



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

INFORME N.º 384-2018-OEFA/DEAM-STEC

A : **FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN**  
Director de Evaluación Ambiental

DE : **LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS**  
Subdirector de la Subdirección Técnica Científica

**RINA TORRES PEREIRA**  
Especialista de Evaluaciones Ambientales

**CARLOS MANUEL AMAYA ROJAS**  
Especialista de Evaluaciones Ambientales

**PATRICIA MÓNICA BARRETO SÁENZ**  
Tercero Evaluador



ASUNTO : Evaluación ambiental de radiaciones no ionizantes en baja frecuencia realizada en el área de influencia de la central termoeléctrica Chilca de la empresa Fenix Power Perú S.A., en el distrito Chilca, provincia Cañete, departamento Lima, en diciembre de 2018.

REFERENCIA : POI 2018

FECHA : Lima,

31 DIC. 2018

2018-109-48/44



Tenemos el agrado de dirigirnos a usted para informarle lo siguiente:

**1. INFORMACIÓN GENERAL**

Los aspectos generales de la evaluación ambiental realizada en el área de influencia de la central termoeléctrica Chilca (en adelante, CT Chilca) de la empresa Fenix Power Perú S.A. (en adelante, Fenix), son presentados en la Tabla 1-1.

**Tabla 1-1.** Información general respecto de la actividad realizada

a.	Ubicación general	Distrito Chilca, provincia Cañete, departamento Lima
b.	Ámbito de influencia	Central termoeléctrica Chilca de Fenix Power Perú S.A.
c.	Problemática	Presunta contaminación ambiental debido a las actividades de la central termoeléctrica Chilca
d.	Antecedentes	POI 2018
e.	Tipo de evaluación	Evaluación ambiental
f.	Periodo de ejecución	Del 3 al 5 de diciembre de 2018

**2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA**

El número de puntos evaluados en la evaluación ambiental realizada en el área de influencia de la CT Chilca de la empresa Fenix y los principales resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2-1.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

**Tabla 2-1. Resumen del componente ambiental y los resultados obtenidos**

Componente evaluado	Número de puntos evaluados	Incumplimiento de ECA u otras normas de referencia*	Parámetros que incumplen	Puntos que incumplen
Radiaciones no ionizantes	3	Sí	Densidad de flujo magnético	RNI-01-3
		Sí	Densidad de flujo magnético	RNI-02-3

\* Estándares de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes (Decreto Supremo N.º 010-2005-PCM)

### 3. ANTECEDENTES

El 28 de abril de 2005, el Ministerio de Energía y Minas expide la Resolución Directoral N.º 157-2005-MEM/AAE, con la cual aprueba el Estudio de Impacto Ambiental de la central termoeléctrica de Gas, ubicada en el distrito Chilca, provincia Cañete, departamento Lima, presentado por la Empresa de Generación Eléctrica de Chilca S.A. (EGECHILCA).

El 6 de octubre de 2008, el Ministerio de Energía y Minas expide la Resolución Ministerial N.º 476-2008-MEM/DM, con la cual otorga autorización por tiempo indefinido a Fénix Power Perú S.A., para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica en las instalaciones de la CT Chilca, prevista su funcionamiento en ciclo combinado, con una potencia instalada de 596,7 MW, ubicada en el distrito Chilca, provincia Cañete y departamento Lima.

Mediante carta COES/D/DP-629-2014 de fecha 14 de mayo de 2014, el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC) aprobó la operación comercial del ciclo combinado parcial (GT12+TV) desde las 00:00 horas del día 16.05.2014, faltando poner en operación la Turbina a Gas GT11. A partir de las 00:00 horas del 24.12.2014, el COES-SINAC aprobó el ingreso en operación comercial del ciclo combinado de la central termoeléctrica de Fenix (modo GT11+TV10 y GT11+GT12+TV10) con una potencia efectiva de 570,1 MW.

Con fecha 17 de diciembre de 2015, se aprobó la Evaluación Ambiental de Chilca mediante el Informe N.º 00024-2015-OEFA/DE-SDCA-CEAI, el cual describe el diagnóstico realizado a las componentes agua, sedimentos, hidrobiología, aire, ruido, y radiaciones no ionizantes. Con respecto a esta última, de los 16 puntos evaluados en total, solo 8 excedieron los estándares de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes para intensidad de campo eléctrico en los puntos ubicados en la LT 500kV Fénix – Chilca entre las torres 1 y 2 y torres 4 y 5. Asimismo, se evidenció que la intensidad de campo eléctrico disminuyó cuanto mayor fue la distancia a la línea.

En ese contexto, la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA programó realizar una evaluación ambiental en el área de influencia de la CT Chilca, del 3 al 5 de diciembre de 2018; para ello, el OEFA, contrató los servicios de la empresa Imagen Broadcast S.A.C. para realizar el monitoreo de radiaciones no ionizantes (en adelante, RNI) en baja frecuencia para campo electromagnético generados por las líneas de alta tensión, ubicados en el distrito Chilca, provincia Cañete, departamento Lima.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

**Tabla 2-1.** Resumen del componente ambiental y los resultados obtenidos

Componente evaluado	Número de puntos evaluados	Incumplimiento de ECA u otras normas de referencia*	Parámetros que incumplen	Puntos que incumplen
Radiaciones no ionizantes	3	Sí	Densidad de flujo magnético	RNI-01-3
		Sí	Densidad de flujo magnético	RNI-02-3

\* Estándares de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes (Decreto Supremo N.º 010-2005-PCM)

### 3. ANTECEDENTES

El 28 de abril de 2005, el Ministerio de Energía y Minas expide la Resolución Directoral N.º 157-2005-MEM/AAE, con la cual aprueba el Estudio de Impacto Ambiental de la central termoeléctrica de Gas, ubicada en el distrito Chilca, provincia Cañete, departamento Lima, presentado por la Empresa de Generación Eléctrica de Chilca S.A. (EGECHILCA).

El 6 de octubre de 2008, el Ministerio de Energía y Minas expide la Resolución Ministerial N.º 476-2008-MEM/DM, con la cual otorga autorización por tiempo indefinido a Fénix Power Perú S.A., para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica en las instalaciones de la CT Chilca, prevista su funcionamiento en ciclo combinado, con una potencia instalada de 596,7 MW, ubicada en el distrito Chilca, provincia Cañete y departamento Lima.

Mediante carta COES/D/DP-629-2014 de fecha 14 de mayo de 2014, el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC) aprobó la operación comercial del ciclo combinado parcial (GT12+TV) desde las 00:00 horas del día 16.05.2014, faltando poner en operación la Turbina a Gas GT11. A partir de las 00:00 horas del 24.12.2014, el COES-SINAC aprobó el ingreso en operación comercial del ciclo combinado de la central termoeléctrica de Fenix (modo GT11+TV10 y GT11+GT12+TV10) con una potencia efectiva de 570,1 MW.

Con fecha 17 de diciembre de 2015, se aprobó la Evaluación Ambiental de Chilca mediante el Informe N.º 00024-2015-OEFA/DE-SDCA-CEAI, el cual describe el diagnóstico realizado a las componentes agua, sedimentos, hidrobiología, aire, ruido, y radiaciones no ionizantes. Con respecto a esta última, de los 16 puntos evaluados en total, solo 8 excedieron los estándares de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes para intensidad de campo eléctrico en los puntos ubicados en la LT 500kV Fénix – Chilca entre las torres 1 y 2 y torres 4 y 5. Asimismo, se evidenció que la intensidad de campo eléctrico disminuyó cuanto mayor fue la distancia a la línea.

En ese contexto, la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA programó realizar una evaluación ambiental en el área de influencia de la CT Chilca, del 3 al 5 de diciembre de 2018; para ello, el OEFA, contrató los servicios de la empresa Imagen Broadcast S.A.C. para realizar el monitoreo de radiaciones no ionizantes (en adelante, RNI) en baja frecuencia para campo electromagnético generados por las líneas de alta tensión, ubicados en el distrito Chilca, provincia Cañete, departamento Lima.



*[Handwritten signature]*



4. OBJETIVO

Realizar la evaluación ambiental de las radiaciones no ionizantes en baja frecuencia en el área de influencia de la CT Chilca de la empresa Fenix, ubicada en el distrito Chilca, provincia Cañete, departamento Lima, del 3 al 5 de diciembre de 2018.

5. ÁREA DE ESTUDIO

La CT Chilca se ubica cerca del poblado Las Salinas, aproximadamente a 64 km al sur de la ciudad de Lima, sobre un terreno de 22,5 ha adyacente al océano Pacífico. Se encuentra adyacente al litoral costero, específicamente entre la playa Yaya y Chilca. Ambas playas se prolongan de sur a norte hasta la playa Ñave, constituyendo una amplia zona continua de arena en forma casi recta que se extiende por alrededor de 8 km, entre las formaciones rocosas del cerro Yaya al sur y punta Ñave al norte. En el Anexo 1 se adjunta el mapa de ubicación del área de estudio.

Dicha central termoeléctrica es de tipo de ciclo combinado, equipadas con dos turbinas a gas de 173 MW de capacidad c/u y una turbina a vapor a condensación de 189 MW de capacidad cuya potencia instalada total es de 535 MW. Esta planta utiliza el gas natural como combustible que proveniente de Camisea, además cuenta con una subestación eléctrica adyacente acoplada a un transformador de potencia, equipada por un interruptor tripolar automático con cámaras de extinción en SF6, dos seccionadores tripolares de barras y un seccionador tripolar.

Para interconectar la CT Chilca con la subestación eléctrica Chilca perteneciente al Consorcio Transmantaro S.A., se cuenta con una línea de transmisión de 500 kV en configuración horizontal (una terna), con una longitud de 7,98 km.

6. METODOLOGÍA

A continuación, se detalla la metodología utilizada en la evaluación ambiental de las radiaciones no ionizantes en baja frecuencia. En primer lugar, se indica el protocolo de monitoreo utilizado, se precisa la ubicación de los puntos de muestreo; luego, se indican los parámetros evaluados y equipos utilizados; finalmente, se mencionan los estándares empleados para la comparación de los resultados obtenidos.

6.1 Protocolo de monitoreo

El protocolo de monitoreo utilizado se describe en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1. Protocolo de monitoreo utilizado para la evaluación de las radiaciones no ionizantes

Protocolo	Sección	País	Institución	Año
IEEE 644 Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields From AC Power Lines	5 y 7	Estados Unidos	The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.	1994



## 6.2 Ubicación de los puntos

La ubicación y descripción de los puntos de muestreo de RNI se muestran en la Tabla 6-2.

**Tabla 6-2.** Ubicación de los puntos de muestreo de radiaciones no ionizantes

N.º	Puntos de monitoreo	Horario	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción	
			Este (m)	Norte (m)			
1	RNI-01	RNI-01-1	311683	8612785	3	Debajo de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).	
		RNI-01-2					Tarde
		RNI-01-3					Noche
2	RNI-02	RNI-02-1	311707	8612751	3	A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).	
		RNI-02-2					Tarde
		RNI-02-3					Noche
3	RNI-03	RNI-03-1	312345	8613377	11	A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-004 y LT-005. CT Chilca (conductor central con fase S).	
		RNI-03-2					Tarde
		RNI-03-3					Noche



*[Handwritten signature]*

Cabe señalar que, se realizó la medición de campo electromagnético en 3 horarios por cada punto, diferenciándolos con los números siguientes: 1 (mañana), 2 (tarde) y 3 (noche). En el Anexo 1 se adjunta el mapa de ubicación de los puntos de muestreo de RNI.

## 6.3 Parámetros evaluados y equipos utilizados

La Tabla 6-3 contiene la descripción de parámetros y métodos de análisis utilizados en la evaluación ambiental de RNI en la CT Chilca.

**Tabla 6-3.** Parámetros evaluados y métodos para el análisis de radiaciones no ionizantes

Parámetro	Método de Referencia	Técnica Empleada
Intensidad de campo eléctrico (E)	IEEE 644	Media cuadrática (RMS)
Densidad de flujo magnético o inducción magnética (B)	IEEE 644	Media cuadrática (RMS)

En la Tabla 6-4 se listan los equipos de medición de radiaciones no ionizantes empleados para la evaluación ambiental, los cuales se encuentran calibrados. Asimismo, el certificado de calibración se encuentra en el Anexo 4, el cual forma parte de informe del proveedor Imagen Broadcast S.A.C.

**Tabla 6-4.** Equipo utilizado en el monitoreo de radiaciones no ionizantes

Equipo*	Marca	Modelo	Parámetro
Analizador de espectro para campos electromagnéticos	Aaronia	NF-5030S	Intensidad de campo eléctrico (E)
			Densidad de flujo magnético o inducción magnética (B)

(\*) El certificado de calibración del equipo se encuentra en el Anexo 4, el cual forma parte de informe del proveedor Imagen Broadcast S.A.C.



#### 6.4 Criterios de comparación

Los resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes (en adelante, ECA para RNI) establecidos en el Decreto Supremo N.º 010-2005-PCM, según se indica en la Tabla 6-5.

**Tabla 6-5.** Estándares de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes de acuerdo al Decreto Supremo N.º 010-2005-PCM

Rango de Frecuencia ( $f$ )	Intensidad de campo eléctrico (E)	Densidad de flujo magnético (B)	Principales aplicaciones (no restrictiva)*
0,025 – 0,8 kHz	$250 / f$	$5 / f$	Redes de energía eléctrica

$f$ : Frecuencia que está en el rango de frecuencia especificada

\*: Para el subsector electricidad el rango de frecuencia es de 0,06 kHz

De acuerdo a la Tabla 6-5, se halló el nivel máximo de la intensidad de frecuencia y el nivel máximo de la densidad de flujo magnético para una frecuencia de 60 Hz ( $f=0,06$  kHz), obteniendo los valores finales de comparación en Tabla 6-6:

**Tabla 6-6.** Niveles máximos de intensidad - ECA para RNI

ECA para RNI en baja frecuencia (0,06 kHz)			
Intensidad de campo eléctrico (E)		Densidad de flujo magnético (B)	
Fórmula	Nivel máximo ECA (V/m)	Fórmula	Nivel máximo ECA ( $\mu$ T)
$250 / f$	4166,67	$5 / f$	83,33



## 7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 7.1 Resultados

En la Figura 7-1 se muestran los niveles de **intensidad de campo eléctrico (E)** obtenidos durante la evaluación realizada el 4 y 5 de diciembre de 2018 en el área de influencia de la CT Chilca. Estos no excedieron los ECA para RNI para el parámetro campo eléctrico; el valor más alto se registró en el horario nocturno en el punto RNI-01-3, ubicado entre las torres LT-001 y LT-002 con un valor de 3487,0 V/m. El detalle del registro temporal de las mediciones de RNI realizadas en el área de influencia de la CT Chilca se presenta en el Anexo 2.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

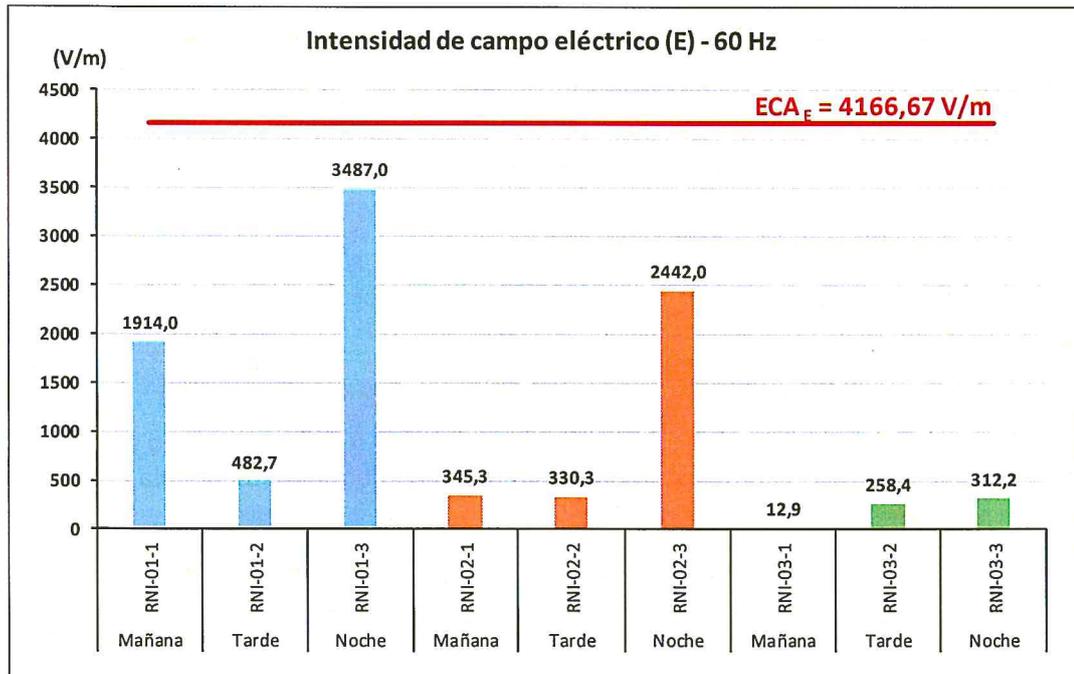


Figura 7-1. Intensidad de campo eléctrico registrados en los puntos de muestreo de RNI en el área de influencia de la CT Chilca

En la Figura 7-2 se presentan los niveles de densidad de flujo magnético (B), obtenidos durante la evaluación realizada el 4 y 5 de diciembre de 2018, en el área de influencia de la CT Chilca en donde excedieron los ECA para RNI en los puntos RNI-01-3 y RNI-02-3, ubicados entre las torres LT-001 y LT-002 de la CT Chilca. El detalle del registro temporal de las mediciones de RNI realizadas en el área de influencia de la CT Chilca se presenta en el Anexo 2.

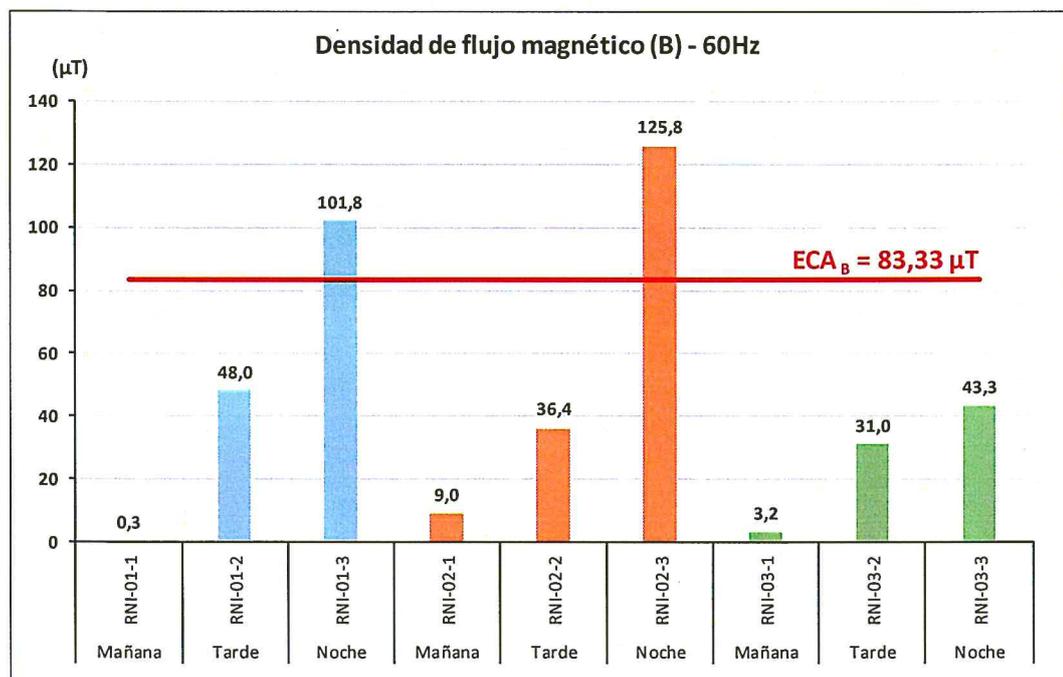


Figura 7-2. Densidad de flujo magnético registrados en los puntos de muestreo de RNI en el área de influencia de la CT Chilca



Handwritten signatures and initials in blue ink.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

## 8. CONCLUSIONES

- Los niveles de intensidad de campo eléctrico registrados en el horario 3 (noche), solo los puntos de muestreo RNI-01 y RNI-02 excedieron los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes establecidos en el Decreto Supremo N.º 010-2005-PCM. Mientras que, para los niveles de densidad de flujo magnético, en ningún punto de evaluación se excedió los estándares en mención.

## 9. RECOMENDACIONES

- Remitir una copia del presente informe a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas del OEFA, para los fines correspondientes.

## 10. ANEXOS

Anexo 1: Mapas

Anexo 2: Tabla de resultados

Anexo 3: Registro fotográfico

Anexo 4: Informe de Imagen Broadcast S.A.C.

Es cuanto informamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente:

**LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS**  
Subdirector de la Subdirección Técnica Científica  
Dirección de Evaluación Ambiental  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

**RINA TORRES PEREIRA**  
Especialista de Evaluaciones Ambientales  
Subdirección Técnica Científica  
Dirección de Evaluación Ambiental  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

**CARLOS MANUEL AMAYA ROJAS**  
Especialista de Evaluaciones Ambientales  
Subdirección Técnica Científica  
Dirección de Evaluación Ambiental  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

**PATRICIA MÓNICA BARRETO SÁENZ**  
Tercero evaluador  
Subdirección Técnica Científica  
Dirección de Evaluación Ambiental  
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Lima, 31 DIC. 2018

Visto el Informe N.º 384 -2018-OEFA/DEAM-STEC, la Dirección de Evaluación Ambiental ha dispuesto su aprobación.

Atentamente:

---

**FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN**  
Director de Evaluación Ambiental  
Dirección de Evaluación Ambiental  
Organismo de Evaluación y Fiscalización  
Ambiental - OEFA



Oefa

Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*

---

# ANEXOS

---



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

[www.oefa.gob.pe](http://www.oefa.gob.pe)  
Dirección de Evaluación

Av. Faustino Sánchez Carrión  
N° 603, 607 y 615  
Jesús María - Lima, Perú  
Teléf.: (511) 204 9900

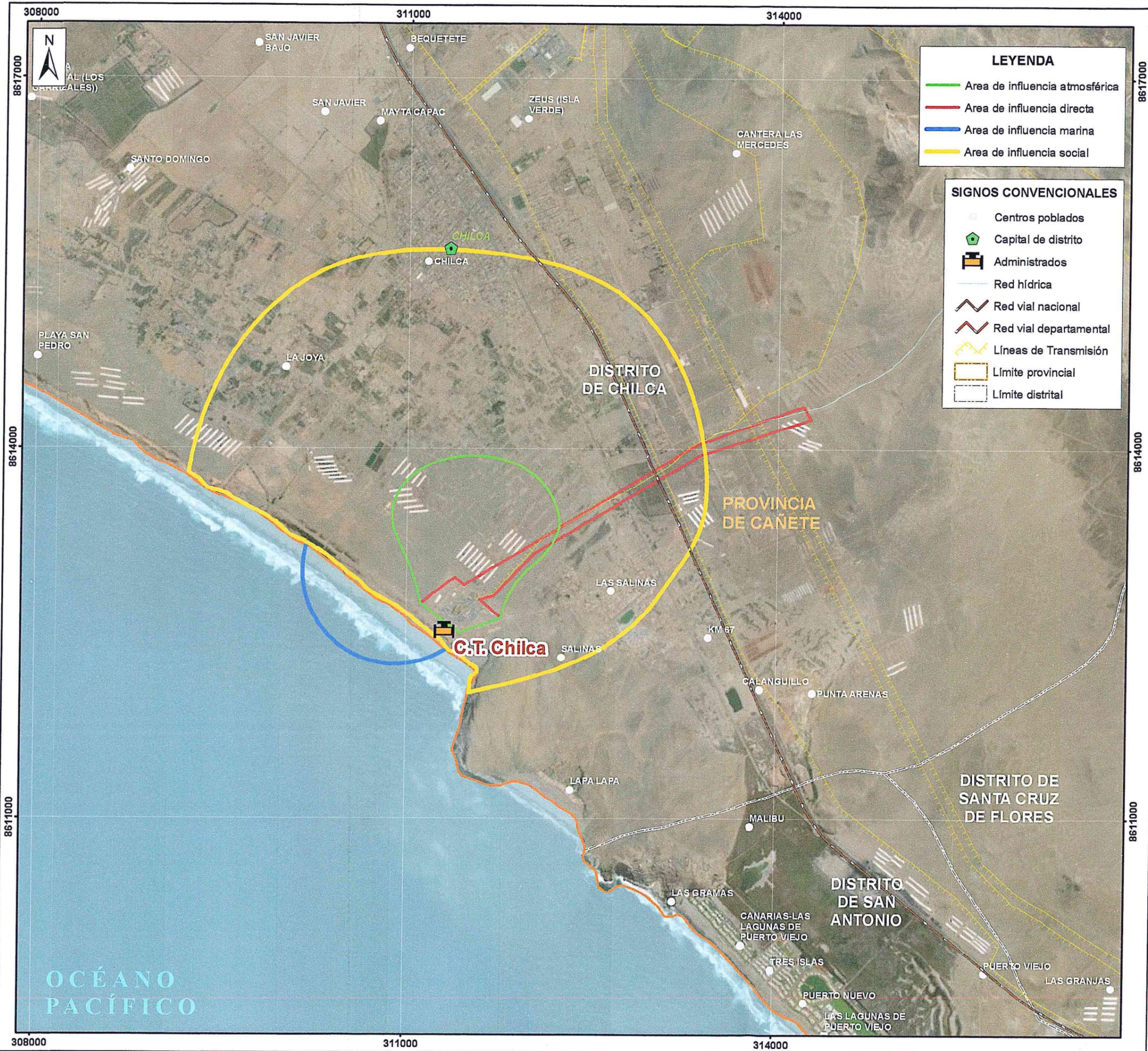
# ANEXO 1



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

## MAPAS

Handwritten marks on the left margin, including a stylized signature and the letter "A".

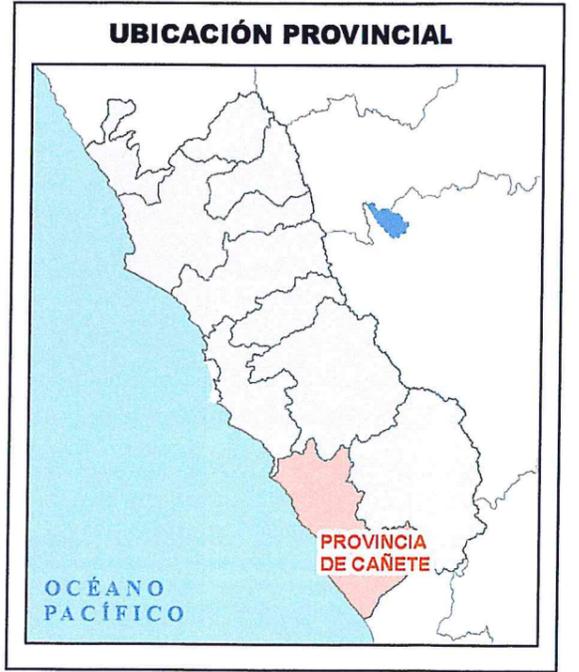
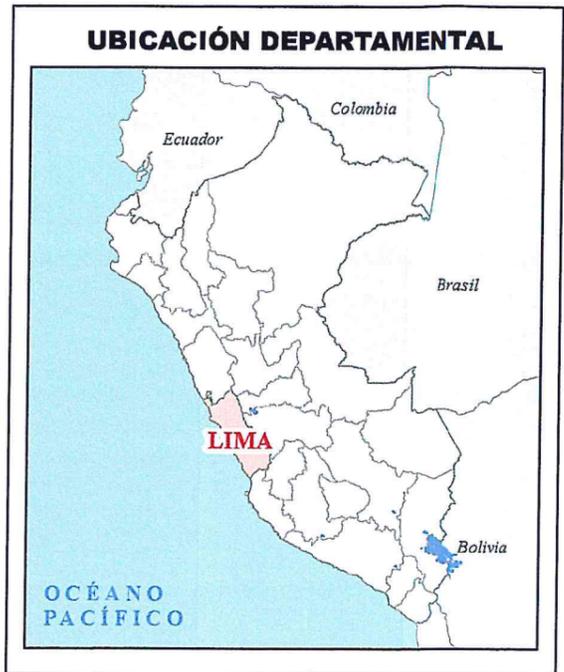


**LEYENDA**

- Area de influencia atmosférica
- Area de influencia directa
- Area de influencia marina
- Area de influencia social

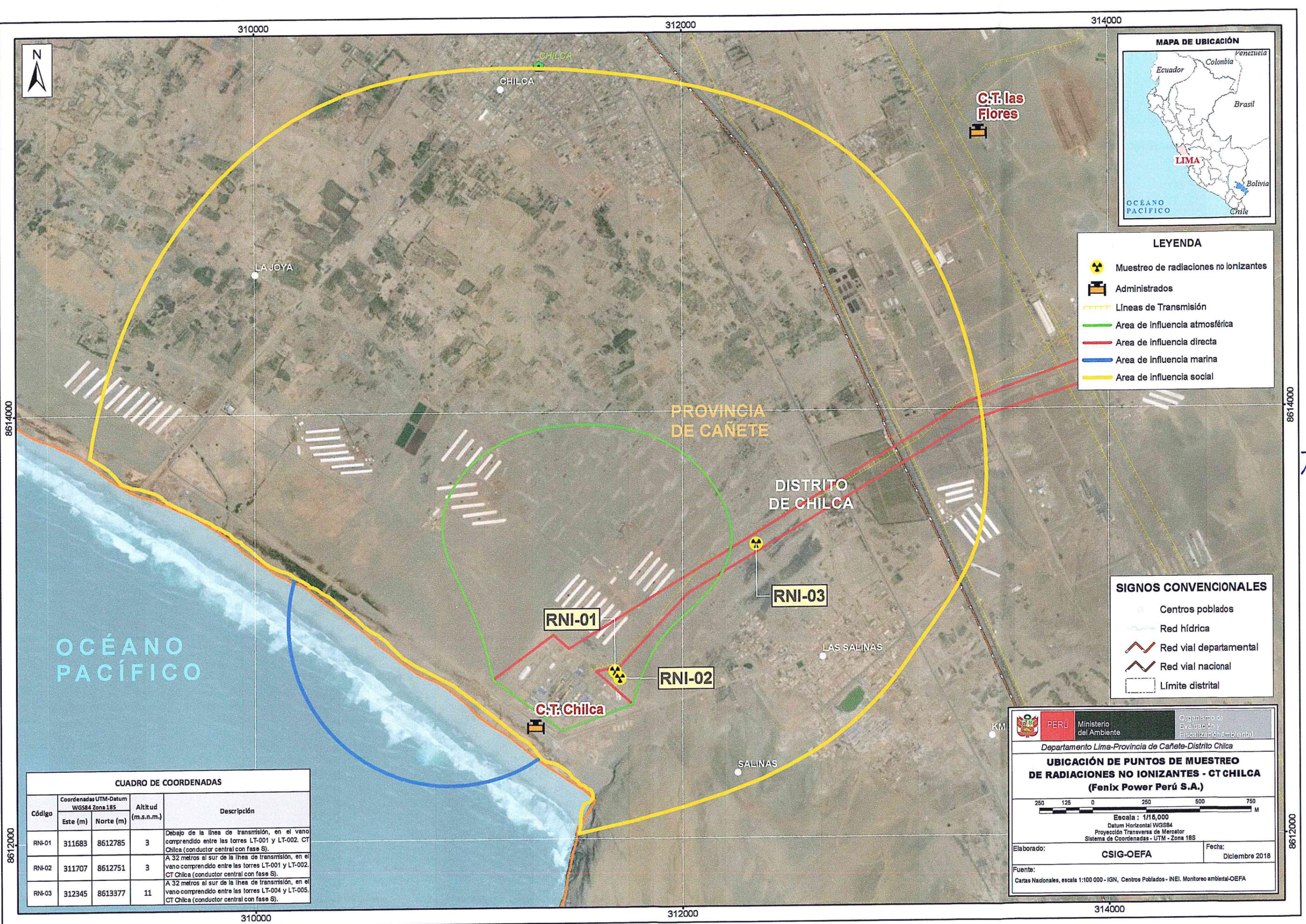
**SIGNOS CONVENCIONALES**

- Centros poblados
- Capital de distrito
- Administrados
- Red hídrica
- Red vial nacional
- Red vial departamental
- Líneas de Transmisión
- Límite provincial
- Límite distrital



	<b>PERÚ</b>	Ministerio del Ambiente	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
		Departamento Lima-Provincia de Cañete-Distrito Chilca	
<b>MAPA DE UBICACIÓN (Fenix Power Perú S.A.)</b>			
Escala : 1/30,000 Datum Horizontal WGS84 Proyección Transversa de Mercator Sistema de Coordenadas - UTM - Zona 18S			
Elaborado:	<b>CSIG-OEFA</b>		Fecha: Diciembre 2018
Fuente:	Cartas Nacionales, escala 1:100 000 - IGN, Centros Poblados - NEL Monitoreo ambiental-OEFA		

A  
B  
C



- LEYENDA**
- Muestreo de radiaciones no ionizantes
  - Administrados
  - Líneas de Transmisión
  - Área de influencia atmosférica
  - Área de influencia directa
  - Área de influencia marina
  - Área de influencia social

- SIGNOS CONVENCIONALES**
- Centros poblados
  - Red hídrica
  - Red vial departamental
  - Red vial nacional
  - Límite distrital

**CUADRO DE COORDENADAS**

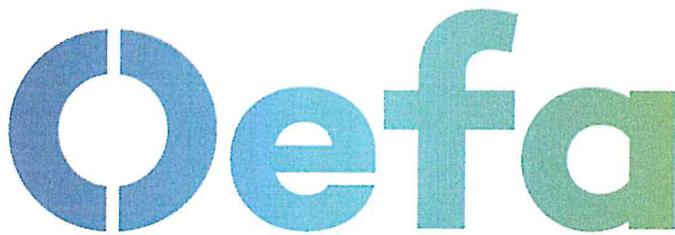
Código	Coordenadas UTM-Datum WGS84 Zona 18S		Altitud (m.s.n.m.)	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		
RNI-01	311683	8612785	3	Debajo de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).
RNI-02	311707	8612751	3	A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).
RNI-03	312345	8613377	11	A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-004 y LT-005. CT Chilca (conductor central con fase S).

