

# ¿De que hablaremos?

- De la evaluación de armónicos en un sistema eléctrico que es “un gran generador” de ellas.
- De los aspectos a considerar en el planteamiento del problema y sus soluciones posibles
- La aplicación del software DIgSILENT PowerFactory en la obtención de resultados

# Características de la carga

- Las plantas siderúrgicas tienen características de cargas:
  - Hornos de fundición de arco eléctrico
  - Magnitudes de corriente muy grandes



# Características de la carga

- Procesos de “laminación” con motores de CD
- Procesos con variadores de velocidad



# Características de la carga

- En este tipo de empresas el consumo de energía eléctrica es muy alto
- Dependiendo de la carga conectada puede ser mayor a 1 millón de dólares mensuales.

# Problema a solucionar

- El horno es poco eficiente en su operación actual
- El factor de potencia en la acometida es de 0.90 p.u.



# Problema a solucionar

- Existen altos niveles de armónicos a pesar de los filtros existentes
- Los componentes de los filtros fallan frecuentemente



# Problema a solucionar

- Altos costos de producción
- Costos de mantenimiento elevados

Este es el impacto económico del problema

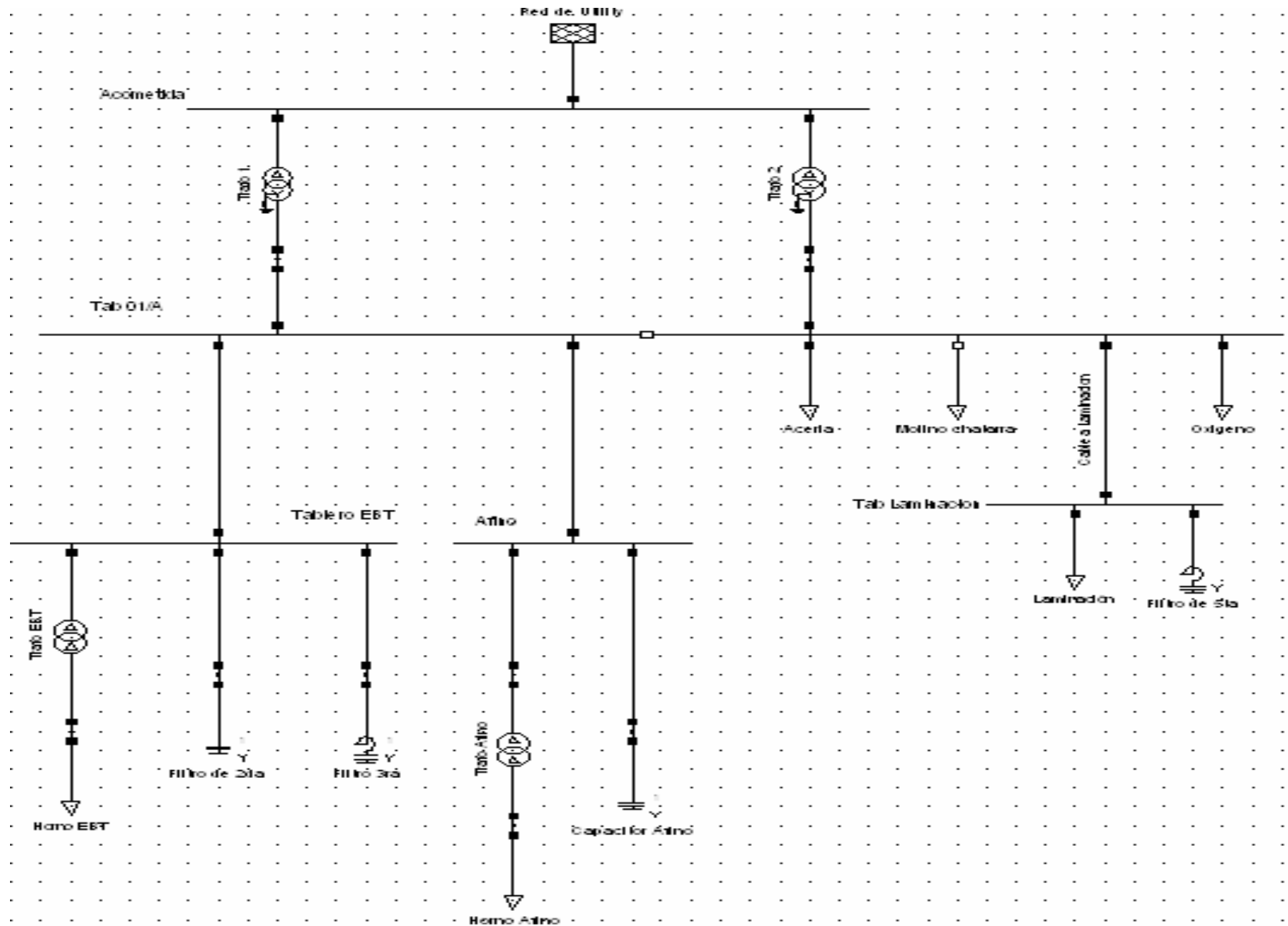


# Identificación de la red eléctrica

- Conocer la configuración de la red eléctrica
- Son casi dos sistemas con una fuente común.



