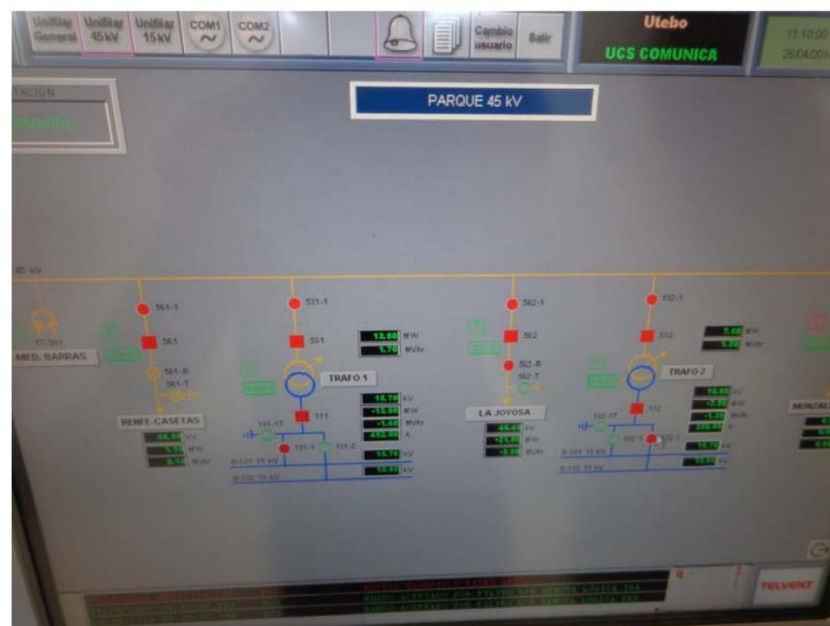


9/11/2016

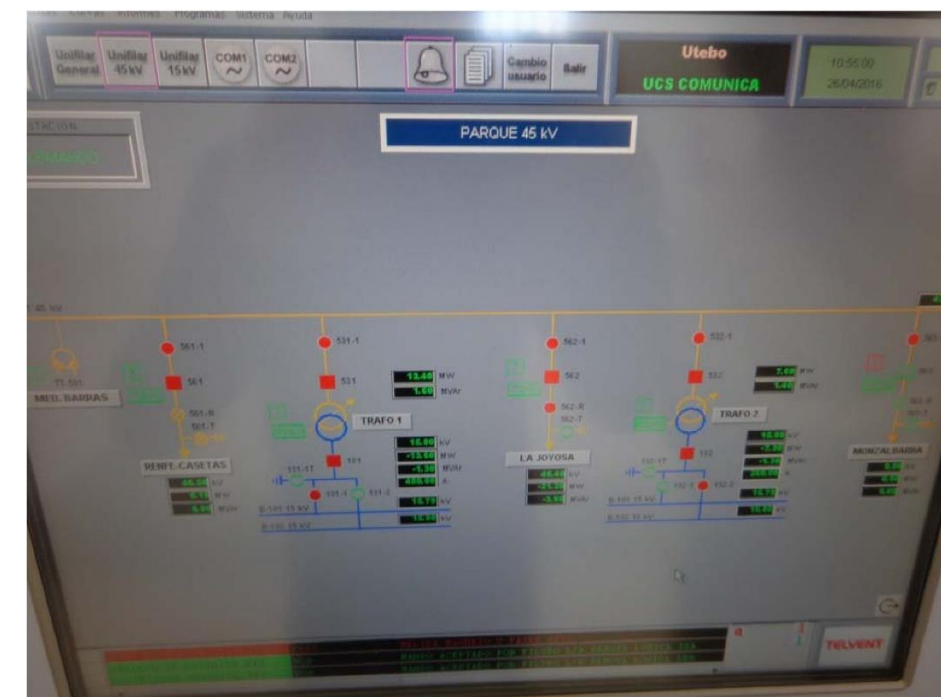
	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16

12.2 HOJAS DE TOMA DE DATOS DE INTENSIDADES

En este anexo se adjunta la hoja de toma de datos de intensidades y ejemplos de las fotografías tomadas a la remota de la instalación.



