



Solicitado por: Transener S.A.
Referencia: PR-032-16
Representante: Ing. Jorge Nizovoy

INFORME TÉCNICO

Realizado por: Ing. Gustavo Barbera
Ing. Fernando Issouribehere
Tec. Guillermo Camacho

Tipo-Nº: IT-1528-16

Fecha: Junio 2016

Dirigido por: Ing. Pedro E. Issouribehere

Participaron: Ing. Jorge Rodil (Edesur)
Ing. Martín Higes (Edesur)

Hojas: 14 (sin Anexos)

Anexos: I

Director IITREE: Ing. Patricia L. Arnera

Hoja 1

Tema:

Evaluación del contenido armónico en la Estación Transformadora Ezeiza previo a la instalación de Bancos de Capacitores Shunt en 220 kV

Resumen: El IITREE realizó mediciones de armónicas en la Estación Transformadora Ezeiza de Transener S.A, previo a la instalación de Bancos de Capacitores Shunt.

Las mediciones se realizaron entre el 04/05/16 y el 23/05/16. Fueron realizadas en barras de 220 kV, bajo distintas configuraciones operativas de las mismas.

En distintos períodos de registro se midieron las salidas de los cuatro Transformadores 500 / 220 kV actualmente existentes en la ET.

En lo que respecta a armónicas en la tensión, los resultados de las mediciones fueron comparados con los Niveles de Referencia existentes en la Argentina.

Se observa el cumplimiento de tales límites.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. SÍNTESIS DE TAREAS REALIZADAS	3
2. 1. Configuraciones operativas de la ET en barras de 220kV	3
2. 2. Mediciones realizadas en la ET	6
3. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES.....	12
4. COMENTARIOS / CONCLUSIONES.....	13
5. REFERENCIAS.....	14
Anexo I. Mediciones de armónicas	1
I. 1. Período 1.....	1
I. 1. 1. Transformador-1	1
I. 1. 2. Transformador-7.....	8
I. 2. Período 2.....	15
I. 2. 1. Transformador-3.....	15
I. 2. 2. Transformador-2.....	23
I. 3. Período 3.....	30
I. 3. 1. Transformadores 1-2-3-7.....	30

1. INTRODUCCIÓN

Ante el requerimiento de Transener S.A. el IITREE FI-UNLP realizó mediciones de armónicas en la Estación Transformadora Ezeiza con vistas a la instalación de Bancos de Capacitores Shunt en 220 kV.

Las mediciones se realizaron entre el 04/05/16 y el 23/05/16, en las instalaciones de Edesur y tuvieron por objeto evaluar el estado actual de la Estación en términos de contenido armónico, tanto en la tensión como en la corriente. Asimismo, los resultados de las mediciones serán utilizados para ajustar los modelos que formarán parte de los estudios de armónicas que se llevarán a cabo dentro del marco del mismo trabajo.

Las mediciones fueron realizadas en barras de 220 kV en los cuatro Transformadores 500 / 220 kV actualmente existentes en la ET (T1, T2, T3 y T7, según la nomenclatura empleada).

Durante el período de medición la Estación operó en distintas configuraciones de barras de 220 kV, las cuales fueron analizadas en forma independiente.

2. SÍNTESIS DE TAREAS REALIZADAS

2.1. Configuraciones operativas de la ET en barras de 220kV

a. Generalidades

Durante los 19 días que se encontró instalado el registrador de Calidad de Servicio Eléctrico, la ET operó en un elevado número de configuraciones de barras de 220 kV.

El reporte de configuraciones fue enviado por personal de Transener, y se transcribe en la Tabla I. Se destaca que muchas de estas configuraciones son similares a otras, con diferencias menores, tales como un alimentador de 220 kV fuera de servicio.

Tabla I. Descripción de las distintas configuraciones en las que operó la ET durante el período de medición.

Configuración	barras acopladas	T2	Otros
<u>Config. 1</u>	5 barras acopladas	FdeS	
<u>Config. 2</u>	4 barras acopl.: 2, 3, 4 y 5	ES	
<u>Config. 3</u>	2 barras acopl.: 1 y 4 / 5 y 3	ES	
<u>Config. 4</u>	2 barras acopl.: 1 y 4 / 5 y 3	ES	Alimentador BROWN 2 fuera de servicio. Es la única diferencia con la Config. 3 .
<u>Config. 5</u>	5 barras acopladas	FdeS	Seccionador de 2ABEZ2 abierto. Única diferencia con la Config. 1
<u>Config. 6</u>	5 barras acopladas	ES	
<u>Config. 7</u>	2 barras acopl.: 1 y 4 / 5 y 3	ES	Es idéntica a la Configuración 3
<u>Config. 8</u>	5 barras acopladas	ES	
<u>Config. 9</u>	-3 barras acop. por un lado: 4, 1 y 2 -2 barras acop. por otro: 5 y 3	ES	
<u>Config. 10</u>	5 barras acopladas	FdeS	

Tabla I. (Continuación) Descripción de las distintas configuraciones en las que operó la ET durante el período de medición.

Configuración	barras acopladas	T2	Otros
<u>Config. 11</u>	5 barras acopladas	FdeS	Idéntico a Config. 10 pero sale de servicio el T12 y acoplan barras en 132 kV
<u>Config. 12</u>	2 barras acopl: 1 y 4 / 5 y 3	ES	Transformador 1 FdeS
<u>Config. 13</u>	5 barras acopladas	FdeS	
<u>Config. 14</u>	5 barras acopladas	FdeS	
<u>Config. 15</u>	-3 barras acopl. por un lado: 4, 1 y 2 -2 barras acopl. por otro: 5 y 3	ES	

Nota: ES (En Servicio) / FdeS (Fuera de Servicio).

En la Fig. 1 se indican los períodos de tiempo en los que la ET operó en cada una de las configuraciones previamente descritas.

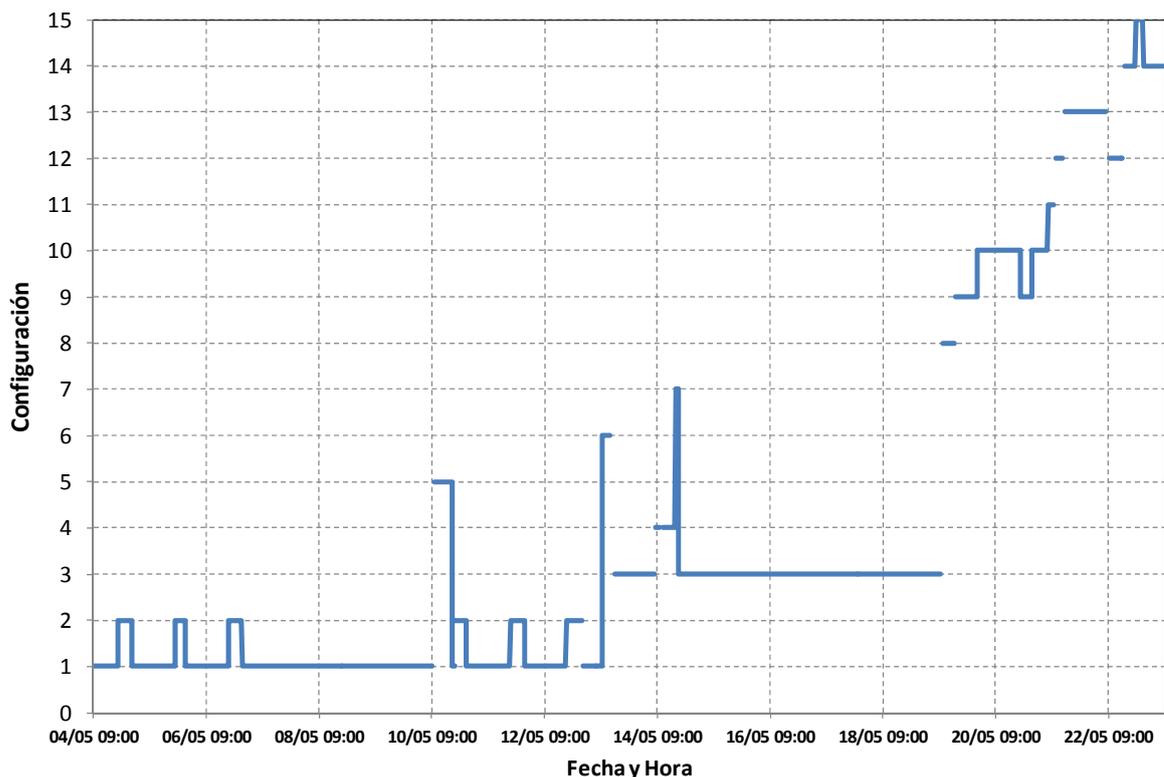


Figura 1. Configuraciones operativas de la ET, en 220 kV, durante la totalidad del período de medición.

Sin embargo, a fin de evaluar el contenido armónico presente en la ET Ezeiza, de todas las configuraciones que se indican en la Fig. 1 se seleccionaron sólo aquellas que resultan de mayor importancia para el alcance del presente trabajo.

En ese sentido, se han contemplado las Configuraciones 1 y 2, habida cuenta que son aquellas en las que la ET opera habitualmente en la actualidad, y la Configuración 3, puesto que es la configuración en la que la Estación probablemente opere luego de la inclusión de los Bancos de Capacitores.

A continuación se detalla cada una de estas tres configuraciones.

b. Configuración 1

Tal como se indica en la Tabla I, en esta configuración se encuentran las 5 barras acopladas (1, 2, 3, 4 y 5) y los Transformadores 1, 3 y 7 trabajando en paralelo. El Transformador 2 se encuentra fuera de servicio.

En la Fig. 2 se esquematiza la Configuración 1.

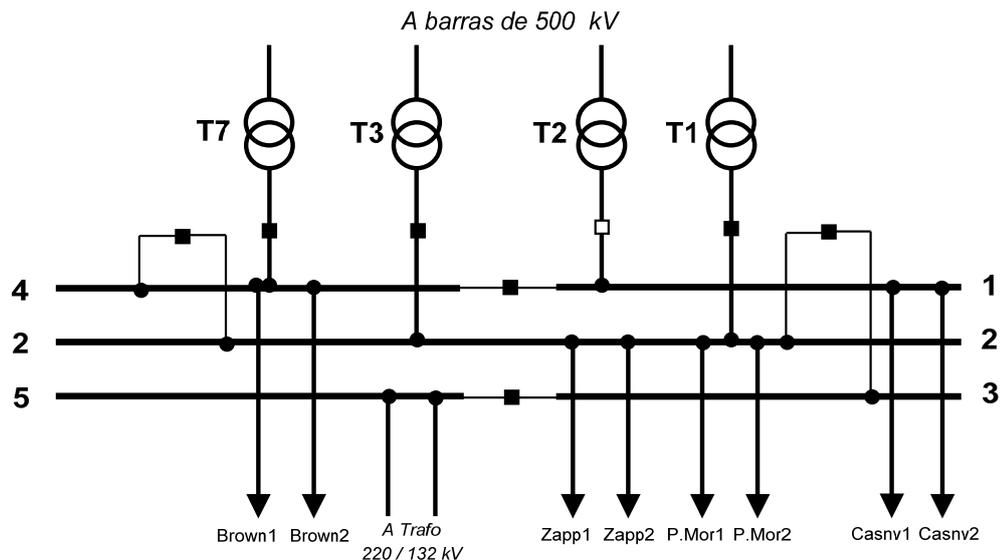


Figura 2. Diagrama unifilar simplificado de las barras de 220 kV, en la Configuración 1.

c. Configuración 2

La Configuración 2 se representa en la Fig. 3. En ésta, por un lado, 4 barras (2, 3, 4 y 5) se encuentran acopladas, y vinculadas a los Transformadores 1, 3 y 7 trabajando en paralelo. Por otro, la barra restante (1) es alimentada desde el Transformador 2 y se vincula a los alimentadores Casnv1 y Casnv2.

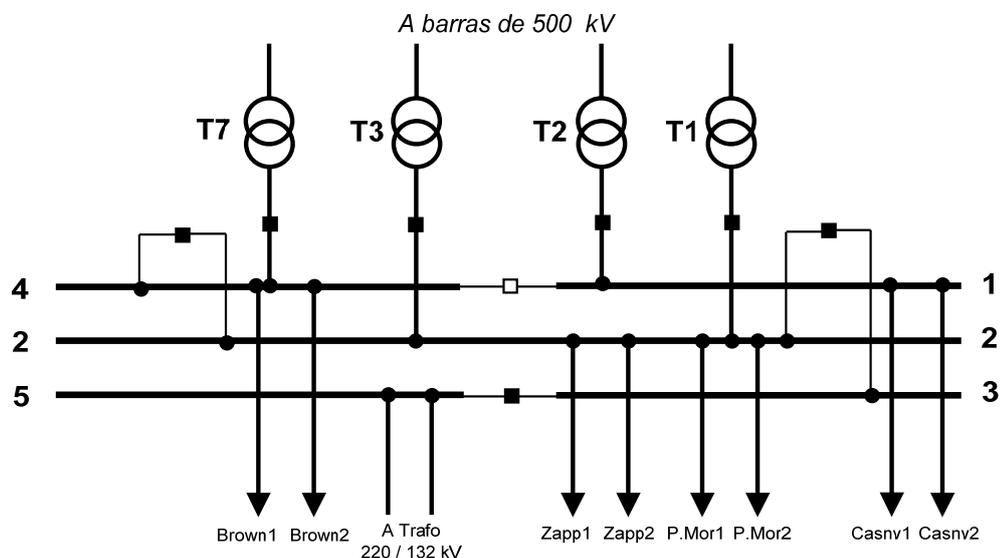


Figura 3. Diagrama unifilar simplificado de las barras de 220 kV, en la Configuración 2.

d. Configuración 3

En la Configuración 3 (Fig. 4) se encuentran acoplados dos pares de barras. En primera instancia, se acoplan las barras 1 y 4, alimentándose con los Transformadores 1 y 7 trabajando en paralelo. Asimismo, se acoplan las barras 3 y 5, alimentándose con los Transformadores 2 y 3 en paralelo.

Los alimentadores que emergen de cada uno de los pares de barras acopladas se detallan en la Fig. 4.

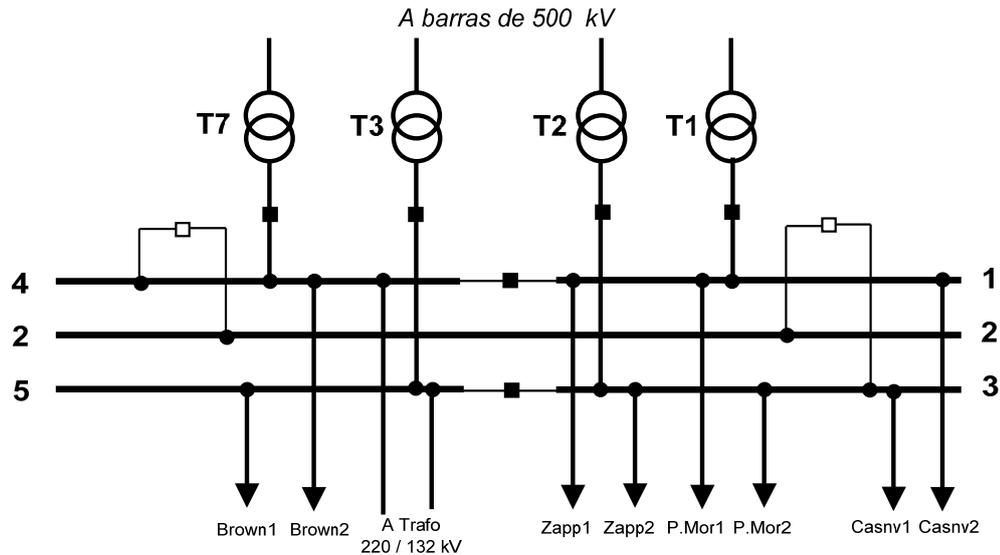


Figura 4. Diagrama unifilar simplificado de las barras de 220 kV, en la Configuración 3.

2. 2. Mediciones realizadas en la ET

a. Generalidades

Para llevar a cabo las mediciones de armónicas se utilizó un registrador de Calidad del Servicio Eléctrico Marca *Hioki*, modelo 3196, S/N 081211777, cuyas especificaciones se detallan a continuación:

Es un equipo trifásico de Calidad de Servicio que mide tensiones, corrientes, distintas variables vinculadas a energía (energía activa, reactiva, aparente, factor de potencia; etc.), armónicas hasta la 50ª, flicker (o parpadeo) según IEC, desbalances en tensiones y corrientes, y oscilogramas que pueden ser disparados ante la presencia de determinados eventos en la tensión y/o la corriente.

Es apto para ser instalado directamente en tableros de BT o, a través de transformadores de medición, para efectuar mediciones en MT o AT. Cuenta con dos juegos de pinzas de corriente, cada uno de ellos para las dos modalidades de instalación descritas, es decir para mediciones directas o indirectas.

La información registrada, con un intervalo de integración configurable entre 1 segundo y 2 horas, es almacenada en la memoria propia del instrumento, y luego es posible transferirla a una computadora que cuente con un software provisto por el fabricante. A través de este software, la información registrada puede ser analizada en detalle y exportada a un formato de texto estándar, apropiado para ser analizado con programas tales como planillas de cálculo.

El equipo también fue configurado para el monitoreo de eventos transitorios en tensiones y corrientes.

Para su instalación se emplearon las borneras de los circuitos de protección de Edesur S.A. existentes en la ET; es decir que las mediciones se realizaron utilizando los transformadores de medición, tanto de tensión (TVs) como de intensidad (TIs).

Se midieron las tensiones de fase (U_R , U_S y U_T) en 220 kV y las correspondientes corrientes (I_R , I_S e I_T). Asimismo, se registraron potencias activa, reactiva y aparente, como así también el factor de potencia.

En cuanto a las mediciones de armónicas, se registraron el THD (“*Total Harmonic Distortion*”) y las armónicas individuales hasta la 50^o, en tensiones y corrientes.

El THD se define como:

$$THDU(\%) = \frac{\sqrt{\sum_2^N (U_h)^2}}{U_1} \cdot 100$$

Este parámetro se emplea generalmente a efectos de brindar información global sobre el contenido armónico de determinado sitio.

Para la medición de corrientes se utilizaron pinzas, mientras que para medir tensión se emplearon conectores (ver fotografía de la Fig. 5).

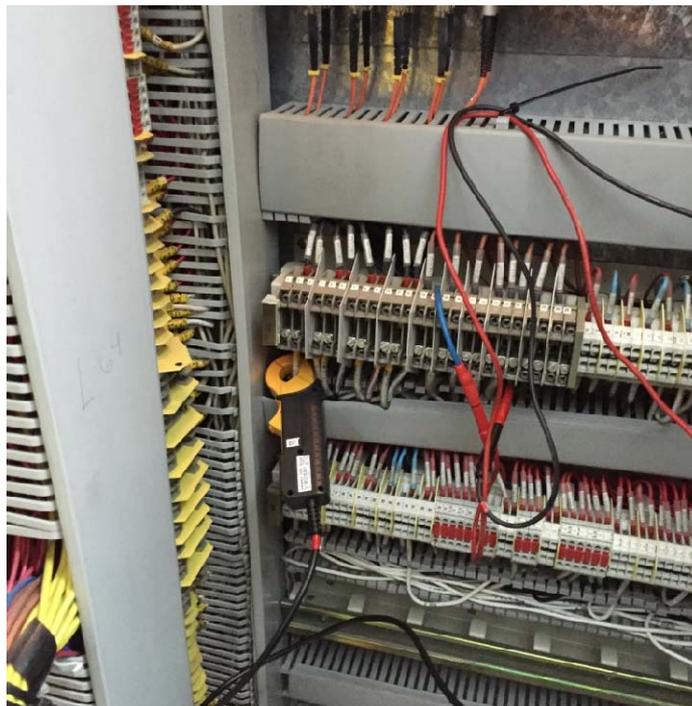


Figura 5. Pinzas de corriente y conectores de tensión en borneras de la ET Ezeiza.