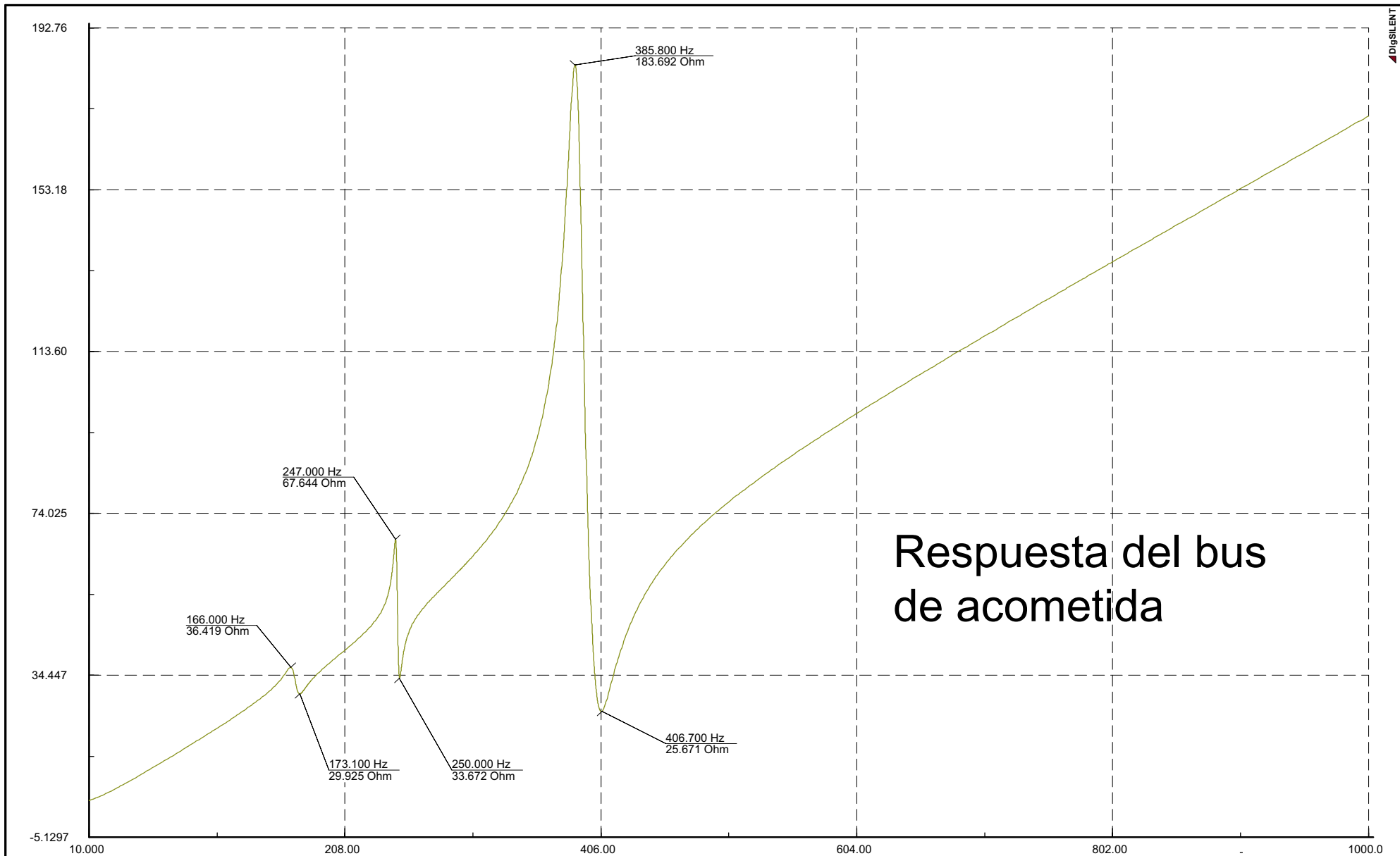
# Identificación de la red eléctrica



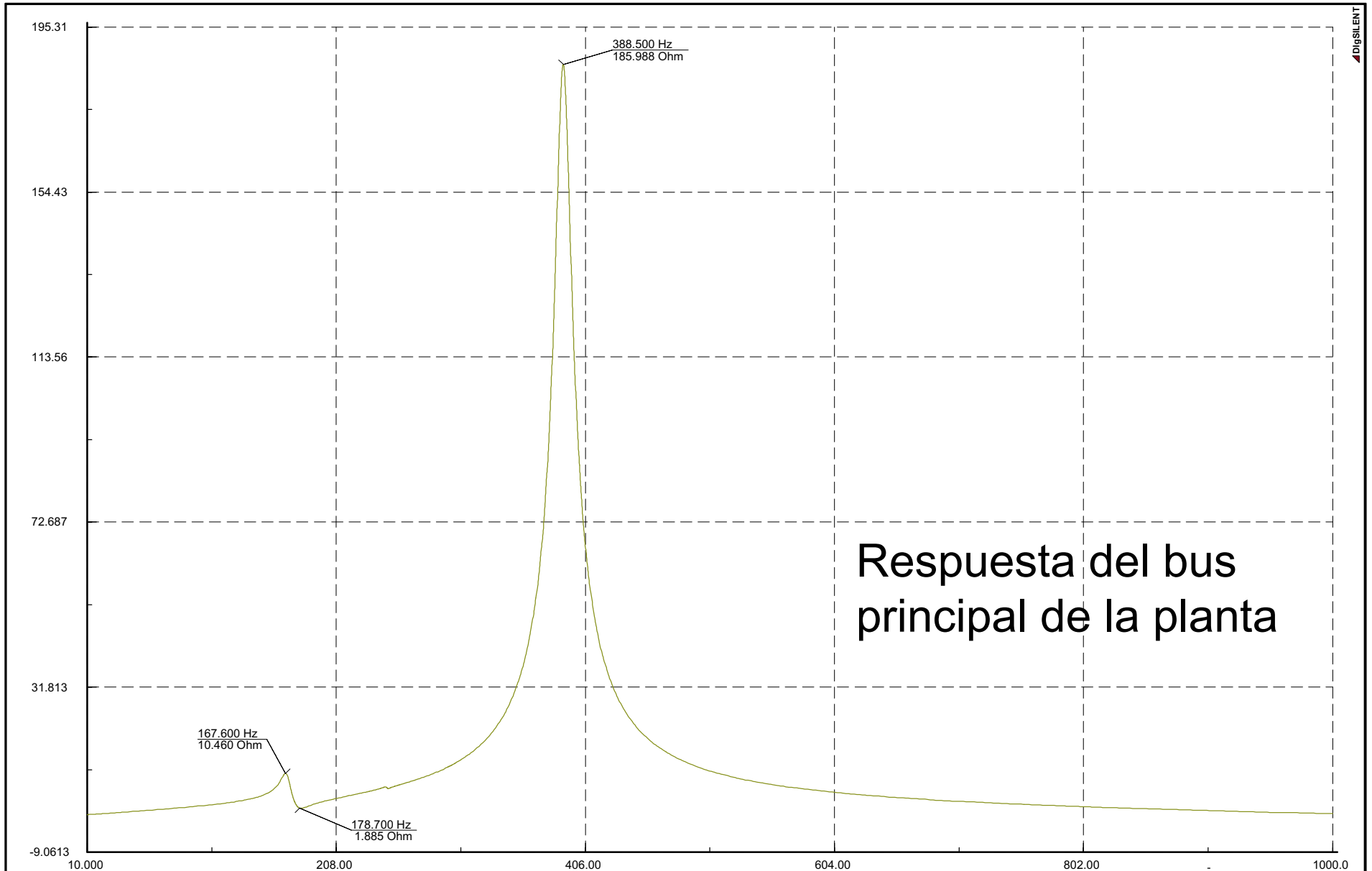
# Análisis de “resonancias”

- Sirve para identificar la respuesta de cada tablero a la frecuencia
- Da una idea muy clara acerca de “la sensibilidad” de cada tablero a componentes armónicas

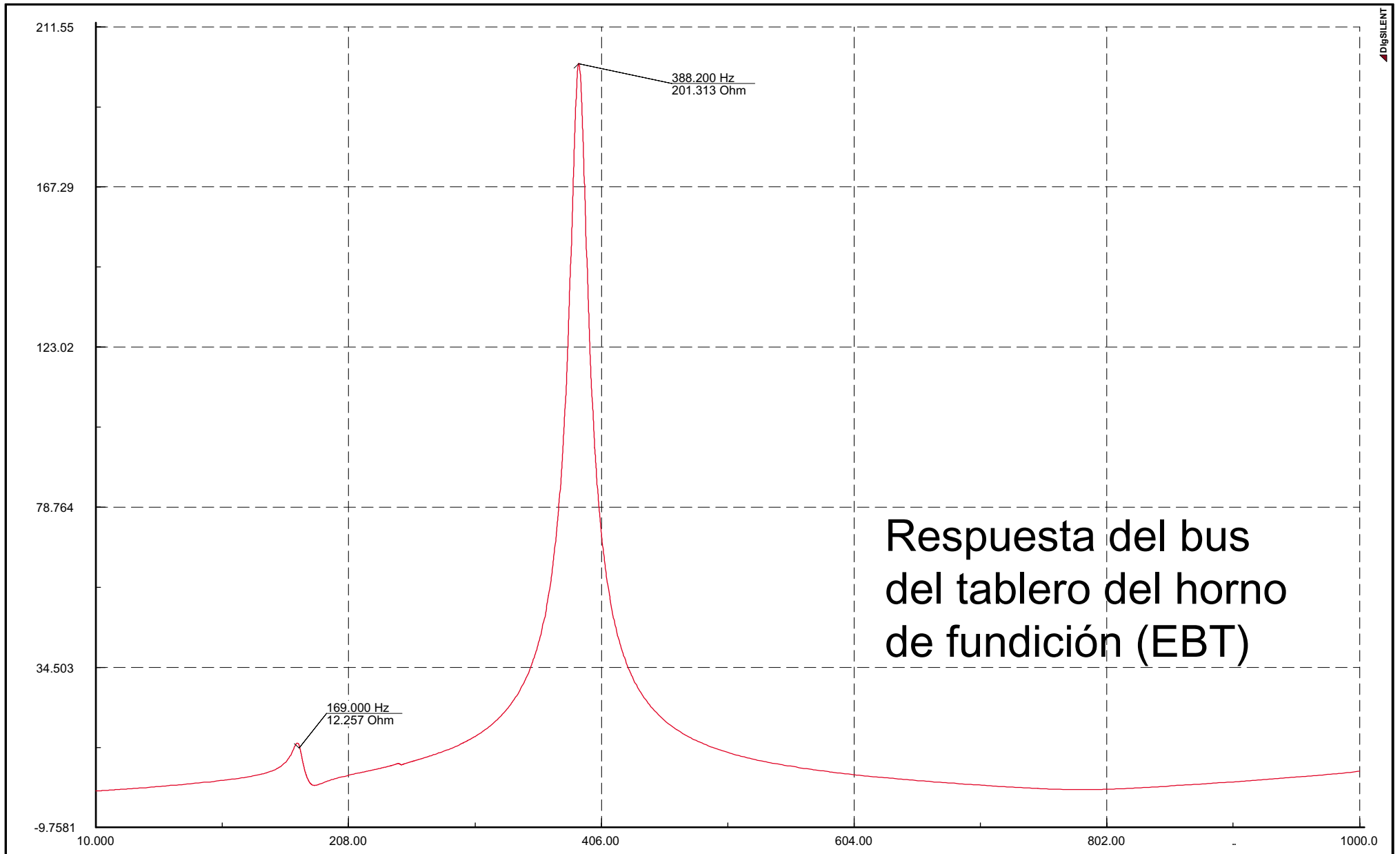
# Análisis de “resonancias”



# Análisis de “resonancias”



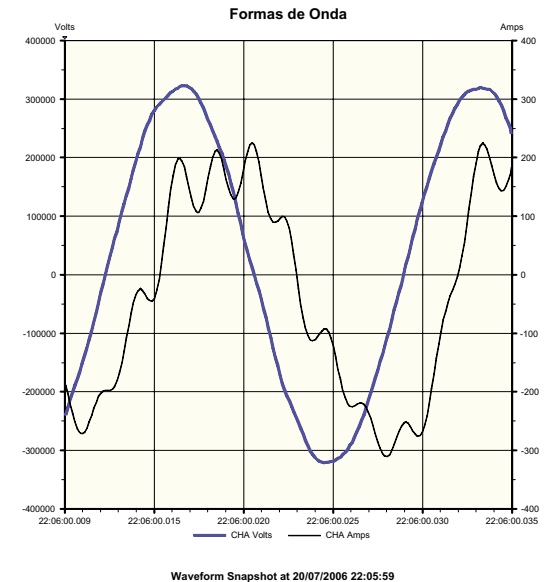
# Análisis de “resonancias”



# Análisis de “resonancias”

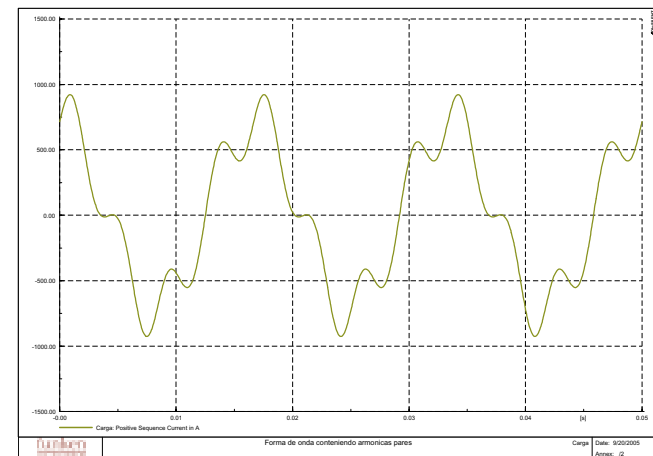
Resultados:

- Filtros “fuera de sintonía”
- Resonancia entre la 6ta y 7ma componente



# Mediciones de armónicos

- Se realizaron mediciones en diversos puntos de la red con la finalidad de obtener los “espectros” armónicos de las cargas que se alimentan

