

# **AMPLIACION DE LA ESTACION TRANSFORMADORA PUERTO MADRYN 500/132 KV - TRANSENER**



**ANALISIS DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS DE BAJA  
FRECUENCIA ORIGINADOS POR LA AMPLIACION DE LA ESTACION  
TRANSFORMADORA PUERTO MADRYN 500 / 132 KV**

**Agosto 2021**

**ANÁLISIS DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS DE BAJA FRECUENCIA ORIGINADOS POR LA  
AMPLIACION DE LA ESTACION TRANSFORMADORA PUERTO MADRYN 500 / 132 KV**

**Índice**

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	MARCO LEGAL APLICABLE-LÍMITES ADMISIBLES.....	4
3.	AREA PERIMETRAL AFECTADA POR LA AMPLIACION .....	4
4.	ANALISIS DE LAS MEDICIONES EXISTENTES.....	5
4.2.	NIVELES DE CAMPO ELECTRICO MEDIDOS .....	6
4.2.	NIVELES DE CAMPO MAGNETICO MEDIDOS .....	7
5.	ESTIMACION DEL CAMPO ELECTRICO EN PERIMETRO DE LA ETPY .....	8
6.	ESTIMACION DEL CAMPO MAGNÉTICO.....	9
7.	CONCLUSIONES.....	12
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12

**ANÁLISIS DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS DE BAJA FRECUENCIA ORIGINADOS POR LA  
AMPLIACION DE LA ESTACION TRANSFORMADORA PUERTO MADRYN 500 / 132 KV**

**1. INTRODUCCIÓN**

El presente informe contiene el análisis, durante la etapa de operación, de los campos electromagnéticos de baja frecuencia producido por las nuevas instalaciones de ampliación de la Estación Transformadora Puerto Madryn que compren la instalación de un nuevo Banco de Transformadores 500/132/34.5 kV 600 MVA, duplicando la capacidad instalada 500/132 kV de la Estación Transformadora y que permite evacuar sin restricciones la potencia total del Parque Eólico Loma Blanca VI.

Uno de los aspectos más importantes desde la óptica ambiental son los efectos electromagnéticos originados sobre el medio ambiente por las instalaciones eléctricas de alta y media tensión. Particularmente se evalúan en el presente Estudio las intensidades de campo eléctrico, inducción magnética y los niveles de ruido audible e interferencia electromagnética en caso de presencia de efecto corona, en el marco de la Resolución 77/98 de la Secretaría de Energía sobre la zona afectada por el Proyecto de Ampliación de la Estación Transformadora Puerto Madryn.

Los cálculos para estimar los niveles de polución electromagnética han sido realizados utilizando programas "ad hoc" desarrollados por ICONO srl que permiten determinar los niveles de campos eléctricos, radiointerferencia y ruido audible por efecto corona y además el ruido originado por equipos en subestaciones y para campos magnéticos desarrollados por el IITREE. Los resultados de estos programas han sido validados con resultados disponibles de la literatura declarada en la Referencias del presente informe y a través de mediciones de campo oportunamente realizadas.

La zona donde se calculan los niveles de campo eléctrico y magnético es aquella identificada como la de potencial acceso público que es la adyacente al cerco perimetral mas cercano al área donde se materializará la ampliación en 500 kV y 132 kV de la Estación Transformadora Puerto Madryn. Por otra parte es de destacar que el lado opuesto que corre paralelo la Ruta Nacional Nº 3, la Ampliación a realizar no tendrá efectos adicionales por la distancia a la que se encuentra.

Por otra parte es importante resaltar que la zona está altamente polucionada por los campos electromagnéticos de la instalaciones existentes en 500 kV, 330 kV y 132 kV motivado que dicha Estación Transformadora conforma un de los Nodos más importantes de la Patagonia para evacuar toda la potencia

eólica de la región por el corredor de 500 kV existente entre Puerto Madryn y Choele Choel y convergen 1 línea de 330 kV que la vincula con la Estación Transformadora Puerto Madryn 330/132 kV que opera y mantiene TRANSPA a otro lado de la Ruta N° 3, y dos Líneas de 500 KV que la vincula con la Estación Transformadora Choele Choel y la Estación Transformadora Santa Cruz Norte. Sin embargo como se desprende del presente estudio la Ampliación en Proyecto no modifica significativamente los niveles existentes en el perímetro de la ET.

## 2. MARCO LEGAL APLICABLE-LÍMITES ADMISIBLES

Los límites admisibles para campos de baja frecuencia, efecto corona y ruido audible se encuentran establecidos en la Resolución 77/98 de la Secretaría de Energía.

En el punto 4.1 del Anexo I de la normativa indicada se establece que el valor límite superior de **Campo Eléctrico** no perturbado, para líneas en condiciones de tensión nominal y conductor a temperatura máxima anual, es 3 KV/m en el borde de la franja de servidumbre y fuera de ella a 1.0 m del suelo. Valor adoptado también para las verificaciones realizadas en el perímetro de la Estación Transformadora adoptada para la Ampliación.

En el punto 4.2 de la normativa indicada se fija para la inducción magnética del **Campo Magnético** para líneas en condiciones de máxima carga definida por el límite térmico de los conductores: DOSCIENTOS CINCUENTA MILI GAUSSIOS (250 mG) o 25  $\mu$ Tesla, en el borde de la franja de servidumbre, fuera de ella y en el borde perimetral de las subestaciones, medido a UN METRO (1) del nivel del suelo.

## 3. AREA PERIMETRAL AFECTADA POR LA AMPLIACION

Es importante resaltar que el área externa afectada más significativamente por la Ampliación desde el enfoque de campos electromagnéticos, es la zona entre el "cerco rural" de la propiedad privada y el cerco olímpico readequado de por el Proyecto de Ampliación de la Estación Transformadora del perímetro. Esta zona no posee acometidas de líneas de 500, 330 ni 132 kV que se encuentran en otras áreas tal como se puede observar en el plano de Planta de la Figura N° 1. Por lo tanto se puede inferir a priori, que desde el punto de la polución electromagnética en dicha zona, el mayor efecto lo originan las barras de 500 kV y 132 kV ampliadas para vincular el nuevo banco de transformadores de 3x200 MVA (600 MVA), siendo las primeras las dominantes por su distancia la cerco perimetral.

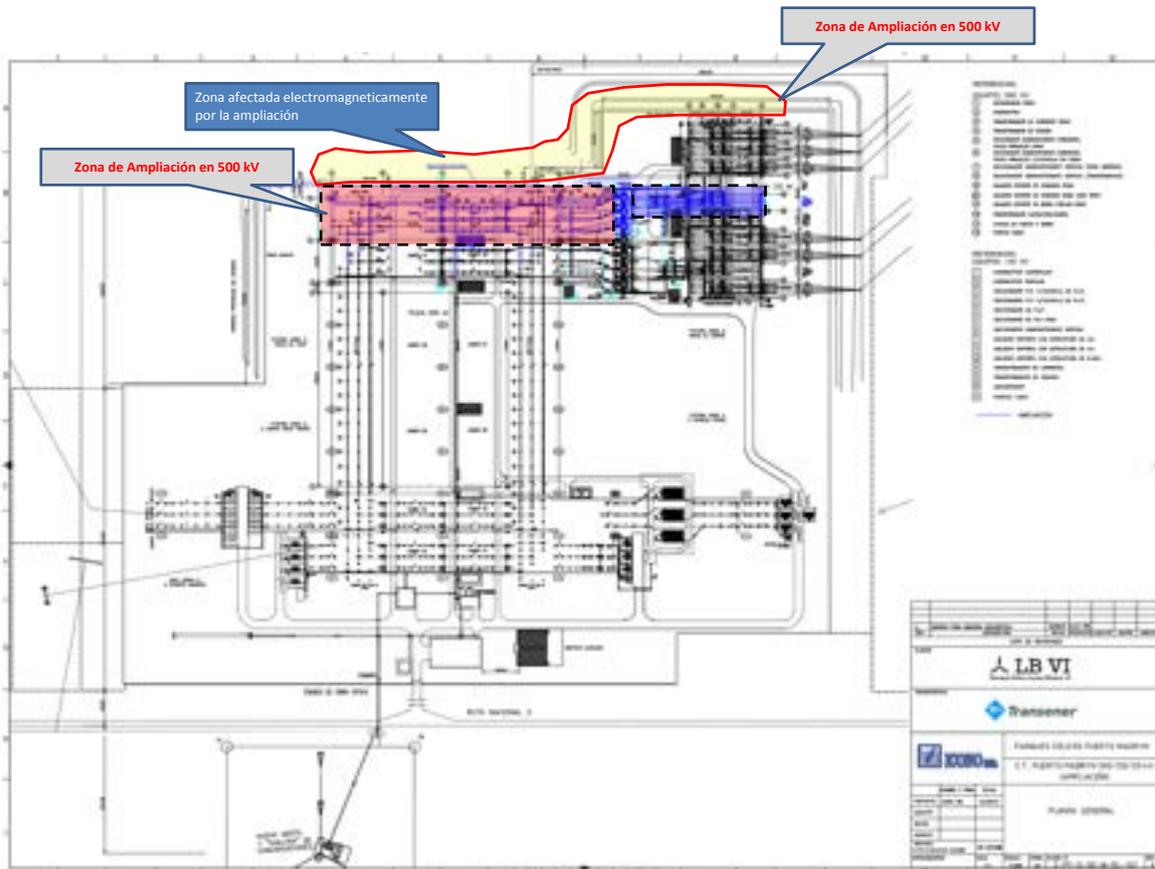


Figura Nº 1

#### 4. ANALISIS DE LAS MEDICIONES EXISTENTES

En esta sección se realiza un análisis de las mediciones de base existentes, fundamentalmente de campo eléctrico y campo magnético.

En la Figura Nº 2 se observan las mediciones realizadas oportunamente por el LAT del IITREE [1] y cuyo Protocolo se adjunta como Apéndice 1 al presente informe.

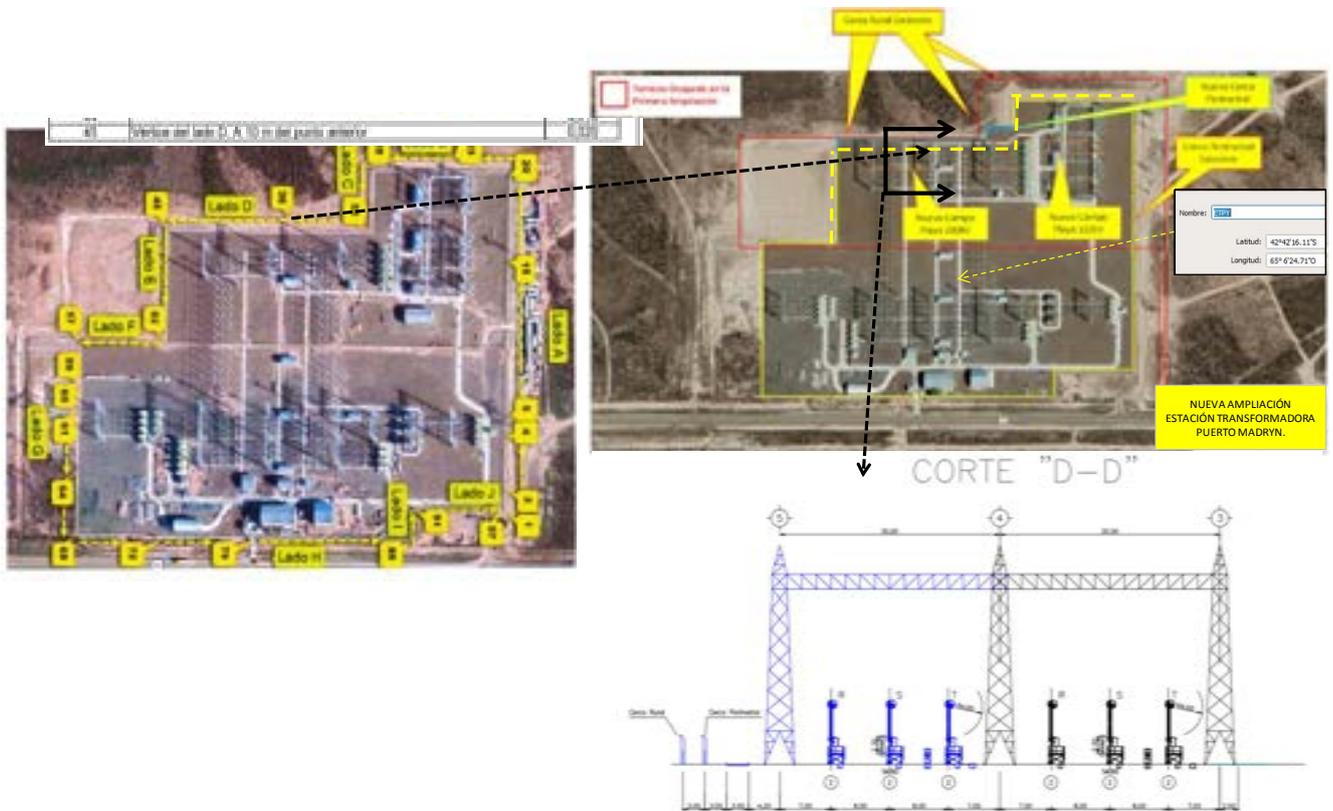


Figura Nº 2

En la Figura Nº 2 se ha correlacionado la zona de mediciones de CEM realizadas por el IITREE donde se puede observar que el Lado D donde se ha medido queda dentro de la zona a ampliar, dado que se corre el cerco perimetral para permitir la Ampliación y el resto de los Lados donde se ha medido siguen vigentes dado que el cerco perimetral existente de la Estación Transformadora no se modifica.

En la misma Figura Nº 2 también se muestra un corte que incluye ambos campos de 500 kV, el del Banco Transformador de 600 MVA existente y el del nuevo a instalar por el Proyecto de Ampliación en curso. En el mismo se puede observar las distancias relativas al cerco rural y al cerco perimetral que define la zona de evaluación de la polución electromagnética.

#### 4.2. NIVELES DE CAMPO ELECTRICO MEDIDOS

De acuerdo al protocolo de medición los niveles de campo eléctrico medidos sobre el lado D corresponden a los puntos desde el 33 al 45 y que se muestran en la Figura Nº 3.

MEDICIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES - Rev. ENRE N° 566/91		FORMULARIO N°
AGENTE: Siemens S. A.	Período:	Hoja 36
CAMPO ELÉCTRICO - ( Rev. ENRE N° 1734/98 y Rev. SE 77/98 )		
<b>4. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN</b>		
<b>4.1. Condiciones Ambientales</b>		
4.1.1. Temperatura (°C)	11	
4.1.2. H.R.A. (%)	53	
4.1.3. Presión Atmosférica (hPa)	1018	
<b>4.2. Condiciones de carga</b>		
4.2.1. Potencia Actual (MW)	Línea 132 kV (Campo 03)	102 MW
	Línea 132 kV (Campo 04)	102,5 MW
	Plta Madryn - Santa Cruz Norte 500 kV	100 MW
	Plta Madryn - Chocho Chocul 500 kV	15 MW
	N. P. Madryn - P. Madryn 330 kV	120 MW
<b>4.3. Puntos de medición</b>		
Lado C (distancia entre puntos: 20 metros)		
Punto según gráfico	Referencia	kV/m
29		0,227
30		0,248
31		0,100
32	Vértice de lado C. A 10 m del punto anterior	0,000
Lado D (distancia entre puntos: 20 metros)		
Punto según gráfico	Referencia	kV/m
33		0,215
34		0,307
35		0,457
36		0,501
37		0,457
38		0,361
39		0,350
40		0,435
41		0,300
42		0,118
43		0,042
44		0,019
45	Vértice del lado D. A 10 m del punto anterior	0,000

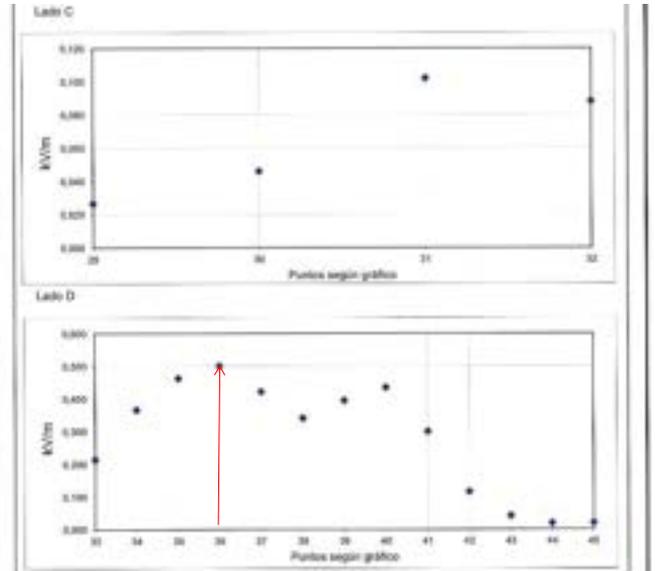


Figura N° 2-Fuente referencia [1]

Como puede observarse el valor máximo medido es de 0.5 kV/m << 3 kV/m establecido por la normativa vigente.

#### 4.2. NIVELES DE CAMPO MAGNETICO MEDIDOS

De acuerdo al protocolo de medición los niveles de campo magnético medidos sobre el lado D corresponden a los puntos desde el 33 al 45 y que se muestran en la Figura N° 3.

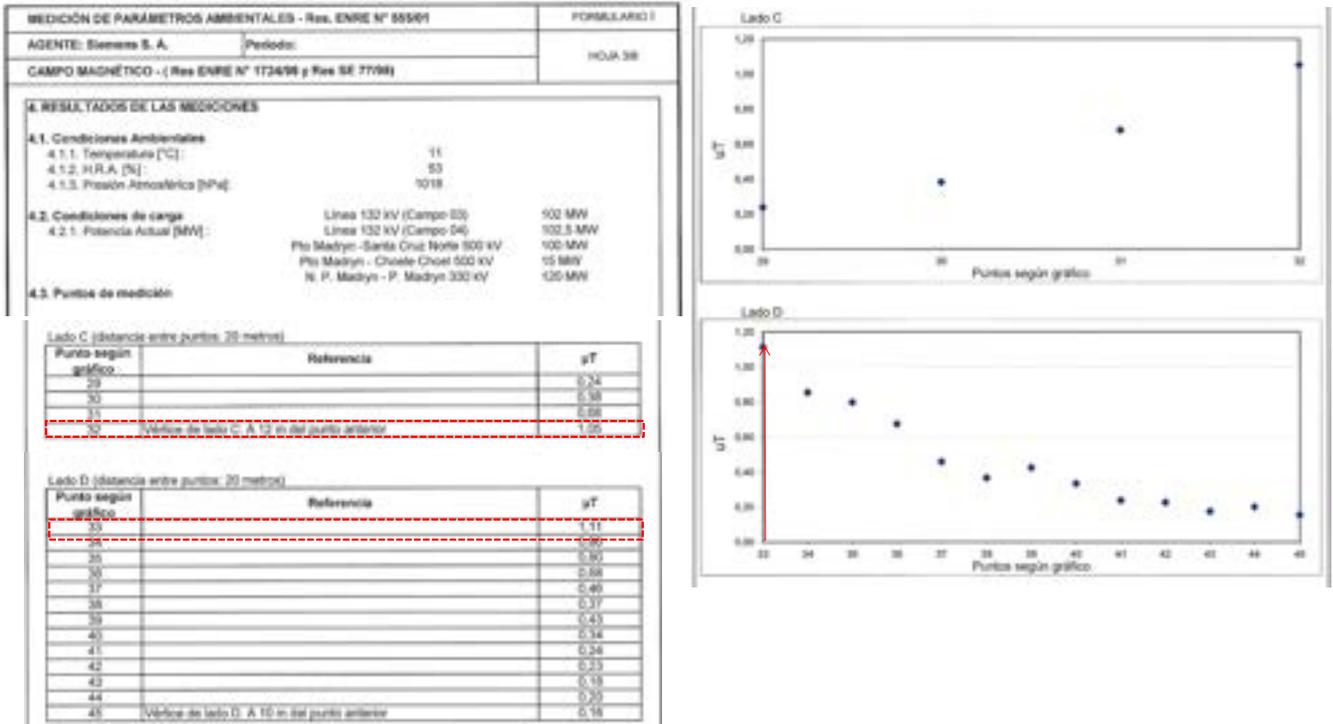


Figura Nº 3-Fuente referencia [1]

Como puede observarse el valor máximo medido es de 1.11  $\mu$ Tesla  $\ll$  25  $\mu$ Tesla establecido por la normativa vigente. Aunque si se debe resaltar que la potencia máxima operada en el momento de las mediciones era del orden de los 210 MVA en el Banco Transformador de 600 MVA existente por lo que si se lo escala a 600 MVA el incremento esperado del CM sería aproximadamente de 3.2 $\mu$ Tesla, significativamente inferior al límite de 25  $\mu$ Tesla establecido en la Resolución 77/98.

## 5. ESTIMACION DEL CAMPO ELECTRICO EN PERIMETRO DE LA ETPY

La porción del perímetro de la Estación Transformadora influenciado por la Ampliación es la que se remarca en la Figura Nº 1.

En esa zona el Campo Eléctrico calculado sin tener en cuenta el efecto de apantallamiento que le origina el cerco perimetral metálico puesta a tierra de la instalación es el que se ilustra en la Figura Nº 4.

El Campo Eléctrico Total (E kV/m) calculado en base a la Metodología de la referencia [2] arroja un valor conservador del nivel E, es decir que los valores esperados una vez en servicio la Ampliación resultarán inferiores al valor estimado por cálculo.

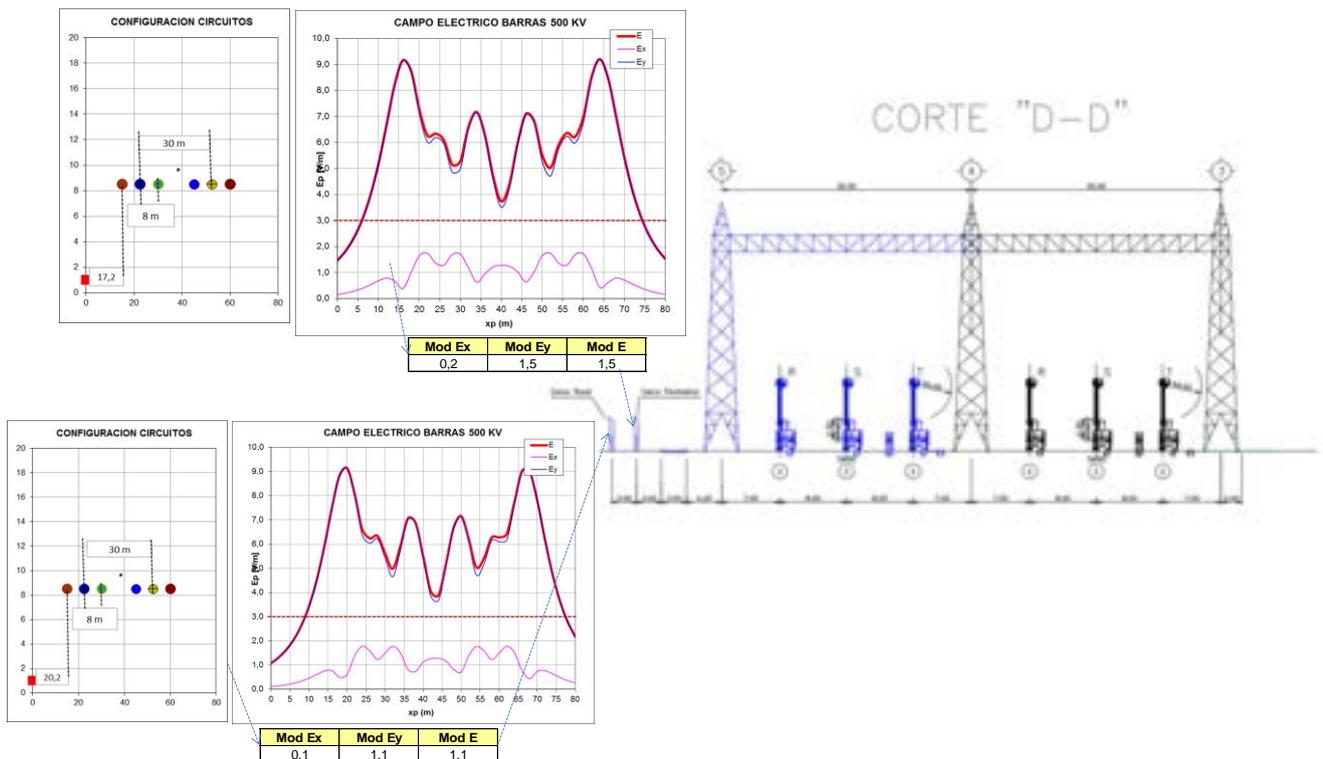


Figura Nº 3

Se puede observar que el campo eléctrico es inferior a los 3 kV/m y recién alcanza este valor límite calculado aproximadamente entre el camino interno de la Estación Transformadora y la estructura metálica de la pata del Pórtico ampliado, lo cual es admisible para el interior de la ETPY operada por TRANSENER. Por supuesto, considerando ahora que el cerco perimetral metálico será puesto a tierra efectivamente y vinculado a la malla de puesta a tierra de la Estación Transformadora, el campo Eléctrico resultante resultará nulo.

## 6. ESTIMACION DEL CAMPO MAGNÉTICO

En el presente punto se estiman los niveles de campo magnético inducidos en el área perimetral de la Estación Transformadora más afectada por la Ampliación por las líneas de 500 kV del proyecto, calculadas con una potencia máxima de 600 MVA por Banco de Transformadores (actual más existente).

La Estimación haciendo uso del Modelo implementado por ICONO srl en un programa "ad hoc" basado en la referencia [14], el cual arroja valores conservadores y que ha sido validado con mediciones de campo realizadas en 500 kV y 132 kV.

En esa zona el Campo Magnético máximo estimado es el que se ilustra en la Figura Nº 4.

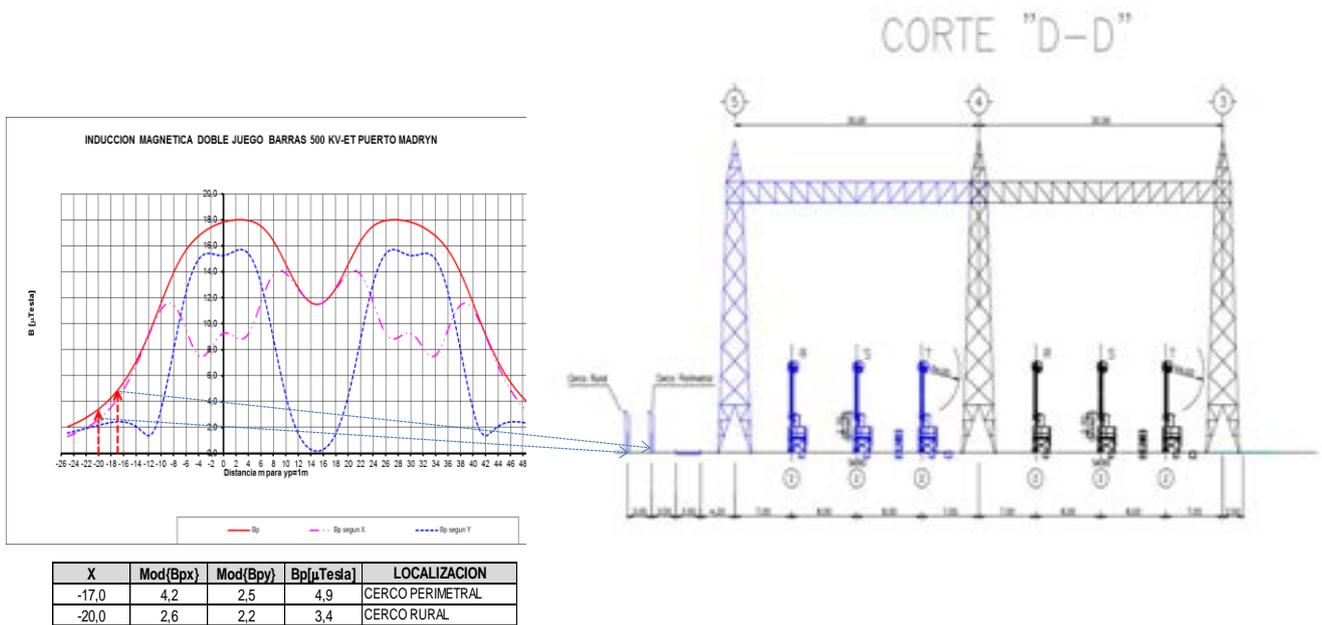


Figura Nº 4

El Campo Magnético Total ( $B \mu\text{Tesla}$ ) calculado en base a la Metodología de la referencia [14] arroja un valor conservador que no supera los  $5 \mu\text{Tesla}$  en cercanías del cerco perimetral decreciendo a  $3.4 \mu\text{Tesla}$  en cercanías del cerco rural considerando plena potencia por cada Banco Transformador de 500/132 kV 600 MVA (existente más el nuevo a instalar).

En el Apéndice 2 se adjunta un Estudio detallado del Campo Magnético realizado por el IITREE sobre el perímetro de la Estación transformadora donde los valores obtenidos, con un modelamiento de mayor detalle en 3D, también resultan inferiores a los límites admisibles sobre la zona afectada por la Ampliación. En el mismo se ha denominado T3 al nuevo banco de transformación 500/132 kV 600 MVA, T2 y T1 a los existentes de 500/132 kV 600 MVA y 330/132 kV 450 MVA respectivamente.

En la Figura Nº 5 se ilustran los Perfiles de cálculo adoptados por el ITREE para el perímetro de la Estación transformadora.

En la Tabla Nº 1 se resumen los resultados en cada perfil analizado correspondiendo los numerados cómo 7, 8 y 9 a los más afectados por la Ampliación, resultando niveles de campo magnético inferiores a los  $25 \mu\text{Tesla}$ .

Obsérvese que se formularon cuatro (4) Casos de análisis donde el más desfavorable es el Caso 2 donde el Campo Máximo alcanza en un punto  $10.9 \mu\text{Tesla}$  (Punto 9 del Perfil), pero considera que las barras de 500 kV

se encuentran en el límite térmico de 3314 Amper. Cuando la corriente por cada Transformador en 500 kV estará en el orden de los 700 Amper en operación a máxima carga, en ese caso el campo magnético caerá a 2.2  $\mu$ Tesla.

