



AHORRO POR USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR DE PROYECTO: Ing. Julio Álvarez
Profesor Titular de la Escuela Superior Técnica del Ejército

COLABORADOR: Ing. Eduardo O. Hipólito
Profesor Titular de la Escuela Superior Técnica del Ejército

ALUMNOS PARTICIPANTES: Sr Marcos Cerella
Sr Sergio Barchetta

Marzo 2011



INDICE

	PÁG.Nº
RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. MARCO TEÓRICO	6
3. DESCRIPCIÓN	6
3.1 Metodología	
3.2 Diagrama de bloques del proceso	
4. DESARROLLO DE LA PRIMERA FASE	8
4.1 Estudio de Generación y consumo eléctrico	
4.1.1 PRIMERA ETAPA – RELEVAMIENTO DE DATOS	
4.1.1.a. <i>Potencia nominal instalada</i>	
4.1.1.b. <i>Generación de energía instalada</i>	
4.1.1.c. <i>Consumo de combustibles para producción de energía eléctrica</i>	
4.1.1.d. <i>Consumo de acuerdo al tipo y cantidad de usuarios</i>	
4.1.2 SEGUNDA ETAPA – ANÁLISIS	11
4.1.2.a. <i>Potencia nominal instalada</i>	
4.1.2.b. <i>Generación de energía eléctrica</i>	
4.1.2.c. <i>Análisis de tendencias</i>	
4.1.3 TERCERA ETAPA – RESULTADOS	14
4.1.3.a. <i>Análisis de la distribución del consumo de acuerdo al tipo y cantidad de usuarios</i>	
4.1.3.b. <i>Análisis de consumos de tipo residencial</i>	
4.1.3.c. <i>Análisis de consumos de tipo comercial</i>	
4.1.3.d. <i>Características de las lámparas en estudio</i>	
4.1.4 CUARTA ETAPA – CONCLUSIONES	17
4.1.4.a. <i>Ahorro en el consumo</i>	
4.1.4.b. <i>Ahorro en la demanda de potencia durante el tiempo de utilización de lámparas para iluminación</i>	
4.1.4.c. <i>Resumen de los ahorros obtenidos según los datos estadísticos correspondientes al año 2009</i>	
4.1.4.d. <i>Conclusiones de la primer fase</i>	



5. DESARROLLO DE LA SEGUNDA FASE	20
5.1 Análisis Monofásico	
5.1.1 PRIMERA ETAPA – RELEVAMIENTO DE DATOS	20
5.1.1.a Circuito de ensayo para red monofásica	
5.1.1.b Relevamiento de datos	
5.1.2 SEGUNDA ETAPA - ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN DEL CÁLCULO.	22
5.1.2.a. Modelización de las formas de onda para el ensayo onofásico	
5.1.2.b. Modelización matemática	
5.1.2.c. Análisis comparativo	
5.1.3 TERCERA ETAPA – CÁLCULO.	29
5.1.3.a Reproducción de la onda de corriente monofásica	
5.1.3.b Evaluación de los contenidos armónicos	
5.1.3.c Cálculo de Potencia	
5.2 Análisis trifásico	39
5.2.1 PRIMERA ETAPA – RELEVAMIENTO DE DATOS	40
5.2.1.a Circuito de ensayo para red trifásica	
5.2.1.b Relevamiento de datos	
5.2.2 SEGUNDA ETAPA - ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN DEL CÁLCULO.	42
5.2.2.a. Modelización de las formas de onda para el ensayo trifásico	
5.2.2.b. Modelización matemática	
5.2.2.c. Análisis comparativo	
5.2.3 TERCERA ETAPA – CÁLCULO.	49
5.2.3.a Reproducción de la onda de corriente trifásica	
5.2.3.b Evaluación de los contenidos armónicos	
5.2.3.c Cálculo de Potencia	
5.3. Conclusiones de la fase 2	56
5.3.1 ENSAYO MONOFÁSICO	56
5.3.2 ENSAYO TRIFÁSICO	57
5.3.3 COMPARACIÓN DE PÉRDIDAS	57
6. QUINTA ETAPA – CONCLUSIONES FINALES	58



ANEXOS

	PÁG.Nº
ANEXO A: Componentes	59
1. Listado de componentes e instrumental empleados.	
ANEXO B: Datos Relevados	60
1. Medición de circuito monofásico	
2. Medición de circuito trifásico	
ANEXO C: Coeficientes de Fourier	72
1. Coeficientes de Fourier del ensayo monofásico	
2. Coeficientes de Fourier del ensayo trifásico	
ANEXO D: Coeficientes espectrales	73
1. Coeficientes espectrales del ensayo monofásico	
2. Coeficientes espectrales del ensayo trifásico	



RESUMEN

En los últimos años, el permanente aumento en la demanda energética del país no ha sido acompañado de igual forma por la inversión en infraestructura como para cubrir correctamente las demandas actuales. Por otra parte resulta imprescindible considerar energías renovables de reemplazo a futuro, y en el corto plazo formas más eficientes de consumo.

En este análisis se han relevado datos históricos del crecimiento energético nacional tanto desde el punto de vista de la generación como del consumo con el fin de analizarlos y evaluar el ahorro concreto que podría producir el reemplazo de lámparas incandescentes por lámparas de bajo consumo.

Por último se pretende evaluar los inconvenientes que las lámparas de bajo consumo presentarán en los sistemas de generación y distribución eléctrica, debido a las corrientes armónicas producidas por el principio de funcionamiento electrónico de las mismas.



ESTUDIOS DE POTENCIA INSTALADA IMPACTO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LÁMPARAS DE BAJO CONSUMO Y EVALUACIÓN DE SU CONTENIDO ARMÓNICO

1. INTRODUCCIÓN

Este estudio ha sido realizado en base a datos oficiales. Se han analizado los diferentes tipos de consumo con el objetivo de determinar la incidencia de las lámparas incandescentes en el consumo global, y a partir de allí evaluar el potencial ahorro energético.

Además se ha tratado de identificar y mensurar el contenido de armónicos en las lámparas de bajo consumo debido a su principio de funcionamiento. A partir de ensayos de laboratorio y análisis de Fourier, se ha realizado una evaluación de su incidencia en el consumo y especialmente en la generación de energía eléctrica.

2. MARCO TEÓRICO

Los datos correspondientes a potencias instaladas, generación de energía, consumos, etc. han sido tomados de fuentes provenientes de organismos oficiales y han sido analizados utilizando criterios estadísticos.

Para el análisis correspondiente al contenido armónico de las lámparas de bajo consumo, se han utilizado herramientas de análisis de Fourier, aplicadas a los datos obtenidos en las mediciones de laboratorio. En particular se han utilizado algoritmos de la Serie de Fourier y la Transformada rápida de Fourier (FFT).