	Documento:	VALIDACIÓN POR MEDICIÓN DIRECTA	Versión:	02
	Proyecto:		Autor:	D.SMS/C.PP/S.PA
	Referencia:	I	Fecha:	06/05/16





Hardware Option List

Device Spectran NF-5035 Serial No. 44357

The following options are already installed and ready to use.

Hardware Options:	Includes
001	<input checked="" type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no
005	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no
006	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no
008	<input checked="" type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no
009	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no
010	<input type="checkbox"/> yes <input checked="" type="checkbox"/> no

Calibration Documents

Kalibrierschein

Calibration Certificate

Nummer 15-1972

Number

Gegenstand
Item SPECTRAN
EMV-Messgerät

Hersteller
Manufacturer Aaronia AG

Typ
Type NF-5035

Serien Nr.
Serial No. 44357

Auftraggeber
Customer

Dieser Kalibrierschein dokumentiert, dass der genannte Gegenstand nach festgelegten Vorgaben geprüft und gemessen wurde. Die Messwerte lagen im Regelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95% im zugeordneten Werteintervall (Erweiterte Messunsicherheit mit k=2). Die Kalibrierung erfolgte mit Messmitteln und Normalen, die direkt oder indirekt durch Ableitung mittels anerkannter Kalibriertechniken rückgeführt sind auf Normale der PTB/DKD oder anderer nationaler/internationaler Standards zur Darstellung der physikalischen Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Wenn keine Normale existieren, erfolgt die Rückführung auf Bezugsnormale der Aaronia-Laboratorien. Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Kalibrierscheine ohne Signifizierung sind ungültig. Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich. This calibration certificate documents, that the named item is tested and measured against defined specifications. Measurement results are located usually in the corresponding interval with a probability of approx. 95% (coverage factor k=2). Calibration is performed with test equipment and standards directly or indirectly traceable by means of approved calibration techniques to the PTB/DKD or other national / international standards, which realize the physical units of measurement according to the International System of Units (SI). In all cases where no standards are available, measurements are referenced to standards of the Aaronia laboratories. This certificate may not be reproduced other than in full. Calibration certificates without signature are not valid. The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Bestellung Nr.
Order No.

Ort u. Datum der Kalibrierung
Place and date of calibration Strickscheid, 2015-11-13

Umfang der Kalibrierung
Scope of calibration Standart Calibration

Eingangsprüfung
Performance of receipt

Kalibrierergebnis
Result of calibration Measurement results within specifications

Umfang des Kalibrierscheins
Extent of the certificate 6 pages incl. this

Ausstellungsdatum
Date of Issue 2015-11-13

Laborleitung
Head of laboratory Andrea Pietzonka

Bearbeiter
Person responsible Tobias Adams

Aaronia AG - Gewerbegebiet Aaronia AG - DE-54597 Strickscheid
Telefon: 0049(0)6556-93033 - Fax 0049(0)6556-93034
Vorstandsvorsitzender: Stefan Chmielus - Registereintrag: Amtsgericht Wittlich HRB 32462

Alle Messungen basieren auf dem Rohde & Schwarz NRP-Z31 Power Sensor, SN 101650 sowie der Aaronia Helmholtz Spule HHS1 SN ARHS04.