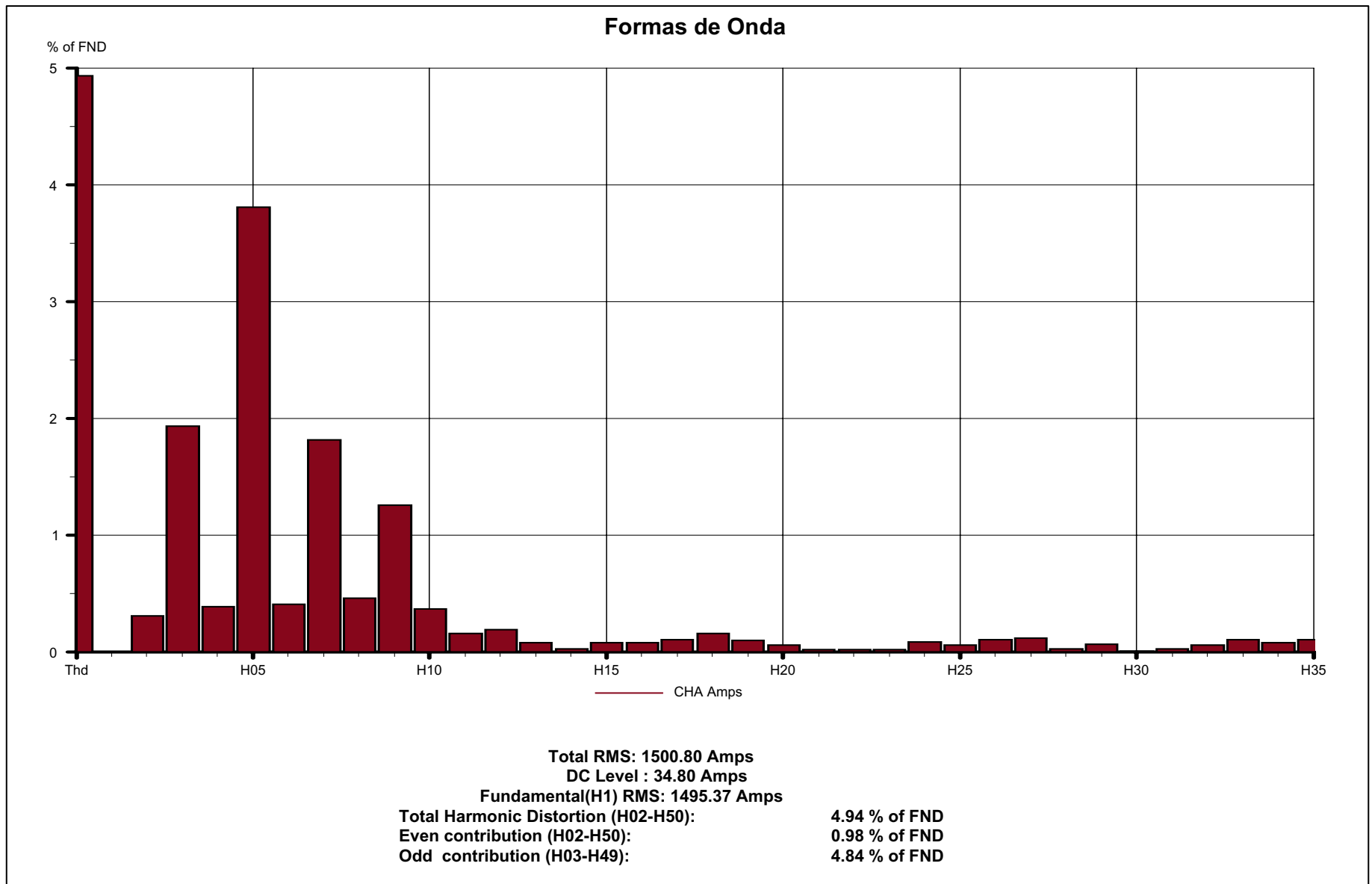


# Mediciones de armónicos

- Se encontró que en la mayor parte de las cargas existe una componente de 7ma armónica significativa.
- Se identificaron las componentes armónicas que el horno de fundición genera.