3. DESCRIPCIÓN

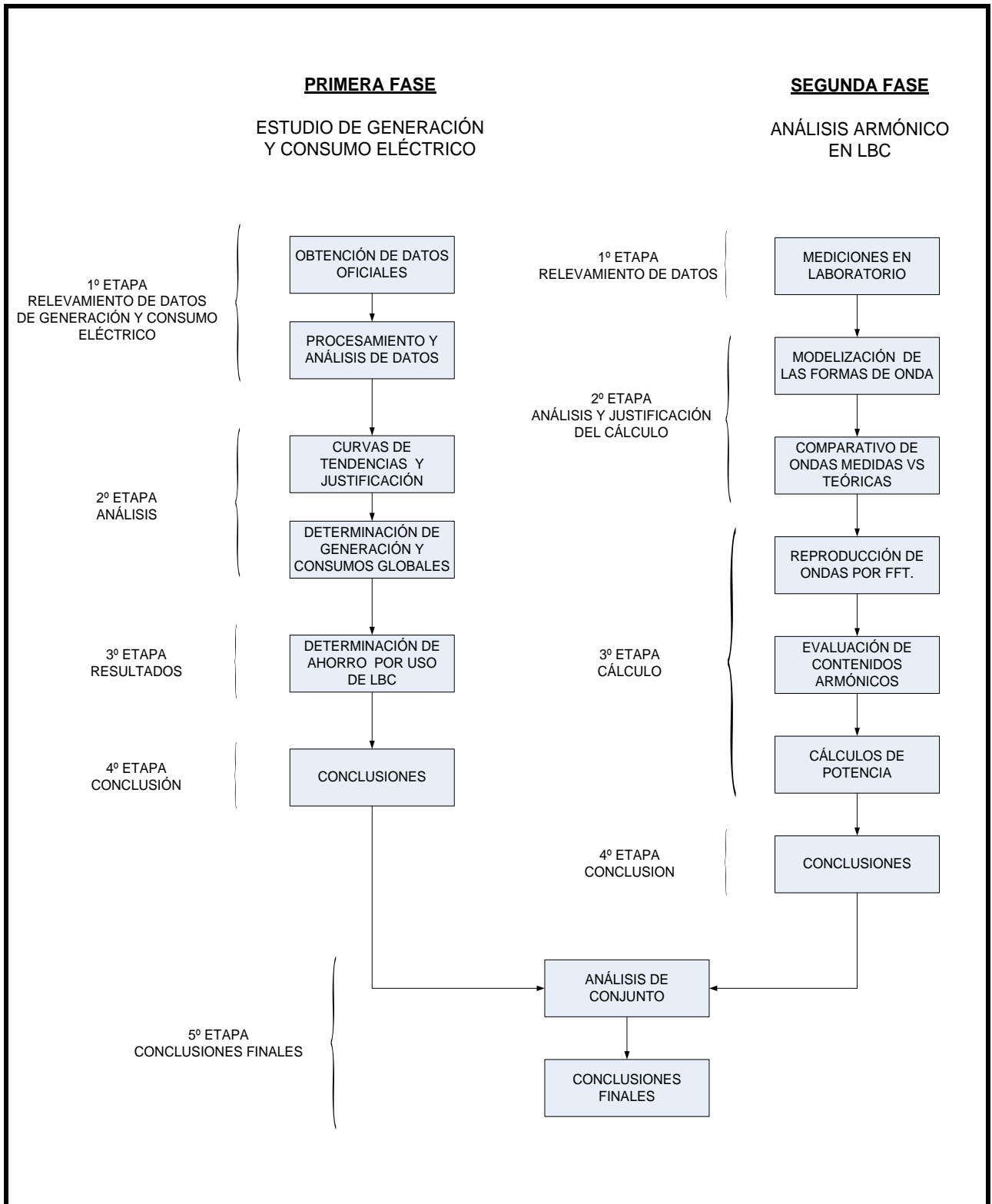
3.1 Metodología

El estudio ha sido realizado en etapas consecutivas de modo tal que la obtención del resultado de cada una se corresponde unívocamente con la información necesaria para la siguiente etapa. Para mayor claridad, y por sus características diferentes, se presentan por separado los análisis



correspondientes al mercado eléctrico y a los ensayos de armónicas en las lámparas de bajo consumo.

3.2 Diagrama de bloques del proceso





4. DESARROLLO DE LA PRIMERA FASE

4.1 Estudio de Generación y consumo eléctrico

En esta primera fase del estudio se trata de obtener conclusiones respecto a la eficiencia y ahorro energético producido por el empleo de lámparas de bajo consumo. Se han utilizado datos estadísticos existentes a partir de los cuales se ha estimado el ahorro energético considerando distintas hipótesis de trabajo respecto al recambio de las LBC.

4.1.1 PRIMERA ETAPA – RELEVAMIENTO DE DATOS

Los datos estadísticos han sido obtenidos de:

- *INFORME DEL SECTOR ELÉCTRICO, AÑO 2009 Y ANTERIORES*
- *MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN FEDERAL, INVERSIÓN PÚBLICA Y SERVICIOS.*
- *SECRETARÍA DE ENERGÍA.*
- *DIRECCIÓN NACIONAL DE PROSPECTIVA*

4.1.1.a. Potencia nominal instalada

De los datos obtenidos, resumiremos los valores de la potencia instalada en los diversos tipos de centrales eléctricas, los cuales se pueden observar en el Cuadro1 a continuación.

POTENCIA NOMINAL INSTALADA [kW]										
TIPO	AÑO									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
CG	3.662.800	4.203.180	4.449.800	4.261.500	4.453.500	4.453.500	4.453.500	4.573.500	4.573.500	4.648.500
CV	2.092.200	2.587.600	2.577.600	2.573.900	2.573.900	2.573.900	2.573.900	2.573.900	2.573.900	2.608.900
DI	432.987	423.099	407.210	400.401	392.377	392.385	395.685	414.112	655.908	716.612
EO	14.043	24.829	25.729	25.729	27.829	27.829	27.829	27.829	27.829	27.829
HB	974.000	974.000	974.000	974.000	974.000	974.000	974.000	974.000	974.000	974.000
HI	8.607.149	8.638.394	8.787.732	8.806.302	8.942.072	8.946.222	8.946.162	8.971.362	9.017.362	9.050.942
NU	1.018.000	1.018.000	1.018.000	1.018.000	1.018.000	1.018.000	1.018.000	1.018.000	1.018.000	1.018.000
TG	2.804.070	2.849.916	2.652.840	3.014.758	2.831.338	2.737.338	2.737.338	2.797.378	3.962.658	4.232.648
TV	4.603.400	4.603.400	4.603.400	4.603.400	4.603.400	4.551.000	4.551.000	4.551.000	4.551.000	5.053.000
SO	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26
GT	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
TOT	24.209.274	25.323.044	25.496.937	25.678.616	25.799.042	25.674.800	25.678.400	25.781.707	27.354.783	28.330.457

Cuadro1



La nomenclatura utilizada es la siguiente:

CG: Ciclo combinado a gas	CV: Ciclo combinado a vapor
DI: Diesel	EO: Eólico
HB: Hidráulica de bombeo	HI: Hidráulica
NU: Nuclear	TG: Turbogas
TV: Turbovapor	GT: Geotérmica
SO: Solar	

4.1.1.b. Generación de energía instalada

Si por otro lado analizamos la generación de energía eléctrica en el mismo periodo, se podrán resumir los datos tal como se observa en el Cuadro 2 que se muestra a continuación.

GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA [MWh]										
TIPO	AÑO									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
CC	25.366.660	25.989.537	26.686.675	31.598.616	37.825.071	36.130.211	36.225.889	39.167.967	40.377.757	38.369.787
DI	311.980	295.941	267.376	279.348	236.697	229.024	259.122	307.890	441.358	846.390
EO	34.758	49.361	73.405	77.953	72.446	75.381	69.640	61.593	41.951	36.832
HI	28.761.822	36.949.151	35.796.813	33.737.251	30.445.116	34.192.298	38.056.365	30.636.264	30.652.259	34.204.500
NU	6.177.108	7.058.638	5.820.812	7.566.289	7.868.603	6.873.471	7.690.909	7.217.228	7.330.388	8.161.669
TG	7.755.348	5.742.524	4.880.263	6.752.353	4.632.978	5.297.471	6.468.507	7.824.766	9.801.663	10.379.606
TV	12.650.648	6.901.415	3.111.130	3.675.475	10.298.372	13.853.674	15.044.924	17.312.645	18.811.951	15.872.795
SO	36	43	47	65	70	81	90	109	144	76
TOT	81.058.360	82.986.610	76.636.521	83.687.350	95.409.768	100.918.104	106.660.267	103.452.438	108.261.553	107.871.579

Cuadro 2

La nomenclatura utilizada para este caso es la siguiente:

CC: Ciclos combinados(CG + CV)	DI: Diesel
EO: Eólico	HI: Hidráulica
NU: Nuclear	TG: Turbogas
TV: Turbovapor	SO: Solar



4.1.1.c. Consumo de combustibles para producción de energía eléctrica

En el Cuadro 3 que se muestra a continuación, se observan los diferentes consumos anuales de cada tipo de combustibles utilizados en la generación de energía eléctrica.

CONSUMO DE COMBUSTIBLES										
TIPO	AÑO									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Carbón tn	489.935	224.243	64.818	71.254	357.926	610.124	553.634	589.120	803.416	714.734
Gas natural Mm ³	10.997.905	9.081.047	8.014.517	9.509.785	10.912.786	11.455.278	11.807.390	12.374.863	13.314.955	12.986.776
Fuel oil tn	654.149	147.163	39.975	121.677	824.480	1.127.540	1.529.303	1.868.697	2.333.537	1.597.971
Gas oil tn	113.814	83.668	71.486	77.555	128.180	94.855	203-251	728.503	761.405	867.339
ULE Kg	22.104	19.495	14.021	28.337	40.326	31.140	29.272	36.746	33.787	29.894
U nat kg	82.095	102.750	90.657	101.157	93.551	88.756	99.986	83.598	91.199	103.247

Cuadro 3

4.1.1.d. Consumo de acuerdo al tipo y cantidad de usuarios

En el Cuadro 4 se muestra en forma consolidada la cantidad de energía consumida por los distintos tipos de usuarios, así como también su participación en el consumo de energía eléctrica.