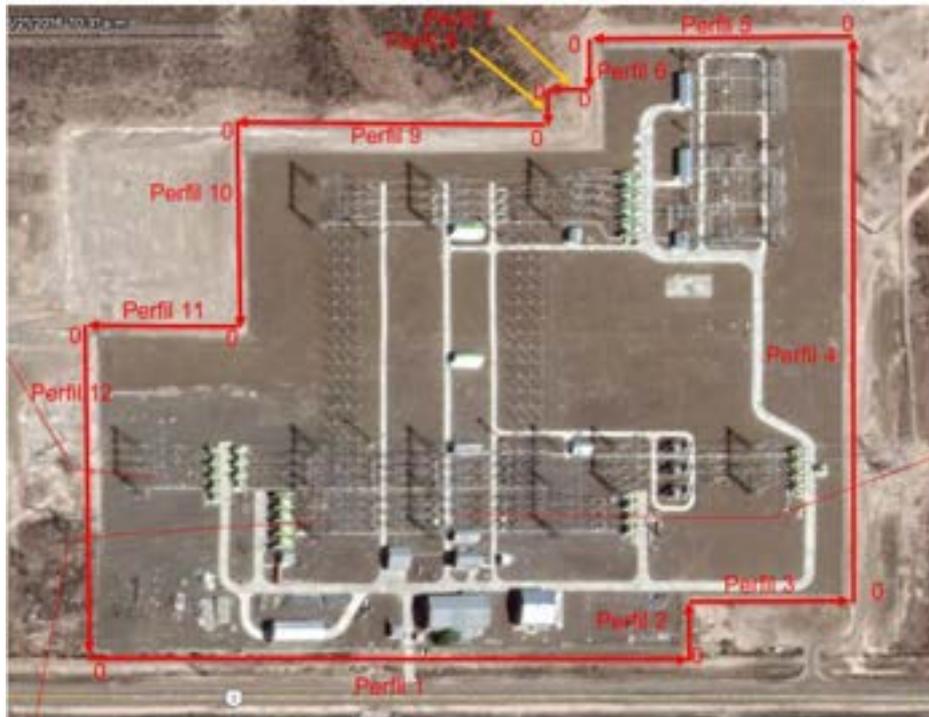


Figura N° 5. Fuente Figura 10 del Informe del IITREE adjunto como Apéndice 2  
Tabla N° 1. Fuente Tabla N° IV del Informe del IITREE adjunto como Apéndice 2

Perfil [ $\mu$ T]	Caso			
	1	2	3	4
1	2,85	2,85	2,85	2,85
2	1,30	1,35	0,40	0,45
3	1,40	1,41	0,43	0,45
4	23,0	23,0	7,0	7,0
5	3,80	4,00	2,45	2,60
6	1,40	6,20	0,45	1,75
7	1,40	6,20	0,45	1,75
8	2,20	10,30	0,40	2,20
9	2,20	10,90	0,40	2,20
10	3,50	3,60	0,35	0,40
11	3,50	3,60	0,35	0,40
12	29,0	29,0	8,0	8,0

## 7. CONCLUSIONES

De los resultados de las estimaciones realizadas por cálculo, bajo los supuestos adoptados, y del análisis de los antecedentes de mediciones existentes para todos los parámetros electromagnéticos ambientales analizados en el presente documento, el perímetro identificado como el más afectado por la Ampliación de la Estación Transformadora Puerto Madryn tendrá niveles de campo eléctrico y magnético por debajo de los límites admisibles establecidos en la Normativa vigente en Argentina.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IITREEE-LAT. Informe de Laboratorio IL-06-19. Mediciones Ambientales Electromagnéticas en el Area de Influencia de la ET Puerto Madryn 500 kV. Octubre 2019.
- [2] Electric Power Research Institute. Transmission Line Reference Book, 345 kV and Above / Second Edition Revised. California. 1982.
- [3] Peek, F. Dielectric Phenomena in High Voltage Engineering. McGraw-Hill. New York. 1929.
- [4] IEEE Std. 656. "IEEE Standard Procedures for Measurement of Audible Noise from Overhead Transmission Lines". 1992.
- [5] IEEE Std. 644. "IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines". 1994.
- [6] IEEE Std. 539. "IEEE Standard Definitions of Term Relating to Corona and Field Effects of Overhead Power Lines".1990.
- [7] IEEE Corona and Field Effects Subcommittee Report Radio Noise Working Group, "A Survey of Methods for Calculating Transmission Line conductor Surface Voltage Gradients". IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. Vol. 1. No.6. USA. 1979.
- [8] ANSI/IEEE Std. 430. "IEEE Standard Procedures for the Measurement of Radio Noise from Overhead Power Lines and Substations". 1986.
- [9] N. H. Malik, "A review of the charge simulation method and its application", IEEE Trans. Electrical Insulation Vol. 24, February 1989.

 <b>ICONO SRL</b> Tel: (0291) 4555484 - info@iconosrl.com.ar	<b>Estudio de Campos Electromagnéticos de Baja Frecuencia</b>	 Parque Eólico Loma Blanca VI	
<b>Doc: PELBVI-IA- 3300-08/21</b>		<b>FECHA: Agosto 2021</b>	<b>REV: A1</b>
		<b>Página: 13 de 12</b>	

[10] IEEE, "Magnetic Field from Electric Power Lines-Theory and Comparison Measurements", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 3, Nº 4, October 1988.

[11] IEEE Subcommittee Report, "A comparison of methods for calculating audible noise of high voltage transmission lines", IEEE Trans. PAS. Vol.101, Nº 10, October 1982, pp.4090-4099

[12] IEEE Radio Noise Subcommittee, "Comparison of radio noise predictions methods with CIGRE/IEEE survey results", IEEE Trans. PAS Vol.92, May/June, 1973.

[13] IEEE Subcommittee, "Review of Technical Consideration on Limit to Interference from Power Lines and Stations", IEEE Trans. PAS Vol. 99, Jan/Feb, 1980, P. 365-388.

[14] Guillermo E. Alonso. Profesor de la Cátedra de Transmisión y Distribución II del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras (DIEC) de la Universidad Nacional del Sur (UNS). Trabajo Final del curso de Posgrado. Implementación de un programa de cálculo de campo Eléctrico y Magnético en Excel y MatLab y validaciones de campo mediante mediciones. Director Magister Alberto Carlos Alvarez, Profesor Titular, Curso de Pos Grado Campos Eléctricos y Magnéticos en Líneas Trifásicas de Transmisión de Energía. DIEC. UNS. Bahía Blanca. Buenos Aires Argentina. 2004.

[15] CIGRE Working Group C4.204. Mitigation Techniques of Power-Frequency Magnetic Fields Originated from Electric Power Systems. February 2009

[16] CIGRE Working Group C3.19. Responsible management of electric and magnetic fields (EMF). June 2020

# **AMPLIACION DE LA ESTACION TRANSFORMADORA PUERTO MADRYN 500/132 KV - TRANSENER**



1

**ANALISIS DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS DE BAJA FRECUENCIA ORIGINADOS POR LA  
AMPLIACION DE LA ESTACION TRANSFORMADORA PUERTO MADRYN 500 / 132 KV**

## **APENDICE 1**

**IITREEE-LAT. Informe de Laboratorio IL-06-19. Mediciones Ambientales  
Electromagnéticas en el Area de Influencia de la ET Puerto Madryn 500 kV**

**Agosto 2021**



**Solicitado por:** Siemens S. A.  
**Referencia:** Orden de compra N° 4500571549  
**Representante:** Ing. Ariel Eduardo Schwindt

**INFORME DE LABORATORIO**

**Realizado por:** Ing. Fernando Issouribehere  
Ing. Pablo Leibovich

**Dirigido por:** Ing. Fernando Issouribehere

**Dirección IITREE:** Ing. Patricia Arnera

**Participaron:** Ing. María Emilia Moyano (Siemens)

**Tipo-N°:** IL-060-19

**Fecha:** Octubre de 2019

**Hojas:** 5

**Anexos:** I a II

Hoja 1

**Tema:** **MEDICIONES AMBIENTALES ELECTROMAGNÉTICAS EN EL  
ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ET PUERTO MADRYN DE 500 KV**

**Resumen:**

*En este Informe se presentan los resultados de las mediciones de Campo Eléctrico, Campo Magnético, Ruido Audible y Radio Interferencia, realizadas el día 22 de Octubre de 2019 en la Estación Transformadora Puerto Madryn de 500 kV, perteneciente a la empresa Transener S. A., situada en las inmediaciones de la ciudad de Puerto Madryn, provincia de Chubut, Argentina.*



## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2. EQUIPOS DE MEDICIÓN</b>	<b>3</b>
2.1. Campo Eléctrico	3
2.2. Campo Magnético	3
2.3. Radio Interferencia	3
2.4. Ruido Audible	3
<b>3. MEDICIONES REALIZADAS</b>	<b>4</b>
3.1. Campo Eléctrico	4
3.2. Campo Magnético	4
3.3. Radio Interferencia	4
3.4. Ruido Audible	5
<b>4. REFERENCIAS</b>	<b>6</b>
<b>ANEXO I</b> Planilla de Mediciones (Cantidad de páginas: 2)	
<b>ANEXO II</b> Certificados de Calibración (Cantidad de páginas: 2)	



## 1. INTRODUCCIÓN

A solicitud de Siemens S. A., el día 22 de Octubre de 2019, se realizaron mediciones de Campo Eléctrico, Campo Magnético, Radio Interferencia y Ruido Audible en el perímetro de la Estación Transformadora Puerto Madryn de 500 kV.

El predio correspondiente a la Estación Transformadora Puerto Madryn de 500 kV se encuentra ubicado en la localidad de Puerto Madryn, Provincia de Chubut.

Coordenadas: Latitud: 42° 42' 16" Sur, Longitud: 65° 6' 18" Oeste.

## 2. EQUIPOS DE MEDICIÓN

Los equipos de medición son propiedad del IITREE-LAT y se encuentran calibrados en laboratorio mediante patrones referidos a estándares internacionales como se indica en las secciones siguientes.

### 2.1. Campo Eléctrico

- Analizador de campo eléctrico y magnético, marca Narda, modelo EFA-300.
- Sensor de campo eléctrico isotrópico tridimensional, marca Narda, modelo BN 2245/90.31.

Los equipos se encuentran calibrados según los lineamientos indicados por las Normas de referencias [1] y [2] como consta en el Certificado del IITREE-LAT N° CIC-008-19.

### 2.2. Campo Magnético

- Analizador de campo eléctrico y magnético, marca Hioki, modelo FT3470-50.
- Sensor de campo magnético isotrópico tridimensional, marca Hioki, modelo 3471.

Los equipos se encuentran calibrados según los lineamientos indicados por la Norma de referencia [2] como consta en el Certificado del IITREE-LAT N° CIC-006-19.

### 2.3. Radio Interferencia

- Medidor de Radio interferencia desarrollado por el IITREE de acuerdo a los requerimientos fijados por el Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas, C.I.S.P.R., en su Publicación de referencia [3].
- Antena tipo magnética desarrollada por el IITREE de acuerdo a los requerimientos fijados por el C.I.S.P.R. en su Publicación de referencia [3].

Los equipos se encuentran calibrados según los lineamientos indicados por la Publicación de referencia [3] como consta en el Certificado del IITREE-LAT N° CIC-014-18.

### 2.4. Ruido Audible

- Medidor de Nivel Sonoro Marca TES, Modelo TES-1353 de acuerdo a normas IEC 61672-1 [8], IEC 61672-2 [9] y ANSI S1.40.
- Calibrador de Nivel Sonoro Marca TES, Modelo TES-1356 de acuerdo a normas IEC 60942 [10] y ANSI S1.40.

Los equipos se encuentran calibrados según los lineamientos indicados por las Normas [7], [8], [9] y [10] como consta en el Certificado del IITREE-LAT N° CIC-011-19.

### 3. MEDICIONES REALIZADAS

A continuación se listan los sitios y las variables medidas:

- Lado exterior correspondiente al perímetro de la Estación Transformadora Puerto Madryn de 500 kV. Se midieron Campo Eléctrico, Campo Magnético, Radio Interferencia y Ruido Audible.

Las mediciones se realizaron de acuerdo a los requerimientos de la Resolución ENRE N° 555/01 [13], y fueron tomadas a una distancia de 1 metro del alambrado perimetral.

La presentación de los resultados se ajusta a lo indicado por el ENRE, en la Resolución AANR N° 06/2004 [14].

#### 3.1. Campo Eléctrico

La metodología de medición empleada es la recomendada en las Normas de referencias [1], [2] y Resoluciones [11], [12].

Los resultados de las mediciones se presentan en el Anexo I con la denominación:

- CE-ET PEAL-FormularioH.
- CE-Lineas-FormularioH.

#### 3.2. Campo Magnético

La metodología de medición empleada es la recomendada en la Norma de referencia [2] y Resoluciones [11], [12].

Los resultados de las mediciones se presentan en el Anexo I con la denominación:

- CM-ET PEAL-FormularioI.
- CM-Lineas-FormularioI.

#### 3.3. Radio Interferencia

La metodología de medición empleada es la recomendada en las Publicaciones de referencias [3] y [5].

Los resultados de las mediciones se presentan en el Anexo I con la denominación:

- RI-ET PEAL-FormularioK.
- RI-ET Lineas -FormularioK.

Los valores consignados como “paralelo” son los obtenidos con la antena dispuesta en posición paralela al lado bajo medición, mientras que los consignados como “perpendicular” corresponden a la antena en posición perpendicular a este. De esta manera la posición perpendicular incluye la influencia de la ET o línea mientras que la posición paralela da cuenta de fuentes de radio interferencia externas.



### 3.4. Ruido Audible

La metodología de medición empleada es la recomendada en la Resolución de referencia [13].

Los resultados de las mediciones se presentan en el Anexo I con la denominación:

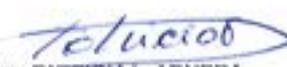
- RA-ET PEAL-FormularioH
- RA -Lineas-FormularioH



#### 4. REFERENCIAS

- [1] - ANSI/IEEE 644-1987.- "IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines".
- [2] - IEC 61786. 1998.- "Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings - Special requirements for instruments and guidance for measurements".
- [3] - C.I.S.P.R. Publication 16.- "Specification of radio interference measuring apparatus and measurements method".
- [4] - C.I.S.P.R. Publication 18-1.- "Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage equipment. Part 1. Description of phenomena".
- [5] - C.I.S.P.R. Publication 18-2.- "Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage equipment. Part 2. Methods of measurement and procedure for determining limits".
- [6] - C.I.S.P.R. Publication 18-3.- "Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage equipment Part 3. Code of practice for minimizing the generation of radio noise".
- [7] - IRAM 4074-1. 1988.- "Medidor de nivel sonoro. Especificaciones generales".
- [8] - IEC 61672-1. 2002.- "Electroacoustics - Sound level meters. Part 1: Specifications".
- [9] - IEC 61672-2. 2003.- "Electroacoustics - Sound level meters. Part2: Pattern evaluation tests".
- [10] - IEC 60942. 2003.- "Electroacoustics - Sound calibrators".
- [11] - Resolución 77/98. Secretaría de Energía.- "Ampliación al Manual de Gestión Ambiental del Sistema de Transporte Eléctrico de Extra Alta Tensión".
- [12] - Anexo a la Resolución ENRE N° 1724/1998.- "Instrucciones para la medición de campos eléctrico y magnético en sistemas de transporte y distribución de energía eléctrica".
- [13] - Anexo a la Resolución ENRE N°555/01.- "Guía de contenidos mínimos de los planes de gestión ambiental".
- [14] - Resolución ENRE AANR N° 06/2004 sobre los contenidos y formatos de los formularios de presentación de los Informes para cumplimentar el Anexo a la Resolución ENRE N°555/01.

  
Ing. FERNANDO ISSOURIBEHERE  
IITREE-LAT  
FI-UNLP

  
Ing. PATRICIA L. ARNERA  
Director  
IITREE - LAT  
FI - UNLP



## ANEXO I

### PLANILLA DE MEDICIONES

**Nota:** *El presente Anexo contiene 2 hojas, incluyendo la presente*

A handwritten signature in blue ink, located in the bottom left corner of the page.



**I. 1. ESTACIÓN TRANSFORMADORA “Puerto Madryn de 500 kV”**

**I. 1. 1. Campo Eléctrico**

[CE-ET Madryn 500kVL-FormularioH.xlsx](#)

**I. 1. 2. Campo Magnético**

[CM-ET Madryn 500kV-FormularioI.xlsx](#)

**I. 1. 3. Radio Interferencia**

[RI-ET Madryn 500kV-FormularioK.xlsx](#)

**I. 1. 4. Ruido Audible**

[RA-ET Madryn 500kV-FormularioK.xlsx](#)

**IITREE-LAT**

Instituto de Investigaciones  
Tecnológicas para Redes y Equipos  
Eléctricos / Laboratorio de Alta Tensión

FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA

IL-060-19

Anexo II

AII-1-

## ANEXO II

# CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

**Nota:** *El presente Anexo contiene 2 hojas, incluyendo la presente*

**II. 1. ESTACIÓN TRANSFORMADORA “Puerto Madryn de 500 kV”****II. 1. 1. Campo Eléctrico**[CIC-008-19.pdf](#)**II. 1. 2. Campo Magnético**[CIC-006-19.pdf](#)**II. 1. 3. Radio Interferencia**[CIC-014-18.pdf](#)**II. 1. 4. Ruido Audible**[CIC-011-19.pdf](#)

MEDICIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES - Res. ENRE N° 555/01		FORMULARIO H
AGENTE: Siemens S. A.	Período:	HOJA 1/8
CAMPO ELÉCTRICO - ( Res ENRE N° 1724/98 y Res SE 77/98 )		

**1. DATOS GENERALES**

**1.1. Tipo de Instalación**

1.1.1. ET ó SE

1.1.2. CT

1.1.3. Cable Subterráneo

1.1.4. Línea Aérea

1.1.4.1. Tipología

3 x 132 kV       3 x 220 kV       3 x 500 kV

2 x 3 x 220 kV       Otros :

1.1.4.2. Cantidad de conductores:

1.1.4.3. Corriente Nominal [A] :

1.1.4.4. Tensión Nominal [kV] :

**1.2. Identificación de la Instalación:**

a) Código: ETPY      b) Nombre: ET Puerto Madryn 500 kV

**1.3. Lugar / Dirección:**

Latitud: 42° 42' 16" S      Longitud: 65° 6' 18" O

**1.4. Fecha:**

22/10/2019

**1.5. Hora:**

a) Inicial: 9:15      b) Final: 12:00

**1.6. Responsable de las Mediciones:**

a) Apellido Issouribehere      b) Nombre Fernando

**1.7. Organismo / Empresa:** IITREE-LAT

**1.8. Protocolo N°:** IL-060-19

**1.9. Norma:** Res ENRE N° 1724/98 y Res SE 77/98

**2. INSTRUMENTAL DE MEDICION**

**2.1. Instrumental de Medición de Campos**

2.1.1. Marca: NARDA

2.1.2. Medidor: a) Modelo: EFA-300      b) N° de Serie: V-0004

2.1.3. Sensor: a) Modelo: BN 2245/90.31      b) N° de Serie: T-0006

2.1.4. Calibración del instrumental

a) Emisor del Certificado:      b) N° de Certificado: CIC-008-19

c) Fecha: 14/06/2019      d) Fecha de vencimiento: 14/06/2020

**2.2. Instrumental de Condiciones Meteorológicas**

2.2.1. Marca: DAVIS

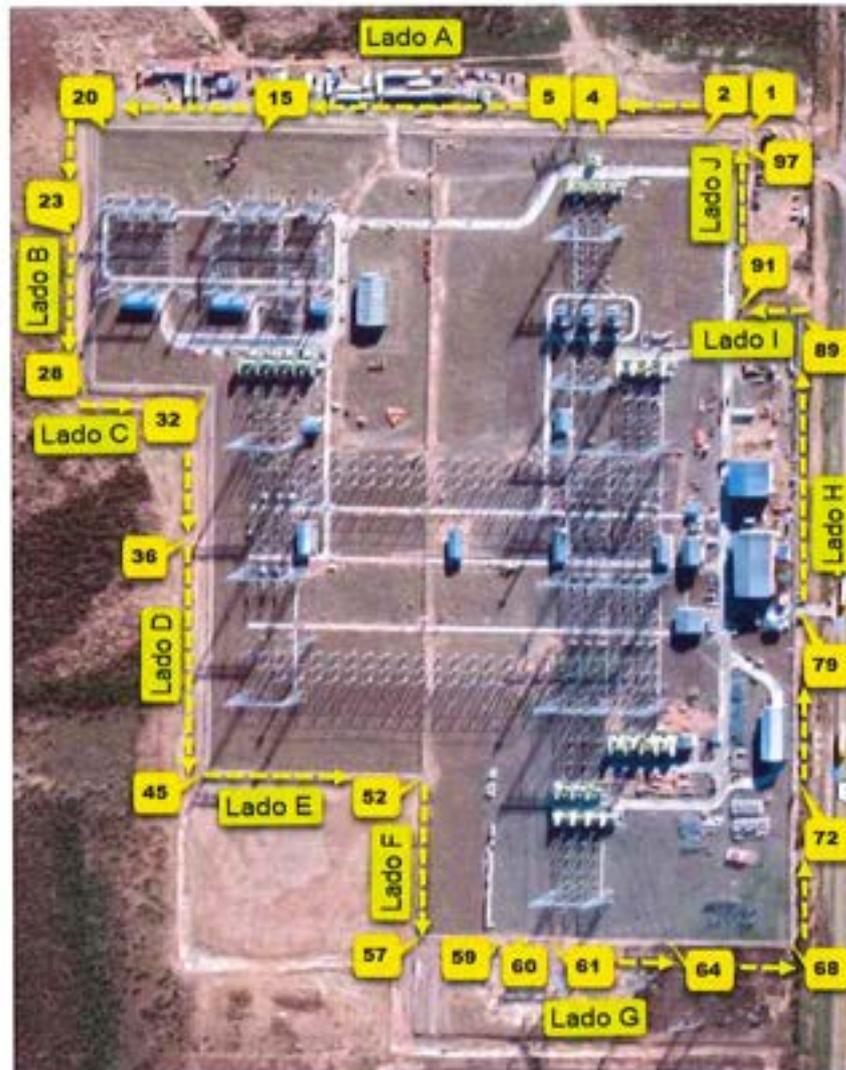
2.2.2. Medidor: a) Modelo: Perception II      b) N° de Serie: PC20812A26

2.2.3. Calibración del instrumental

a) Fecha: 16/10/2019      b) Método: Comparación con SIAP 8187

3. UBICACIÓN DE LA MEDICIÓN

3.1. Gráfico



3.2. Fotografías



*[Handwritten signature]*

AGENTE: Siemens S. A.

Período:

HOJA 3/8

CAMPO ELÉCTRICO - ( Res ENRE N° 1724/98 y Res SE 77/98 )

**4. RESULTADOS DE LA MEDICIONES****4.1. Condiciones Ambientales**

4.1.1. Temperatura [°C]:	11
4.1.2. H.R.A. [%]:	53
4.1.3. Presión Atmosférica [hPa]:	1018

**4.2. Condiciones de carga**

4.2.1. Potencia Actual [MW]:	Línea 132 kV (Campo 03)	102 MW
	Línea 132 kV (Campo 04)	102,5 MW
	Pto Madryn - Santa Cruz Norte 500 kV	100 MW
	Pto Madryn - Choele Choel 500 kV	15 MW
	N. P. Madryn - P. Madryn 330 kV	120 MW

**4.3. Puntos de medición**

Lado A (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	kV/m
1	Esquina Noreste	0,077
2		0,162
3		0,444
4	Cercano a Línea 500 kV	1,430
5	Cercano a Línea 500 kV	1,110
6	Cercano a Línea 500 kV	2,000
7		0,744
8		0,279
9		0,129
10		0,060
11		0,041
12		0,026
13		0,015
14		0,148
15	Bajo Línea 132 kV	0,665
16		0,047
17		0,038
18		0,023
19		0,014
20	Vértice de lado A	0,014

Lado B (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	kV/m
21		0,009
22		0,007
23		0,007
24		0,006
25		0,006
26		0,008
27		0,011
28	Vértice de lado B	0,014

Lado C (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	kV/m
29		0,027
30		0,046
31		0,102
32	Vértice de lado C. A 12 m del punto anterior	0,088

Lado D (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	kV/m
33		0,215
34		0,367
35		0,463
36		0,501
37		0,422
38		0,341
39		0,395
40		0,435
41		0,300
42		0,116
43		0,042
44		0,019
45	Vértice del lado D. A 10 m del punto anterior	0,020

Lado E (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	kV/m
46		0,011
47		0,011
48		0,020
49		0,026
50		0,030
51		0,026
52	Vértice de lado E	0,028

Lado F (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	kV/m
53		0,028
54		0,040
55		0,058
56		0,082
57	Vértice de lado F	0,163

Lado G (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	kV/m
58		0,273
59	Cercano a Línea 500 kV	0,561
60	Bajo Línea 500 kV	1,099
61	Cercano a Línea 500 kV	1,929
62		0,712
63		0,732
64	Bajo Línea 330 kV	1,414
65	Cercano a línea 330 kV	1,948
66		0,369
67		0,480
68	Vértice de lado G	0,357

Lado H (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	kV/m
69		0,072
70		0,023
71		0,019
72		0,021
73		0,003
74		0,018
75		0,017
76		0,023
77		0,038
78		0,041
79	Portón entrada ET	0,035
80		0,021
81		0,033
82		0,038
83		0,034
84		0,034
85		0,041
86		0,035
87		0,036
88		0,039
89	A 6 m. del punto anterior	0,047

Lado I (distancia entre puntos: 20 metros)

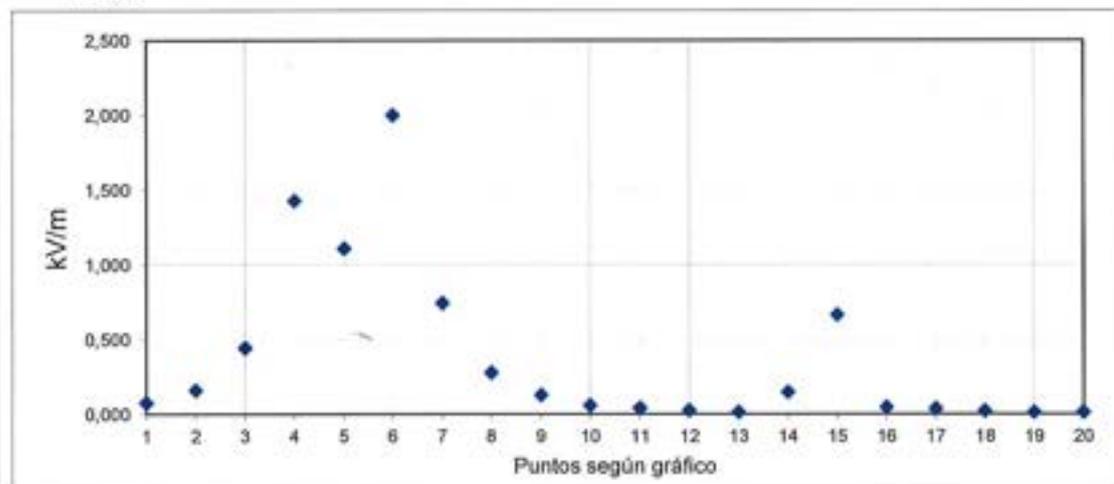
Punto según gráfico	Referencia	kV/m
90		0,049
91		0,043

Lado J (distancia entre puntos: 20 metros)

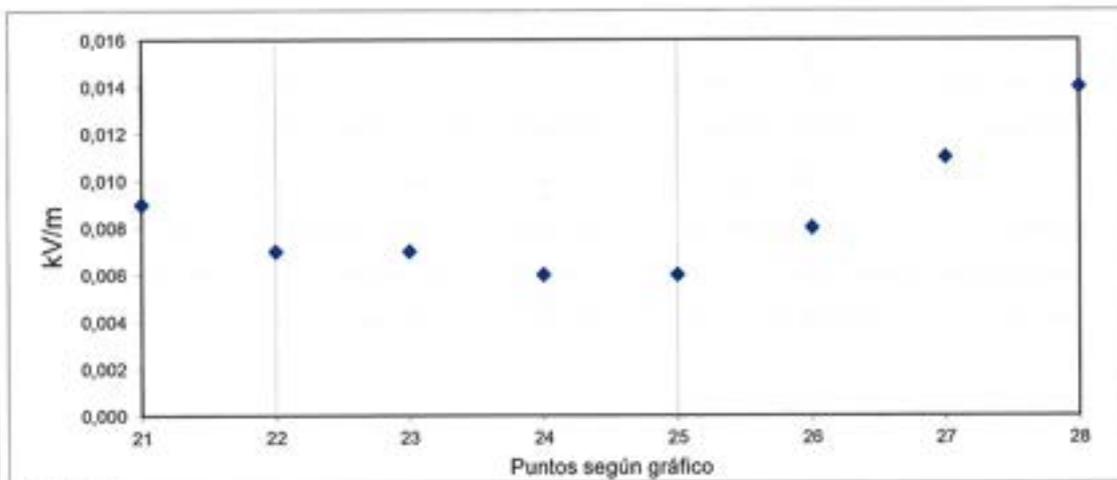
Punto según gráfico	Referencia	kV/m
92		0,071
93		0,068
94		0,063
95		0,061
96	Frente a puesto de vigilancia	0,059
97		0,069