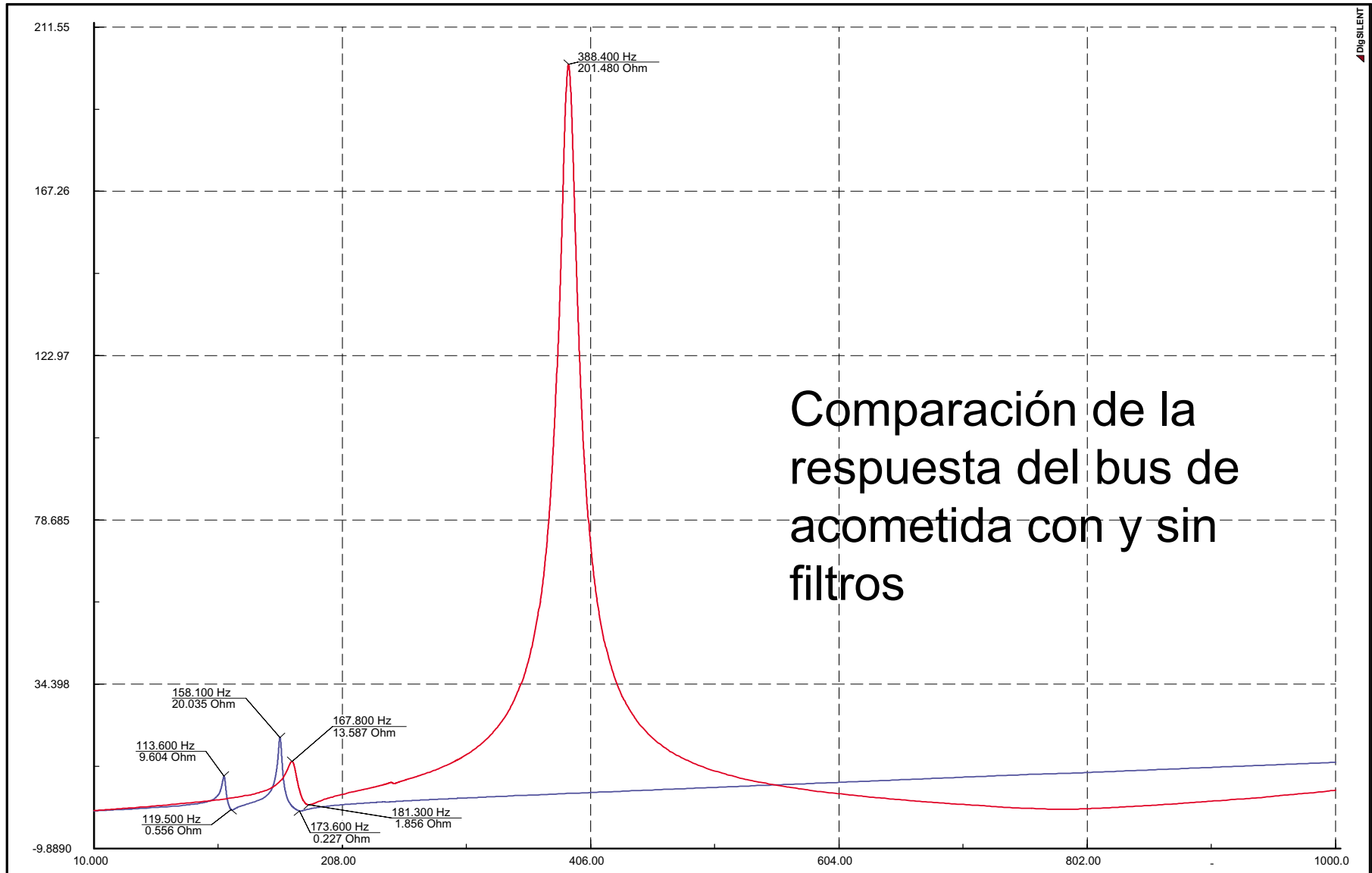
# Mediciones de armónicos



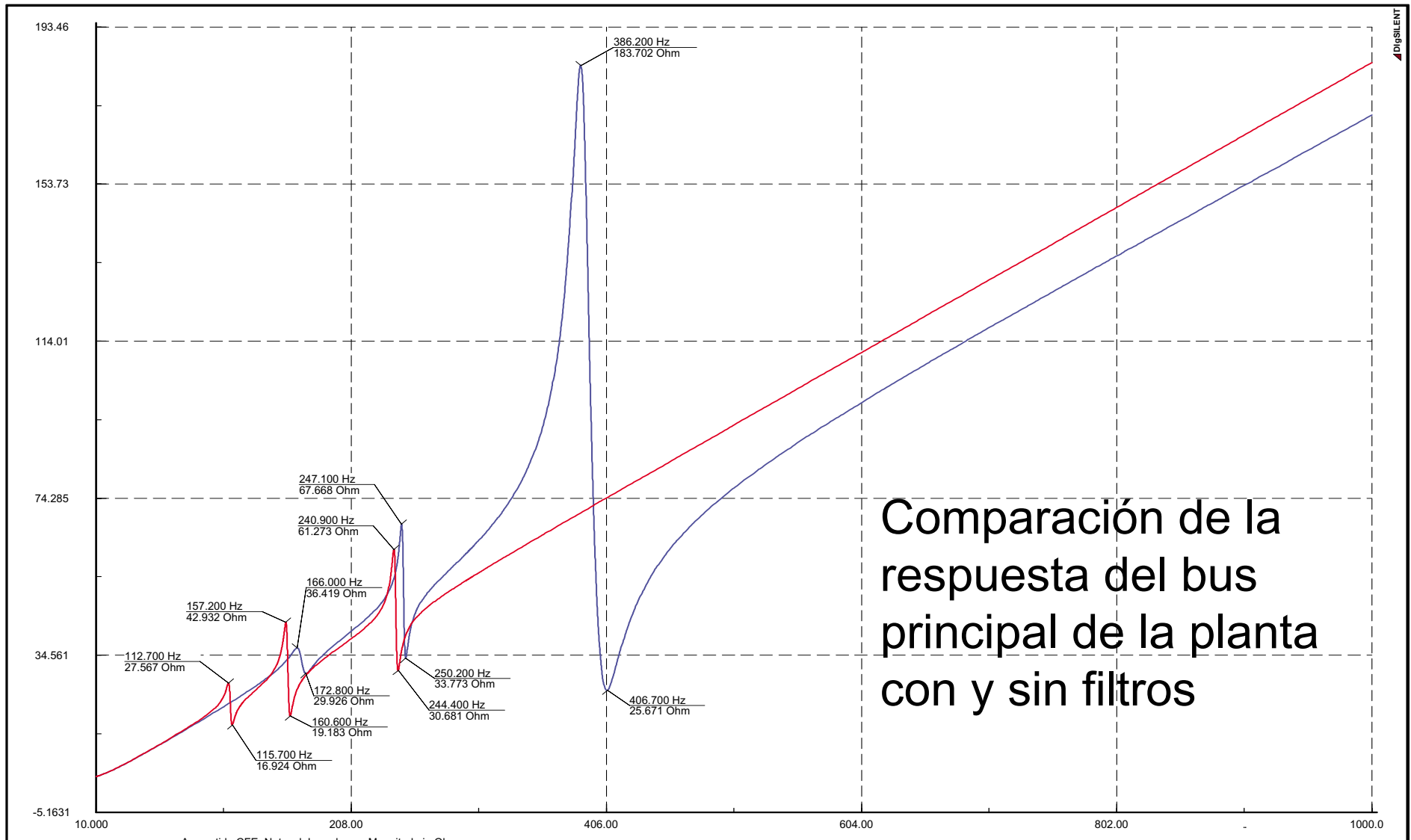
# Relación entre mediciones y resonancias

- Se detectó que la resonancia de 7ma componente ocasiona voltajes armónicos en la misma componente
- Se detectó que los filtros no “funcionan” como se desea
- Se detectó que la resonancia es ocasionada por el banco de capacitores instalado

# Relación entre mediciones y resonancias



# Relación entre mediciones y resonancias



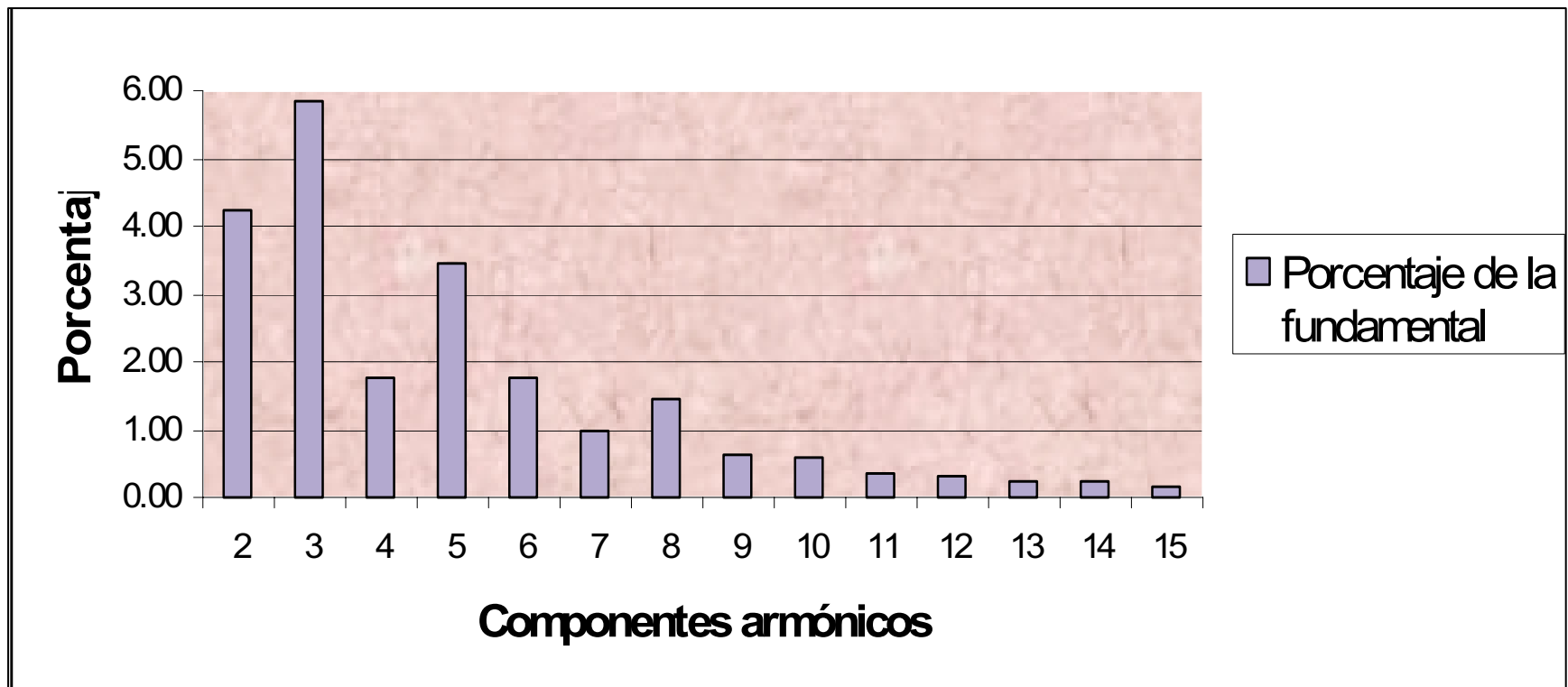
# Pasos a seguir

- Definir filtros nuevos
- Verificar su óptima sintonización
- Verificar cumplimiento con normas aplicables
- Determinar posibles sobretensiones