**PERU** Ministerio del Ambiente  
 Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental  
 Departamento Lima-Provincia de Cañete-Distrito Chilca  
**UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO DE RADIACIONES NO IONIZANTES - CT CHILCA (Fenix Power Perú S.A.)**  
 Escala: 1/16,000  
 Datum Horizontal WGS84  
 Proyección Transversa de Mercator  
 Sistema de Coordenadas - UTM - Zona 18S  
 Elaborado: **CSIG-OEFA** Fecha: Diciembre 2018  
 Fuente: Cartas Nacionales, escala 1:100 000 - IGN, Centros Poblados - INEI, Monitoreo ambiental-OEFA

8614000

8612000

# ANEXO 2



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

## TABLA DE RESULTADOS



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

[www.oefa.gob.pe](http://www.oefa.gob.pe)  
Dirección de Evaluación

Av. Faustino Sánchez Carrión  
N° 603, 607 y 615  
Jesús María - Lima, Perú  
Teléf.: (511) 204 9900

**Tabla 1.** Resultados de los niveles de radiaciones no ionizantes en baja frecuencia en el área de influencia de la CT Chilca – Fenix Power Perú S.A.

Datos de campo					Resultados		DS N° 010-2005-PCM <sup>1</sup>		
Punto de muestreo <sup>3</sup>	Horario	Fecha	Hora (Inicio)	Hora (Final)	Densidad de flujo magnético B (μT)	Intensidad de campo eléctrico E (V/m)	ECA para Radiaciones no ionizantes <sup>2</sup>		
							Densidad de flujo magnético B (μT)	Intensidad de campo eléctrico E (V/m)	
RNI-01	RNI-01-1	Mañana	4/12/2018	10:07	10:19	0,2734	1914,00	83,33	4166,67
	RNI-01-2	Tarde	4/12/2018	14:30	14:42	47,9700	482,700	83,33	4166,67
	RNI-01-3	Noche	5/12/2018	20:40	20:52	101,8000	3487,000	83,33	4166,67
RNI-02	RNI-02-1	Mañana	4/12/2018	11:00	11:12	9,0060	345,300	83,33	4166,67
	RNI-02-2	Tarde	4/12/2018	14:50	15:02	36,3800	330,30	83,33	4166,67
	RNI-02-3	Noche	5/12/2018	21:25	21:37	125,8000	2442,000	83,33	4166,67
RNI-03	RNI-03-1	Mañana	4/12/2018	11:50	12:02	3,2250	12,900	83,33	4166,67
	RNI-03-2	Tarde	4/12/2018	15:42	15:54	30,9700	258,400	83,33	4166,67
	RNI-03-3	Noche	4/12/2018	18:07	18:19	43,2600	312,20	83,33	4166,67
Excede los ECA para RNI en densidad de flujo magnético									

<sup>1</sup> para redes de energía eléctrica<sup>2</sup> para una frecuencia de 0,06 kHz (60Hz)<sup>3</sup> En cada punto se realizó 3 mediciones en distintos horarios, diferenciándolos con los siguientes números: 1 (mañana), 2 (tarde) y 3 (noche).

# ANEXO 3



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

## REGISTRO FPOTOGRÁFICO

**EVALUACIÓN AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA CHILCA, DICIEMBRE 2018**

**«RADIACIONES NO IONIZANTES EN BAJA FRECUENCIA»**

**CUE: 2018-02-0021**

**CUC: 0007-12-2018-401**

<b>Distrito</b>	<b>Chilca</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cañete</b>	<b>Departamento</b>	<b>Lima</b>
-----------------	---------------	------------------	---------------	---------------------	-------------

**Punto: RNI-01-1**

**FOTOGRAFÍA N.º 1**

**Fecha:** 04/12/2018

**Hora (i):** 10:07 **Hora (f):** 10:19

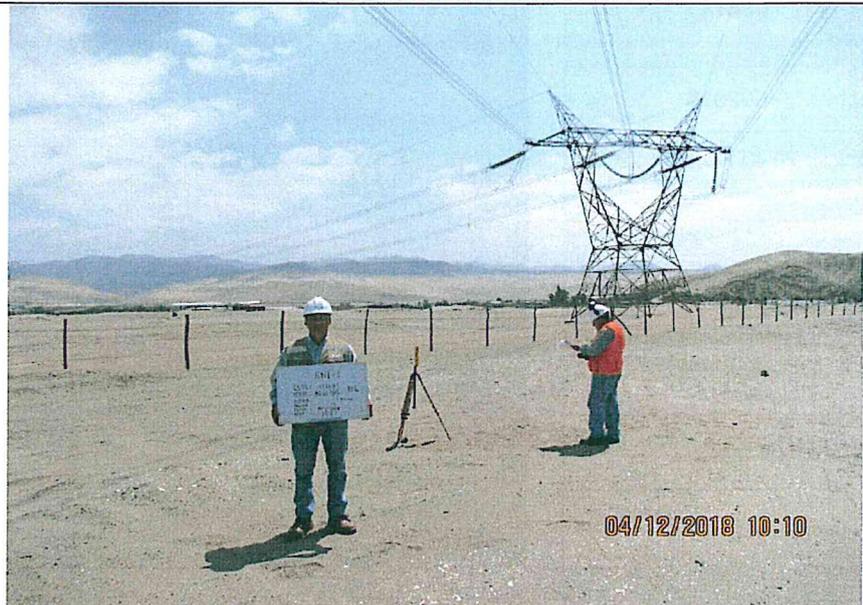
**COORDENADAS UTM -WGS 84 – ZONA 19K**

**Este (m):** 311 683

**Norte (m):** 8 612 785

**Altitud (m s.n.m):** 3

**Precisión:** ± 3 m



**DESCRIPCIÓN:**

Debajo de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S)

**Punto: RNI-01-2**

**FOTOGRAFÍA N.º 2**

**Fecha:** 04/12/2018

**Hora (i):** 14:30 **Hora (f):** 14:42

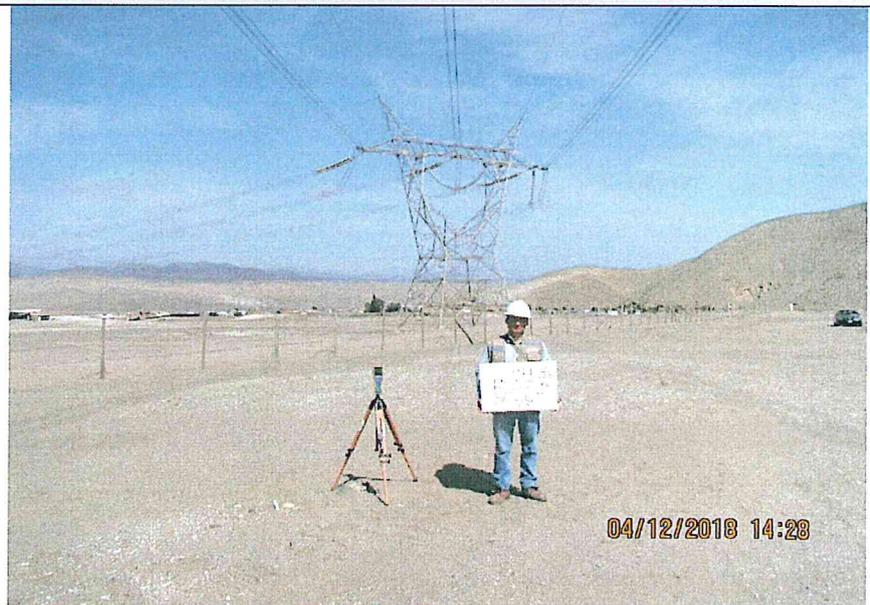
**COORDENADAS UTM -WGS 84 – ZONA 19K**

**Este (m):** 311 683

**Norte (m):** 8 612 785

**Altitud (m s.n.m):** 3

**Precisión:** ± 3 m



**DESCRIPCIÓN:**

Debajo de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S)

(i): inicio / (f): final

*Handwritten blue marks: a signature, a triangle, and a vertical line.*

**EVALUACIÓN AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA  
CHILCA, DICIEMBRE 2018**

**«RADIACIONES NO IONIZANTES EN BAJA FRECUENCIA»**

**CUE: 2018-02-0021**

**CUC: 0007-12-2018-401**

**Distrito**

**Chilca**

**Provincia**

**Cañete**

**Departamento**

**Lima**

**Punto: RNI-01-3**

**FOTOGRAFÍA N.º 3**

**Fecha:** 05/12/2018

**Hora (i):** 20:40 **Hora (f):** 20:52

**COORDENADAS  
UTM -WGS 84 – ZONA 19K**

**Este (m):** 311 683

**Norte (m):** 8 612 785

**Altitud (m s.n.m):** 3

**Precisión:** ± 3 m

**DESCRIPCIÓN:**

Debajo de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S)



(i): inicio / (f): final

*Handwritten signature*

**EVALUACIÓN AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA CHILCA, DICIEMBRE 2018**

**«RADIACIONES NO IONIZANTES EN BAJA FRECUENCIA»**

**CUE: 2018-02-0021**

**CUC: 0007-12-2018-401**

<b>Distrito</b>	<b>Chilca</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cañete</b>	<b>Departamento</b>	<b>Lima</b>
-----------------	---------------	------------------	---------------	---------------------	-------------

**Punto: RNI-02-1**

**FOTOGRAFÍA N.º 1**

Fecha: 04/12/2018

Hora (i): 11:00 Hora (f): 11:12

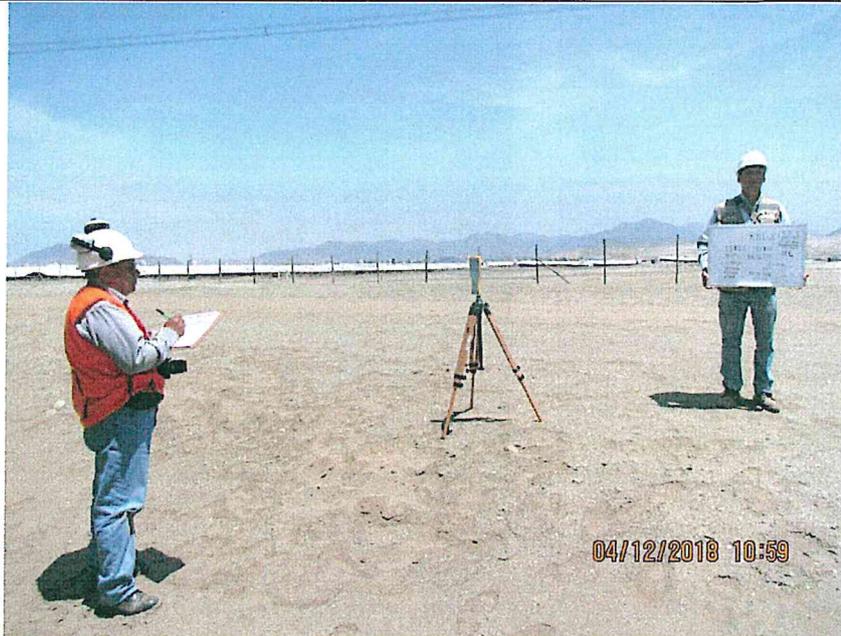
**COORDENADAS UTM -WGS 84 – ZONA 19K**

Este (m): 311 707

Norte (m): 8 612 751

Altitud (m s.n.m): 3

Precisión: ± 3 m



**DESCRIPCIÓN:**

A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).

**Punto: RNI-02-2**

**FOTOGRAFÍA N.º 2**

Fecha: 04/12/2018

Hora (i): 14:50 Hora (f): 15:02

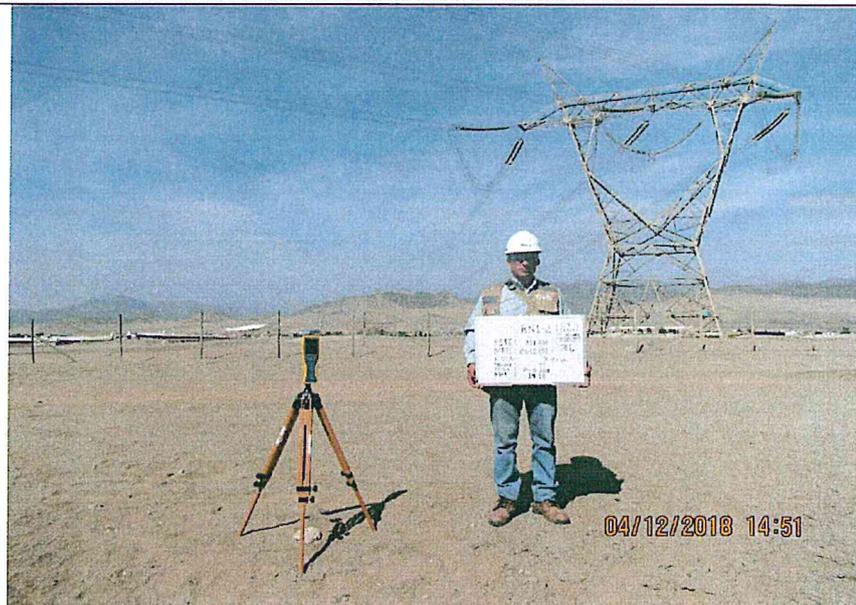
**COORDENADAS UTM -WGS 84 – ZONA 19K**

Este (m): 311 707

Norte (m): 8 612 751

Altitud (m s.n.m): 3

Precisión: ± 3 m



**DESCRIPCIÓN:**

A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).

(i): inicio / (f): final

**EVALUACIÓN AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA CHILCA, DICIEMBRE 2018**

**«RADIACIONES NO IONIZANTES EN BAJA FRECUENCIA»**

**CUE: 2018-02-0021**

**CUC: 0007-12-2018-401**

<b>Distrito</b>	<b>Chilca</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cañete</b>	<b>Departamento</b>	<b>Lima</b>
-----------------	---------------	------------------	---------------	---------------------	-------------

**Punto: RNI-02-3**

**FOTOGRAFÍA N.º 3**

**Fecha:** 05/12/2018

**Hora (i):** 21:25 **Hora (f):** 21:37

**COORDENADAS UTM -WGS 84 – ZONA 19K**

**Este (m):** 311707

**Norte (m):** 8612751

**Altitud (m s.n.m):** 3

**Precisión:** ± 3 m



**DESCRIPCIÓN:**

A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).

(i): inicio / (f): final

*[Handwritten signatures and initials in blue ink]*

**EVALUACIÓN AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA CHILCA, DICIEMBRE 2018**

**«RADIACIONES NO IONIZANTES EN BAJA FRECUENCIA»**

**CUE: 2018-02-0021**

**CUC: 0007-12-2018-401**

<b>Distrito</b>	<b>Chilca</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cañete</b>	<b>Departamento</b>	<b>Lima</b>
-----------------	---------------	------------------	---------------	---------------------	-------------

**Punto: RNI-03-1**

**FOTOGRAFÍA N.º 1**

Fecha: 04/12/2018

Hora (i): 11:50 Hora (f): 12:02

**COORDENADAS UTM -WGS 84 – ZONA 19K**

Este (m): 312345

Norte (m): 8613377

Altitud (m s.n.m): 11

Precisión: ± 3 m



**DESCRIPCIÓN:**

A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-004 y LT-005. CT Chilca (conductor central con fase S).

**Punto: RNI-03-2**

**FOTOGRAFÍA N.º 2**

Fecha: 04/12/2018

Hora (i): 15:42 Hora (f): 15:54

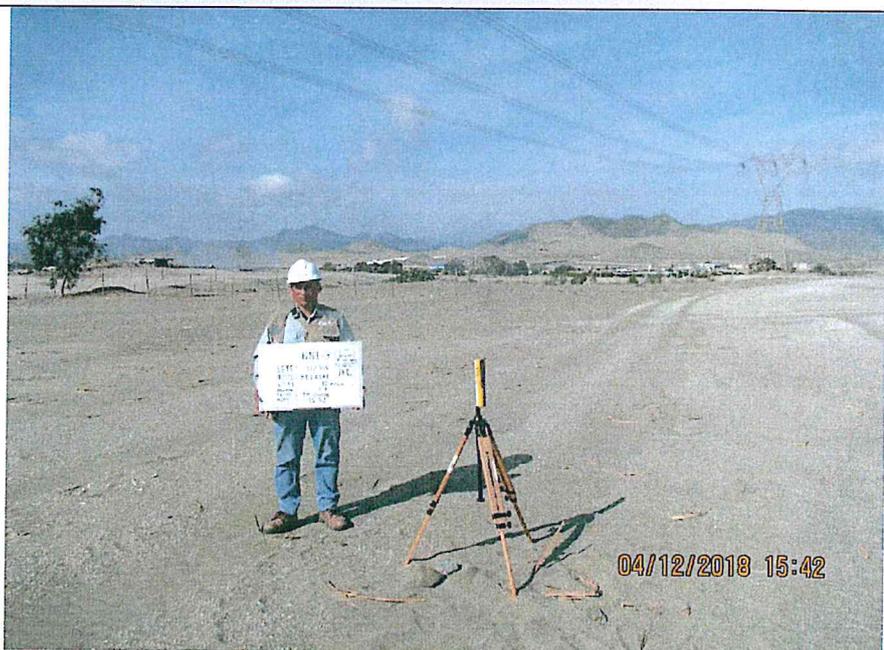
**COORDENADAS UTM -WGS 84 – ZONA 19K**

Este (m): 312345

Norte (m): 8613377

Altitud (m s.n.m): 11

Precisión: ± 3 m



**DESCRIPCIÓN:**

A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-004 y LT-005. CT Chilca (conductor central con fase S).

*Handwritten blue scribbles and a small 'A' symbol.*

(i): inicio / (f): final

**EVALUACIÓN AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA  
CHILCA, DICIEMBRE 2018**

**«RADIACIONES NO IONIZANTES EN BAJA FRECUENCIA»**

**CUE: 2018-02-0021**

**CUC: 0007-12-2018-401**

Distrito	Chilca	Provincia	Cañete	Departamento	Lima
<b>Punto: RNI-03-3</b>					
<b>FOTOGRAFÍA N.º 3</b>					
Fecha: 04/12/2018					
Hora (i): 18:07 Hora (f): 18:19					
<b>COORDENADAS UTM -WGS 84 – ZONA 19K</b>					
Este (m): 312345					
Norte (m): 8613377					
Altitud (m s.n.m): 11					
Precisión: ± 3 m					
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-004 y LT-005. CT Chilca (conductor central con fase S).			

(i): inicio / (f): final

# ANEXO 4



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

## INFORME DE IMAGEN BROADCAST S.A.C

*Handwritten signature or initials in blue ink.*



# SERVICIO DE MUESTREO Y EVALUACION DE RADIACIONES NO IONIZANTES EN BAJA FRECUENCIA

## ORGANISMO DE EVALUACIÓN y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL (OEFA)

Elaborado por: IBRO SAC

Diciembre de 2018

  
PABLO S. HUAYANEY FIGUEROA  
Ingeniero Electrónico  
CIP. 44330



## SUMARIO

I. INTRODUCCIÓN .....	3
II. ANTECEDENTES .....	4
III. MARCO LEGAL .....	4
IV. OBJETIVO.....	5
V. VALORES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN A LAS RADIACIONES ELECTROMAGNETICAS EN 60 Hz.....	6
VI. PLAN DE MONITOREO .....	9
VII. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN .....	10
VIII. INFORMACIÓN DE UBICACIÓN PARA LA REALIZACION DEL ESTUDIO .....	11
IX. RESULTADOS OBTENIDOS .....	13
X. RESUMEN TOTAL DE LAS MEDICIONES.....	14
XI. CONCLUSIONES .....	16
XII. EJECUCIÓN Y APROBACIÓN .....	17
XIII. CONTACTO DE OEFA.....	17
XIV. ANEXO_A FOTOGRAFÍAS DEL MONITOREO .....	18
XV. ANEXO_B CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR ISOTRÓPICO.....	48
XVI. ANEXO_C CERTIFICADO RNI.....	55
XVII. ANEXO_D CERTIFICADO DE HABILIDAD CIP .....	57
XVIII. ANEXO_H HOJA DE DATOS.....	58
XIX. ANEXO_I ESTÁNDARES ICNIRP E IEEE 644 .....	60
XX. CERTIFICADO DE ENTRENAMIENTO DE EQUIPOS AARONIA Y NARDA.....	86



## I. INTRODUCCIÓN

A solicitud del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), IBRO SAC realizó los días 4, 5 y 6 de diciembre del 2018, el monitoreo de campo eléctrico y campo magnético generados por las líneas de alta tensión, ubicados en el distrito de Chilca, provincia de Cañete, Departamento de Lima.

El monitoreo consideró realizar mediciones de los niveles de la intensidad de campo eléctrico e inducción magnética generada por las líneas eléctricas de alta tensión establecidos en puntos de control, según las recomendaciones del estándar IEEE 644: "Procedures for Measurement of Power Frequency Electric And Magnetic Fields AC Power Lines".

La finalidad del monitoreo es comparar los valores obtenidos en campo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para radiaciones no ionizantes (RNI) en baja frecuencia establecido en el D.S. 010-2005-PCM, Código Nacional de Electricidad (CNE) – Suministro (R.M. N° 214-2011-MEM/DM) y las recomendaciones del International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).



## II. ANTECEDENTES

Mediante D.S. N°010-2005-PCM se promulgaron los estándares de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes (ECA para RNI), instrumentos de gestión ambiental prioritarios para prevenir y planificar el control de la contaminación por radiaciones no ionizantes sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible.

Asimismo, el Ministerio de Energía y Minas publicó en el 2011, el código nacional de electricidad – Suministro (Sección Protección Ambiental), donde se establecen los “Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz”, valores de radiaciones no ionizantes adoptados de las Recomendaciones del ICNIRP (Internacional Comisión on Non – Ionizing Protection).

## III. MARCO LEGAL

La normativa técnica aplicable para el presente servicio de medición de campos eléctricos y magnéticos en baja frecuencia es:

- D.S. N°010-2005-PCM: “Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes”
- R.M. N° 214-2011-MEM/DM: Código Nacional de Electricidad (CNE) – Suministro. El Ministerio de Energía y Minas mediante el Código Nacional de Electricidad – “Utilización” y “Suministro” indica lo siguiente:

- o El Código Nacional de Electricidad – “Utilización” incluye una sección para la “Protección Ambiental”, que contiene las prescripciones generales para la protección del medio ambiente durante la construcción, operación y mantenimiento de instalaciones para la utilización de energía eléctrica; con el propósito de proveer un resumen de directivas ambientales específicas al sector eléctrico, en tanto las regulaciones ambientales generales del país se encuentran totalmente desarrollados. Para Radiaciones No Ionizantes se establecen los “Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60 Hz”, adoptando las recomendaciones del ICNIRP (Internacional Comisión on Non – Ionizing Radiation Protection).
- o El Código Nacional de Electricidad – “Suministro” presenta la necesidad de evitar ocasionar mayor impacto en el ambiente, señalando en la regla 212 los valores máximos de radiaciones no ionizantes referidas a campos eléctricos y magnéticos, adaptándose las recomendaciones del ICNIRP y del IARC (International Agency for Research on Cancer) para exposición ocupacional de día completo o exposición de público.



Las Recomendaciones ICNIRP han sido adoptadas por la Organización Mundial de la Salud y son la de mayor aceptación en el mundo. Además, sirven de base para los estándares de Alemania, Austria, Nueva Zelanda, Japón, a la Unión Europea, y otros países.

En el cuadro N° 1 y N° 2 se presentan los valores máximos de exposición a campos eléctricos y magnéticos a 60 Hz según la R.M. 214-2011 - MEM/DM (CNE – Suministro) y los estándares de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes, establecidos en el D.S. N°010-2005-PCM.

#### IV. OBJETIVO

Realizar la medición y evaluación de la intensidad de campo eléctrico e inducción magnética en baja frecuencia (60Hz) en los puntos establecidos por el cliente, según el estándar IEEE 644: "Procedures for Measurement of Power Frequency Electric And Magnetic Fields AC Power Lines" de las líneas de transmisión, ubicados en el distrito de Chilca, provincia de Cañete, departamento de Lima.

#### V. VALORES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN A LAS RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS EN 60Hz

A nivel internacional, los gobiernos e Instituciones internacionales han publicado recomendaciones para la protección de los seres humanos frente a la exposición de las radiaciones de los campos electromagnéticos. En 1998, el ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) publicó las Guías para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variantes en el tiempo. Estas Guías han sido aceptadas como recomendaciones por diversos organismos como la Organización Mundial de la Salud, la Unión Internacional de Telecomunicaciones, la Unión Europea, etc., y por los diversos Gobiernos alrededor del mundo.

En el Perú, el Código Nacional de Electricidad (CNE) – Suministro establece los valores máximos de exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60 Hz Basados en las Recomendaciones de la Comisión Internacional para la protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP -98), según se muestra en el Cuadro N° 1:



**CUADRO N°1: VALORES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS A 60 Hz (CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD SUMINISTRO 2011, SECCION 21, PUNTO 212)**

Tipo de Exposición	E(kV/m)	B( $\mu$ T)
Exposición Ocupacional	8,3	416,7
Exposición del público en general (Exposición Poblacional)	4,2	83,3

Donde:

- E: Intensidad de Campo Eléctrico, medida en kilo Voltios/metro (kV/m)
- B: Densidad de Flujo Magnético o Inducción Magnética ( $\mu$ T)

Por otro lado, los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes (ECA para RNI) también adoptan las Recomendaciones ICNIRP – 98 para el rango de 0 a 30 GHz. El ECA para RNI, establece el nivel máximo de intensidad RNI, de acuerdo a las fórmulas mostradas en el Cuadro N°2, que se muestra a continuación:



## CUADRO N° 2 NIVELES MÁXIMOS DE INTENSIDAD ECA-RNI

### ANEXO - DECRETO SUPREMO N° 010-2005-PCM

#### ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RADIACIONES NO IONIZANTES

Rango de Frecuencias (f)	Intensidad de Campo Eléctrico (E) (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (H) (A/m)	Densidad de Flujo Magnético (B) (μT)	Densidad de Potencia (Seq) (W/m <sup>2</sup> )	Principales aplicaciones (no restrictiva)
Hasta 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	-	Líneas de energía para trenes eléctricos, resonancia magnética
1 - 8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-	
8 - 25 Hz	10 000	$4 000 / f$	$5 000 / f$	-	Líneas de energía para trenes eléctricos
0,025 - 0,8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-	Redes de energía eléctrica, líneas de energía para trenes, monitores de video
0,8 - 3 kHz	$250 / f$	5	6,25	-	Monitores de video
3 - 150 kHz	87	5	6,25	-	Monitores de video
0,15 - 1 MHz	87	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-	Radio AM
1 - 10 MHz	$87 / f^{0.5}$	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-	Radio AM, diatermia
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2	Radio FM, TV VHF, Sistemas móviles y de radionavegación aeronáutica, teléfonos inalámbricos, resonancia magnética, diatermia
400 - 2000 MHz	$1,375 f^{0.5}$	$0,0037 f^{0.5}$	$0,0046 f^{0.5}$	$f / 200$	TV UHF, telefonía móvil celular, servicio troncalizado, servicio móvil satelital, teléfonos inalámbricos, sistemas de comunicación personal
2 - 300 GHz	61	0,16	0,20	10	Redes de telefonía inalámbrica, comunicaciones por microondas y vía satélite, radares, hornos microondas

1.  $f$  está en la frecuencia que se indica en la columna Rango de Frecuencias

2. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz,  $S_{eq}$ ,  $E^2$ ,  $H^2$ , y  $B^2$ , deben ser promediados sobre cualquier período de 6 minutos.

3. Para frecuencias por encima de 10 GHz,  $S_{eq}$ ,  $E^2$ ,  $H^2$ , y  $B^2$ , deben ser promediados sobre cualquier período de  $68 / f^{1.05}$  minutos ( $f$  en GHz).



Para el ámbito del presente servicio, se considera la frecuencia de la red eléctrica ( $f=60\text{Hz}$ ), con lo cual el Cuadro N° 2 se limita a los valores presentados en cuadro:

### CUADRO N°3: NIVELES MÁXIMOS DE INTENSIDAD ECA-RNI PARA 60Hz

ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RADIACIONES NO IONIZANTES PARA 60 Hz			
Intensidad de Campo Eléctrico (E) (kV/m)		Densidad de Flujo Magnético (B)( $\mu\text{T}$ )	
Frecuencia fija:60 Hz		Frecuencia fija:60 Hz	
Formula	Nivel máximo ECA (kV/m)	Fórmula	Nivel Máximo ECA ( $\mu\text{T}$ )
$250/f$	4,16667	$5/f$	83,33333

- El estándar nacional ECA-RNI considera únicamente los límites de exposición tipo poblacional.
- $f=0.06$  (60Hz)

Cabe Notar que para el cálculo del resultado de las fórmulas indicadas en el cuadro N°3 se ha considerado emplear 5 decimales; sin embargo, para el cálculo de valores máximos de exposición señalados por el Código Nacional de Electricidad solo se considera 1 decimal, según se ha mostrado en el cuadro N°1.



## VI. PLAN DE MONITOREO

El plan de monitoreo aplicado se basó en los siguientes criterios básicos según Estándar IEEE 644, capítulo 5, inciso 5.1 (se adjunta en el anexo I), para la elección de los puntos de medición:

### **Debajo de la Línea de Transmisión:**

Se eligió el primer punto del monitoreo en la mitad del vano (RNI-01-1), luego se realizó medición de campo magnético y eléctrico en 3 horarios (mañana (RNI-01-1), tarde (RNI-01-2) y noche (RNI-01-3)).

Se eligió el segundo punto del monitoreo en la mitad del vano (RNI-02-1), luego se realizó medición de campo magnético y eléctrico en 3 horarios (mañana (RNI-02-1), tarde (RNI-02-2) y noche (RNI-02-3)).

Se eligió el tercer punto del monitoreo en la mitad del vano (RNI-03-1), luego se realizó medición de campo magnético y eléctrico en 3 horarios (mañana (RNI-03-1), tarde (RNI-03-2) y noche (RNI-03-3)).

Se eligió el cuarto punto del monitoreo en la mitad del vano (RNI-05-1), luego se realizó medición de campo magnético y eléctrico en 2 horarios (mañana (RNI-05-1), y noche (RNI-05-2)).

Se eligió el quinto punto del monitoreo en la mitad del vano (RNI-06-1), luego se realizó medición de campo magnético y eléctrico en 2 horarios (mañana (RNI-06-1), y noche (RNI-06-2)).

Se eligió el sexto punto del monitoreo en la mitad del vano (RNI-07-1), luego se realizó medición de campo magnético y eléctrico en 2 horarios (mañana (RNI-07-1), y noche (RNI-07-2)).

En caso de no haber líneas de transmisión, se elegirán los puntos de medición en los lugares de exposición más cercanos a las fuentes de campos electromagnéticos, de acuerdo a las siguientes prioridades:

Ubicar los puntos de medición en las zonas donde la intensidad de campo es mayor.

Para la realización de la medición, es necesario evitar la influencia de otras fuentes internas como vehículos, equipos electrónicos o artefactos electrodomésticos. (Véase en Estándar IEEE 644, capítulo 5, inciso 5.1, adjunto en anexo I).



## VII. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Procedimiento de Medición de Campos Eléctricos y Magnéticos según Estándar IEEE 644, capítulo 5, inciso 5.1 (se adjunta en el anexo I).

### Consideraciones Generales:

Asegurar que no existen otras fuentes de campo electromagnético en la proximidad (1m) del punto de medición. Esas otras fuentes pueden ser los artefactos eléctricos, los focos incandescentes, etc.

Las mediciones serán realizadas a una altura de un metro sobre el piso. Se considerará mediciones en otras alturas cuando sea necesario.

Para evitar perturbaciones y/o errores en la medición del campo eléctrico se recomienda que el operador mantenga una distancia mínima de 2,5 m de la sonda.

Durante la medición del campo magnético, el operador puede estar cerca de la sonda debido a que no perturbara el campo magnético a medirse.

### Mediciones:

**Paso 1.-** Ubicado el punto de monitoreo se procede con la conexión de la sonda de campo magnético y eléctrico, se inicia automáticamente el test de calibración y verificación de la misma en el equipo.

**Paso 2.-** Se configura el medidor para realizar las 2 mediciones (campo magnético y eléctrico) en el rango establecido de 12 minutos (6 minutos campo magnético y 6 minutos campo eléctrico).

**Paso 3.-** Se configura para tomar nota de los valores máximos registrados de campo magnético, eléctrico, porcentaje ICNIRP, armónicos.

Durante las mediciones de campo magnético y eléctrico se recopila la siguiente información:  
Coordenadas UTM, fecha, hora, altitud.

Registro Fotográficos.



**Instrumentación empleada:**

Equipos	Marca	Modelo	Serie	Certificado de calibración
Medidor de RNI	Aaronia	NF-5030S	10904	17-2562
Equipo de posicionamiento-GPS	Garmin	Etrex	-----	-----
Cámara Fotográfica	Nikon	D5000	3540227	-----

Nota: Las especificaciones técnicas del medidor RNI se adjuntan en el Anexo H

**VIII. INFORMACION DE UBICACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE ESTUDIO**

Fotografía Satelital General de los puntos de monitoreo:





De acuerdo a lo indicado por el personal de campo por parte del cliente se realizó por cada punto de monitoreo 3 muestreos para los primeros 3 puntos (RNI01 al RNI03) y 2 muestreos para los 3 últimos puntos (RNI05 al RNI07).

Cada muestreo se realizó en un periodo de 12 minutos donde el equipo de medición de manera alterna mide la Inducción Magnética y del Campo Eléctrico (6 minutos cada parámetro).