En la Fig. 6 se observa el equipo instalado en la ET.

El registrador se instaló el 04/05/16 y se retiró 23/05/16, utilizándose un período de integración de las magnitudes medidas de 10 minutos.



Figura 6. Equipo de Calidad de Servicio instalado en la ET Ezeiza.

Además de los días de instalación y de retiro del equipo, se asistió a la ET los días 09/05/16 y 13/05/16 a fin de descargar información registrada por el equipo y de reubicarlo en otro lugar de la ET.

De este modo, se obtuvieron tres períodos de medición, llamados Períodos 1, 2 y 3 en el presente informe, en los que se registraron las salidas de distintos transformadores. En la Fig. 7 se indican los tres períodos de medición, junto a las configuraciones operativas de la ET.

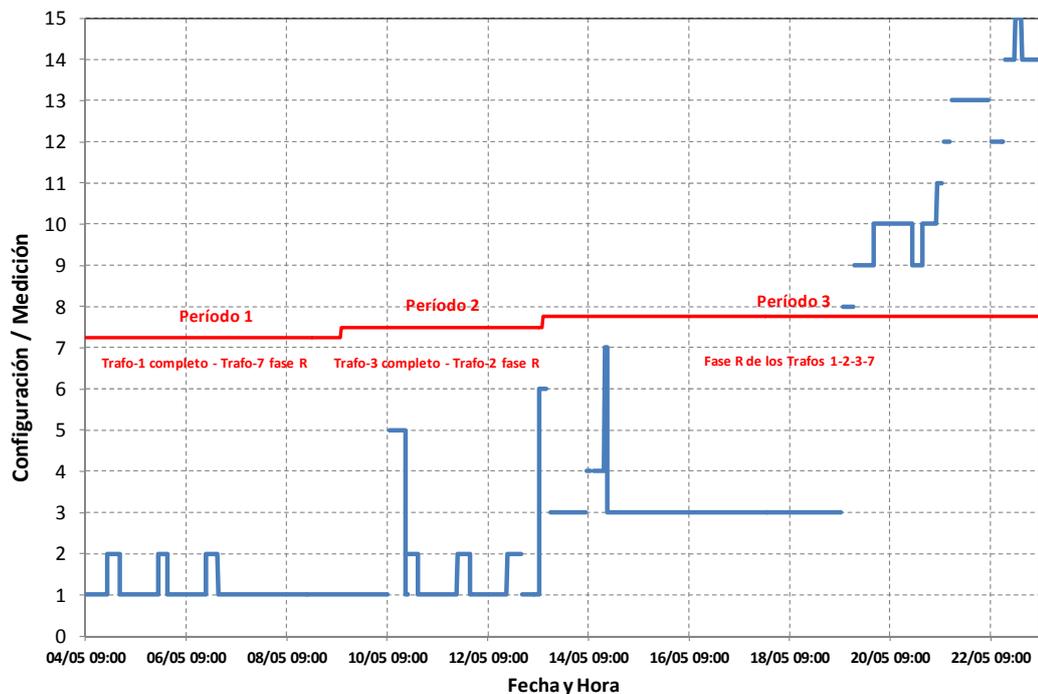


Figura 7. Variables medidas en los tres períodos, junto a las configuraciones operativas de la ET.

En el apartado siguiente se detallan las duraciones de los tres períodos y las variables medidas en cada uno de ellos.

b. Variables medidas en el período de medición 1

El período de medición 1 transcurrió desde el 04/05/16 12:05 hasta el 09/05/16 10:25.

En este período se midieron tensiones y corrientes en las **tres fases** (R, S y T) del **Transformador 1**, y tensión y corriente sólo en la **fase R** del **Transformador 7**.

Como puede observarse en la Fig. 8, la cual es una ampliación de la Fig. 7, durante el período 1 la ET operó en las Configuraciones 1 y 2.



Figura 8. Configuraciones tenidas en cuenta en el período de medición 1.

c. Variables medidas en el período de medición 2

El período de medición 2 transcurrió desde el 09/05/16 11:25 hasta el 13/05/16 10:05.

En este período se midieron tensiones y corrientes en las **tres fases** (R, S y T) del **Transformador 3**, y tensión y corriente sólo en la **fase R** del **Transformador 2**.

Como puede observarse en la Fig. 9 (ampliación de la Fig. 7), durante el período 2 la ET operó en las Configuraciones 1, 2, 5 y 6. A fin de evaluar el contenido armónico de la ET se contemplaron sólo aquellos tramos en los que ésta operó en las Configuraciones 1 y 2.

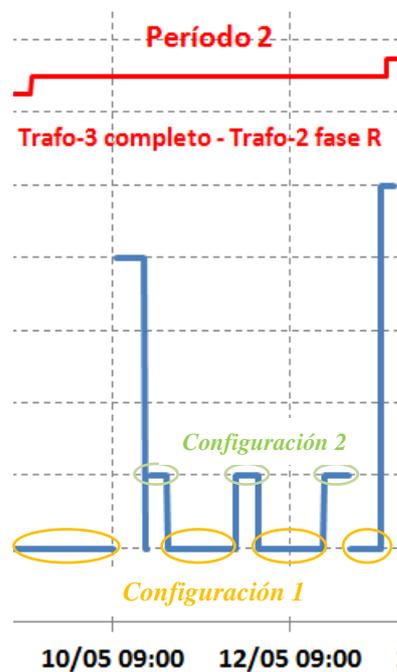


Figura 9. Configuraciones tenidas en cuenta en el período de medición 2.

d. Variables medidas en el período de medición 3

El período de medición 3 transcurrió desde el 13/05/16 11:15 hasta el 23/05/16 10:05.

En este período se midieron tensiones y corrientes en la **Fase R** de los **Transformadores 1, 2, 3 y 7**.

Durante el período 3 la ET operó en distintas configuraciones operativas. Sin embargo, a fin de ponderar el contenido armónico, se tuvieron en cuenta aquellos tramos en los que la ET operó en la Configuración 3 (ver Fig. 10).

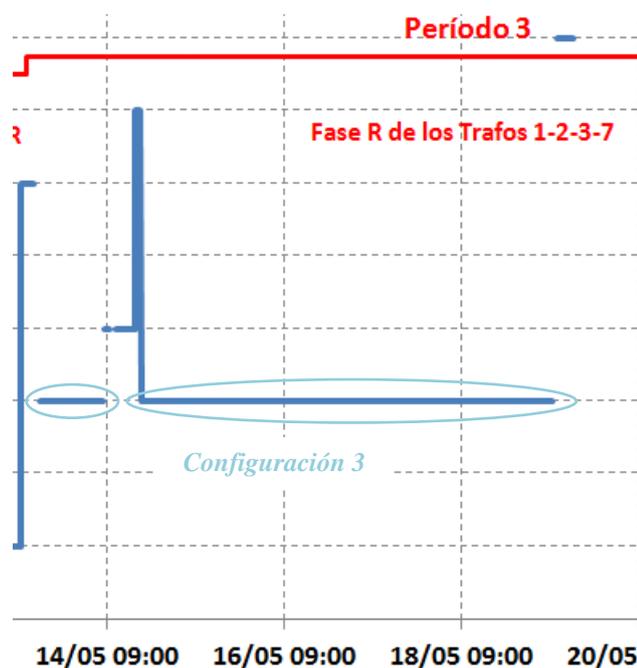


Figura 10. Configuraciones tenidas en cuenta en el período de medición 3.

e. Mediciones con el sensor de Campo Eléctrico

Durante las visitas que se realizaron a la ET Ezeiza, se efectuaron además registros de corta duración y de carácter exploratorio por medio de un Sensor de Campo Eléctrico.

Tal sensor se situó debajo de las líneas de 220 kV que emergen de la ET sin ningún tipo de conexión al sistema, permitiendo así medir las armónicas presentes en la tensión. En la Fig. 11 se muestra una fotografía tomada mientras se llevaban a cabo estas mediciones.



Figura 11. Sensor de Campo Eléctrico montado sobre el techo del vehículo.

Los registros realizados con el Sensor de Campo Eléctrico tuvieron por objeto validar las mediciones efectuadas de manera convencional – por medio de los transformadores de tensión – particularmente contemplando la respuesta en frecuencia de estos últimos.

Se compararon los resultados de ambos métodos de medición para aquellas armónicas que resultan de interés para el alcance del presente trabajo. En tal sentido, en la Fig. 12 se muestran los perfiles de 5^a y 7^a armónica obtenidos tanto con el sensor como por medio de los TVs.

Para sendas armónicas los resultados mostraron gran similitud.

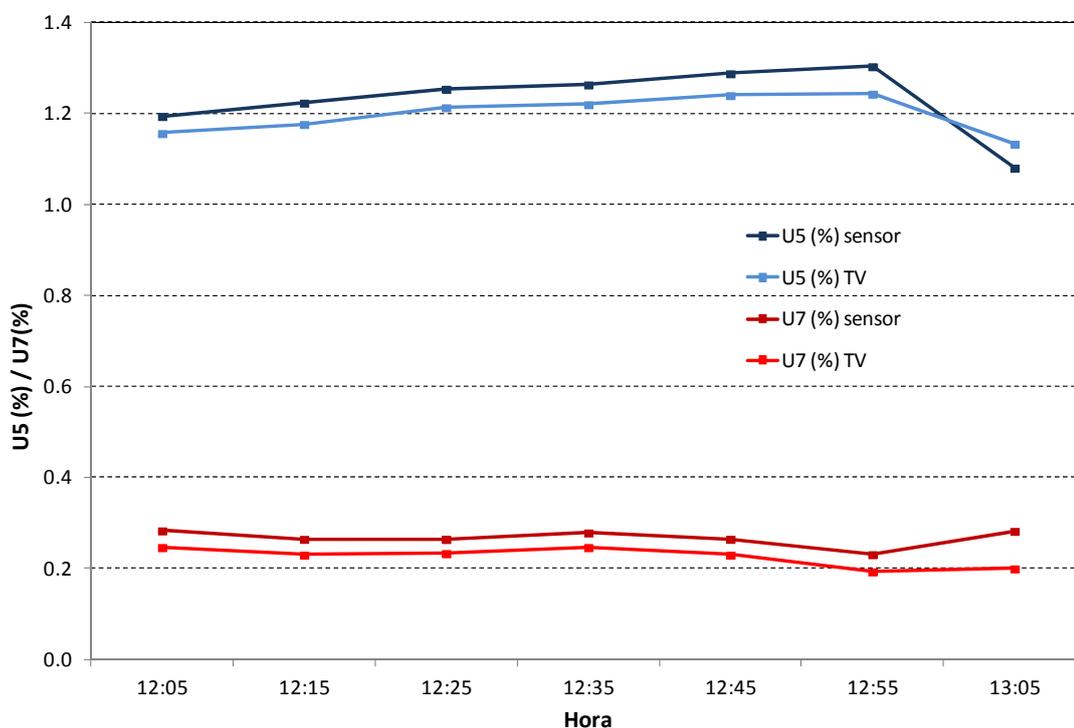


Figura 12. Comparación de mediciones con sensor de campo y a través de TVs, para 5ª y 7ª armónica.

3. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

En el Anexo I se presentan en forma detallada los resultados de las mediciones.

La estructura del Anexo I es la siguiente:

Los resultados de las mediciones se dividen en Período 1, Período 2 y Período 3, conforme a lo expresado en el apartado 2.1.

A su vez, para cada uno de los períodos, la presentación de los resultados se subdivide en los Transformadores que se midieron en tal ocasión, diferenciando además en las distintas configuraciones en las que operó la Estación Transformadora en barras de 220 kV.

En todos los casos, primero se muestran perfiles de tensiones, corrientes y potencias para la totalidad del período. Luego se presentan los resultados de armónicas, no sólo en la tensión sino también en la corriente, para cada una de las configuraciones contempladas. Se presentan perfiles de THD, y luego diagramas de barras indicando los valores medio, P95 y máximo, para las armónicas hasta la 20°.

El P95 (Percentil 95) es el valor superado por sólo el 5 % de los registros de 10' que componen la medición. Es un valor cercano al máximo y es el que debe compararse con las normas de Calidad del Servicio Eléctrico a fin de evaluar el estado de cierta instalación en términos de contaminación armónica. De hecho, en el Anexo I para las armónicas en la tensión tanto en formato gráfico como en las Tablas se comparan los valores P95 medidos, con aquellos de referencia en la Argentina [1].

En las mediciones trifásicas los valores que se comparan son el resultante de realizar el promedio de lo medido en las tres fases.

Para las armónicas en la tensión, los resultados se indican en [%] refiriendo los valores en [V] de cada a la respectiva componente fundamental [V]. En cambio, para las mediciones de armónicas en la corriente, éstas se expresan directamente en [A], a fin de evitar cocientes en los que el divisor sea un

número pequeño (caso de un Transformador con baja carga o inclusive fuera de servicio) que pueda distorsionar el valor resultante. En efecto, en los perfiles de THD I [A], éstos se han acompañado de los perfiles de corrientes eficaces [A] a los efectos de brindar información sobre el estado del transformador durante el período analizado.

A manera de resumen, en la Tabla II se presentan los valores P95 del THD, la 5^a y la 7^a armónica (las de mayor presencia) en la tensión para los tres períodos de registro, en los transformadores medidos, en las configuraciones que se analizaron en cada uno de ellos. Según [1] el valor máximo para el THD es 3 %, mientras que para las armónicas 5^a y 7^a éste es 2 %.

Tabla II. Resumen de resultados de armónicas en la tensión. THD, 5^a y 7^a armónica, representados por su valor P95.

Período	Transformador	Configuración	THD U [%]		U5 [%]		U7 [%]	
			Medido	Lím. ENRE	Medido	Lím. ENRE	Medido	Lím. ENRE
P1	T1	C1	1,29	3,0	1,24	2,0	0,27	2,0
		C2	1,10		1,06		0,21	
	T7	C1	1,33		1,28		0,28	
		C2	1,10		1,07		0,21	
P2	T3	C1	1,29		1,25		0,24	
		C2	1,09		1,06		0,16	
	T2	C1	1,32		1,27		0,25	
		C2	1,23		1,18		0,20	
P3	T1	C3	1,21		1,17		0,19	
	T2	C3	1,28		1,21		0,19	
	T3	C3	1,33		1,29		0,18	
	T7	C3	1,23		1,20		0,19	

Ciertas diferencias, como por ejemplo los valores registrados en la tensión en la Configuración 3, en T1 y T7 por un lado y en T2 y T3 por otro, se atribuyen a los TV, ya que las barras son las mismas.

4. COMENTARIOS / CONCLUSIONES

- Los valores de armónicas registrados en la tensión fueron del mismo orden en los cuatro transformadores, y a su vez, en las distintas configuraciones operativas analizadas.
- La principal armónica presente fue la 5^a. Esto se confirma al observar que el valor de esta armónica resultó apenas inferior al del THD en todos los casos.
- La segunda armónica en importancia registrada fue la 7^a, muy por debajo de la 5^a.
- En las mediciones trifásicas, los valores medidos en las tres fases fueron del mismo orden.
- Los niveles de armónicas registrados en la tensión cumplen con lo exigido en la normativa Argentina.

5. REFERENCIAS

- [1] ANEXO a la Resolución ENRE N° 184/2000. Base Metodológica para el Control de Calidad del Producto Técnico - Etapa 2.

ANEXO I. MEDICIONES DE ARMÓNICAS

I. 1. Período 1

I. 1. 1. Transformador-1

a. Mediciones generales

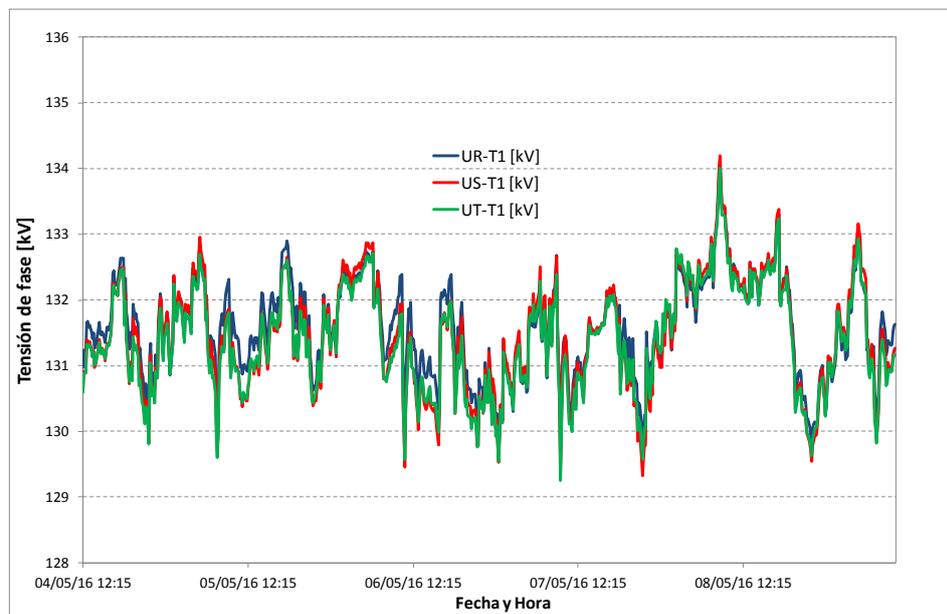


Figura AI-1. Perfil de tensiones en el Transformador-1.

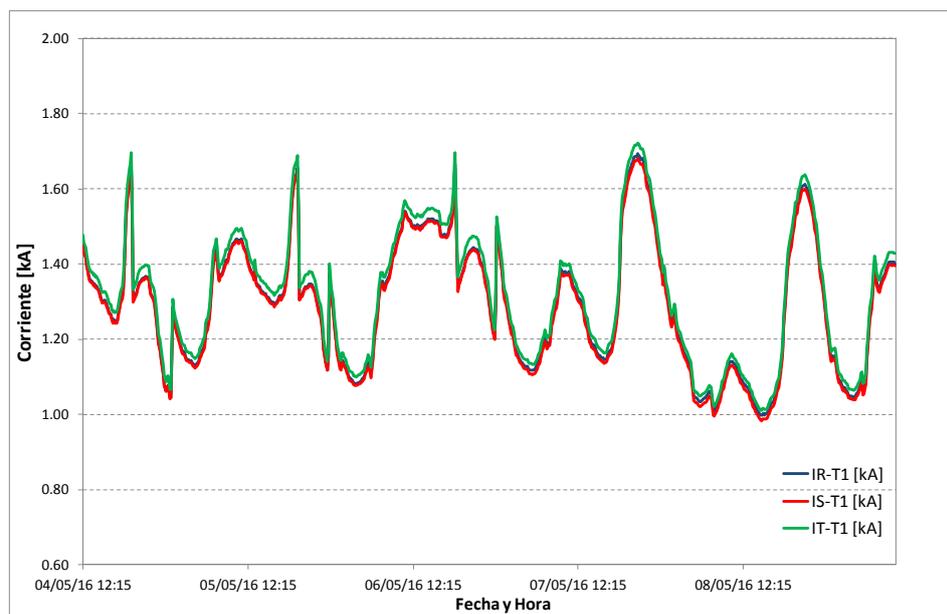


Figura AI-2. Perfil de corrientes en el Transformador-1.