ENERGÍA FACTURADA DURANTE EL AÑO 2009					
Tipo de usuario	Energía en MWh por año	Participación porcentual	Cantidad de usuarios	Energía en kWh por usuario y por año	Energía en kWh por usuario y por mes
Residencial	31.349.358	34,11	11.756.321	2.667	222
Comercial	18.205.249	19,81	1.340.999	13.576	1.131
Industrial	31.060.464	33,8	181.912	170.774	14.229
S. Sanitarios	1.017.595	1,11	2.137	476	39.667
Alumbrado	3.368.437	3,67	4.038	834.184	69.515
Riego	822.207	0,89	10.526	78.112	6.509
Oficial	2.802.843	3,05	102.912	27.235	2.270
Electrificación rural	973.597	1,06	212.294	4.586	382
Otros	1.639.483	1,78	136.471	12.013	1.001
Tracción	662.139	0,72	1.360	486.867	40.572
TOTAL	91.901.372	100	13.748.970		

Cuadro 4

4.1.2 SEGUNDA ETAPA – ANÁLISIS

4.1.2.a. Potencia nominal instalada

En la Fig.1 a continuación, se han graficado los valores totales obtenidos en el Cuadro 1 a los efectos de facilitar su visualización.

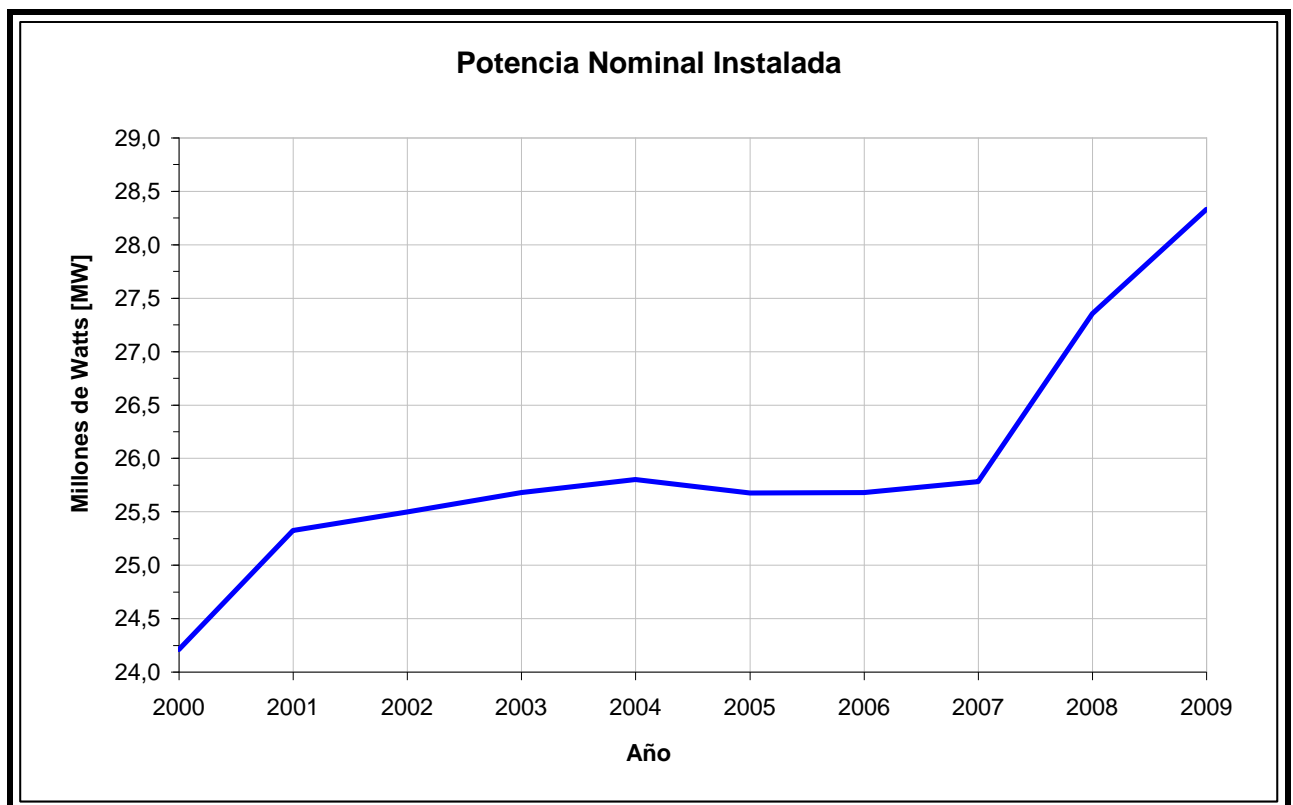


Fig.1

En la Fig.2 se ha superpuesto al gráfico original de la Fig.1, una línea de tendencia polinómica en color rojo.

En esta curva podemos analizar que la potencia instalada venía teniendo un crecimiento hasta el año 2001, a partir del cual se observa un estancamiento, cuyos motivos se deben a los efectos de la devaluación y del posterior congelamiento de las tarifas eléctricas, lo cual llevó a la falta de inversión por los correspondientes productores.

A partir del año 2007, se produce un incremento de la potencia instalada.