4.4. Gráficos de los valores obtenidos

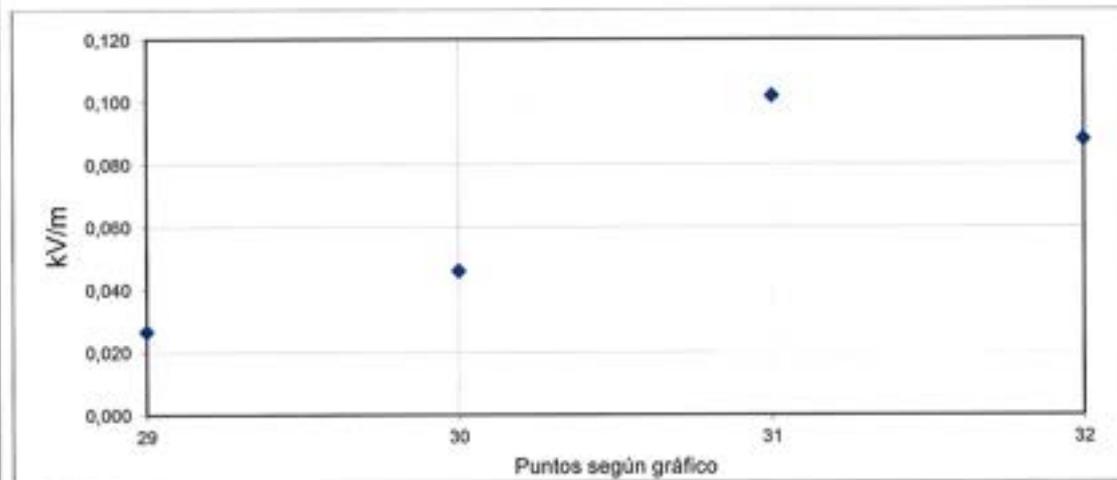
Lado A



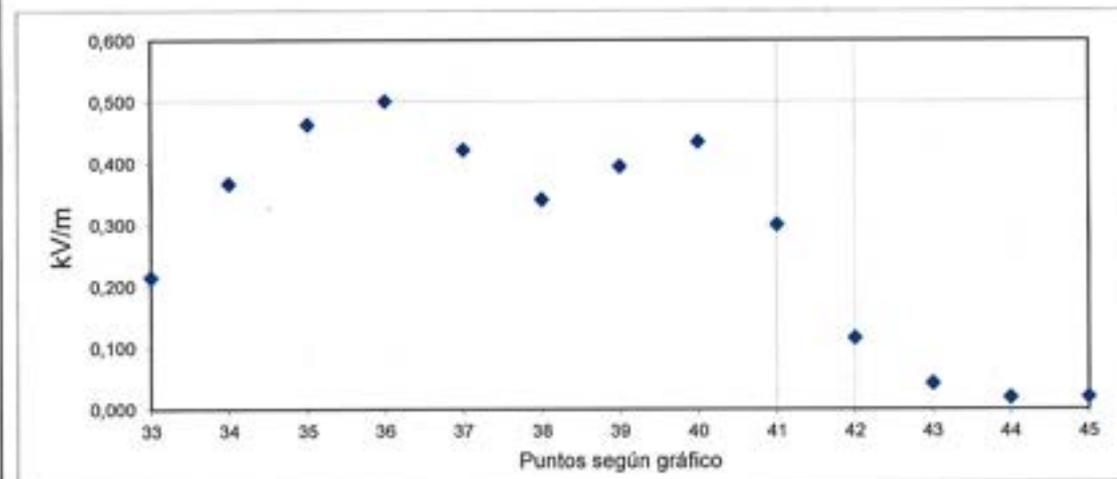
Lado B



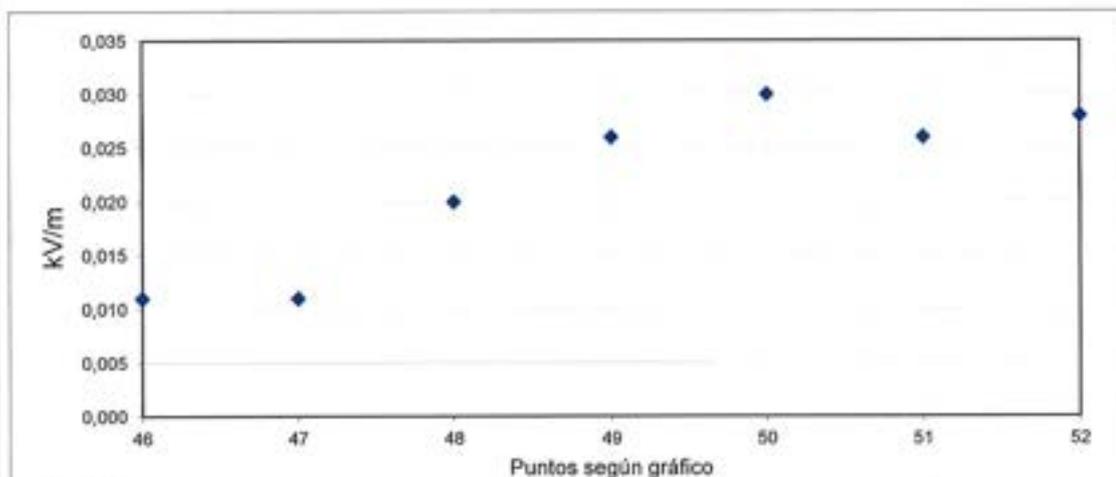
Lado C



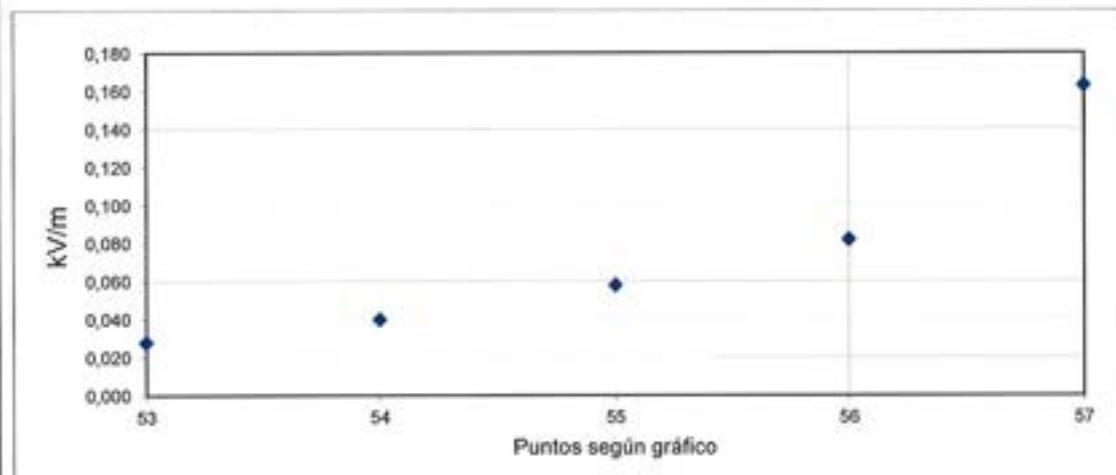
Lado D



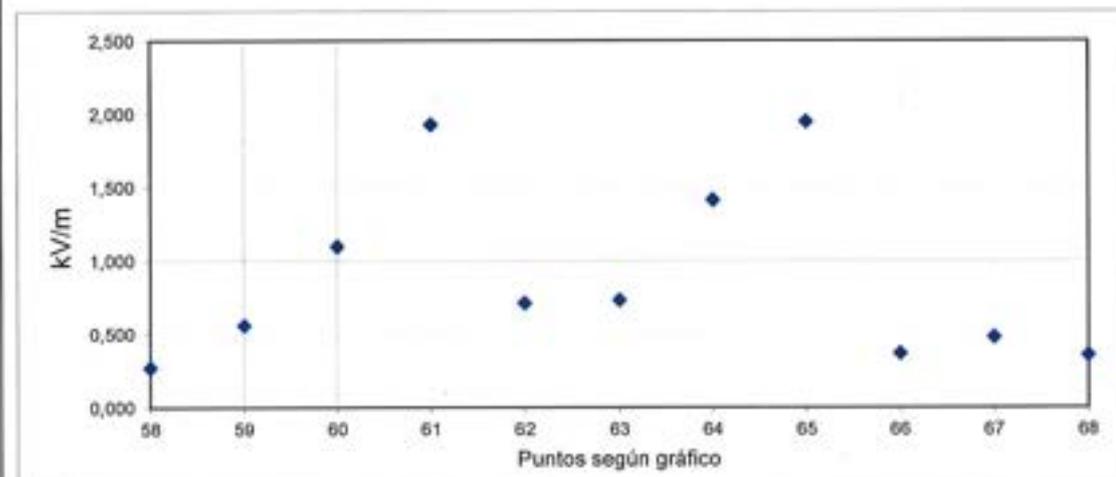
Lado E



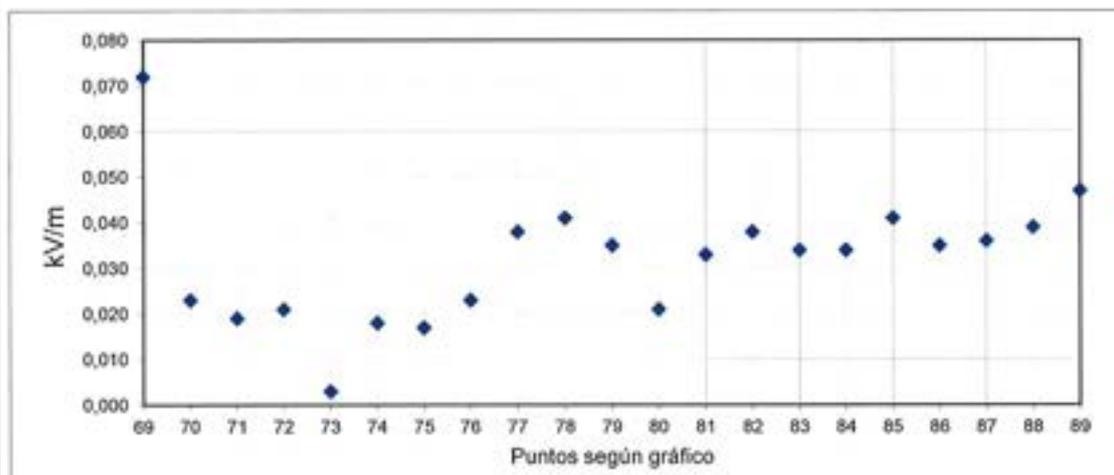
Lado F



Lado G



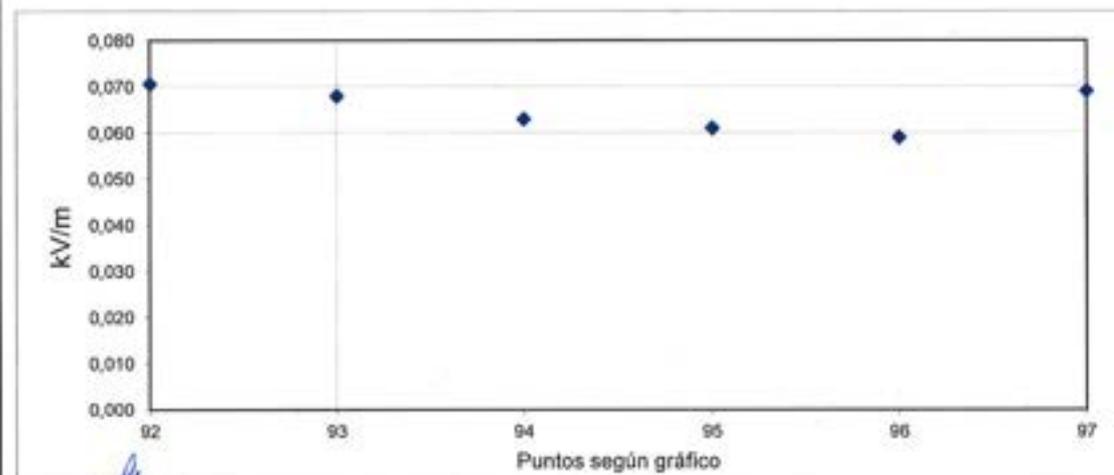
Lado H



Lado I



Lado J



Firma:

Aclaración: F. #ssouibehere

MEDICIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES - Res. ENRE N° 555/01		FORMULARIO I
AGENTE: Siemens S. A.	Período:	HOJA 1/8
CAMPO MAGNÉTICO - ( Res ENRE N° 1724/98 y Res SE 77/98)		

**1. DATOS GENERALES**

**1.1. Tipo de Instalación**

1.1.1. ET ó SE   

1.1.2. CT   

1.1.3. Cable Subterráneo   

1.1.4. Línea Aérea   

1.1.4.1. Tipología

3 x 132 kV                       3 x 220 kV                       3 x 500 kV

2 x 3 x 220 kV                       Otros :

1.1.4.2. Cantidad de conductores:

1.1.4.3. Corriente Nominal [A] :

1.1.4.4. Tensión Nominal [kV] :

**1.2. Identificación de la Instalación:**

a) Código: ETPY    b) Nombre:    ET Puerto Madryn 500 kV

**1.3. Lugar / Dirección:**

Latitud: 42° 42' 16" S                      Longitud: 65° 6' 18" O

**1.4. Fecha:**

22/10/2019

**1.5. Hora:**

a) Inicial:            9:15                      b) Final:            12:00

**1.6. Responsable de las Mediciones:**

a) Apellido            Issouribehere            b) Nombre            Fernando

**1.7. Organismo / Empresa:**            IITREE-LAT

**1.8. Protocolo N°:**                      IL-060-19

**1.9. Norma:**                              Res ENRE N° 1724/98 y Res SE 77/98

**2. INSTRUMENTAL DE MEDICIÓN**

**2.1. Instrumental de Medición de Campos**

2.1.1. Marca:            HIOKI

2.1.2. Medidor:        a) Modelo:            FT3470-50            b) N° de Serie:            130800555

2.1.3. Sensor:        a) Modelo:            3471                      b) N° de Serie:            0803-B1

2.1.4. Calibración del Instrumental:

a) Emisor del Certificado:            IITREE-LAT            b) N° de Certificado:            CIC-006-19

c) Fecha:                      14/06/2019            d) Fecha de vencimiento:            14/06/2020

**2.2. Instrumental de Medición de Condiciones Meteorológicas**

2.2.1. Marca:            DAVIS

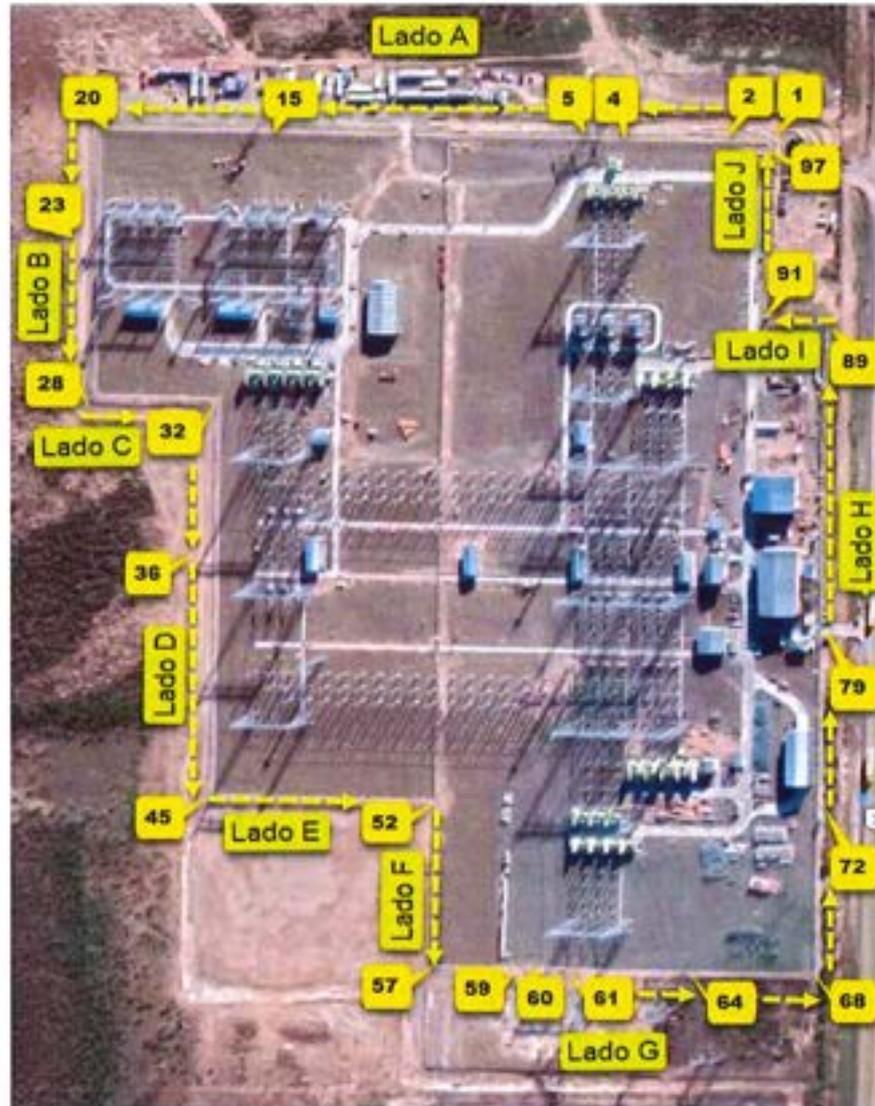
2.2.2. Medidor:        a) Modelo:            Perception II            b) N° de Serie:            PC20812A26

2.2.3. Calibración del Instrumental:

a) Fecha:                      16/10/2019            b) Método:            Comparación con SIAP 8187

3. UBICACIÓN DE LA MEDICIÓN

3.1. Gráfico



3.2. Fotografías



*[Handwritten signature]*

AGENTE: Siemens S. A.

Periodo:

HOJA 3/8

CAMPO MAGNÉTICO - ( Res ENRE N° 1724/98 y Res SE 77/98)

**4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES****4.1. Condiciones Ambientales**

4.1.1. Temperatura [°C]:	11
4.1.2. H.R.A. [%]:	53
4.1.3. Presión Atmosférica [hPa]:	1018

**4.2. Condiciones de carga**

4.2.1. Potencia Actual [MW]:	Línea 132 kV (Campo 03)	102 MW
	Línea 132 kV (Campo 04)	102,5 MW
	Pto Madryn - Santa Cruz Norte 500 kV	100 MW
	Pto Madryn - Choele Choe 500 kV	15 MW
	N. P. Madryn - P. Madryn 330 kV	120 MW

**4.3. Puntos de medición**

Lado A (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	$\mu\text{T}$
1	Esquina Noreste	0,10
2		0,18
3		0,36
4	Cercano a Línea 500 kV	1,00
5	Cercano a Línea 500 kV	1,72
6	Cercano a Línea 500 kV	1,49
7		0,57
8		0,35
9		0,36
10		0,38
11		0,28
12		0,30
13		0,40
14		1,51
15	Bajo Línea 132 kV	4,05
16		1,46
17		0,82
18		0,53
19		0,33
20	Vértice de lado A	0,23

Lado B (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	$\mu\text{T}$
21		0,34
22		0,32
23		0,25
24		0,21
25		0,28
26		0,28
27		0,26
28	Vértice de lado B	0,10

Lado C (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	$\mu\text{T}$
29		0,24
30		0,38
31		0,68
32	Vértice de lado C. A 12 m del punto anterior	1,05

AGENTE: Siemens S. A.

Período:

HOJA 4/8

CAMPO MAGNÉTICO - ( Res ENRE N° 1724/98 y Res SE 77/98)

Lado D (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	$\mu T$
33		1,11
34		0,86
35		0,80
36		0,68
37		0,46
38		0,37
39		0,43
40		0,34
41		0,24
42		0,23
43		0,18
44		0,20
45	Vértice de lado D. A 10 m del punto anterior	0,16

Lado E (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	$\mu T$
46		0,26
47		0,32
48		0,38
49		0,50
50		0,60
51		0,57
52	Vértice de lado E	0,44

Lado F (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	$\mu T$
53		0,43
54		0,40
55		0,41
56		0,41
57	Vértice de lado F	0,56

Lado G (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	$\mu T$
58		1,13
59	Cercano a Línea 500 kV	1,77
60	Bajo Línea 500 kV	2,03
61	Cercano a Línea 500 kV	2,65
62		2,11
63		1,71
64	Bajo Línea 330 kV	2,36
65	Cercano a línea 330 kV	5,72
66		1,42
67		0,77
68	Vértice de lado G	0,55

Lado H (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	$\mu T$
69		0,23
70		0,16
71		0,14
72		0,11
73		0,18
74		0,14
75		0,11
76		0,11
77		0,08
78		0,08
79	Portón entrada ET	0,07
80		0,06
81		0,07
82		0,06
83		0,07
84		0,06
85		0,06
86		0,05
87		0,08
88		0,06
89	Vértice de lado G. A 6 m del punto anterior	0,06

Lado I (distancia entre puntos: 20 metros)

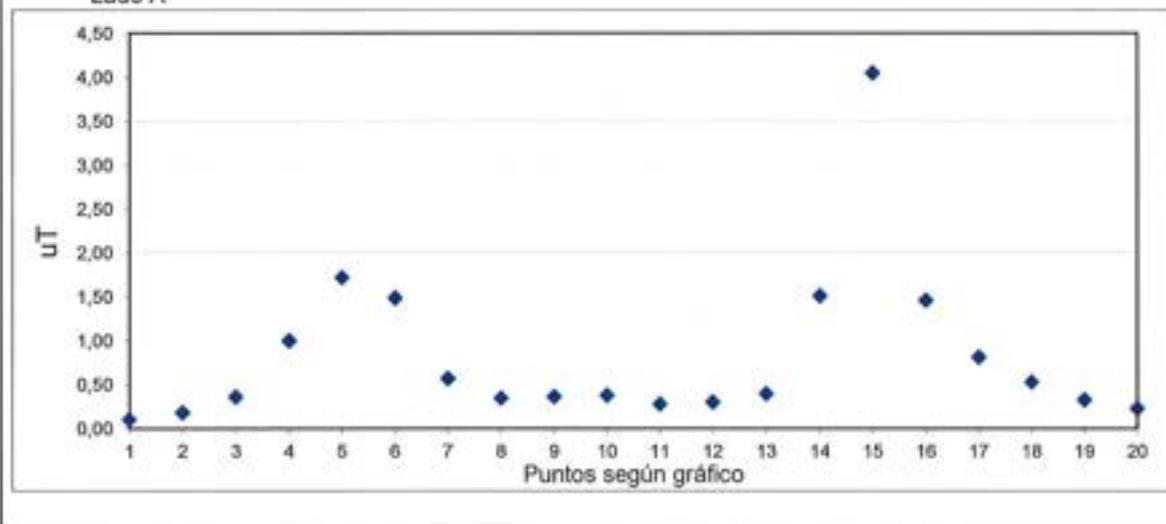
Punto según gráfico	Referencia	$\mu T$
90		0,10
91	Vértice de lado I	0,08

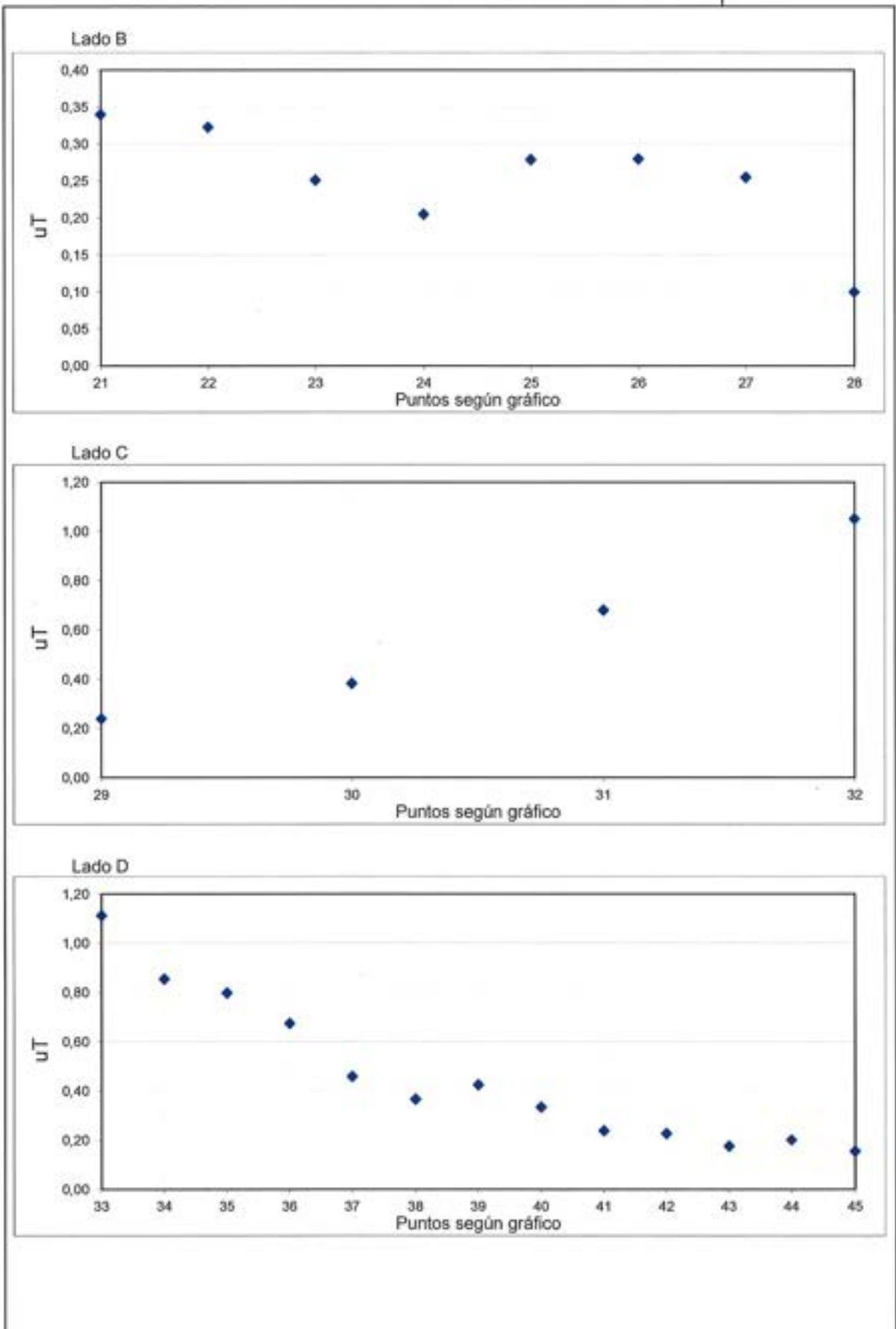
Lado J (distancia entre puntos: 20 metros)

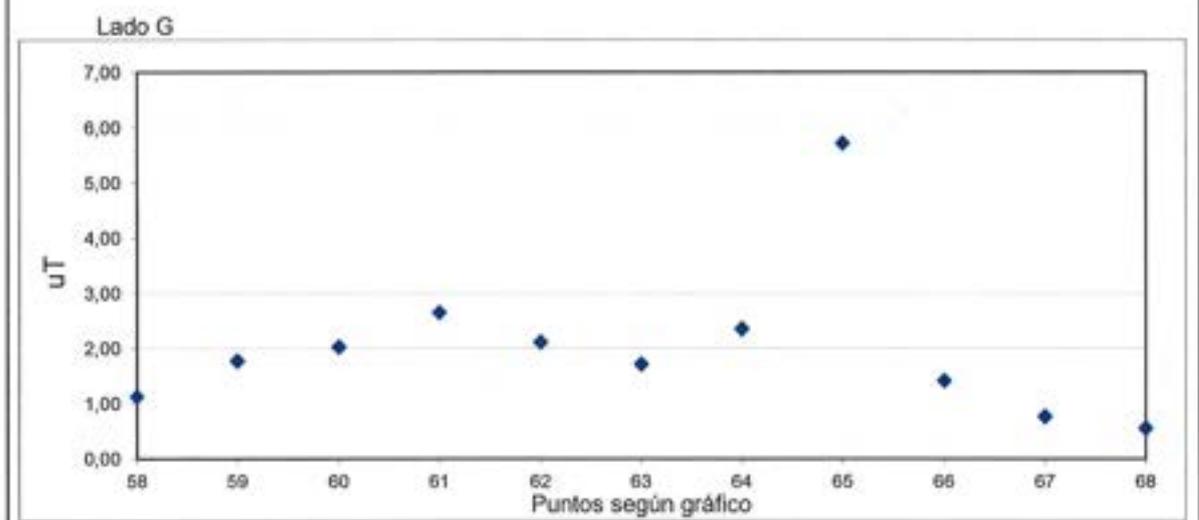
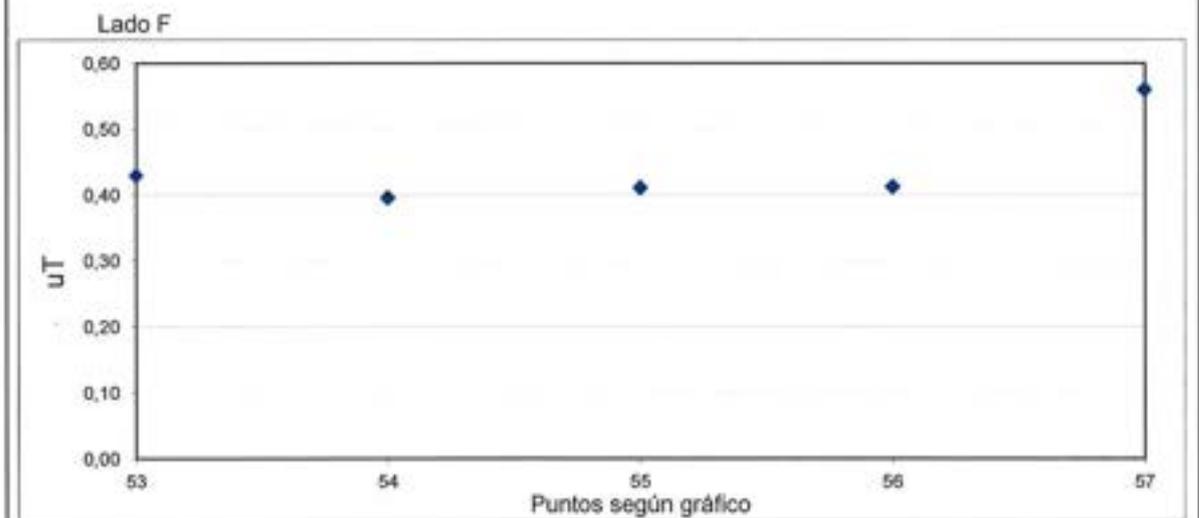
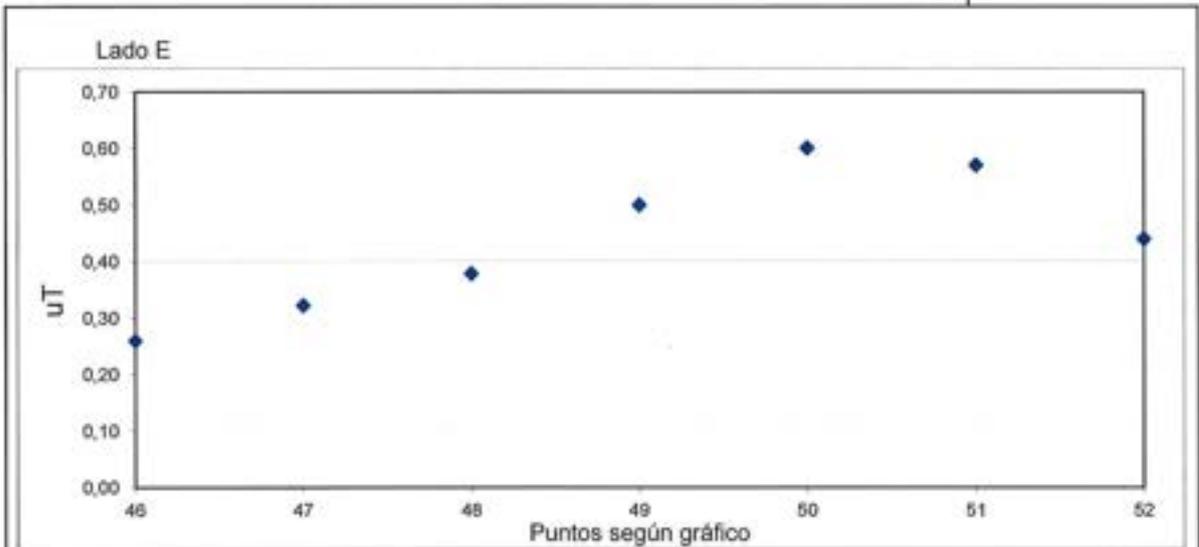
Punto según gráfico	Referencia	$\mu T$
92		0,07
93		0,10
94		0,08
95		0,08
96		0,08
97	Vértice de lado J	0,07

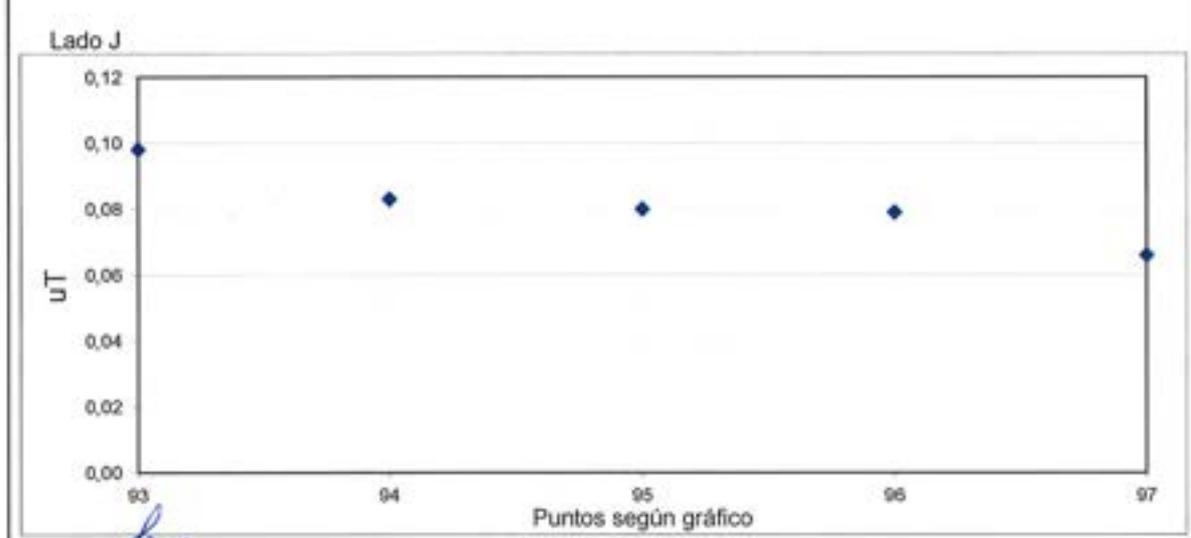
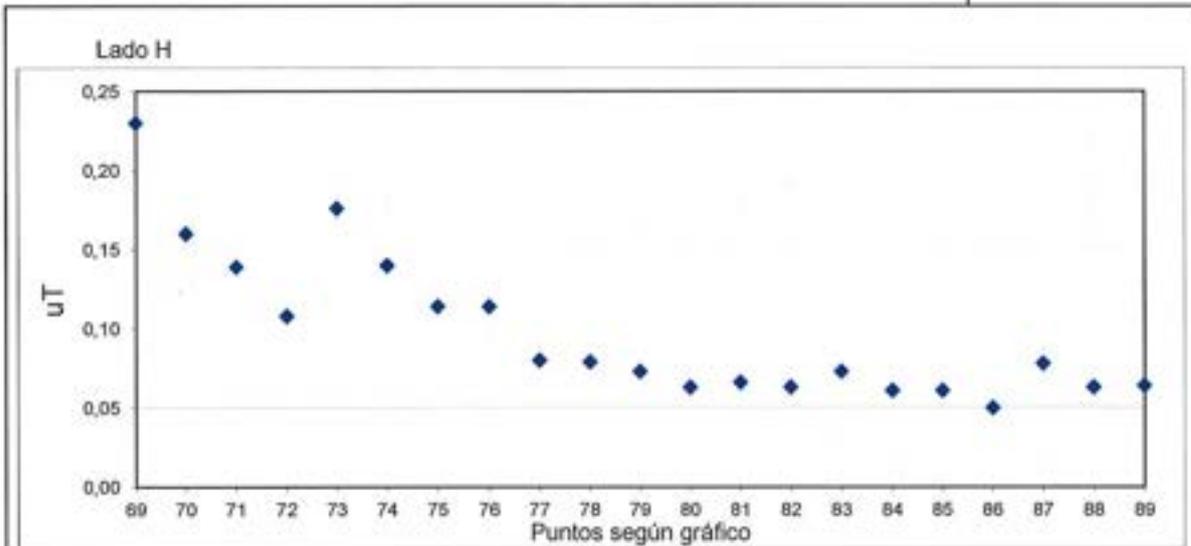
4.4. Gráficos de los valores obtenidos

Lado A









Firma: 

Aclaración: F. J. Ssoveibehere



AGENTE: Siemens S. A.