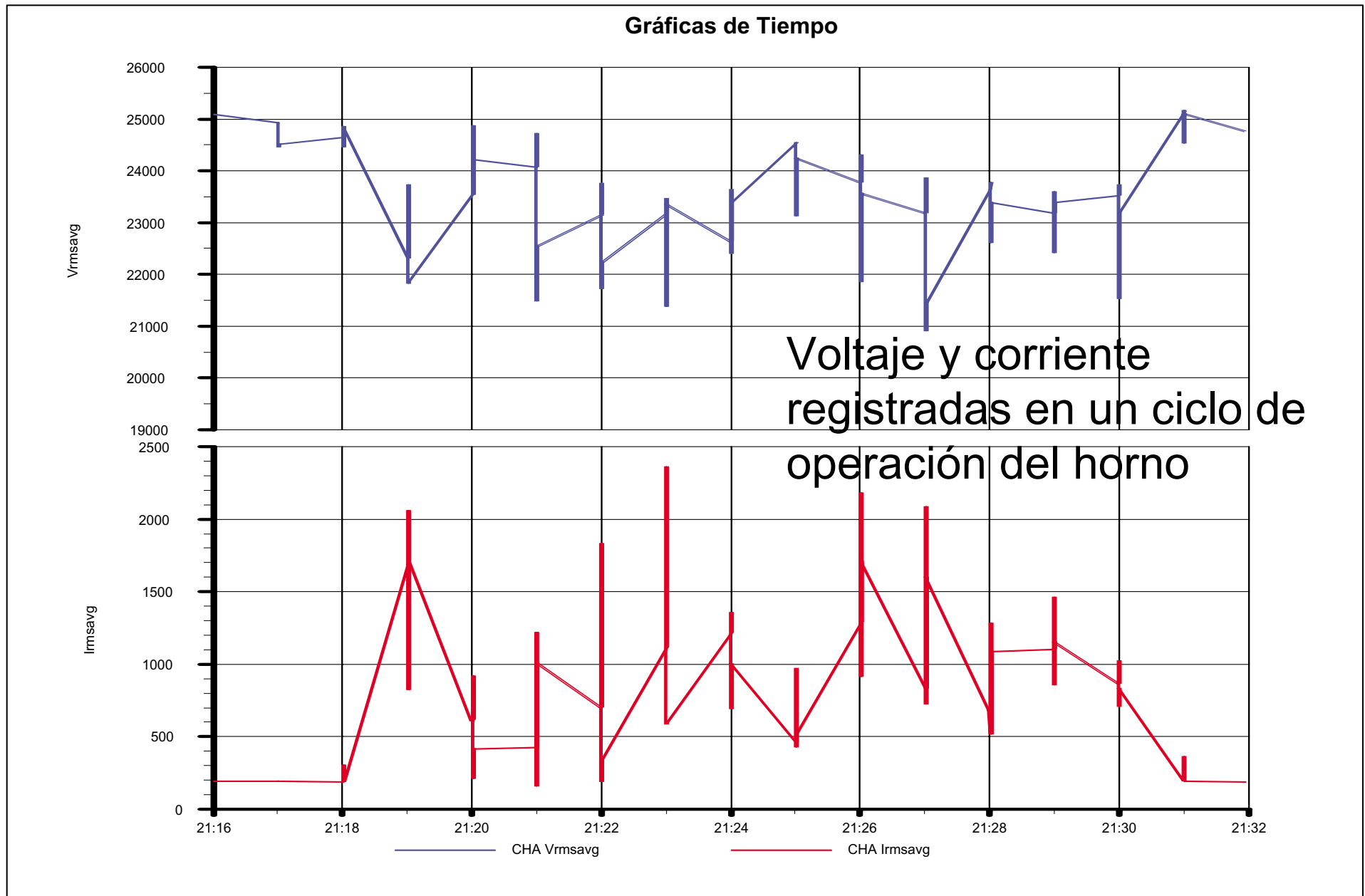


# Definición de filtros nuevos

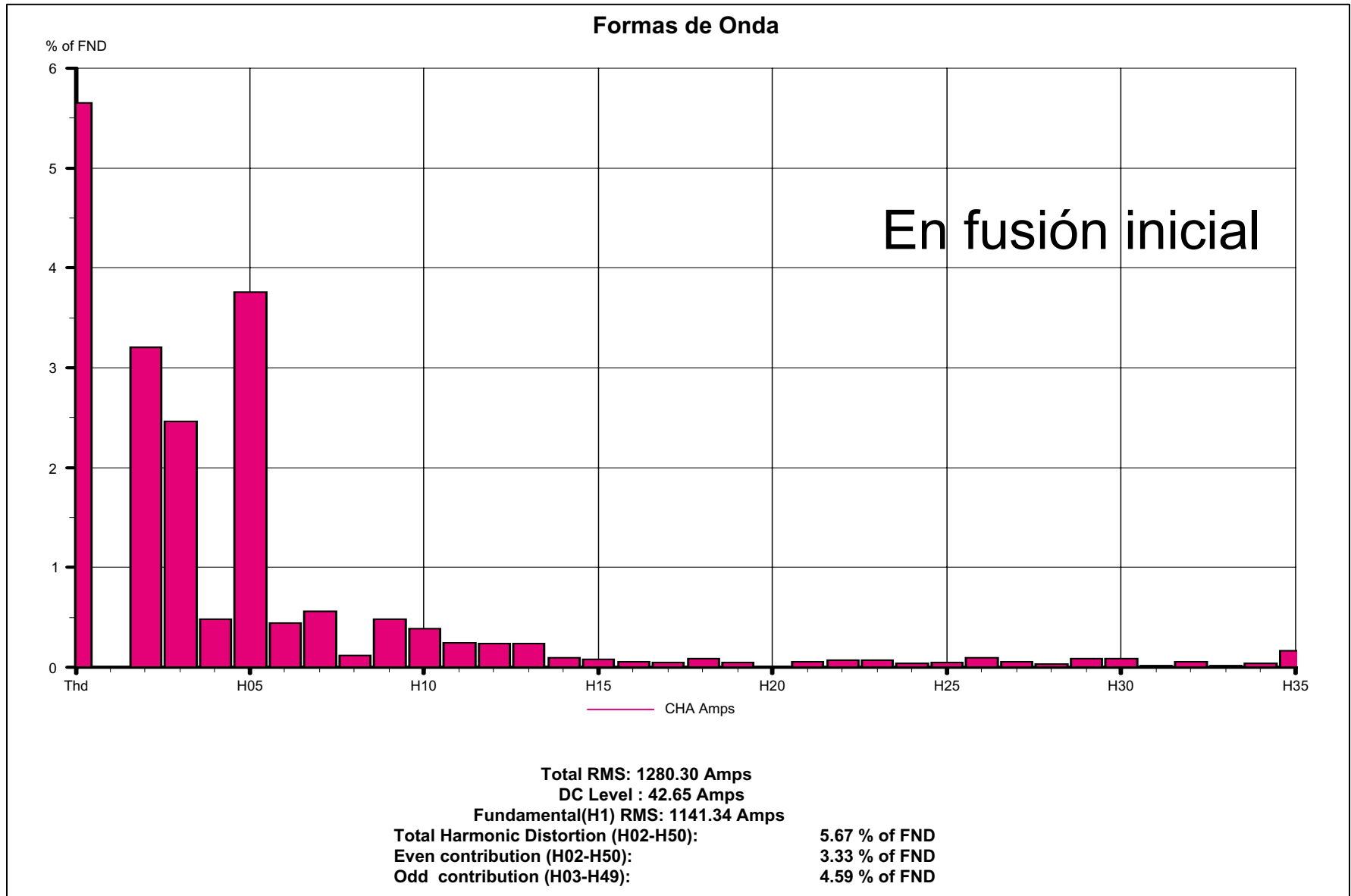
El espectro del horno de fundición fue:



# Definición de filtros nuevos

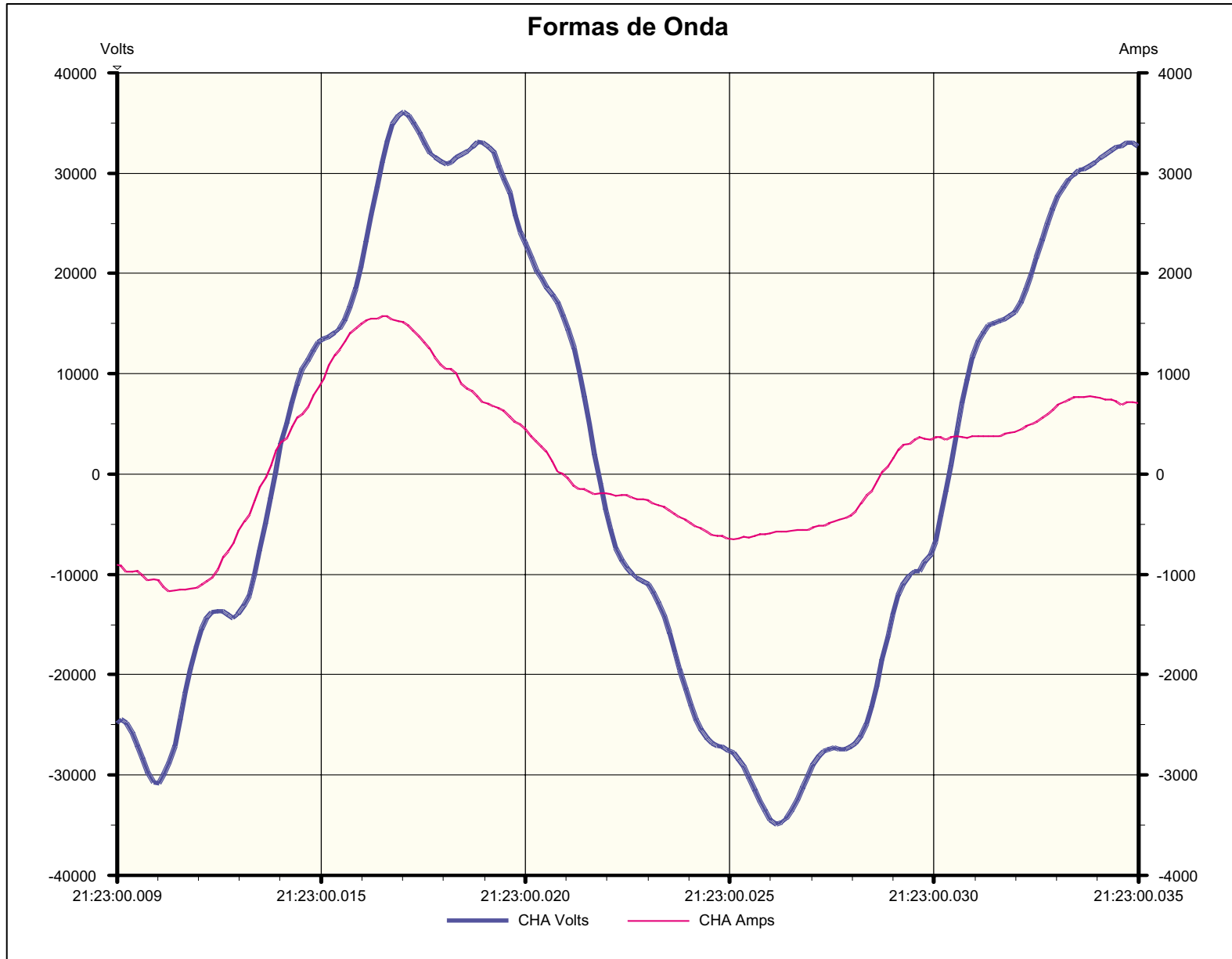


# Definición de filtros nuevos

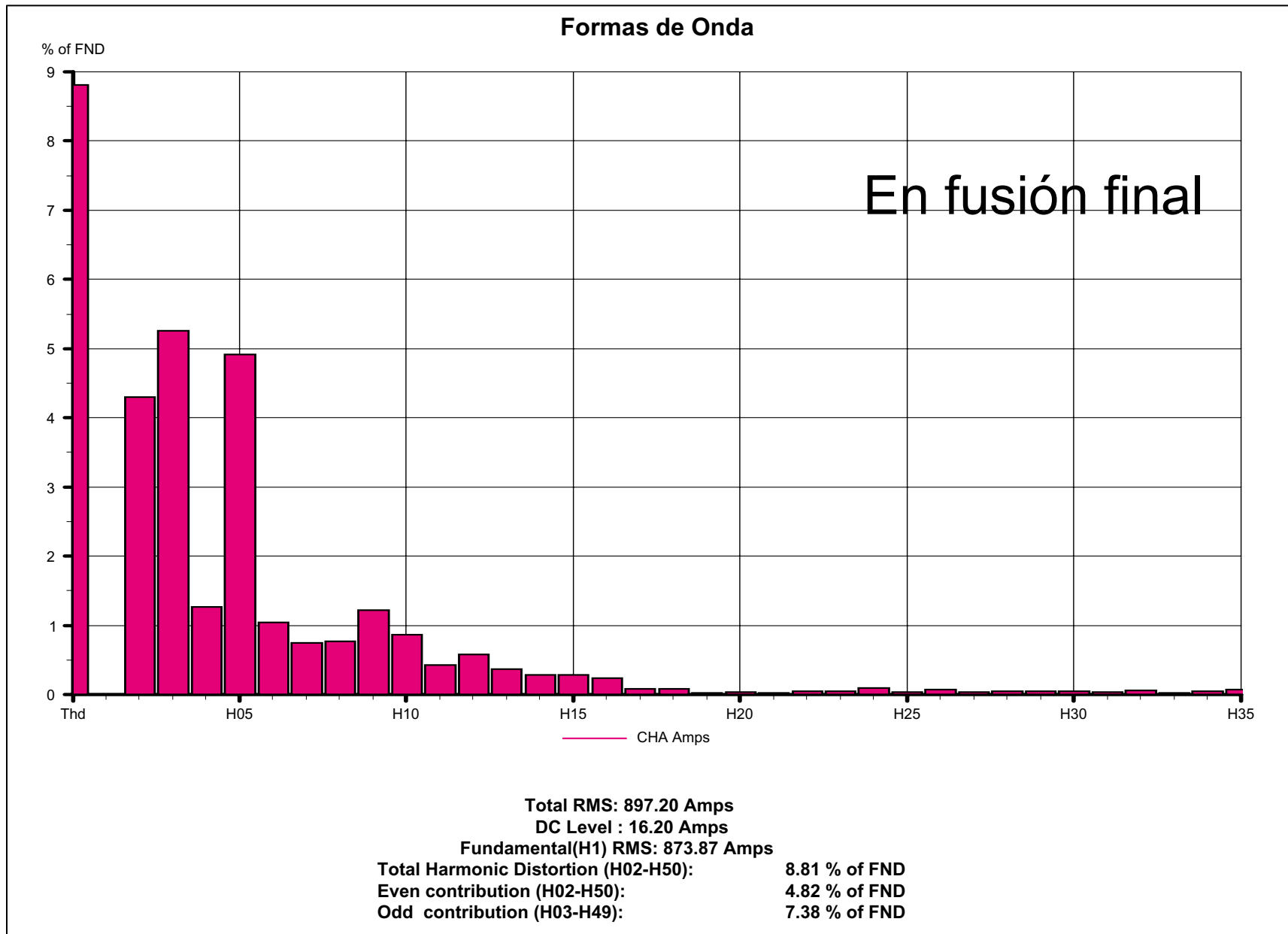




# Definición de filtros nuevos



# Definición de filtros nuevos



# Definición de filtros nuevos

Se propuso la instalación de dos filtros, que serían de:

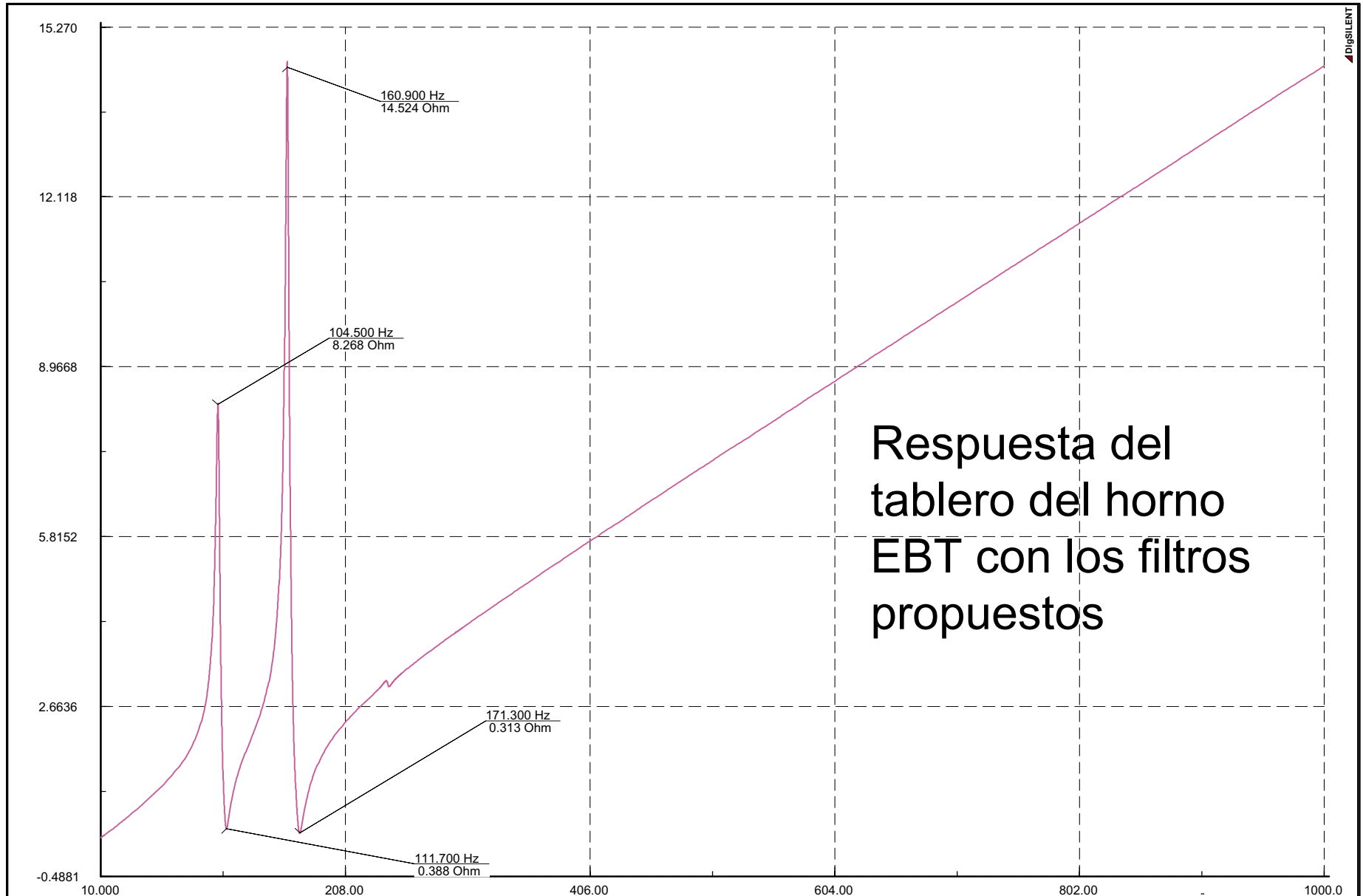
- 2da componente (frecuencia 111 Hz)
- 3ra componente (frecuencia 172 Hz)

# Definición de filtros nuevos

Los filtros nuevos son de tipo “pasivo” y básicamente servirán para:

- Filtrar armónicos
- Mejorar el factor de potencia

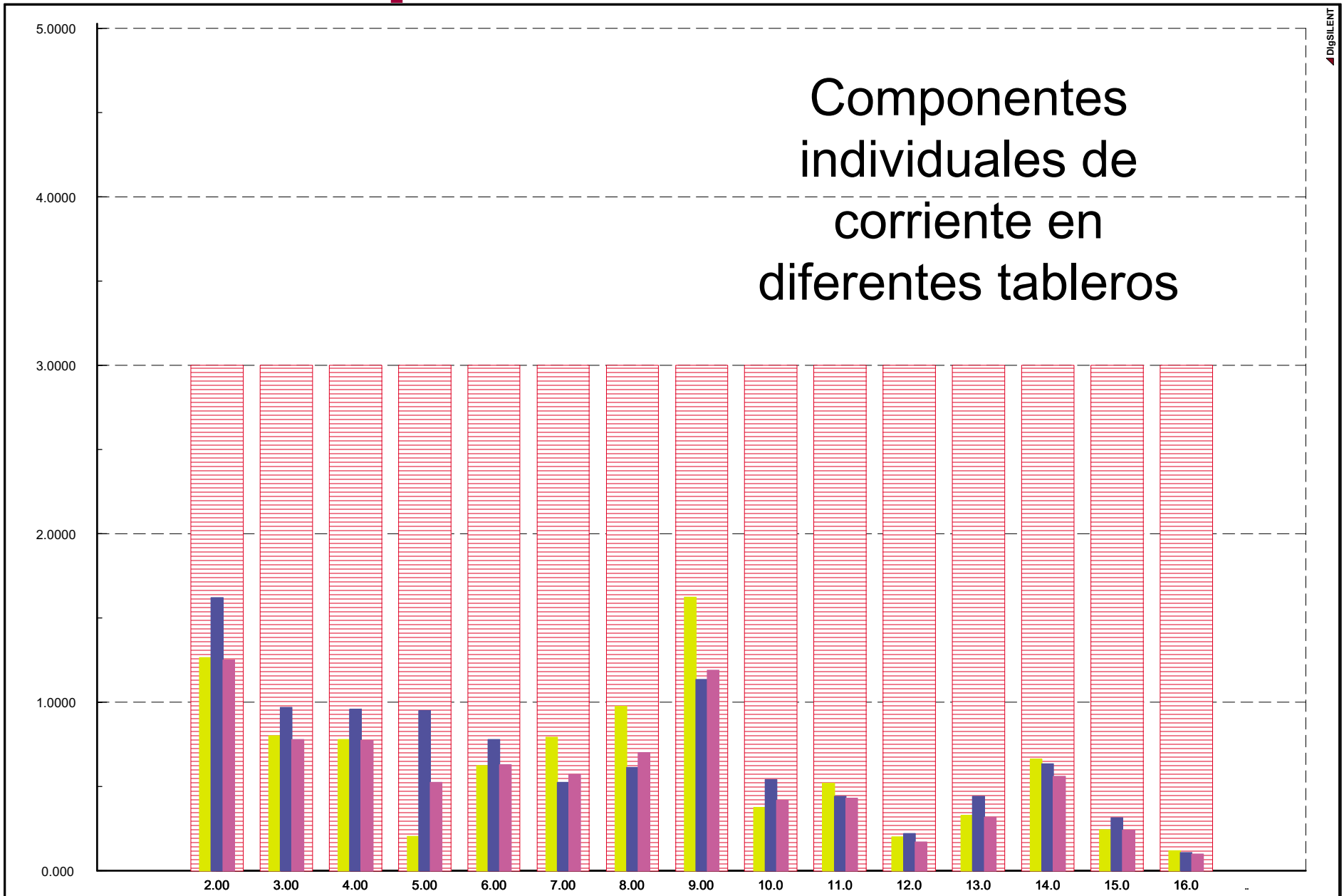
# Verificación de sintonización



# Cumplimiento de normas

- Se evaluó que con los filtros propuestos se cumpliera con los niveles de distorsión propuestos por el IEEE
- Asimismo, que los componentes de los filtros no trabajen fuera de las recomendaciones del IEEE