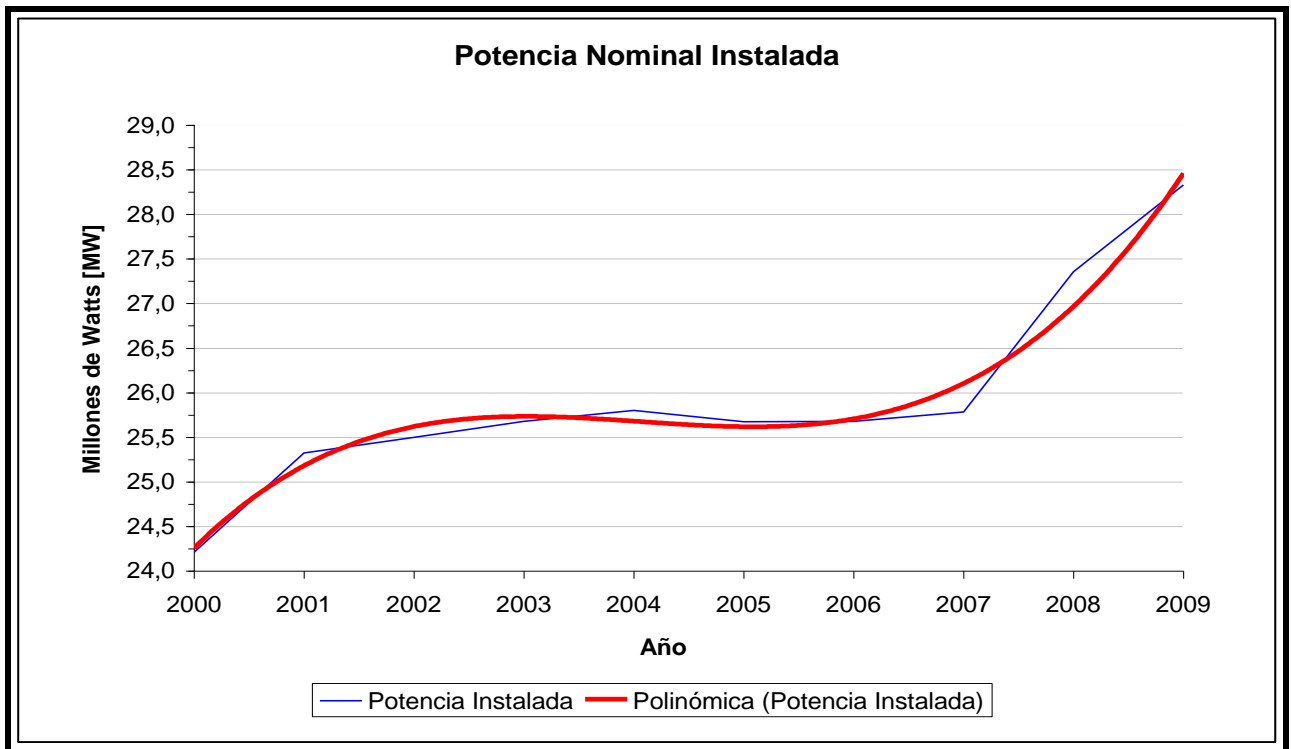


Fig.2

4.1.2.b. Generación de energía eléctrica

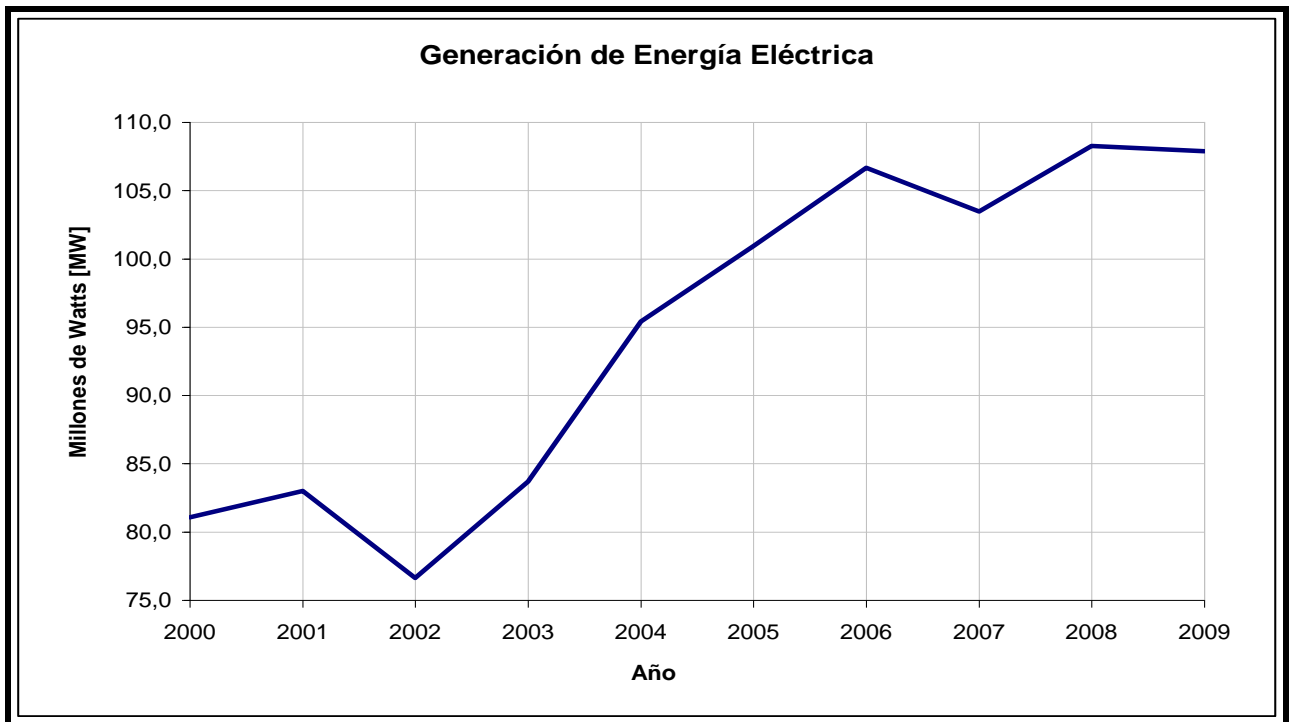


Fig.3

Del mismo modo que con la potencia nominal instalada, en la Fig 3. se han graficado los valores totales consolidados correspondientes a la generación de energía eléctrica.

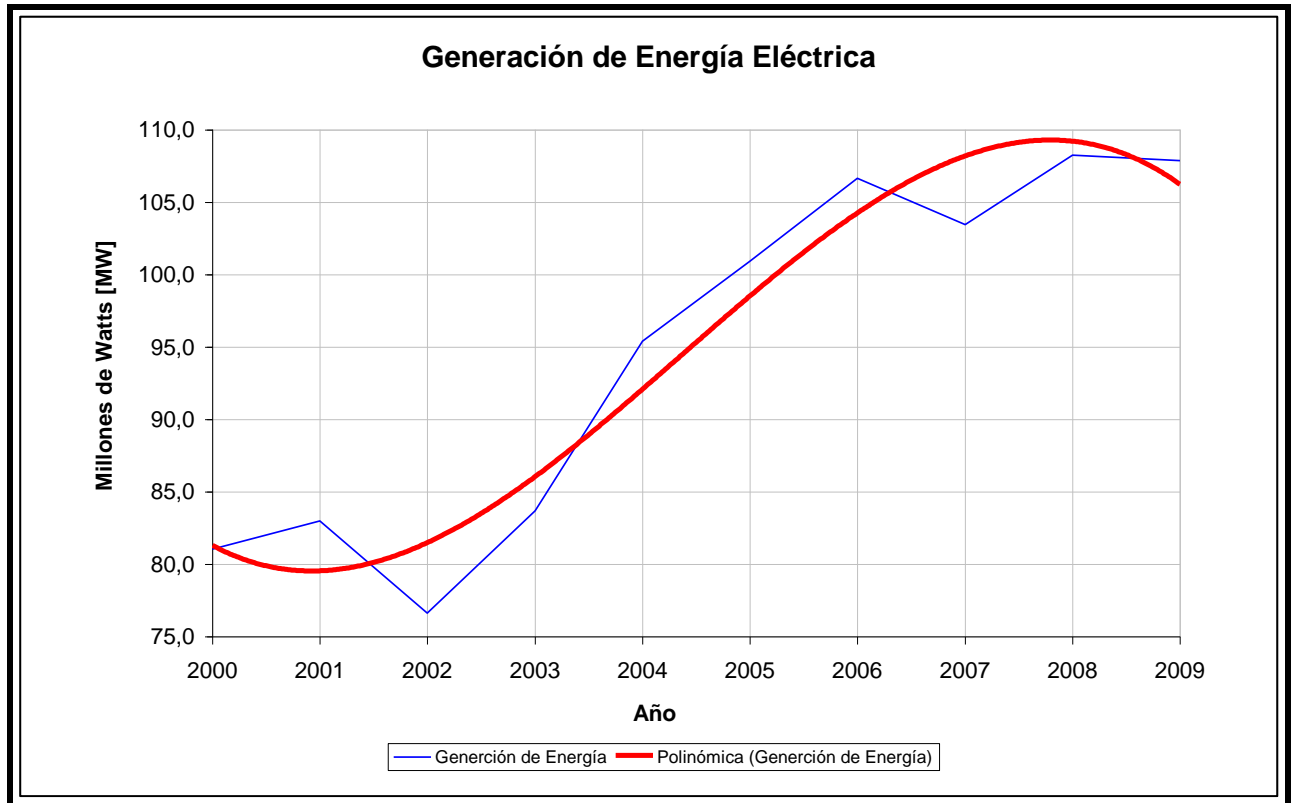


Fig.4

En la Fig.4 se muestra el trazado de una línea de tendencia polinómica construida a partir de los datos de la Fig.3.

4.1.2.c. Análisis de tendencias

De los datos y curvas presentadas se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El consumo se fue incrementando hasta el año 2001.
- En el año 2002 se observa una fuerte caída en el consumo debido a los hechos ocurridos, que terminaron en una fuerte devaluación de la moneda.
- A partir del año 2003 se muestra un crecimiento del mismo, en parte a la reactivación de algunos sectores industriales.
- La persistencia de este aumento del consumo llevó a tener un estancamiento a partir del 2006, con una caída en el consumo, debido a la falta de suministro por las generadoras y los cortes que debieron soportar ciertas industrias, ante la falta de gas para consumo domiciliario.



4.1.3 TERCERA ETAPA – RESULTADOS

4.1.3.a. Análisis de la distribución del consumo de acuerdo al tipo y cantidad de usuarios

De los datos ofrecidos en el Cuadro 4, analizaremos específicamente los consumos de tipo residencial y comercial, los cuales se encuentran seleccionados.

Se observa que el consumo de los usuarios residenciales y comerciales tiene una participación del 53,92 % sobre el total.