Período:

HOJA 1/8

RADIO INTERFERENCIA - ( Res ENRE N° 1724/98 y CISPR 18-1; 18-2 y 18-3 )

**1. DATOS GENERALES****1.1. Tipo de Instalación**1.1.1. ET ó SE 1.1.2. CT 1.1.3. Cable Subterráneo 1.1.4. Línea Aérea **1.1.4.1. Tipología** 3 x 132 kV 3 x 220 kV 3 x 500 kV 2 x 3 x 220 kV Otros :

1.1.4.2. Cantidad de conductores:

1.1.4.3. Corriente Nominal [A] :

1.1.4.4. Tensión Nominal [kV] :

**1.2. Identificación de la Instalación:**

a) Código: ETPY b) Nombre: ET Puerto Madryn 500 kV

**1.3. Lugar / Dirección:**

1.4. Fecha:

Latitud: 42° 42' 16" S  
22/10/2019

Longitud: 65° 6' 18" O

1.5. Hora:

a) Inicial: 12:05

b) Final: 14:00

**1.6. Responsable de las Mediciones:**

a) Apellido Issouribehere b) Nombre Fernando

1.7. Organismo / Empresa:

IITREE-LAT

1.8. Protocolo N°:

IL-060-19

1.9. Norma:

Res ENRE N° 1724/98 y CISPR 18-1, 18-2 y 18-3

**2. INSTRUMENTAL DE MEDICION****2.1. Instrumental de Medición de Radiointerferencia**

2.1.1. Marca: IITREE

2.1.2. Medidor: a) Modelo: MRI b) N° de Serie: N° 001

**2.1.3. Calibración del Instrumental**

a) Emisor del Certificado: IITREE b) N° de Certificado: CIC-014-18

c) Fecha: 02/11/2019 d) Fecha Vencimiento: 02/11/2020

**2.2. Instrumental de Medición de Condiciones Meteorológicas**

2.2.1. Marca: DAVIS

2.2.2. Medidor: a) Modelo: Perception II b) N° de Serie: PC20812A26

**2.2.3. Calibración del Instrumental**

a) Fecha: 16/10/2019 b) Método: Comparación con SIAP 8187

3. UBICACIÓN DE LA MEDICIÓN

3.1. Gráfico



3.2. Fotografías



*[Handwritten signature]*

AGENTE: Siemens S. A.

Periodo:

HOJA 3/8

RADIO INTERFERENCIA - ( Res ENRE N° 1724/98 y CISPR 18-1; 18-2 y 18-3 )

**4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES****4.1. Condiciones Ambientales**

4.1.1. Temperatura [°C] :	11
4.1.2. H.R.A. [%] :	53
4.1.3. Presión Atmosférica [hPa]:	1018

**4.2. Condiciones de carga**

4.2.1. Potencia Actual [MW] :	Línea 132 kV (Campo 03)	102 MW
	Línea 132 kV (Campo 04)	102,5 MW
	Pto Madryn - Santa Cruz Norte 500 kV	100 MW
	Pto Madryn - Choele Choel 500 kV	15 MW
	N. P. Madryn - P. Madryn 330 kV	120 MW

**4.3. Puntos de medición**

Lado A (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	Notas	RI dB(μV/m)	
			Paralelo	Perpendicular
1	Esquina Noreste		47	39
2			32	43
3			38	43
4	Cercano a Línea 500 kV		46	39
5	Cercano a Línea 500 kV		52	41
6			48	40
7			40	47
8			36	41
9			39	51
10			33	32
11			30	34
12		1	31	30
13		1	31	30
14		1	38	30
15	Bajo Línea 132 kV		45	31
16			39	31
17			31	30
18			30	30
19			30	31
20	Vértice de lado A		31	33

Lado B (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	Notas	RI dB(μV/m)	
			Paralelo	Perpendicular
21		1	32	29
22		1	31	30
23		1	31	29
24		1	31	29
25		1	32	29
26		1	32	32
27		1	31	30
28	Vértice lado B	1	31	30

Lado C (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	Notas	RI dB(μV/m)	
			Paralelo	Perpendicular
29			37	31
30			45	31
31			51	43
32	Vértice. A 12 m del punto anterior		46	35

(1) Medición paralela en 496KHz para evitar influencia espúrea de emisoras de broadcasting.

AGENTE: Siemens S. A.

Período:

HOJA 4/8

RADIO INTERFERENCIA - ( Res ENRE N° 1724/98 y CISPR 18-1; 18-2 y 18-3 )

Lado D (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	Notas	RI dB( $\mu$ V/m)	
			Paralelo	Perpendicular
33			49	54
34			55	45
35			47	46
36			46	44
37			46	43
38			41	45
39			39	47
40			39	45
41			38	35
42			36	30
43		1	32	31
44			32	29
45	Vértice. A 10 m del punto anterior		34	31

Lado E (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	Notas	RI dB( $\mu$ V/m)	
			Paralelo	Perpendicular
46			33	31
47			33	31
48			32	31
49			31	32
50			31	35
51			31	38
52	Vértice. A 10 m del punto anterior		30	41

Lado F (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	Notas	RI dB( $\mu$ V/m)	
			Paralelo	Perpendicular
53			37	29
54			36	30
55			34	30
56			34	34
57	Vértice de lado F		42	36

Lado G (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	Notas	RI dB( $\mu$ V/m)	
			Paralelo	Perpendicular
58			43	36
59	Cercano a Línea 500 kV		45	42
60	Bajo Línea 500 kV		52	47
61	Cercano a Línea 500 kV		57	50
62			58	45
63			54	38
64	Bajo Línea 330 kV		46	31
65	Cercano a Línea 330 kV		52	44
66			36	46
67			35	42
68	Vértice lado G		44	41

(1) Medición paralela en 496KHz para evitar influencia espúrea de emisoras de broadcasting.

Lado H (distancia entre puntos: 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	Notas	RI dB(μV/m)	
			Paralelo	Perpendicular
69			37	31
70		1	32	29
71		1	31	30
72		1	31	30
73			31	31
74			31	31
75			32	34
76			31	30
77			32	30
78			33	31
79	Portón entrada ET		38	45
80			39	39
81			32	31
82			31	34
83			31	32
84			31	30
85			31	30
86			31	30
87			31	33
88			31	30
89	Vértice. A 6 m del punto anterior		33	32

Lado I (distancia entre puntos: 20 metros)

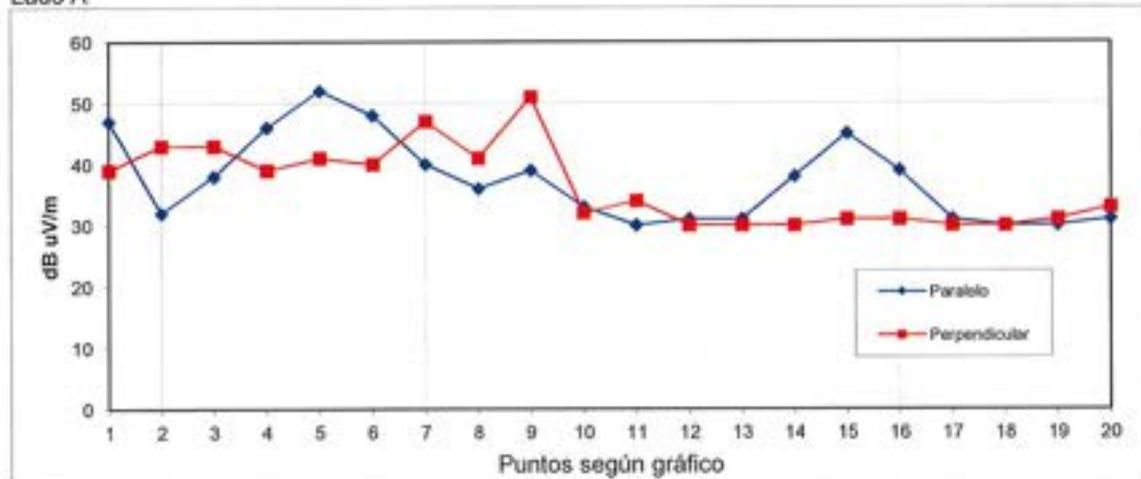
Punto según gráfico	Referencia	Notas	RI dB(μV/m)	
			Paralelo	Perpendicular
90			31	31
91	Vértice lado I		30	31

Lado J (distancia entre puntos: 20 metros)

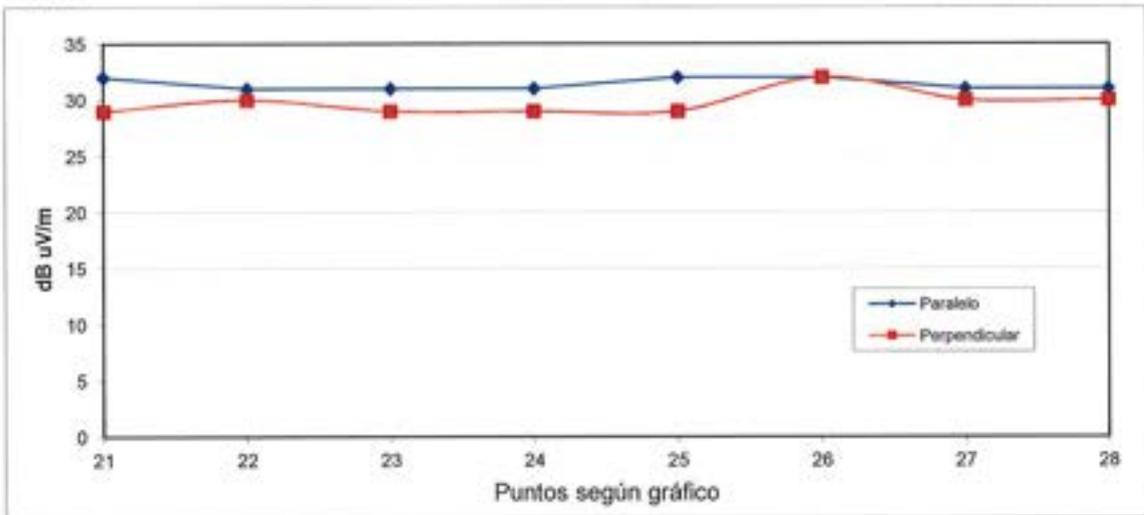
Punto según gráfico	Referencia	Notas	RI dB(μV/m)	
			Paralelo	Perpendicular
92			34	30
93			31	30
94			35	31
95			33	30
96	Frente a puesto de vigilancia		42	42
97	Vértice lado J		40	40

4.4. Gráficos de los perfiles obtenidos

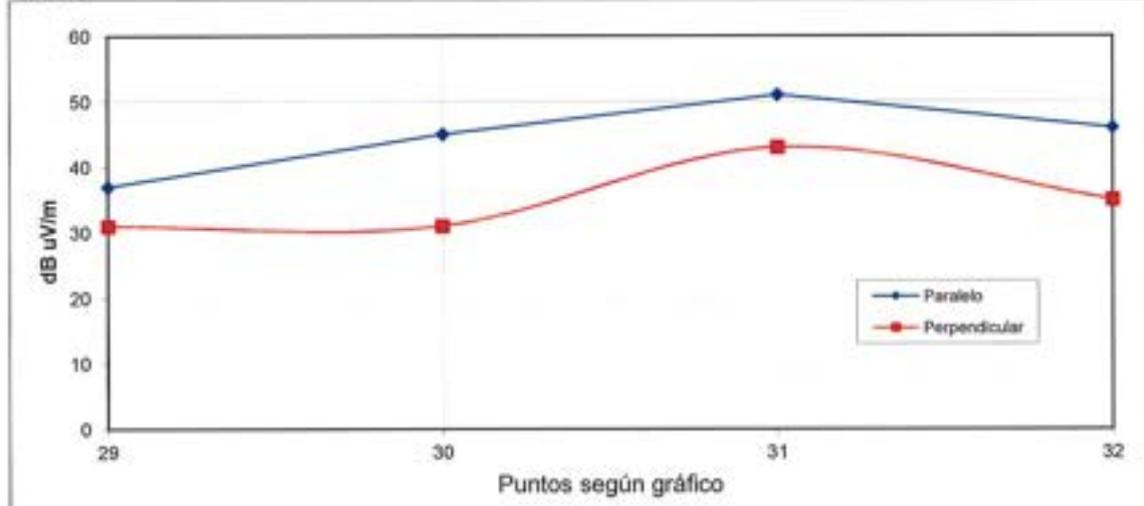
Lado A



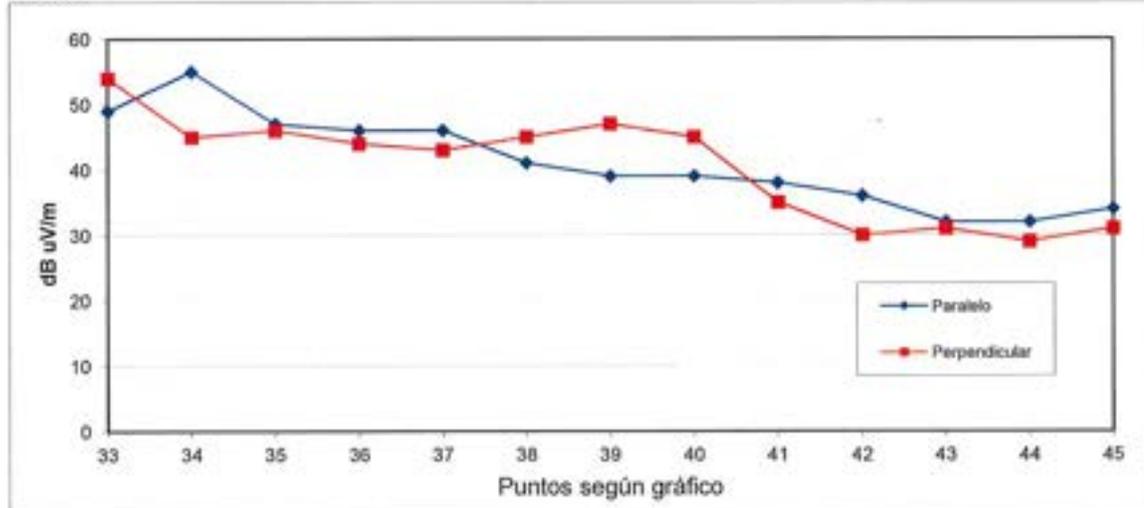
Lado B



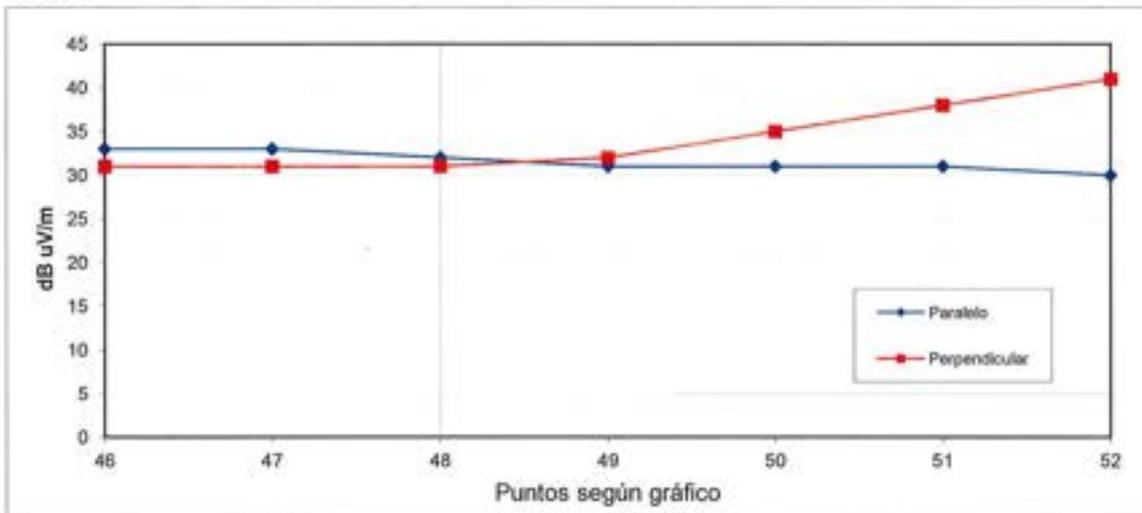
Lado C



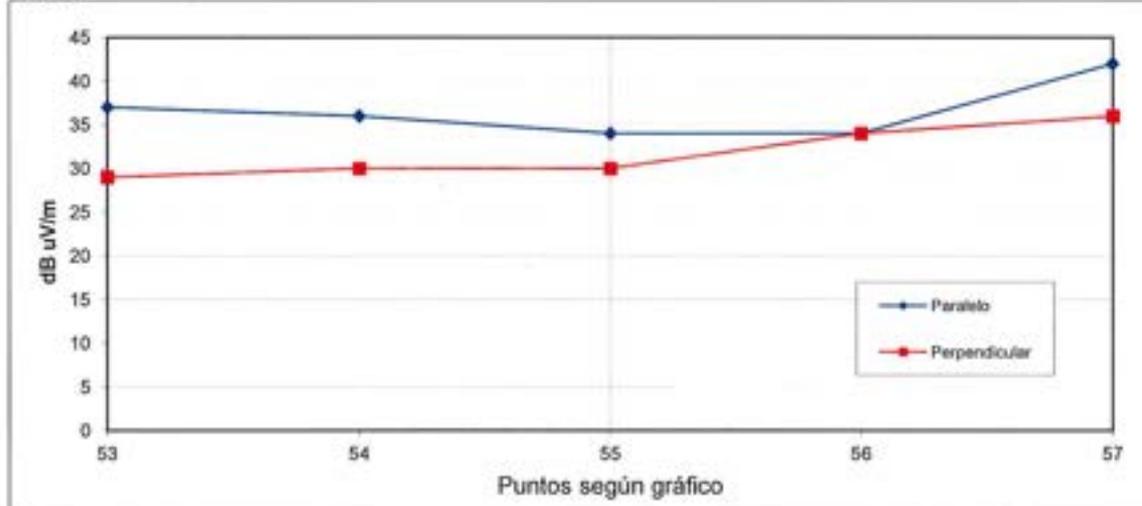
Lado D



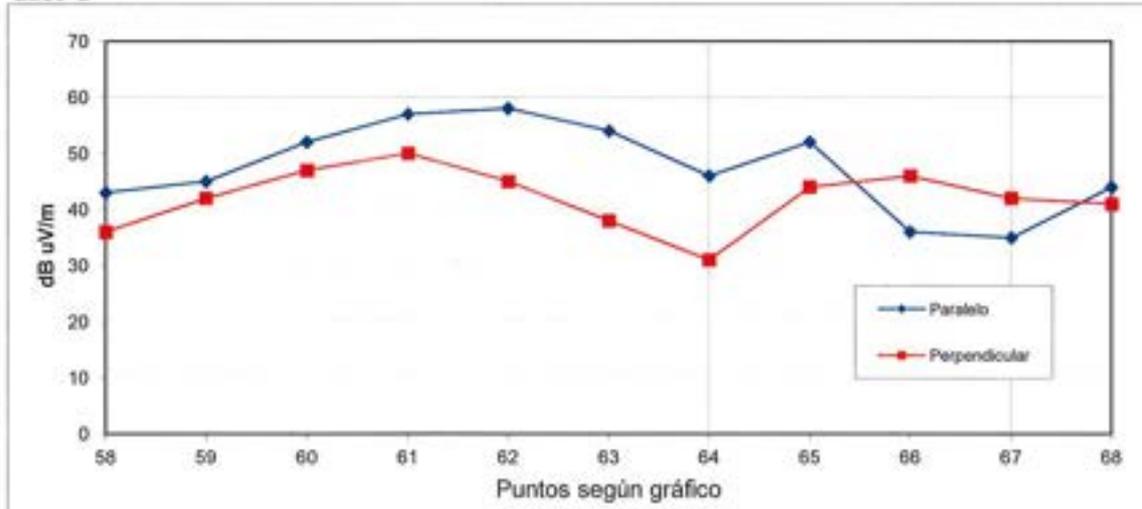
Lado E



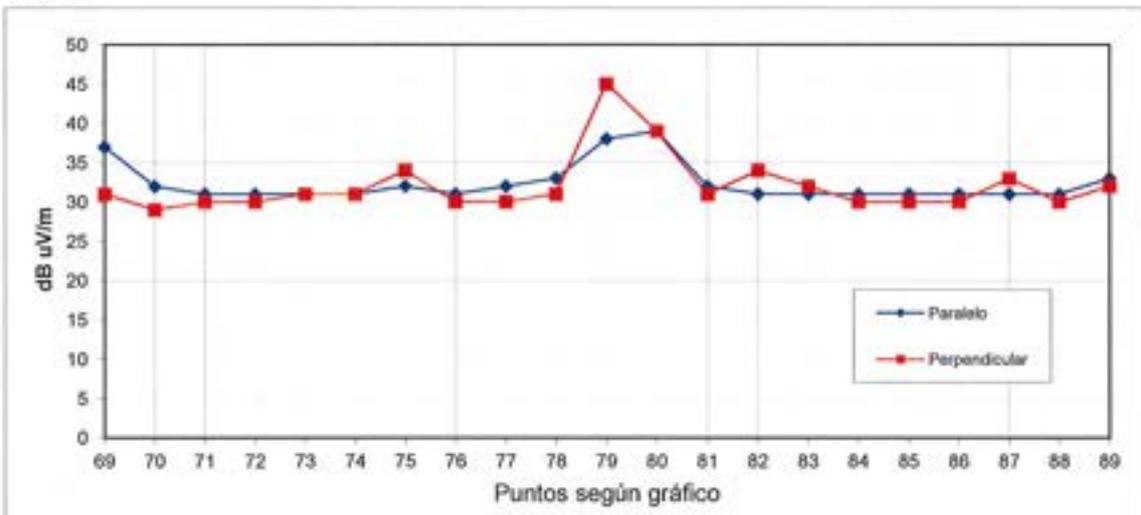
Lado F



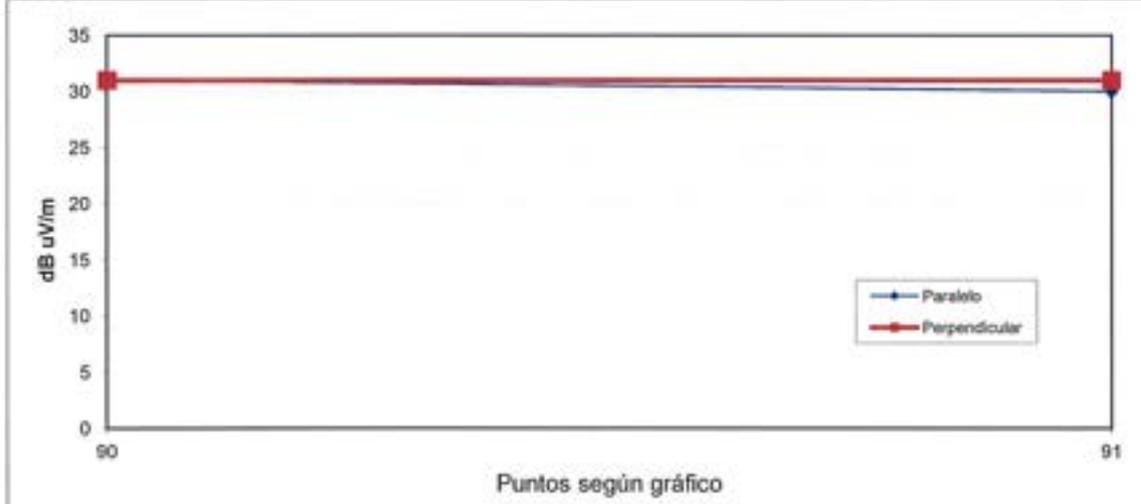
Lado G



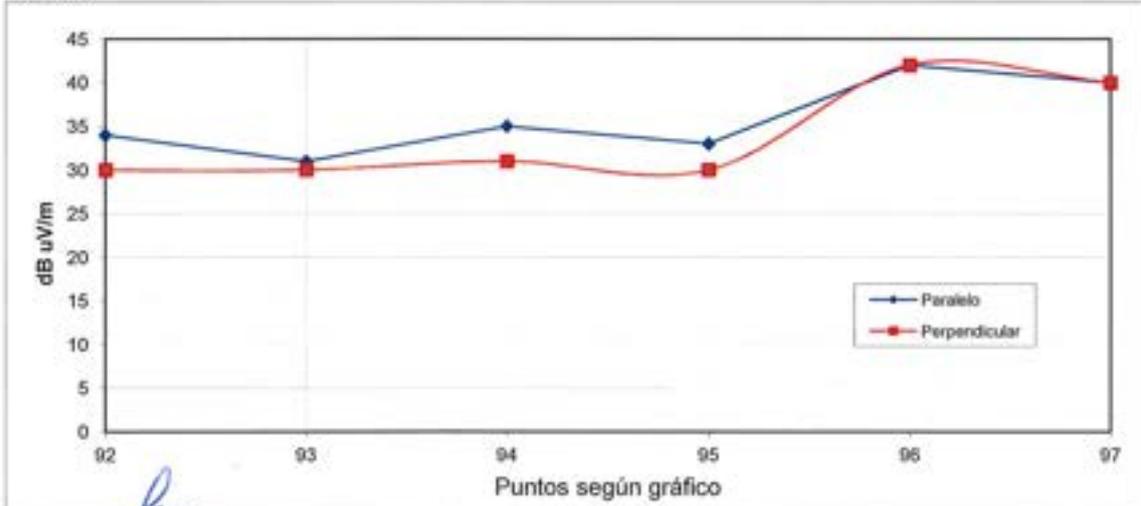
Lado H



Lado I



Lado J



Firma:

Aclaración: F. J. Souza Beltrame

AGENTE: Siemens S.A.

Período:

HOJA 1/5

RUIDO AUDIBLE - ( IRAM 4061 Y 4062 )

**1. DATOS GENERALES****1.1. Tipo de Instalación**1.1.1. ET ó SE 1.1.2. CT 1.1.3. Cable Subterráneo 1.1.4. Línea Aérea **1.1.4.1. Tipología** 3 x 132 kV 2 x 3 x 220 kV 3 x 220 kV Otros : 3 x 500 kV

1.1.4.2. Cantidad de conductores:

1.1.4.3. Corriente Nominal [A] :

1.1.4.4. Tensión Nominal [kV] :

**1.2. Identificación de la Instalación:**

a) Código: ETPY

b) Nombre: ET Puerto Madryn 500 kV

**1.3. Lugar / Dirección:**1.4. Fecha: Latitud: 42° 42' 16" S  
22/10/2019

Longitud: 65° 6' 18" O

1.5. Hora: a) Inicial: 9:15

b) Final: 12:00

**1.6. Responsable de las Mediciones:**

a) Apellido Issouribehere b) Nombre Fernando

1.7. Organismo / Empresa: IITREE-LAT

1.8. Protocolo N°: IL-060-19

1.9. Norma: IRAM 4061 Y 4062

**2. INSTRUMENTAL DE MEDICION****2.1. Instrumental de Medición de Ruido Audible**

2.1.1. Marca: TES

2.1.2. Medidor: a) Modelo. TES-1353 b) N° de Serie: 980405198

**2.1.3. Calibración del Instrumental**

a) Emisor del Certificado: IITREE LAT b) N° de Certificado: CIC-011-19

c) Fecha: 14/06/2019 d) Fecha Vencimiento: 14/06/2020

**2.2. Instrumental de Medición de Condiciones Meteorológicas**

2.2.1. Marca: DAVIS

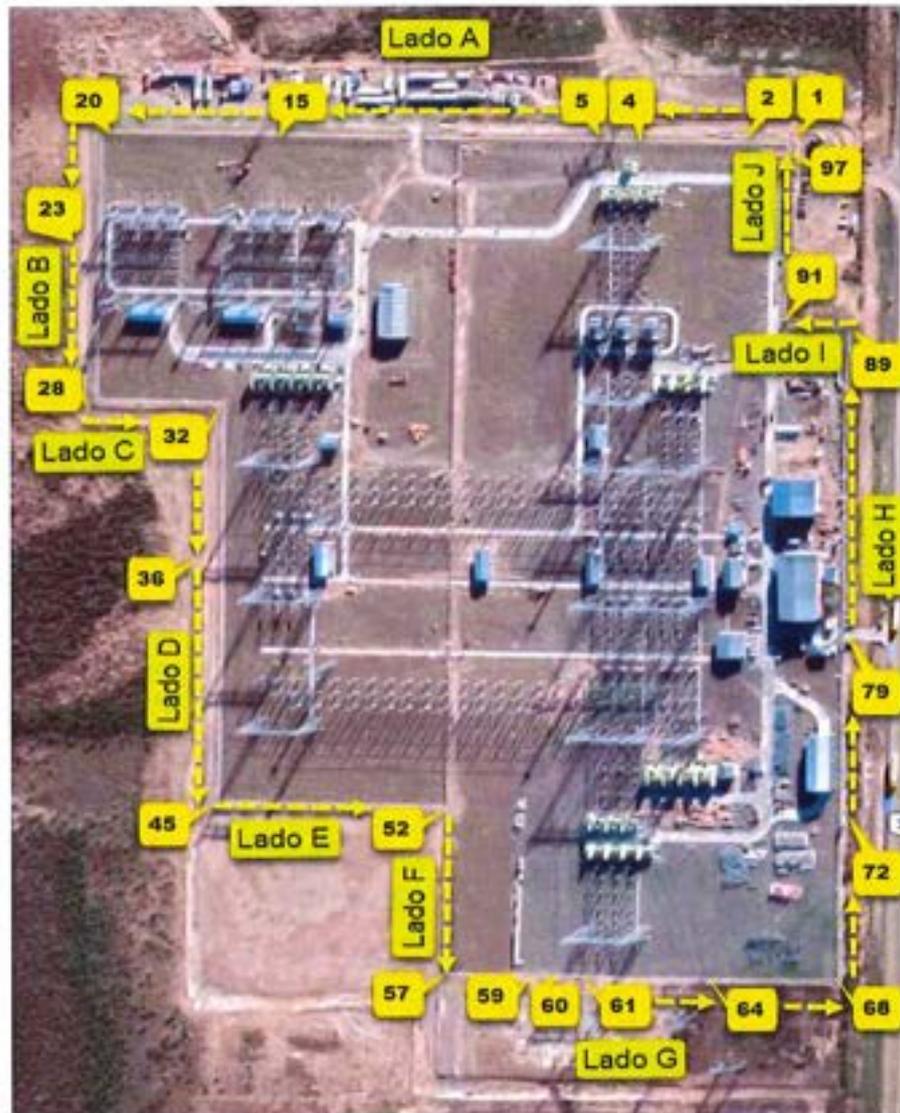
2.2.2. Medidor: b) Modelo: Perception II c) N° de Serie: PC20812A26

**2.2.3. Calibración del Instrumental**

a) Fecha: 16/10/2019 b) Método: Comparación con SIAP 8187

3. UBICACIÓN DE LA MEDICIÓN

3.1. Gráfico



3.2. Fotografías



*[Handwritten signature]*

AGENTE: Siemens S.A.

Período:

HOJA 3/5

RUIDO AUDIBLE - ( IRAM 4061 Y 4062 )

**4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES****4.1. Condiciones Ambientales**

4.1.1. Temperatura [°C] :	11
4.1.2. H.R.A. [%] :	53
4.1.3. Presión Atmosférica [hPa]:	1018

**4.2. Condiciones de carga**

4.2.1. Potencia Actual [MW] :	Línea 132 kV (Campo 03)	102 MW
	Línea 132 kV (Campo 04)	102,5 MW
	Pto Madryn - Santa Cruz Norte 500 kV	100 MW
	Pto Madryn - Choele Choele 500 kV	15 MW
	N. P. Madryn - P. Madryn 330 kV	120 MW

**4.3. Puntos de medición**

Lado A - (Distancia entre puntos 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	dB(A)
1	Esquina Noreste	53
2		55
3		52
4	Cercano a Línea 500 kV	52
5	Cercano a Línea 500 kV	55
6	Cercano a Línea 500 kV	53
7		58
8		60
9		57
10		53
11		52
12		46
13		50
14		47
15	Bajo Línea 132 kV	47
16		48
17		51
18		43
19		47
20	Vértice de lado A	55

Lado B - (Distancia entre puntos 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	dB(A)
21		58
22		52
23		48
24		48
25		54
26		48
27		47
28	Vértice de lado B	51

Lado C - (Distancia entre puntos 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	dB(A)
29		51
30		57
31		49
32	Vértice de lado C. A 12 m del punto anterior	57

AGENTE: Siemens S.A.