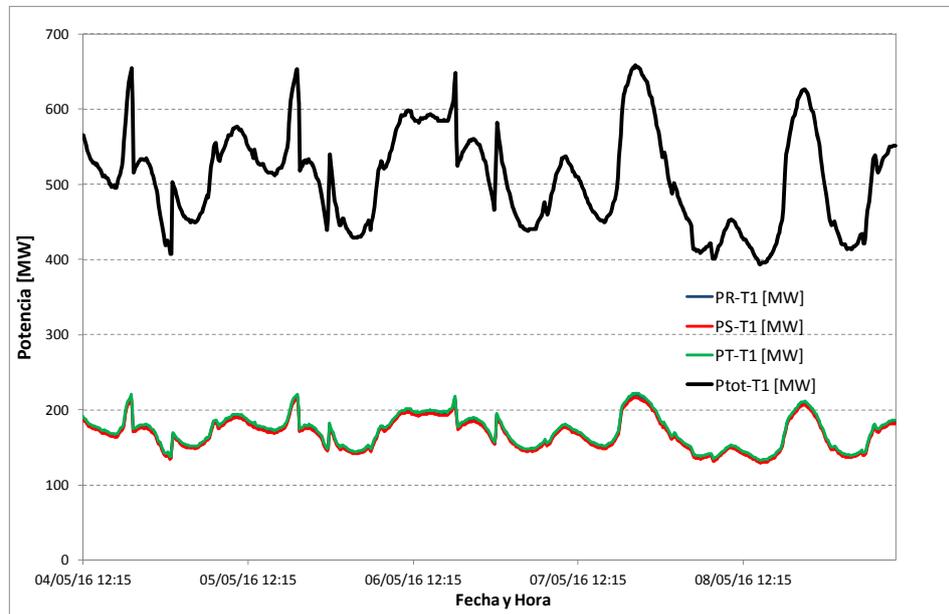


Figura AI-3. Perfil de potencias en el Transformador-1.

b. Mediciones de Armónicas

1. Configuración 1

Armónicas en la tensión

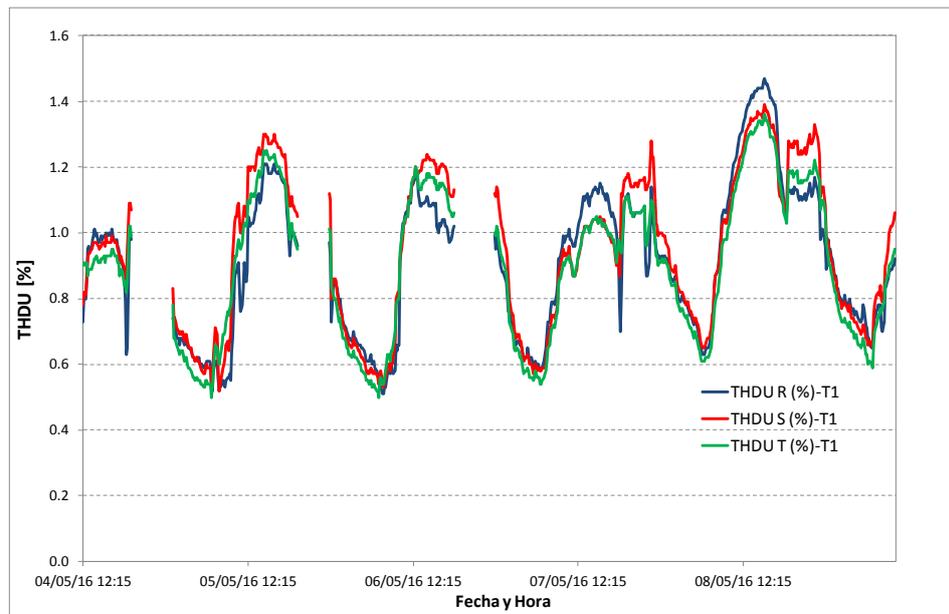


Figura AI-4. Perfil de THD [%] en la tensión en el Transformador-1, Configuración 1.

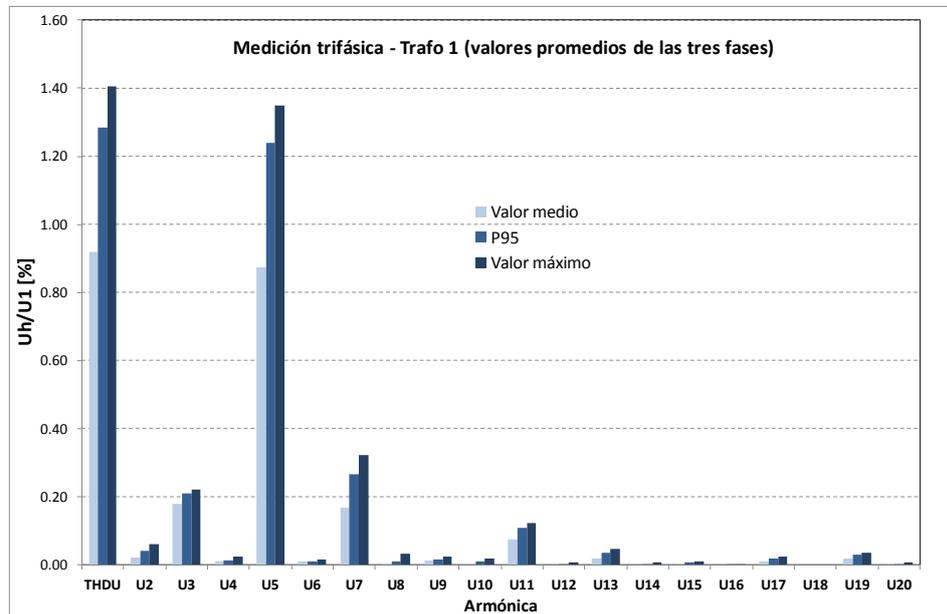


Figura AI-5. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-1, Configuración 1.

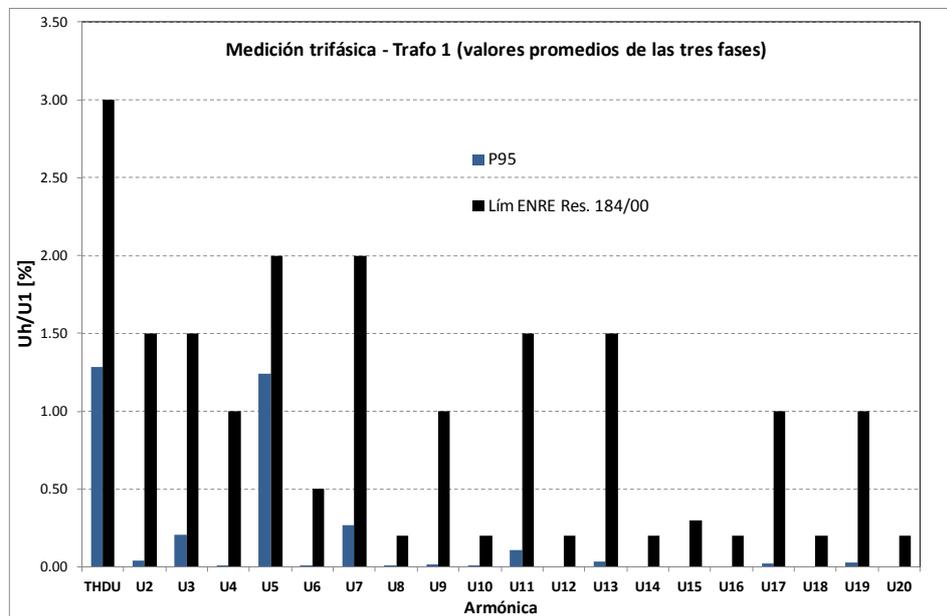


Figura AI-6. Comparación entre valores P95 medidos y de referencia en el Transformador-1, Configuración 1.

Tabla AI- 1. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-1, Configuración 1. Comparación con valores de referencia.

	THDU	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
<i>Valor medio</i>	0.92	0.02	0.18	0.01	0.87	0.01	0.17	0.01	0.01	0.00
<i>P95</i>	1.29	0.04	0.21	0.01	1.24	0.01	0.27	0.01	0.02	0.01
<i>Valor máximo</i>	1.41	0.06	0.22	0.02	1.35	0.02	0.32	0.03	0.02	0.02

<i>Lim ENRE Res. 184/00</i>	3	1.5	1.5	1	2	0.5	2	0.2	1	0.2
-----------------------------	---	-----	-----	---	---	-----	---	-----	---	-----

	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20
<i>Valor medio</i>	0.07	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
<i>P95</i>	0.11	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00
<i>Valor máximo</i>	0.12	0.01	0.05	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.04	0.01

<i>Lim ENRE Res. 184/00</i>	1.5	0.2	1.5	0.2	0.3	0.2	1	0.2	1	0.2
-----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----

Armónicas en la corriente

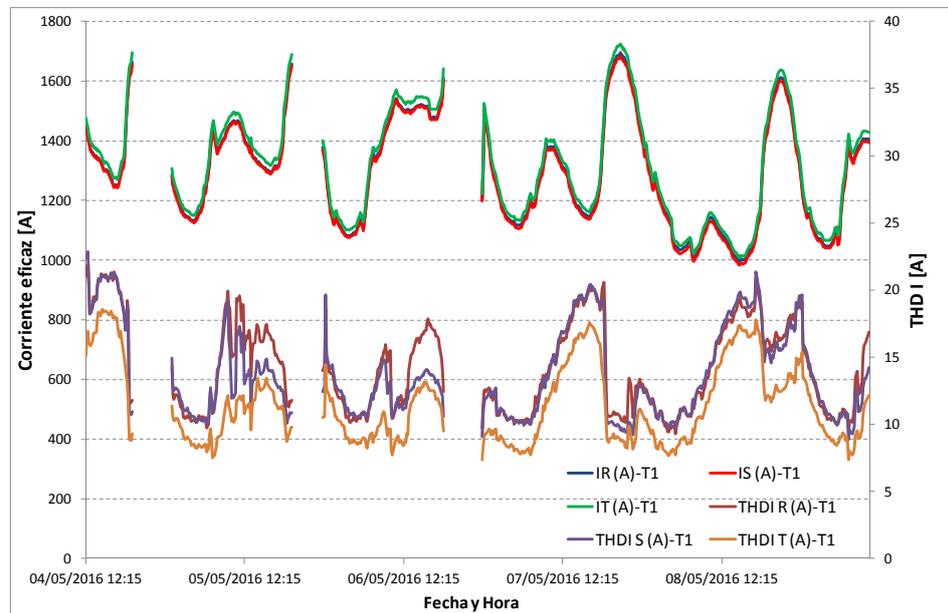


Figura AI-7. Perfil de THD [A] en la corriente en el Transformador-1, Configuración 1.

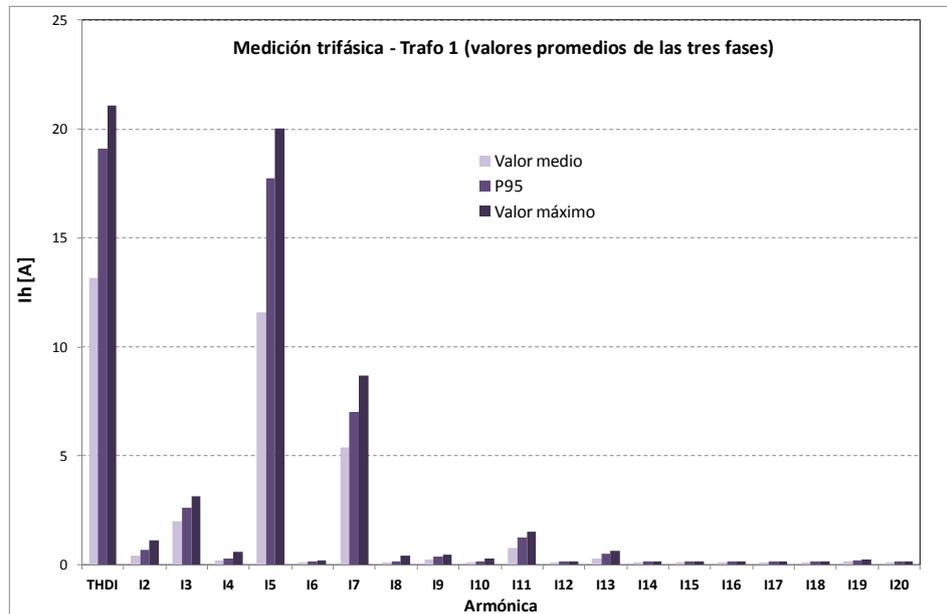


Figura AI-8. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la corriente en el Transformador-1, Configuración 1.

2. Configuración 2

Armónicas en la tensión

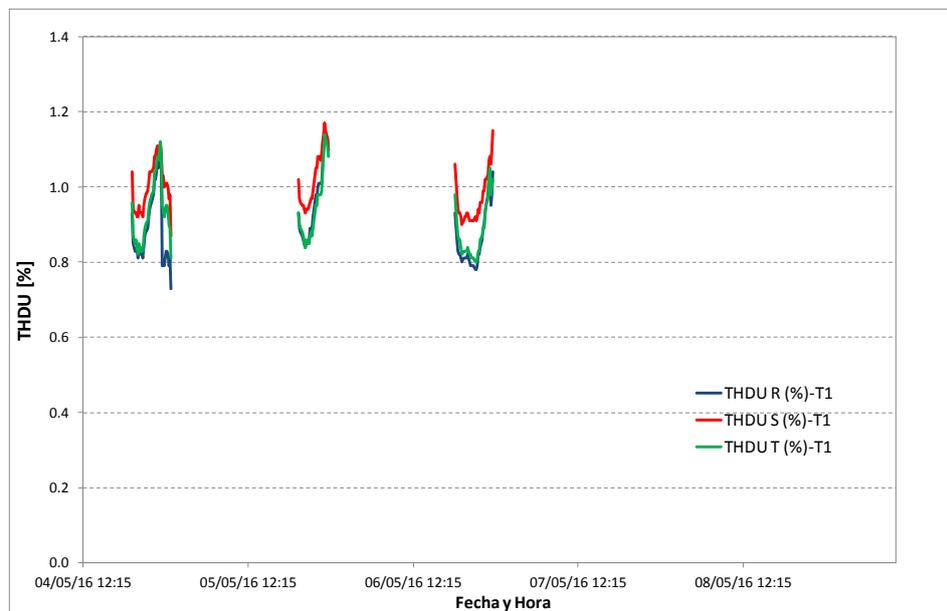


Figura AI-9. Perfil de THD [%] en la tensión en el Transformador-1, Configuración 2.

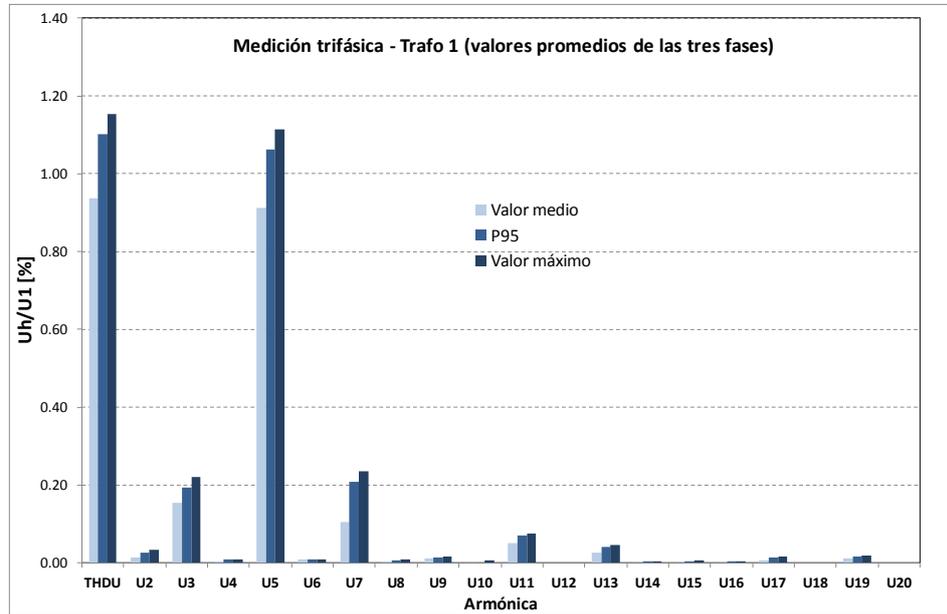


Figura AI-10. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-1, Configuración 2.

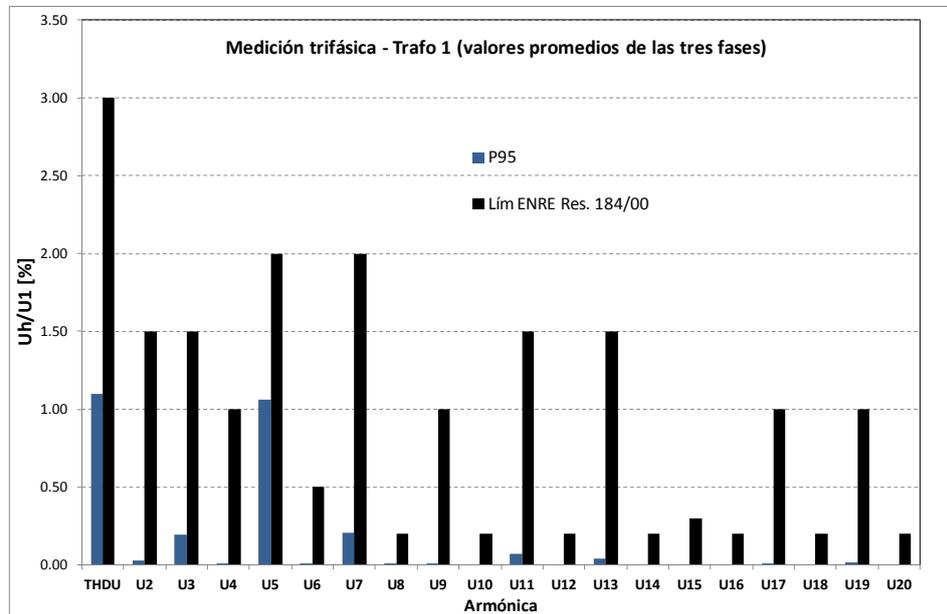


Figura AI-11. Comparación entre valores P95 medidos y de referencia en el Transformador-1, Configuración 2.