# Cumplimiento de normas



# Cumplimiento de normas

## Distorsión total de voltaje calculada\*

Tablero	THD calculado %	THD recomendado %	factor de potencia
Acometida	0.29	1.5	0.974
Tablero Hornos	2.13	5	0.99
Tablero horno EBT	2.5	5	0.82

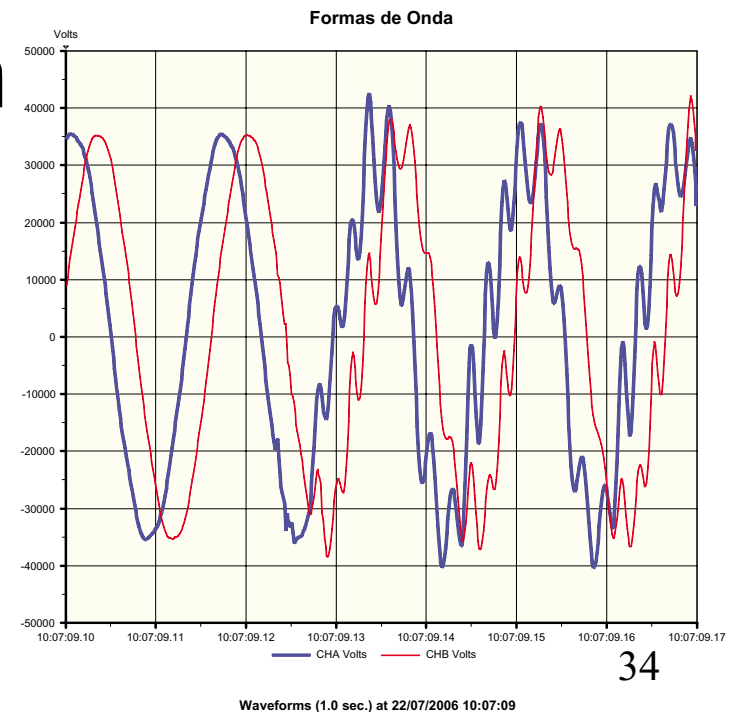
Asimismo, conforme al IEEE se determinó la distorsión total de la demanda que en el punto de acometida fue de 1.08 % mientras que el límite recomendado es de 3.75 %



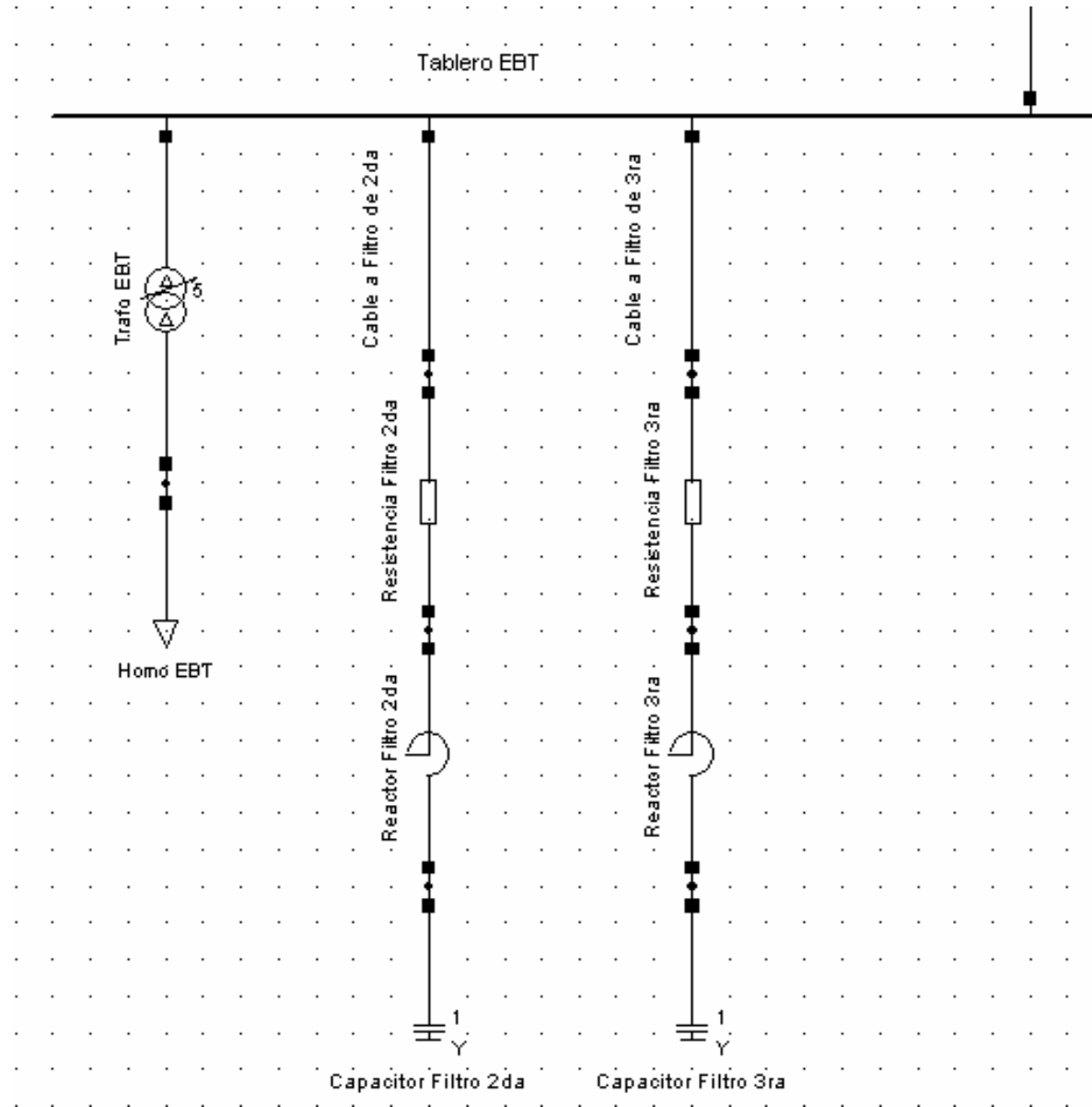
# Evaluación de sobretensiones

Se evaluaron las posibles sobretensiones que los filtros ocasionarían:

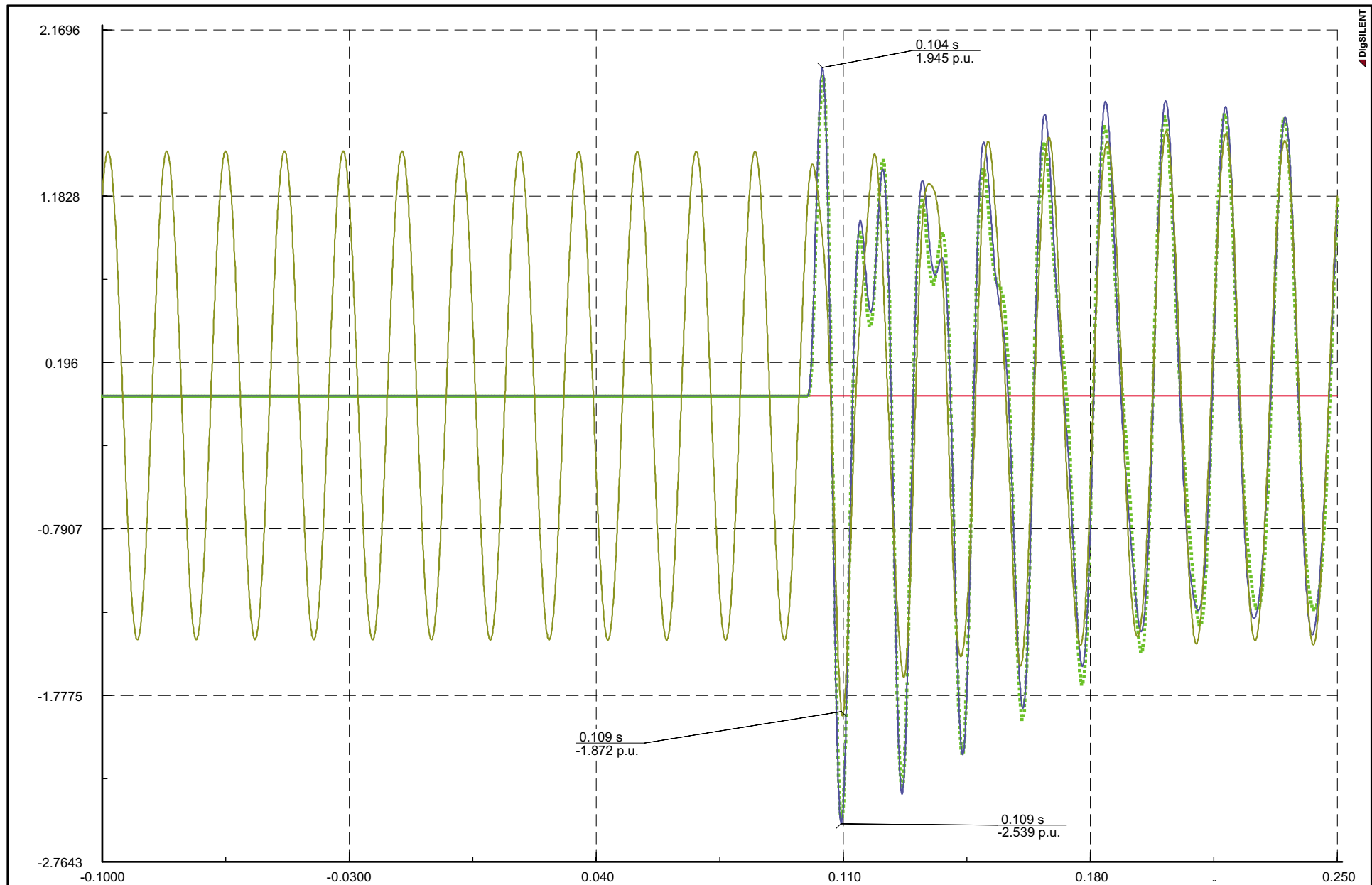
- En estado estable
- Durante la energización