Periodo:

HOJA 4/5

RUIDO AUDIBLE - ( IRAM 4061 Y 4062 )

Lado D - (Distancia entre puntos 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	dB(A)
33		48
34		48
35		53
36		54
37		50
38		48
39		53
40		53
41		52
42		53
43		49
44		48
45	Vértice del lado B. A 10 m del punto anterior	48

Lado E - (Distancia entre puntos 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	dB(A)
46		58
47		55
48		55
49		55
50		53
51		58
52	Vértice del lado E. A 10 m del punto anterior	52

Lado F - (Distancia entre puntos 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	dB(A)
53		52
54		52
55		52
56		53
57	Vértice del lado F	53

Lado G - (Distancia entre puntos 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	dB(A)
58		55
59	Cercano a Línea 500 kV	55
60	Bajo Línea 500 kV	54
61		54
62		53
63		56
64	Bajo Línea 330 kV	54
65		49
66		53
67		52
68	Vértice del lado G	56

4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

Lado H - (Distancia entre puntos 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	dB(A)
69		56
70		54
71		55
72		53
73		52
74		54
75		52
76		47
77		45
78		48
79	Portón entrada ET	56
80		53
81		45
82		54
83		52
84		56
85		51
86		55
87		58
88		56
89	Vértice del lado H. A 6 m del punto anterior	49

Lado I - (Distancia entre puntos 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	dB(A)
90		55
91	Vértice del lado I	56

Lado J - (Distancia entre puntos 20 metros)

Punto según gráfico	Referencia	dB(A)
92		55
93		55
94		56
95		60
96	Frente a puesto de vigilancia	55
97	Vértice del lado J	58

Firma:



Aclaración:

F. Issouribehere





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PRUEBA DE EXACTITUD EN LA MEDICIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO

CIC-008-19

SOLICITADO POR: IITREE

#### INSTRUMENTO VERIFICADO:

Denominación: EM Field Analyzer  
Fabricante: NARDA  
Modelo: EFA-300  
N° de serie: V-0004  
Denominación: E Field Sensor  
Fabricante: NARDA  
Modelo: BN 2245/90.31  
N° de serie: T-0006

#### EQUIPAMIENTO DE REFERENCIA:

- Denominación: Capacitor de placas paralelas  
Fabricante: IITREE  
Constante:  $E \text{ [kV/m]} = U \text{ [kV]} 0,500 \text{ [1/m]}$
- Denominación: Divisor capacitivo de 50 kV  
Fabricante: HAEFELY  
Relación: 8000:1  
N° de serie: 154-384 / 161-059
- Denominación: Multímetro  
Fabricante: HEWLETT PACKARD  
Modelo: 34401A  
N° de serie: US36102526

Referidos a patrón secundario Calibrador Fluke 5500 A, N° de serie: 7665017, trazable al INTI según Certificado de Calibración SICE N° 02-21057-17 del 02/2017.

#### NORMAS DE REFERENCIA:

ANSI/IEEE Std 644-1987

#### CONDICIONES GENERALES:

Temperatura: 20 °C  
Frecuencia: 50,0 Hz.

CIC-008-19

Hoja 1 de 2

# IITREE-LAT

Instituto de Investigaciones  
Tecnológicas para Redes y Equipos  
Eléctricos / Laboratorio de Alta Tensión

FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA

## RESULTADOS OBTENIDOS:

Campo Eléctrico [kV/m]		Error [%]
Valor generado	Valor medido	
0,506	0,538	+6,26
0,997	1,069	+7,19
1,499	1,588	+5,95
2,000	2,123	+6,16
2,501	2,652	+6,04
3,002	3,182	+6,00
3,999	4,264	+6,63
5,000	5,307	+6,14
10,000	10,66	+6,60
15,006	15,94	+6,23

REALIZADO POR: Ing. Hugo Gastón Mayer

FECHA: 14 de Junio de 2019.

# IITREE-LAT

Instituto de Investigaciones  
Tecnológicas para Redes y Equipos  
Eléctricos / Laboratorio de Alta Tensión

FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PRUEBA DE EXACTITUD EN LA MEDICIÓN DE CAMPO MAGNÉTICO

CIC-006-19

SOLICITADO POR: IITREE

### INSTRUMENTO VERIFICADO:

- Denominación: Magnetic Field Tester  
Fabricante: Hioki  
Modelo: FT3470-50  
Nº de serie: 130600555
- Denominación: Magnetic Field Sensor (100 cm<sup>2</sup>)  
Fabricante: Hioki  
Modelo: 3471  
Nº de serie: 0803-B1

### EQUIPAMIENTO DE REFERENCIA:

- Denominación: Bobina de Helmholtz  
Fabricante: IITREE  
Constante:  $B [\mu T] = I [A] 61,97 [\mu T/A]$
- Denominación: Multimeter  
Fabricante: HEWLETT PACKARD  
Modelo: 3458A  
Nº de serie: 2823A23903

Referidos a patrón secundario Calibrador Fluke 5500 A, Nº de serie: 7665017, trazable al INTI según Certificado de Calibración SICE Nº 02-21057-17 del 02/2017.

### NORMAS DE REFERENCIA:

ANSI/IEEE Std 644-1987

### CONDICIONES GENERALES:

Temperatura: 20 °C  
Frecuencia: 50,0 Hz

CIC-006-19

Hoja 1 de 2



**RESULTADOS OBTENIDOS:**

Campo Magnético [ $\mu\text{T}$ ] (sensor 100 cm <sup>2</sup> )		Error [%]
Valor medido	Valor generado	
3,07	3,099	-0,92
6,19	6,213	-0,37
12,30	12,394	-0,76
18,45	18,603	-0,82
24,90	24,819	+0,33
31,1	30,997	+0,33
37,4	37,182	+0,59
43,4	43,379	+0,05
49,6	49,576	+0,05
55,8	55,773	+0,05
62,0	61,976	+0,04

REALIZADO POR: Ing. H. Gastón Mayer,

FECHA: 14 de Junio de 2019,

CIC-006-19

Hoja 2 de 2



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PRUEBA DE EXACTITUD DE MEDIDOR DE RADIOINTERFERENCIA

CIC-014-18

SOLICITADO POR: IITREE

**INSTRUMENTO VERIFICADO:**

Denominación: Medidor de Radiointerferencia  
Fabricante: IITREE  
Modelo: MRI  
Nº de serie: 001

**EQUIPAMIENTO DE REFERENCIA:**

- Denominación: Arbitrary Waveform Generator  
Fabricante: HEWLETT PACKARD  
Modelo: 33120A  
Nº de serie: US36013568
- Denominación: Spectrum Analyzer  
Fabricante: HEWLETT PACKARD  
Modelo: 3585A  
Nº de serie: 524643

**NORMA DE REFERENCIA:**

IEC / C.I.S.P.R. 16-1.

**CONDICIONES GENERALES:**

Temperatura: 20 °C

**RESULTADOS OBTENIDOS:**

Calibrador	Tensión [dB $\mu$ V]		Error [dB]
	Valor nominal	Valor medido	
	80,0	80,2	+ 0,3

# IITREE-LAT

Instituto de Investigaciones  
Tecnológicas para Redes y Equipos  
Eléctricos / Laboratorio de Alta Tensión

FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA

Indicador	Lectura [dB]		Error [dB]
	Valor nominal	Valor medido	
	16,0	16,2	0,2
	15,0	15,3	0,3
	14,0	14,3	0,3
	13,0	13,3	0,3
	12,0	12,3	0,3
	11,0	10,8	-0,2
	10,0	9,8	-0,2
	9,0	8,8	-0,2
	8,0	7,7	-0,3
	7,0	6,8	-0,2
	5,0	4,7	-0,3

Atenuador	Atenuación [dB]		Error [dB]
	Valor nominal	Valor medido	
	5,0	4,8	-0,2
	10,0	9,7	-0,3
	15,0	14,8	-0,2
	20,0	19,8	-0,2
	25,0	24,7	-0,3
	30,0	30,2	0,2
	35,0	35,2	0,2
	40,0	40,3	0,3
	45,0	45,2	0,2
	50,0	50,2	0,2
	55,0	55,2	0,2
	60,0	60,5	0,5
	65,0	65,4	0,4
	70,0	70,4	0,4
	75,0	75,3	0,3
	80,0	80,6	0,6

REALIZADO POR: Ing. H. Gastón Mayer.

FECHA: 2 de Noviembre de 2018.

CIC-014-18

Hoja 2 de 2



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PRUEBA DE EXACTITUD DE MEDIDOR DE NIVEL SONORO

CIC-011-19

SOLICITADO POR: IITREE

**INSTRUMENTO VERIFICADO:**

Denominación: Medidor de Nivel Sonoro.  
Fabricante: TES  
Modelo: TES-1353  
Nº de serie: 980405198

**EQUIPAMIENTO DE REFERENCIA:**

Denominación: Calibrador de Nivel Sonoro  
Fabricante: TES  
Modelo: TES-1356  
Nº de serie: 970904557

Referido a patrón del LAL (Laboratorio de Acústica y Luminotecnia) de la Provincia de Buenos Aires según protocolo N° 63334/17 del 16/02/2017.

**NORMAS DE REFERENCIA:**

IEC 651-1979  
IRAM 4074-I-1988

**CONDICIONES GENERALES:**

Temperatura: 21 °C

**RESULTADOS OBTENIDOS:**

Nivel de presión sonora [dB]		Error [dB]
Valor medido	Calibrador	
93,7	94,0	- 0,3

REALIZADO POR: Ing. H. Gastón Mayer.

FECHA: 14 de Junio de 2019.

Página 1 de 1

# **AMPLIACION DE LA ESTACION TRANSFORMADORA PUERTO MADRYN 500/132 KV - TRANSENER**



1

**ANALISIS DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS DE BAJA FRECUENCIA ORIGINADOS POR LA  
AMPLIACION DE LA ESTACION TRANSFORMADORA PUERTO MADRYN 500 / 132 KV**

## **APENDICE 2**

**NIVELES DE CAMPO MAGNÉTICO ORIGINADOS POR LA ET  
PUERTO MADRYN-AMPLIACIÓN**

**IITREE-INFORME TECNICO IT-1883-21**

**Agosto 2021**

**Solicitado por:** ICONO S.R.L.  
**Referencia:** PR-047-21. ORDEN DE COMPRA N° 00000148/21  
**Representante:** Ing. Guillermo Alonso

**INFORME TÉCNICO**

**Realizado por:** Ing. Carlos A. Wall  
Ing. German Rubbo

**Tipo-N°:** IT-1883-21

**Dirigido por:** Ing. Beatriz Barbieri

**Fecha:** agosto 2021

**Dirección IITREE:** Ing. Patricia Arnera

**Hojas:** 19

**Participaron:**

**Anexos:** I a II

Hoja 1

**Tema:**

**NIVELES DE CAMPO MAGNÉTICO ORIGINADOS POR LA  
ET PUERTO MADRYN-AMPLIACIÓN.**

**Resumen:**

*En la Provincia de Chubut, se pretende realizar una modificación en la Estación Transformadora Puerto Madryn, que opera en los niveles de tensión de 132, 330 y 500 kV. La misma consiste en la incorporación de un banco monofásicos de transformadores y su respectivo equipamiento asociado, conformando un banco de 600 MVA.*

*En el presente trabajo se calculan los niveles de campo magnético, en la Estación Transformadora Puerto Madryn 500 kV.*

*Se han implementado modelos tridimensionales que involucran los elementos de la nueva instalación. Se realizan cálculos de campo magnético, mediante método Biot-Savart, bajo diferentes condiciones de operación a fin de evaluar posibles valores máximos.*

*Se representan mediante gráficos y tablas los valores obtenidos.*

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2. GENERALIDADES</b>	<b>4</b>
2.1. Reglamentación Vigente en la República Argentina	4
2.2. Medición de Campo Magnético	4
2.3. Simulación de Campo Magnético	5
2.4. Emplazamiento de la ETPY	5
<b>3. DATOS SUMINISTRADOS</b>	<b>6</b>
3.1. Planos y configuración de la ET.	6
3.2. Datos de carga	8
<b>4. DETALLES DEL MODELO</b>	<b>9</b>
4.1. Configuración de la ET	9
4.2. LAAT	10
4.3. Modelo de Cálculo de Campo Magnético	10
4.4. Zona de Cálculo de Campo Magnético	11
<b>5. CASOS ANALIZADOS</b>	<b>11</b>
<b>6. RESULTADOS</b>	<b>13</b>
6.1. Campo Magnético en el borde perimetral de la ET.	13
6.1.1. Caso 1	13
6.1.2. Caso 2	14
6.1.3. Caso 3	14
6.1.4. Caso 4	15
6.2. Mapas de Campo magnético y curvas de nivel	15
6.3. Perfiles de campo magnético.	16
<b>7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	<b>18</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>19</b>
<b>9. REFERENCIAS</b>	<b>19</b>
<b>ANEXO I</b>	INFORMACIÓN SUMINISTRADA (Cantidad de páginas: 09).
<b>ANEXO II</b>	RESULTADOS OBTENIDOS DEL CÁLCULO DE CAMPO MAGNÉTICO. MAPAS, CURVAS DE NIVEL Y PERFILES (Cantidad de páginas: 11).

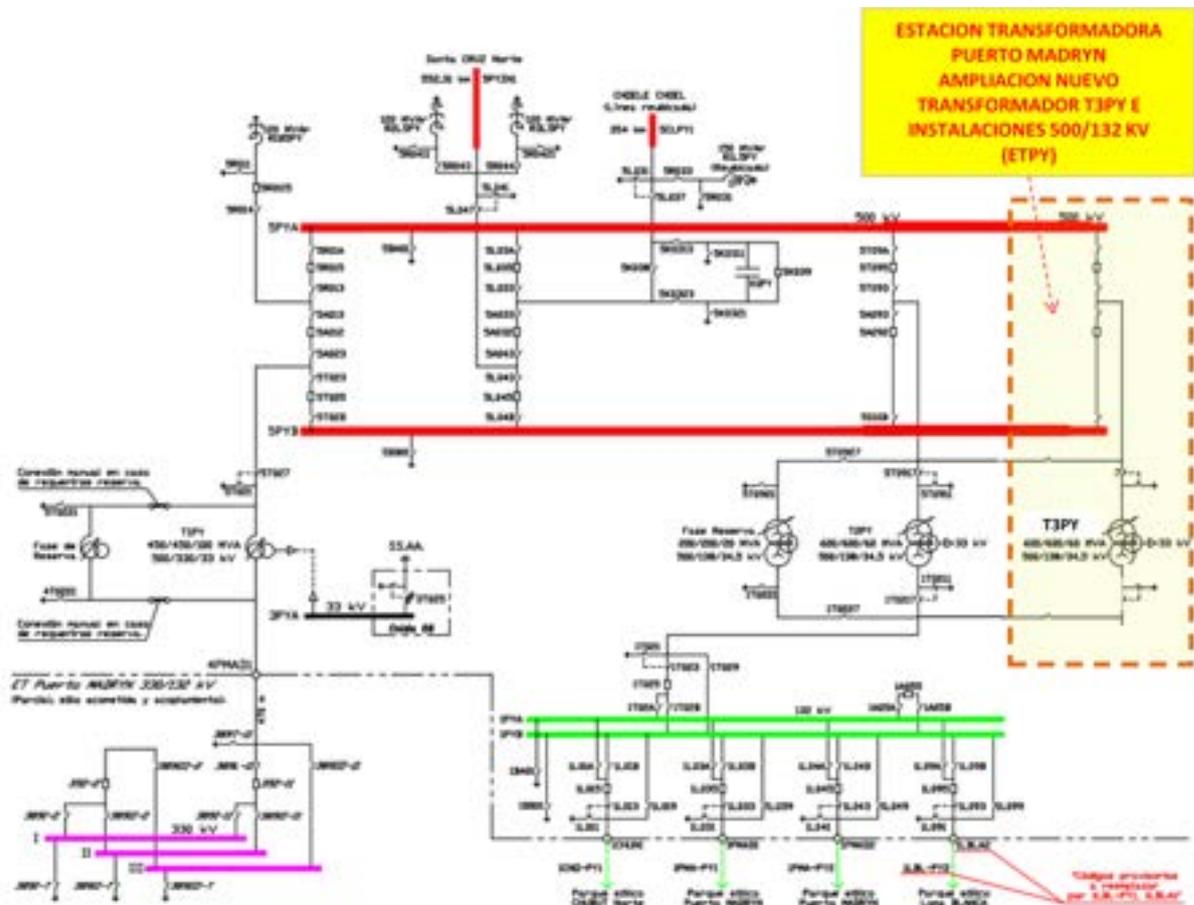
## 1. INTRODUCCIÓN

En Puerto Madryn, Provincia de Chubut, se pretende llevar a cabo la ampliación de la Estación Transformadora Puerto Madryn (ETPY) que opera en los niveles de tensión de 132, 330 y 500 kV.

Actualmente en la ETPY existe un autotransformador entre los niveles de tensión de 500 y 330 kV, cuya potencia es de 450 MVA. Este tiene, además, un bobinado terciario de 100 MVA, en 33 kV destinado a Servicios Auxiliares (SSAA) de la ETPY. Por otro lado entre los niveles de 132 y 500 kV existe un banco de transformadores monofásicos, que en su conjunto poseen una potencia de 600 MVA. También poseen bobinados secundarios en 33 kV, cuya potencia es de 60 MVA destinados a los SSAA.

La ETPY se vincula en el nivel de 500 kV con las EETT Santa Cruz Norte (ETZN) y Choele Choel (ETCL) operadas por la empresa TRANSENER, en el nivel de 330 kV con la Estación Transformadora Puerto Madryn 330 (ETPM) operado por la empresa TRANSPA y en el nivel de 132 kV se vincula con diversos Parque Eólicos (PE) existentes en la zona.

Se prevé la realización de la ampliación de la ETPM, instalando un nuevo banco de transformadores monofásicos entre los niveles de 132 y 500 kV, cuya potencia será de 600 MVA. Asociado al mismo, se instalarán los correspondientes campos en 132 y 500 kV. En la Figura 1 se presenta un diagrama unifilar de la ETPM, en el mismo se indican las nuevas instalaciones.



**Figura 1.** - Esquema unifilar de la ETPM 500/330/132 kV, con la incorporación de las nuevas instalaciones. indicando la ampliación.

Además, en la Figura 1 se pueden apreciar los vínculos existentes con los Parques Eólicos (PE) vinculados a la ETPY, como es el Parque Eólico Chubut Norte (PECN), el Parque Eólico Puerto Madryn (PEPM) y el Parque Eólico Loma Blanca (PELB).

El presente estudio tiene por objeto determinar si los posibles niveles máximos de campo magnético, originados por las nuevas instalaciones en el perímetro exterior de la ETPY, cumplen los requisitos de la normativa vigente.

Para lograr este objetivo, se realizaron modelos en tres dimensiones de las instalaciones que incluyen las principales fuentes de campo magnético. A partir de estos modelos, mediante un software especializado, se realizan los cálculos de dichos campos mediante método Biot-Savart, bajo diferentes condiciones de operación.

Finalmente, los resultados obtenidos son procesados para generar las gráficas que se incluyen en el presente informe, con el objeto de evaluar los posibles valores de campo magnético que podrían encontrarse.

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1. Reglamentación Vigente en la República Argentina**

Según el artículo 17 de la ley N° 24.065 [1], es la Secretaría de Energía de la Nación quien establece los estándares de emisión de contaminantes que surjan de la operación de equipos asociados con la generación, transporte y distribución de energía eléctrica.

A raíz de esto, la Secretaría de Energía promulga la Resolución 77/98 [2], y su modificación Resolución 297/98 [3] donde se indican los límites de los parámetros ambientales que caracterizan el impacto ambiental de dichas instalaciones (impacto visual, efecto corona, radio interferencia y ruido audible, ruido, campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia).

En dicha reglamentación se fija como valor límite de campo magnético 25  $\mu$ T (o bien 250 mG) en el borde de la franja de servidumbre, fuera de ella y en el borde perimetral de las subestaciones, medido a un metro del nivel del suelo.

Para reglamentar los procedimientos de medición de los parámetros ambientales descriptos, se promulga la Resolución ENRE 1724/98 [4]. Esta indica que se deben seguir las recomendaciones que da la norma IEEE 644 [5] en todo lo referido a la medición de campo magnético. Atentos a las reglamentaciones vigentes, en el presente informe, se siguen todas las recomendaciones aplicables a las normativas mencionadas.

### **2.2. Medición de Campo Magnético**

Los procedimientos de medición, de campos magnéticos producidos por líneas e instalaciones de potencia, se encuentran normalizados por las normas internacionales IEEE 644-2019 [5] e IEC 61876: 1998 [6].

Dado que el campo magnético es una magnitud vectorial variable en el tiempo, cuantificarlo como una magnitud escalar puede llevar a ambigüedades y resulta ser un poco más complejo que otras variables escalares variables en el tiempo como tensión o corriente.

Por esto la norma sugiere dos formas distintas de cuantificar el campo magnético, una para los medidores de un solo eje (con una sola bobina) y otra para los medidores de tres ejes, con tres bobinas ortogonales entre sí. En ambos casos se supone que la variación de las componentes del campo es del tipo senoidal.

Un medidor de un eje mide el campo sólo en la dirección en que está orientado. Por esto la indicación del medidor depende de la orientación que el operador le da al instrumento. En cambio un medidor de tres ejes es sensible al campo magnético en las tres direcciones del espacio y por esto la indicación del medidor de tres ejes es independiente de la orientación. Por los mismos motivos la indicación de un medidor de tres bobinas es siempre mayor (hasta un 41 %) a la indicación de un medidor de un solo eje.

Según las normas la indicación de un medidor de tres ejes, llamada campo resultante ( $B_R$ ), queda definida según la ecuación:

$$B_R = \sqrt{B_X^2 + B_Y^2 + B_Z^2} \quad (1)$$

donde:  $B_X$ ,  $B_Y$  y  $B_Z$  son los valores eficaces de las componentes que definen al campo en cada una de las tres direcciones ortogonales del espacio. Cada componente es medida por una de las tres bobinas y son luego combinadas por el instrumento, ya sea analógica o digitalmente, como indica la ecuación.

### 2.3. Simulación de Campo Magnético

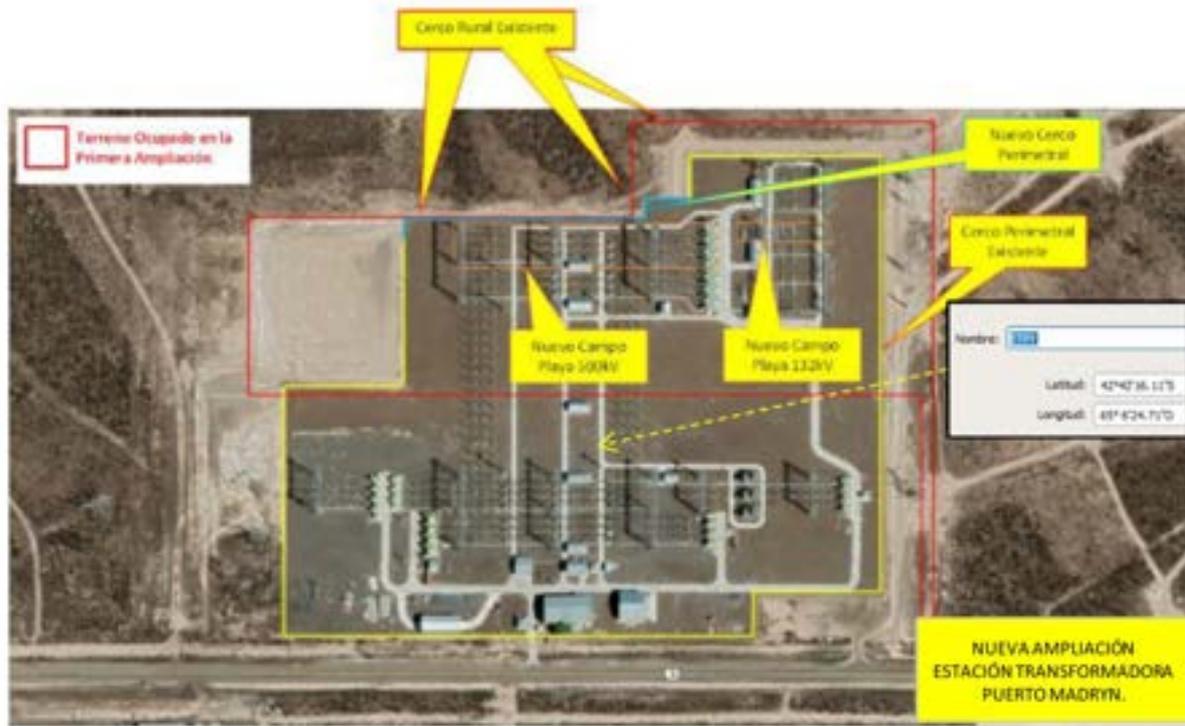
Para el cálculo se utiliza el programa Opera 10.506 de la empresa Vector Fields Inc. [7]. Este software permite el modelado en tres dimensiones de todos los conductores como segmentos finitos de corriente.

Los campos calculados en el presente informe siguen las recomendaciones de la norma para medidores de tres bobinas, por ser estos más representativos. Para determinar  $B_R$ , en una simulación, primero se debe calcular el valor eficaz de cada una de las tres componentes espaciales que definen al campo:  $B_X$ ,  $B_Y$  y  $B_Z$ . Esto se logra sumando el aporte de cada uno de los segmentos de corriente respetando la amplitud y fase relativa de su variación en el tiempo. Una vez obtenidos los valores eficaces  $B_X$ ,  $B_Y$  y  $B_Z$  numéricamente, se los combina como indica la ecuación (1) para calcular  $B_R$ .

Los resultados son presentados en forma de mapas, curvas de nivel y perfiles campo magnético, obtenidos a un metro de altura sobre el terreno.

### 2.4. Emplazamiento de la ETPY

La ETPY se encuentra emplazada en la ciudad de Puerto Madryn, Provincia de Chubut, República Argentina. La ETPY está emplazada sobre la Ruta Nacional (RN) N° 3. En la Figura 2 se aprecia el lugar de emplazamiento por medio de una imagen satelital. En la misma se indican a modo de referencia las modificaciones que se pretenden realizar. En la parte inferior de la imagen se puede observar la RN N°3.



**Figura 2.** Lugar de emplazamiento de la ETPY y obras proyectadas.

### 3. DATOS SUMINISTRADOS

Para la realización de los modelos se contó con información correspondiente a aspectos constructivos y datos de carga. La información fue remitida por ICONO S.RL.

#### 3.1. Planos y configuración de la ET.

Los datos considerados de la configuración de las instalaciones actuales y las futuras instalaciones se extraen de la documentación suministrada. En el Anexo I se incluye la más relevante.

En la Tabla I se indican los nombres de los documentos empleados, su título, la referencia a la correspondiente figura del Anexo I del presente informe y aclaraciones sobre su utilización.

En las figuras, en algunos casos sólo se ha volcado en forma parcial la información de los planos considerados, esto tiene por objeto destacar la información utilizada para la elaboración de los modelos de cálculo.

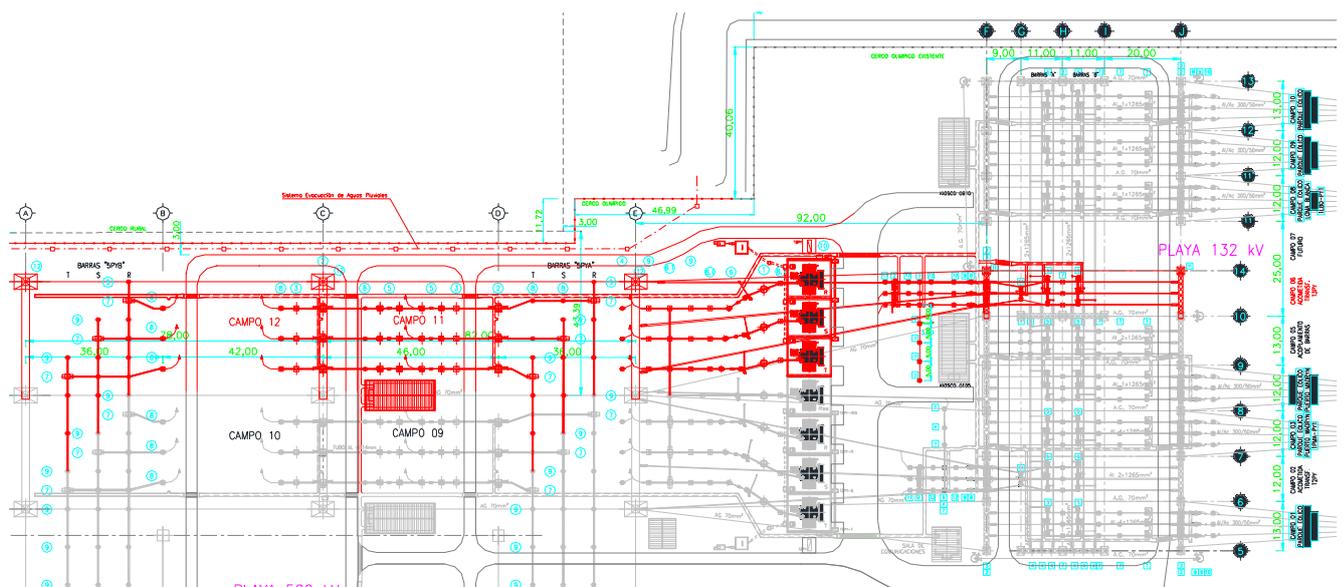
**Tabla I.** Detalle de la información considerada para la elaboración del modelo.

Documento / Título	Referencia	Utilizado para
E-PY-0-00-M-PL-101-A Planta General.pdf Plano N°: E-PY-0-00-M-PL-101-A1 E.T. PUERTO MADRYN 500/132/33 kV [AMPLIACIÓN] PLANTA GENERAL	Figura AI- 1	Layout de la ETPY
E-PY-5-00-M-PL-102 Cortes 500 kV.pdf Plano N°: E-PY-5-00-M-PL-102 E.T. PUERTO MADRYN 500/132/33 kV (AMPLIACIÓN) PLAYA 500KV. CORTES.	Figura AI- 2 Figura AI- 3 Figura AI- 4 Figura AI- 5	Determinar las alturas y distancias en el nivel de 500 kV
E-PY-1-00-M-PL-103 Cortes 132kV.pdf Plano N°: E-PY-1-00-M-PL-103 E.T. PUERTO MADRYN 500/132/33 kV (AMPLIACIÓN)	Figura AI- 6 Figura AI- 7	Determinar las alturas y distancias en el nivel de 132 kV

Documento / Título	Referencia	Utilizado para
PLAYA 500KV. CORTES. L-CLPY-5-01-T-PL-004-1.dwg Plano: L-CLPY-5-01-T-PL-004 LINEA 500 kv CHOELE CHOEL - PUERTO MADRYN ESTRUCTURA DE RETENCION – TERMINAL. TIPO R60- T55. Esquema Geométrico-Numeración de Nudos y Barras- Distancias Eléctricas	Figura AI- 8	Dimensiones en el Piquete de acometida a la ET BB. Primer piquete desde el pórtico de salida de la playa de 500 kV.
0420 - L-WAPY-4-01-T-PL-003-R1 (A1).pdf Plano N°: L-WAPY-4-01-T-PL-003 PLANO ANALÍTICO DE TORRE TERMINAL Y DESVÍO ANGULAR DE HASTA 90° PEMAD1-0404-00-C-PL-0420-R1	Figura AI- 9	Dimensiones en el Piquete de acometida a la ET BB. Primer piquete desde el pórtico de salida de la playa de 132 kV, DT.
L-WBPY-4-01-T-PL-006-RD-ACO.pdf Plano N°: L-WBPY-4-01-T-PL-006 PLANO ANALÍTICO DE POSTE DE HORMIGÓN RETENCION ANGULAR 38° SIMPLE TERNA - Piquete V12	Figura AI- 10	Dimensiones en el Piquete de acometida a la ET BB. Primer piquete desde el pórtico de salida de la playa de 132 kV, ST.
0110 - L-WAPM-4-01-P-PL-002-R1 (A1-1010x310mm).pdf Plano N°: L-WAPM-4-01-P-PL-002 RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO. PLANALTIMETRÍA Y DISTRIBUCION DE ESTRUCTURAS. PEMAD1-0404-00-G-PL-0110-R1	Figura AI- 11	Altura de los conductores de 132 kV, en el primer vano de las LAAT.
L-CLPY-5-01-P-PL-011-CAO.dwg Plano: L-CLPY-5-01-P-PL-011 LINEA 500 kv CHOELE CHOEL - PUERTO MADRYN PLANIMETRIA. E. T. PUERTO MADRYN - Km 4 Piquete 1 a Piquete 8	Figura AI- 12	Altura de los conductores de 500 kV, en el primer vano de las LAAT.