All measurements are based on the Rohde & Schwarz NRP-Z31 Power Sensor, SN101650 and the Aaronia Helmholtz coil HHS1 SN ARHS04

Kalibrieranweisung 1137.6000.01-T-12.00
Calibration instruction

Eingangsdatum 2014-08-07
Date of receipt

Umgebungstemperatur 23 °C (+/-1 °C)
Ambient temperature

Relative Luftfeuchte 20% - 60%
Relative humidity

Gegenstand <i>Item</i>	Typ <i>Type</i>	Serien Nr. <i>Serial number</i>	Kalibrierschein Nr. <i>Certificate number</i>	Kalibr. bis <i>Cal. due</i>
Power Sensor Helmholtz coil	NRP-Z31 HHS1	101650 ARHS04	1137.6000.01-T-12.00 87664	2016-08-07 2016-09-06

Die Konformitätsaussagen berücksichtigen die Messunsicherheiten
Conformity Statements take the measurement uncertainties into account

Anmerkungen
Notes

Installierte Optionen sind in der Kalibrierung enthalten. Je nach installierten Optionen sind die Seitenzahlen der Aufzeichnungen nicht aufeinander folgend.
Installed Options are included in calibration. Depending on installed options, numbers of pages of the record are not consecutive.

SPECTRAN Settings bei Kalibrierung
SPECTRAN-Settings during calibration

Centerfrequenz (Hz)	Atten (dB)	Detec	RBW (Hz)	SPAN (Hz)	DIM	SpTime (ms)
40 - 240	0	RMS	30	30	1D	30000
320 - 640	20	RMS	100	200	1D	10000
960 - 7680	20	RMS	300	600	1D	3000
10240 - 30720	20	RMS	1K	5000	1D	1000
40960 - 983040	20	RMS	3K	20000	1D	1000
[Option 008]						
1310720 - 2621440	20	RMS	3K	20000	1D	1000
3932160 - 15728640	0	RMS	3K	20000	1D	1000
[Option 010]						
20971520 - 31457280	0	RMS	3K	20000	1D	1000

Messergebnisse X-Achse
measurement results X-axis

Erklärung:
 MEAS: Freq. = Hertz
 S-Amp. = Soll Amplitude
 M-Amp. = Mess Amplitude
 S-Amp & M-Amp = Tesla
 Messung fuer Freq. 40.0 ...
 MEAS: Freq.: 40.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.967e-007
 Messung fuer Freq. 60.0 ...
 MEAS: Freq.: 60.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.939e-007
 Messung fuer Freq. 80.0 ...
 MEAS: Freq.: 80.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.958e-007
 Messung fuer Freq. 120.0 ...
 MEAS: Freq.: 120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.964e-007
 Messung fuer Freq. 160.0 ...
 MEAS: Freq.: 160.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.978e-007
 Messung fuer Freq. 240.0 ...
 MEAS: Freq.: 240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.985e-007
 Messung fuer Freq. 320.0 ...
 MEAS: Freq.: 320.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.966e-007
 Messung fuer Freq. 480.0 ...
 MEAS: Freq.: 480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.978e-007
 Messung fuer Freq. 640.0 ...
 MEAS: Freq.: 640.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.994e-007
 Messung fuer Freq. 1280.0 ...
 MEAS: Freq.: 1280.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.010e-007
 Messung fuer Freq. 1920.0 ...
 MEAS: Freq.: 1920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.977e-007
 Messung fuer Freq. 2560.0 ...
 MEAS: Freq.: 2560.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.984e-007
 Messung fuer Freq. 3840.0 ...
 MEAS: Freq.: 3840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.988e-007
 Messung fuer Freq. 5120.0 ...
 MEAS: Freq.: 5120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.988e-007
 Messung fuer Freq. 7680.0 ...
 MEAS: Freq.: 7680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.985e-007
 Messung fuer Freq. 10240.0 ...
 MEAS: Freq.: 10240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.965e-007
 Messung fuer Freq. 15360.0 ...
 MEAS: Freq.: 15360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.951e-007
 Messung fuer Freq. 20480.0 ...
 MEAS: Freq.: 20480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.951e-007
 Messung fuer Freq. 30720.0 ...
 MEAS: Freq.: 30720.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.959e-007
 Messung fuer Freq. 40960.0 ...
 MEAS: Freq.: 40960.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.994e-007
 Messung fuer Freq. 61440.0 ...
 MEAS: Freq.: 61440.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.995e-007
 Messung fuer Freq. 81920.0 ...
 MEAS: Freq.: 81920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007
 Messung fuer Freq. 122880.0 ...
 MEAS: Freq.: 122880.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.997e-007
 Messung fuer Freq. 163840.0 ...
 MEAS: Freq.: 163840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007
 Messung fuer Freq. 245760.0 ...
 MEAS: Freq.: 245760.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007
 Messung fuer Freq. 327680.0 ...
 MEAS: Freq.: 327680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.993e-007
 Messung fuer Freq. 491520.0 ...
 MEAS: Freq.: 491520.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.995e-007
 Messung fuer Freq. 655360.0 ...
 MEAS: Freq.: 655360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.935e-007
 Messung fuer Freq. 983040.0 ...
 MEAS: Freq.: 983040.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.002e-007