4.1.3.b. Análisis de consumos de tipo residencial

Dentro de los consumos residenciales se estima que los mismos se dividen en forma aproximada de acuerdo a los siguientes porcentajes:

Refrigerador	30 %
Iluminación	30 %
Demás usos	40 %

Tomando como base estos porcentajes, el consumo promedio para iluminación de un usuario residencial es de: 30% de 222 kWh/mes = 66,60 kWh/mes. Este consumo es equivalente a la utilización de una potencia en forma permanente de:

$$P = \frac{66,60 \left(\frac{\text{kWhoras}}{\text{mes}} \right)}{24 \left(\frac{\text{horas}}{\text{día}} \right) \times 30 \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}} \right)} = 0,0925 \text{ kW}$$

Esta potencia utilizada por la totalidad de los usuarios residenciales, es equivalente a:

$\left. \begin{array}{l} \text{Potencia promedio} \\ \text{total de usuarios :} \end{array} \right\} \Rightarrow 0,090925 \left(\frac{\text{kW}}{\text{usuario}} \right) \times 11.756.321 \text{ usuarios} = 1.087.460 \text{ kW}$
--



Este análisis corresponde a un uso en forma constante de la potencia promedio, pero en realidad el uso de iluminación se realiza durante una cierta cantidad de horas al día, de acuerdo a las necesidades y a la época del año.

Esto hace que la demanda de potencia para un mismo consumo de energía se vea incrementada durante unas pocas horas.

Con un promedio en el uso de iluminación de 5 horas diarias, durante 30 días, nos lleva a la potencia promedio utilizada por cada usuario y la potencia simultánea para la totalidad del espectro de:

$$P = \frac{66,60 \left(\frac{\text{Whoras}}{\text{mes}} \right)}{5 \left(\frac{\text{oras}}{\text{día}} \right) \times 30 \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}} \right)} = 0,444 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia total} = 0,444 \left(\frac{\text{W}}{\text{usuario}} \right) \times 11.756.321 \text{ usuarios} = 5.219.807 \text{ kW}$$

4.1.3.c. Análisis de consumos de tipo comercial

Dentro de los consumos comerciales la mayor parte se utiliza en iluminación y acondicionamiento de aire, estimando para el primero un 20 % del total para iluminación con lámparas incandescentes. Tomando como base este porcentaje, el consumo promedio para iluminación de un usuario comercial es de: 20% de 1.131 kWh = 226,2 kWh por mes.

Este consumo es equivalente a la utilización de una potencia en forma permanente de:

$$P = \frac{226,2 \left(\frac{\text{kWhoras}}{\text{mes}} \right)}{24 \left(\frac{\text{oras}}{\text{día}} \right) \times 30 \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}} \right)} = 0,314 \text{ kW}$$

Esta potencia utilizada por la totalidad de los usuarios comerciales, es equivalente a:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Potencia promedio} \\ \text{total de usuarios} \end{array} \right\} \Rightarrow 0,314 \left(\frac{\text{W}}{\text{usuario}} \right) \times 1.340.999 \text{ usuarios} = 421.074 \text{ kW}$$



Al igual que los usuarios residenciales esta es una potencia promedio de uso continuo, pero se debe tener en cuenta las horas de utilización.

Con un promedio en el uso de iluminación de 5 horas diarias, durante 22 días, nos lleva a que la potencia promedio utilizada por cada usuario y la potencia simultánea para la totalidad del espectro de:

$$P = \frac{226,2 \text{ (kWhoras/mes)}}{5 \text{ (horas/día)} \times 22 \text{ (días/mes)}} = 2,05 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia total} = 2,05 \text{ kW} \times 1.340.999 = 2.749.048 \text{ kW}$$

4.1.3.d. Características de las lámparas en estudio

Teniendo en cuenta que dentro de los artefactos de iluminación, se encuentran lámparas del tipo fluorescentes e incandescentes, haremos un análisis en el cual se contemple el cambio de una lámpara incandescente de 75 W por otra del tipo fluorescente de bajo consumo de 18 W, cuyas características son las siguientes:

LÁMPARA INCANDESCENTE NORMAL	
Potencia	75 W
Tensión nominal	220 V
Flujo luminoso	890 Lúmenes
Vida promedio (en forma continua y exenta de vibraciones)	1.000 horas

LÁMPARA COMPACTA FLUORESCENTE DE BAJO CONSUMO	
Potencia	18 W
Tensión nominal	220 V
Flujo luminoso	1060 Lúmenes
Vida promedio (en forma continua y exenta de vibraciones)	8.000 horas



4.1.4 CUARTA ETAPA – CONCLUSIONES

El análisis de implementación del cambio de lámparas del tipo incandescente por lámparas fluorescentes de bajo consumo nos conduce a:

4.1.4.a. Ahorro en el consumo

De acuerdo a los datos estadísticos de consumo, y las características técnicas de las lámparas, en el siguiente cuadro se resumen valores de ahorro en el consumo por el cambio de una lámpara, y también porcentajes de ahorro en función del número de las mismas.

	Usuarios residenciales	Usuarios comerciales
Ahorro de potencia por cambio de una lámpara	0,057 kW	0,057 kW
Tiempo de uso por día:	5 horas	5 horas
Ahorro de consumo diario	0,285 kWh	0,285 kWh
Ahorro en el consumo mensual	8,55 kWh	8,55 kWh
Ahorro en el consumo anual por usuario por lámpara	102,6 kWh	102,6 kWh
Cantidad de usuarios	11.756.321	1.340.999
Ahorro en el consumo total anual	1.206.199 MWh	137.586 MWh

Cantidad de lámparas a sustituir	Porcentaje de energía ahorrada por usuarios residenciales sobre el total del consumo anual	Porcentaje de energía ahorrada por usuarios comerciales sobre el total del consumo anual
1	1,31 %	0,15 %
2	2,62 %	0,30 %
3	3,93 %	0,45 %
4	5,24 %	0,60 %
5	6,55 %	0,75 %



4.1.4. b. Ahorro en la demanda de potencia durante el tiempo de utilización de lámparas para iluminación

La potencia total instalada para generación de energía eléctrica en el país es de 28.330 MW, de la cual la demanda máxima fue para el año 2009 de alrededor de 19.000 MW, o sea un 67 % de la misma.

En el siguiente cuadro se encuentran valores de la potencia ahorrada en función de la cantidad de lámparas en las que se efectuó el cambio.

Cantidad de lámparas a efectuar el cambio	Potencia ahorrada en usuarios residenciales en MW	Potencia ahorrada en usuarios comerciales en MW	Potencia total ahorrada en MW
1	670	76,4	746,4
2	1.340	152,8	1.492,8
3	2.010	229,2	2.239,2
4	2.680	305,6	2.985,6
5	3.350	382,0	3.732,0

4.1.4.c. Resumen de los ahorros obtenidos según los datos estadísticos correspondientes al año 2009

DATOS ESTADÍSTICOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 2009		
Potencia eléctrica total instalada	kW	28.330.457
Energía eléctrica consumida (Facturada)	MWh	91.901.372
Energía eléctrica factible de ser ahorrada por consumidores residenciales por cambio en 3 lámparas	MWh	3.611.724
Energía eléctrica factible de ser ahorrada por consumidores comerciales por cambio en 2 lámparas	MWh	275.704
Total energía eléctrica factible de ser ahorrada	MWh	3.887.428
Total energía eléctrica factible de ser ahorrada en porcentaje	%	4,23
Potencia factible de ser ahorrada en horas pico por usuarios residenciales	MW	2.010
Potencia factible de ser ahorrada en horas pico por usuarios comerciales	MW	153
Total potencia factible de ser ahorrada	MW	2.163
Total potencia factible de ser ahorrada en porcentaje	%	7,63



4.1.4.d. Conclusiones de la primer fase

En el análisis realizado, se muestra el beneficio por el cambio de este tipo de lámparas, ya que al disminuir el consumo, trae aparejado un ahorro en la utilización de combustibles y además un beneficio ambiental por la menor cantidad de gases liberados a la atmósfera.

Se debe tener en cuenta que el estudio realizado se ha hecho en función de la energía facturada a los usuarios, por lo que este consumo deberá ser incrementado debido a las pérdidas que se producen en todo el sistema de transmisión y distribución, el cual está dado por la diferencia entre la energía generada y la facturada, lo cual representa un 14,8 %.

Este tipo de cambio se ha de lograr mediante la concientización en los usuarios por una parte y por otra por la reglamentación actual que no permite la fabricación de lámparas incandescentes, de la necesidad de ahorrar consumos de energías no renovables, disminuir la degradación del medio ambiente y dada la actual situación de falta de gas, disminuir el corte del suministro a ciertos sectores, que afectarían una incipiente mejora en la producción y bienestar.