En la Figura AI- 13 se presenta una imagen satelital, de la zona de acometida de las LAAT de 132 kV, en la misma se identifican cada una de las ternas.

En la Figura 3 se presenta una imagen con el layout de la ETPY, con detalles de las nuevas instalaciones en 132 y 500 kV. En color rojo se indican las nuevas instalaciones que se incorporan, transformadores y barras. En color gris se indican las instalaciones existentes actualmente.



**Figura 3.** Layout de la ETPY, playa de 132 y500 kV.

### 3.2. Datos de carga

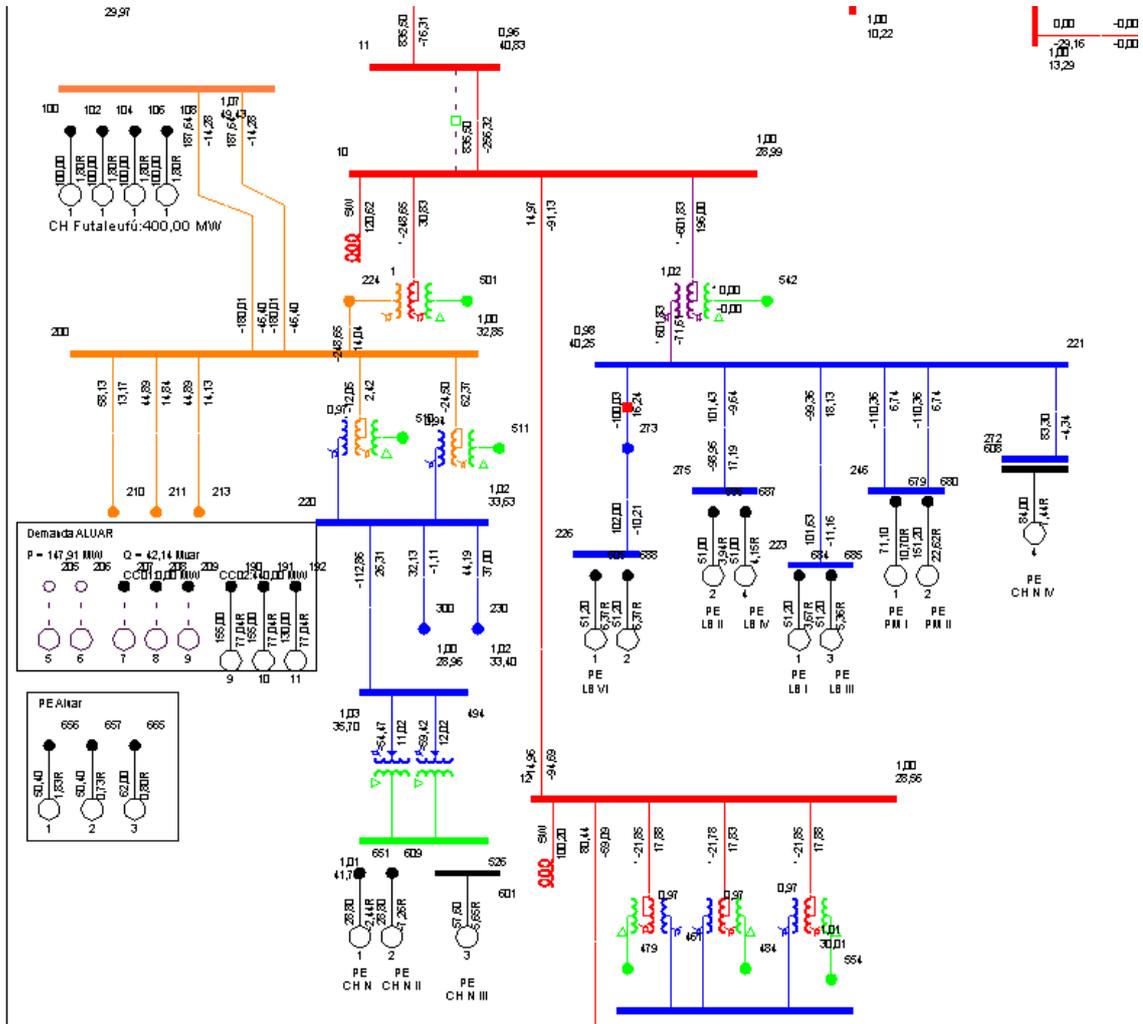
Para definir las condiciones de carga, se consideró la información aportada por el solicitante.

En la Tabla II se presentan los valores máximos de corriente por las líneas que acometen a la ETPM en los distintos niveles de tensión (132, 330 y 500 kV), se indican los valores correspondientes al límite térmico de los conductores para cada caso.

**Tabla II - Características de los conductores de fase de las LAATs consideradas**

Línea	Tensión [kV]	Sigla	Tipo de conductor	Corriente máx. del conductor [A]	Corriente máx. considerada [A]	Observaciones
PELB I y III – ETPY	132	LBPY	Al/Ac 300/50	740	740	Doble Terna
PELB II y IV – ETPY	132	LBPY	Al/Ac 300/50	740	740	
PELB VI – ETPY	132	LBPY	Al/Ac 300/50	740	740	
PEPM I – ETPY	132	PMPY	Al/Ac 300/50	740	740	Doble Terna
PEPM II – ETPY	132	PMPY	Al/Ac 300/50	740	740	
PECN – ETPY	132	CNPY	Al/Ac 300/50	740	740	
ETPY - ETPM	330	PYPM	Egret 322/73	855	1710	Haz de dos conductores por fase.
ETCL – ETPY	500	CLPY	Peace River Modificado	830	3320	Haz de cuatro conductores por fase.
ETPY – ETZN	500	PYZN	Peace River Modificado	830	3320	Haz de cuatro conductores por fase.

Para definir una situación en que se representa una situación de operación de la ETPY, se consideró el IT-1785-21 Rev1 “Estudio de acceso de nuevo transformador de 500/132 kV de la ET Puerto Madryn”, del mismo se estableció el flujo de carga en la ETPY, correspondiente al escenario Base PICO Verano 2023-2024, el que se presenta en la Figura 4.



**Figura 4.** Flujo de carga en la ETPY, correspondiente al escenario Base PICO Verano 2023-2024.

#### 4. DETALLES DEL MODELO

Se han implementado modelos geométricos tridimensionales, contemplando las principales características constructivas.

Los modelos se han realizado con el nivel de detalle de la información que fuera suministrada por parte del Solicitante. Se han representado todos los elementos significativos para el cálculo de campo magnético.

Se realizan simulaciones considerando distintos casos bajo diferentes condiciones de carga.

##### 4.1. Configuración de la ET

Como ya se mencionó en este informe, a la ETPY acometen los PELB, PEPM y PECN en un total de 6 líneas de 132kV tal como se puede ver en la Figura 4. En una línea doble terna acometen los PPEE LBI, LBII, LBIII y LBIV, de un lado de la torre el PELB I y III compartiendo línea, del otro lado PELB II y IV compartiendo la otra línea. Por otra parte en una línea simple terna acomete el PELB VI, luego en una línea doble terna acometen los PEPM I y PEPM II, uno de cada lado de la torre. Y por último en una línea simple terna acomete el PECN.

Las mencionadas líneas se conectan con los transformadores monofásicos de 132/500kV existentes por medio de dos juegos de barras en la Playa de 132kV, Barra A y Barra B del campo de acometida de transformadores.

En la Figura AI- 1 se presenta el Layout de la ETPY, que fuera suministrado por el comitente (ICONO S.R.L.).

En la Figura AI- 2, Figura AI- 3, Figura AI- 4 y Figura AI- 5, se presentan las imágenes correspondientes a diferentes cortes. En dichas imágenes pueden apreciarse las alturas del equipamiento, barras y los conductores desde el transformador, en el nivel de 500 kV.

En la Figura AI- 6 y Figura AI- 7, se presentan las imágenes correspondientes a diferentes cortes. En dichas imágenes pueden apreciarse las alturas del equipamiento, barras y los conductores desde el transformador, en el nivel de 132 kV.

#### **4.2. LAAT**

En las Figura AI- 8, Figura AI- 9 y Figura AI- 10, se muestran las principales dimensiones correspondientes a los piquetes de acometida a la ETPY.

En la Figura AI- 11 y Figura AI- 12 se presenta la información planialtimétrica con la que se contó para la elaboración de los modelos de cálculo.

#### **4.3. Modelo de Cálculo de Campo Magnético**

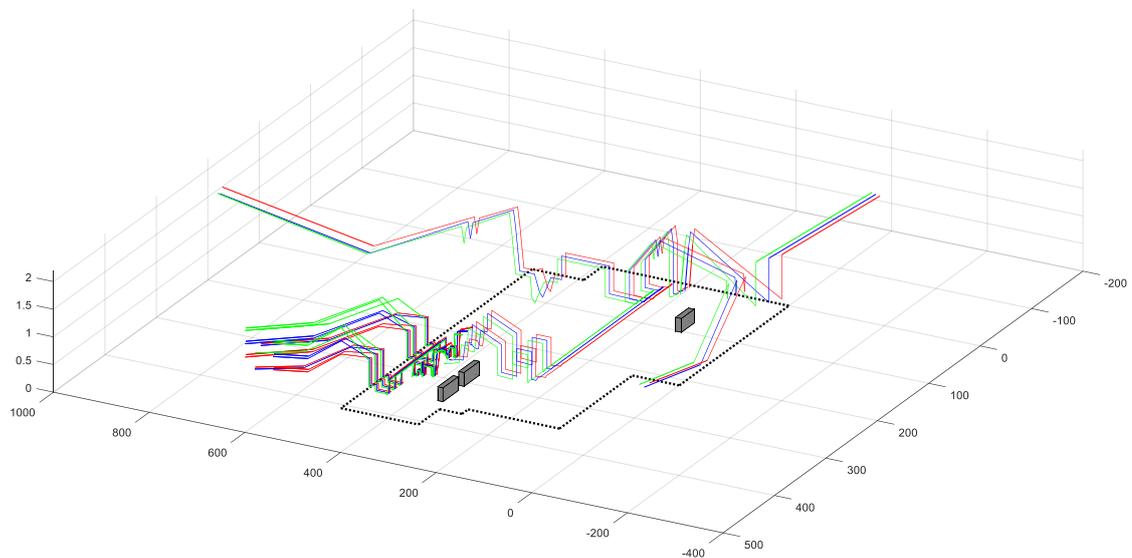
Se han implementado modelos geométricos tridimensionales, contemplando las principales características constructivas.

El modelo se ha representado con el nivel de detalle con el cual fue presentada la información por parte del Solicitante y considerando todos los elementos significativos para el cálculo de campo magnético.

Se realizan simulaciones considerando distintos casos bajo diferentes condiciones de carga.

La Figura 5 es el detalle del modelo tridimensional elaborado para realizar los cálculos. En la figura cada color representa a un conductor de fase R (verde), S (Azul) y T (Rojo).

No se consideran en el modelo los transformadores, pero se grafican, en la Figura 5, los mismos conjuntamente con el perímetro de la ETPY, a modo de referencia.



**Figura 5.** Modelo 3D realizado para la ET TPO.

#### **4.4. Zona de Cálculo de Campo Magnético**

La zona de cálculo se estableció en el borde perimetral de la ET, a 50 m desde el borde de la misma hacia todos los lados. La altura de cálculo fue de 1 m sobre el nivel del terreno.

### **5. CASOS ANALIZADOS**

Con el objeto de evaluar los posibles máximos valores de campo magnético que podrían existir, se realizan los cálculos analizando las condiciones de carga mencionadas anteriormente. Con lo cual surgen los siguientes casos a analizar.

Para todos los Casos se considera el vínculo de los transformadores monofásicos de 132/500kV (Tanto el existente como el de la ampliación) con las líneas de 500kV por medio de la Barra B de la Playa de 500kV y por la Barra A en 132 kV, ya que las mismas es la que se encuentra más próxima al borde perimetral. En el Caso de 132 kV, además la Barra A, es la que se encuentra más próxima a las nuevas instalaciones

En los casos de límite térmico de los conductores (Caso 1 y Caso 2) se considera el flujo de potencia desde los PPEE hacia la ETPY al igual que la línea de 500kV proveniente de la ETZN y la línea de 330kV proveniente de la ETPY, con dirección del flujo de potencia hacía la ETCL por la línea de 500kV que vincula la ETPY con la ETCL.

Los Casos 3 y 4 corresponden a las corrientes correspondientes al flujo de potencia de la Figura 4.

**Caso 1:** Se considera que toda la corriente que acomete a la ETPY desde los PPEE se dirige por la Barra A de la Playa de 132kV hacía los transformadores monofásicos de 132/500kV identificados como T2 (Transformador Existente).

La corriente considerada por cada línea de 132 kV es de 740 A (Límite Térmico del conductor 300/50).

La corriente considerada a la salida de los transformadores monofásicos es de 3314 A, valor que corresponde a dos conductores de aluminio (Límite Térmico conductor eléctrico de aluminio puro, desnudo, Norma IRAM 63003, de sección 1265mm<sup>2</sup>).

Para las líneas de 500kV se consideró una corriente de 3320 A (Límite Térmico para el conductor Peace River modificado 830 A).

Por último para la línea de 330kV se consideró una corriente de 1710 A (Límite Térmico para el conductor Egret 855 A).

**Caso 2:** Se considera que toda la corriente que acomete hacia la ETPY desde los PPEE se dirige por la Barra A de la Playa de 132kV hacía los transformadores monofásicos de 132/500kV identificados como T3 (Transformador a Instalar).

En este caso la corriente considerada por cada línea es de 740 A (Límite Térmico del conductor 300/50).

La corriente considerada a la salida de los transformadores monofásicos es de 3314 A, valor que corresponde a dos conductores de aluminio (Límite Térmico conductor eléctrico de aluminio puro, desnudo, Norma IRAM 63003, de sección 1265mm<sup>2</sup>).

Para las líneas de 500kV se consideró una corriente de 3320 A (Límite Térmico para el conductor Peace River modificado 830 A).

Por último para la línea de 330kV se consideró una corriente de 1710 A (Límite Térmico para el conductor Egret 855 A).

**Caso 3:** Se considera que toda la corriente que acomete a la ETPY desde los PPEE se dirige por la Barra A de la Playa de 132kV hacía los transformadores monofásicos de 132/500kV T2 (Transformador Existente). En este caso la corriente considerada por cada línea de 132, 330 y 500 kV es la indicada en la Tabla III.

La corriente considerada a la salida del transformador (T2 o T3) es de 730 A, en este caso se considera una sobrecarga del 5% de acuerdo al flujo de la Figura 4.

**Tabla III – Corrientes por Líneas según Flujo de Potencia.**

Línea	Nivel de Tensión [kV]	Corriente [A]
Choel Choel – Puerto Madryn	500	1008
Puerto Madryn - Santa Cruz		106
Puerto Madryn – Puerto Madryn		288
Puerto Madryn – Puerto Madryn	330	435
PE Chubut Norte	132	378
PE Puerto Madryn I		502
PE Puerto Madryn II		502
PE Loma Blanca I y III		458
PE Loma Blanca II y IV		462
PE Loma Blanca VI		466

**Caso 4:** Se tomaron las mismas consideraciones del Caso 3, teniendo en cuenta el mismo flujo de potencia con los mismos valores de corriente por las líneas (ver Tabla III), pero se consideró que toda la corriente que acomete ETPY de los PEs se dirige por la Barra A de la Playa de 132kV hacía los transformadores monofásicos de 132/500kV T3 (Transformador a Instalar).

## 6. RESULTADOS

Los resultados de campo magnético obtenidos, en el exterior del predio de la ET, a 1 m sobre el nivel del suelo, se presentan mediante distintos tipos de gráficos:

Mapas de campo magnético 3D.

Mapas de campo magnético (vista en planta).

Curvas de nivel de campo magnético (vista en planta).

Perfiles de campo magnético.

Cuando se hace referencia a 1 metro sobre el nivel del suelo, debe notarse que esta altura se toma sobre el borde perimetral adyacente al predio. Se remarca que las unidades de los valores de campo magnético se encuentran indicadas en  $\mu\text{T}$ .

En el Anexo II, se vuelcan, para todos los casos, los gráficos correspondientes a las vistas en planta de los Mapas de campo magnético, las Curvas de nivel y los Perfiles de campo magnético.

### 6.1. Campo Magnético en el borde perimetral de la ET.

En este punto se presentan los resultados de los Casos 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Las vistas presentadas son de un observador ubicado en la ETPY observando en la dirección Sur-Oeste.

Los valores mínimos de campo magnético se representan en azul y los máximos en amarillo.

En estos gráficos se superponen la ubicación de los diferentes conductores, estos se representan en diferentes colores para identificarlos por fase R (verde), S (Azul) y T (Rojo).

#### 6.1.1. Caso 1

En la Figura 6, se muestran los resultados del Caso 1.

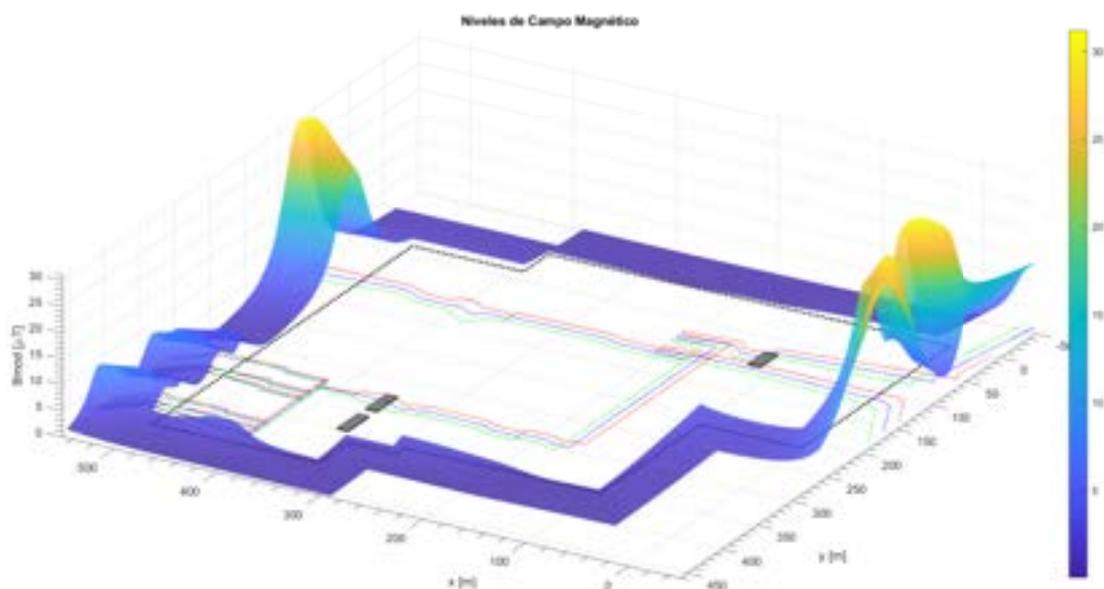
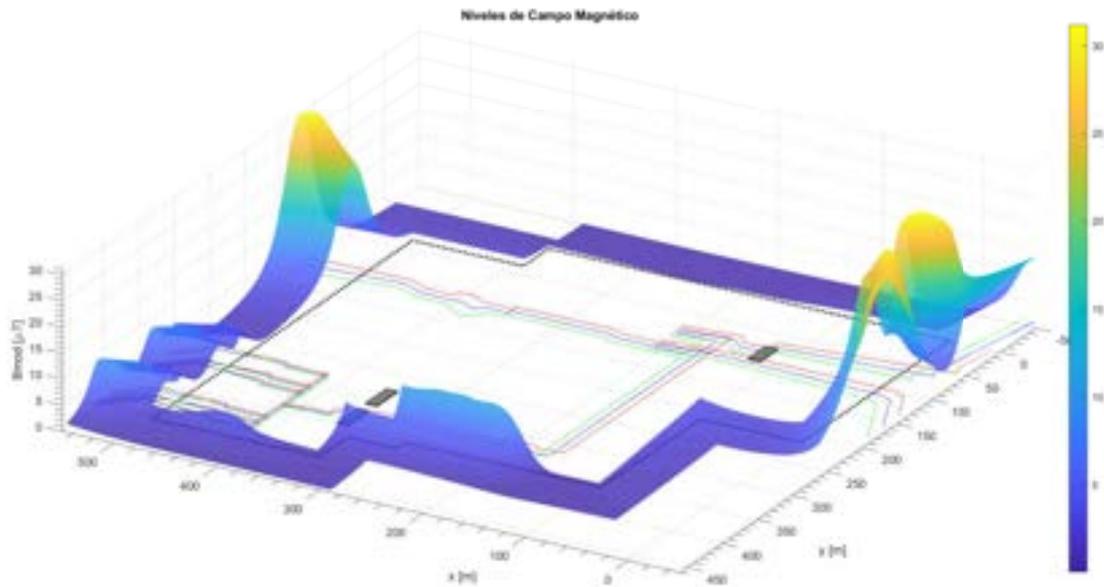


Figura 6. Niveles de Campo magnético, Caso 1.

### 6.1.2. Caso 2

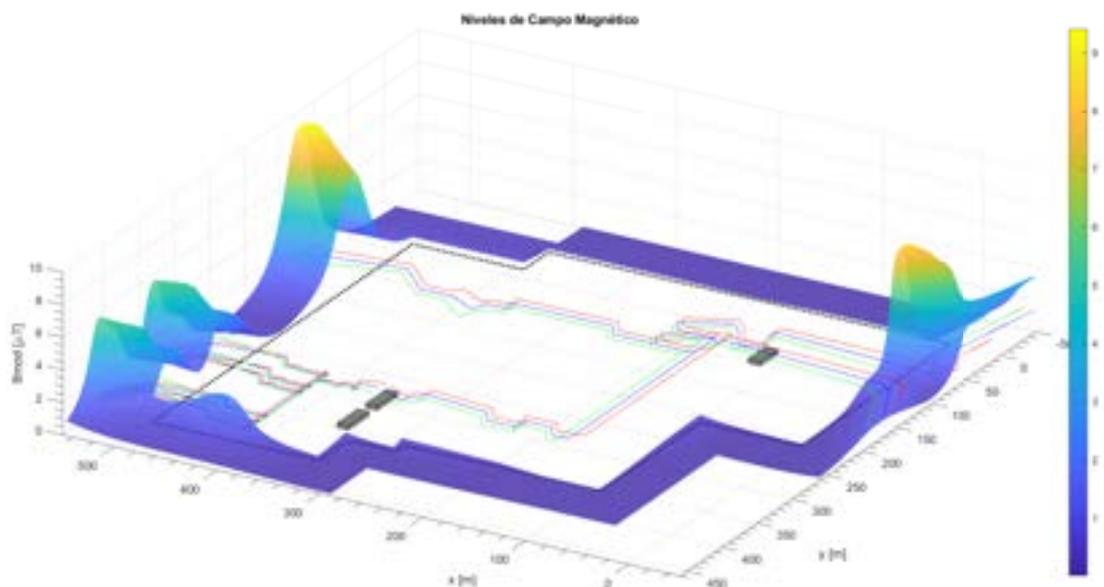
La Figura 7, se muestran los resultados del Caso 2.



**Figura 7.** Niveles de Campo magnético, Caso 2.

### 6.1.3. Caso 3

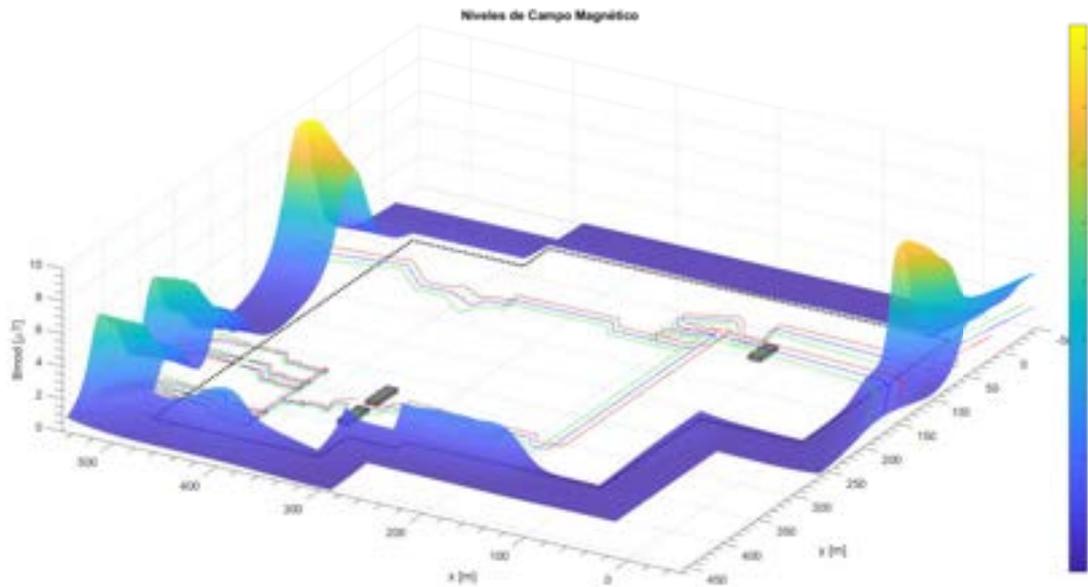
En la Figura 8, se muestran los resultados del Caso 3.



**Figura 8.** Niveles de Campo magnético, Caso 3.

#### 6.1.4. Caso 4

En la Figura 9, se muestran los resultados del Caso 4.



**Figura 9.** Niveles de Campo magnético, Caso 4.

## 6.2. Mapas de Campo magnético y curvas de nivel

Los mapas de campo magnético para cada uno de los casos analizados se vuelcan en diferentes figuras del Anexo II, de acuerdo al siguiente detalle:

- Caso 1: Figura AII- 1
- Caso 2: Figura AII- 3
- Caso 3: Figura AII- 5
- Caso 4: Figura AII- 7

El color de un punto en particular sobre dicha superficie representa el campo magnético resultante  $B_R$ , a 1 metro del nivel del suelo, cuyo valor se indica en la barra referencia de color a la derecha del mapa. En estos gráficos se superponen la ubicación de los diferentes conductores.

Para el caso de las curvas de nivel se observa el contorno del predio y fuera de este perímetro se muestran curvas que corresponden a aquellos puntos de igual valor de campo magnético. En el Anexo II se vuelcan los resultados en diferentes figuras, considerando la barra por la que se extrae la potencia:

- Caso 1: Figura AII- 2
- Caso 2: Figura AII- 4
- Caso 3: Figura AII- 6
- Caso 4: Figura AII- 8

Los valores mínimos de campo magnético se representan en azul y los máximos en amarillo.

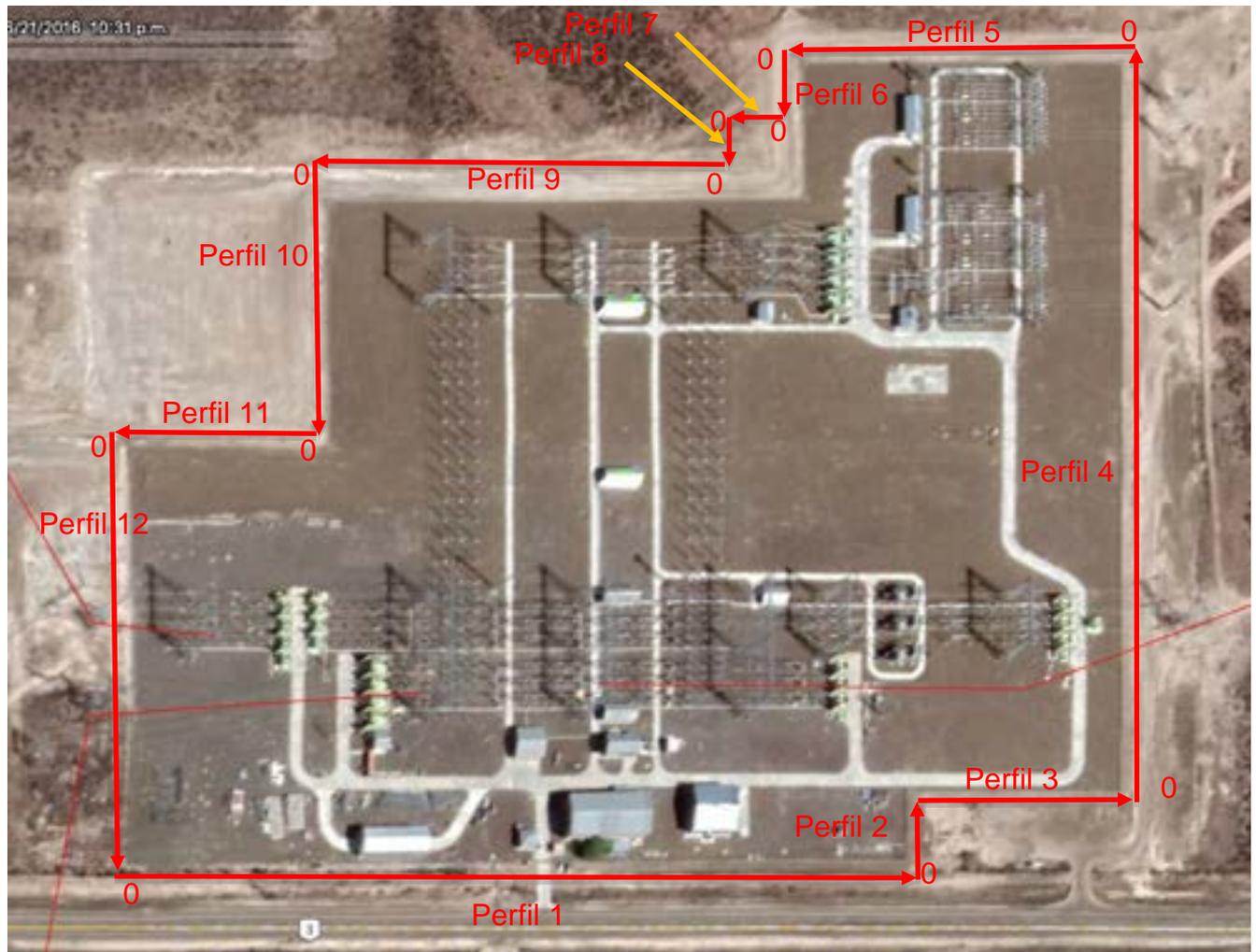
En estos gráficos se superponen la ubicación de los diferentes conductores, estos se representan en color negro.

### **6.3. Perfiles de campo magnético.**

Con el objeto de evaluar el impacto de las nuevas instalaciones, se trazan perfiles longitudinales de campo magnético en el exterior del predio, a 1 m del piso y a 1 m del borde perimetral, de acuerdo a la referencia indicada en la Figura 10.

Los perfiles con los valores de campo magnético obtenidos para cada uno de los casos analizados se vuelcan en diferentes figuras del Anexo II, de acuerdo al siguiente detalle:

Perfil 1 (a 1 m del borde perimetral):	Figura AII- 9
Perfil 2 (a 1 m del borde perimetral):	Figura AII- 10
Perfil 3 (a 1 m del borde perimetral):	Figura AII- 11
Perfil 4 (a 1 m del borde perimetral):	Figura AII- 12
Perfil 5 (a 1 m del borde perimetral):	Figura AII- 13
Perfil 6 (a 1 m del borde perimetral):	Figura AII- 14
Perfil 7 (a 1 m del borde perimetral):	Figura AII- 15
Perfil 8 (a 1 m del borde perimetral):	Figura AII- 16
Perfil 9 (a 1 m del borde perimetral):	Figura AII- 17
Perfil 10 (a 1 m del borde perimetral):	Figura AII- 18
Perfil 11 (a 1 m del borde perimetral):	Figura AII- 19
Perfil 12 (a 1 m del borde perimetral):	Figura AII- 20



**Figura 10.** Referencia de perfiles longitudinales de campo magnético a 1 m sobre el nivel del piso.

En la Tabla II se presentan los valores máximos obtenidos para el perfil de campo magnético, expresados en  $\mu\text{T}$ , para los casos analizados.