**TABLA N°1: DESCRIPCION DE PUNTOS DE MUESTREO – FECHA: 4,5 y 6-12-2018**

Código de Punto	Matriz	Fecha de Medición	Descripción	Coordenadas UTM-Zona 18L		Altitud	Hora (Inicio)	Hora (Final)
				Norte	Este			
RNI-01-1	Radiación No Ionizante	4-dic.	Debajo de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).	8612785	311683	3	10:07	10:19
RNI-01-2	Radiación No Ionizante	4-dic.	Debajo de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).	8612785	311683	3	14:30	14:42
RNI-01-3	Radiación No Ionizante	5-dic.	Debajo de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).	8612785	311683	3	20:40	20:52
RNI-02-1	Radiación No Ionizante	4-dic.	A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).	8612751	311707	3	11:00	11:12
RNI-02-2	Radiación No Ionizante	4-dic.	A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).	8612751	311707	3	14:50	15:02
RNI-02-3	Radiación No Ionizante	5-dic.	A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).	8612751	311707	3	21:25	21:37
RNI-03-1	Radiación No Ionizante	4-dic.	A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-004 y LT-005. CT Chilca (conductor central con fase S).	8613377	312345	11	11:50	12:02
RNI-03-2	Radiación No Ionizante	4-dic.	A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-004 y LT-005. CT Chilca (conductor central con fase S).	8613377	312345	11	15:42	15:54
RNI-03-3	Radiación No Ionizante	4-dic.	A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-004 y LT-005. CT Chilca (conductor central con fase S).	8613377	312345	11	18:07	18:19
RNI-05-1	Radiación No Ionizante	6-dic.	Frente a la puerta principal de la CT Las Flores.	8614994	313391	36	10:50	11:02
RNI-05-2	Radiación No Ionizante	5-dic.	Frente a la puerta principal de la CT Las Flores.	8614994	313391	36	18:50	19:02
RNI-06-1	Radiación No Ionizante	6-dic.	a 0,8 km aprox. al sureste de la CT Las Flores, en el cruce de líneas de transmisión de 500kV (CT Chilca) con 220 kV (LT Chilca-cantera - 2090) frente a COMECO.	8614263	313701	32	11:10	11:22
RNI-06-2	Radiación No Ionizante	5-dic.	a 0,8 km aprox. al sureste de la CT Las Flores, en el cruce de líneas de transmisión de 500kV (CT Chilca) con 220 kV (LT Chilca-cantera - 2090) frente a COMECO.	8614263	313701	32	19:24	19:36
RNI-07-1	Radiación No Ionizante	6-dic.	a 0,9 km aprox. al noroeste de la CT Las Flores, frente a vivienda.	8615760	312775	33	11:35	11:47
RNI-07-2	Radiación No Ionizante	5-dic.	a 0,9 km aprox. al noroeste de la CT Las Flores, frente a vivienda.	8615760	312775	33	20:03	20:15



## IX. RESULTADOS OBTENIDOS

TABLA N°2: VALORES OBTENIDOS EN EL EQUIPO DE MEDICIÓN

Codigo de Punto	Fecha	Hora (Inicio)	Hora (Final)	Resultados de las mediciones					
				Induccion Magnetica B	ICNIRP %	Campo Electrico (kV/m o v/m)	Armonicos		
RNI-01-1	4-dic.	10:07	10:19	273.4 nT	0,00	1.914 kV/m	9.00 Hz/554	18.02 Hz/42	29.50 Hz/106
RNI-01-2	4-dic.	14:30	14:42	47.97 uT	56,22	482.7 v/m	47.8 Hz/28	58.6 Hz/48	
RNI-02-1	4-dic.	11:00	11:12	9.006 uT	2,99	345.3 v/m	9.00 Hz/53		
RNI-02-2	4-dic.	14:50	15:02	36.38 uT	27,50	330.3 v/m	45.0 Hz /30	48.6 Hz/28	
RNI-03-1	4-dic.	11:50	12:02	3.225 uT	0,02	12.90 v/m	348.3 Hz/15		
RNI-03-2	4-dic.	15:42	15:54	30.97 uT	37,04	258.4 v/m	9.00 Hz/72		
RNI-03-3	4-dic.	18:07	18:19	43.26 uT	61,74	312.2 v/m	9.00 Hz/64		
RNI-01-3	5-dic.	20:40	20:52	101.8 uT	129,64	3.487 kV/m	348.3 Hz/9		
RNI-02-3	5-dic.	21:25	21:37	125.8 uT	144,96	2.442 kV/m	348.3 Hz/9		
RNI-05-2	5-dic.	18:50	19:02	131.7 nT	0,21	104.1 v/m	348.3 Hz/9		
RNI-06-2	5-dic.	19:24	19:36	0.650 uT	0,75	63.30 v/m	348.3 Hz/9		
RNI-07-2	5-dic.	20:03	20:15	10.73 nT	0,01	3.158 v/m	348.3 Hz/5		
RNI-05-1	6-dic.	10:50	11:02	98.42 nT	0,11	46.01 v/m	348.3 Hz/11		
RNI-06-1	6-dic.	11:10	11:22	3.430 nT	0,02	12.40 v/m	348.3 Hz/10		
RNI-07-1	6-dic.	11:35	11:47	34.30 nT	0,04	4.007 v/m	348.3 Hz/10		

Nota: son los valores que el instrumento de medición emite originalmente

**Armónicos:** Según el artículo 3.4 del Estándar IEEE 644 acerca de los armónicos nos menciona lo siguiente:

“3.4 contenido armónico: La distorsión de una forma de onda sinusoidal caracterizada por la indicación de la magnitud y el orden de los términos de la serie de Fourier que describen la onda.

Nota: Para líneas eléctricas, el contenido de armónicos es pequeño y poco preocupante para mediciones de campo, excepto en puntos cercanos a grandes cargas industriales (transformadores de potencia saturados, rectificadores, plantas de aluminio y cloro, etc.) donde ciertos armónicos pueden alcanzar 10 % de la tensión de línea. Las instalaciones de laboratorio también pueden tener fuentes de voltaje o corriente con un contenido armónico significativo.”

### **Comentario:**

Como indica el artículo 3.4, para las líneas de alta tensión los armónicos son casi irrelevantes; sin embargo, consideramos incluirlos en el informe, para observar los valores que no contribuyen de forma significativa a las mediciones.



## X. RESUMEN TOTAL DE LAS MEDICIONES

TABLA N°3: COMPARACION DE RESULTADOS CON LAS RECOMENDACIONES ICNIRP (1998)

Codigo de Punto	Resultados de las mediciones Induccion Magnetica			Resultados de las mediciones Campo Electrico						Limite ICNIRP Poblacional		Limite ICNIRP Ocupacional	
	Induccion Magnetica B (uT)	ICNIRP % Pobl.	ICNIRP % Ocup.	Campo Electrico E (V/m)	ICNIRP % Pobl.	ICNIRP % Ocup.	Armonicos			Campo Electrico (V/m)	Induccion Magnetica B (uT)	Campo Electrico (V/m)	Induccion Magnetica (uT)
RNI-01-1	0,2734	0,00	0,00	1914,00	45,94	22,97	9.00 Hz/554	18.02 Hz/42	29.50 Hz/106	4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-01-2	47,9700	56,22	11,24	482,700	11,58	5,79	47.8 Hz/28	58.6 Hz/48		4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-01-3	101,8000	129,64	25,93	3487,000	83,69	41,84	348.3 Hz/9			4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-02-1	9,0060	2,99	0,60	345,300	8,29	4,14	9.00 Hz/53			4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-02-2	36,3800	27,50	5,50	330,30	7,93	3,96	45.0 Hz/30	48.6 Hz/28		4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-02-3	125,8000	144,96	28,99	2442,000	58,61	29,30	348.3 Hz/9			4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-03-1	3,2250	0,02	0,00	12,900	0,31	0,15	348.3 Hz/15			4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-03-2	30,9700	37,04	7,41	258,400	6,20	3,10	9.00 Hz/72			4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-03-3	43,2600	61,74	12,35	312,20	7,49	3,75	9.00 Hz/64			4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-05-1	0,0984	0,11	0,02	46,010	1,10	0,55	348.3 Hz/11			4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-05-2	0,1317	0,21	0,04	104,100	2,50	1,25	348.3 Hz/9			4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-06-1	3,4300	0,02	0,00	12,400	0,30	0,15	348.3 Hz/10			4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-06-2	0,6500	0,75	0,15	63,30	1,52	0,76	348.3 Hz/9			4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-07-1	0,0343	0,04	0,01	4,007	0,10	0,05	348.3 Hz/10			4166,6	83,3	8333,3	420
RNI-07-2	0,0107	0,01	0,00	3,158	0,08	0,04	348.3 Hz/5			4166,6	83,3	8333,3	420

Valor porcentual que excede las recomendaciones ICNIRP a una frecuencia de 60 Hz

TABLA N°4: COMPARACION DE RESULTADOS CON LA NORMATIVA ECA

Codigo de Punto	Resultados de las mediciones Induccion Magnetica		Resultados de las mediciones Campo Electrico					Limite ECA Poblacional	
	Induccion Magnetica B (uT)	ECA % Pobl.	Campo Electrico E (V/m)	ECA % Pobl.	Armonicos			Campo Electrico (V/m)	Induccion Magnetica B (uT)
RNI-01-1	0,2734	0,33	1914,00	45,94	9.00 Hz/554	18.02 Hz/42	29.50 Hz/106	4166,6	83,3333
RNI-01-2	47,9700	57,56	482,700	11,58	47.8 Hz/28	58.6 Hz/48		4166,6	83,3333
RNI-01-3	101,8000	122,16	3487,000	83,69	348.3 Hz/9			4166,6	83,3333
RNI-02-1	9,0060	10,81	345,300	8,29	9.00 Hz/53			4166,6	83,3333
RNI-02-2	36,3800	43,66	330,30	7,93	45.0 Hz/30	48.6 Hz/28		4166,6	83,3333
RNI-02-3	125,8000	150,96	2442,000	58,61	348.3 Hz/9			4166,6	83,3333
RNI-03-1	3,2250	3,87	12,900	0,31	348.3 Hz/15			4166,6	83,3333
RNI-03-2	30,9700	37,16	258,400	6,20	9.00 Hz/72			4166,6	83,3333
RNI-03-3	43,2600	51,91	312,20	7,49	9.00 Hz/64			4166,6	83,3333
RNI-05-1	0,0984	0,12	46,010	1,10	348.3 Hz/11			4166,6	83,3333
RNI-05-2	0,1317	0,16	104,100	2,50	348.3 Hz/9			4166,6	83,3333
RNI-06-1	3,4300	4,12	12,400	0,30	348.3 Hz/10			4166,6	83,3333
RNI-06-2	0,6500	0,78	63,30	1,52	348.3 Hz/9			4166,6	83,3333
RNI-07-1	0,0343	0,04	4,007	0,10	348.3 Hz/10			4166,6	83,3333
RNI-07-2	0,0107	0,01	3,158	0,08	348.3 Hz/5			4166,6	83,3333

Valor porcentual que excede los ECA para RNI a una frecuencia de 60 Hz



**TABLA N°5: COMPARACION DE RESULTADOS CON LA NORMATIVA DEL CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (2011)**

Codigo de Punto	Resultados de las mediciones Induccion Magnetica			Resultados de las mediciones Campo Electrico						Limite CNE Poblacional		Limite CNE Ocupacional	
	Induccion Magnetica B (uT)	CNE Pobl. %	CNE Ocup. %	Campo Electrico E (V/m)	CNE Pobl. %	CNE Ocup. %	Armonicos			Campo Electrico (V/m)	Induccion Magnetica B (uT)	Campo Electrico (V/m)	Induccion Magnetica B (uT)
RNI-01-1	0,2734	0,33	0,07	1914,00	45,57	22,97	9.00 Hz/554	18.02 Hz/42	29.50 Hz/106	4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-01-2	47,9700	57,57	11,51	482,700	11,49	5,79	47.8 Hz/28	58.6 Hz/48		4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-01-3	101,8000	122,16	24,43	3487,000	83,02	41,84	348.3 Hz/9			4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-02-1	9,0060	10,81	2,16	345,300	8,22	4,14	9.00 Hz/53			4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-02-2	36,3800	43,66	8,73	330,30	7,86	3,96	45.0 Hz /30	48.6 Hz/28		4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-02-3	125,8000	150,97	30,19	2442,000	58,14	29,30	348.3 Hz/9			4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-03-1	3,2250	3,87	0,77	12,900	0,31	0,15	348.3 Hz/15			4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-03-2	30,9700	37,17	7,43	258,400	6,15	3,10	9.00 Hz/72			4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-03-3	43,2600	51,91	10,38	312,20	7,43	3,75	9.00 Hz/64			4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-05-1	0,0984	0,12	0,02	46,010	1,10	0,55	348.3 Hz/11			4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-05-2	0,1317	0,16	0,03	104,100	2,48	1,25	348.3 Hz/9			4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-06-1	3,4300	4,12	0,82	12,400	0,30	0,15	348.3 Hz/10			4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-06-2	0,6500	0,78	0,16	63,30	1,51	0,76	348.3 Hz/9			4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-07-1	0,0343	0,04	0,01	4,007	0,10	0,05	348.3 Hz/10			4200	83,33	8333,3	416,7
RNI-07-2	0,0107	0,01	0,00	3,158	0,08	0,04	348.3 Hz/5			4200	83,33	8333,3	416,7

■ Valor porcentual que excede el CNE (2011) a una frecuencia de 60 Hz



## XI. CONCLUSIONES

### CONCLUSION:

1. Se realizó el muestreo y evaluación en los puntos solicitados por el cliente haciendo un total de 15 mediciones realizadas en mañana, tarde y noche.
2. Las mediciones realizadas en el horario comprendido entre las 18:00 a 22:00 horas en los puntos RNI-01 y RNI-02 para los valores de campo magnético de exposición poblacional excedieron los estándares de Calidad ambiental para RNI, valores máximos de exposición del Código Nacional de Electricidad "Suministro" y las recomendaciones del ICNIRP. En las demás mediciones los valores obtenidos no excedieron la normativa aplicada.

### RECOMENDACIÓN:

- Por el principio de precaución, aunque los niveles obtenidos son bajos, se recomienda no estar mucho tiempo debajo de la línea.



## XII. EJECUCIÓN Y APROBACIÓN

REFRENDADO POR:

IBRO S.A.C.

Reg. CIP : 44330

Registrado en la Dirección de Gestión con N° 075

Dirección: Jr. Montero Rosas 1280 - Santa Beatriz – Lima 01

Teléfono / Email: 2653818

[pablo@ibro.pe](mailto:pablo@ibro.pe)

  
IBRO S.A.C.  
Pablo Huayaney Figueroa  
GERENTE GENERAL

## XIII. CONTACTO DE OEFA.

Contacto : Carlos Amaya

Dirección : Avenida F. Sánchez Carrión 603, Jesús María 15076

Teléfono / Fax : 978164684

Email : [camaya@oeffa.gob.pe](mailto:camaya@oeffa.gob.pe)

  
PABLO S. HUAYANEY FIGUEROA  
Ingeniero Electrónico  
CIP. 44330

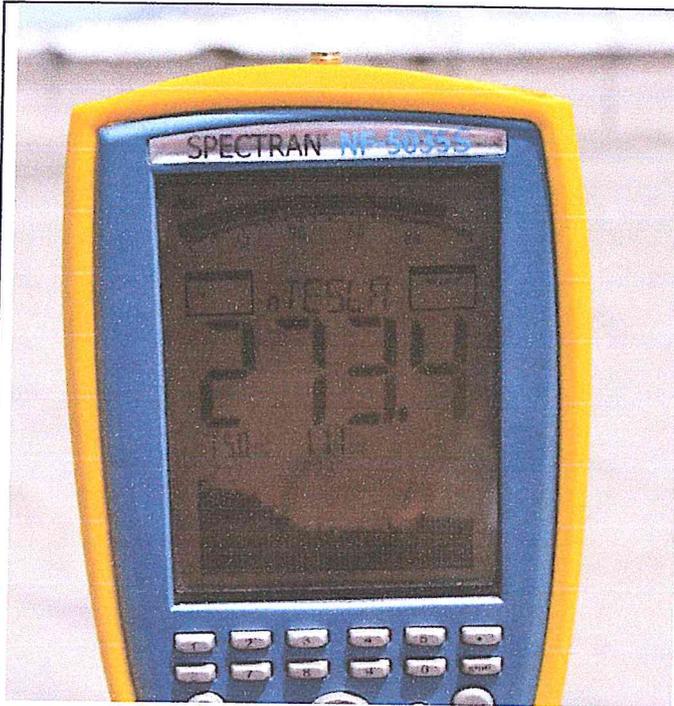


#### XIV. ANEXO\_A FOTOGRAFÍAS DEL MONITOREO

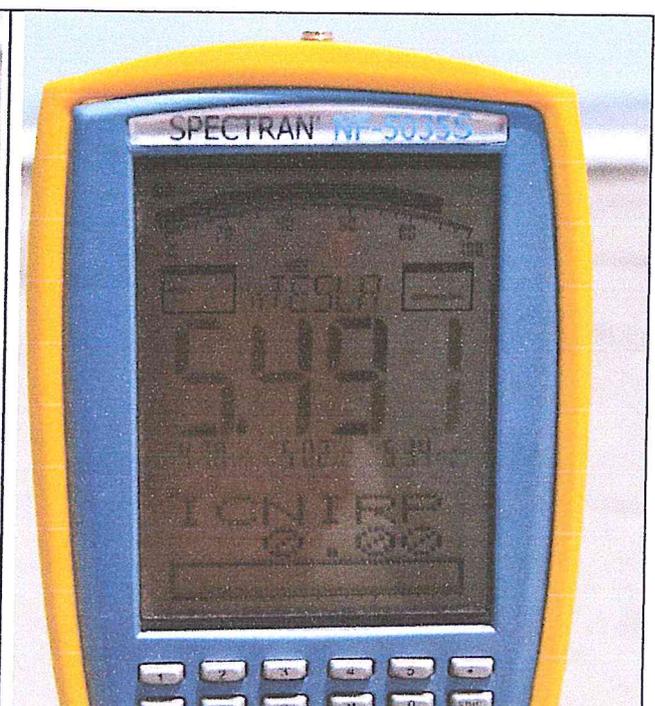
**RNI - 01- 1: Debajo de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).**



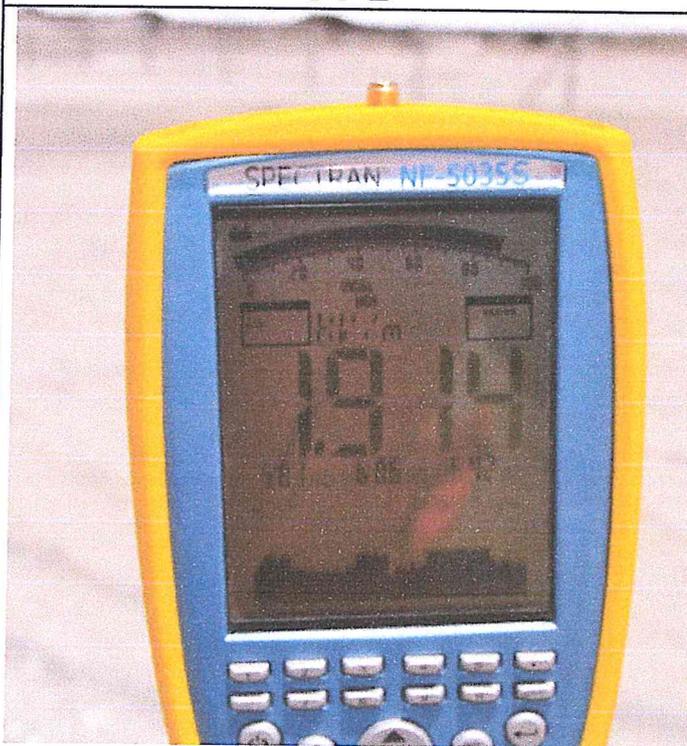
**FOTO PANORÁMICA**



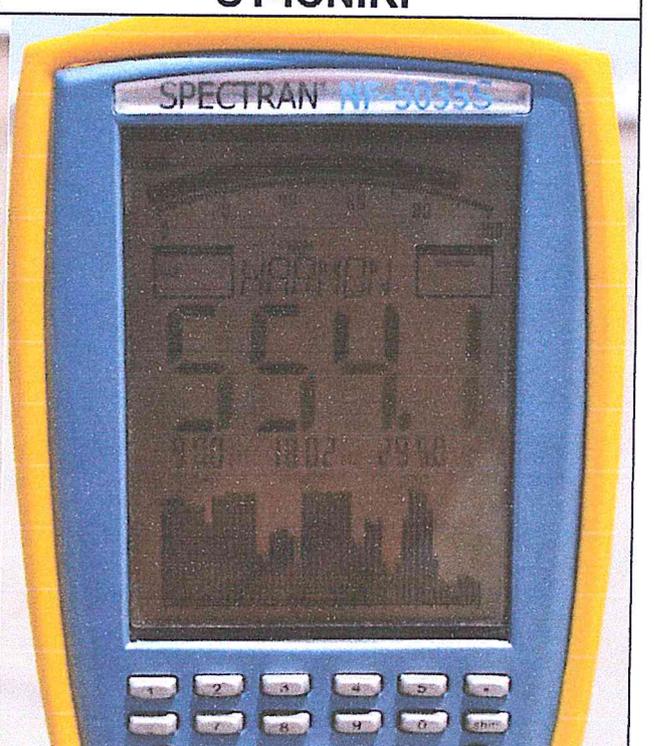
**S1-B**



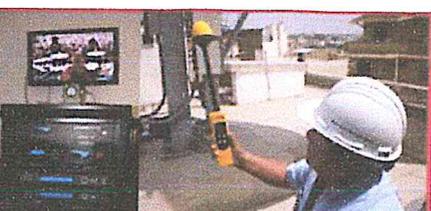
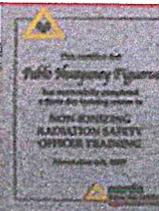
**S1-ICNIRP**



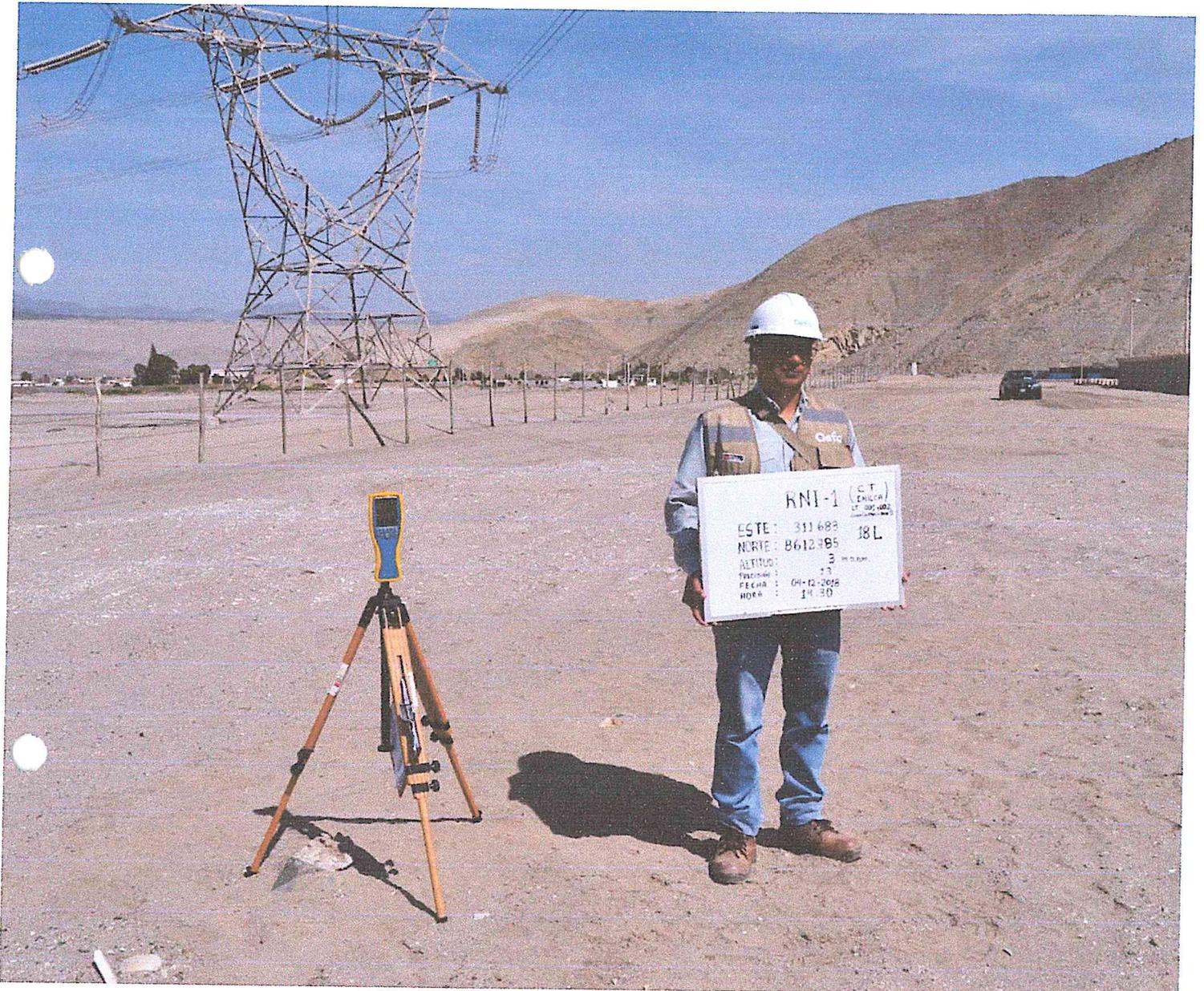
**S1-E**



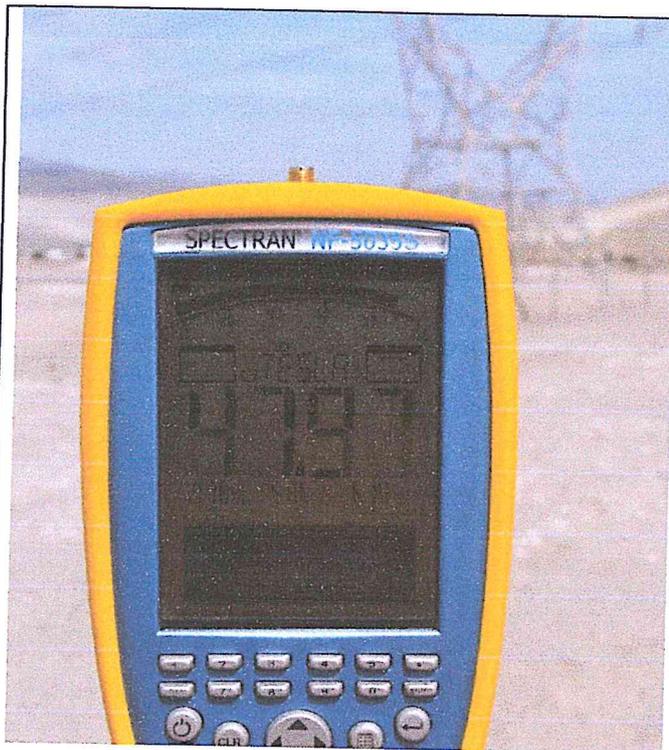
**S1-ARMÓNICOS**



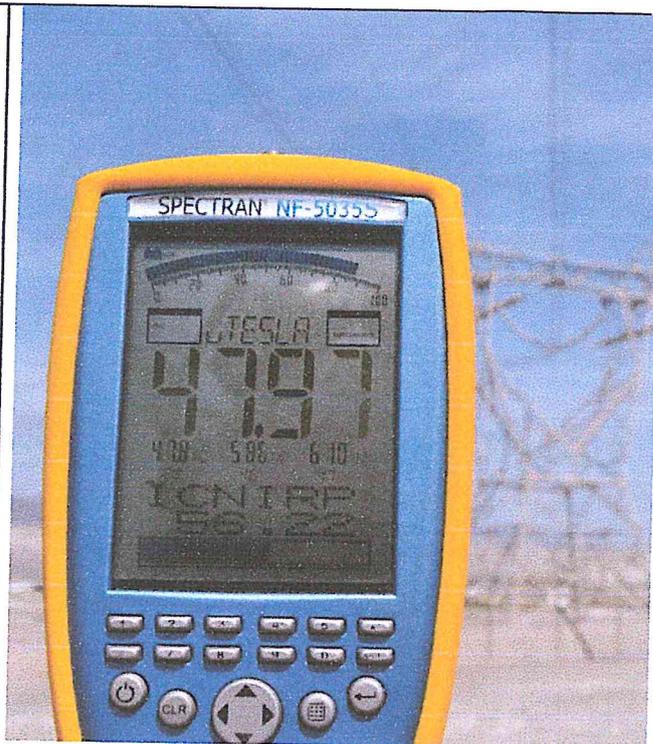
**RNI – 01 – 2: Debajo de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).**