Tabla AI-2. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-1, Configuración 2. Comparación con valores de referencia.

	THDU	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
Valor medio	0.94	0.01	0.15	0.01	0.91	0.01	0.11	0.00	0.01	0.00
P95	1.10	0.03	0.19	0.01	1.06	0.01	0.21	0.01	0.01	0.00
Valor máximo	1.15	0.03	0.22	0.01	1.11	0.01	0.24	0.01	0.02	0.01

Lím ENRE Res. 184/00	3	1.5	1.5	1	2	0.5	2	0.2	1	0.2
----------------------	---	-----	-----	---	---	-----	---	-----	---	-----

	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20
Valor medio	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
P95	0.07	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
Valor máximo	0.08	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00

Lím ENRE Res. 184/00	1.5	0.2	1.5	0.2	0.3	0.2	1	0.2	1	0.2
----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----

Armónicas en la corriente

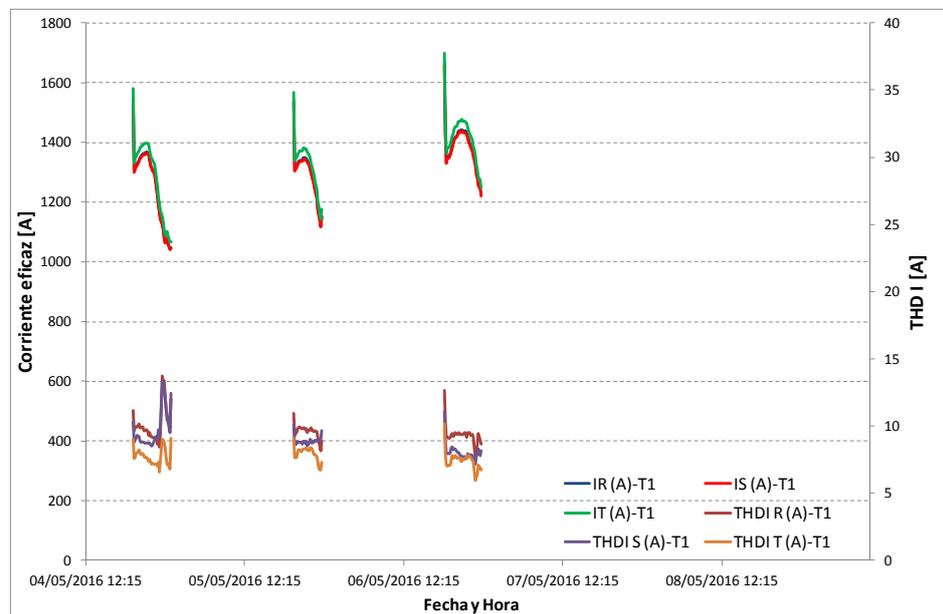


Figura AI-12. Perfil de THD [A] en la corriente en el Transformador-1, Configuración 2.

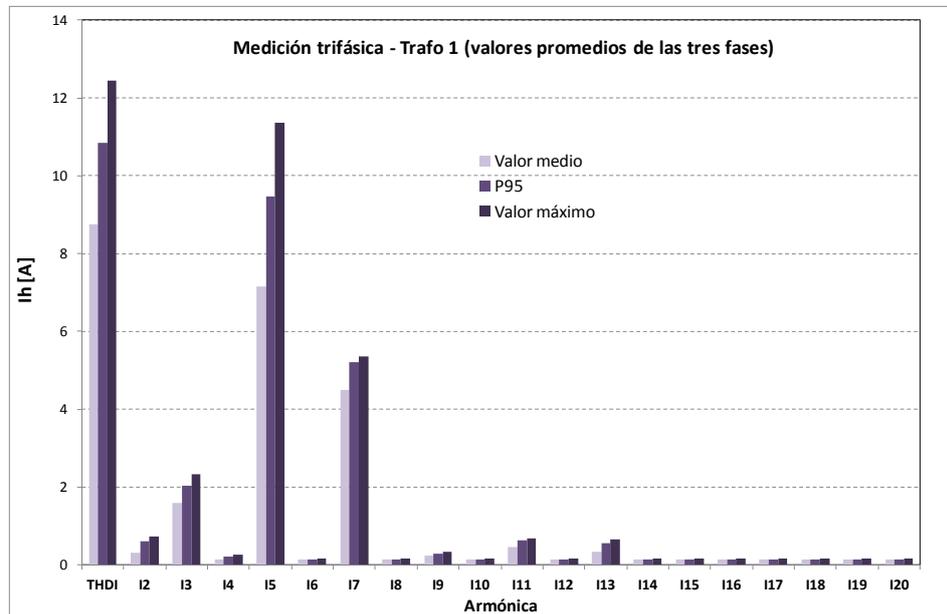


Figura AI-13. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la corriente en el Transformador-1, Configuración 2.

I. 1. 2. Transformador-7

a. Mediciones generales

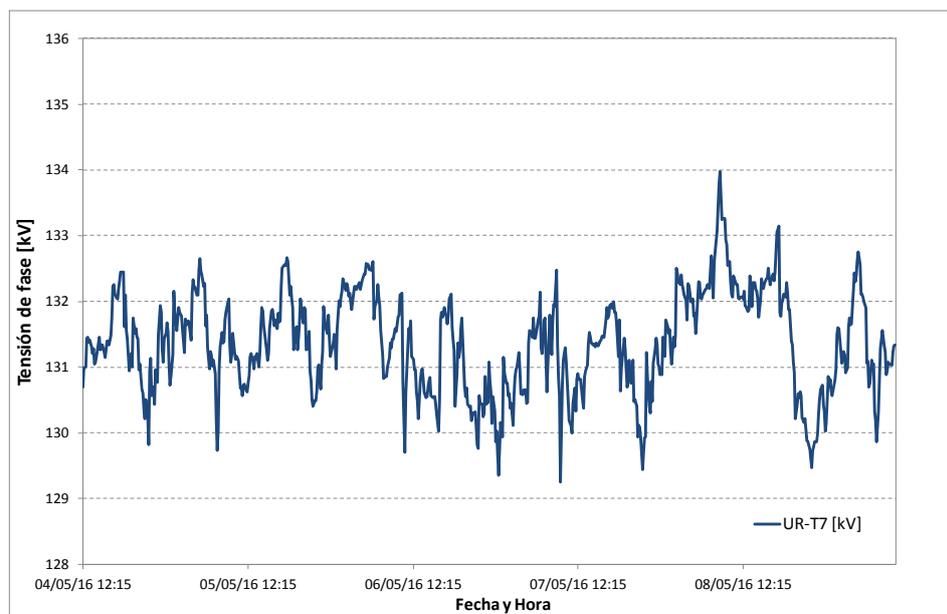


Figura AI-14. Perfil de tensión en el Transformador-7.

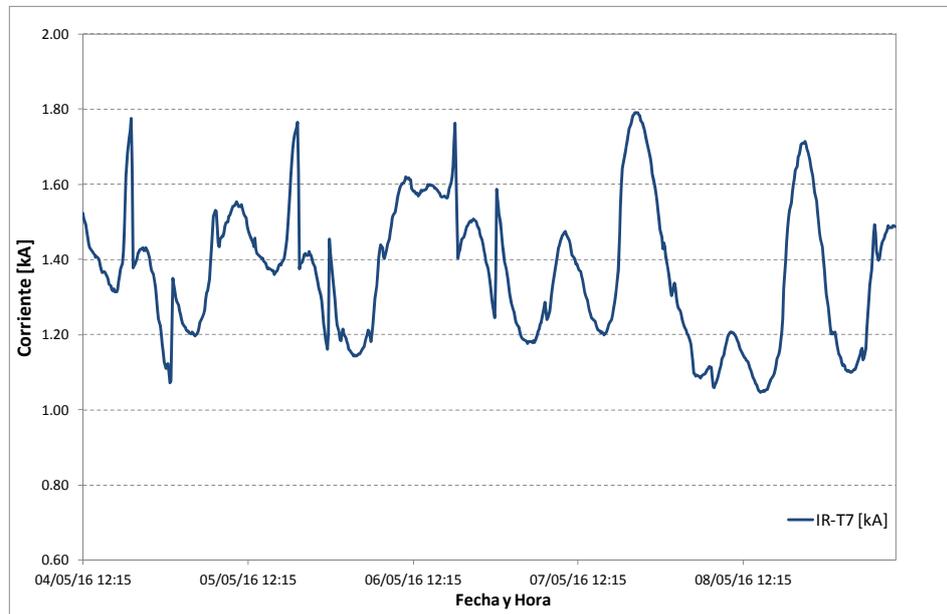


Figura AI-15. Perfil de corriente en el Transformador-7.

b. Mediciones de Armónicas

1. Configuración 1

Armónicas en la tensión

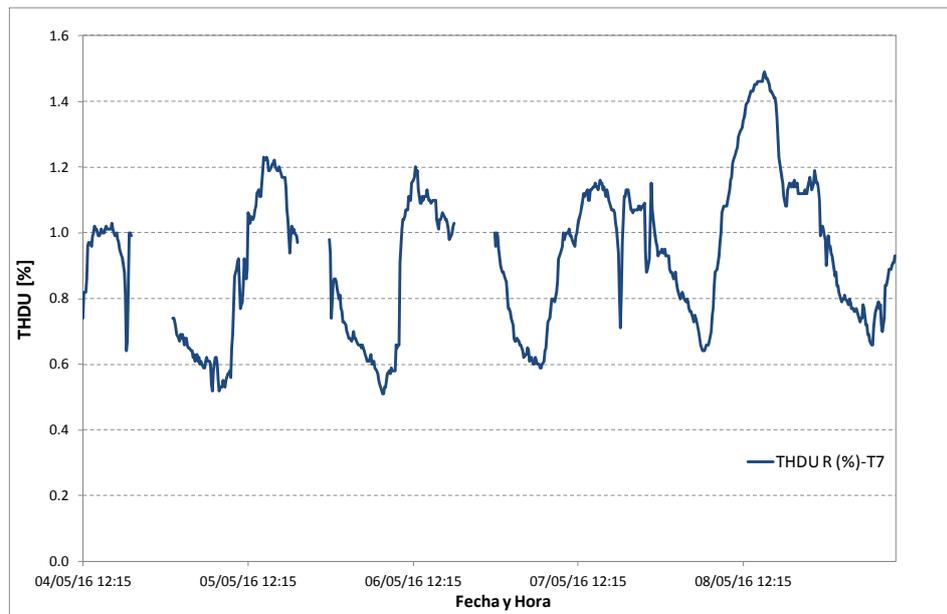


Figura AI-16. Perfil de THD [%] en la tensión en el Transformador-7, Configuración 1.

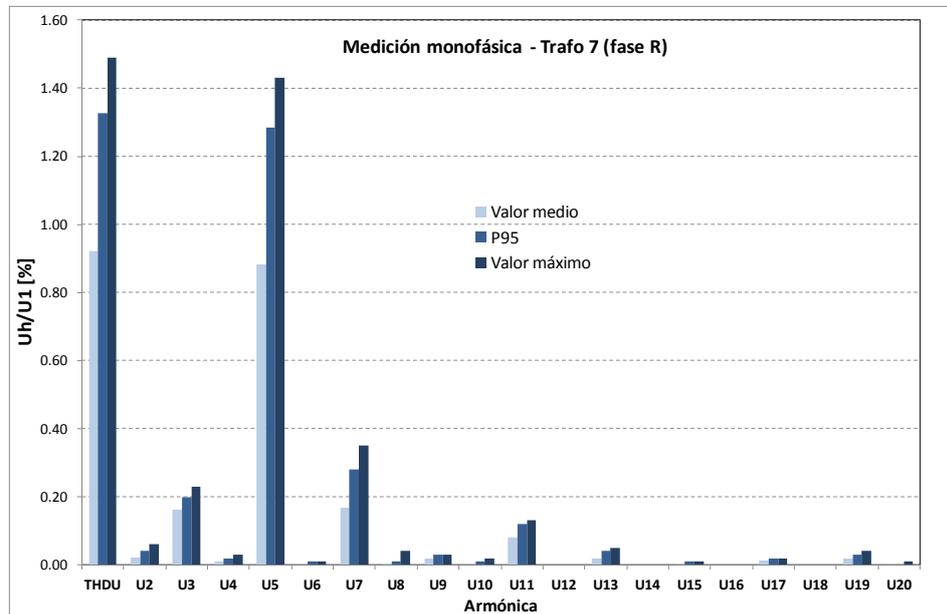


Figura AI-17. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-7, Configuración 1.

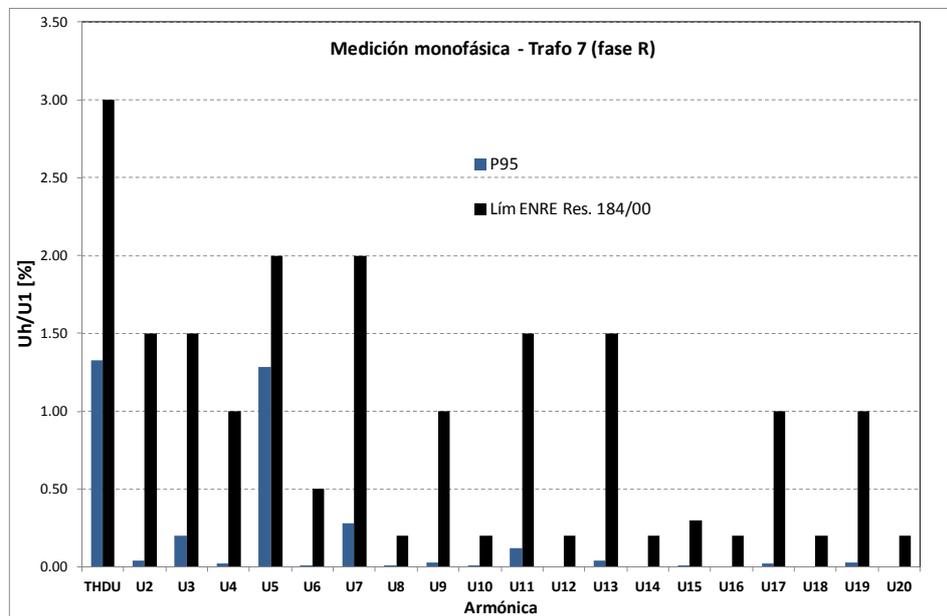


Figura AI-18. Comparación entre valores P95 medidos y de referencia en el Transformador-7, Configuración 1.

Tabla AI-3. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-7, Configuración 1. Comparación con valores de referencia.

	THDU	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
<i>Valor medio</i>	0.92	0.02	0.16	0.01	0.88	0.00	0.17	0.01	0.02	0.00
<i>P95</i>	1.33	0.04	0.20	0.02	1.28	0.01	0.28	0.01	0.03	0.01
<i>Valor máximo</i>	1.49	0.06	0.23	0.03	1.43	0.01	0.35	0.04	0.03	0.02

<i>Lim ENRE Res. 184/00</i>	3	1.5	1.5	1	2	0.5	2	0.2	1	0.2
-----------------------------	---	-----	-----	---	---	-----	---	-----	---	-----

	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20
<i>Valor medio</i>	0.08	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
<i>P95</i>	0.12	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00
<i>Valor máximo</i>	0.13	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.04	0.01

<i>Lim ENRE Res. 184/00</i>	1.5	0.2	1.5	0.2	0.3	0.2	1	0.2	1	0.2
-----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----

Armónicas en la corriente

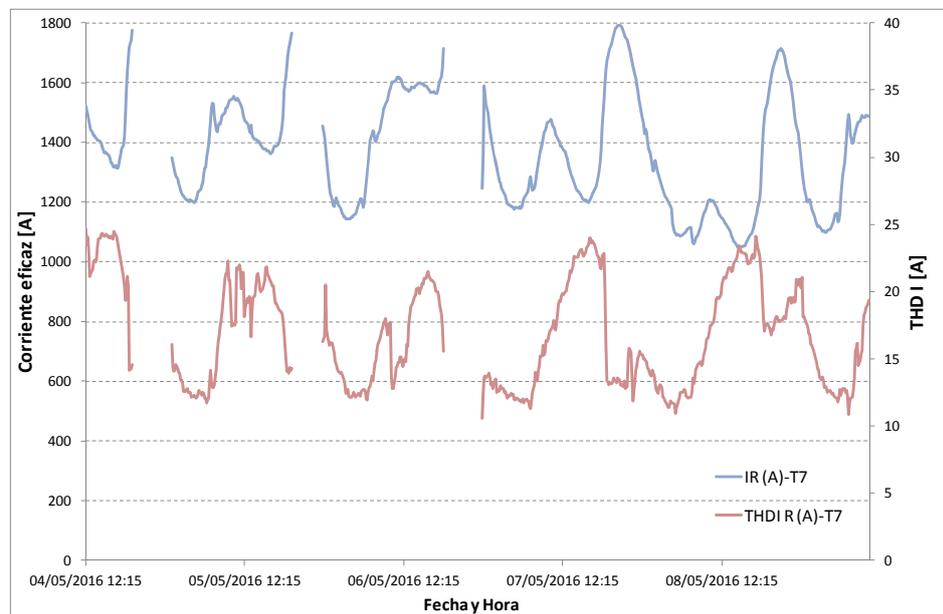


Figura AI-19. Perfil de THD [A] en la corriente en el Transformador-7, Configuración 1.

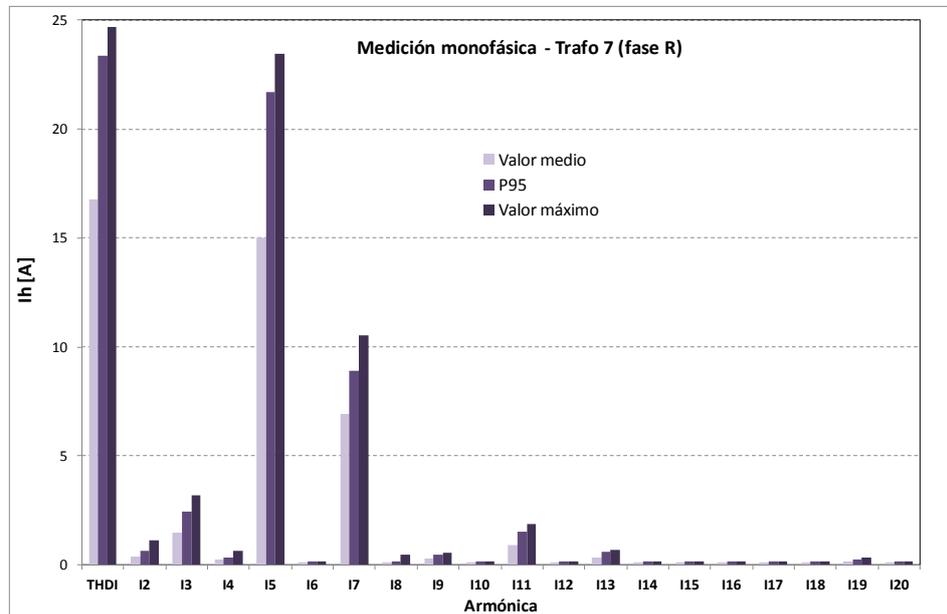


Figura AI-20. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la corriente en el Transformador-7, Configuración 1.