# Evaluación de sobretensiones



# Evaluación de sobretensiones



# Evaluación de sobretensiones

- Con las evaluaciones de sobretensiones se determinaron los apartarrayos para los filtros.
- Asimismo, en estado estable las tensiones no exceden más del 1.02 p.u. en condiciones de baja carga

# Mejoras obtenidas

- Se obtuvo un mejor filtrado de armónicos
- Mejora sustancial en el factor de potencia
- Impacto económico



# Impacto económico

- Si solamente se considera el impacto debido a la mejora en el factor de potencia y se evalúan los beneficios se puede obtener al menos un criterio para determinar si es “interesante” la instalación de los filtros.

# Impacto económico

Mes	Cargo kWh	Cargo Demanda	FP	Bonificación
Enero	\$ 1,249,145.71	\$ 76,993.10	90.10	\$ 346.60
Febrero	\$ 1,184,197.26	\$ 75,146.11	90.90	\$ 2,931.18
Marzo	\$ 1,240,799.89	\$ 74,598.18	90.50	\$ 1,713.81
Abril	\$ 1,217,671.72	\$ 71,978.28	90.80	\$ 2,682.10
Mayo	\$ 906,228.55	\$ 73,734.56	91.00	\$ 2,489.64
Junio	\$ 1,169,006.03	\$ 76,557.66	90.20	\$ 648.01
Julio	\$ 1,224,162.79	\$ 76,993.10	90.10	\$ 339.67
Agosto	\$ 1,017,035.24	\$ 75,146.11	90.90	\$ 2,517.41
Septiembre	\$ 1,156,788.13	\$ 74,598.18	90.50	\$ 1,597.77
Octubre	\$ 1,132,434.70	\$ 71,978.28	90.80	\$ 2,494.35
Noviembre	\$ 1,121,110.35	\$ 73,734.56	91.00	\$ 3,079.97
Diciembre	\$ 1,120,257.98	\$ 76,557.66	90.20	\$ 620.99

**TOTAL** \$ 21,461.50

Bonificación con equipos actuales

Con montos expresados en dólares americanos

# Impacto económico

Mes	Cargo kWh	Cargo Demanda	FP	Bonificación
Enero	\$ 1,249,145.71	\$ 76,993.10	97.40	\$ 23,726.07
Febrero	\$ 1,184,197.26	\$ 75,146.11	97.40	\$ 22,492.45
Marzo	\$ 1,240,799.89	\$ 74,598.18	97.00	\$ 22,385.57
Abril	\$ 1,217,671.72	\$ 71,978.28	97.00	\$ 21,968.30
Mayo	\$ 906,228.55	\$ 73,734.56	97.00	\$ 16,349.48
Junio	\$ 1,169,006.03	\$ 76,557.66	97.00	\$ 21,090.31
Julio	\$ 1,224,162.79	\$ 76,993.10	97.00	\$ 22,085.41
Agosto	\$ 1,017,035.24	\$ 75,146.11	97.00	\$ 18,348.57
Septiembre	\$ 1,156,788.13	\$ 74,598.18	97.00	\$ 20,869.89
Octubre	\$ 1,132,434.70	\$ 71,978.28	97.00	\$ 20,430.52
Noviembre	\$ 1,121,110.35	\$ 73,734.56	97.00	\$ 20,226.22
Diciembre	\$ 1,120,257.98	\$ 76,557.66	97.00	\$ 20,210.84

**TOTAL** \$ 250,183.65

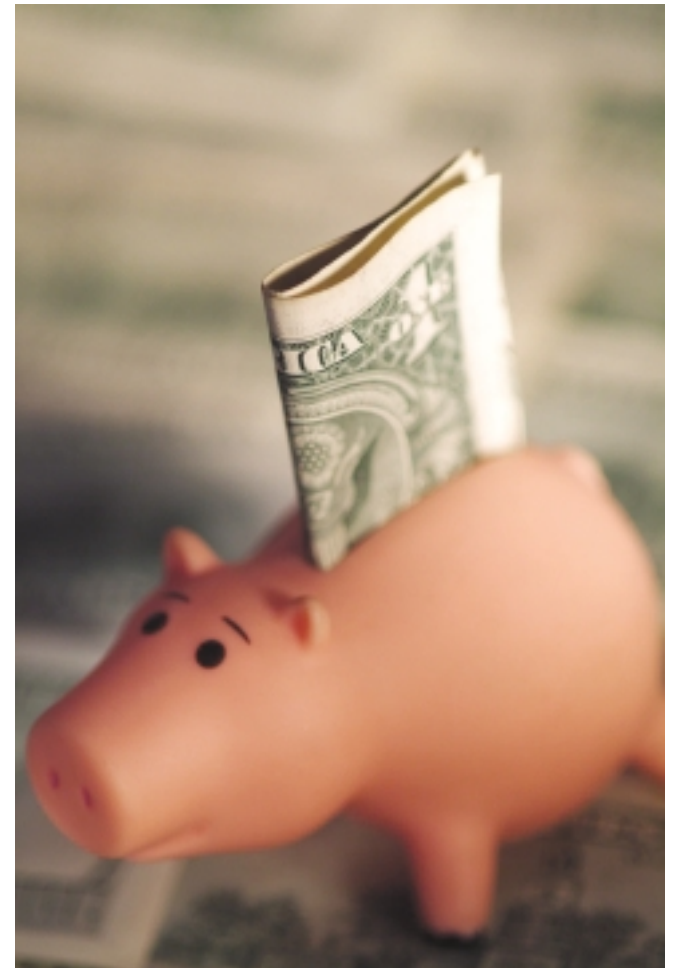
**Diferencia** \$ 228,722.15



# Impacto económico

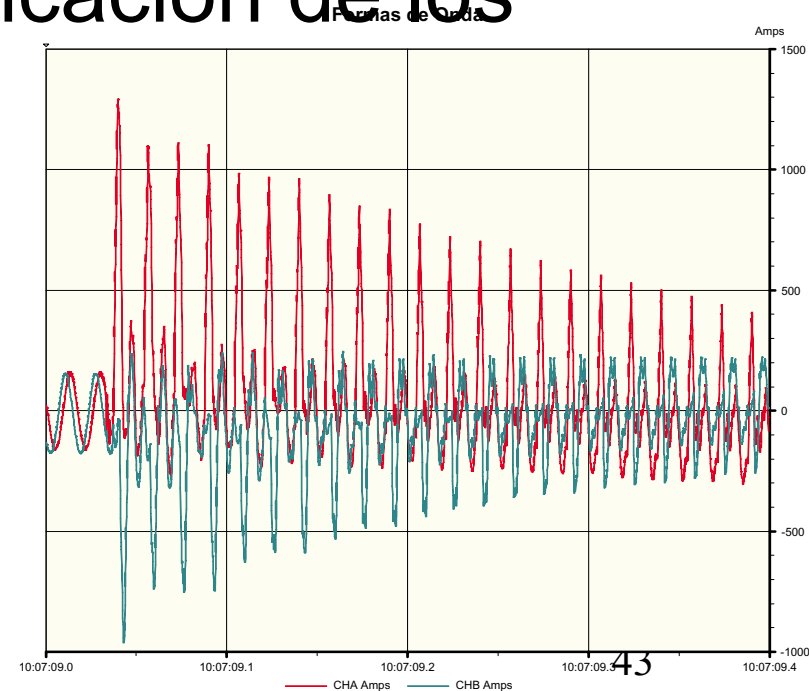
Beneficio económico con equipos propuestos y sin considerar:

- ahorros en mantenimiento
- eficiencia en el horno
- reducción de pérdidas eléctricas, etc. . .



# Conclusiones

- Se ha presentado una evaluación de armónicos detallada de un sistema eléctrico “tipo siderúrgica”
- Se mostraron algunos de los aspectos importantes en la identificación de los problemas encontrados



# Conclusiones

- Se mostró la metodología seguida para la solución de los problemas, la solución “matemática” fue realizada empleando el software DIgSILENT PowerFactory.
- Se verificó el cumplimiento de las recomendaciones del IEEE
- Se presentó una evaluación acerca de los beneficios económicos que tiene un filtro bien diseñado