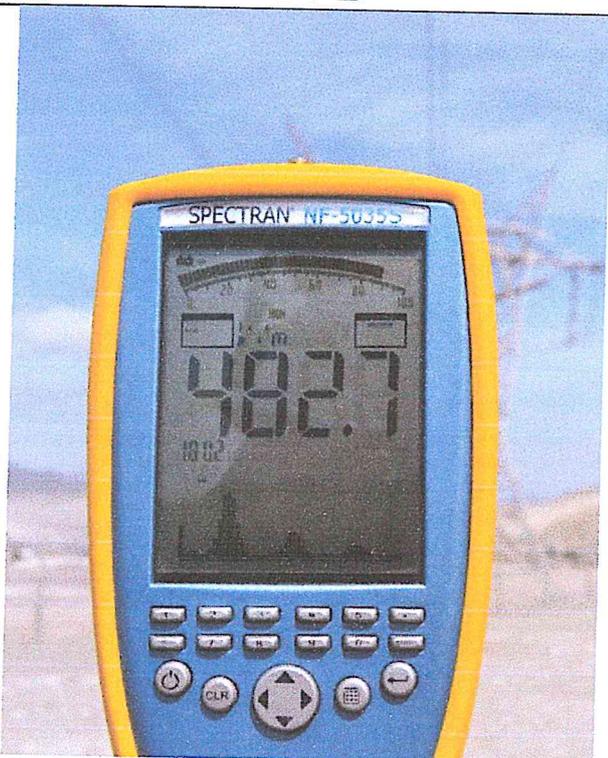
**FOTO PANORÁMICA**



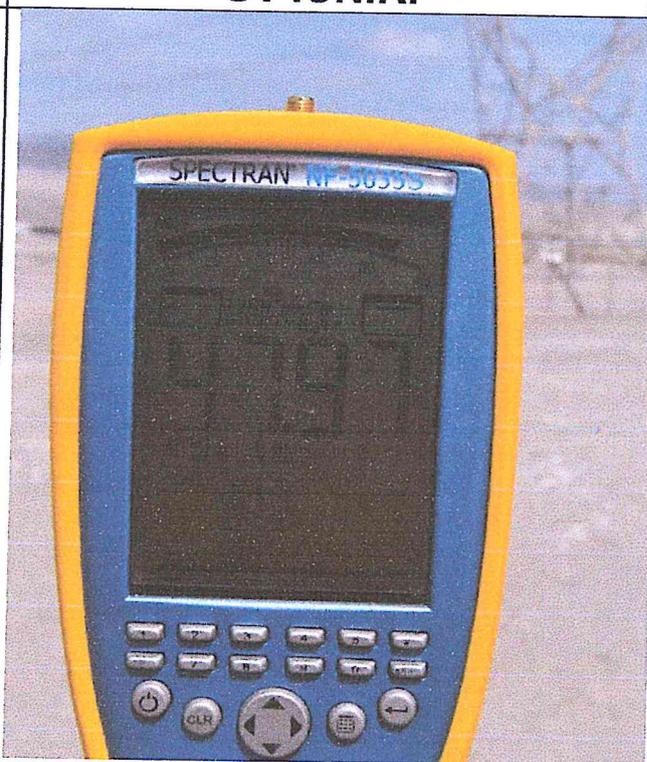
**S1-B**



**S1-ICNIRP**



**S1-E**



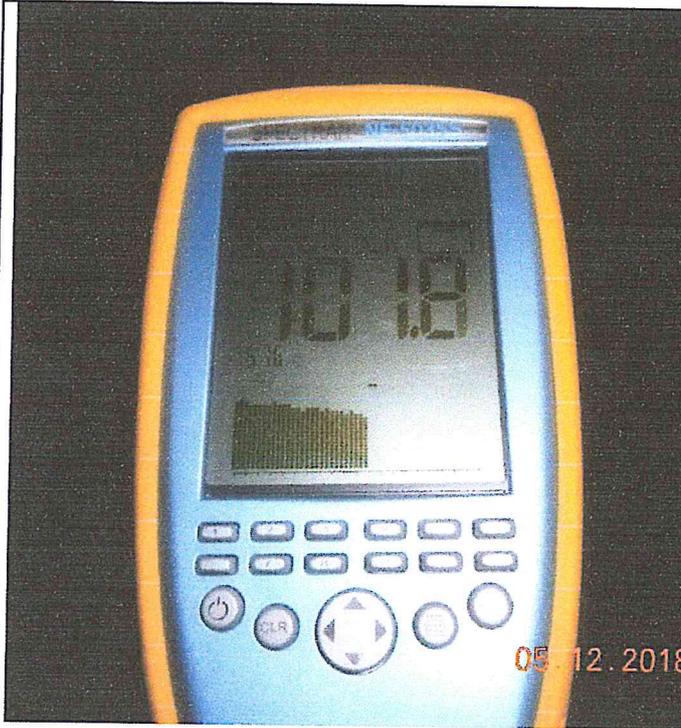
**S1-ARMÓNICOS**



**RNI – 01 - 3: Debajo de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).**

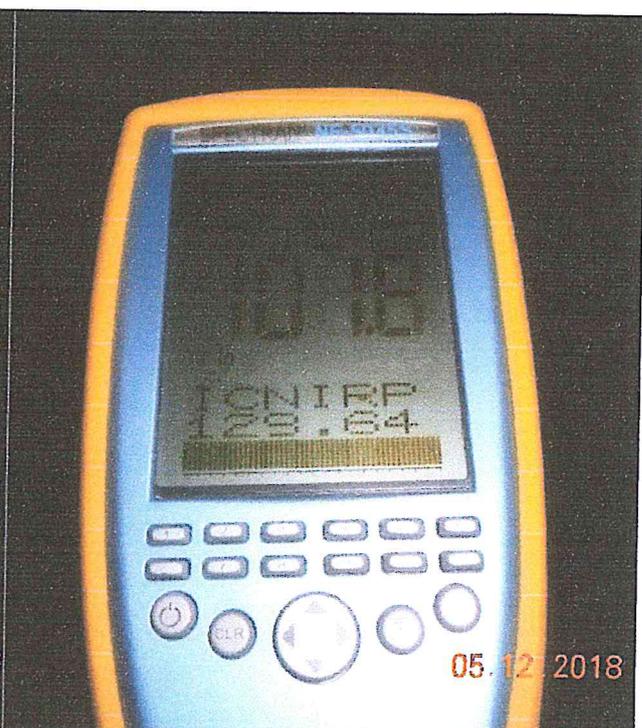


**FOTO PANORÁMICA**



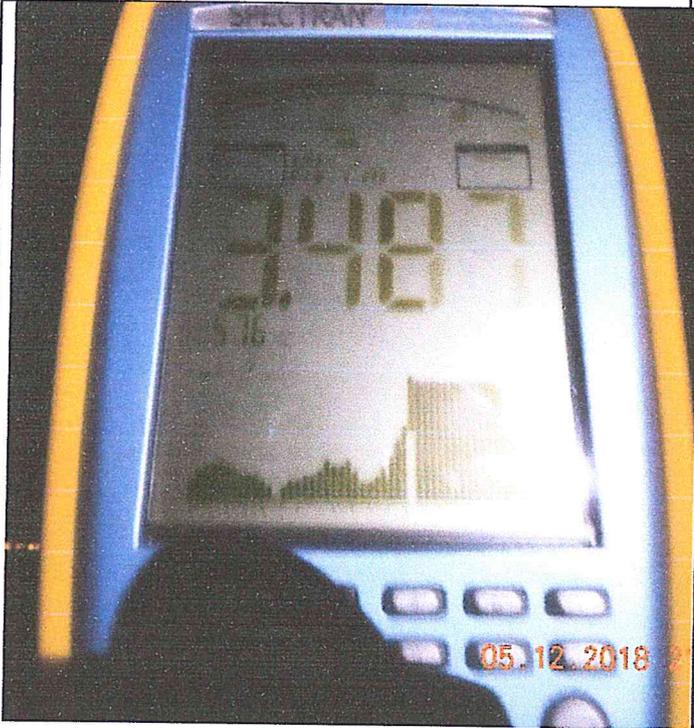
05.12.2018

S1-B



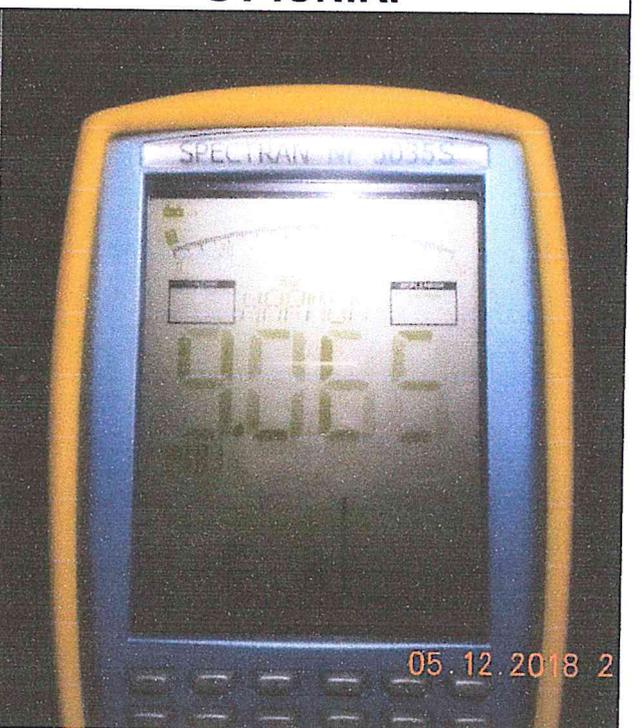
05.12.2018

S1-ICNIRP



05.12.2018

S1-E

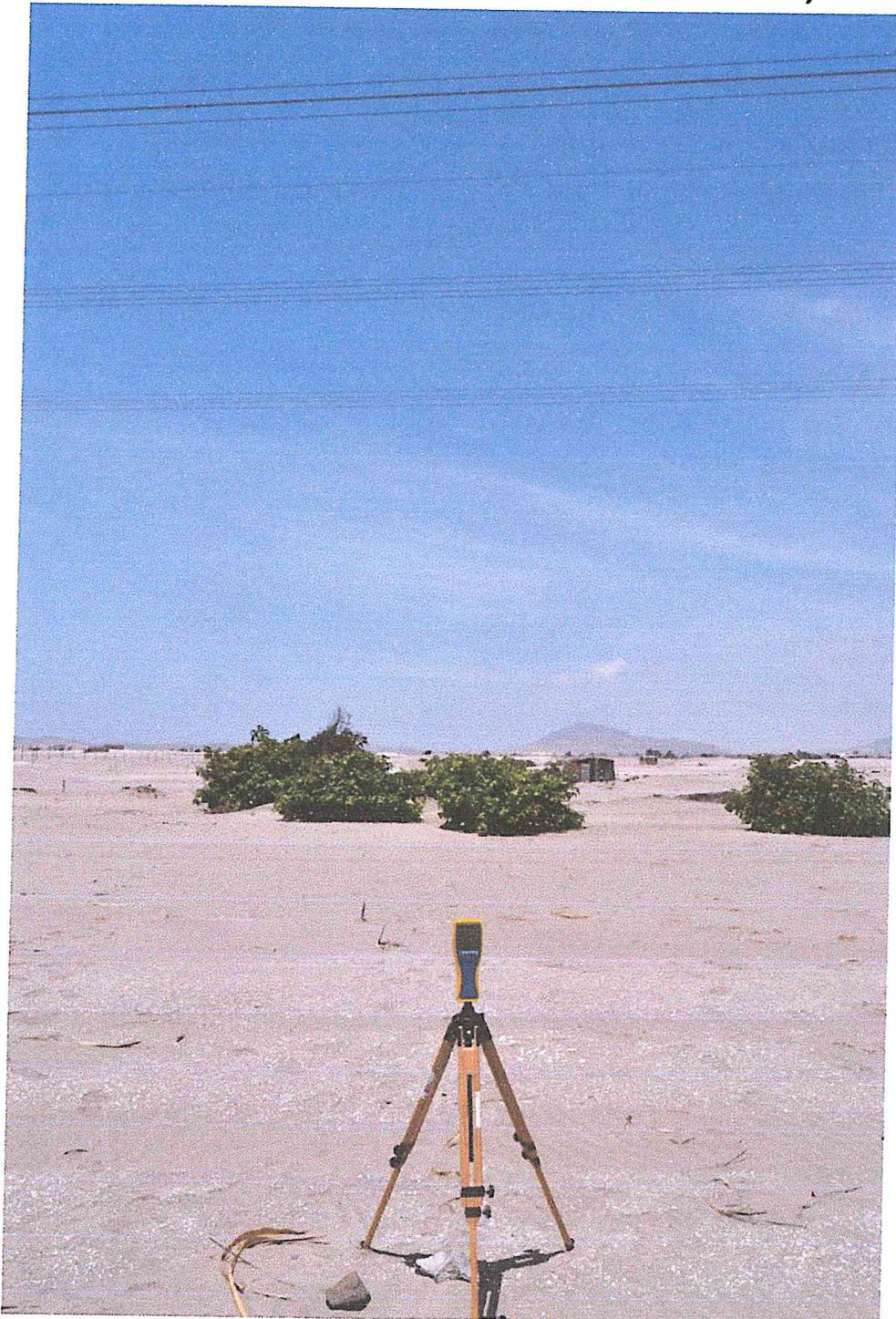


05.12.2018 2

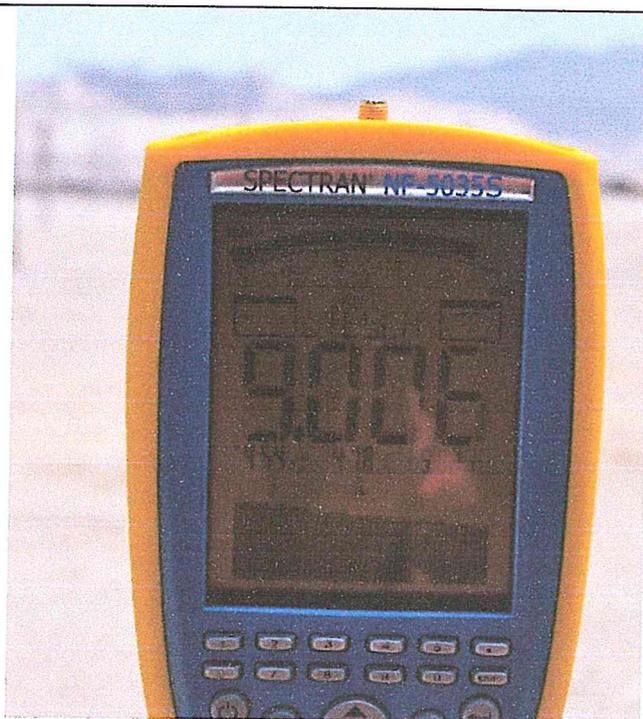
S1-ARMÓNICOS



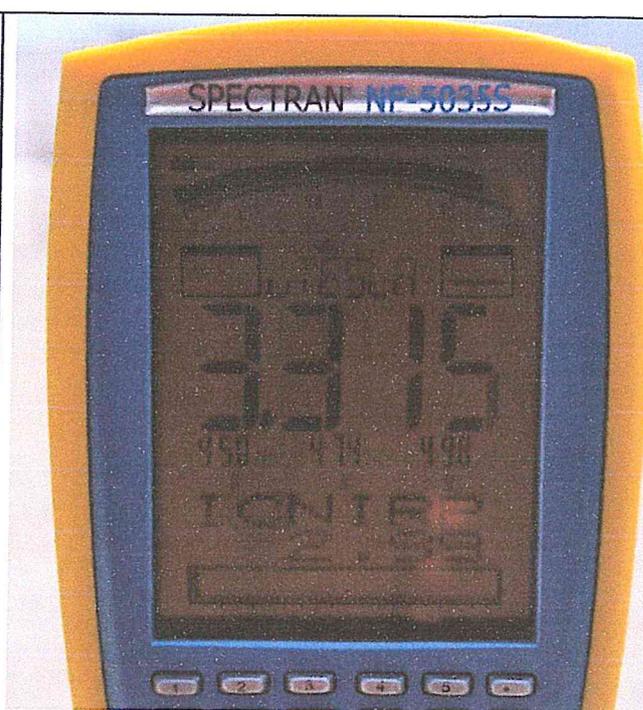
**RNI – 02 - 1: A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002. CT Chilca (conductor central con fase S).**



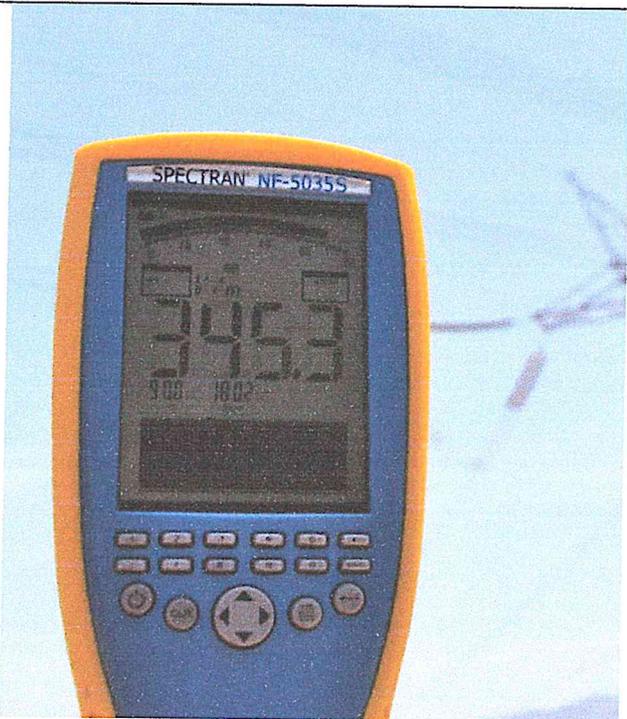
**FOTO PANORÁMICA**



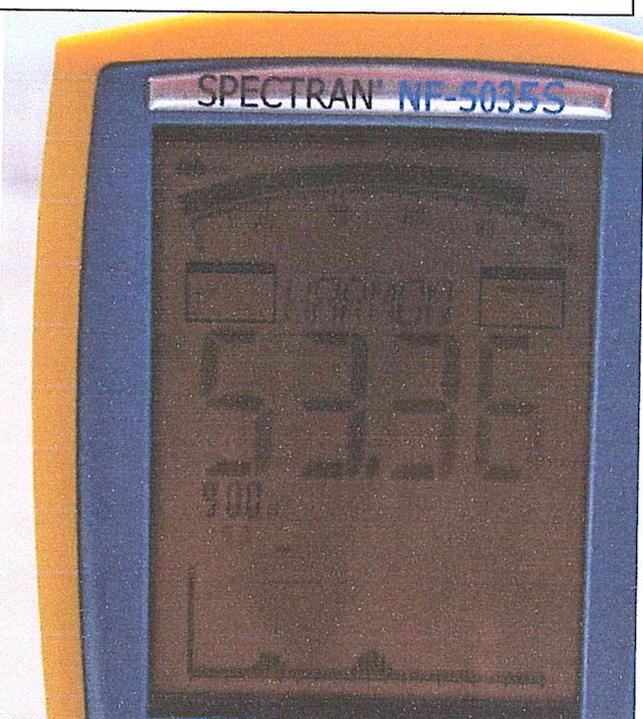
**S2-B**



**S2-ICNIRP**



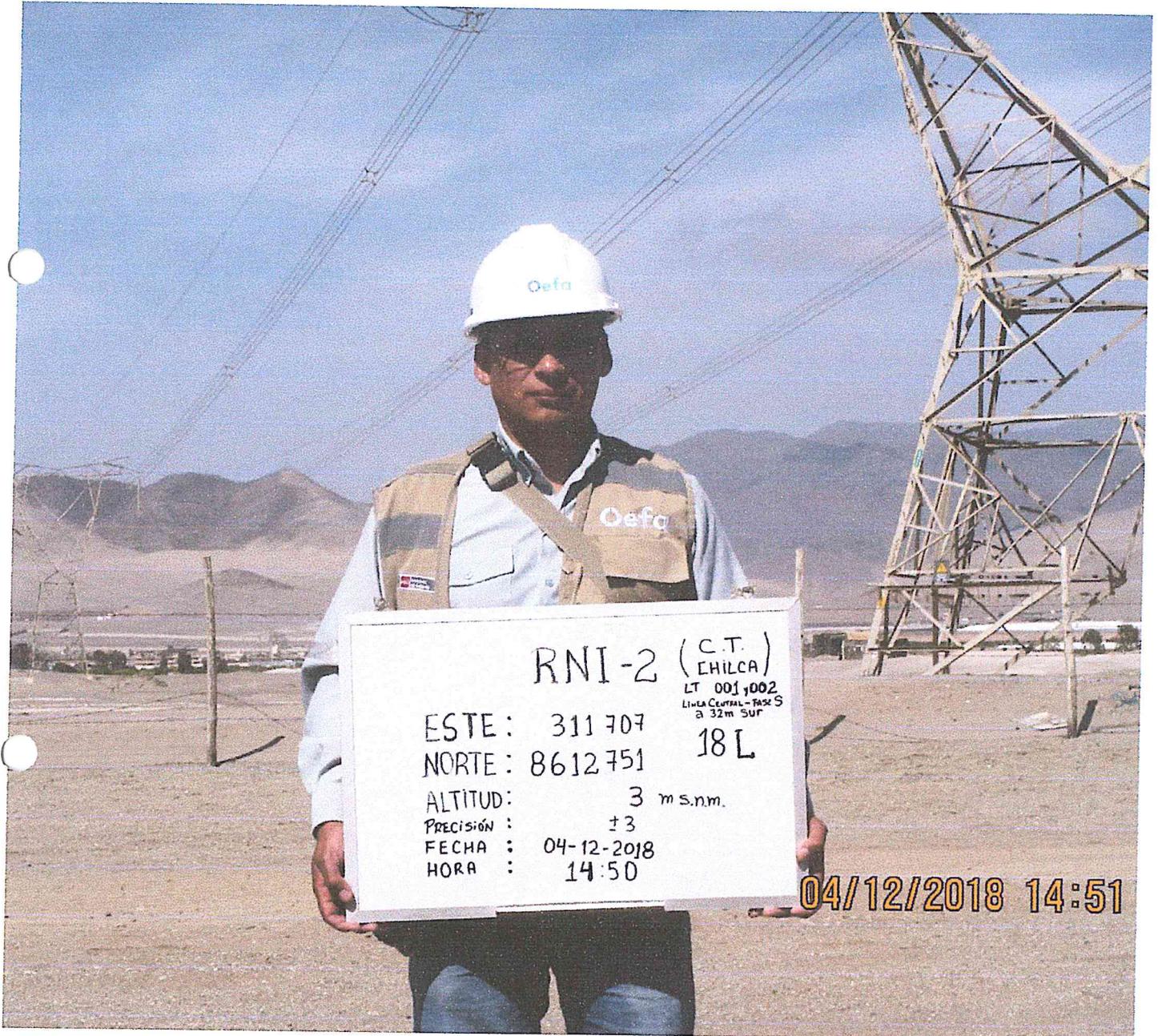
**S2-E**



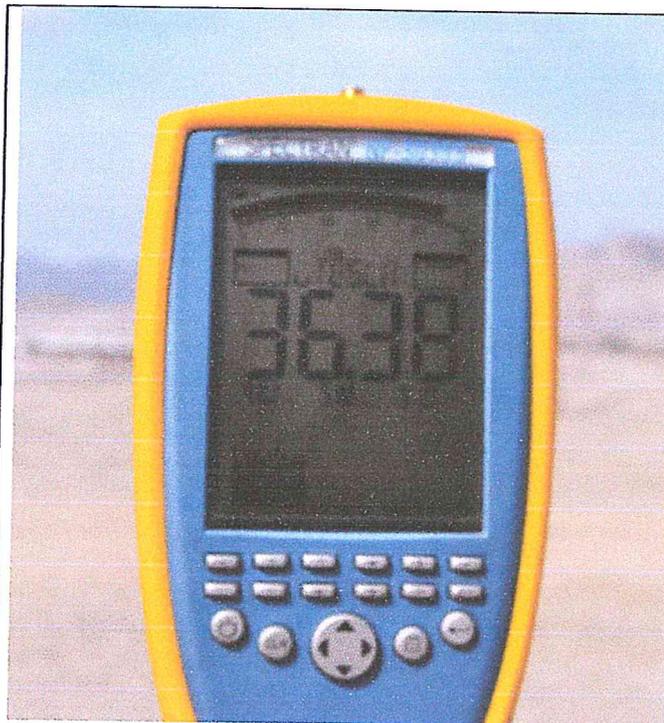
**S2-ARMÓNICOS**



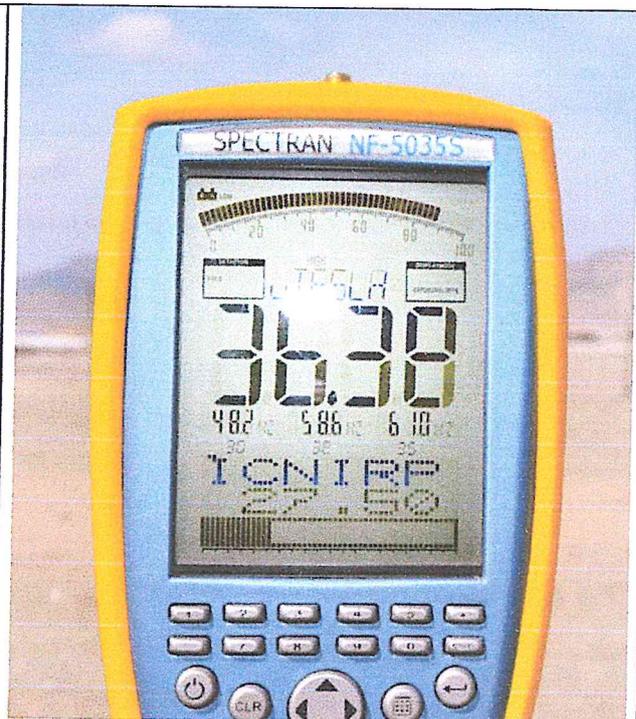
**RNI – 02 – 2: A 32 metros al sur de la línea de transmisión,  
en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002.  
CT Chilca (conductor central con fase S).**



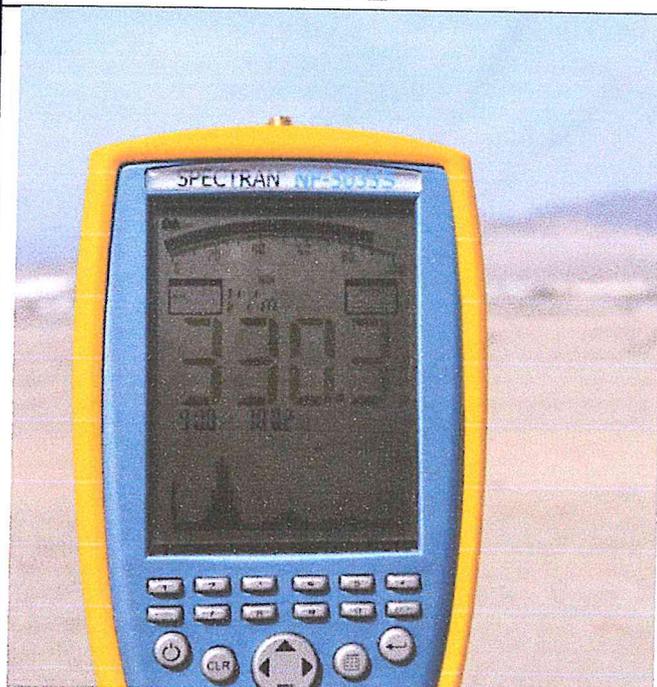
## FOTO PANORÁMICA



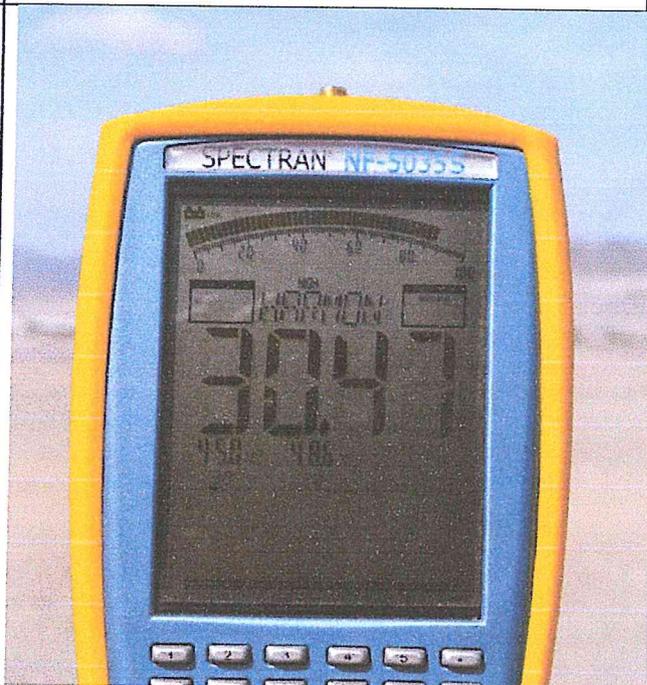
**S2-B**



**S2-ICNIRP**



**S2-E**



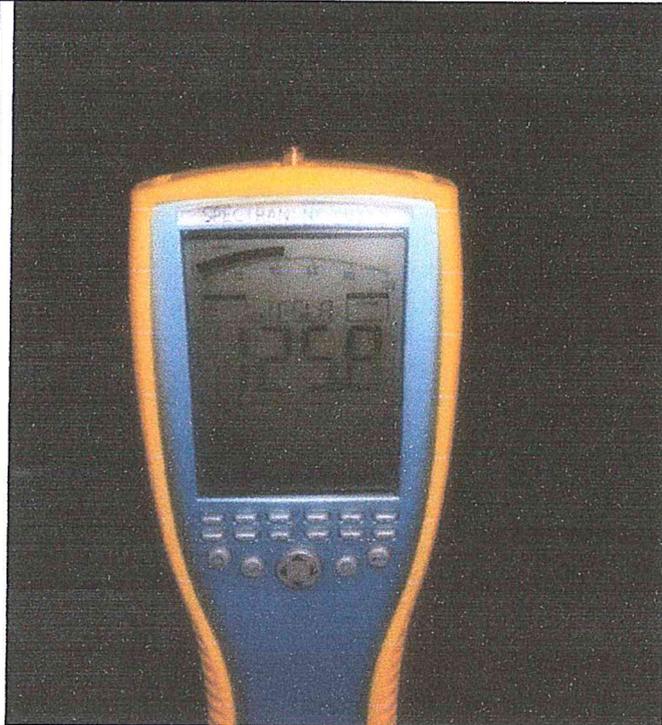
**S2-ARMÓNICOS**



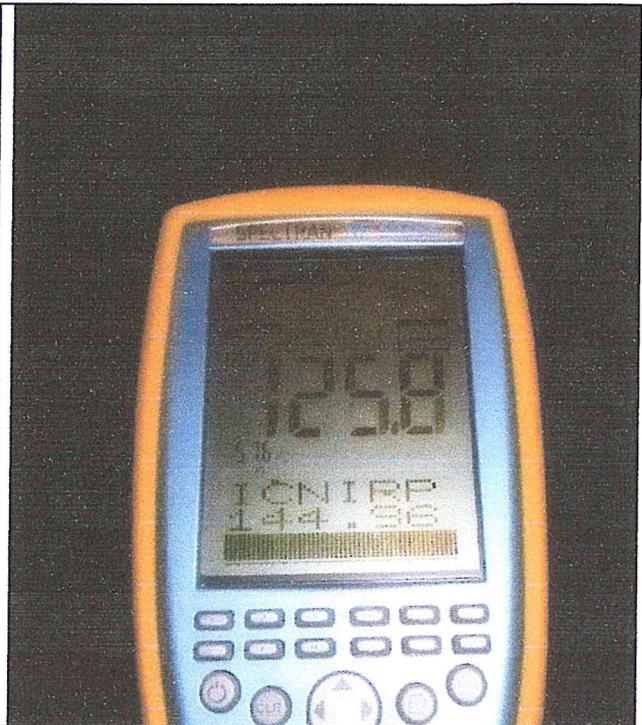
**RNI – 02 – 3: A 32 metros al sur de la línea de transmisión,  
en el vano comprendido entre las torres LT-001 y LT-002.  
CT Chilca (conductor central con fase S).**



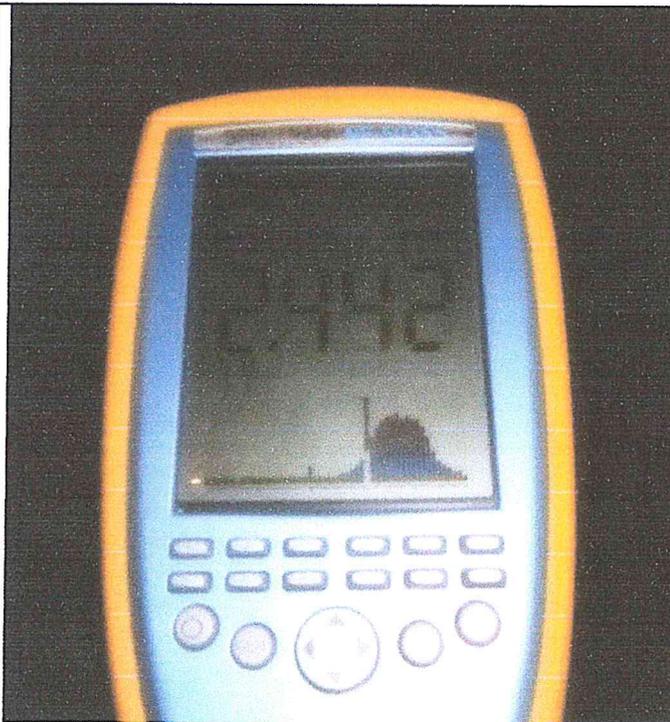
**FOTO PANORÁMICA**



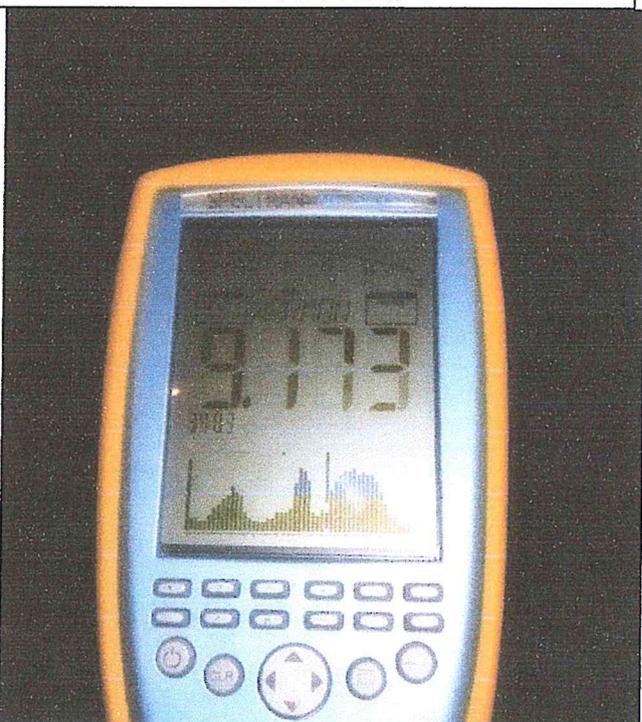
**S2-B**



**S2-ICNIRP**



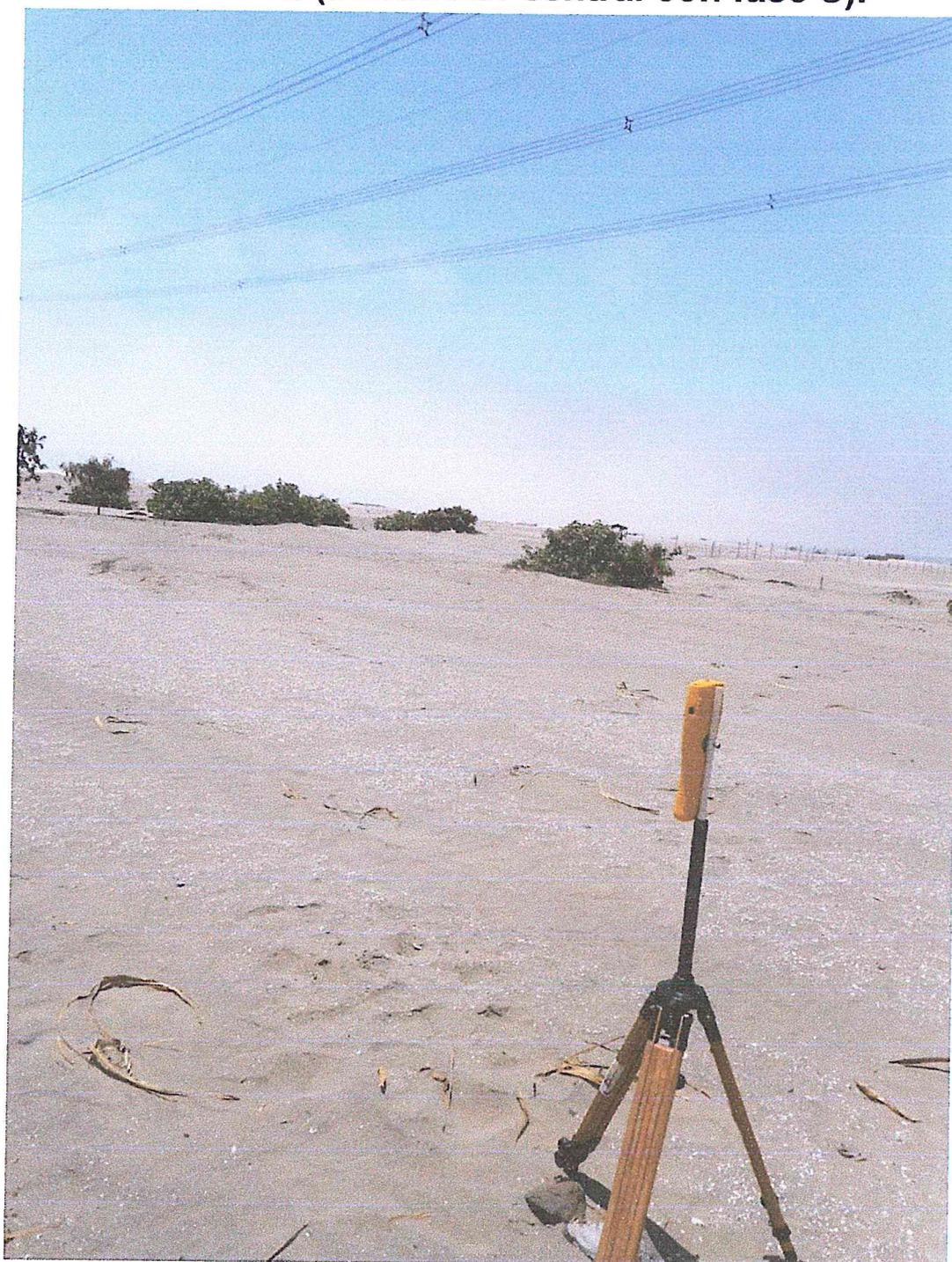
**S2-E**



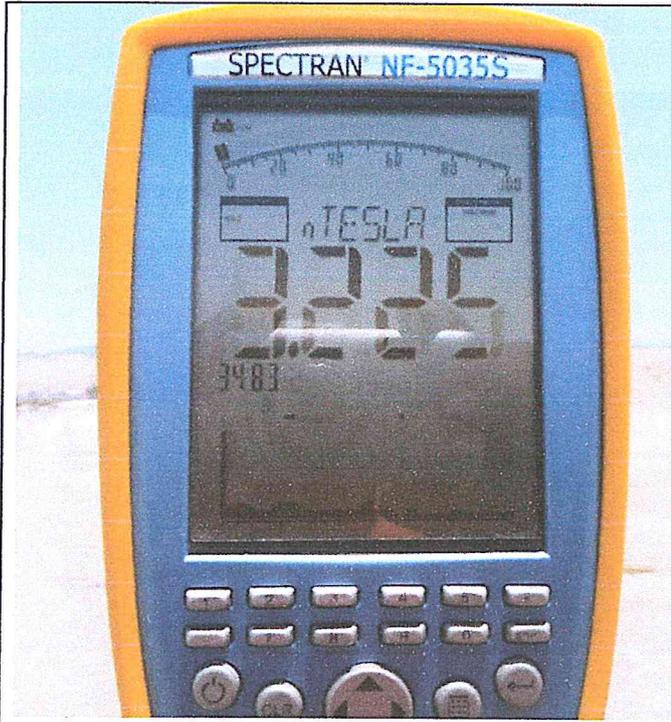
**S2-ARMÓNICOS**



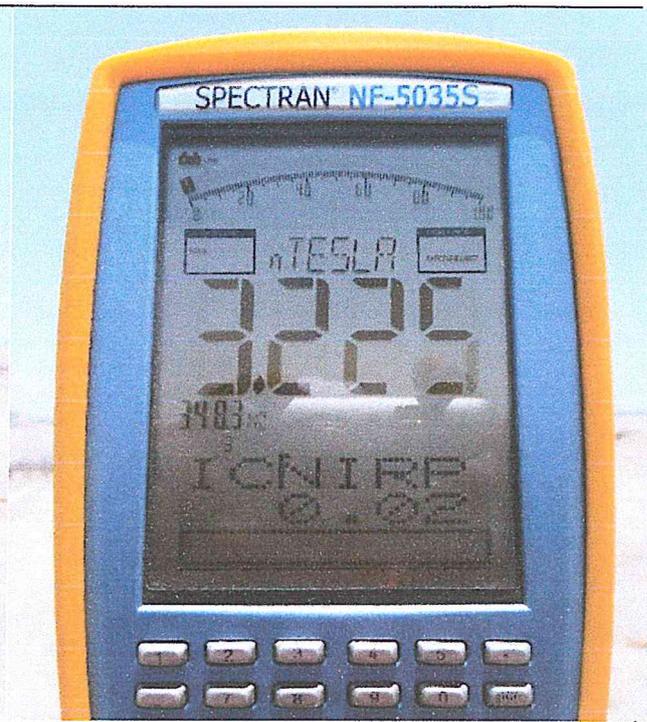
**RNI – 03 – 1: A 32 metros al sur de la línea de transmisión,  
en el vano comprendido entre las torres LT-004 y LT-005.  
CT Chilca (conductor central con fase S).**