2. Configuración 2

Armónicas en la tensión

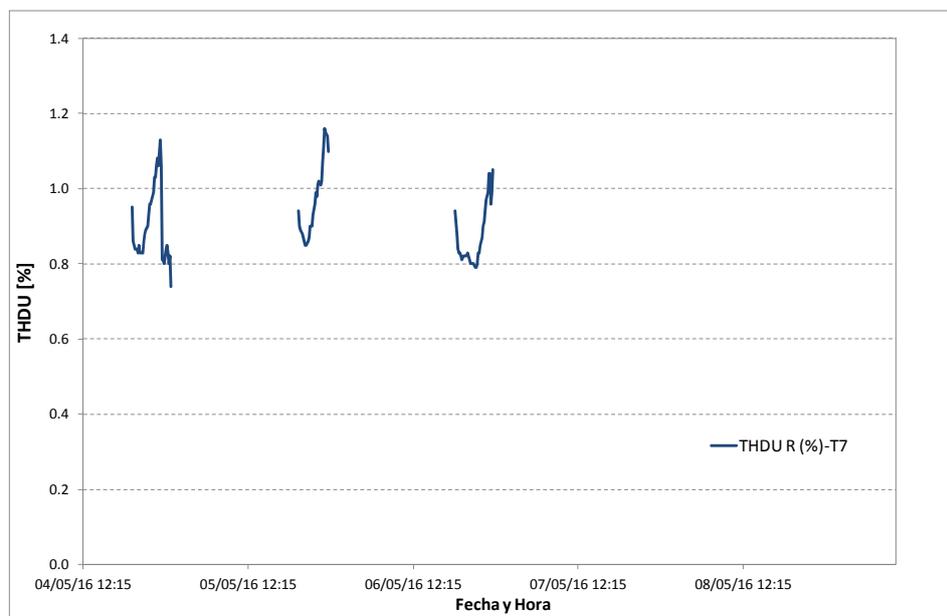


Figura AI-21. Perfil de THD [%] en la tensión en el Transformador-7, Configuración 2.

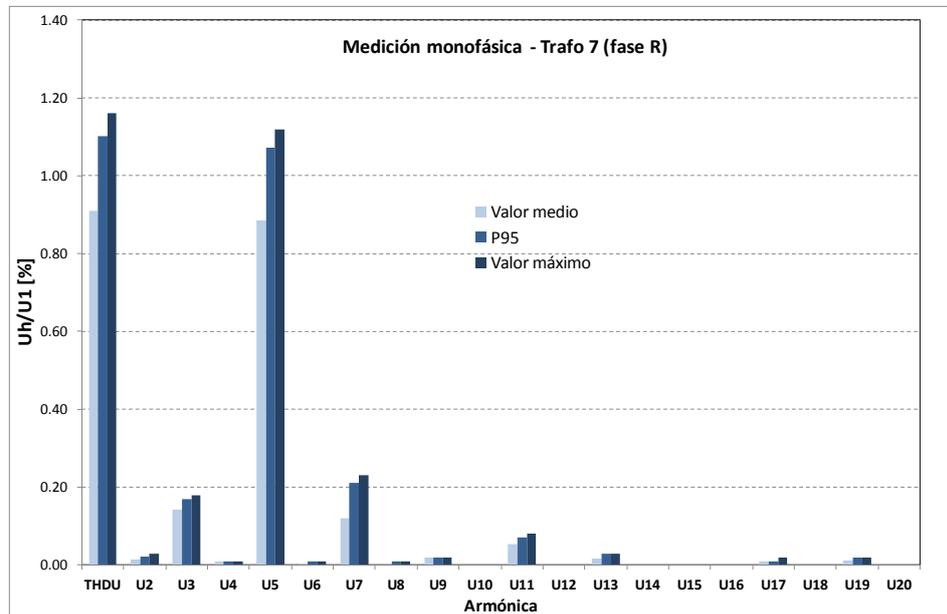


Figura AI-22. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-7, Configuración 2.

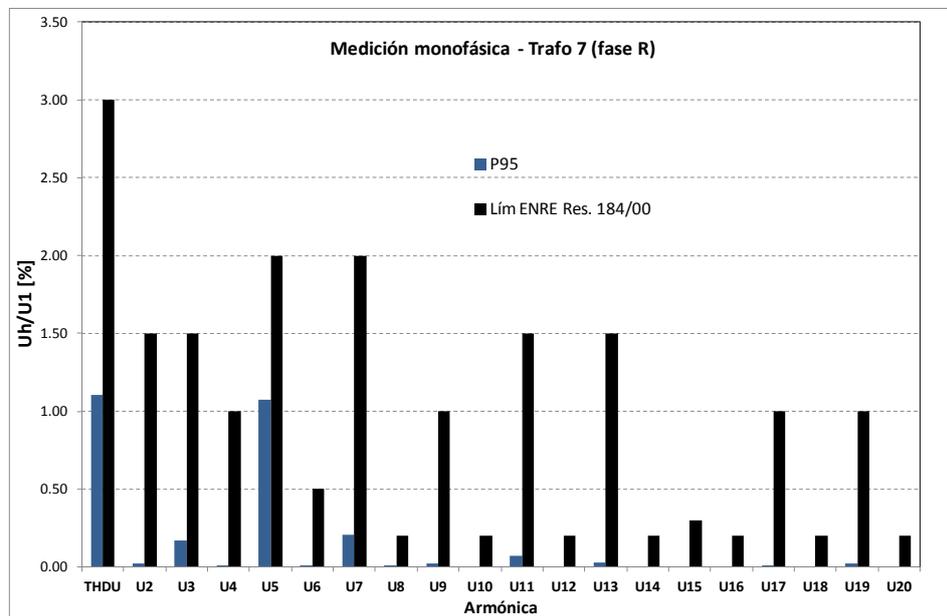


Figura AI-23. Comparación entre valores P95 medidos y de referencia en el Transformador-7, Configuración 2.

Tabla AI-4. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-7, Configuración 2. Comparación con valores de referencia.

	THDU	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
Valor medio	0.91	0.01	0.14	0.01	0.89	0.01	0.12	0.00	0.02	0.00
P95	1.10	0.02	0.17	0.01	1.07	0.01	0.21	0.01	0.02	0.00
Valor máximo	1.16	0.03	0.18	0.01	1.12	0.01	0.23	0.01	0.02	0.00

Lím ENRE Res. 184/00	3	1.5	1.5	1	2	0.5	2	0.2	1	0.2
----------------------	---	-----	-----	---	---	-----	---	-----	---	-----

	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20
Valor medio	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
P95	0.07	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
Valor máximo	0.08	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00

Lím ENRE Res. 184/00	1.5	0.2	1.5	0.2	0.3	0.2	1	0.2	1	0.2
----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----

Armónicas en la corriente

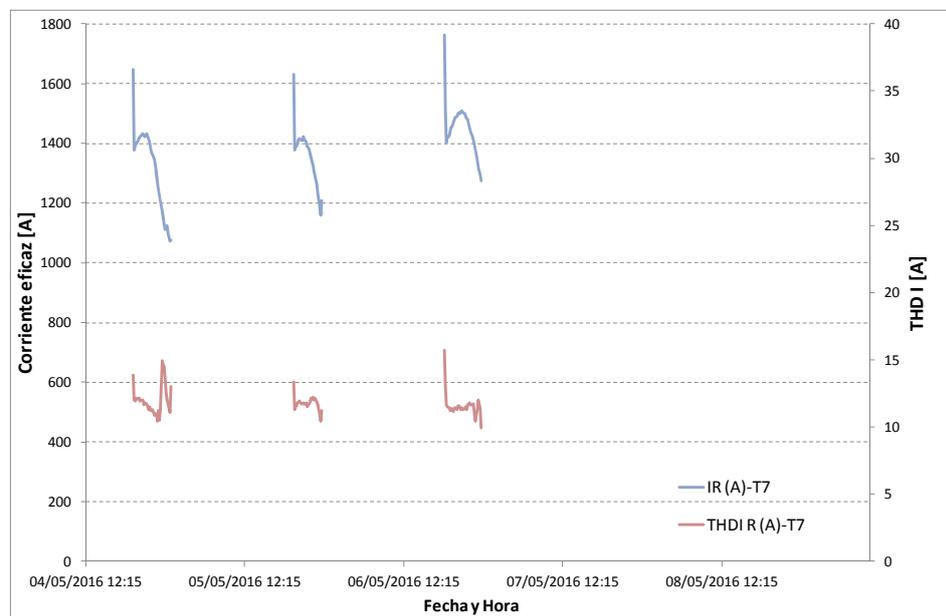


Figura AI-24. Perfil de THD [A] en la corriente en el Transformador-7, Configuración 2.

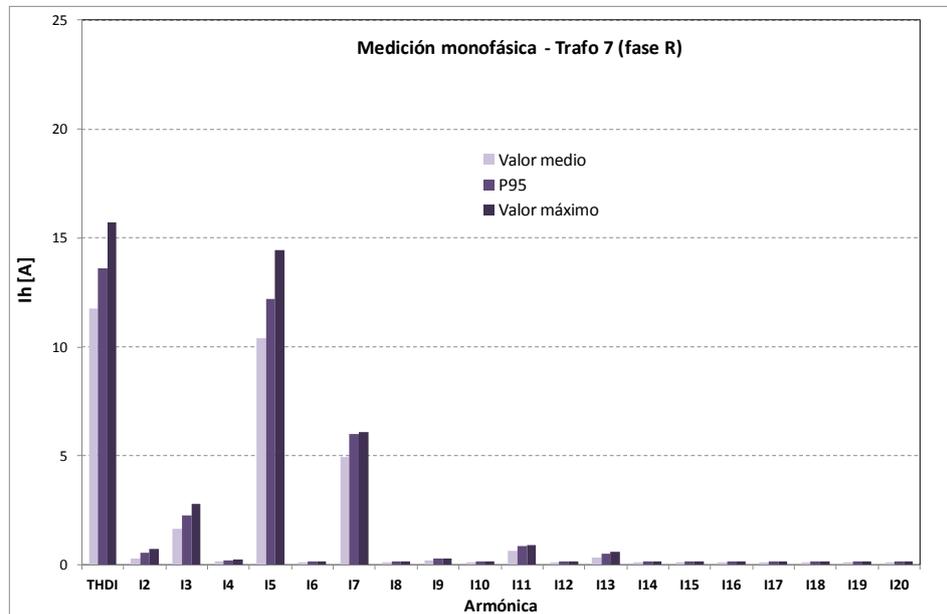


Figura AI-25. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la corriente en el Transformador-7, Configuración 2.

I. 2. Período 2

I. 2. 1. Transformador-3

a. Mediciones generales

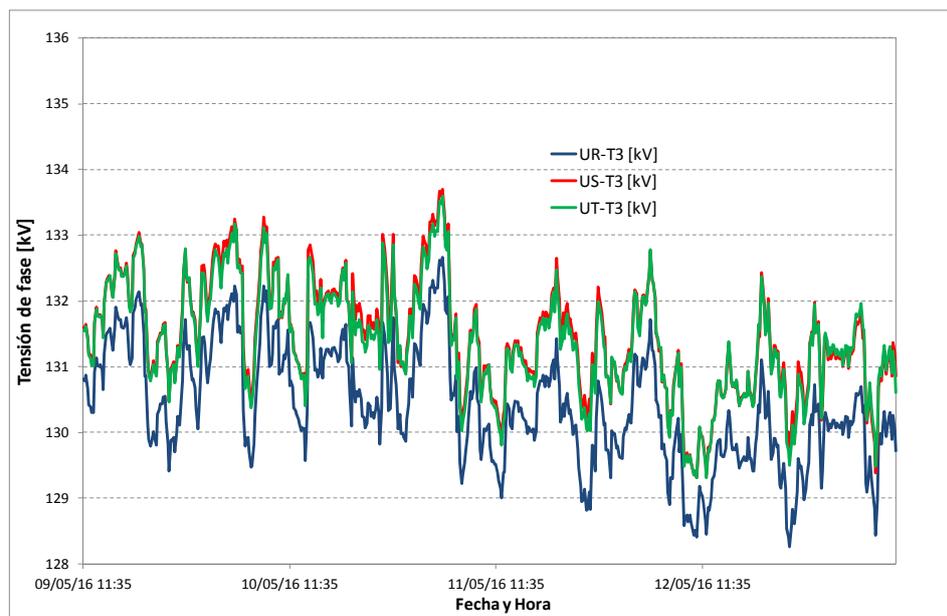


Figura AI-26. Perfil de tensiones en el Transformador-3.

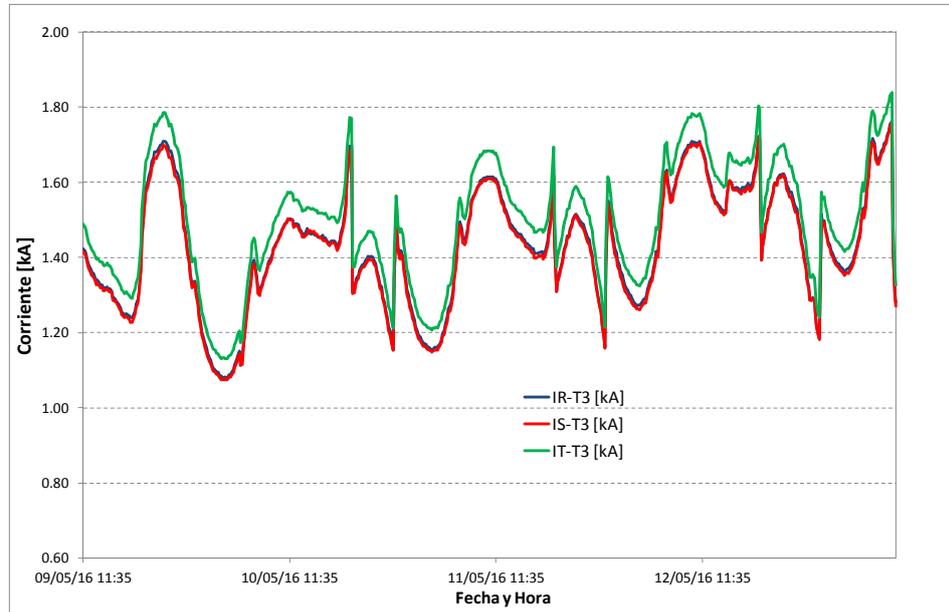


Figura AI-27. Perfil de corrientes en el Transformador-3.

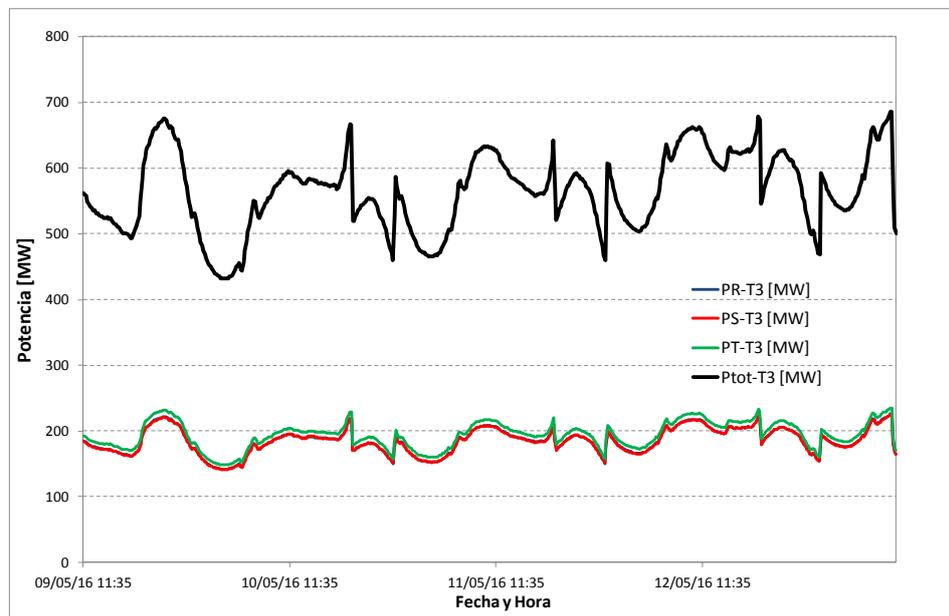


Figura AI-28. Perfil de potencias en el Transformador-3.

b. Mediciones de Armónicas

1. Configuración 1

Armónicas en la tensión

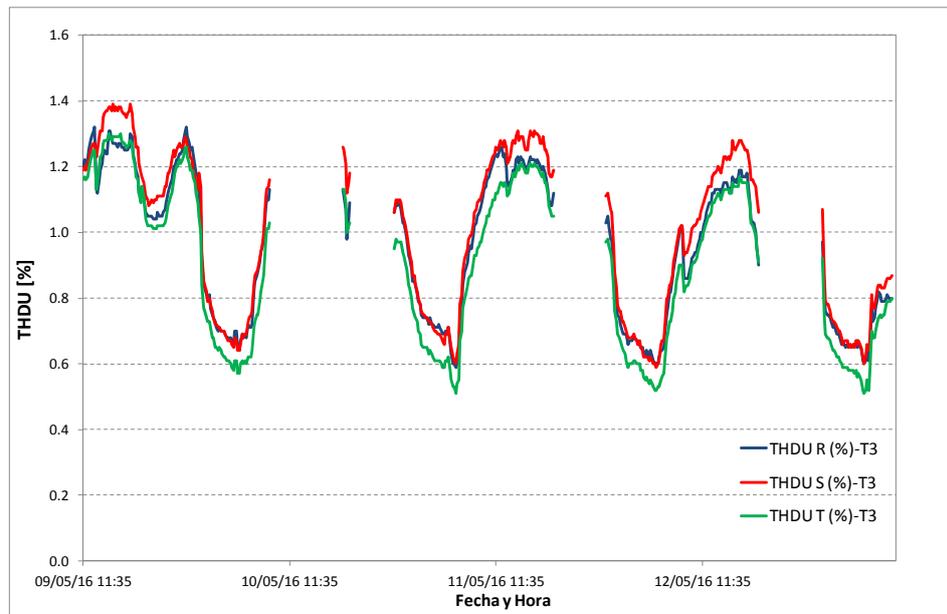


Figura AI-29. Perfil de THD [%] en la tensión en el Transformador-3, Configuración 1.

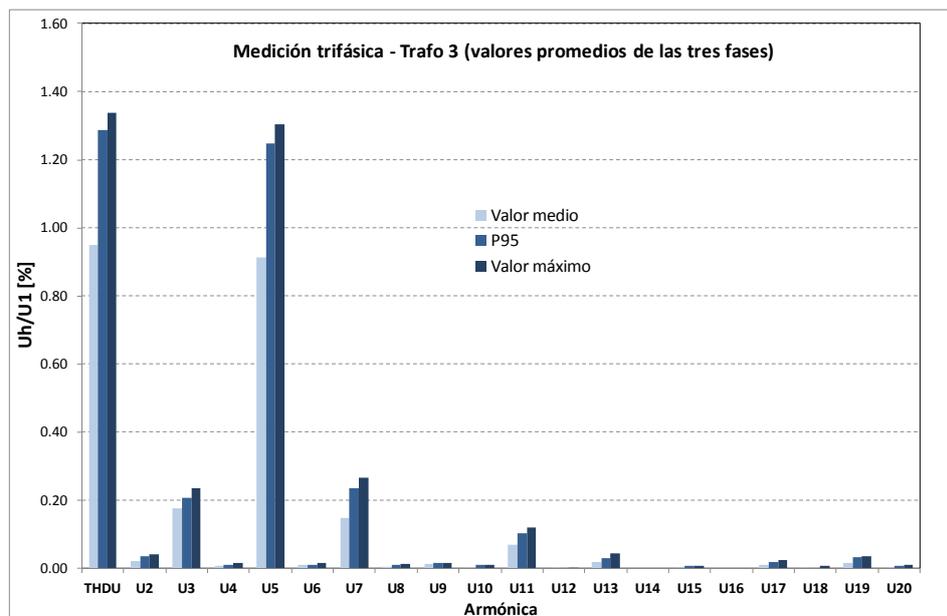


Figura AI-30. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-3, Configuración 1.