Description:
 MEAS: Freq. = Hertz
 S-Amp. = Should be amplitude
 M-Amp. = Measurement amplitude
 S-Amp & M-Amp = Tesla

Messergebnisse Y-Achse
measurement results Y-axis

Erklärung:
 MEAS: Freq. = Hertz
 S-Amp. = Soll Amplitude
 M-Amp. = Mess Amplitude
 S-Amp & M-Amp = Tesla
 Messung fuer Freq. 40.0 ...
 MEAS: Freq.: 40.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.988e-007
 Messung fuer Freq. 60.0 ...
 MEAS: Freq.: 60.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.869e-007
 Messung fuer Freq. 80.0 ...
 MEAS: Freq.: 80.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.973e-007
 Messung fuer Freq. 120.0 ...
 MEAS: Freq.: 120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.983e-007
 Messung fuer Freq. 160.0 ...
 MEAS: Freq.: 160.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.989e-007
 Messung fuer Freq. 240.0 ...
 MEAS: Freq.: 240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.005e-007
 Messung fuer Freq. 320.0 ...
 MEAS: Freq.: 320.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.974e-007
 Messung fuer Freq. 480.0 ...
 MEAS: Freq.: 480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.992e-007
 Messung fuer Freq. 640.0 ...
 MEAS: Freq.: 640.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.001e-007
 Messung fuer Freq. 1280.0 ...
 MEAS: Freq.: 1280.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.017e-007
 Messung fuer Freq. 1920.0 ...
 MEAS: Freq.: 1920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.990e-007
 Messung fuer Freq. 2560.0 ...
 MEAS: Freq.: 2560.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.994e-007
 Messung fuer Freq. 3840.0 ...
 MEAS: Freq.: 3840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.998e-007
 Messung fuer Freq. 5120.0 ...
 MEAS: Freq.: 5120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.997e-007
 Messung fuer Freq. 7680.0 ...
 MEAS: Freq.: 7680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.997e-007
 Messung fuer Freq. 10240.0 ...
 MEAS: Freq.: 10240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.978e-007
 Messung fuer Freq. 15360.0 ...
 MEAS: Freq.: 15360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.963e-007
 Messung fuer Freq. 20480.0 ...
 MEAS: Freq.: 20480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.962e-007
 Messung fuer Freq. 30720.0 ...
 MEAS: Freq.: 30720.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.968e-007
 Messung fuer Freq. 40960.0 ...
 MEAS: Freq.: 40960.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.999e-007
 Messung fuer Freq. 61440.0 ...
 MEAS: Freq.: 61440.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.000e-007
 Messung fuer Freq. 81920.0 ...
 MEAS: Freq.: 81920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.001e-007
 Messung fuer Freq. 122880.0 ...
 MEAS: Freq.: 122880.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.000e-007
 Messung fuer Freq. 163840.0 ...
 MEAS: Freq.: 163840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.003e-007
 Messung fuer Freq. 245760.0 ...
 MEAS: Freq.: 245760.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.001e-007
 Messung fuer Freq. 327680.0 ...
 MEAS: Freq.: 327680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.998e-007
 Messung fuer Freq. 491520.0 ...
 MEAS: Freq.: 491520.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.982e-007
 Messung fuer Freq. 655360.0 ...
 MEAS: Freq.: 655360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.999e-007
 Messung fuer Freq. 983040.0 ...
 MEAS: Freq.: 983040.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.006e-007