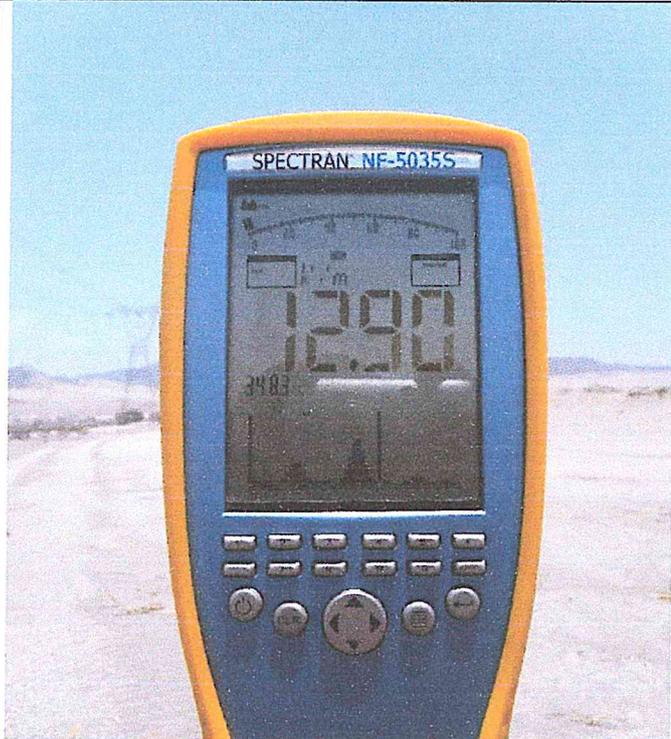
**FOTO PANORÁMICA**



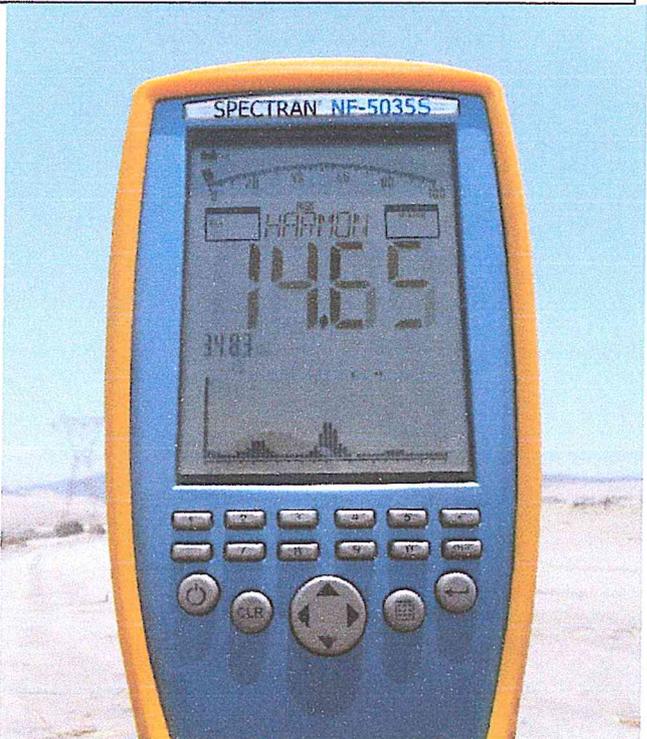
**S3-B**



**S3-ICNIRP**



**S3-E**



**S3-ARMÓNICOS**

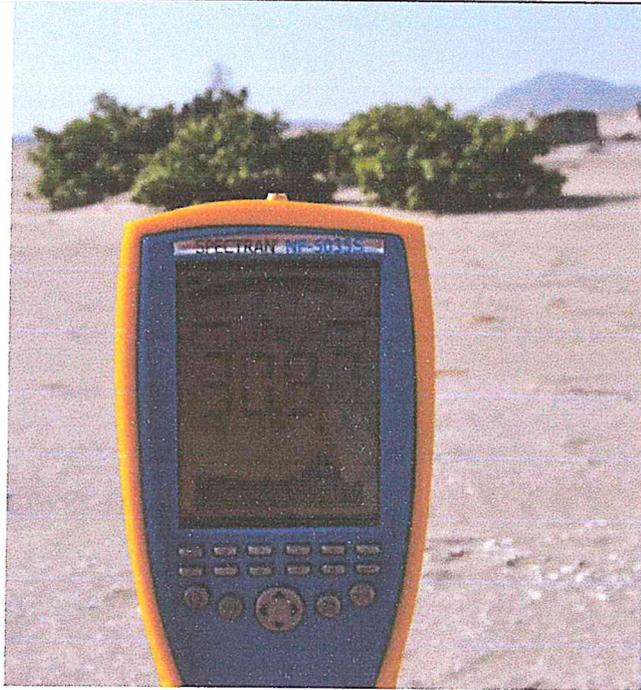


**RNI - 03- 2: A 32 metros al sur de la línea de transmisión, en el vano comprendido entre las torres LT-004 y LT-005. CT Chilca (conductor central con fase S).**

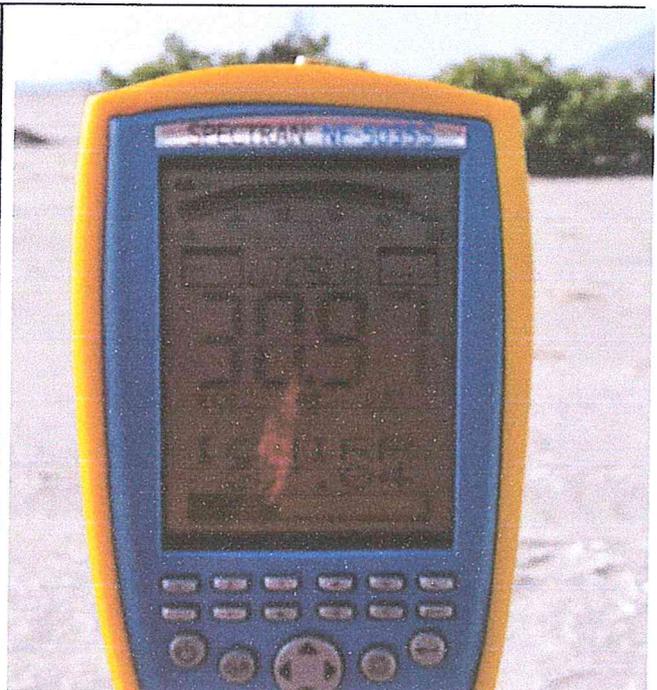


04/12/2018 15:43

### FOTO PANORÁMICA



**S3-B**



**S3-ICNIRP**



**S3-E**



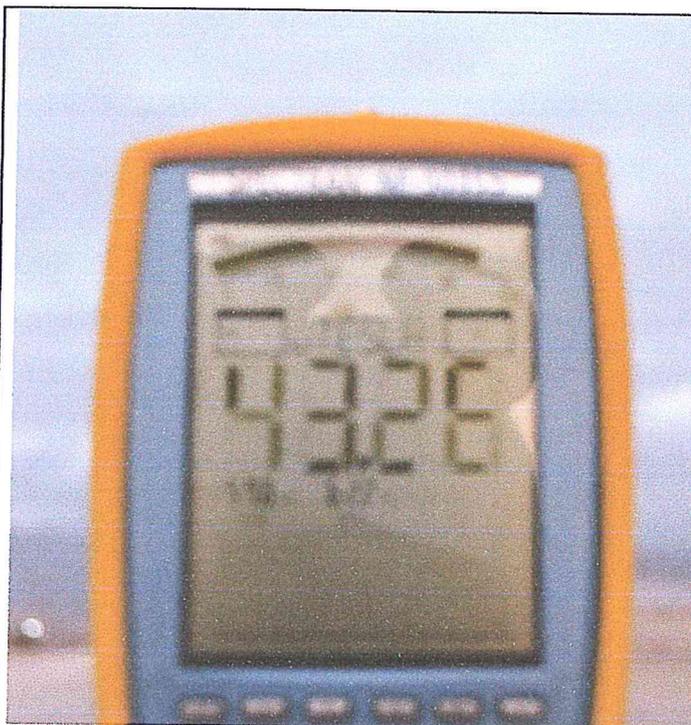
**S3-ARMÓNICOS**



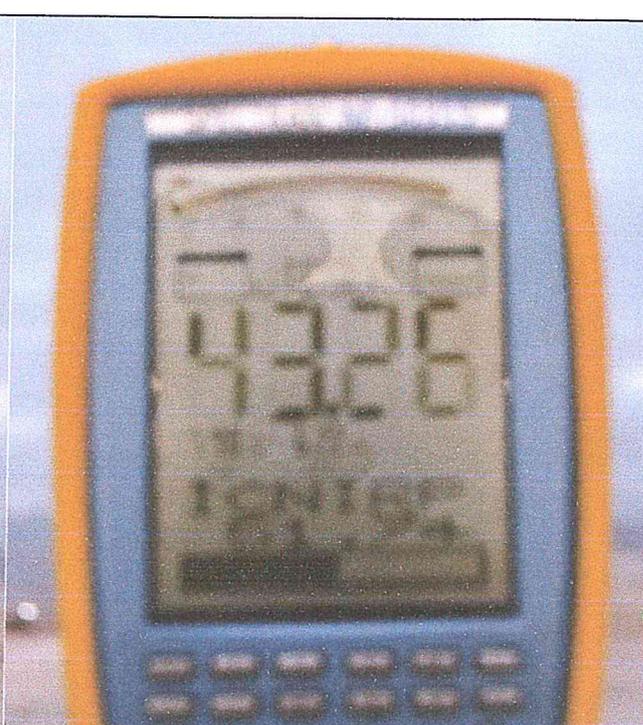
**RNI – 03 – 3: A 32 metros al sur de la línea de transmisión,  
en el vano comprendido entre las torres LT-004 y LT-005.  
CT Chilca (conductor central con fase S).**



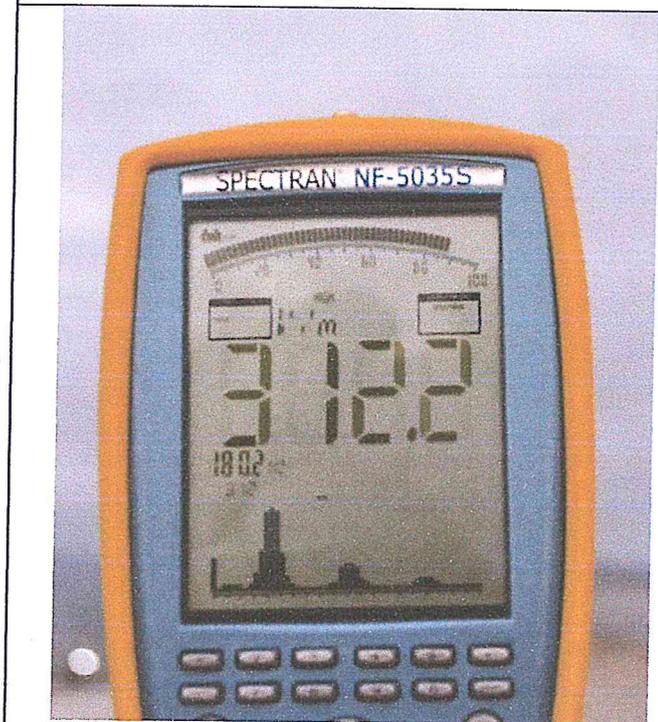
## FOTO PANORÁMICA



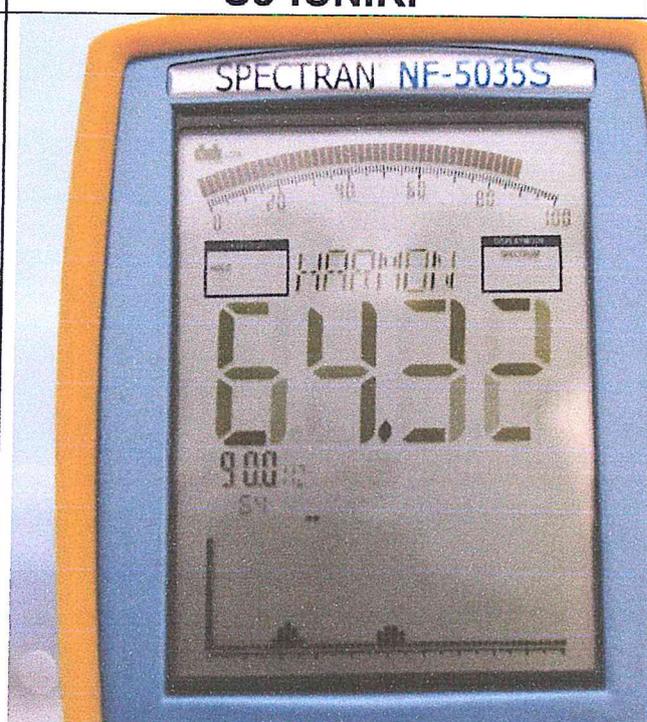
**S3-B**



**S3-ICNIRP**



**S3-E**



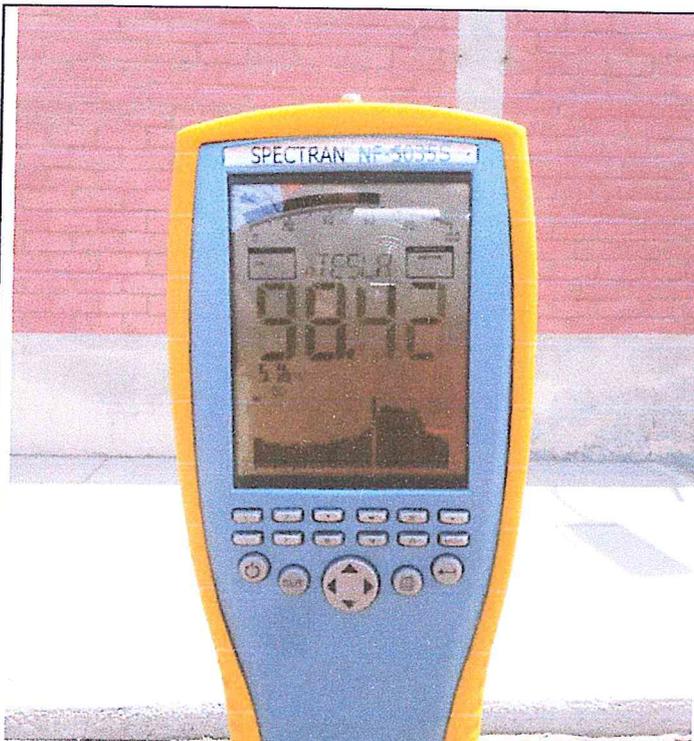
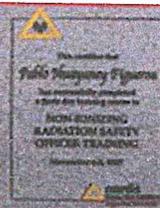
**S3-ARMÓNICOS**



**RNI – 05 – 1: Frente a la puerta principal de la CT Las Flores.**



## FOTO PANORÁMICA



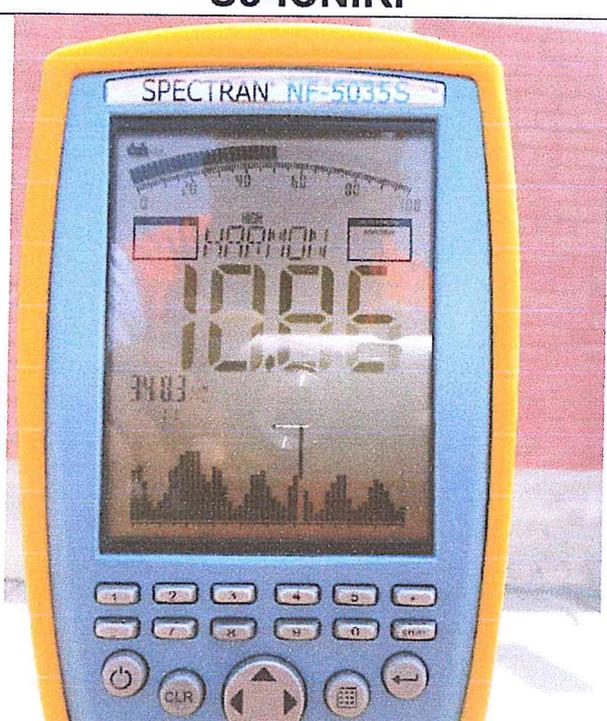
**S5-B**



**S5-ICNIRP**



**S5-E**



**S5-ARMÓNICOS**

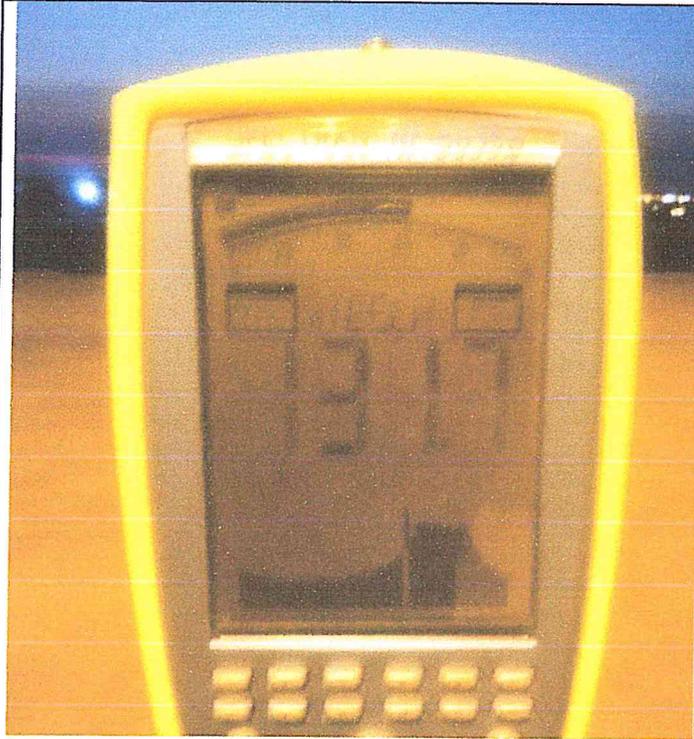


**RNI – 05 - 2: Frente a la puerta principal de la CT Las Flores.**

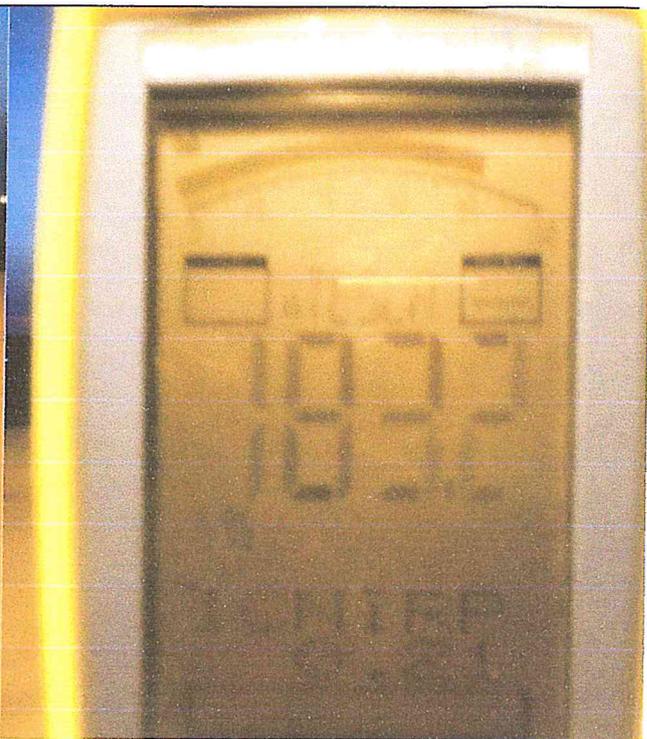


05/12/2018 18:52

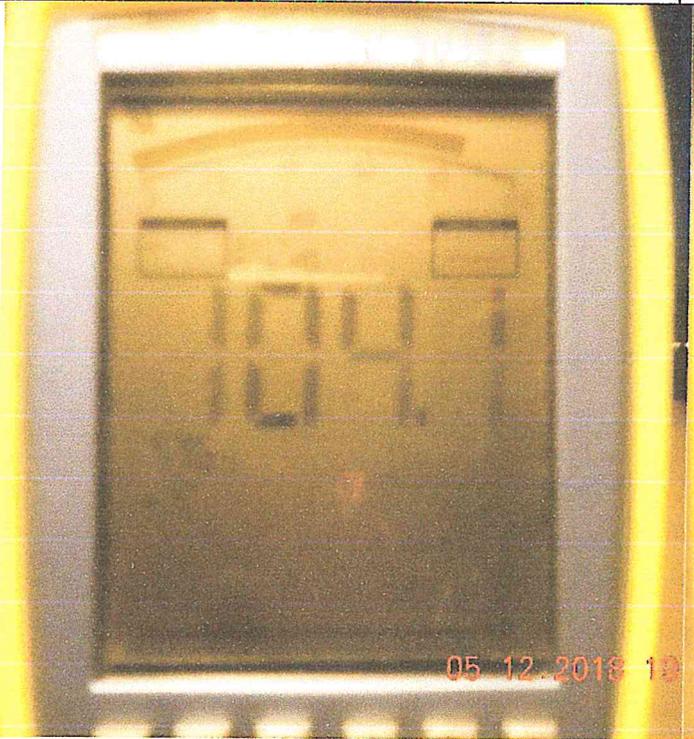
## FOTO PANORÁMICA



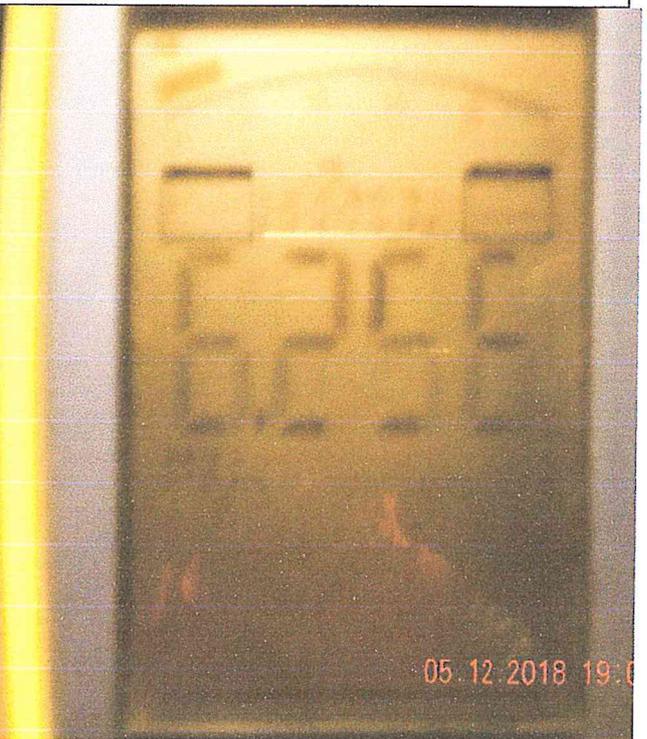
**S5-B**



**S5-ICNIRP**



**S5-E**



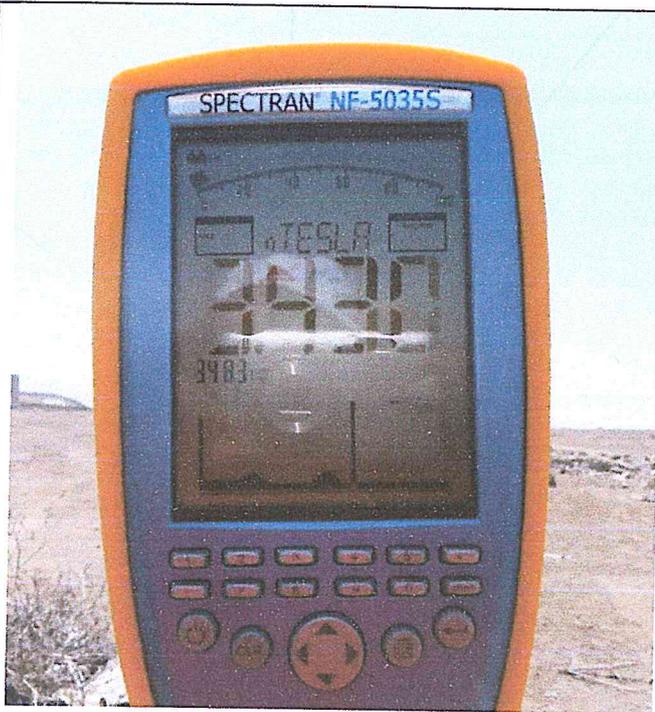
**S5-ARMÓNICOS**



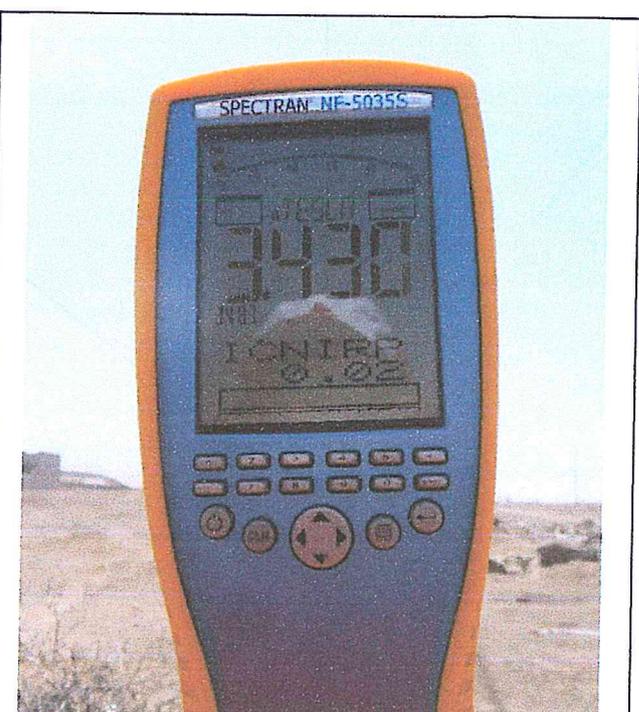
**RNI – 06 – 1: a 0,8 km aprox. al sureste de la CT Las Flores, en el cruce de líneas de transmisión de 500kV (CT Chilca) con 220 kV (LT Chilca-cantera - 2090) frente a COMECO.**



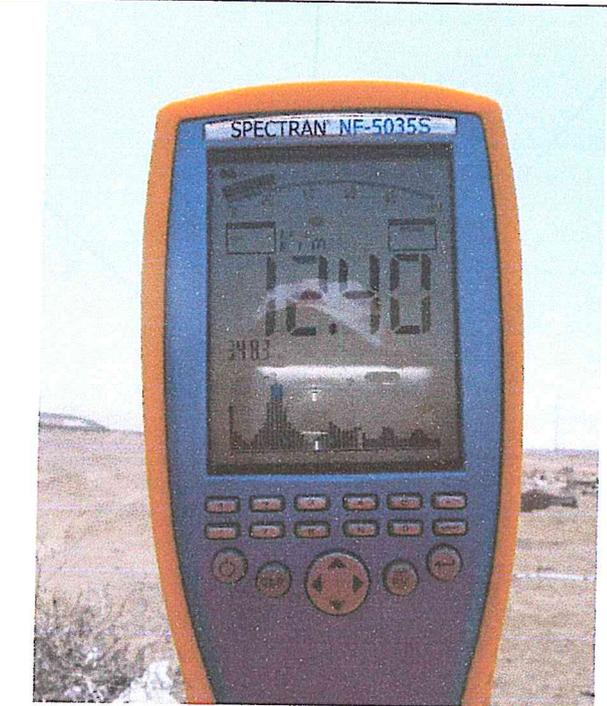
**FOTO PANORÁMICA**



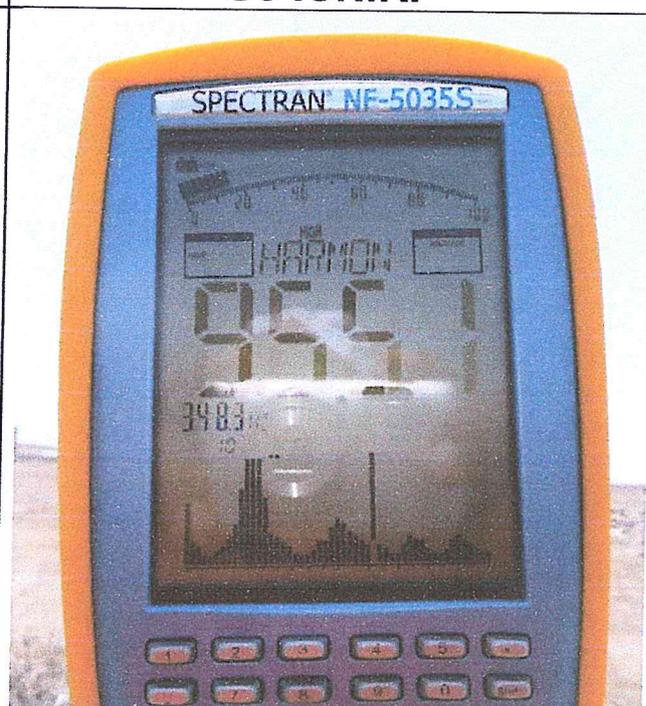
**S6-B**



**S6-ICNIRP**



**S6-E**



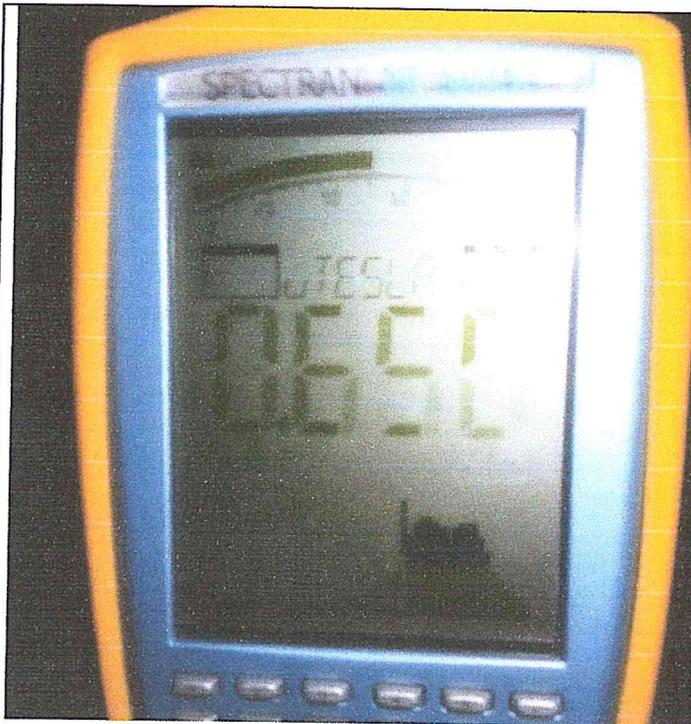
**S6-ARMÓNICOS**



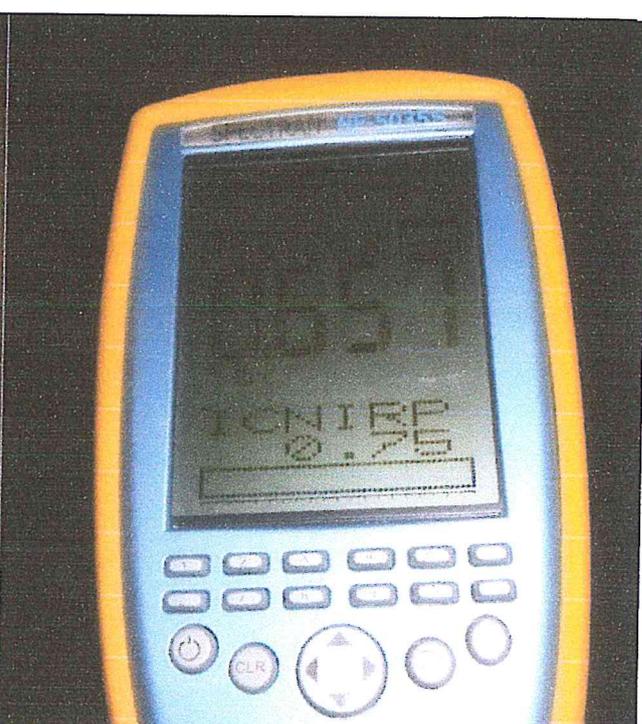
**RNI – 06 – 2: a 0,8 km aprox. al sureste de la CT Las Flores, en el cruce de líneas de transmisión de 500kV (CT Chilca) con 220 kV (LT Chilca-cantera - 2090) frente a COMECO.**