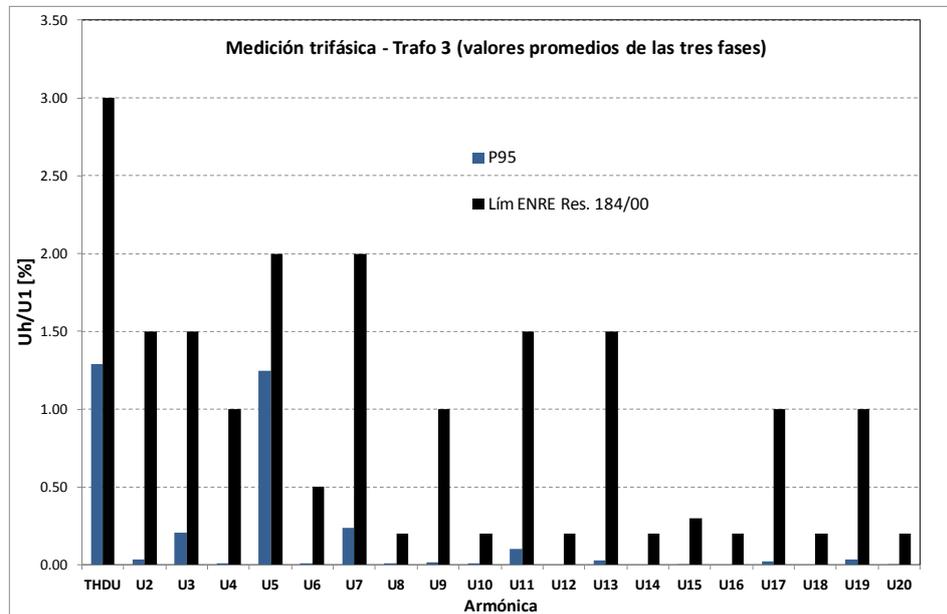


Figura AI-31. Comparación entre valores P95 medidos y de referencia en el Transformador-3, Configuración 1.

Tabla AI-5. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-3, Configuración 1. Comparación con valores de referencia.

	THDU	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
<i>Valor medio</i>	0.95	0.02	0.18	0.01	0.91	0.01	0.15	0.00	0.01	0.00
<i>P95</i>	1.29	0.04	0.21	0.01	1.25	0.01	0.24	0.01	0.02	0.01
<i>Valor máximo</i>	1.34	0.04	0.24	0.02	1.30	0.02	0.27	0.01	0.02	0.01

<i>Lím ENRE Res. 184/00</i>	3	1.5	1.5	1	2	0.5	2	0.2	1	0.2
-----------------------------	---	-----	-----	---	---	-----	---	-----	---	-----

	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20
<i>Valor medio</i>	0.07	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
<i>P95</i>	0.10	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.01
<i>Valor máximo</i>	0.12	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.04	0.01

<i>Lím ENRE Res. 184/00</i>	1.5	0.2	1.5	0.2	0.3	0.2	1	0.2	1	0.2
-----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----

Armónicas en la corriente

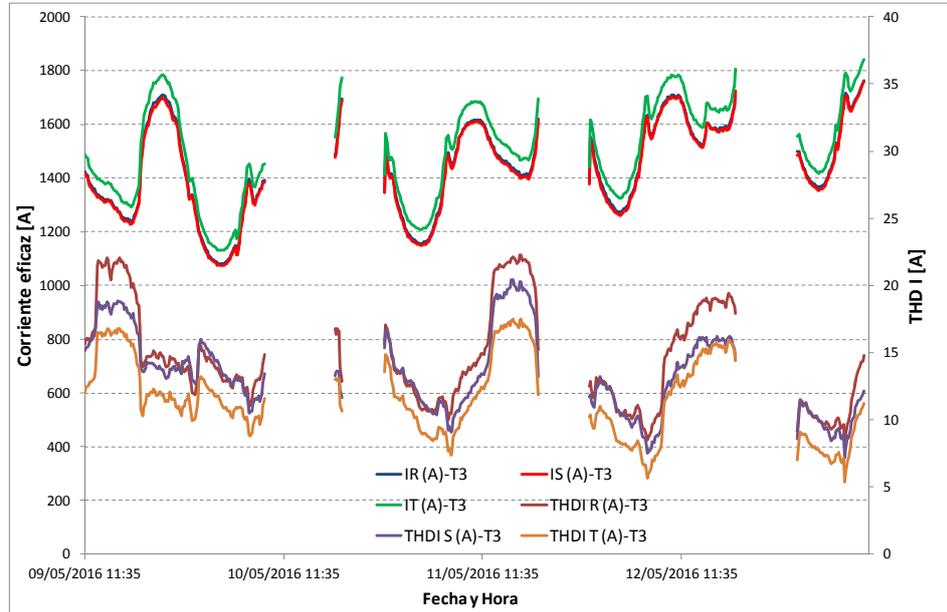


Figura AI-32. Perfil de THD [A] en la corriente en el Transformador-3, Configuración 1.

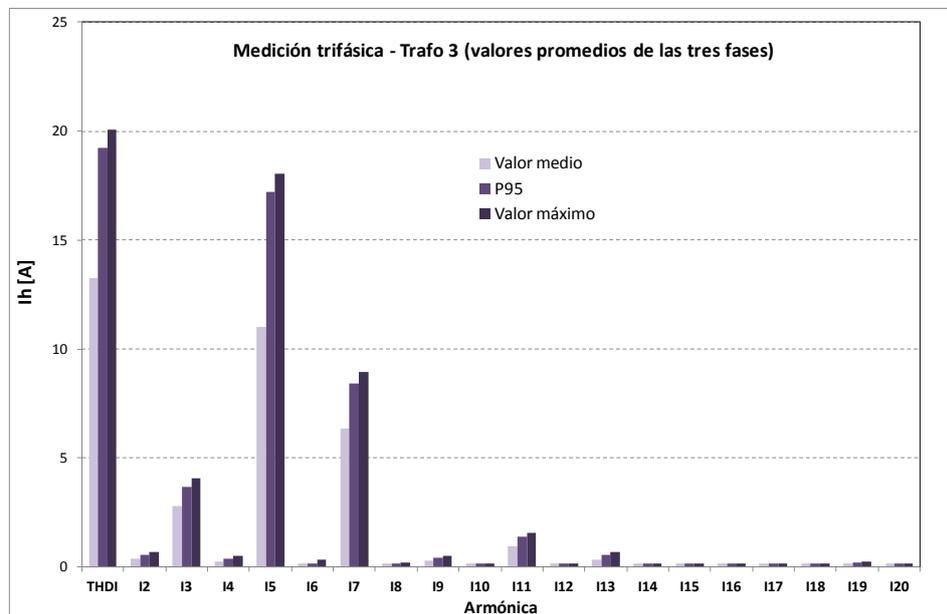


Figura AI-33. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la corriente en el Transformador-3, Configuración 1.

2. Configuración 2

Armónicas en la tensión

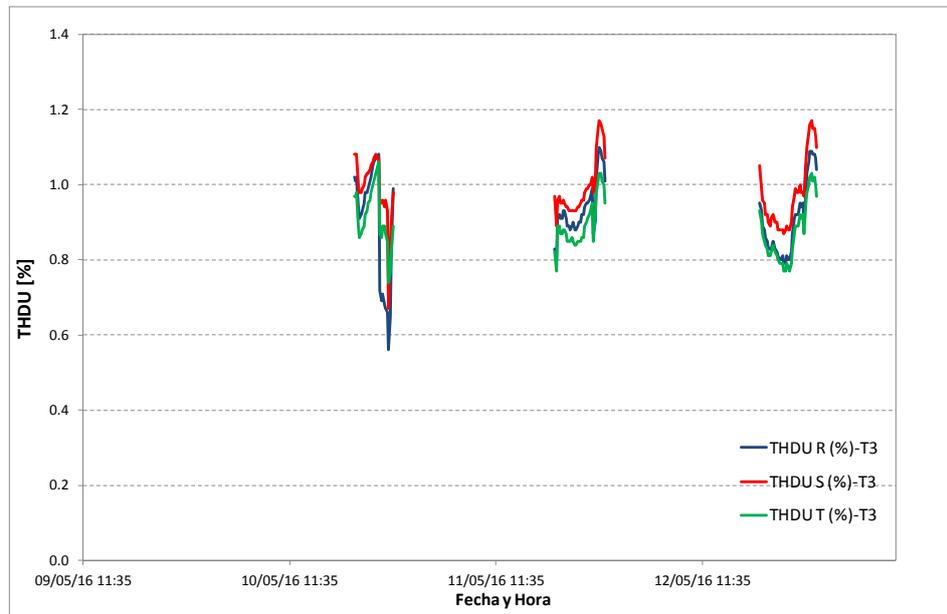


Figura AI-34. Perfil de THD [%] en la tensión en el Transformador-3, Configuración 2.

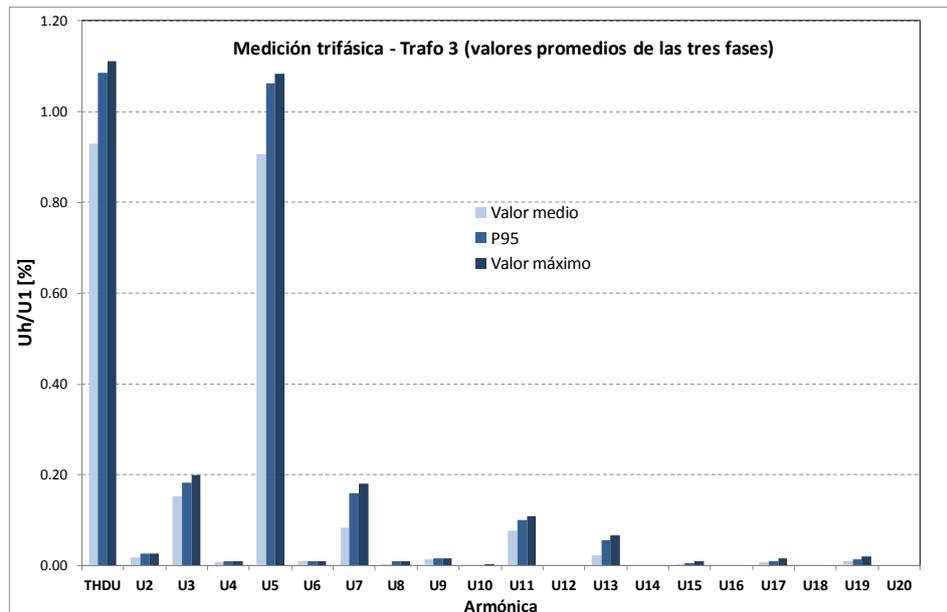


Figura AI-35. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-3, Configuración 2.

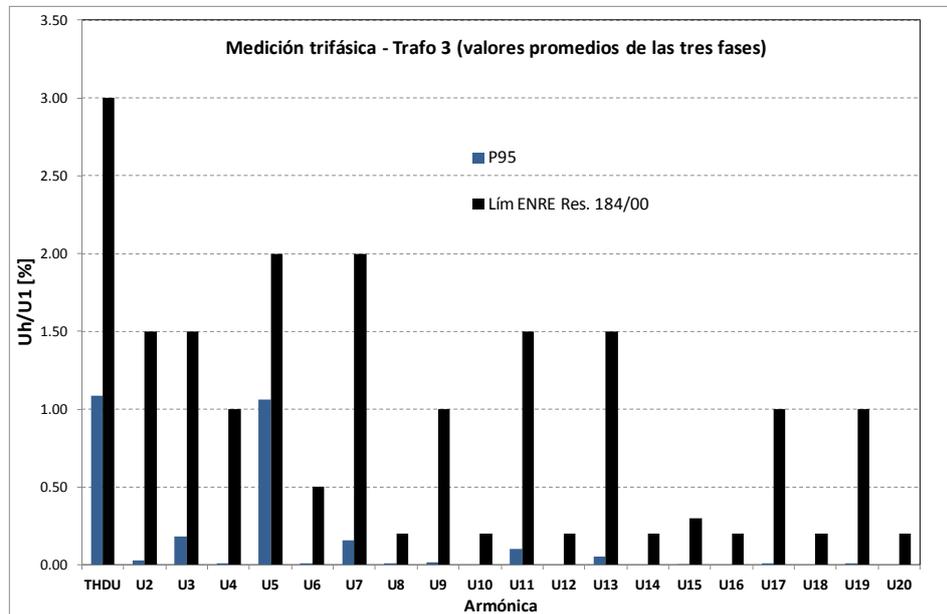


Figura AI-36. Comparación entre valores P95 medidos y de referencia en el Transformador-3, Configuración 2.

Tabla AI- 6. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-3, Configuración 2. Comparación con valores de referencia.

	THDU	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
<i>Valor medio</i>	0.93	0.02	0.15	0.01	0.91	0.01	0.08	0.00	0.01	0.00
<i>P95</i>	1.09	0.03	0.18	0.01	1.06	0.01	0.16	0.01	0.02	0.00
<i>Valor máximo</i>	1.11	0.03	0.20	0.01	1.08	0.01	0.18	0.01	0.02	0.00

<i>Lím ENRE Res. 184/00</i>	3	1.5	1.5	1	2	0.5	2	0.2	1	0.2
-----------------------------	---	-----	-----	---	---	-----	---	-----	---	-----

	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20
<i>Valor medio</i>	0.08	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
<i>P95</i>	0.10	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
<i>Valor máximo</i>	0.11	0.00	0.07	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00

<i>Lím ENRE Res. 184/00</i>	1.5	0.2	1.5	0.2	0.3	0.2	1	0.2	1	0.2
-----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----

Armónicas en la corriente

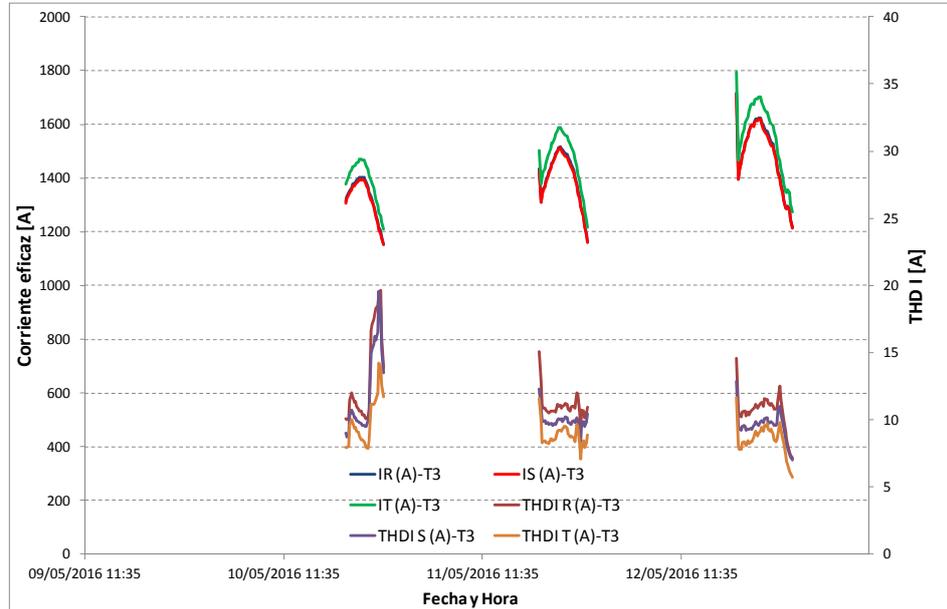


Figura AI-37. Perfil de THD [A] en la corriente en el Transformador-3, Configuración 2.

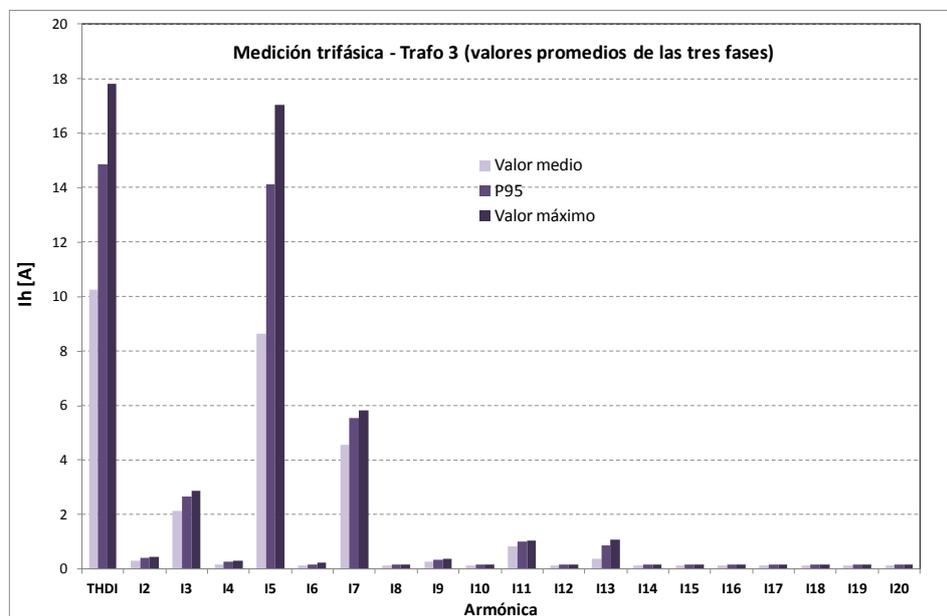


Figura AI-38. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la corriente en el Transformador-3, Configuración 2.