ANÁLISIS DE CORRIENTES ARMÓNICAS

EN LÁMPARAS DE BAJO CONSUMO

5. DESARROLLO DE LA SEGUNDA FASE

En el laboratorio se realizaron mediciones que permitieron obtener en forma gráfica y cuantitativa las formas de ondas de corriente en lámparas de bajo consumo (LBC). Se emplearon lámparas standard, de formato recto, de 18W de potencia. (Ver ANEXO A).

5.1 Análisis Monofásico

5.1.1 PRIMERA ETAPA – RELEVAMIENTO DE DATOS

Se ensayaron en forma individual lámparas de 18W standard de mercado, con un rendimiento lumínico equivalente aproximadamente a una lámpara incandescente de 75W, sobre una red de 220V monofásica.

La mediciones se realizaron con un osciloscopio digital y la ayuda de una resistencia Standard.(Ver ANEXO A).

5.1.1.a Circuito de ensayo para red monofásica

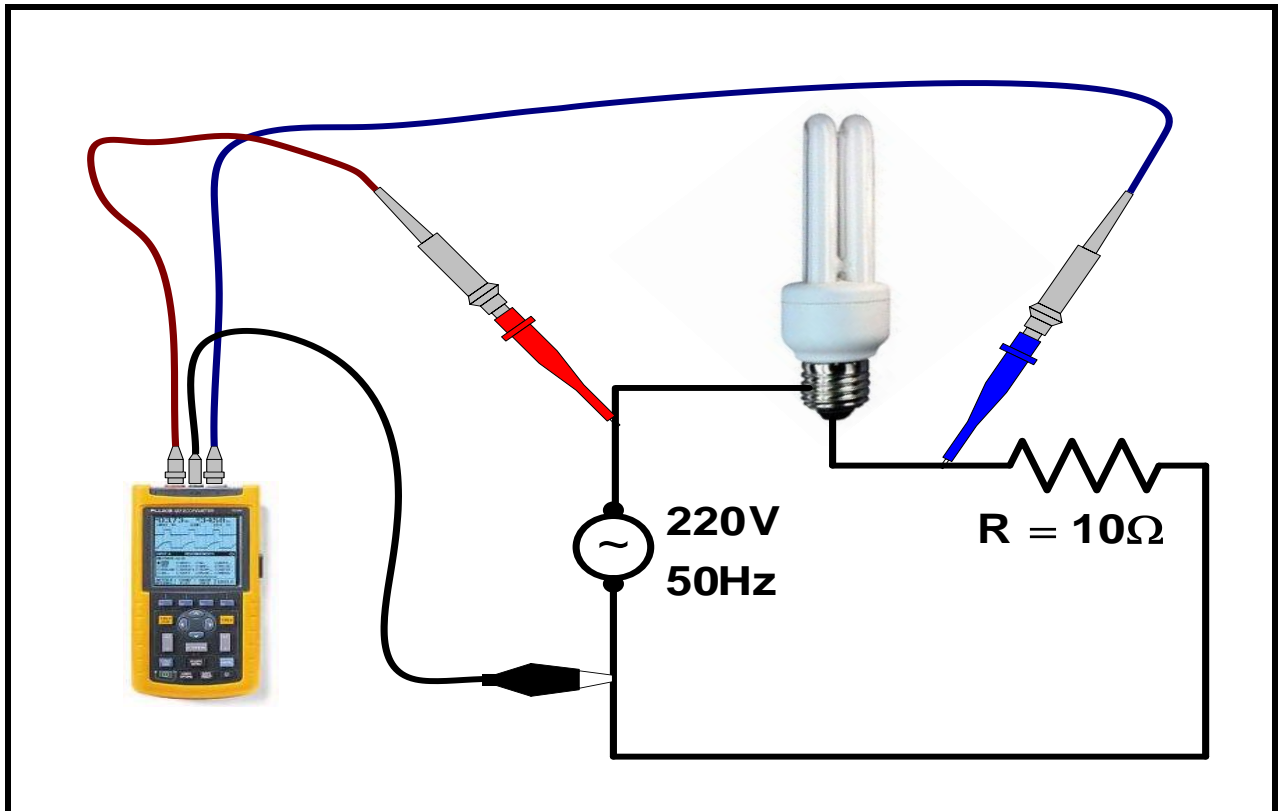


Fig.5

El circuito de ensayo de la Fig.5 corresponde a la medición de la tensión de red en el canal A del osciloscopio (punta de medición roja en el esquema), y la tensión obtenida sobre una resistencia de 10Ω en el otro canal (canal B). Dada la configuración del circuito, esta última tensión resulta proporcional a la corriente consumida por la lámpara.

5.1.1.b Relevamiento de datos

El osciloscopio empleado viene provisto de un software propietario que permite descargar los datos obtenidos sobre una computadora, pudiéndose obtener tanto los datos cuantitativos relevados, como la imagen de la pantalla mostrada en la Fig.6.

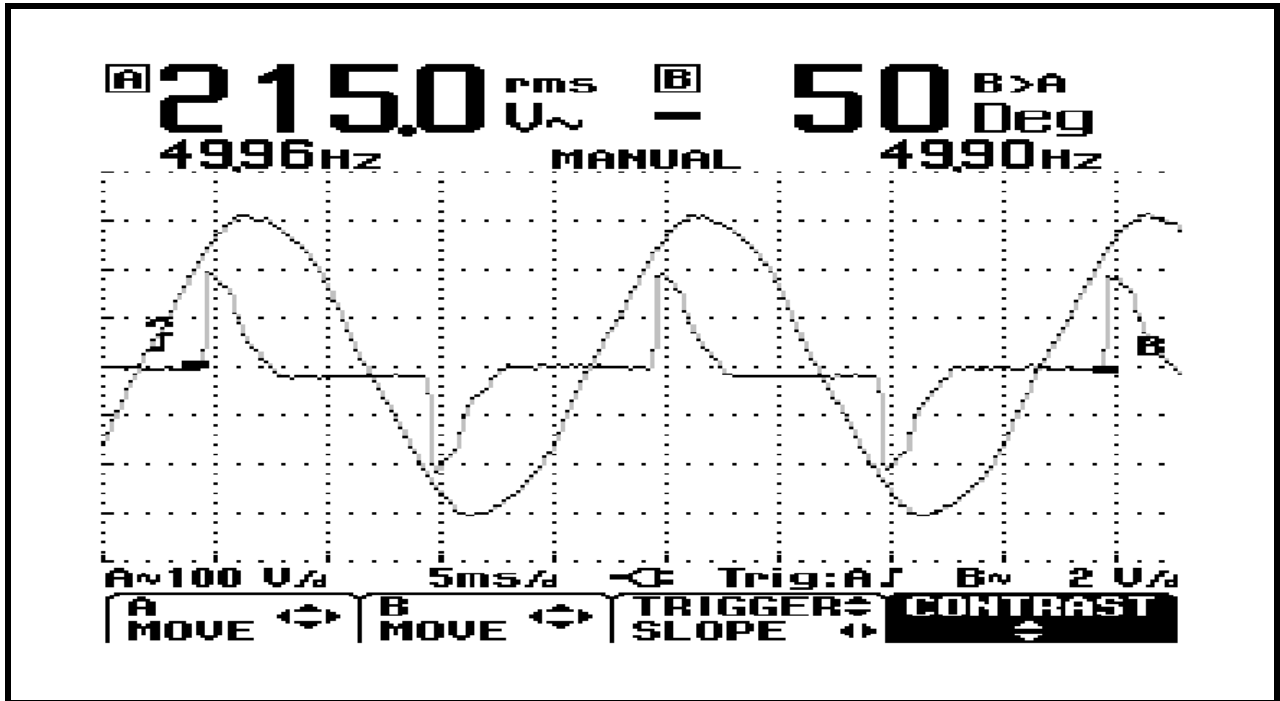


Fig.6

Los datos relevados por el osciloscopio consisten en el valor de la tensión medida por cada canal, expresados según la escala seleccionada. El muestreo del instrumento permite obtener 100 mediciones por cada ciclo de 50 Hz. (Ver ANEXO B).

Nótese que la escala de tensión para el canal A (tensión de red), es de 100V/d mientras que la escala del canal B (corriente) corresponde en realidad a una tensión. En éste último canal, la escala de la corriente se encuentra expresada en volts (2V/d) debido a que en el canal B, se está indicando la lectura de tensión sobre la resistencia de 10Ω.