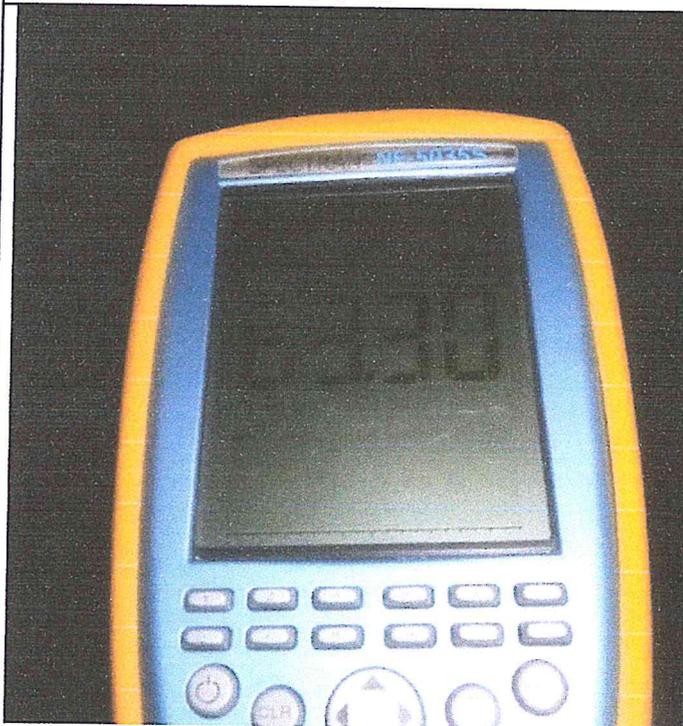
**FOTO PANORÁMICA**



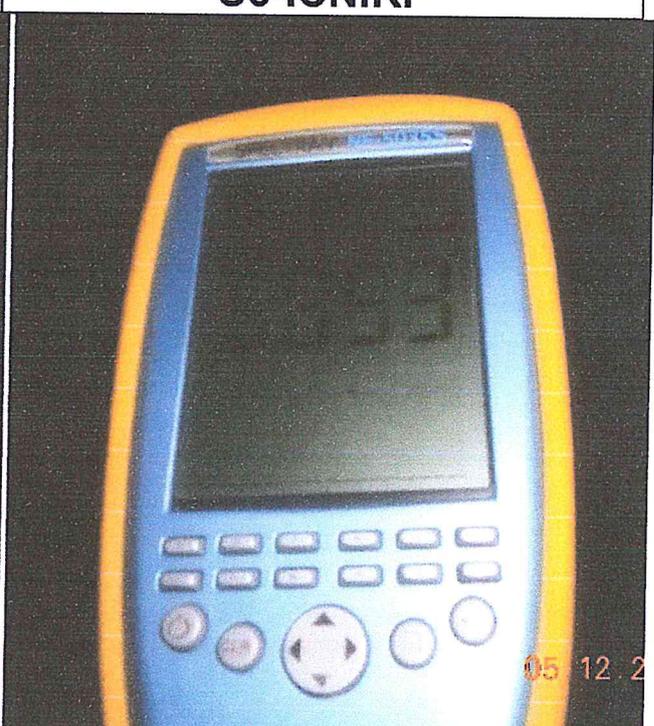
**S6-B**



**S6-ICNIRP**



**S6-E**



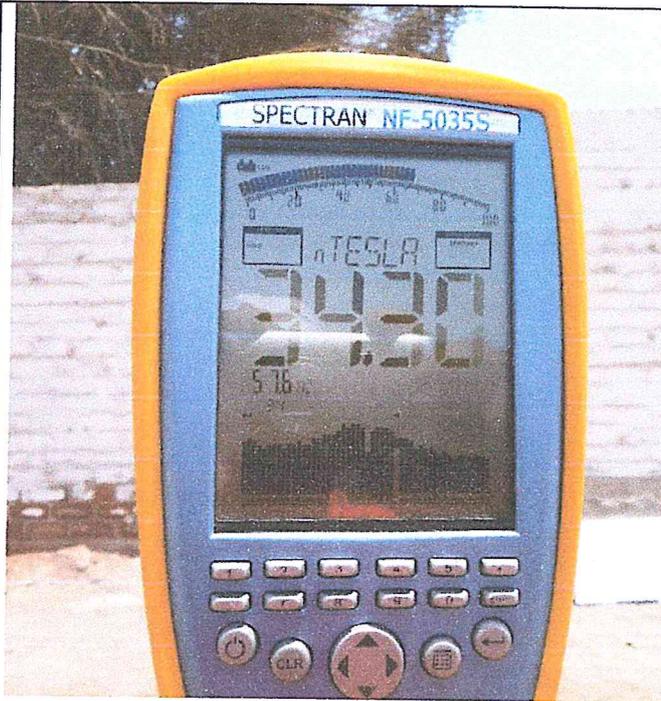
**S6-ARMÓNICOS**



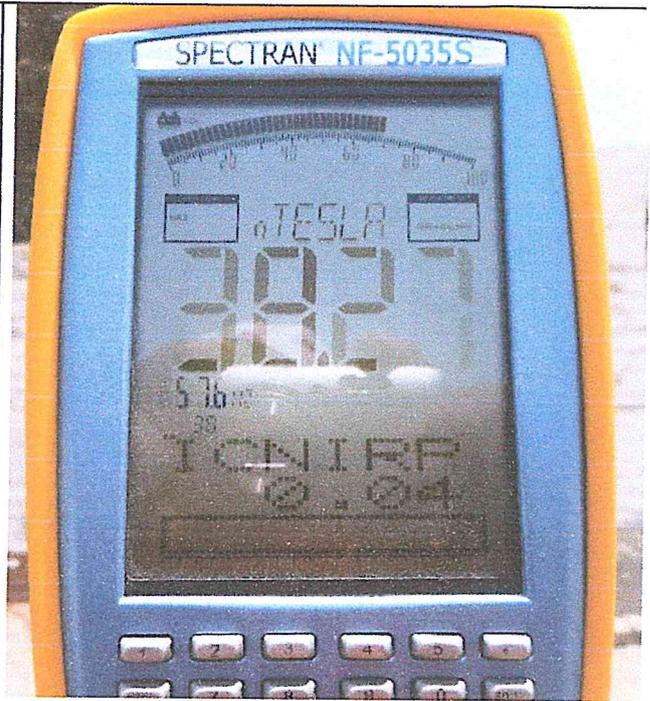
**RNI – 07 – 1: a 0,9 km aprox. al noroeste de la CT Las Flores, frente a vivienda.**



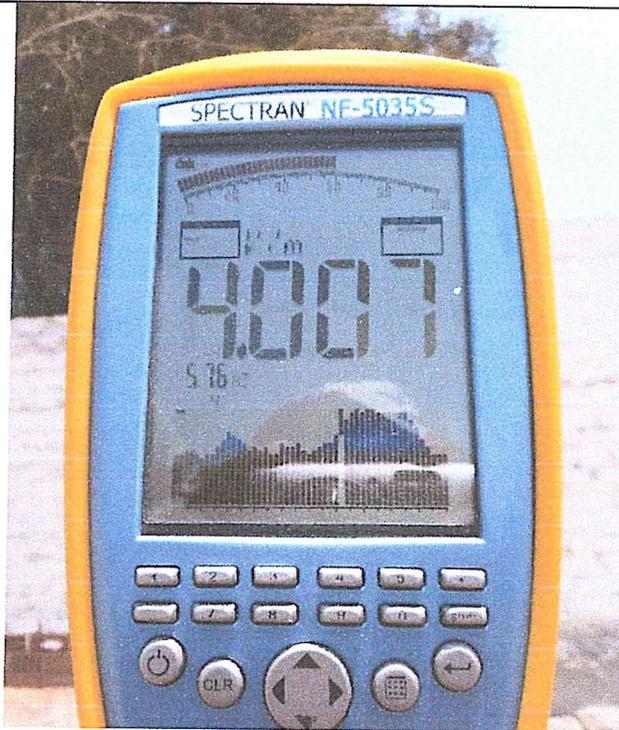
## FOTO PANORÁMICA



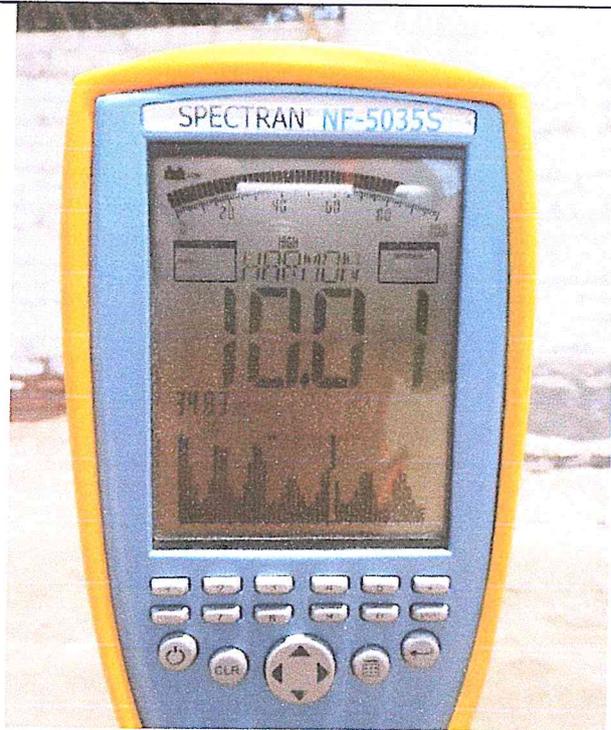
**S7-B**



**S7-ICNIRP**



**S7-E**



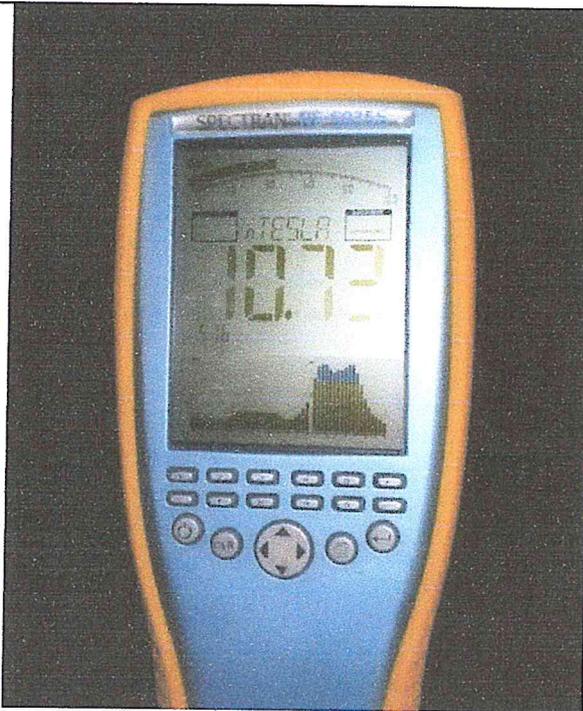
**S7-ARMÓNICOS**



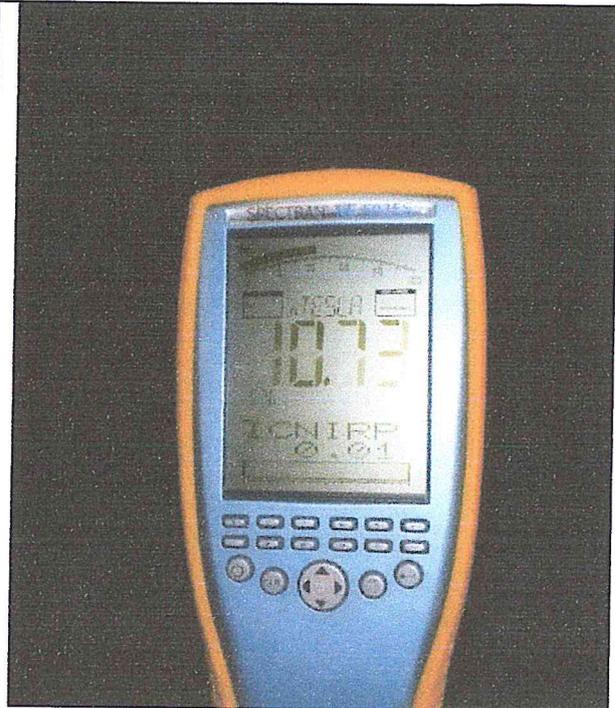
**RNI – 07 – 2: a 0,9 km aprox. al noroeste de la CT Las Flores, frente a vivienda.**



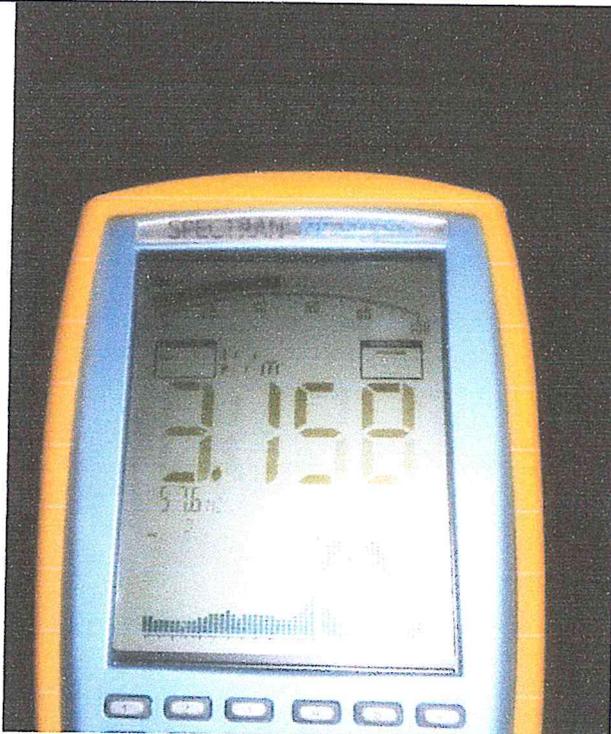
## **FOTO PANORÁMICA**



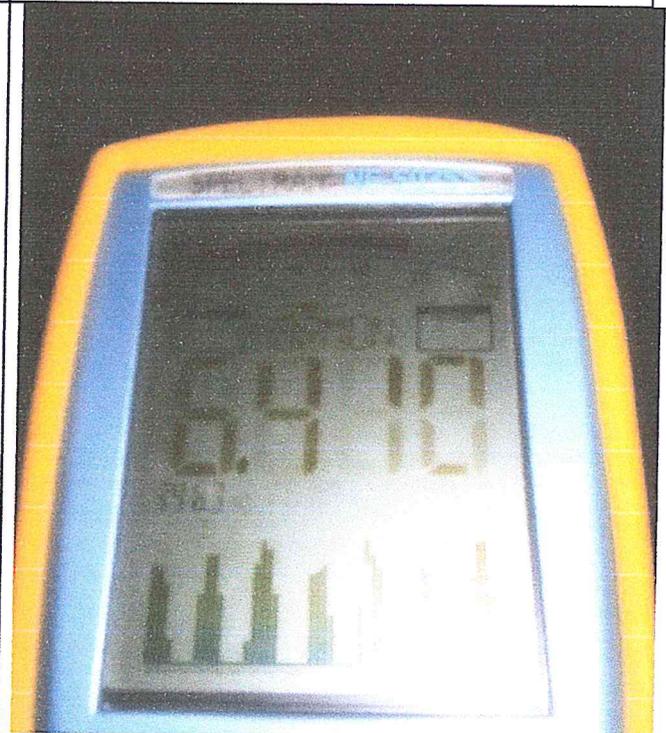
**S7-B**



**S7-ICNIRP**



**S7-E**



**S7-ARMÓNICOS**



## XV. ANEXO\_B CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR ISOTRÓPICO



Calibration Documents



Hardware Option List

Device	Spectran NF-5035S	Serial No. 10904
--------	-------------------	------------------

The following options are already installed and ready to use.

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



**Kalibrierschein**  
Calibration Certificate

**Nummer 17-2562**  
Number

<b>Gegenstand</b> <i>Item</i>	SPECTRAN EMV-Messgerät
<b>Hersteller</b> <i>Manufacturer</i>	Aaronia AG
<b>Typ</b> <i>Type</i>	NF-5035S
<b>Serien Nr.</b> <i>Serial No.</i>	10904
<b>Auftraggeber</b> <i>Customer</i>	
<b>Bestellung Nr.</b> <i>Order No.</i>	
<b>Ort u. Datum der Kalibrierung</b> <i>Place and date of calibration</i>	Strickscheid, 2017-09-06
<b>Umfang der Kalibrierung</b> <i>Scope of calibration</i>	Standart Calibration
<b>Eingangsprüfung</b> <i>Performance of receipt</i>	
<b>Kalibrierergebnis</b> <i>Result of calibration</i>	Measurement results within specifications
<b>Umfang des Kalibrierscheins</b> <i>Extent of the certificate</i>	6 pages incl. this

Dieser Kalibrierschein dokumentiert, dass der genannte Gegenstand nach festgelegten Vorgaben geprüft und gemessen wurde. Die Messwerte lagen im Regelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95% im zugeordneten Werteintervall (Erweiterte Messunsicherheit mit k=2). Die Kalibrierung erfolgte mit Messmitteln und Normalen, die direkt oder indirekt durch Ableitung mittels anerkannter Kalibriertechniken rückgeführt sind auf Normale der PTB/DKD oder anderer nationaler/internationaler Standards zur Darstellung der physikalischen Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Wenn keine Normale existieren, erfolgt die Rückführung auf Bezugsnormale der Aaronia-Laboratorien. Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Kalibrierscheine ohne Signifizierung sind ungültig. Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

This calibration certificate documents that the named item is tested and measured against defined specifications. Measurement results are located usually in the corresponding interval with a probability of approx. 95% (coverage factor k=2). Calibration is performed with test equipment and standards directly or indirectly traceable by means of approved calibration techniques to the PTB/DKD or other national / international standards, which realize the physical units of measurement according to the International System of Units (SI). In all cases where no standards are available, measurements are referenced to standards of the Aaronia laboratories. This certificate may not be reproduced other than in full. Calibration certificates without signature are not valid. The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

**Ausstellungsdatum**  
*Date of Issue*

**Laborleitung**  
*Head of laboratory*

**Bearbeiter**  
*Person responsible*

2017-09-06

Jörg Steilen

Tobias Adams

Aaronia AG - Gewerbegebiet Aaronia AG - DE-54597 Strickscheid  
Telefon: 0049(0)5656-93033 - Fax 0049(0)6556-93034  
Vorstandsvorsitzender: Stefan Chmielus - Registereintrag: Amtsgericht Wittlich HRB 32462



**Alle Messungen basieren auf dem Rohde & Schwarz NRP-Z31 Power Sensor, SN 101650 sowie der Aaronia Helmholtz Spule HHS1 SN ARHS04.**  
*All measurements are based on the Rohde & Schwarz NRP-Z31 Power Sensor, SN101650 and the Aaronia Helmholtz coil HHS1 SN ARHS04*

**Kalibrieranweisung** 1137.6000.01-T-12.00  
*Calibration instruction*

**Eingangsdatum** 2016-08-07  
*Date of receipt*

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

**Relative Luftfeuchte** 20% - 60%  
*Relative humidity*

Gegenstand <i>Item</i>	Typ <i>Type</i>	Serien Nr. <i>Serial number</i>	Kalibrierschein Nr. <i>Certificate number</i>	Kalibr. bis <i>Cal. due</i>
Power Sensor Helmholtz coil	NRP-Z31 HHS1	101650 ARHS04	1137.6000.01-T-12.00 87664	2018-08-07 2018-09-06

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

**Anmerkungen**  
*Notes*

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

**SPECTRAN Settings bei Kalibrierung**  
*SPECTRAN-Settings during calibration*

Centerfrequenz (Hz)	Atten (dB)	Detec	RBW (Hz)	SPAN (Hz)	DIM	SpTime (ms)
40 - 240	0	RMS	30	30	1D	30000
320 - 640	20	RMS	100	200	1D	10000
960 - 7680	20	RMS	300	600	1D	3000
10240 - 30720	20	RMS	1K	5000	1D	1000
40960 - 983040	20	RMS	3K	20000	1D	1000
[Option 098]						
1310720 - 2621440	20	RMS	3K	20000	1D	1000
3932160 - 15728640	0	RMS	3K	20000	1D	1000
[Option 010]						
20971520 - 31457280	0	RMS	3K	20000	1D	1000



**Messergebnisse X-Achse**  
**measurement results X-axis**

Messung fuer Freq. 40.0 ...  
 MEAS: Freq.: 40.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.032e-007  
 Messung fuer Freq. 60.0 ...  
 MEAS: Freq.: 60.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.889e-007  
 Messung fuer Freq. 80.0 ...  
 MEAS: Freq.: 80.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.974e-007  
 Messung fuer Freq. 120.0 ...  
 MEAS: Freq.: 120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.009e-007  
 Messung fuer Freq. 160.0 ...  
 MEAS: Freq.: 160.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.028e-007  
 Messung fuer Freq. 240.0 ...  
 MEAS: Freq.: 240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.020e-007  
 Messung fuer Freq. 320.0 ...  
 MEAS: Freq.: 320.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.014e-007  
 Messung fuer Freq. 480.0 ...  
 MEAS: Freq.: 480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.006e-007  
 Messung fuer Freq. 640.0 ...  
 MEAS: Freq.: 640.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.010e-007  
 Messung fuer Freq. 1280.0 ...  
 MEAS: Freq.: 1280.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.037e-007  
 Messung fuer Freq. 1920.0 ...  
 MEAS: Freq.: 1920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.001e-007  
 Messung fuer Freq. 2560.0 ...  
 MEAS: Freq.: 2560.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.005e-007  
 Messung fuer Freq. 3840.0 ...  
 MEAS: Freq.: 3840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.006e-007  
 Messung fuer Freq. 5120.0 ...  
 MEAS: Freq.: 5120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.009e-007  
 Messung fuer Freq. 7680.0 ...  
 MEAS: Freq.: 7680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.005e-007  
 Messung fuer Freq. 10240.0 ...  
 MEAS: Freq.: 10240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.982e-007  
 Messung fuer Freq. 15360.0 ...  
 MEAS: Freq.: 15360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.963e-007  
 Messung fuer Freq. 20480.0 ...  
 MEAS: Freq.: 20480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.961e-007  
 Messung fuer Freq. 30720.0 ...  
 MEAS: Freq.: 30720.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.965e-007  
 Messung fuer Freq. 40960.0 ...  
 MEAS: Freq.: 40960.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.000e-007  
 Messung fuer Freq. 61440.0 ...  
 MEAS: Freq.: 61440.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.001e-007  
 Messung fuer Freq. 81920.0 ...  
 MEAS: Freq.: 81920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.002e-007  
 Messung fuer Freq. 122880.0 ...  
 MEAS: Freq.: 122880.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.007e-007  
 Messung fuer Freq. 163840.0 ...  
 MEAS: Freq.: 163840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.008e-007  
 Messung fuer Freq. 245760.0 ...  
 MEAS: Freq.: 245760.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.016e-007  
 Messung fuer Freq. 327680.0 ...  
 MEAS: Freq.: 327680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.037e-007  
 Messung fuer Freq. 491520.0 ...  
 MEAS: Freq.: 491520.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.015e-007  
 Messung fuer Freq. 655360.0 ...  
 MEAS: Freq.: 655360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.963e-007  
 Messung fuer Freq. 983040.0 ...  
 MEAS: Freq.: 983040.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.983e-007

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

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



**Messergebnisse Y-Achse**  
**measurement results Y-axis**

Messung fuer Freq. 40.0 ...  
 MEAS: Freq.: 40.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.022e-007  
 Messung fuer Freq. 60.0 ...  
 MEAS: Freq.: 60.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.924e-007  
 Messung fuer Freq. 80.0 ...  
 MEAS: Freq.: 80.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.972e-007  
 Messung fuer Freq. 120.0 ...  
 MEAS: Freq.: 120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.990e-007  
 Messung fuer Freq. 160.0 ...  
 MEAS: Freq.: 160.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.013e-007  
 Messung fuer Freq. 240.0 ...  
 MEAS: Freq.: 240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.013e-007  
 Messung fuer Freq. 320.0 ...  
 MEAS: Freq.: 320.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.987e-007  
 Messung fuer Freq. 480.0 ...  
 MEAS: Freq.: 480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.000e-007  
 Messung fuer Freq. 640.0 ...  
 MEAS: Freq.: 640.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.009e-007  
 Messung fuer Freq. 1280.0 ...  
 MEAS: Freq.: 1280.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.033e-007  
 Messung fuer Freq. 1920.0 ...  
 MEAS: Freq.: 1920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.998e-007  
 Messung fuer Freq. 2560.0 ...  
 MEAS: Freq.: 2560.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.005e-007  
 Messung fuer Freq. 3840.0 ...  
 MEAS: Freq.: 3840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.008e-007  
 Messung fuer Freq. 5120.0 ...  
 MEAS: Freq.: 5120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.007e-007  
 Messung fuer Freq. 7680.0 ...  
 MEAS: Freq.: 7680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.005e-007  
 Messung fuer Freq. 10240.0 ...  
 MEAS: Freq.: 10240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.991e-007  
 Messung fuer Freq. 15360.0 ...  
 MEAS: Freq.: 15360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.972e-007  
 Messung fuer Freq. 20480.0 ...  
 MEAS: Freq.: 20480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.970e-007  
 Messung fuer Freq. 30720.0 ...  
 MEAS: Freq.: 30720.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.976e-007  
 Messung fuer Freq. 40960.0 ...  
 MEAS: Freq.: 40960.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.007e-007  
 Messung fuer Freq. 61440.0 ...  
 MEAS: Freq.: 61440.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.006e-007  
 Messung fuer Freq. 81920.0 ...  
 MEAS: Freq.: 81920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.008e-007  
 Messung fuer Freq. 122880.0 ...  
 MEAS: Freq.: 122880.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.009e-007  
 Messung fuer Freq. 163840.0 ...  
 MEAS: Freq.: 163840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.008e-007  
 Messung fuer Freq. 245760.0 ...  
 MEAS: Freq.: 245760.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.008e-007  
 Messung fuer Freq. 327680.0 ...  
 MEAS: Freq.: 327680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.010e-007  
 Messung fuer Freq. 491520.0 ...  
 MEAS: Freq.: 491520.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.994e-007  
 Messung fuer Freq. 655360.0 ...  
 MEAS: Freq.: 655360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.999e-007  
 Messung fuer Freq. 983040.0 ...  
 MEAS: Freq.: 983040.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.009e-007

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

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



**Messergebnisse Z-Achse**  
**measurement results Z-axis**

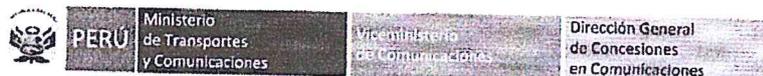
Messung fuer Freq. 40.0 ...  
 MEAS: Freq.: 40.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.997e-007  
 Messung fuer Freq. 60.0 ...  
 MEAS: Freq.: 60.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.974e-007  
 Messung fuer Freq. 80.0 ...  
 MEAS: Freq.: 80.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.964e-007  
 Messung fuer Freq. 120.0 ...  
 MEAS: Freq.: 120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.980e-007  
 Messung fuer Freq. 160.0 ...  
 MEAS: Freq.: 160.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.024e-007  
 Messung fuer Freq. 240.0 ...  
 MEAS: Freq.: 240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007  
 Messung fuer Freq. 320.0 ...  
 MEAS: Freq.: 320.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.013e-007  
 Messung fuer Freq. 480.0 ...  
 MEAS: Freq.: 480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.983e-007  
 Messung fuer Freq. 640.0 ...  
 MEAS: Freq.: 640.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.995e-007  
 Messung fuer Freq. 1280.0 ...  
 MEAS: Freq.: 1280.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 7.006e-007  
 Messung fuer Freq. 1920.0 ...  
 MEAS: Freq.: 1920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.966e-007  
 Messung fuer Freq. 2560.0 ...  
 MEAS: Freq.: 2560.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.966e-007  
 Messung fuer Freq. 3840.0 ...  
 MEAS: Freq.: 3840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.963e-007  
 Messung fuer Freq. 5120.0 ...  
 MEAS: Freq.: 5120.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.962e-007  
 Messung fuer Freq. 7680.0 ...  
 MEAS: Freq.: 7680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.966e-007  
 Messung fuer Freq. 10240.0 ...  
 MEAS: Freq.: 10240.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.893e-007  
 Messung fuer Freq. 15360.0 ...  
 MEAS: Freq.: 15360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.914e-007  
 Messung fuer Freq. 20480.0 ...  
 MEAS: Freq.: 20480.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.934e-007  
 Messung fuer Freq. 30720.0 ...  
 MEAS: Freq.: 30720.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.954e-007  
 Messung fuer Freq. 40960.0 ...  
 MEAS: Freq.: 40960.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.997e-007  
 Messung fuer Freq. 61440.0 ...  
 MEAS: Freq.: 61440.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.995e-007  
 Messung fuer Freq. 81920.0 ...  
 MEAS: Freq.: 81920.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007  
 Messung fuer Freq. 122880.0 ...  
 MEAS: Freq.: 122880.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.997e-007  
 Messung fuer Freq. 163840.0 ...  
 MEAS: Freq.: 163840.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007  
 Messung fuer Freq. 245760.0 ...  
 MEAS: Freq.: 245760.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007  
 Messung fuer Freq. 327680.0 ...  
 MEAS: Freq.: 327680.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007  
 Messung fuer Freq. 491520.0 ...  
 MEAS: Freq.: 491520.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.995e-007  
 Messung fuer Freq. 655360.0 ...  
 MEAS: Freq.: 655360.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.996e-007  
 Messung fuer Freq. 983040.0 ...  
 MEAS: Freq.: 983040.0 S-Amp.: 7.000e-007 M-Amp.: 6.988e-007

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

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



## XVI. ANEXO\_C CERTIFICADO RNI



### CERTIFICADO DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE PERSONAS HABILITADAS A REALIZAR ESTUDIOS TEÓRICOS Y MEDICIONES DE RADIACIONES NO IONIZANTES EN TELECOMUNICACIONES

IMAGEN BROADCAST S.A.C., con domicilio en Jr. Montero Rosas N° 1280, Santa Beatriz, distrito, provincia y departamento de Lima; se encuentra inscrito en el Registro de Personas Habilitadas para Realizar Estudios Teóricos y Mediciones de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones, en el folio 74 del Tomo I; con código de registro 074-RNI.

El titular se encuentra habilitado para realizar ESTUDIOS TEÓRICOS de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones, a ser presentados ante el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En mérito al cumplimiento de los requisitos establecidos en la Directiva aprobada mediante Resolución Ministerial N° 534-2005-MTC/03 y sus modificatorias, aprobadas mediante Resolución Ministerial N° 379-2006-MTC/03 y posteriormente por la Resolución Ministerial N° 136-2014-MTC/03, se expide el presente certificado.

Lima, 10 FEB 2016

  
.....  
JUAN CARLOS MEJÍA CORNEJO  
Director General de Concesiones  
en Comunicaciones

NUEVA INSCRIPCIÓN. VIGENTE POR TRES (3) AÑOS

[www.mtc.gov.pe](http://www.mtc.gov.pe)

Jrón Zorritos 1203  
Lima, Lima 01 Perú  
(511) 615-7800



PERU Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Comunicaciones

Dirección General de Concesiones en Comunicaciones

## CERTIFICADO DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE PERSONAS HABILITADAS A REALIZAR MEDICIONES DE RADIACIONES NO IONIZANTES EN TELECOMUNICACIONES

La empresa IMAGEN BROADCAST S.A.C., con domicilio en Jr. Montero Rosas N° 1280, Santa Beatriz, distrito, provincia y departamento de Lima; se encuentra inscrita en el Registro de Personas Habilitadas para Realizar Mediciones de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones, folio 75 del Tomo I; con código de inscripción 075-RNI.

El titular se encuentra habilitado para realizar MEDICIONES de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones, a ser presentados ante el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En mérito al cumplimiento de los requisitos establecidos en la Directiva aprobada mediante Resolución Ministerial N° 534-2005-MTC/03 y sus modificatorias, aprobadas mediante Resolución Ministerial N° 379-2006-MTC/03 y posteriormente por la Resolución Ministerial N° 136-2014-MTC/03, se expide el presente certificado.