I. 2. 2. Transformador-2

a. Mediciones generales

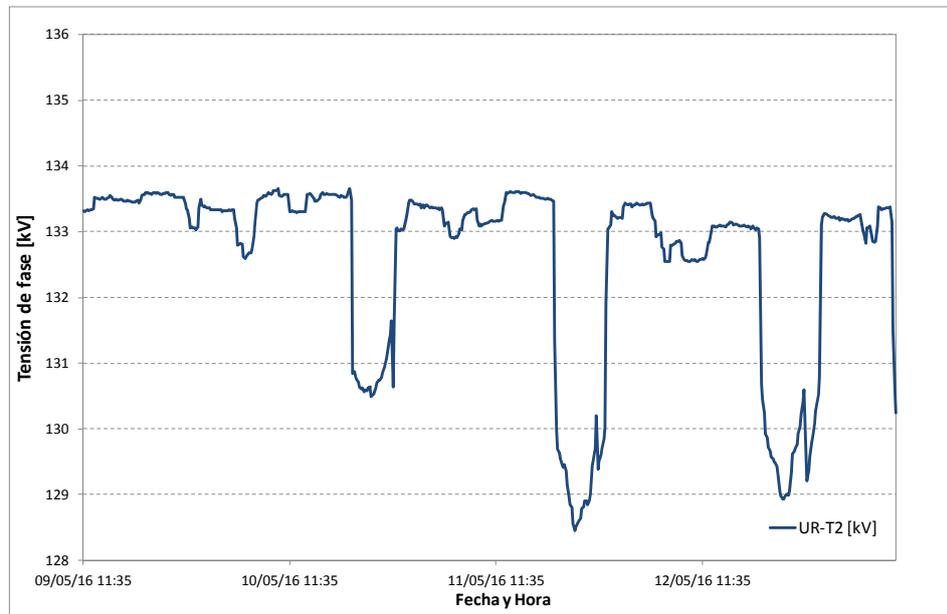


Figura AI-39. Perfil de tensión en el Transformador-2.

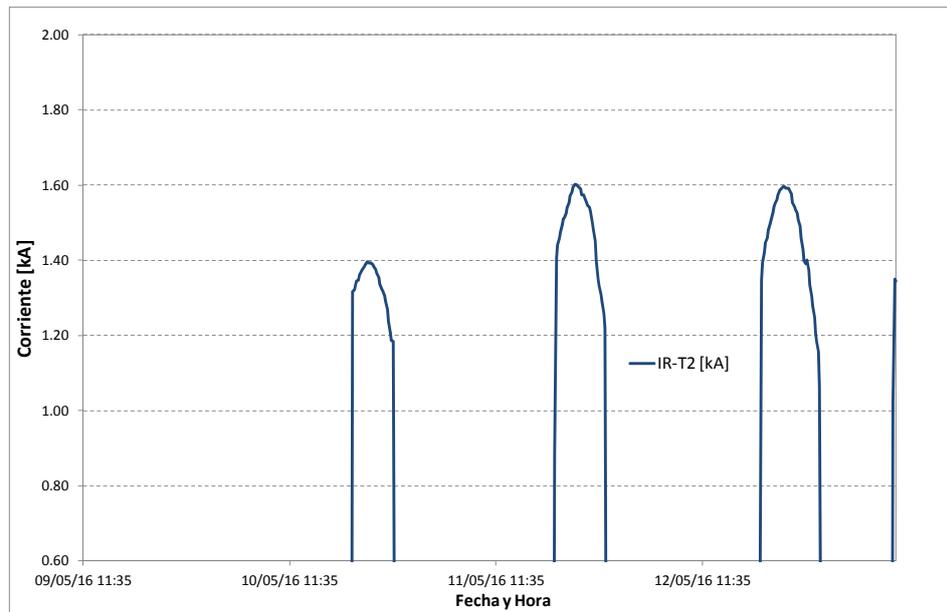


Figura AI-40. Perfil de corriente en el Transformador-2.

b. Mediciones de Armónicas

1. Configuración 1

Armónicas en la tensión

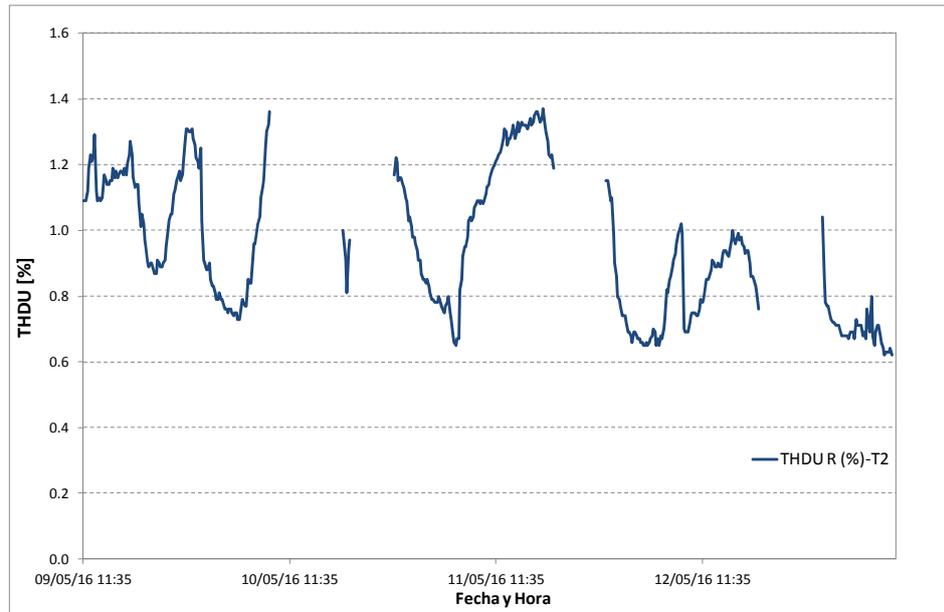


Figura AI-41. Perfil de THD [%] en la tensión en el Transformador-2, Configuración 1.

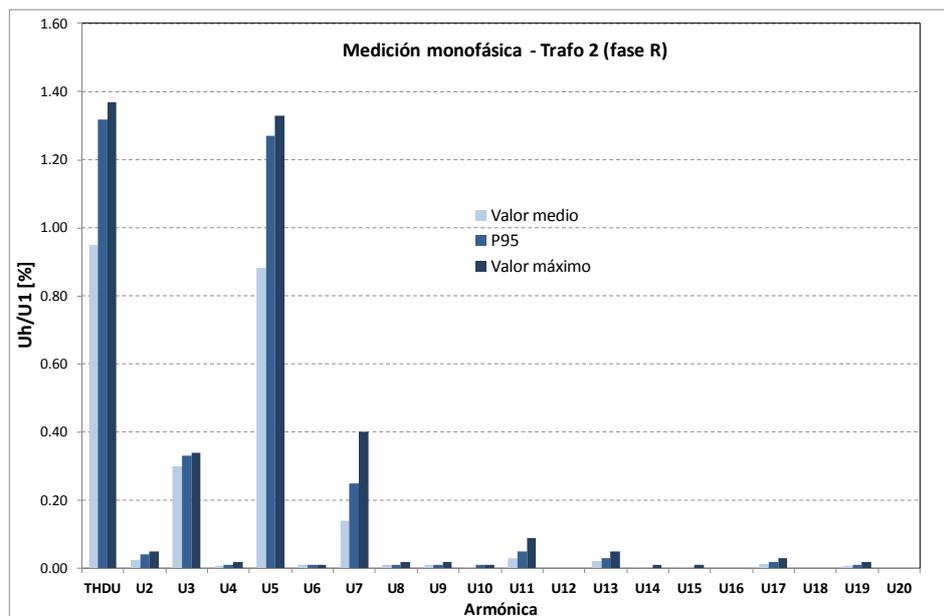


Figura AI-42. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-2, Configuración 1.

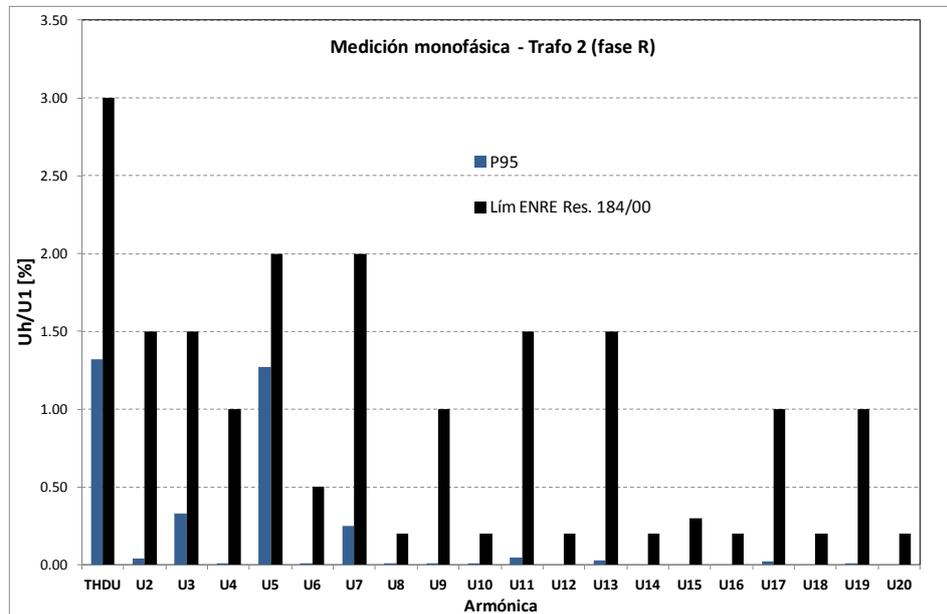


Figura AI-43. Comparación entre valores P95 medidos y de referencia en el Transformador-2, Configuración 1.

Tabla AI-7. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-2, Configuración 1. Comparación con valores de referencia.

	THDU	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
Valor medio	0.95	0.02	0.30	0.01	0.88	0.01	0.14	0.01	0.01	0.00
P95	1.32	0.04	0.33	0.01	1.27	0.01	0.25	0.01	0.01	0.01
Valor máximo	1.37	0.05	0.34	0.02	1.33	0.01	0.40	0.02	0.02	0.01

Lím ENRE Res. 184/00	3	1.5	1.5	1	2	0.5	2	0.2	1	0.2
----------------------	---	-----	-----	---	---	-----	---	-----	---	-----

	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20
Valor medio	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
P95	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
Valor máximo	0.09	0.00	0.05	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00

Lím ENRE Res. 184/00	1.5	0.2	1.5	0.2	0.3	0.2	1	0.2	1	0.2
----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----

Armónicas en la corriente

Se destaca que el Transformador-2 en la Configuración 1 se encontró fuera de servicio.

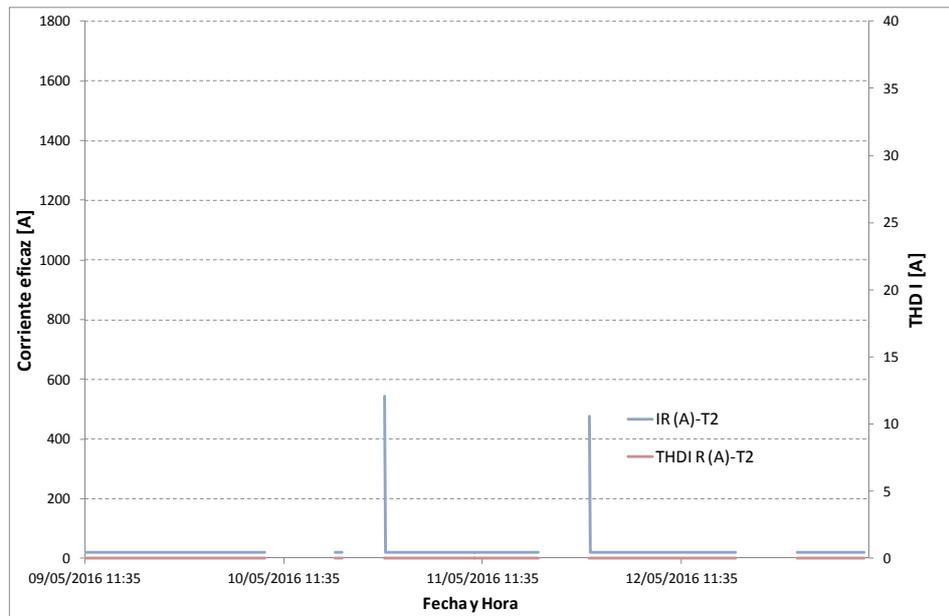


Figura AI-44. Perfil de THD [A] en la corriente en el Transformador-2, Configuración 1.

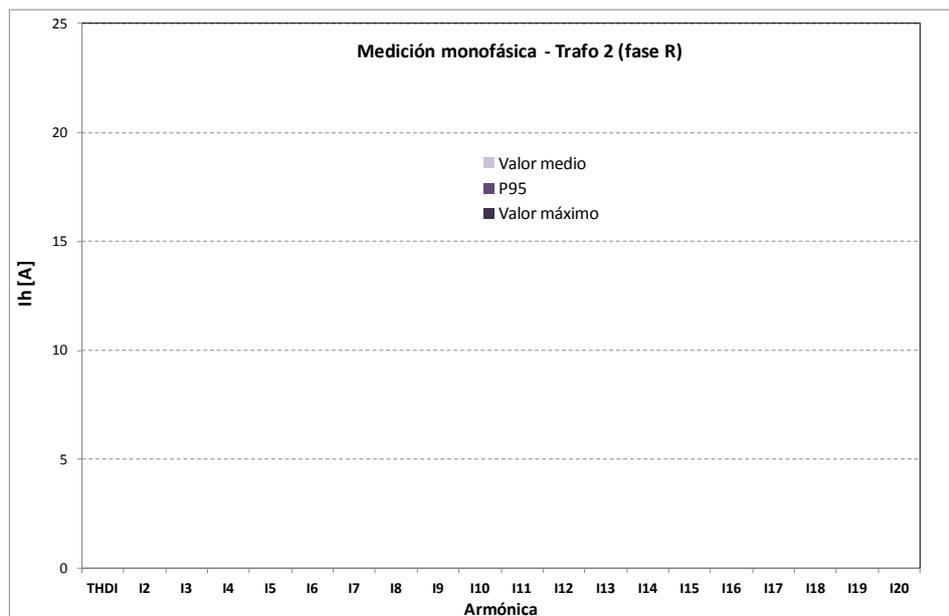


Figura AI-45. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la corriente en el Transformador-2, Configuración 1.

2. Configuración 2

Armónicas en la tensión

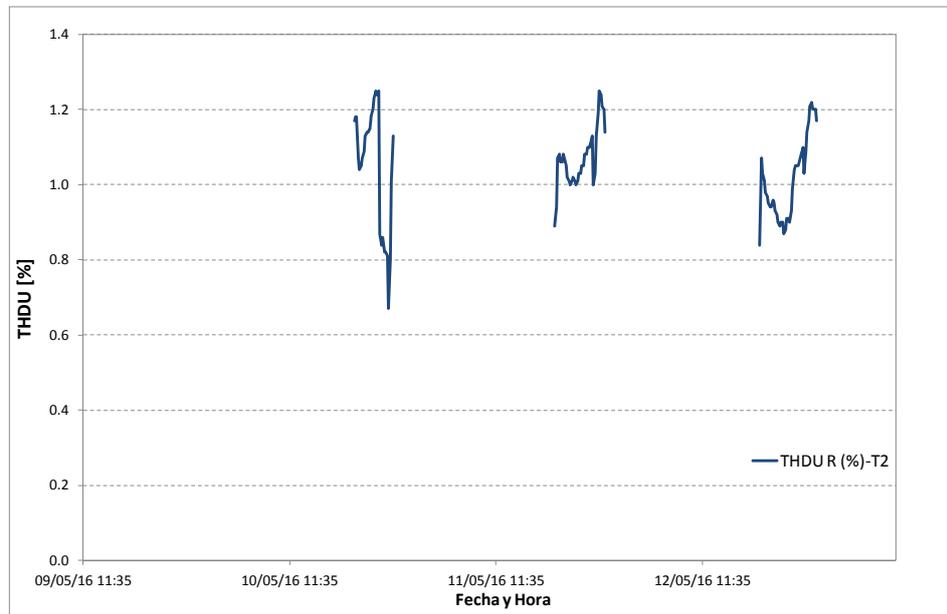


Figura AI-46. Perfil de THD [%] en la tensión en el Transformador-2, Configuración 2.

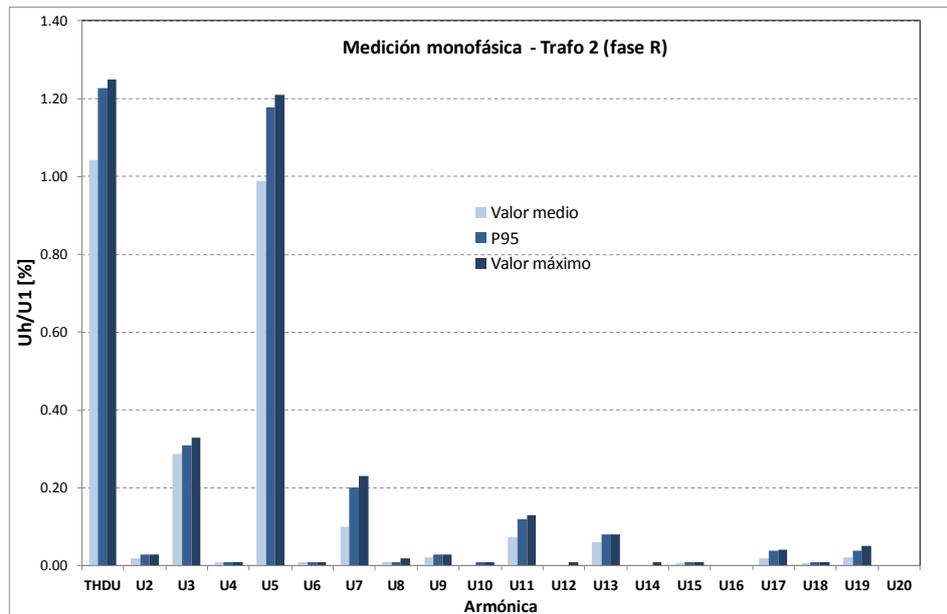


Figura AI-47. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-2, Configuración 2.

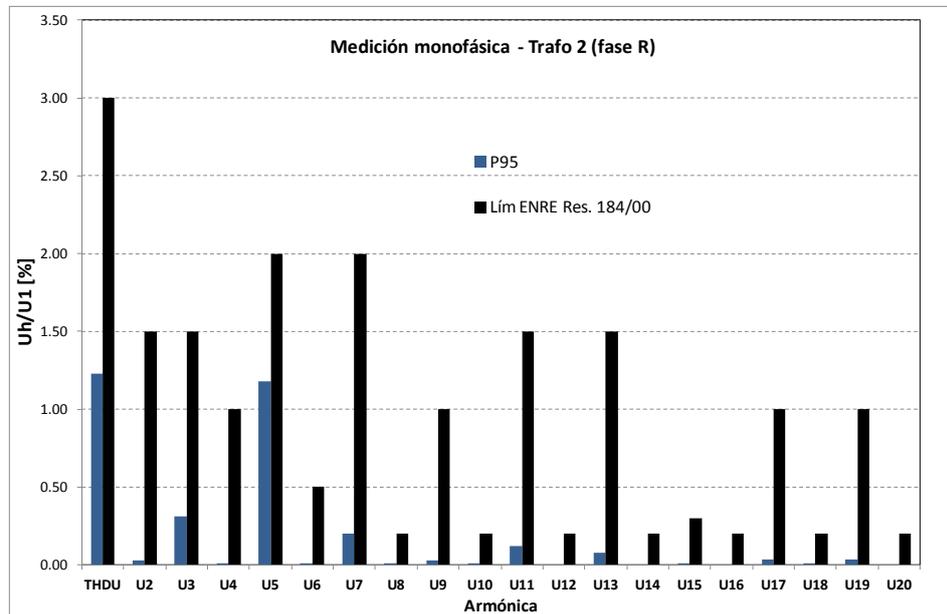


Figura AI-48. Comparación entre valores P95 medidos y de referencia en el Transformador-2, Configuración 2.