Como la corriente que circula (por la resistencia y por la lámpara) resulta proporcional a la tensión medida sobre la resistencia, la medición podrá obtenerse por medio de la siguiente expresión.

$$\text{Escala de Corriente [mA]} = \frac{\text{Escala de Tensión [V]}}{10\Omega}$$

5.1.2 SEGUNDA ETAPA - ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN DEL CÁLCULO.

En la Fig.7 se han graficado las señales relevadas a fin de conocer la forma de las mismas y la coherencia de los datos obtenidos. Pueden observarse las formas de onda de tensión, corriente y potencia en las que se han omitido ex profeso las unidades de las mismas y han sido acondicionadas al solo efecto de su visualización.

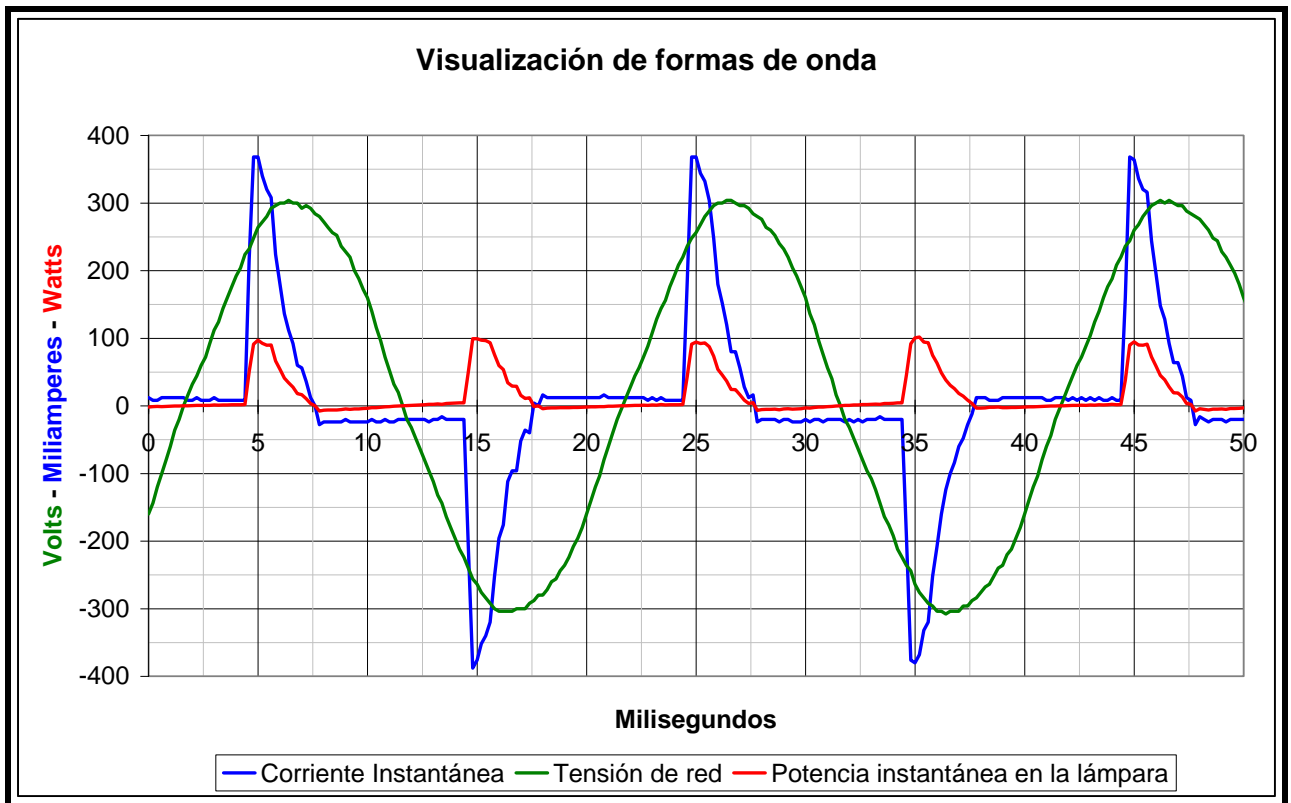


Fig.7

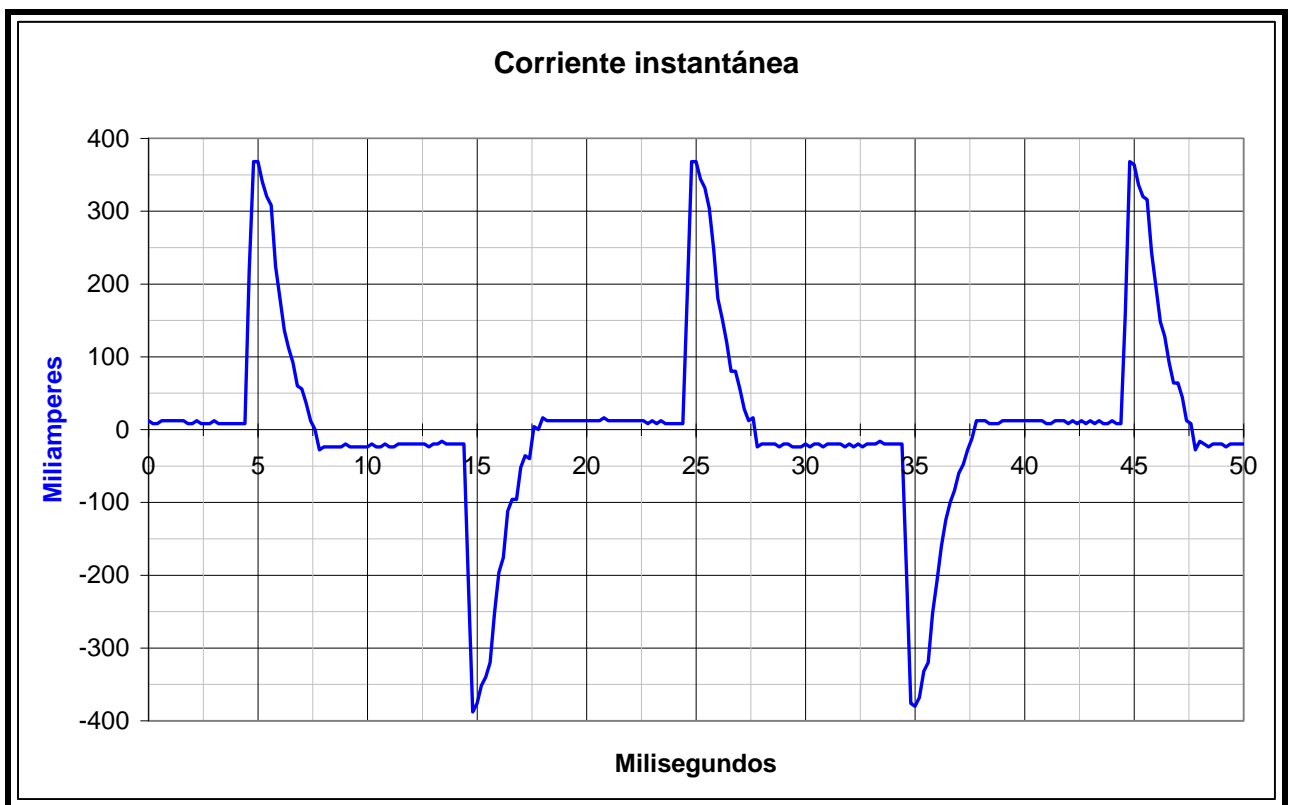


Fig.8

Puede verse el desfase producido entre la tensión y la corriente, lo que muestra que la demanda de potencia se produce sólo cuando la tensión supera determinado valor. Esta característica es propia de los circuitos electrónicos (integrados a las lámparas), que proveen el arranque y control de las mismas.

En la Fig.8 podemos observar en escala de corrientes y con mas detalle, que la corriente instantánea tiene un tiempo de ataque muy breve, lo que hace suponer a priori una gran cantidad de contenidos armónicos de altas frecuencias, compatibles con la velocidad de crecimiento de la señal.

El máximo de la onda alcanza valores cercanos a los 400mA, por lo cual la corriente pico consumida es muy superior a la corriente media esperable si la lámpara fuese de tipo incandescente.

$$\text{Lámpara Incandescente} \Rightarrow \text{Corriente [mA]} = \frac{\text{Potencia [Watts]}}{\text{Tensión [Volts]}} \approx \frac{18W}{220V} = 82mA$$

La potencia instantánea (Fig.9), presenta formas similares a la corriente (aunque siempre en sentido positivo), que también muestra que la potencia entregada a la lámpara posee componentes de altas frecuencias.