Lima, 17 MAY 2016

*Juan Carlos Mejía Cornejo*  
 -----  
 JUAN CARLOS MEJIA CORNEJO  
 Director General de Concesiones  
 en Comunicaciones

NUEVA INSCRIPCIÓN. VIGENTE POR TRES (03) AÑOS

www.mtc.gob.pe | Jirón Zorritos 1203  
 Lima, Lima 01 Perú  
 (511) 615-7800



# XVII. ANEXO\_D CERTIFICADO DE HABILIDAD CIP



LEY N° 24648

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ



N° - A - 0444338

## Certificado de Habilidad

2018110587

Los que suscriben certifican que:

El Ingeniero (a): HUAYANEY FIGUEROA PABLO SATURNINO

Adscrito al Consejo Departamental de: DEPARTAMENTAL DE LIMA

Con Registro de Matrícula del CIP N°: 044330 Fecha de Incorporación: 1993-11-22  
Especialidad: ING ELECTRONICA

De conformidad con la Ley N° 28858, Ley que complementa a la Ley N° 16053 del Ejercicio Profesional y el Estatuto del Colegio de Ingenieros del Perú, SE ENCUENTRA COLEGIADO Y HÁBIL, en consecuencia está autorizado para ejercer la Profesión de Ingeniero (a).

ASUNTO	VIARIOS / OTROS
ENTIDAD O PROPIETARIO	VIARIOS
LUGAR	VIARIOS

EL PRESENTE DOCUMENTO TIENE VIGENCIA HASTA		
DÍA	MES	AÑO
28	02	2019

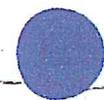
SAN ISIDRO, 07 de NOVIEMBRE del 20 18

**VÁLIDO SOLO ORIGINAL**

*J. Alva*  
Ing. Jorge Elías Domingo Alva Hurtado  
Decano Nacional  
del Colegio de Ingenieros del Perú



ING. CIP. LUIS ALFONSO JUAN BARRANTES MANN  
DIRECTOR SECRETARIO DEL COL. CIP  
Consejo Departamental  
del Colegio de Ingenieros del Perú



NO VÁLIDO PARA FIRMAS DE CONTRATO EN OBRAS PÚBLICAS NI PARA RESIDENTES DE OBRAS PÚBLICAS





# XVIII. ANEXO\_H HOJA DE DATOS

Data sheet



Rev 2.5  
29.12.2018

## EMC Spectrum Analyzer SPECTRAN® NF Series

Affordable low-frequency Signal Analyzer

### References / examples of proof:

- ◆ BOEING, USA
- ◆ NATO, Belgium
- ◆ Rohde & Schwarz, Belgium
- ◆ Shell Oil Company, USA
- ◆ ATI, USA
- ◆ Australian Government Department of Defence, Australia
- ◆ Daimler AG, Germany
- ◆ BMW, Germany
- ◆ Eurocontrol, Belgium
- ◆ DLR, Germany
- ◆ ThyssenKrupp, Germany
- ◆ Siemens AG, Germany
- ◆ PHILIPS, Netherlands



### Product of the year 2009

Our 3D magnetic-field measurement coil with homogeneous centre won the first price of Europe's biggest electronic newspaper "Elektronik" in the category passive components. This coil is installed in each NF-Spectran unit.



Made in Germany



## Specifications

### SPECTRAN® NF-1010E (10Hz to 10kHz)

- ◆ Frequency range: 10Hz to **10kHz\***
- ◆ Typ. level range E-Field: 1V/m to 2.000 V/m\*
- ◆ Typ. level range H-Field: 10nT to 100.000nT\*
- ◆ Typ. precision: 5% \*
- ◆ REAL TIME FFT spectrum display
- ◆ High-performance DSP (Digital Signal Processor)
- ◆ 3D magnetic field measurement
- ◆ Frequency and signal strength display!
- ◆ High-resolution multi-function display
- ◆ DIN/VDE 0848 Exposure limit calculation!
- ◆ Internet Flash Software-Updates
- ◆ **USB 2.0 Interface**
- ◆ Simultaneous M-Display X, Y, Z axes
- ◆ Average (AVG) measurement
- ◆ PEAK Hold
- ◆ Incl. battery, charger & aluminum transportcase
- ◆ Dimensions (L/W/D): (260x86x23) mm
- ◆ Weight: 420gr
- ◆ **Warranty: 10 years**

### SPECTRAN® NF-3020 (10Hz to 400kHz)

- ◆ Frequency range: 10Hz to **400kHz**
- ◆ Typ. level range E-Field: 0,1V/m to 5.000 V/m
- ◆ Typ. level range H-Field: 1pT to 100.000nT
- ◆ Typ. precision: 5%
- ◆ Superfast FFT spectrum analysis
- ◆ High-performance DSP (Digital Signal Processor)
- ◆ 3D magnetic field measurement
- ◆ Simultaneous M-Display X, Y, Z axes
- ◆ True RMS signal strength measurement
- ◆ Average (AVG) measurement
- ◆ PEAK Hold
- ◆ Frequency and signal strength display
- ◆ High-resolution multi-function display
- ◆ "Clear text" signal identification
- ◆ DIN/VDE 0848 Exposure limit calculation
- ◆ Internal data logger
- ◆ Multi-function controls (single hand usage)
- ◆ USB 2.0 Interface
- ◆ Internet Flash Software-Updates
- ◆ Incl. battery, charger & aluminum transportcase
- ◆ **External SMA signal input**
- ◆ Dimensions (L/W/D): (260x86x23) mm
- ◆ Weight: 420gr
- ◆ **Warranty: 10 years**

### SPECTRAN® NF-5030 (1Hz to 1MHz / 20MHz / 30MHz)

- ◆ Frequency range: 1Hz to 1MHz (**30MHz**)
- ◆ Typ. level range E-Field: 0,1V/m to 5.000 V/m at 50Hz
- ◆ Typ. level range H-Field: 1pT to 500µT at 50Hz
- ◆ Typ. level range Analog in: **200nV** to 200mV / -150dBm (Hz)
- ◆ Typ. accuracy: 3%
- ◆ **65 MSPS**
- ◆ Lots of options
- ◆ NEW: 30MHz Option
- ◆ Superfast FFT spectrum analysis
- ◆ High-performance DSP (Digital Signal Processor)
- ◆ 3D magnetic field measurement
- ◆ Frequency and signal strength display
- ◆ High-resolution multi-function display
- ◆ DIN/VDE 0848 Exposure limit calculation
- ◆ Simultaneous M-Display X, Y, Z axes
- ◆ True RMS signal strength measurement
- ◆ Average (AVG) measurement
- ◆ Internal data logger
- ◆ Internet Flash Software-Updates
- ◆ USB 2.0 Interface
- ◆ Dimensions (L/W/D): (260x86x23) mm
- ◆ Weight: 420gr
- ◆ **Warranty: 10 years**

### SPECTRAN® NF-5030S (1Hz to 1MHz / 20MHz / 30MHz)

- ◆ Identical to NF-5030, in addition:
- ◆ Vastly expanded measurement range
- ◆ Measurement range up to **DIN/VDE 0848**
- ◆ Typ. level range E-Field: 1V/m to **50 kV/m\*** at 50Hz
- ◆ Typ. level range H-Field: 100pT to **20mT\*** at 50Hz





## XIX. ANEXO\_I ESTÁNDARES IEEE 644

### 5. Electric field strength measurement procedures<sup>5</sup>

#### 5.1 Procedure for measuring electric field strength near power lines

The electric field strength under power lines should be measured at a height of 1 m above ground level. Measurements at other heights of interest shall be explicitly indicated. The probe should be oriented to read the vertical  $E$ -field, because this quantity is often used to characterize induction effects in objects close to ground level. The distance between the electric field strength meter and operator should be at least 2.5 m. This distance will reduce the proximity effect (shading  $E$ -field) of a grounded 1.8 m (6 ft) tall observer to between  $\sim 1.5\%$  and  $\sim 3\%$  [B5], [B14]. In instances where larger proximity effects are considered acceptable, the observer distance may be reduced. In such cases, the distance shall be explicitly noted. Five percent proximity effects occur when the observer distance is between  $\sim 1.8$  m (5.9 ft) and 2.1 m (6.9 ft) away from the meter. The actual value will depend on the geometry of the observer-meter-power line combination. Because observers are normally near ground potential, the proximity effects indicated previously can be regarded as typical. The observer will introduce less perturbation when standing in the region of lowest electric field strength while performing the measurement [B5], [B14].

Asymmetries in the design of an electric field strength meter probe can change the direction of the electrical axis with respect to the apparent vertical axis. Measurements performed with such an instrument may be more or less immune to the observer's proximity [B14]. In such a case, the observer proximity effects shall be quantified before the electric field strength meter is employed for measurement. Proximity effects in excess of those just noted shall be reported.

To provide for a more complete description of the  $E$ -field strength at a point of interest, measurements of the maximum field with its orientation and the minimum field with its orientation, both in the plane of the field ellipse (see electric field strength, 3.2), can be made. Under the idealized conditions of horizontal power lines and a flat ground surface below, the plane of the ellipse is perpendicular to the direction of the conductors. This is approximately the case under actual power lines in the absence of nearby objects and very rough terrain. To perform measurements in the plane of the ellipse, the observer-field meter line should be parallel to the conductors. Rotation of the meter about this line, which coincides with the handle, will permit the determination of the maximum and minimum field components and their directions. Care during alignment should be exercised during this measurement if the electrical axis of the probe does not coincide with the apparent geometric axis.

The distance between the meter and nonpermanent objects shall be at least three times the height of the object in order to measure the unperturbed field value. The distance between the meter and permanent objects should be  $\sim 1$  m or more to ensure sufficient measurement accuracy of the ambient perturbed field (see 4.5).



## 5.1 Introducción

En este capítulo se realiza la comparación de dos de los principales estándares vigentes que consideran el espectro ELF (0-3 kHz), éstos son, los propuestos por el organismo IEEE, IEEE C95.6™ *"IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0-3 kHz"* [4]; y la Comisión Internacional de Protección contra Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) *"Guidelines for limiting Exposure to Time-Varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)"* [5]. Las diferencias existentes entre ambos estándares están relacionadas con los límites umbrales establecidos, los factores de seguridad, de probabilidad, los modelos de inducción magnética utilizados, los umbrales determinados en función de los tipos de tejidos, y las corrientes inducidas y descargas eléctricas según la exposición a un campo eléctrico determinado. Todos estos aspectos se comparan con los dos estándares comentados. La comparación realizada se ha obtenido principalmente de los dos estándares y de [8].

La Comisión Internacional en Seguridad Electromagnética (*The International Committee on Electromagnetic Safety, ICES*) fue la encargada del desarrollo del estándar IEEE C95.6™, en relación con la exposición humana a campos eléctricos y magnéticos en el rango 0-3 kHz. El estándar desarrollado por la Comisión Internacional de Protección contra Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) también incluye el rango de frecuencia analizado en este documento. A pesar de que ambos estándares se basan en objetivos y fuentes similares, sus límites de exposición difieren sustancialmente en algunas zonas del espectro.

Estos estándares son recomendaciones y en ningún caso suponen un obligado cumplimiento (a no ser que se hayan adoptado por el marco legal de un país o región). Sin embargo, organismos de ciertos países han desarrollado sus propios estándares, que en algunos casos pueden diferir de los desarrollados por ICES e ICNIRP; un ejemplo podrían



ser los estudios realizados por parte del gobierno australiano y la agencia federal ARPANSA (*Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency*) [p]<sup>15</sup>, que podrían dar lugar a una guía o recomendación desarrollada por ellos mismos. No obstante, debido al carácter internacional de los estándares aquí considerados, además de su reconocido prestigio y aceptación, el estudio realizado se ha centrado en ellos.

### 5.1.1 Objetivos generales de los estándares

Ambos estándares proporcionan dos escalas de protección, que si bien son parecidas entre ellas, no son coincidentes, aunque sí es cierto que son bastante similares. En el caso del estándar C95.6<sup>TM</sup> se diferencia entre:

- **Público general:** cualquier individuo que pueda recibir una exposición, exceptuando aquellos que se encuentren en un entorno controlado.
- **Entorno controlado:** área accesible a aquellas personas que son conscientes del potencial de la exposición, la cual es además consecuencia del trabajo; o también como el entorno no accesible al público general, siendo aquellos individuos que sí tienen acceso, conscientes de los posibles efectos adversos.

El estándar de ICNIRP distingue entre:

- **Público general:** individuos de cualquier edad y diferentes estados de salud, pudiéndose incluir grupos o individuos propensos a alguna característica. Además, en muchos casos, es posible que estos individuos desconozcan si están o no expuestos a campos magnéticos.
- **Exposiciones ocupacionales:** conjunto de adultos que generalmente están expuestos bajo condiciones conocidas, y están preparados para tomar las precauciones adecuadas a los riesgos potenciales.

Ambos estándares definen restricciones en función de las fuerzas eléctricas inducidas dentro de los tejidos, bajo el nombre de **Restricciones Básicas** (*Basic Restrictions, BRs*); por otra parte, se establecen restricciones en función de los campos (magnético y eléctrico) presentes en el entorno, denominadas en este caso **Niveles máximos de exposición permisibles** (*Maximum Permissible Exposure Levels, MPE*) en el estándar C95.6<sup>TM</sup>, y **Niveles de Referencia** (*Reference Levels, RLs*) en el estándar ICNIRP. ICES (la comisión encargada del desarrollo del estándar IEEE C95.6<sup>TM</sup>) define las restricciones básicas en función del campo

<sup>15</sup> [www.arpansa.gov.au/RadiationProtection/ELF/survey.cfm](http://www.arpansa.gov.au/RadiationProtection/ELF/survey.cfm)



eléctrico “in situ” (en el tejido biológico); sin embargo ICNIRP se basa en la densidad de corriente. El campo eléctrico y la densidad de corriente pueden relacionarse por la conductividad del tejido,  $\sigma$ , si ésta es conocida.

Para ambos estándares, las restricciones básicas comentadas anteriormente son las **restricciones fundamentales**. Los niveles MPE o RL se derivan de las restricciones básicas bajo condiciones conservadoras, y se proporcionan con el propósito de determinar si las restricciones básicas se cumplen, y para poder realizar una comparación con valores físicos medibles [5]; es por ello por lo que dichos niveles son los que verdaderamente se utilizan.

En los dos estándares, tanto los MPEs como los RLs se definen como niveles de campo magnético y eléctrico para el caso de exposiciones a estos campos, y como valores de corriente para el caso de contactos con conductores con conexión a tierra.

Ambos estándares protegen contra reacciones o efectos a “corto plazo” (*short-term*) como pueden ser la electroestimulación de nervios o músculos. Sin embargo, en ambos se concluye que no existe una evidencia de efectos perjudiciales a **largo plazo** por debajo de los niveles establecidos (los cuales, de no cumplirse, sí pueden provocar reacciones adversas a corto plazo).

Aunque ICES ha podido acceder a datos de investigación más actuales, debido a que su publicación es posterior al estándar ICNIRP, esto no ha supuesto una diferencia considerable entre ambos. Teniendo en cuenta además que los dos organismos persiguen unos objetivos prácticamente idénticos, que la información disponible para ambos ha sido prácticamente la misma, y que los dos presentan sus estándares basados en consideraciones de evidencia científica, sus estándares no deberían presentar diferencias considerables, no siendo éste el caso. En los apartados siguientes se pretenden clarificar las razones de estas diferencias en los rangos de frecuencia comunes (0-3 kHz).

## 5.2 Restricciones básicas

En las **Tablas 5.1** y **5.2** se muestran, a modo de referencia, las restricciones básicas de los estándares ICNIRP e ICES, en el rango ELF. ICES diferencia las restricciones básicas que establece en función del tipo de tejido, mientras que ICNIRP no. Se pueden observar además diferencias en las unidades de medida empleadas y los límites numéricos establecidos. Como ya se ha dicho, ICES define sus restricciones básicas a partir del campo eléctrico in situ; sin embargo ICNIRP lo hace en función de la densidad de corriente  $J$  (al igual que también lo han hecho otros estándares previos). El campo eléctrico relaciona las fuerzas eléctricas in situ con la polarización celular, el considerado como principal mecanismo de electroestimulación [4].



Efectos sobre la salud humana de los campos eléctricos y magnéticos ELF

En el **Apartado 5.6** se da una explicación detallada sobre algunos fundamentos que completan la información mostrada en las tablas, y que mejoran su comprensión:

Tabla 5.1 Restricciones básicas de ICES (modificada de [8])

Restricciones Básicas de ICES			
Tejido expuesto	$f_e$ (Hz)	Público General	Entorno Controlado
		$E_0$ rms (V/m)	$E_0$ rms (V/m)
Cerebro	20	$5.89 \cdot 10^{-3}$	$1.77 \cdot 10^{-2}$
Corazón	167	0.943	0.943
Manos, muñecas, pies y tobillos	3350	2.10	2.10
Otros tejidos	3350	0.701	2.10

- La Interpretación de la tabla es la siguiente:  $E_i = E_0$  para  $f \leq f_e$ ;  $E_i = E_0(f/f_e)$  para  $f > f_e$   
 - Además de las restricciones citadas, la exposición en la cabeza y el torso a campos magnéticos por debajo de los 10 Hz debe restringirse a un valor de pico de 167 mT para el público en general, y a 500 mT para un entorno controlado.  
 - El parámetro  $E_i$  denota el campo eléctrico in situ;  $E_0$  es el mínimo (rheobase) campo a frecuencias por debajo de  $f_e$ ; siendo  $f_e$  un parámetro de frecuencia que diferencia el punto en una curva frecuencia-intensidad por encima del cual los valores límite convergen a una línea proporcional a la frecuencia  $f$ .

Tabla 5.2 Restricciones básicas de ICNIRP (modificada de [8])

Restricciones Básicas de ICNIRP			
Tejido expuesto	Rango de frecuencia (Hz)	Público General	Ocupacional
		$J$ rms (mA/m <sup>2</sup> )	$J$ rms (mA/m <sup>2</sup> )
No especificado	0-1	8	40
	1-4	$8/f$	$40/f$
	4-1000	2	10
	$10^3$ - $10^5$	$f/500$	$f/100$

$f$  = frecuencia en Hz;  $J$  = densidad de corriente in situ

### 5.3 Exposición máxima permisible (MPEs) y niveles de referencia (RLs)

Además de los límites establecidos por las restricciones básicas referentes al campo eléctrico *in situ* y a la densidad de corriente, como ya se ha dicho, ambos grupos especifican restricciones relativas al entorno denominadas "Niveles de exposición máximos permisibles", por ICES; y "Niveles de referencia" por ICNIRP. Estos límites son los que verdaderamente se pueden medir (con instrumentos de medición apropiados, como se describe en el Capítulo 7) y por tanto los que **por regla general se van a utilizar a la hora**



de valorar los niveles de exposición en un entorno determinado. Se describen a continuación, haciendo hincapié en los límites establecidos para el campo magnético. Es importante aclarar lo siguiente:

- Los niveles MPE se han establecido debido a la complejidad computacional que puede suponer calcular las restricciones básicas. De esta forma, es preferible definir los niveles en función del "campo en el entorno" en lugar del "campo *in situ*".
- Además, los MPE se han establecido mediante suposiciones conservadoras, de modo que el cumplimiento de los mismos asegura el cumplimiento de las restricciones básicas de las cuales se han derivado.
- **Es posible no cumplir los MPEs y cumplir las BRs, dado que los primeros se han establecido a partir de condiciones conservativas.** Esto también es cierto para el estándar de ICNIRP.

Por tanto, podemos concluir que satisfacer los MPEs o RLs **asegura** el cumplimiento del estándar (según el que estemos considerando) y el incumplimiento de éstos no implica necesariamente que se sobrepasen los límites, requiriéndose en este último caso un estudio más detallado para comprobar si se verifican las restricciones básicas.

### 5.3.1 MPEs y RLs para el campo magnético

A continuación, se muestran los MPEs y los RLs para el campo magnético, expresadas tanto en densidad de flujo magnético (B), como intensidad de campo magnético (H). Estos límites consideran campos con formas de onda sinusoidal, a una frecuencia determinada. Sin embargo, cuando esto no sucede así, en ambos estándares se proporcionan métodos de cálculo que permiten utilizar estos límites con otras formas de campo (campos con presencia de múltiples frecuencias o campos pulsantes). También, como se puede observar, ICES utiliza distintos límites en función de las partes del cuerpo expuestas, al contrario que ICNIRP. Se han omitido los datos referentes a los límites de campo eléctrico, aunque en apartados posteriores se comentan aspectos que se han considerado de interés.



Efectos sobre la salud humana de los campos eléctricos y magnéticos ELF

Tabla 5.3 Niveles MPE de campo magnético: cabeza y torso [4]

Frecuencia (Hz)	Público General		Entorno controlado	
	B rms (mT)	H rms (A/m)	B rms (mT)	H rms (A/m)
<0.153	118	$9.39 \cdot 10^4$	353	$2.81 \cdot 10^5$
0.153-20	$18.1/f$	$1.44 \cdot 10^4/f$	$54.3/f$	$4.32 \cdot 10^4/f$
20-759	0.904	719	2.71	$2.16 \cdot 10^3$
759-3000	$687/f$	$5.47 \cdot 10^5/f$	$2060/f$	$1.64 \cdot 10^6/f$

f = frecuencia en Hz;  
Los MPEs se refieren al valor rms máximo en el espacio

Tabla 5.4 Niveles MPE de campo magnético: exposición de brazos o piernas [4]

Frecuencia (Hz)	Público General	Entorno controlado
	B rms (mT)	B rms (mT)
< 10.7	353	353
10.7 – 3000	$3790/f$	$3790/f$

f = frecuencia en Hz;

Tabla 5.5 Niveles RL para el público general (ICNIRP) [5]

Frecuencia (Hz)	Público General	
	B rms ( $\mu$ T)	H rms (A/m)
Hasta 1 Hz	$4 \cdot 10^4$	$3.2 \cdot 10^4$
1 – 8 Hz	$4 \cdot 10^4/f^2$	$3.2 \cdot 10^4/f^2$
8-25 Hz	$5000/f$	$4000/f$
0.025 – 0.8 kHz	$5/f$	$4/f$
0.8 – 3 kHz	6.25	5

f = frecuencia en Hz; ;

Tabla 5.6 Niveles RL, exposición ocupacional (ICNIRP) [5]

Frecuencia (Hz)	Exposición ocupacional	
	B rms ( $\mu$ T)	H rms (A/m)
Hasta 1 Hz	$2 \cdot 10^5$	$1.63 \cdot 10^5$
1 – 8 Hz	$2 \cdot 10^5/f^2$	$1.63 \cdot 10^5/f^2$
8-25 Hz	$2.5 \cdot 10^4/f$	$2 \cdot 10^4/f$
0.025 – 0.82 kHz	$25/f$	$20/f$
0.82 – 65 kHz	30.7	24.4

f = frecuencia en Hz; ;



Tomando como base las tablas anteriores, es posible generar una comparación gráfica. En la **Figura 5.1** compara los MPEs de ICES con los RLs de ICNIRP en el rango 0.1-10 kHz, considerándose los valores de ICES para la cabeza y el torso [4]. Por debajo de 10 Hz sus diferencias están dentro de un factor de 3, por encima de 10 Hz, aumenta la divergencia, alcanzándose una diferencia máxima por un factor de 110 a la frecuencia de 1000 Hz.

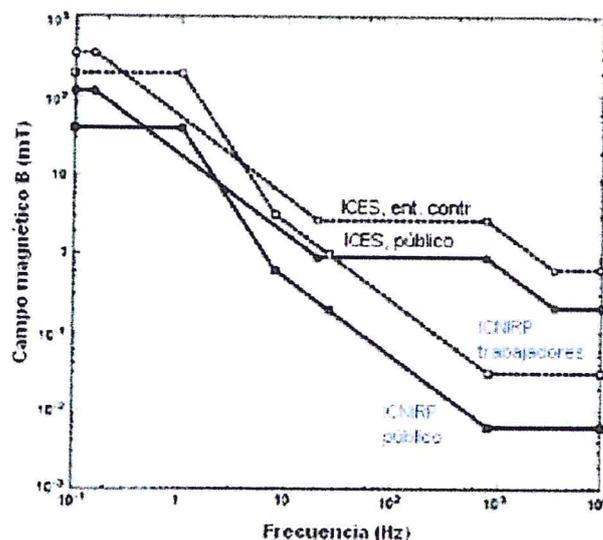
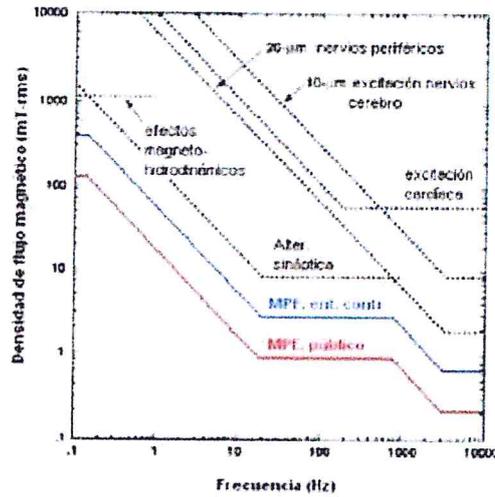


Figura 5.1 Densidades de flujo magnético máximas permitidas en ICNIRP e ICES (MPEs y RLs) (modificada de [8])

### 5.3.1.1 Modelos de inducción

Se necesita de un modelo de inducción para relacionar el campo magnético del entorno con las BRs. ICES utiliza un modelo elipsoidal con conductividad homogénea y ajustado al cuerpo o a la parte del cuerpo que se esté analizando [4]. Basándose en este modelo, las líneas a trazos de la **Figura 5.2** especifican el campo magnético necesario para inducir los niveles de reacción adversos especificados para un tejido en particular. Aplicando un divisor de 3 (factor de baja probabilidad) a los valores más bajos de las líneas de trazos de la **Figura 5.2**, se obtienen los MPEs (línea continua azul) para el entorno controlado; dividiendo de nuevo por 3 (factor de seguridad), se obtienen las MPE para el público en general (línea continua roja, más restrictiva que la azul). Como se puede ver, los MPEs se obtienen de los valores mínimos de límites de reacción adversa para cada frecuencia (en el **Apartado 5.6** se definen estos términos).



Las líneas de trazos representan los niveles medios de estimulación adversa producidos por los campos magnéticos. Las líneas continuas representan los MPEs

Figura 5.2 Niveles medios de estimulación adversa y MPEs (modificada de [8])

Para el caso del estándar ICNIRP, se utiliza un modelo de inducción circular. La Figura 5.3 muestra el modelo utilizado por ICES para toda la exposición en el cuerpo, así como el modelo de ICNIRP. Para un campo magnético uniforme perpendicular al lazo, el campo máximo inducido en el lazo circular es 1.7 veces mayor que en el lazo elíptico. Como resultado, los niveles de referencia de ICNIRP son menores por un factor de 1.7 veces que los que serían calculados con el modelo de ICES.

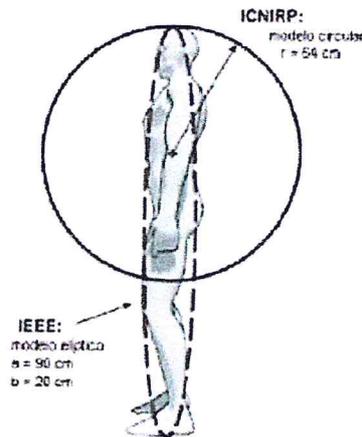


Figura 5.3 Modelos de inducción magnética utilizados por ICES e ICNIRP [8]



### 5.3.2 Límites para el campo eléctrico

En ICES, el MPE para el campo eléctrico no está limitado principalmente por las BRs, sino por la necesidad de evitar corrientes de contacto de magnitudes inaceptables. Para apreciar lo comentado, basta considerar que a 60 Hz se requeriría un campo eléctrico no perturbado en el entorno (considerando como no perturbado a un campo eléctrico constante en dirección, magnitud y fase relativa [4]) de  $59 \text{ kV m}^{-1}$  para inducir los valores impuestos por restricción básica dentro del cerebro. No obstante, el propio estándar cita que, si no existe la posibilidad de que el individuo expuesto pueda tocar un objeto conductor con conexión a tierra, podría ser aceptable exceder los niveles MPE para el campo eléctrico.

La corriente de contacto para una persona de pie, tocando un conductor conectado a tierra dentro de un campo eléctrico polarizado verticalmente es:

$$I_c = 9.0 \times 10^{-11} h^2 f E \quad (5.1)$$

, donde  $h$  es la altura de la persona (en m),  $f$  es la frecuencia del campo (Hz), y  $E$  es el campo eléctrico ( $\text{V m}^{-1}$ ), que para las frecuencias estudiadas en este documento podría sustituirse por el campo eléctrico medio en la zona donde se encuentre el cuerpo humano [4], e  $I_c$  es la corriente de contacto (A). En el estándar ICES se asume un valor  $h$  de 1.75 m. Como límites de  $I_c$  se puede consultar el estándar C95.6™, siendo las corrientes de contacto 0.5 mA para el público general, y 1.5 mA para entornos controlados.

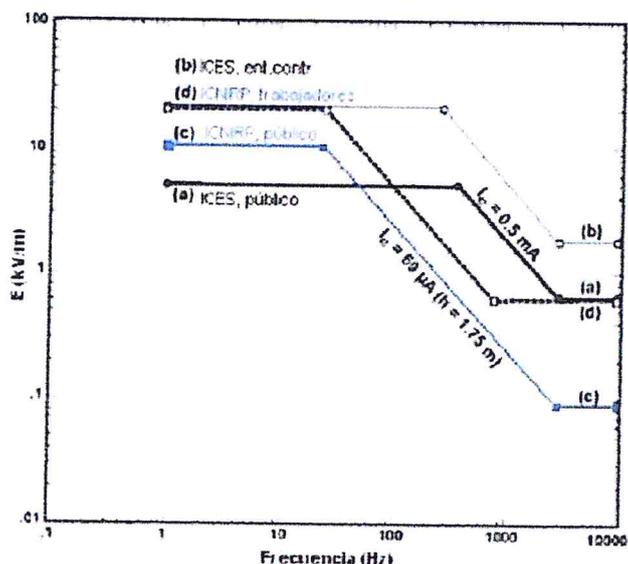
En el estándar ICES, por debajo de 3 kHz, el valor límite de  $E$  decrece con el aumento de la frecuencia, de forma que la corriente obtenida mediante la ecuación anterior estaría limitada a los valores de corriente de contacto establecidos por el estándar. Si los valores obtenidos por la ecuación se extendieran de forma arbitraria a bajas frecuencias, el campo eléctrico alcanzaría valores inaceptables debido a las descargas que podrían ocurrir cuando una persona que se encuentra aislada de tierra toca un conductor conectado a ésta. Por esa razón,  $E$  se limita en el MPE para el campo eléctrico, tal y como se muestra en la **Figura 5.4**, para así establecer un límite inferior para las descargas.

ICNIRP, por otro lado, establece que sus niveles de referencia definidos para el campo eléctrico, pretenden limitar la densidad de corriente inducida en el cuello o tronco a la restricción básica ( $2 \text{ mA m}^{-2}$ ) para el público general. Para el caso ocupacional, ICNIRP cita que los niveles de campo eléctrico podrían aumentarse en un factor de 2 si se pueden excluir efectos indirectos de electroestimulación (contactos con conductores).

Para el rango de frecuencias de 1-368 Hz, ICES limita el campo eléctrico a  $5 \text{ kV m}^{-1}$  para el público en general. Sin embargo, dentro de las líneas de distribución de energía (*line-rights of way, ROWs*), el límite se lleva a  $10 \text{ kV m}^{-1}$ , dando como justificación que las



líneas de energía se pueden considerar entornos "cuasi-controlados". Por el contrario, los límites de exposición por ICNIRP para el público en general son de 5 y 4.2  $\text{kV m}^{-1}$  para 50 y 60 Hz [5], respectivamente, aunque admite exposiciones de hasta 10  $\text{kV m}^{-1}$  por debajo de 25 Hz.



En ICES, los MPEs para el campo eléctrico se han elegido a partir de la corriente de contacto admisible, estableciéndose además un límite para bajas frecuencias debido a posibles descargas.

Figura 5.4 MPEs y RLs de campos eléctricos propuestos por ICES e ICNIRP (modificada de [8])

## 5.4 Resumen de la comparación y conclusiones

En las Tablas 5.7 y 5.8 y 5.9 se ha establecido una comparación sobre los estándares ICNIRP e ICES para las frecuencias ELF (de 0-3 kHz). La columna ICES/ICNIRP muestra la razón entre los límites de ICES y los de ICNIRP a las frecuencias indicadas. Para las restricciones básicas (Tabla 5.7), la máxima diferencia en el cerebro ocurre por encima de los 1000 Hz, debido principalmente a los valores asumidos de  $f_e$ . En la columna "otros tejidos", el cociente comentado tiene un valor de 70 en un rango considerable de frecuencias, debido en este caso a que ICES distingue entre tipos de tejidos, e ICNIRP no. Para los MPEs y RLs (Tabla 5.8), el cociente máximo es de 110, a 1000 Hz, y esto es debido a los diferentes modelos de inducción utilizados. En la Tabla 5.10 del Apartado 5.6 se resumen las principales razones técnicas que originan las diferencias en los límites determinados por ICES e ICNIRP.