Tabla AI- 8. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la tensión en el Transformador-2, Configuración 2. Comparación con valores de referencia.

	THDU	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
<i>Valor medio</i>	1.04	0.02	0.29	0.01	0.99	0.01	0.10	0.01	0.02	0.00
<i>P95</i>	1.23	0.03	0.31	0.01	1.18	0.01	0.20	0.01	0.03	0.01
<i>Valor máximo</i>	1.25	0.03	0.33	0.01	1.21	0.01	0.23	0.02	0.03	0.01

<i>Lím ENRE Res. 184/00</i>	3	1.5	1.5	1	2	0.5	2	0.2	1	0.2
-----------------------------	---	-----	-----	---	---	-----	---	-----	---	-----

	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20
<i>Valor medio</i>	0.07	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00
<i>P95</i>	0.12	0.00	0.08	0.00	0.01	0.00	0.04	0.01	0.04	0.00
<i>Valor máximo</i>	0.13	0.01	0.08	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.05	0.00

<i>Lím ENRE Res. 184/00</i>	1.5	0.2	1.5	0.2	0.3	0.2	1	0.2	1	0.2
-----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----

Armónicas en la corriente

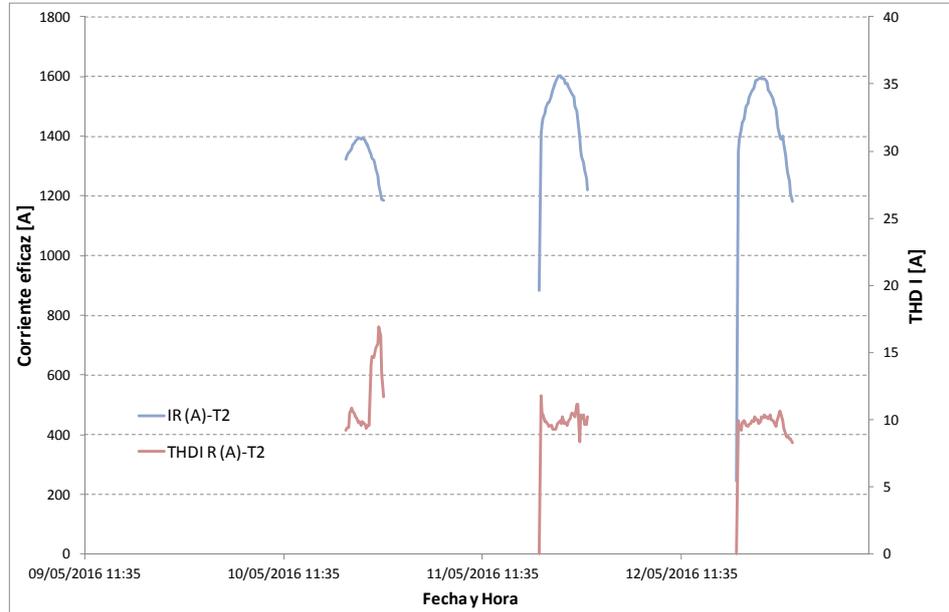


Figura AI-49. Perfil de THD [A] en la corriente en el Transformador-2, Configuración 2.

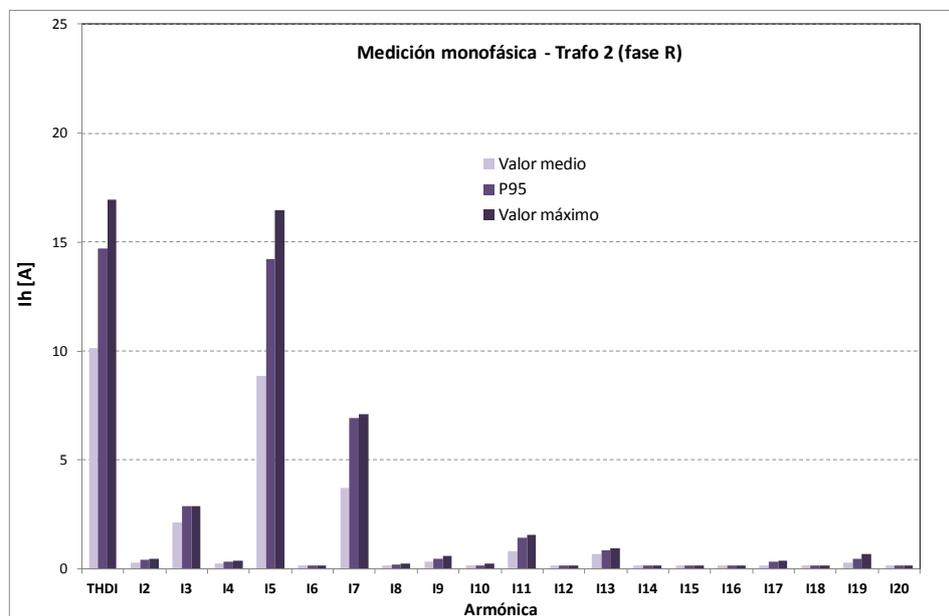


Figura AI-50. Valores medios, P95 y máximos de armónicas en la corriente en el Transformador-2, Configuración 2.

I. 3. Período 3

I. 3. 1. Transformadores 1-2-3-7

a. Mediciones generales

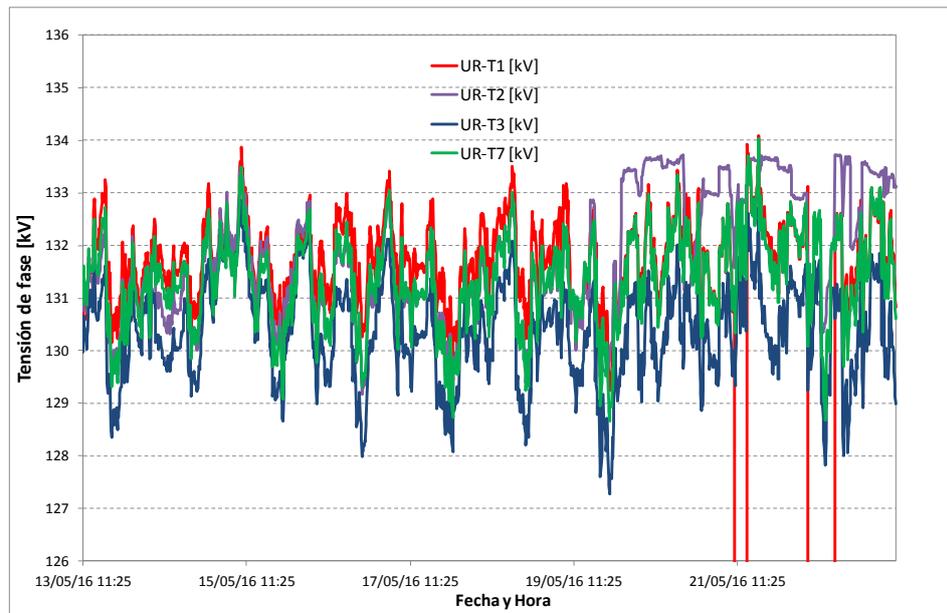


Figura AI-51. Perfiles de tensiones (Fase R) en los Transformadores 1-2-3-7.

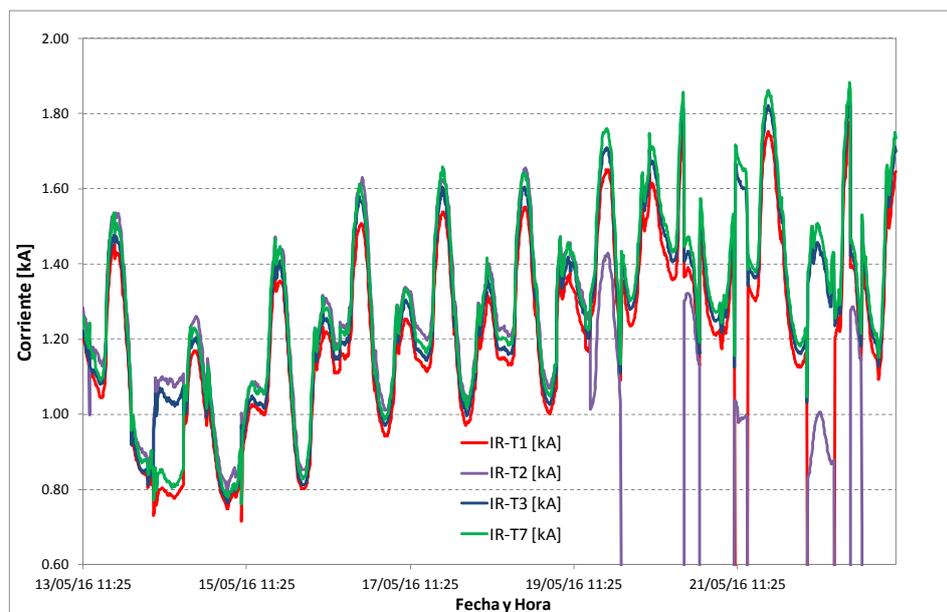


Figura AI-52. Perfiles de corrientes (Fase R) en los Transformadores 1-2-3-7.

b. Mediciones de Armónicas

1. Configuración 3

Armónicas en la tensión

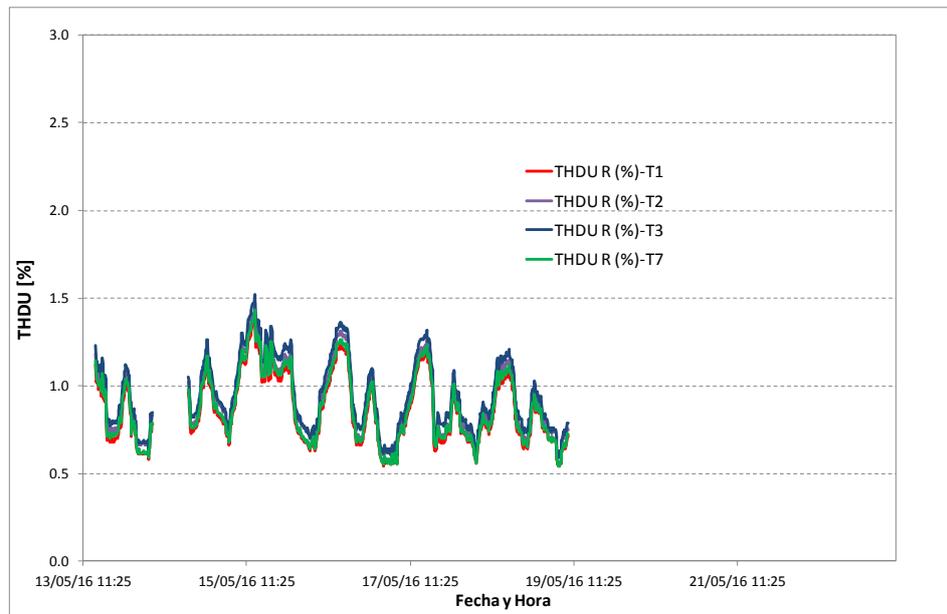


Figura AI-53. Perfiles de THD [%] en la tensión (Fase R) en los Transformadores 1-2-3-7, Configuración 3.

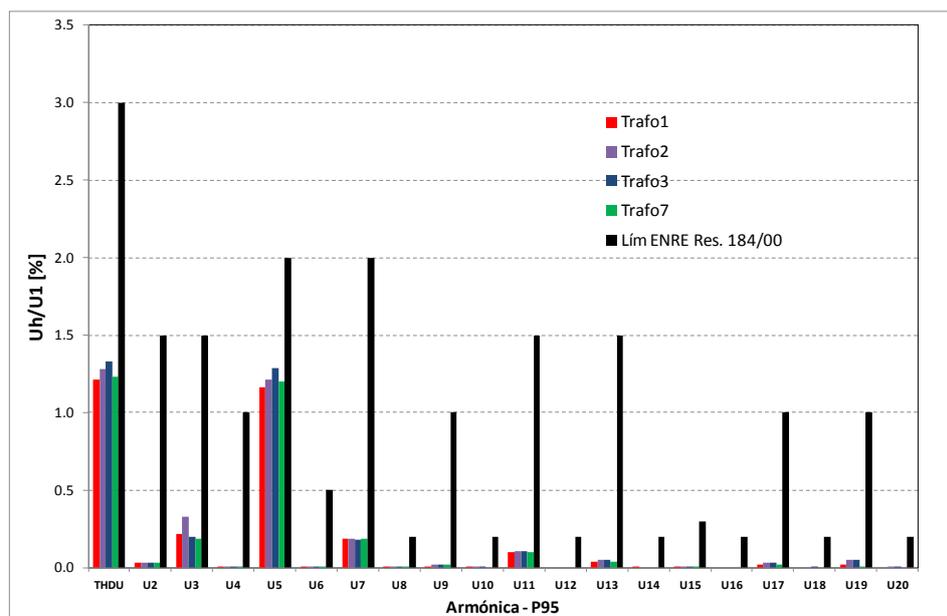


Figura AI-54. Comparación entre valores P95 medidos (Fase R) y de referencia en los Transformadores 1-2-3-7, Configuración 3.

Tabla AI-9. Valores medios y P95 de armónicas en la tensión en los Transformadores1-2-3-7, Configuración 3. Comparación con valores de referencia.

	THDU	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
<i>Trafo1 Valor medio</i>	0.86	0.02	0.17	0.01	0.82	0.01	0.10	0.01	0.01	0.00
<i>Trafo2 Valor medio</i>	0.91	0.02	0.28	0.01	0.85	0.01	0.10	0.01	0.01	0.00
<i>Trafo3 Valor medio</i>	0.95	0.02	0.16	0.01	0.93	0.01	0.10	0.01	0.01	0.00
<i>Trafo7 Valor medio</i>	0.88	0.02	0.14	0.01	0.85	0.01	0.10	0.01	0.02	0.00

	THDU	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
<i>Trafo1 P95</i>	1.21	0.03	0.22	0.01	1.17	0.01	0.19	0.01	0.01	0.01
<i>Trafo2 P95</i>	1.28	0.03	0.33	0.01	1.21	0.01	0.19	0.01	0.02	0.01
<i>Trafo3 P95</i>	1.33	0.03	0.20	0.01	1.29	0.01	0.18	0.01	0.02	0.01
<i>Trafo7 P95</i>	1.23	0.03	0.19	0.01	1.20	0.01	0.19	0.01	0.02	0.00

<i>Lim ENRE Res. 184/00</i>	3	1.5	1.5	1	2	0.5	2	0.2	1	0.2
-----------------------------	---	-----	-----	---	---	-----	---	-----	---	-----

	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20
<i>Trafo1 Valor medio</i>	0.05	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
<i>Trafo2 Valor medio</i>	0.06	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00
<i>Trafo3 Valor medio</i>	0.06	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00
<i>Trafo7 Valor medio</i>	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00

	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20
<i>Trafo1 P95</i>	0.10	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00
<i>Trafo2 P95</i>	0.11	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.05	0.01
<i>Trafo3 P95</i>	0.11	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.05	0.01
<i>Trafo7 P95</i>	0.10	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00

<i>Lim ENRE Res. 184/00</i>	1.5	0.2	1.5	0.2	0.3	0.2	1	0.2	1	0.2
-----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----

Armónicas en la corriente

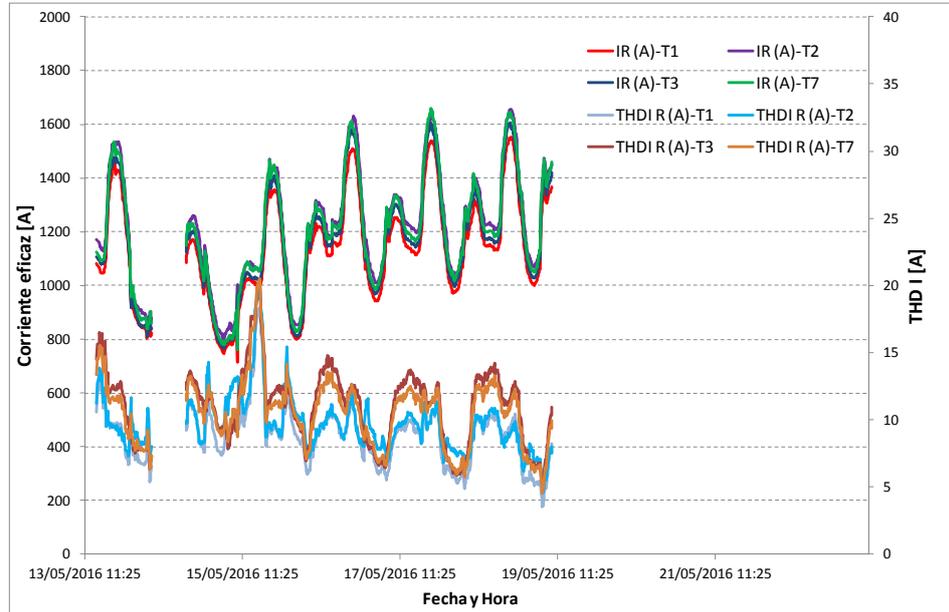


Figura AI-55. Perfiles de THD [A] en la corriente (Fase R) en los Transformadores 1-2-3-7, Configuración 3.

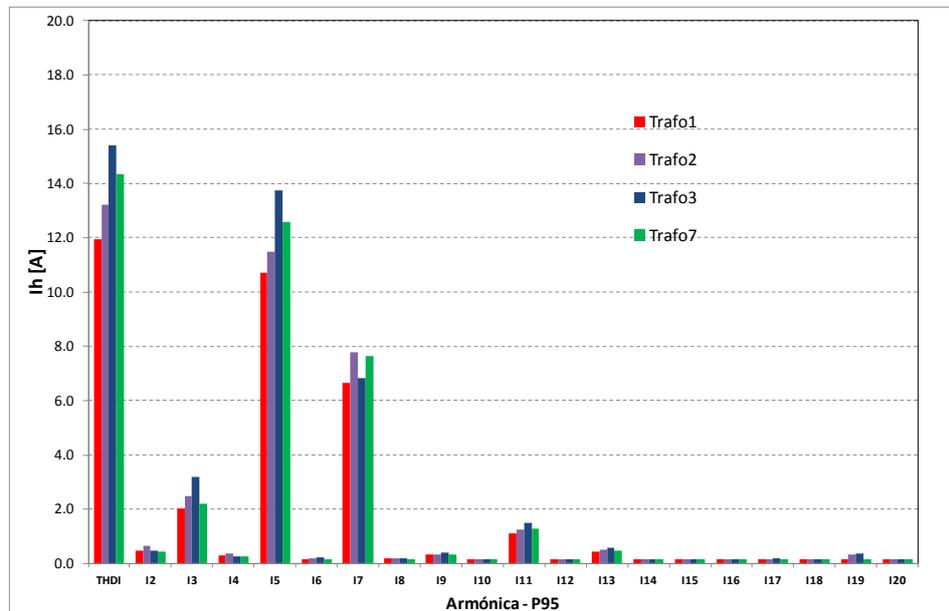


Figura AI-56. Valores P95 medidos en la corriente (Fase R) en los Transformadores 1-2-3-7, Configuración 3.