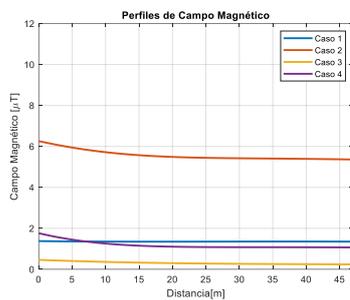
**Tabla IV.** Valores máximos de campo magético en el borde perimetral, zona de cálculo.

Perfil $\mu\text{T}$	Caso			
	1	2	3	4
1	2,85	2,85	2,85	2,85
2	1,3	1,35	0,4	0,45
3	1,4	1,41	0,43	0,45
4	23	23	7	7
5	3,8	4	2,45	2,6
6	1,4	6,2	0,45	1,75
7	1,4	6,2	0,45	1,75
8	2,2	10,3	0,4	2,2
9	2,2	10,9	0,4	2,2
10	3,5	3,6	0,35	0,4
11	3,5	3,6	0,35	0,4
12	29	29	8	8

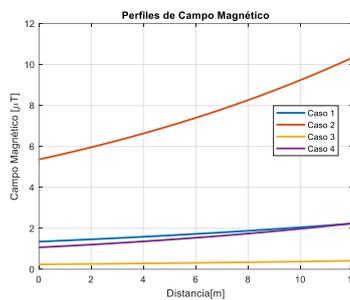
## 7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los valores de campo magnético calculados, son aquellos que se encuentran a 1 m de la superficie del terreno, de allí que los mayores valores de campo magnético se encuentran en las zonas adyacentes al tendido de los conductores.

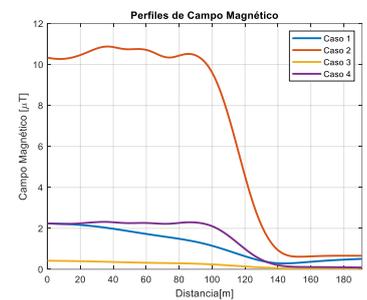
El objeto de este estudio es evaluar el impacto provocado por las nuevas instalaciones en los valores de campo magnético en el borde perimetral de la ETPY. Analizando los resultados puede observarse que la zona de influencia, por la proximidad de las nuevas instalaciones, es la zona comprendida por los perfiles 7 (Figura 11), 8 (Figura 12) y 9 (Figura 13), considerando las referencias presentadas en la Figura 10.



**Figura 11.** Perfil de Campo magnético 7.



**Figura 12.** Perfil de Campo magnético 8.



**Figura 13.** Perfil de Campo magnético 9.

Considerando que los casos representativos de la situación actual de la ETPY son los casos 1 y 3 y los correspondientes a la condición futura son los casos 2 y 4, una comparación entre ellos muestra el impacto de las nuevas instalaciones. Los Casos 1 y 2, presentan los valores de campo obtenidos considerando el límite térmico de la corriente por los conductores [2]. Para esta condición, la incorporación de las nuevas instalaciones, producirá en el borde perimetral de la ETPY un valor de campo de 10,9  $\mu\text{T}$  (Caso 2) respecto de los 2,2  $\mu\text{T}$  (Caso 1) obtenidos en la condición actual, esto se aprecia en la Figura 13.

Por otro lado, si se considera la condición de operación de la ETPY, Casos 3 y 4, comparando los valores obtenidos, la incorporación de las nuevas instalaciones, producirá en el borde perimetral de la ETPY un valor de campo de 2,2  $\mu\text{T}$  (Caso 3) respecto de los 0,4  $\mu\text{T}$  (Caso 4) obtenidos en la condición actual, esto se aprecia en la Figura 13.

En ninguna de las situaciones analizadas, se supera el valor máximo admitido (25  $\mu\text{T}$ ) por la reglamentación vigente [2].

Si se analizan los resultados obtenidos, en el resto del perímetro de la ETPY, la incorporación de las nuevas instalaciones, no provocan modificaciones significativas en los valores de campo magnético.

Por otro lado, en las zonas de influencia de las líneas aéreas de 330 y 500 kV, para los casos correspondientes al límite térmico de los conductores (Casos 1 y 2), se observan valores de campo magnético mayores a 25  $\mu\text{T}$ , esto se aprecia en las Figura AII- 1, Figura AII- 2, Figura AII- 3, Figura AII- 4 y Figura AII- 20. Hay que destacar que estos valores se producen justo debajo de los conductores de fases de las líneas CLPM, PMZN y PYPM, pero caen dentro de la franja de servidumbre de las mencionadas líneas. Además, esto no guarda relación con las ampliaciones incorporadas a la ETPY, objeto de este estudio.

## 8. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos responden al nivel de detalle de la información que ha sido recibida.

Los mayores valores de campo, fuera del predio de la ETPY, se obtienen por la influencia de las LAAT de 330 y 500 kV.

Las modificaciones en las instalaciones consideradas en este estudio, en las condiciones de carga consideradas, modificaran la distribución de los valores de campo magnético, en las zonas más próximas a las nuevas instalaciones.

En los casos considerados, los valores de campo magnético calculados no superan el valor máximo de 25  $\mu$ T, exigido por la reglamentación vigente.

## 9. REFERENCIAS

- [1] Ley N° 24.065, “Régimen de la Energía Eléctrica”, Jueves 19 de Diciembre 1991.
- [2] Resolución SE 77/1998. Boletín Oficial n° 28.859, miércoles 18 de marzo de 1998.
- [3] Resolución SE 297/1998. Boletín Oficial n° 28.950, lunes 3 de agosto de 1998.
- [4] Resolución ENRE 1724/1998. Boletín Oficial n° 29.038, lunes 7 de diciembre de 1998.
- [5] IEEE Std 644™-2019 “IEEE Standard for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines”. Approved 7 November 2019, IEEE SA Standards Board.
- [6] IEC61876:1998 “Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings - Special requirements for instruments and guidance for measurements”.
- [7] Vector Field Ltd., Opera 3D user manual, Kindlington, OX5 1JE, England 2005.
- [8] IT-1785-21 Rev1. “Estudio de acceso de nuevo transformador de 500/132 kV de la ET Puerto Madryn”. IITREE-LAT. Junio 2021.

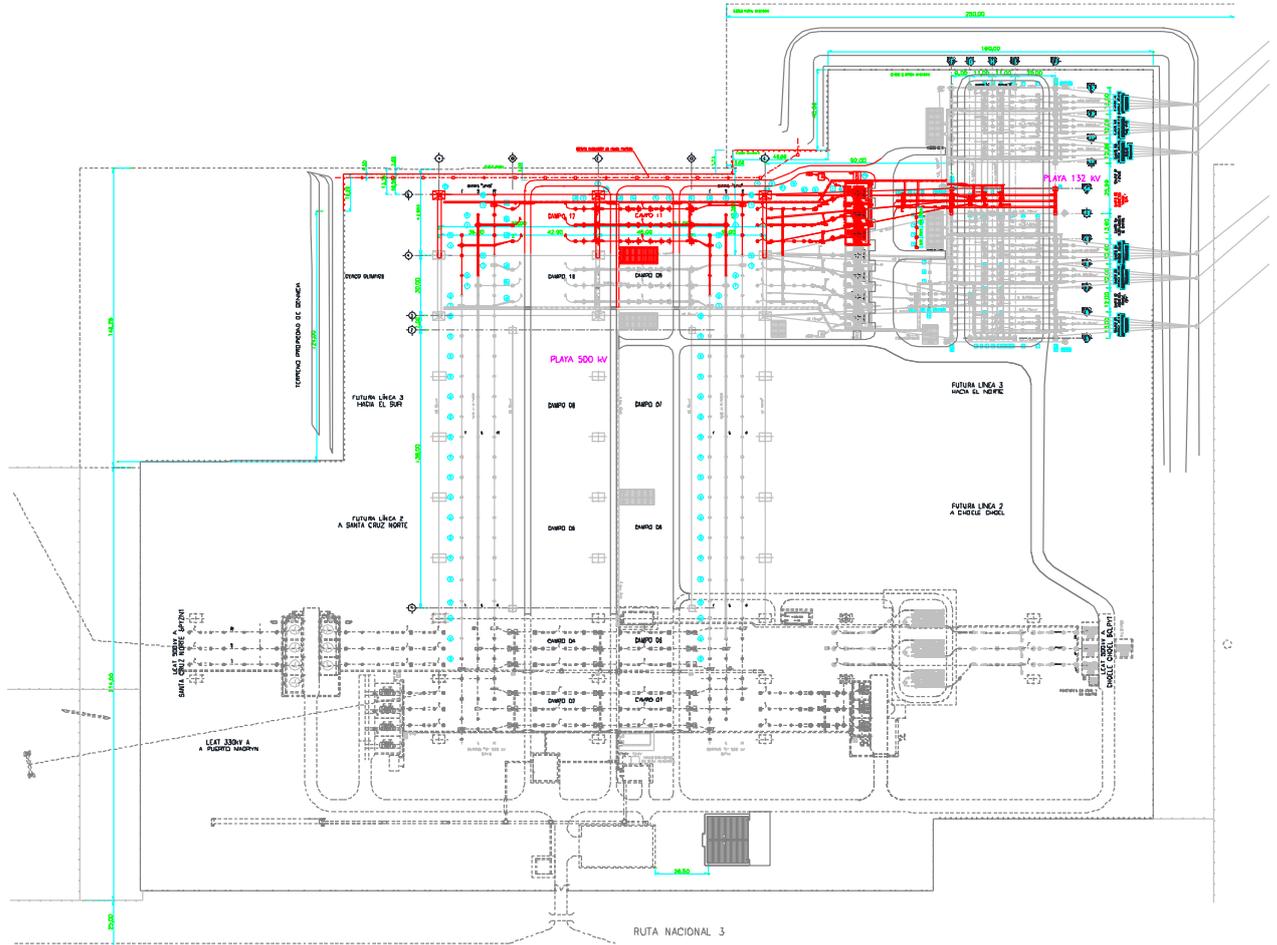


## **ANEXO I**

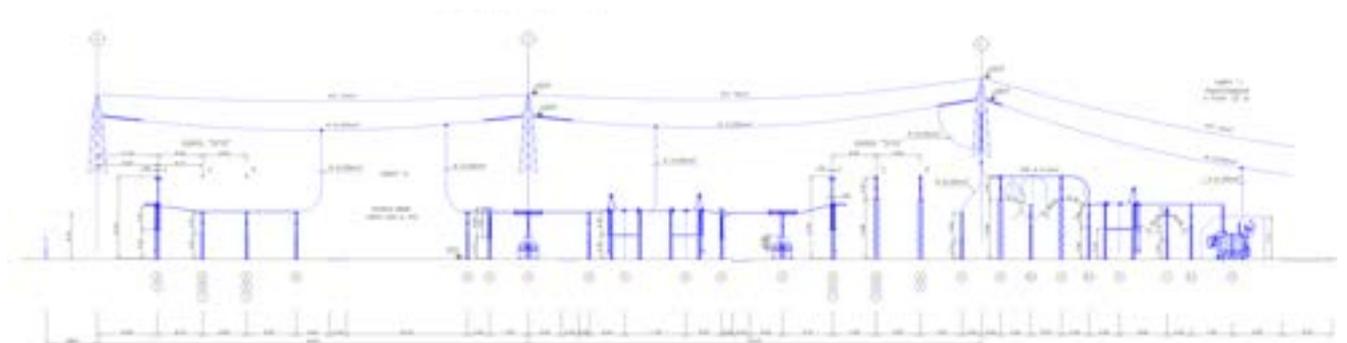
# **INFORMACIÓN APORTADA**

**Nota:** *El presente Anexo contiene 09 hojas, incluyendo la presente*

A continuación se vuelca la información entregada por el solicitante que fue utilizada para la elaboración de los distintos modelos y la simulación de los diferentes casos.



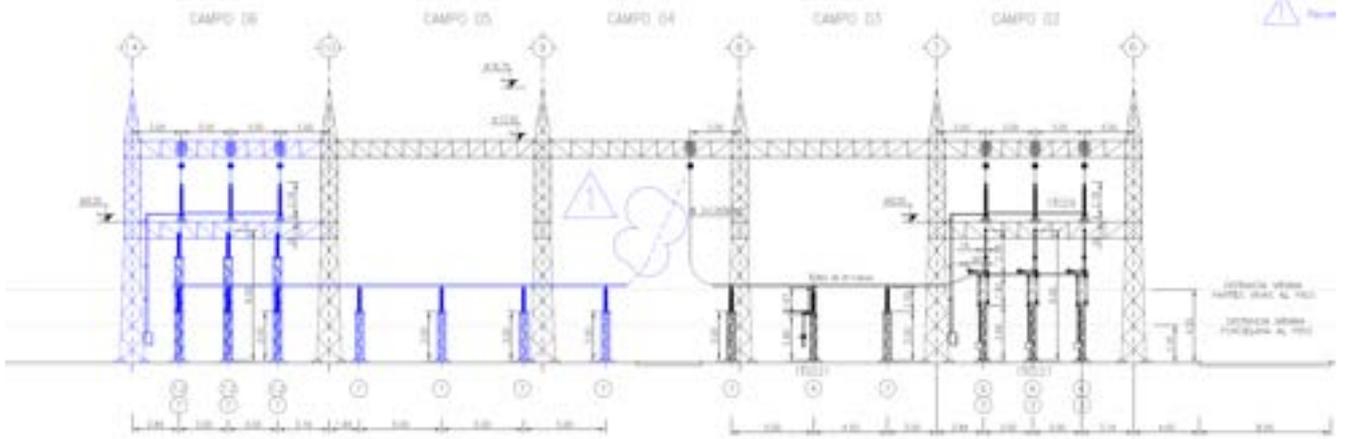
**Figura AI- 1. Layout de la ETPY.**



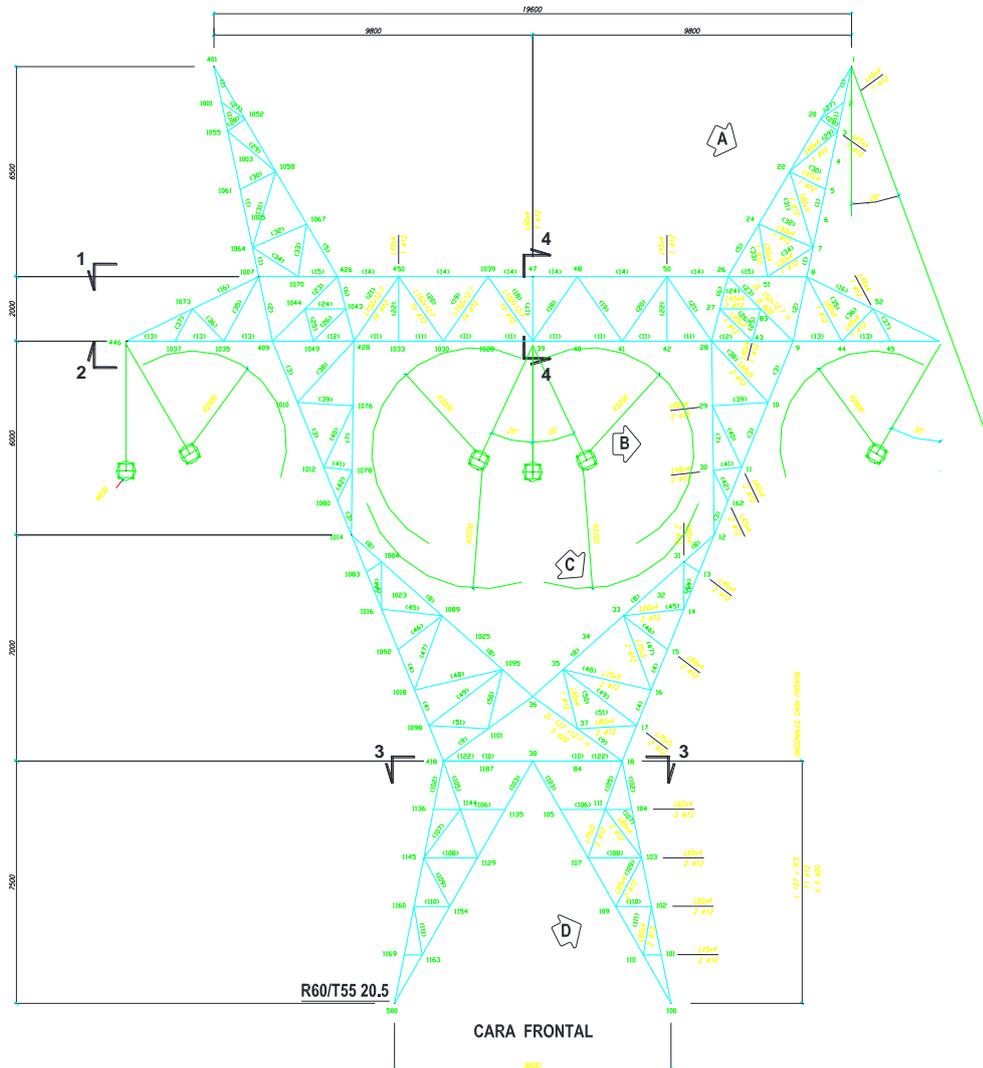
**Figura AI- 2. Corte A-A**







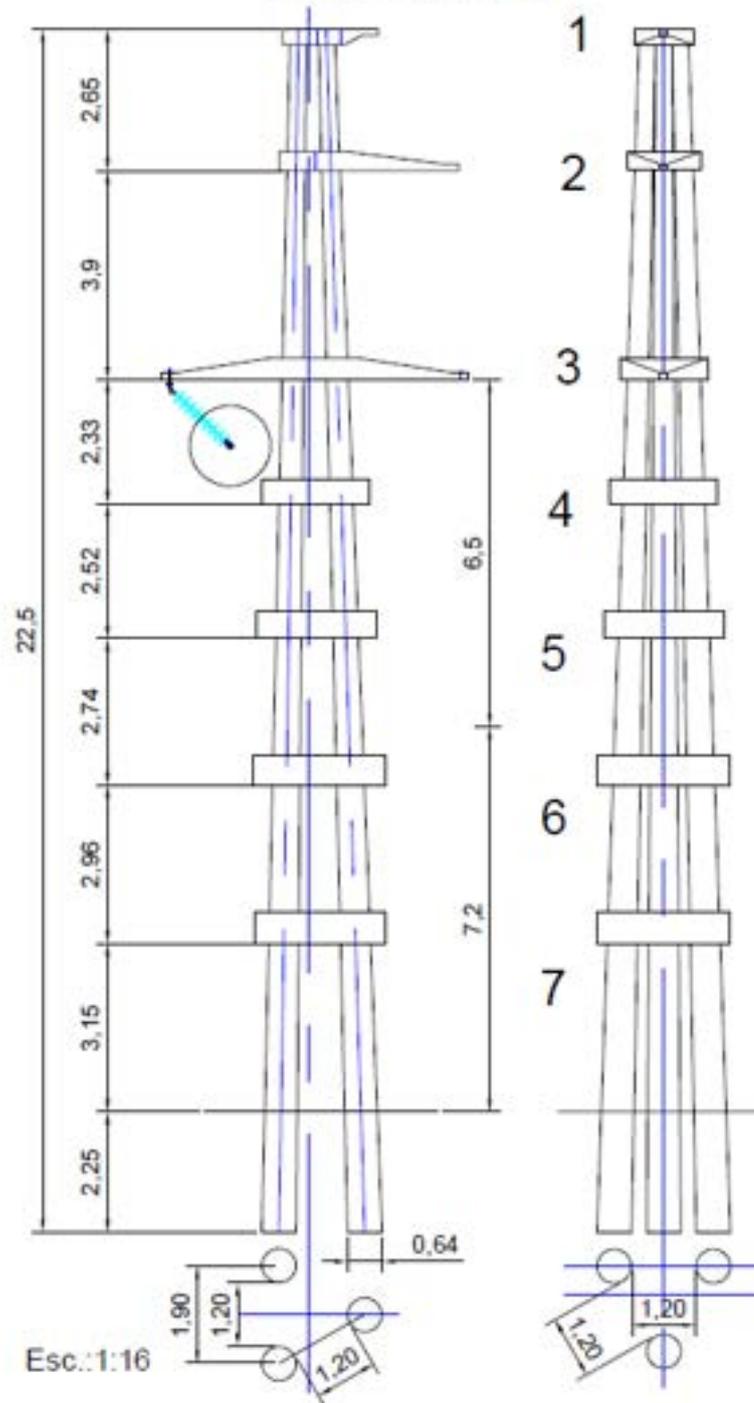
**Figura AI- 7. Corte F-F.**



**Figura AI- 8. Dimensiones de las estructuras en 500 kV, simple terna. Primer estructura luego del pórtico de la ETPY, hacia las ETCL y ETZN.**



## RETENCIÓN ANGULAR 38° - V12 3x22,5 R4500



**Figura AI- 10.** Dimensiones de las estructuras en 132 kV, simple terna. Primer estructura luego del pórtico de la ETPY.





**Figura AI- 13.** Identificación de las LAAT en 132 kV que acometen a la ETPY.

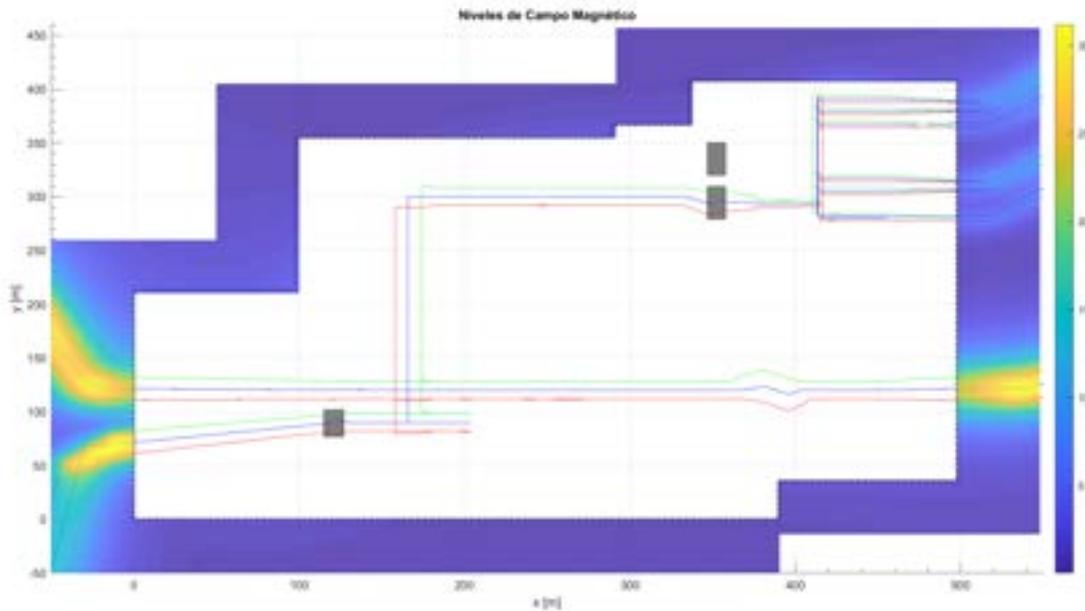


## **ANEXO II**

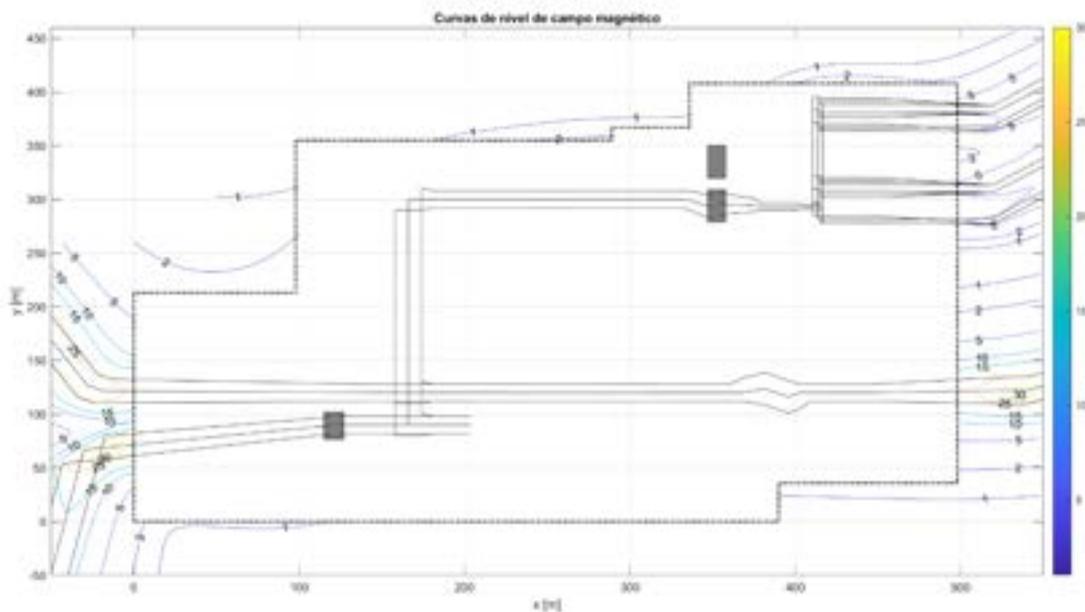
# **RESULTADOS OBTENIDOS DEL CÁLCULO DE CAMPO MAGNÉTICO. MAPAS, CURVAS DE NIVEL Y PERFILES.**

**Nota:** *El presente Anexo contiene 11 hojas, incluyendo la presente*

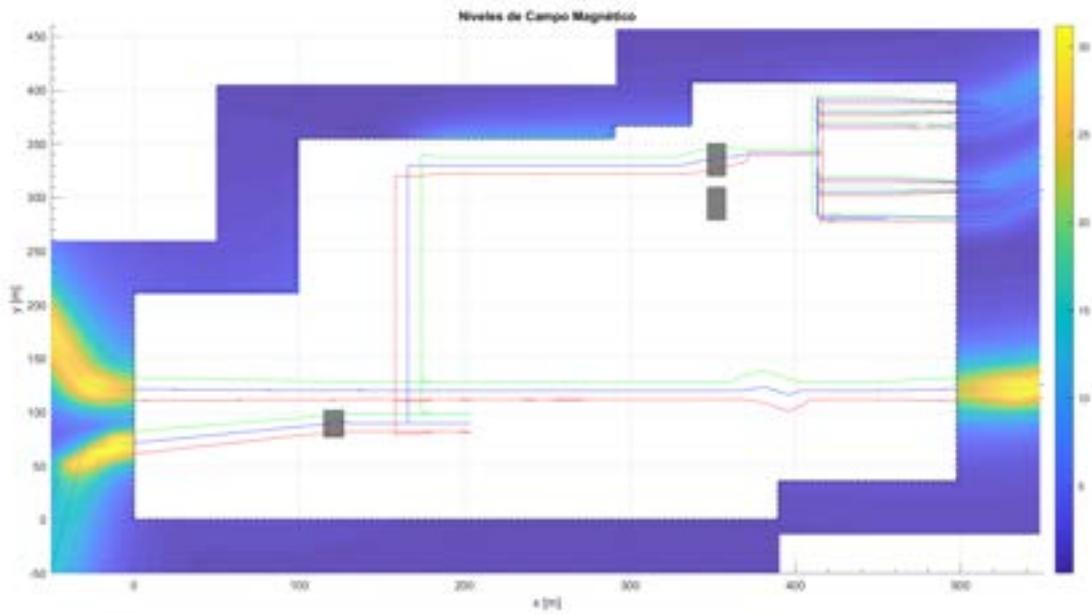
## Mapas y Curvas de nivel de campo magnético en el borde perimetral de la CT



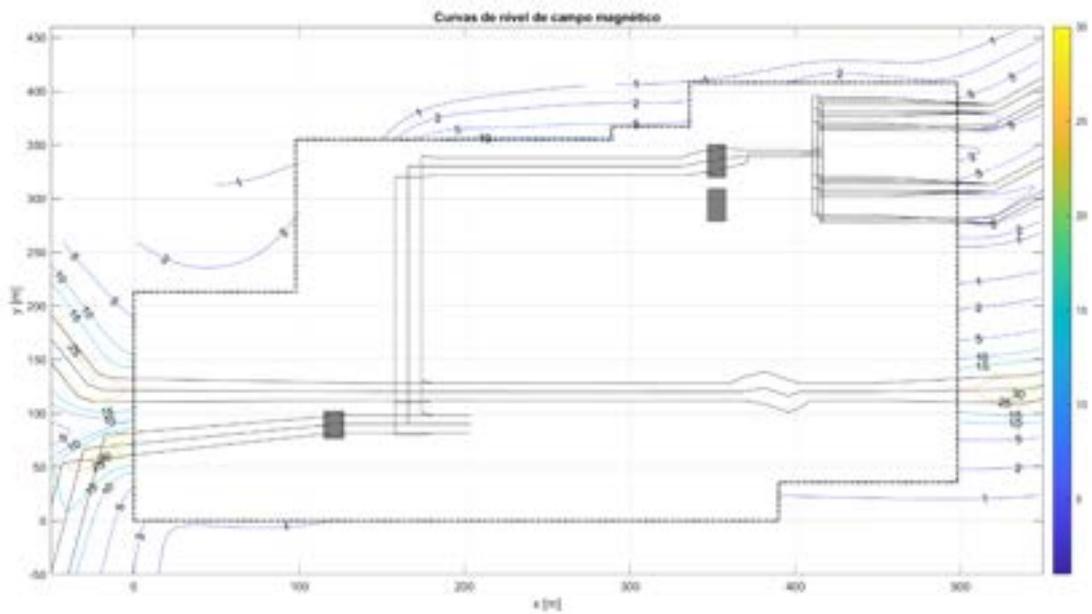
**Figura AII- 1.** Vista superior de niveles campo magnético en el borde perimetral de la ET, Caso 1.



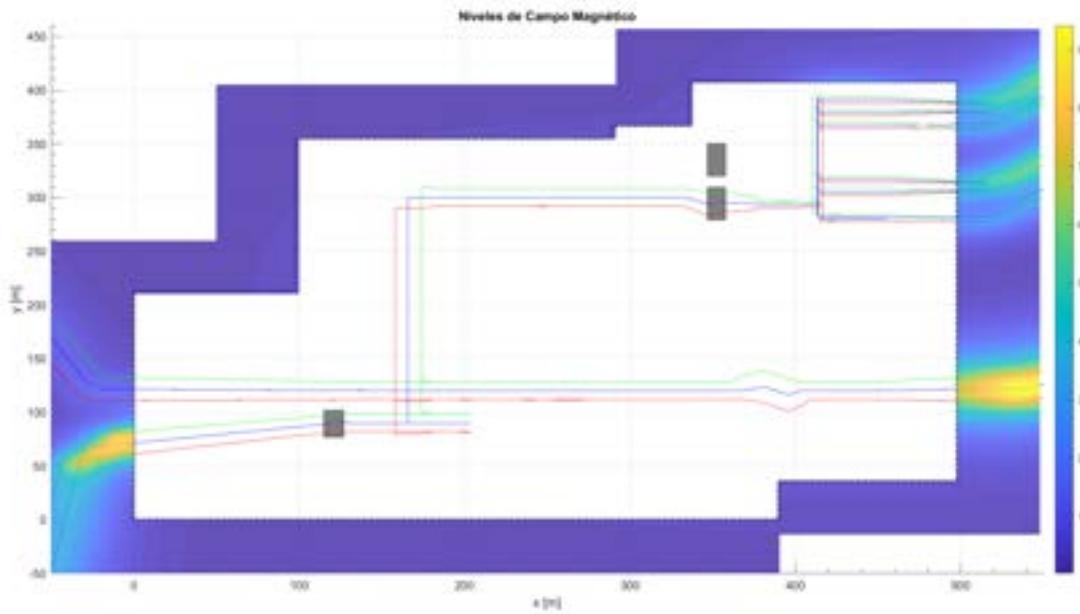
**Figura AII- 2.** Curvas de nivel de campo magnético en el borde perimetral de la ET, Caso 1.