Estándares ICNIRP e IEEE C95.6<sup>1\*</sup>

Tabla 5.7 Comparación de las restricciones básicas de ICES e ICNIRP (modificada de [8])

Comparación de las BRs de ICES e ICNIRP						
Público General						
Frecuencia (Hz)	Cerebro			Otros tejidos		
	ICES (V/m)	ICNIRP (V/m)	Razón ICES/ICNIRP	ICES (V/m)*	ICNIRP (V/m)	Razón ICES/ICNIRP
20	0.0059	0.01	0.59	0.70	0.01	70
60	0.018	0.01	1.8	0.70	0.01	70
1000	0.29	0.01	29	0.70	0.01	70
3000	0.88	0.03	29	0.70	0.03	23
Entorno controlado						
20	0.018	0.05	0.36	2.10	0.05	42
60	0.053	0.05	1.1	2.10	0.05	42
1000	0.89	0.05	18	2.10	0.05	42
3000	2.7	0.15	18	2.10	0.15	14

Notas: - La densidad de corriente se ha convertido a campo eléctrico a partir de:

$$\sigma = 0.2 \text{ S/m (siemens por metro), } E = J/\sigma$$

\*Hay otros valores de ICES para el corazón, manos, pies, muñecas y tobillos [4]

Tabla 5.8 MPes y RLs de ICES e ICNIRP. Exposición de todo el cuerpo (modificada de [8])

MPes y RLs de ICES e ICNIRP						
Público en General						
Frecuencia (Hz)	Campo magnético			Campo eléctrico		
	ICES (mT)	ICNIRP (mT)	Razón ICES/ICNIRP	ICES (V/m)	ICNIRP (V/m)	Razón ICES/ICNIRP
20	0.9	0.26	3.6	5000	10000	0.5
60	0.90	0.083	11	5000(10000*)	4170	1.2(2.4*)
1000	0.69	0.0063	110	1840	250	7.4
3000	0.23	0.0063	37	614	83	7.4
Entorno controlado						
20	2.71	1.25	2.2	20000	20000	1
60	2.71	0.417	6.5	20000	8330	2.4
1000	2.06	0.031	67	5440	610	8.9
3000	0.68	0.031	22	1813	610	3.0

\*Excepción para el campo eléctrico cerca de líneas de transmisión (10000 V/m, público general)

Tabla 5.9 Diferencias entre MPes/RLs entre ICES e ICNIRP (modificada de [8])

Diferencias entre MPes/RLs entre ICES e ICNIRP		
Diferencias	ICES	ICNIRP
Modelo de inducción de campo magnético	Elipsoidal (cuerpo, torso, cerebro, extremidades)	Circular
Corriente de contacto (persona de 1.80 m. aislada. tocando el suelo, campo vertical)	Corriente de contacto 0.5 mA (rms), público 1.5 mA (rms), entorno controlado	Corriente de contacto 0.5 mA, público 1 mA, trabajadores
Valor máximo de campo eléctrico	5kV/m (rms), público* 20kV/m (rms), entorno controlado	10 kV/m (rms), público 20kV/m (rms), trabajadores

Los MPes de ICES son para una exposición de todo el cuerpo\*Para el público general, ICES establece un MPE de 10 kV/m en áreas de líneas de transmisión de energía



Efectos sobre la salud humana de los campos eléctricos y magnéticos ELF

Las tablas anteriores muestran las principales divergencias que deberían clarificarse para alcanzar una armonización entre los dos estándares.

Lo ideal sería llegar a un consenso que finalmente pueda ser utilizado internacionalmente por los organismos de estandarización, y unificar los límites de exposición. Para conseguir este objetivo, debería existir, entre otros factores, un estándar de carácter internacional desarrollado específicamente para mediciones de campos ELF, y que ahora no existe, aunque sí que hay una propuesta ya hecha (y algunas pautas de medición de carácter general [90]), que se recoge en el desarrollo del estándar IEEE PC95.3.1™, "Recommended Practice for Measurements and Computation of Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 0 - 100 kHz" [q], el cual permitirá describir las formas de medida para asegurar el cumplimiento con los estándares relacionados con los niveles de exposición de los seres humanos a campos magnéticos y eléctricos, en el rango 0-100 kHz. El desarrollo de dicho estándar se ha extendido hasta el 31 de diciembre de 2008. Posteriormente, será necesario un tiempo para el proceso de aprobación y certificación.

El **Apartado 5.6** cubre aspectos de la comparación de carácter más complejo y que explican con mayor grado de detalle las diferencias ya mostradas.

## 5.5 Normativa

La principal normativa (se incluyen también las directivas europeas que podrían transponerse en el futuro a la legislación nacional) relacionada con los campos ELF es la siguiente:

- ICNIRP. "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)" [5].
- IEEE Std C95.6TM. "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0-3 kHz" [4].
- NTP 698 "Campos electromagnéticos entre 0 Hz y 300 GHz: criterios ICNIRP para valorar la exposición laboral" [1].
- Directiva europea 2004/40/CE [42] "Sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos)", y que ha sido modificada por la Directiva 2008/46/CE [49] (moratoria) del Parlamento Europeo y del Consejo, prolongándose el plazo de transposición a 4 años más. "Por la que se modifica la Directiva 2004/40/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud



*relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos)*

- Recomendación del Consejo 1999/519/CE [51] *"relativa a la exposición de público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz)".* 12 de julio de 1999. En esta recomendación se exponen los valores límite de referencia del Organismo ICNIRP para el público en general.
- Real Decreto 1066/2001 *"Condiciones de protección en el dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas"* [94].

En cuanto a procedimientos de medida, y que pueden ser de utilidad para valorar los niveles de exposición en seres humanos, se tiene lo siguiente:

- Norma UNE 215001:2004 *"Procedimientos normalizados para la medida de los campos eléctricos y magnéticos producidos por las líneas eléctricas de alta tensión"* [95].
- IEEE Std 644-1944™: *"IEEE Standard Procedures for Measurements of Power Frequency Electric and Magnetic Fields From Ac Power Lines"* [39].
- IEEE Std 1460-1996™: *"IEEE Guide for the measurement of Quasi-Static Magnetic and Electric Fields"* [90].
- IEEE Std 1140-1994™: *"IEEE Standard Procedures for the Measurement of Electric and Magnetic Fields from Video Display Terminals (VDTs) From 5 Hz to 400 kHz"* [91].
- IEEE Std 1308-1994™: *"IEEE Recommended Practice for Instrumentation: Specifications for Magnetic Flux Density and Electric Field Strength Meters- 10 Hz to 3 kHz"* [93].

En la NTP 698 *"Campos electromagnéticos entre 0 Hz y 300 GHz: criterios ICNIRP para valorar la exposición laboral"* [1], se exponen de manera concisa los valores de referencia para la exposición laboral a campos electromagnéticos (CEM) propuestos por el organismo ICNIRP [5]. Se cita textualmente:

*"Actualmente, para dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, y ante la ausencia de una legislación específica que regule la exposición laboral a campos electromagnéticos (CEM), el CNNT (Centro Nacional de Nuevas Tecnologías) evalúa el riesgo por exposición a campos electromagnéticos si-*



Efectos sobre la salud humana de los campos eléctricos y magnéticos ELF

*guiendo los criterios de valoración expuestos en las guías que publica el organismo ICNIRP”*

Por tanto, en España, el organismo CNNT, adopta los niveles de referencia propuestos por el organismo ICNIRP, que también son los adoptados por la Directiva europea 2004/40/CE, y la Recomendación del Consejo 1999/519/CE. Como se ha dicho, la Directiva 2004/40/CE ha sido modificada por la Directiva 2008/46/CE (moratoria), prolongándose el plazo de transposición a 4 años más, citándose textualmente como razón principal:

*“[...] Se han comunicado al Parlamento Europeo, al Consejo y a la Comisión nuevos estudios científicos sobre los efectos para la salud de las exposiciones a las radiaciones electromagnéticas, publicados tras la adopción de la directiva. Están examinando actualmente los resultados de estos estudios científicos tanto la ICNIRP, como la Organización Mundial de la Salud, en el marco de la revisión de sus criterios de salubridad ambiental. Estas nuevas recomendaciones, cuya publicación está prevista de aquí a finales del año 2008, pueden contener elementos que originen modificaciones importantes de los valores que dan lugar a una acción y de los valores límite. [...] La duración necesaria para obtener y analizar estos nuevos datos, y para elaborar y adoptar una nueva propuesta de directiva, justifica el aplazamiento de cuatro años de la fecha límite de la Directiva 2004/40/CE al Derecho interno”.*

Una de las razones de este aplazamiento ha sido considerar el impacto de la directiva en las actividades de resonancia magnética de los hospitales. Es conveniente reexaminar los últimos estudios realizados en los Estados Miembros, para garantizar el equilibrio entre la prevención de los posibles riesgos para la salud de los trabajadores, y el acceso a los beneficios que permiten la utilización eficaz de ciertas tecnologías médicas que se basan en la imagen médica y determinadas actividades industriales.

Anteriormente, ya había una propuesta [43] para la modificación de la Directiva 2004/40/CE. También se citaba que la medición o el cálculo de la exposición de los trabajadores se rige mediante las normas europeas armonizadas de CENELEC, y en la propia directiva se cita que *“mientras no existan normas europeas armonizadas del Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) que regulen todas las situaciones de evaluación, medición y cálculo pertinentes, los Estados miembros podrán servirse de otras normas o directrices que posean una base científica para evaluar, medir y/o calcular la exposición de los trabajadores a los campos electromagnéticos.”*

Básicamente, la Directiva 2004/40/CE adopta los niveles ICNIRP como límites de exposición en los trabajadores (y por tanto **no** considera los efectos a largo plazo), y define las obligaciones de los empresarios (vigilancia, evaluación de riesgos, información y forma-



ción de los trabajadores...), disponiendo además que se aplica la Directiva 89/391/CEE "relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo (Directiva Marco)", la cual sí está transpuesta al Derecho Interno nacional español, a través de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.

En cuanto a la norma UNE 21 5001:2004 "Procedimientos normalizados para la medida de los campos eléctricos y magnéticos producidos por las líneas eléctricas de alta tensión", ésta establece un procedimiento uniforme para la medida de determinadas magnitudes representativas de los campos eléctricos y magnéticos a frecuencia industrial producidos por las líneas eléctricas de alta tensión. En el siguiente capítulo y en el **Apéndice III** se muestra más información sobre el procedimiento que indica. De los otros procedimientos de medida citados anteriormente [39, 90, 93], el estándar IEEE Std 1460-1996<sup>TM</sup> establece unas pautas de medida para la determinación de ciertos parámetros de los campos ELF, que pudieran ser relevantes en la caracterización de los niveles de exposición humana; estos procedimientos se comentan en el **Capítulo 7**.

Indirectamente, también podemos mencionar la legislación para las líneas de alta tensión, como el nuevo RD 223/2008, "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09" (que deroga al RD 3151/1968), o el RD 1955/2000 "por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica". Estas dos leyes, si bien no consideran los campos ELF, sí que imponen ciertas limitaciones al transporte de energía eléctrica respecto a ciertas construcciones (escuelas, etc...).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, en España actualmente los límites ICNIRP no son, en términos generales, de obligado cumplimiento. La única legislación existente en España que considere los niveles ICNIRP concierne a las emisiones producidas por estaciones radioeléctricas de radiocomunicaciones, o recibidas por estaciones del servicio de radioastronomía, en el RD 1066/2001.

Respecto a otros países, en la base de datos del *International EMF Project* de la OMS [b]<sup>16</sup> se pueden consultar todos los estándares a nivel mundial, por países, de normas y directrices relacionadas con los niveles de exposición a campos electromagnéticos.

En [z] es posible consultar la legislación vigente Comunitaria de la Unión Europea.

<sup>16</sup> Sección "The EMF Standards World Wide Database"



## 5.6 Aspectos avanzados de la comparación

En este apartado se comentan algunos fundamentos de carácter más complejo que se han omitido en las explicaciones anteriores.

Las restricciones básicas establecidas por ICES se obtienen a partir de las siguientes consideraciones:

- Identificación de los niveles medios de reacción mínima en diferentes tipos de tejido.
- Conversión de esos niveles medios a niveles adversos de reacción a partir de factores de conversión (multiplicadores).
- Definición de una baja probabilidad (como mucho del 1 %) de nivel de reacción adversa.
- Aplicación de un factor de seguridad al considerar una población especialmente sensible, así como la consideración de un margen de incertidumbre.

ICES define sus BRs a través de dos funciones: la función intensidad-duración (strength-duration, S-D), o la función intensidad-frecuencia (strength frequency, S-F), definido en términos de frecuencia para ondas sinusoidales. Para estas formulaciones se requieren dos parámetros:

- *Rheobase*: término designado para definir el valor mínimo de excitación considerando una curva (función) intensidad-duración [4].
- Constante de tiempo,  $\tau_e$ , para la función S-D, o la constante  $f_e$  para la función S-F, de la manera que se indica a continuación:



Para las funciones S-D:

$$E_i = E_0 \text{ para } t_p \geq \tau_e$$

$$E_i = E_0 \left( \frac{\tau_e}{t_p} \right) \text{ para } t_p \leq \tau_e$$

$$E_i = E_0 \text{ para } f \leq f_e$$

$$E_i = E_0 \left( \frac{f}{f_e} \right) \text{ para } f \geq f_e$$

$$f_e = \frac{1}{2\tau_e}$$

, donde:

$E_0$ : campo eléctrico rheobase

$E_i$ : campo eléctrico in-situ admisible

$t_p$ : duración de fase de la forma de onda pulsante (ver Apéndice II)

$\tau_e$ : constante de tiempo que separa la zona mínima (*rheobase*) de la parte creciente de la función S-D

$f_e$ : constante de frecuencia que separa la zona mínima (*rheobase*) de la parte creciente en la función S-F.

Los parámetros de la **Tabla 5.1**, basados en datos experimentales y modelos teóricos, se diferencian por el tipo de tejido. En la **Tabla 5.10** se han recopilado los datos de ICES en base a los efectos sinápticos en el cerebro, los cuales presentan la *rheobase* más baja de las BRs (tal y como quedó reflejado en la **Tabla 5.1**). Las diferencias entre ambos estándares se describen a continuación, junto con las ya mostradas en tablas anteriores.



Efectos sobre la salud humana de los campos eléctricos y magnéticos ELF

Tabla 5.10 Diferencias entre los estándares ICNIRP e ICES; rheobase mínimo tomado como referencia (modificada de [8])

Diferencias entre los estándares ICES e ICNIRP		
CONCEPTO	ICES	ICNIRP
1- Magnitud en la que se basa la BR	Campo eléctrico	Densidad de corriente
2- Valor medio límite <i>rheobase</i>	$E_r=53$ mV/m (rms)	--
3- Límite umbral <i>rheobase</i> de baja probabilidad	$E_r=17.7$ mV/m	$J=100$ mA/m <sup>2</sup> ( $E_r=500$ mV/m)
4- Nivel de probabilidad	$P<1\%$	No establecido
5- Factor de seguridad $F_s$	Público general	1/3
	Ocupacional	1
6- Valor mínimo de BR después de aplicar $F_s$	Público general	$E_r=5.9$ mV/m
	Ocupacional	$E_r=17.7$ mV/m
7- Transición superior en la función S-F para los efectos del sistema nervioso central	20 Hz	1000 Hz
8- Transición inferior en la función S-F para los efectos del sistema nervioso central	Ninguno	4 Hz
9- Mecanismo para el efecto mínimo en el sistema nervioso central	Alteración del potencial sináptico ( <i>synapse potencial alteration</i> )	No establecido
10- Distinción de BRs en función del tipo de tejido	Sí	No
11- Área aplicable de la mínima BR en el sistema nervioso central	Cerebro	Cabeza y torso
12- Reducción por debajo de los efectos Magnetohidrodinámico	Público general	1/9
	Ocupacional	1/3

Notas: Conductividad  $\alpha = 0.2$  S/m (siemens por metro),  $E = J/\alpha$ ; los valores de las BRs listados son los valores *rheobase* (límite mínimo en una función S F) para el órgano más sensible (el cerebro o el sistema nervioso central); las BRs de ICES se aplican a las interacciones sinápticas del cerebro. Para ICNIRP se ha calculado J utilizando  $\alpha = 0.2$  S/m

\* Es importante considerar que en esta tabla para ICES se ha tomado la BR más limitativa como referencia.

A continuación se van a comentar cada uno de los apartados expuestos en la tabla anterior:

#### Unidades de medida de las restricciones básicas

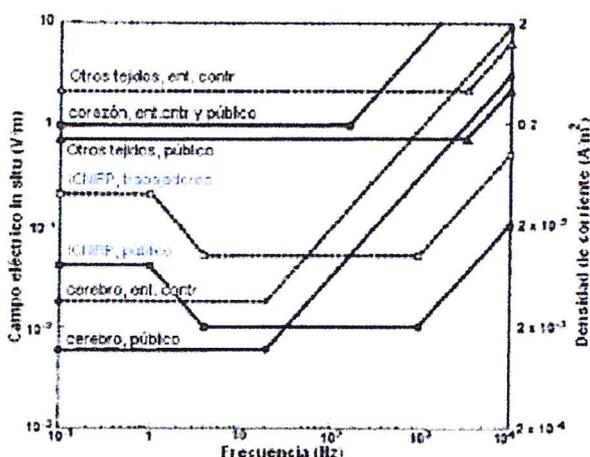
Aunque es posible relacionar el campo eléctrico in situ con la densidad de corriente mediante la ecuación  $E = J\sigma$ , donde  $\sigma$  es la conductividad del medio, esta conversión introduce un parámetro adicional, y por tanto un mayor grado de incertidumbre.



No obstante, con los modelos de inducción magnética de conductividad uniforme utilizados por ICES e ICNIRP, la medida del campo eléctrico inducido no depende de  $\sigma$ .

A pesar de las diferencias entre ICES e ICNIRP en cuanto a unidades de medida, éste no es el factor principal que diferencia ambos estándares. Existen otros factores, que se explican a continuación, y que tienen una mayor relevancia. También es de destacar que la elección de E o J tiene mayor influencia si se derivan las BRs o se determina su cumplimiento a partir de un modelo de inducción anatómica complejo, para el cual los valores máximos de E y J no tienen por qué ocurrir en el mismo punto.

La **Figura 5.5** muestra la gráfica BRs-frecuencia para ambos estándares. Para realizar el trazado en una única gráfica, se ha obtenido E a partir de J utilizando  $\sigma = 0.2 S m^{-1}$ , valor de conductividad citado en la guía ICNIRP [5], y que se considera razonable para las bajas frecuencias y los tipos de tejidos aquí considerados. Como se puede observar, las distintas suposiciones tomadas por ambos estándares dan como resultado diferencias significativas en las restricciones básicas.



Nota: las líneas a trazos representan las BRs para un entorno controlado u ocupacional.  
"Ent cntr" = entorno controlado  
"público" = público general  
 $\sigma = 0.2 S/m$

Figura 5.5 Restricciones básicas de ICES e ICNIRP, densidad de corriente (modificada de [8])

### Límites de reacciones adversas

ICES define **umbrales medios límite** (*median rheobase excitation thresholds*) como aquéllos que, dada una distribución estadística, se encuentran en el punto medio (50% de la muestra tienen límites mayores, y 50 % límites menores, [4]). Éstos se incre-



mentan (entendiéndose como un incremento en margen de seguridad) mediante un factor, denominado factor de reacción adversa,  $F_a$ , obteniéndose de esta forma los **umbrales medios de reacciones adversas** (*median adverse reaction thresholds*). A estos valores medios, ICES aplica otro factor, denominado factor de probabilidad,  $F_p$ , de modo que finalmente se obtiene un **valor de baja probabilidad (< 1%) de límite umbral de reacción adversa**, en este caso de  $17.7 \text{ mV m}^{-1}$  (apartado 3 de la **Tabla 5.10**).

Considerando ahora el estándar ICNIRP, en éste se define un umbral de reacción adversa para  $J = 100 \text{ mA m}^{-2}$ , al cual se le aplica una serie de factores de seguridad, para así obtener finalmente las BRs. Utilizando  $\sigma = 0.2 \text{ S m}^{-1}$ , se puede comprobar que se obtiene un valor de campo eléctrico in situ de  $E_f = 500 \text{ mV m}^{-1}$ , 28 veces mayor que el establecido por el estándar ICES.

No queda del todo claro qué reacción adversa ocurre para  $J = 100 \text{ mA m}^{-2}$ , y a qué nivel de probabilidad. ICNIRP indica cambios en la función cognitiva y el fenómeno de fosfenos a  $10 \text{ mA m}^{-2}$ , citando textualmente: *"La severidad y probabilidad de efectos irreversibles en un tejido determinado aumenta con la exposición crónica a densidades de corriente inducidas por encima del nivel 10-100 mA m<sup>2</sup>".* Considerando que ICNIRP establece posibles efectos irreversibles dentro del rango comentado, no queda clara la elección de 100 en lugar de  $10 \text{ mA m}^{-2}$  como valor para el cual se aplicaría el factor de seguridad.  $100 \text{ mA m}^{-2}$  es más de 10 veces los umbrales límite medios que causan efectos adversos sinápticos a la frecuencia de 20 Hz [4]<sup>17</sup>, y también es un valor muy pequeño para aplicarse a los nervios de la periferia o a una excitación cardíaca, para los cuales los valores límite medios han demostrado ser de 10 a 20 veces mayores, o también fibrilación ventricular, el único efecto irreversible considerado en ambos estándares, para el cual los umbrales son mayores (y por tanto menos restrictivos).

#### Probabilidad de reacciones adversas (apartado 4, **Tabla 5.10**)

A partir de la utilización de distribuciones de probabilidad experimentales de umbrales de electroestimulación, ICES define un nivel de reacción adversa medio, al cual se le aplica un factor de reducción de un tercio para obtener una baja probabilidad (< 1%) de nivel de reacción adversa. En contraste con lo anteriormente comentado, ICNIRP no cita una probabilidad de reacción adversa para los niveles que identifica. No se sabe, por ejemplo, si los valores se tratan de medias, niveles de baja probabilidad, o quizás los niveles de reacción adversa más bajos encontrados en la literatura.

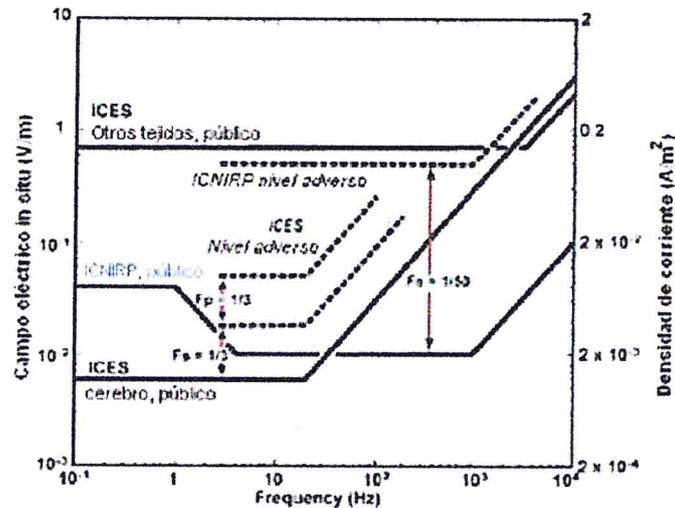


### Factores de seguridad (apartados 5 y 6, Tabla 5.10)

Ambos estándares incluyen factores de seguridad ( $F_s$ ) como margen de incertidumbre y suponiendo sensibilidades excepcionales a la exposición de campos magnéticos y eléctricos. Para ICNIRP, el factor de seguridad es de  $1/10$  y  $1/50$  para grupos ocupacionales y público general, respectivamente; para ICES, el factor de seguridad es  $1$  y  $1/3$  para ambientes controlados y público en general, respectivamente. Mientras que una lectura casual de los estándares podría llevar a pensar que, ya que los factores de seguridad de ICNIRP son mayores que aquellos de ICES, sus restricciones son básicas más restrictivas, hay que considerar que ICES aplica diferentes BRs en función del tipo de tejido expuesto. La confusión también puede llegar de los niveles a los cuales  $F_s$  se aplica, que son muy diferentes en ambos grupos.

Como ya se ha dicho, para el público en general, ICES aplica el factor  $F_s=1/3$  al límite de baja probabilidad de  $17.7 \text{ mV m}^{-1}$ , resultando en una BR de  $5.9 \text{ mV m}^{-1}$  (apartado 6 de la **Tabla 5.10**). ICES también establece que esta última restricción protege contra los efectos sinápticos adversos en el cerebro, y define otras BRs mayores (entendiéndose mayores como más permisivas) para el resto del cuerpo (por ejemplo  $0.7 \text{ V}$  en la mayoría de los otros tejidos). En contraste, ICNIRP aplica sus factores de seguridad a un valor mucho mayor, en este caso de  $100 \text{ mA m}^{-2}$  ( $E = 500 \text{ mV m}^{-1}$ ), resultando en una BR de  $2 \text{ mA m}^{-2}$  ( $E = 10 \text{ mV m}^{-1}$ ) para el público general.

La **Figura 5.6** muestra los factores de seguridad utilizados en los dos estándares. Para reducir su complejidad, la figura muestra límites sólo para el público general. Las líneas sólidas son las BRs, y las líneas de trazos son los niveles de reacción tomados de los estándares. Para un nivel de reacción adverso medio, ICES aplica factores de reducción separados para considerar una baja probabilidad de reacción ( $F_p=1/3$ ), y un factor de seguridad ( $F_s=1/3$ ). Por el contrario, ICNIRP aplica sólo un factor de seguridad ( $F_s=1/3$ ) para una probabilidad de nivel de reacción no especificada.



Las líneas a trazos muestran los niveles medios de reacción  
 Figura 5.6 Factores aplicados a los niveles medios límite, ICNIRP e ICES (modificada de [8])

Aunque tanto ICES como ICNIRP establecen niveles límites similares de interacción con el sistema nervioso central (*central nervous system, CNS*), ICNIRP no aplica un factor de seguridad a ese bajo nivel, sino a un nivel bastante mayor, mientras que ICES aplica su factor de seguridad a ese bajo nivel. En la gráfica anterior se puede observar como la BR mínima de ICES es menor que la de ICNIRP por debajo de 30 Hz. Esto se debe a diferentes conclusiones sobre una mayor frecuencia de inflexión (este concepto se explica en el apartado siguiente) y la diferenciación de ICES de las BRs según el tipo de tejido, más que a una diferencia de factores de seguridad.

#### Frecuencias de inflexión

Suponiendo una estimulación sinusoidal y causante de una serie de efectos, los límites tienen un valor mínimo constante (*minimum plateau o rheobase*) y, por encima de un valor de frecuencia  $f_e$ , convergen a una línea que aumenta proporcionalmente con ésta. En ICES se establece que  $f_e$  y  $E_0$  dependen del tipo de tejido (Tabla 5.1). La rheobase mínima se aplica a los efectos sinápticos, para la cual la frecuencia de inflexión tiene un valor  $f_e=20$  Hz. Por el contrario, ICNIRP considera como valor  $f_e=1000$  Hz para los límites justificados por efectos de fosfenos, aunque aparentemente aplicado a todos los tipos de tejidos sin distinción, el efecto de esta elección es importante. Por ejemplo, las restricciones básicas de ICNIRP a 1000 Hz serían 50 veces mayores si se hubiera elegido  $f_e=20$  Hz.

Como se observa en las Figuras 5.5 y 5.6, ICNIRP aplica una subida a sus restricciones básicas por debajo de 4 Hz, e ICES no. ICES reconoce que un aumento de la restricción





en las bajas frecuencias se puede encontrar en la literatura, en lo que a estimulación nerviosa se refiere, pero sólo existiría para un estímulo sinusoidal iniciado cerca del paso por cero, y no para uno iniciado cerca del pico, ni tampoco para ondas oscilatorias cuadradas. ICES establece que, no incluyendo esta subida en la baja frecuencia, su estándar es más inclusivo. La **Figura 5.5** muestra que esta distinción es importante sólo para frecuencias por debajo de 4 Hz.

### Aplicación a los diferentes tipos de tejidos (apartados 9 y 10, Tabla 5.10)

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, ICES hace una diferenciación de sus BRs en función de los tipos de tejidos, mientras que ICNIRP no. La BR más baja (y por tanto la más restrictiva) de ICES, mostrada en la **Figura 5.5**, protege contra la alteración de procesos sinápticos (un mecanismo que ha demostrado un nivel de reacción sustancialmente menor comparado con otros efectos de electroestimulación, aunque a muy bajas frecuencias). Entre esas reacciones están los efectos visuales conocidos como fosfenos, que se atribuyen a la alteración de los procesos sinápticos en la retina. Aunque ICES no considera los fosfenos como un efecto adverso, el campo eléctrico que los causa dentro de la retina considera como un efecto potencial adverso cuando se aplica en las neuronas del cerebro.

ICNIRP utiliza el efecto de los fosfenos para justificar el valor mínimo (minimum plateau) de la **Figura 5.5**. Sin embargo, no especifican las restricciones básicas para otros tejidos en los cuales los datos relativos a los fosfenos no se aplicarían. La aplicación de las BRs a todos los tejidos del cuerpo, en lugar de únicamente al cerebro, provoca un **mayor impacto** en las restricciones de ICNIRP. Poco después de que su estándar se publicara, se realizó la siguiente clarificación en un conjunto de cuestionarios y contestaciones [9]:

**Cuestión:** *¿La restricción básica de  $10 \text{ mA m}^{-2}$  (caso ocupacional, 4 Hz – 1 kHz) se ha establecido para la protección contra los efectos de exposiciones agudas en los tejidos del sistema nervioso central (CNS)? ¿O se aplica a todos los tejidos del cuerpo?*

**Respuesta:** La restricción básica de  $10 \text{ mA m}^{-2}$  se ha establecido para establecer una protección contra los efectos de exposición en los tejidos de la cabeza (el cerebro) y el tronco del cuerpo (médula espinal), con un factor de seguridad de 10. ICNIRP reconoce que esta restricción básica puede permitir mayores densidades de corriente en otros tejidos distintos de los del sistema nervioso central, bajo las mismas condiciones de exposición.

Queda por tanto la cuestión: ¿Qué BR debería utilizar un usuario si la exposición se da principalmente en otros tejidos que no sean del sistema nervioso? Casos relacionados con esta pregunta se pueden dar cuando el individuo, por ejemplo, tiene sus brazos cerca de una fuente que genere un campo, y sin embargo el cerebro no está recibiendo ningún tipo de exposición.



Efectos sobre la salud humana de los campos eléctricos y magnéticos ELF

La clarificación que hace ICNIRP establece que podrían tolerarse mayores densidades de corriente, pero el estándar en sí mismo no especifica cuál sería el incremento admisible.

#### **Restricciones sinápticas en el cerebro vs. médula espinal (apartado 11, Tabla 5.10)**

ICNIRP establece que sus BRs se aplican tanto en la médula espinal como en el cerebro. Por el contrario, ICES afirma que las BRs más bajas (entendiéndose como las más restrictivas, y por tanto con menor magnitud admisible) se aplican al cerebro pero no a la médula espinal, debido a la falta de evidencia de que los efectos medidos en la médula espinal puedan ocurrir por debajo de los niveles que provocan excitación nerviosa directa [4]. Estas conclusiones dan lugar a una diferencia significativa en las BRs dentro de las frecuencias consideradas en este documento. Por ejemplo, el estándar ICES, para el público general, permite un campo eléctrico de  $5.9 \text{ mV m}^{-1}$  en el cerebro, pero de  $0.70 \text{ V m}^{-1}$  en otros tejidos (incluyendo la médula espinal), un factor más de 100 veces mayor. Tal distinción no se hace en el estándar ICNIRP.

#### **Efectos magnetohidrodinámicos (campos estáticos)**

Los efectos magnetohidrodinámicos (los que principalmente se producen a frecuencias por debajo de 1 Hz [4]) ocurren como resultado de las fuerzas ejercidas sobre cargas en movimiento (por ejemplo el torrente sanguíneo) dentro de fuertes campos estáticos o casi estáticos. ICES determinó que esos efectos no estaban cubiertos por sus BRs, y que por tanto se requería una especificación separada para el campo magnético in situ por debajo de los 10 Hz.

Aunque las restricciones básicas de ICNIRP no ofrecen un límite correspondiente que pueda aplicarse a una frecuencia estática, información comparable se proporcionó en una publicación anterior del propio ICNIRP [10], en la cual se concluía que campos de hasta 2 T no estaban asociados a efectos con un mayor perjuicio. ICNIRP aplica a ese valor un factor de seguridad de 1/10 y 1/50, dando lugar a niveles de exposición crónica de 200 mT y 40 mT (valores rms) para los dos grupos ocupacional y general, respectivamente. ICES, a partir de la evaluación de datos similares, encontró que un campo de 1.5 T estaba asociado con reacciones adversas en aproximadamente el 50 % de los sujetos sometidos a pruebas. El estándar ICES aplica un factor de 1/9 para el público general y de 1/3 para entornos controlados, resultando en unas BRs de 500 mT para entornos controlados, y 167 mT para el público en general (valores pico).

La mayor discrepancia entre ICES e ICNIRP en lo que a límites de exposición de campos estáticos se refiere es, en este caso, grande debido a los diferentes factores de seguridad adoptados por los dos grupos.



En resumen, los siguientes factores constituyen los principales elementos diferenciales:

#### **Restricciones básicas**

- Diferencias en la frecuencia superior de transición ( $f_g$ ) para los efectos adversos de electroestimulación en el sistema nervioso central.
- Límites para los efectos adversos en el sistema nervioso central.
- Inclusión de la médula espinal junto con el cerebro para las BRs más bajas (y por tanto más restrictivas).
- Aplicación de los "efectos retina" en el cerebro/sistema nervioso central.
- Diferentes BRs según los tejidos expuestos.
- Definición de los rangos de probabilidad para los efectos adversos.

#### **Límites establecidos (MPEs y RLs)**

- Modelo físico para la inducción magnética.
- Factores de seguridad establecidos para la exposición de campos magnéticos estáticos y cuasi-estáticos.
- Corte realizado a bajas frecuencias para el campo eléctrico in situ (**Figura 5.6**).
- Frecuencias de transición en la exposición de campos eléctricos.



## XX. CERTIFICADOS DE ENTRENAMIENTO DE EQUIPOS AARONIA Y NARDA



Aaronia AG  
Gewerbegebiet Aaronia AG  
DE-54597 Strickscheid  
Germany

**Training Certificate**

14. September 2012

This Certificate is issued to:

Pablo Huayaney Figueroa

for successful completion of the training in using:

**Aaronia SPECTRAN Spectrum Analyzer**

For and On Behalf of Aaronia AG Germany

**AARONIA AG**  
WWW.AARONIA.DE  
Tel. +49(0)5556-93033 Fax +49(0)5556-93034  
E-Mail: mail@aaronia.de  
www.aaronia.de  
**Mr. Manuel Pinten**