Description:
 MEAS: Freq. = Hertz
 S-Amp. = Should be amplitude
 M-Amp. = Measurement amplitude
 S-Amp & M-Amp = Tesla

Messergebnisse Z-Achse
measurement results Z-axis

Erklärung:

MEAS: Freq. = Hertz
S-Amp. = Soll Amplitude
M-Amp. = Mess Amplitude
S-Amp & M-Amp = Tesla

Messung fuer Freq. 40.0 ...
MEAS: Freq.: 40.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.992e-007
Messung fuer Freq. 60.0 ...
MEAS: Freq.: 60.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.879e-007
Messung fuer Freq. 80.0 ...
MEAS: Freq.: 80.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.948e-007
Messung fuer Freq. 120.0 ...
MEAS: Freq.: 120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.965e-007
Messung fuer Freq. 160.0 ...
MEAS: Freq.: 160.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.981e-007
Messung fuer Freq. 240.0 ...
MEAS: Freq.: 240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.989e-007
Messung fuer Freq. 320.0 ...
MEAS: Freq.: 320.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.988e-007
Messung fuer Freq. 480.0 ...
MEAS: Freq.: 480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.979e-007
Messung fuer Freq. 640.0 ...
MEAS: Freq.: 640.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.992e-007
Messung fuer Freq. 1280.0 ...
MEAS: Freq.: 1280.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.004e-007
Messung fuer Freq. 1920.0 ...
MEAS: Freq.: 1920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.963e-007
Messung fuer Freq. 2560.0 ...
MEAS: Freq.: 2560.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.966e-007
Messung fuer Freq. 3840.0 ...
MEAS: Freq.: 3840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.965e-007
Messung fuer Freq. 5120.0 ...
MEAS: Freq.: 5120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.962e-007
Messung fuer Freq. 7680.0 ...
MEAS: Freq.: 7680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.967e-007
Messung fuer Freq. 10240.0 ...
MEAS: Freq.: 10240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.894e-007
Messung fuer Freq. 15360.0 ...
MEAS: Freq.: 15360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.913e-007
Messung fuer Freq. 20480.0 ...
MEAS: Freq.: 20480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.934e-007
Messung fuer Freq. 30720.0 ...
MEAS: Freq.: 30720.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.950e-007
Messung fuer Freq. 40960.0 ...
MEAS: Freq.: 40960.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.994e-007
Messung fuer Freq. 61440.0 ...
MEAS: Freq.: 61440.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.994e-007
Messung fuer Freq. 81920.0 ...
MEAS: Freq.: 81920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.994e-007
Messung fuer Freq. 122880.0 ...
MEAS: Freq.: 122880.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.995e-007
Messung fuer Freq. 163840.0 ...
MEAS: Freq.: 163840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.995e-007
Messung fuer Freq. 245760.0 ...
MEAS: Freq.: 245760.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007
Messung fuer Freq. 327680.0 ...
MEAS: Freq.: 327680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.995e-007
Messung fuer Freq. 491520.0 ...
MEAS: Freq.: 491520.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.016e-007
Messung fuer Freq. 655360.0 ...
MEAS: Freq.: 655360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.112e-007
Messung fuer Freq. 983040.0 ...
MEAS: Freq.: 983040.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.991e-007

Description:

MEAS: Freq. = Hertz
S-Amp. = Should be amplitude
M-Amp. = Measurement amplitude
S-Amp & M-Amp = Tesla



Avenida Ranillas, Edificio Dinamiza, 3D, Planta 1
50018 Zaragoza
Tel.: 976 976 859
e-mail: circe@fcirce.es