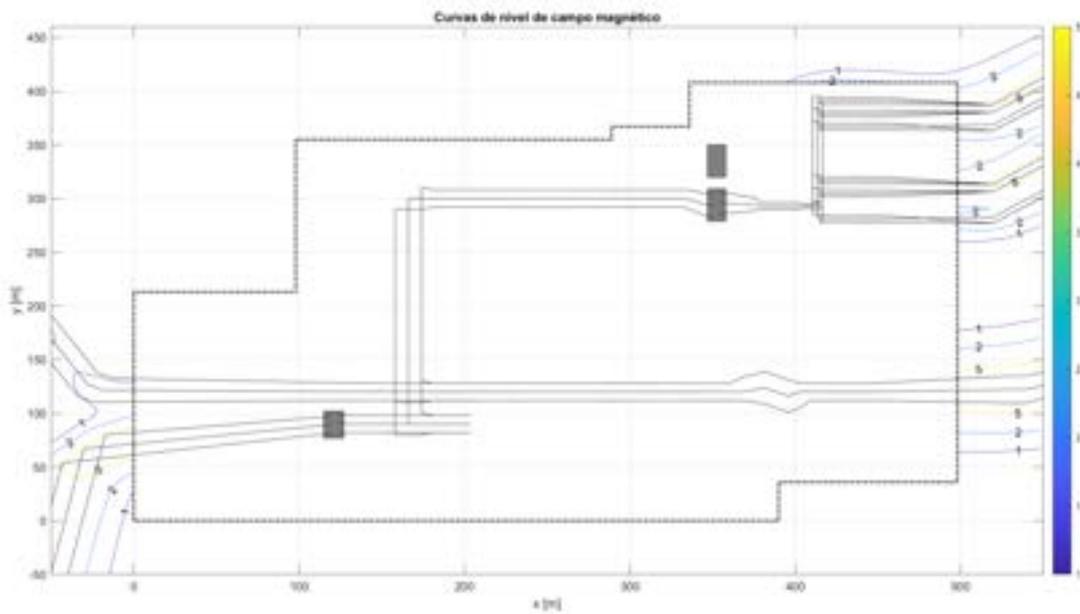
**Figura AII- 3.** Vista superior de niveles campo magnético en el borde perimetral de la ET, Caso 2.



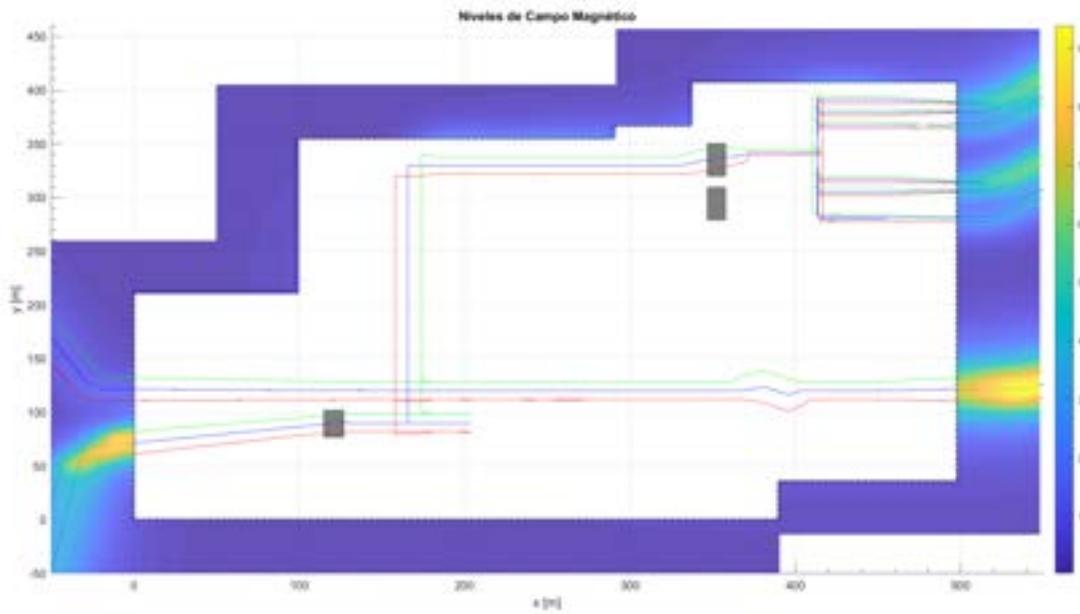
**Figura AII- 4.** Curvas de nivel de campo magnético en el borde perimetral de la ET, Caso 2.



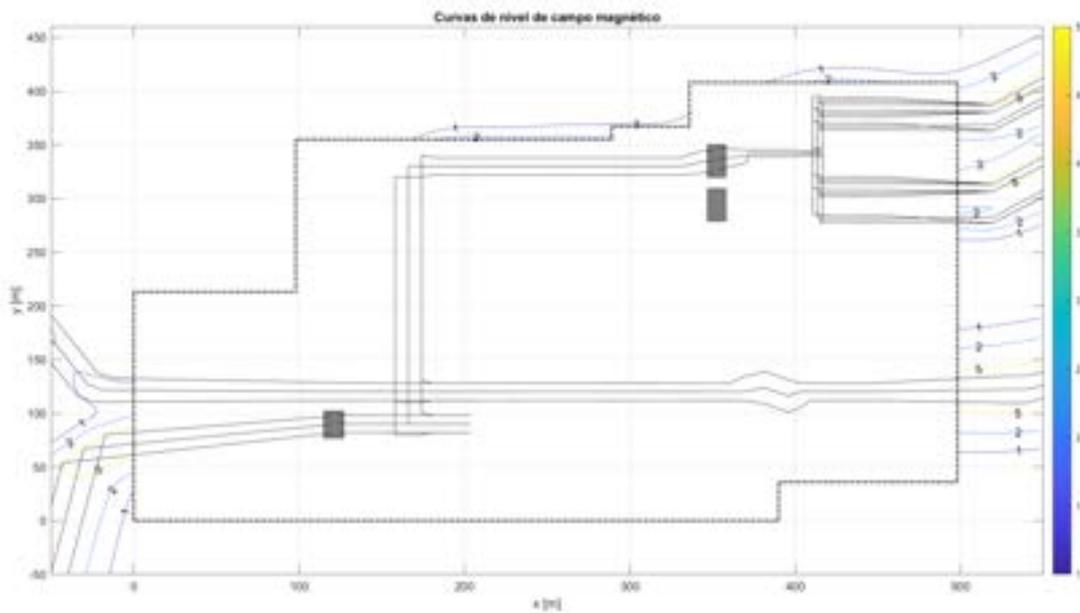
**Figura AII- 5.** Vista superior de niveles campo magnético en el borde perimetral de la ET, Caso 3.



**Figura AII- 6.** Curvas de nivel de campo magnético en el borde perimetral de la ET, Caso 3.

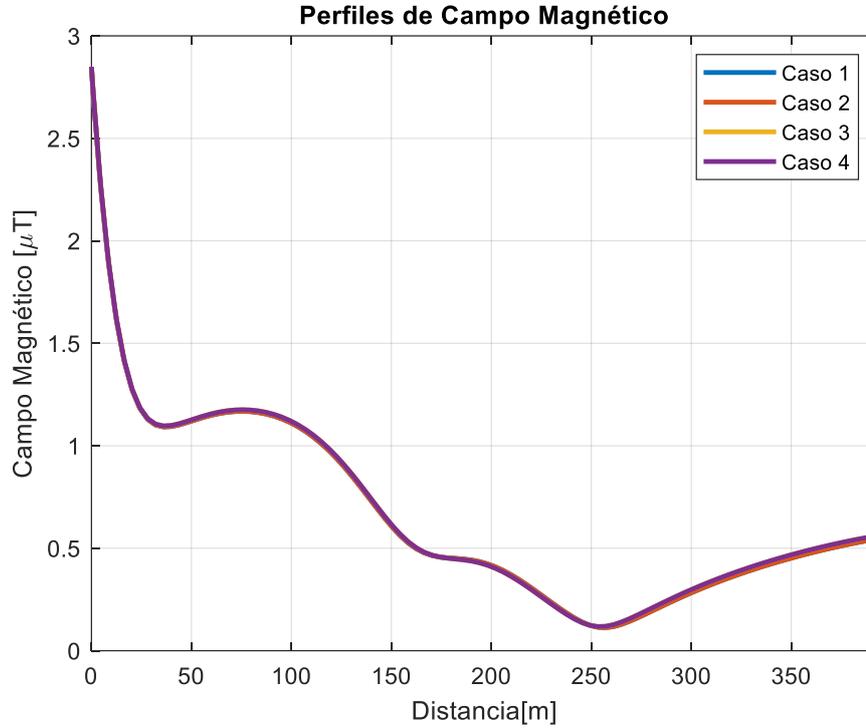


**Figura AII- 7.** Vista superior de niveles campo magnético en el borde perimetral de la ET, Caso 4.

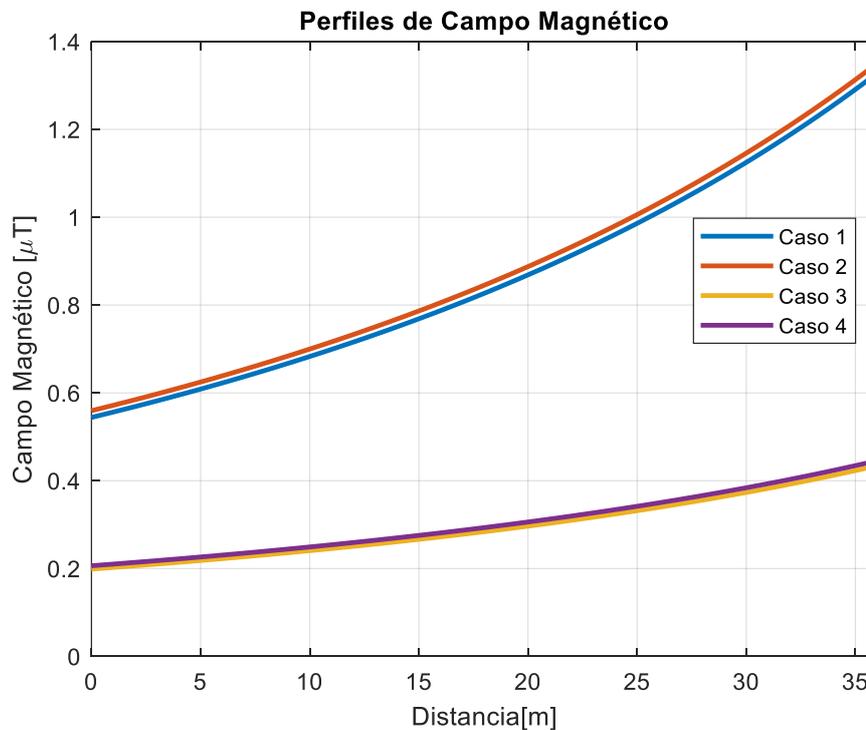


**Figura AII- 8.** Curvas de nivel de campo magnético en el borde perimetral de la ET, Caso 4.

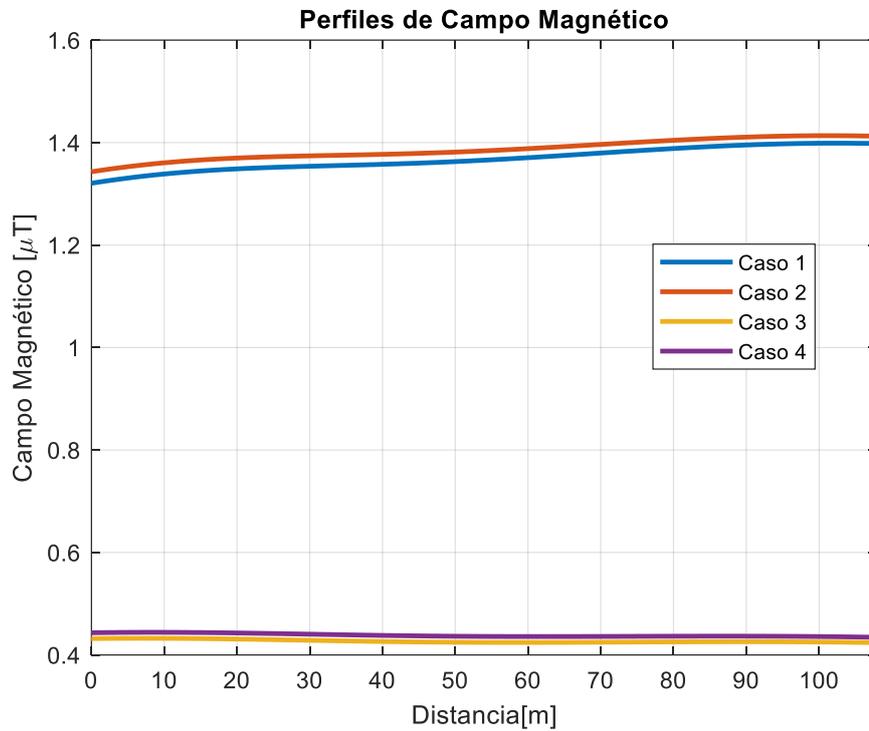
**Perfiles de campo magnético en el borde perimetral de la CT**



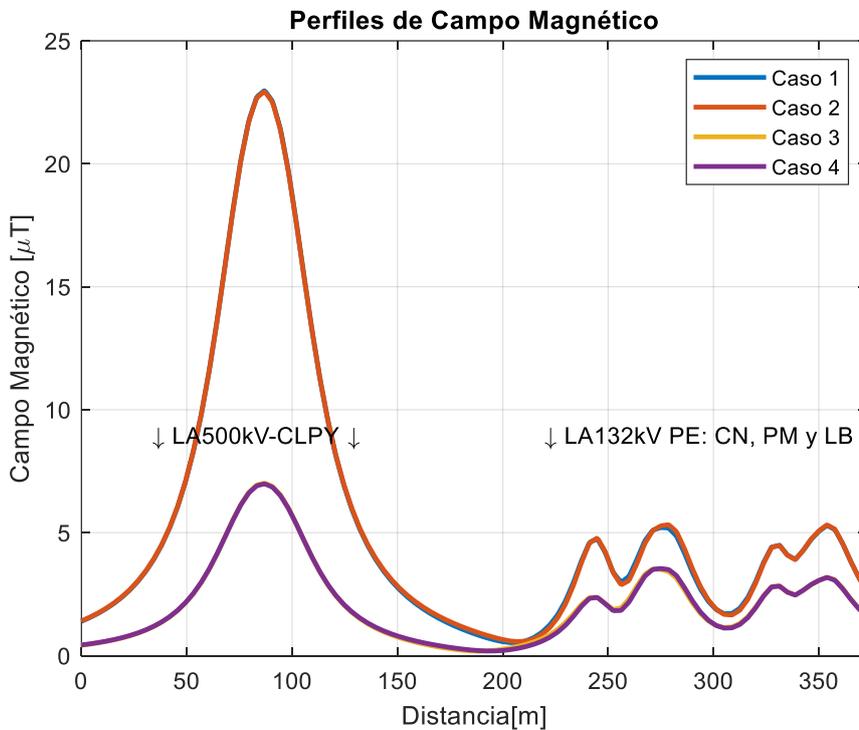
**Figura AII- 9..** Perfiles 1 de campo magnético, a 1 m del borde perimetral.



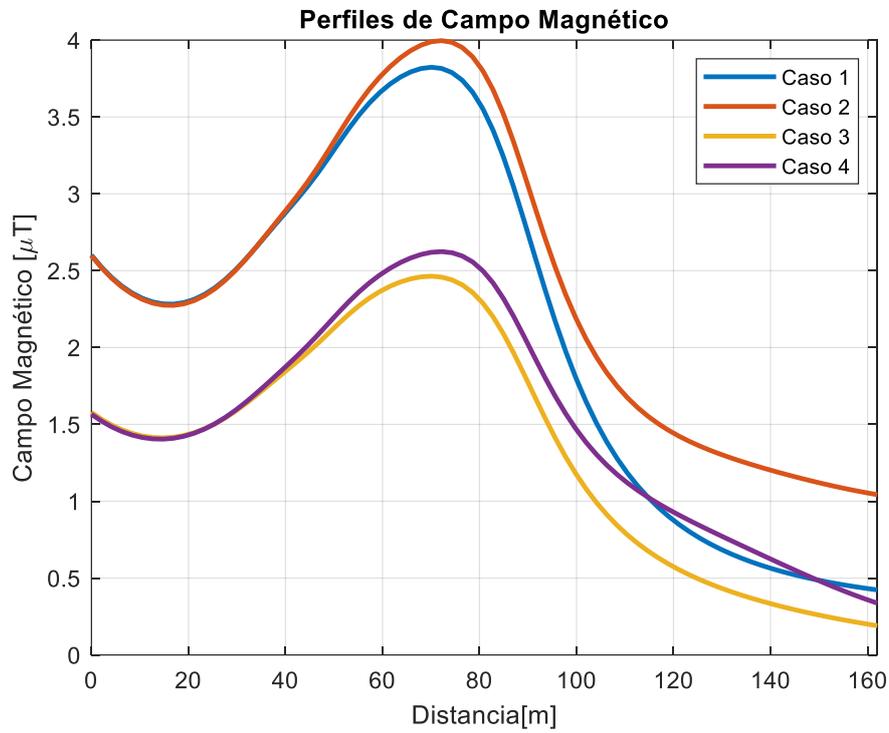
**Figura AII- 10..** Perfiles 2 de campo magnético, a 1 m del borde perimetral.



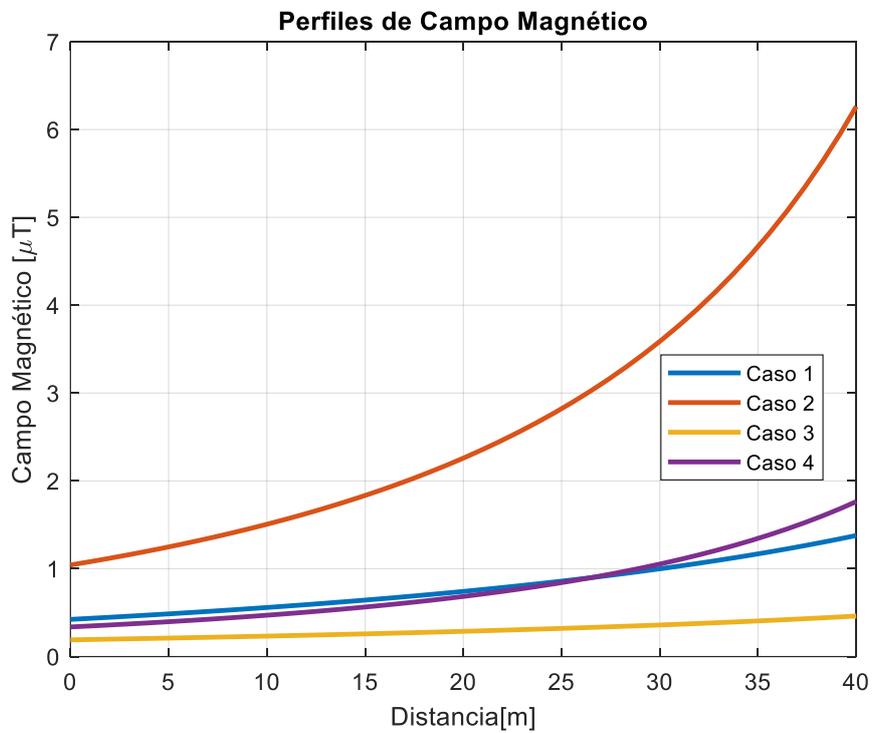
**Figura AII- 11..** Perfiles 3 de campo magnético, a 1 m del borde perimetral.



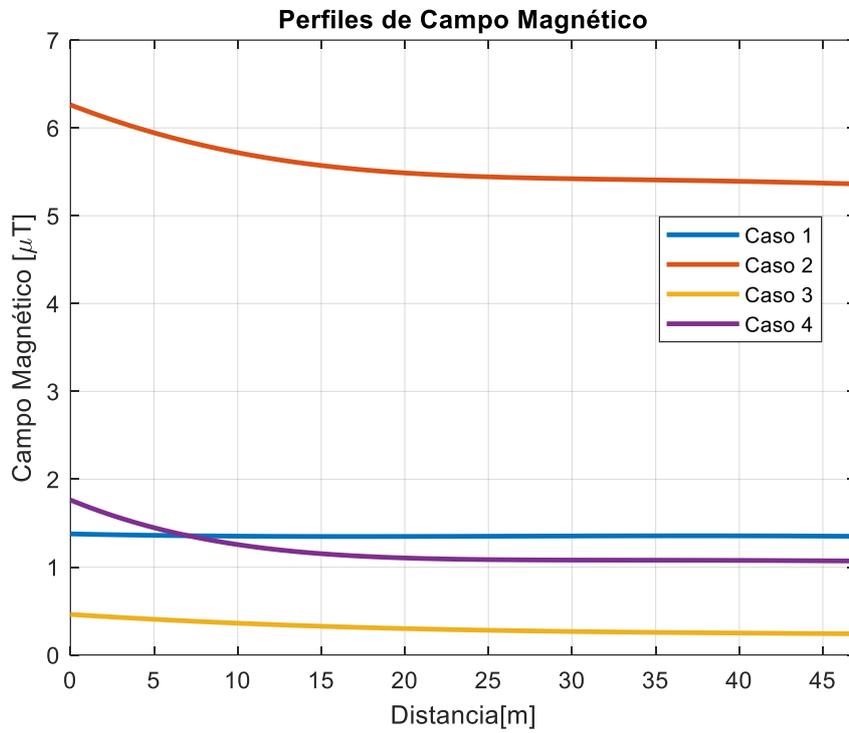
**Figura AII- 12..** Perfiles 4 de campo magnético, a 1 m del borde perimetral.



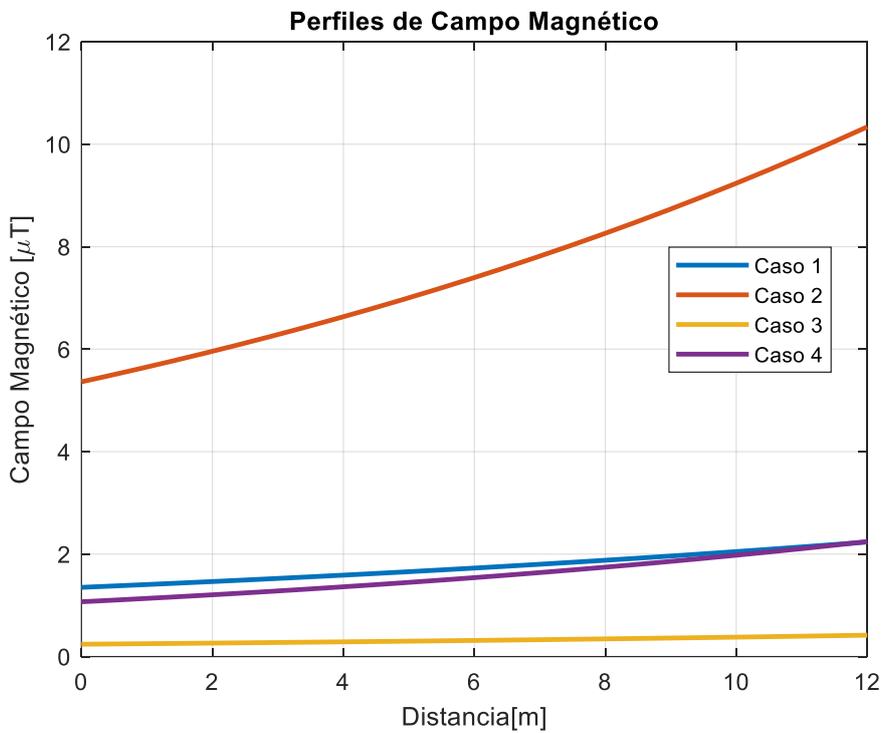
**Figura AII- 13..** Perfiles 5 de campo magnético, a 1 m del borde perimetral.



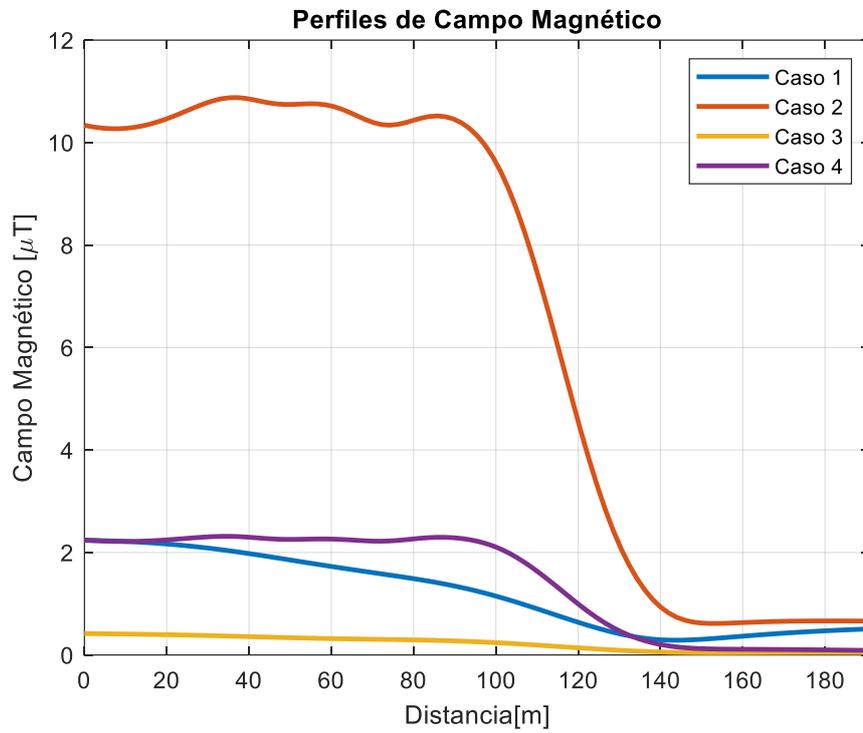
**Figura AII- 14..** Perfiles 6 de campo magnético, a 1 m del borde perimetral.



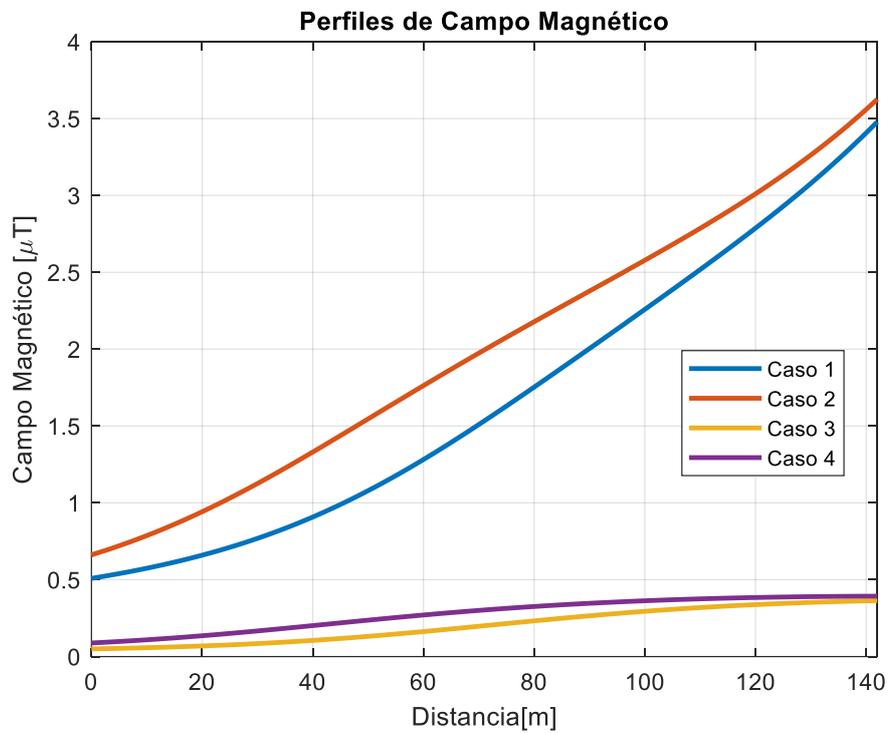
**Figura AII- 15..** Perfiles 7 de campo magnético, a 1 m del borde perimetral.



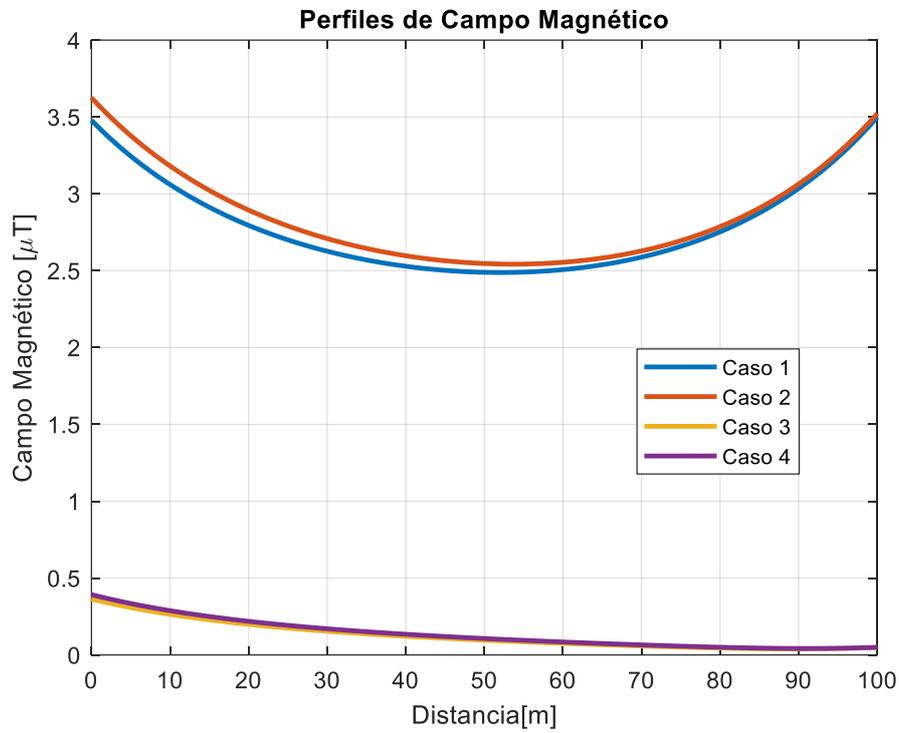
**Figura AII- 16..** Perfiles 8 de campo magnético, a 1 m del borde perimetral.



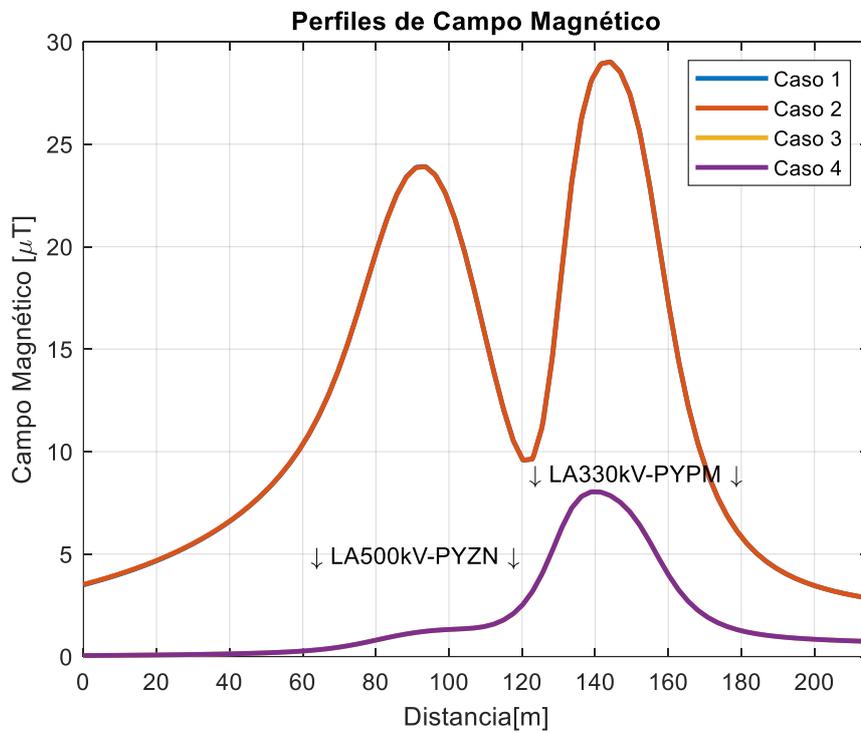
**Figura AII- 17..** Perfiles 9 de campo magnético, a 1 m del borde perimetral.



**Figura AII- 18..** Perfiles 10 de campo magnético, a 1 m del borde perimetral.



**Figura AII- 19..** Perfiles 11 de campo magnético, a 1 m del borde perimetral.



**Figura AII- 20..** Perfiles 12 de campo magnético, a 1 m del borde perimetral.