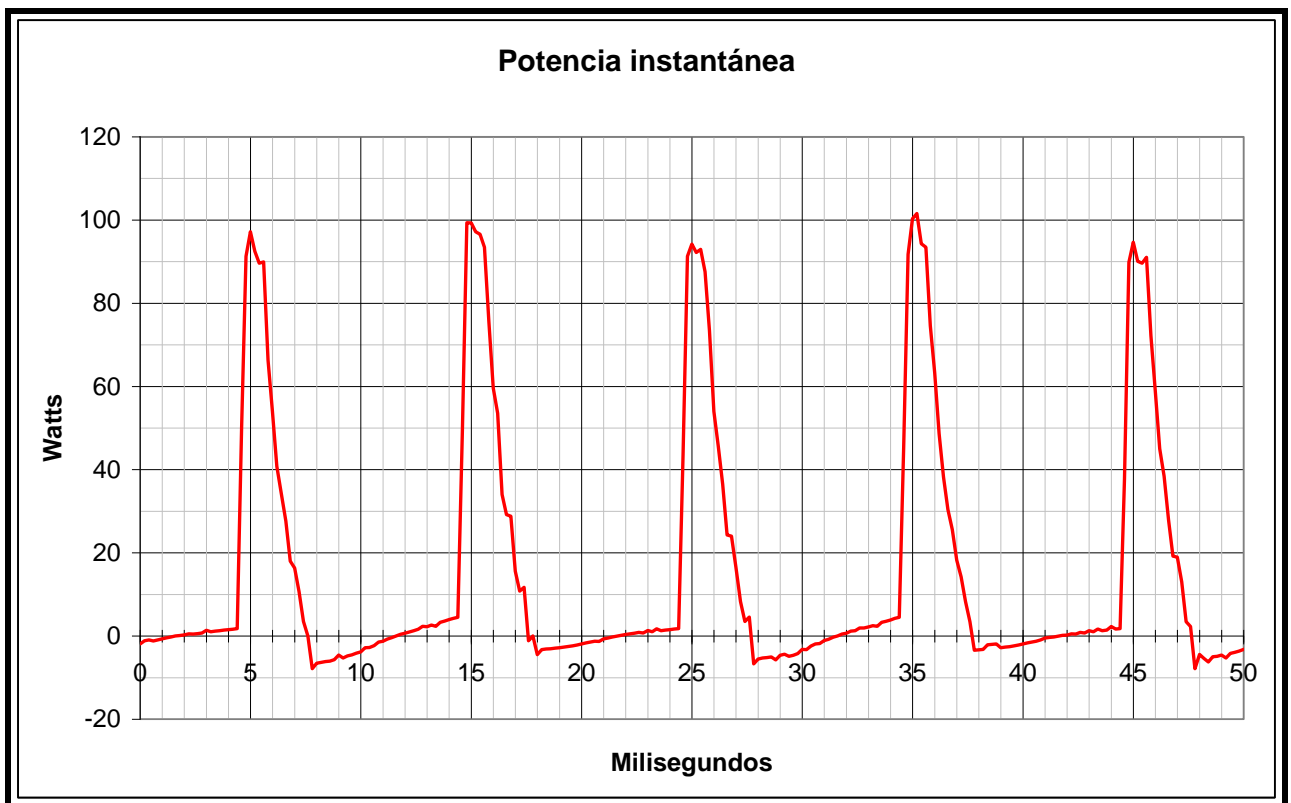


Fig.9



En la siguiente expresión se muestra cómo las impedancias cambian su valor según la frecuencia involucrada.

$$Z = R + jX$$

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

$$Z = R + j\left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)$$

Dónde:

Z=Impedancia

R=Resistencia

X=Reactancia

ω =Pulsación

L=Inductor

C=Capacitor

f=Frecuencia

Es por ello el interés de evaluar el contenido armónico de estas señales ya que las lámparas de bajo consumo demandarán diferentes corrientes para las distintas frecuencias.

5.1.2.a. Modelización de las formas de onda para el ensayo monofásico

A los efectos de analizar el comportamiento de la corriente, se han promediado los valores de diferentes períodos obteniendo un período promedio. A partir de este período promedio se observan (en forma simétrica para cada semiperíodo), tres zonas bien definidas como se muestran en la Fig.10.

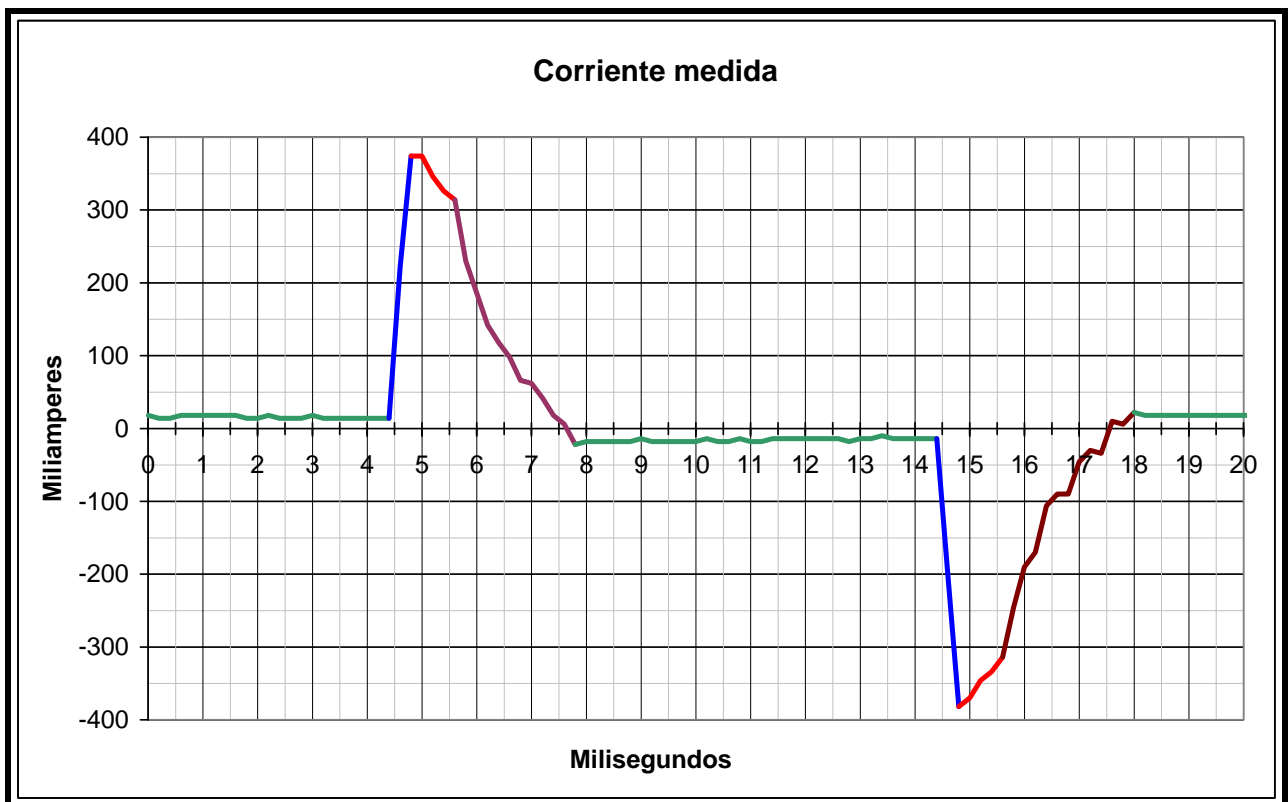


Fig.10



Las tres zonas definidas son:

- Un primer tramo, resaltado en azul, de crecimiento cuasi lineal correspondiente al arranque abrupto del dispositivo electrónico.
- Una segunda zona, resaltada en rojo, que presenta decrecimiento exponencial típico de un sistema de 1º orden y corresponde al disparo controlado por el dispositivo.
- Finalmente la tercer zona, resaltada en marrón, también responde a un sistema de 1º orden vinculado a la extinción del arco.

5.1.2.b. Modelización matemática

En Tabla 1 que se muestra a continuación, pueden verse las ecuaciones correspondientes a las aproximaciones matemáticas realizadas a cada uno de los tramos mencionados.

Aprox.1	$\Rightarrow I = 16 \text{ mA}$
Aprox.2	$\Rightarrow I = 90 \times (t - 4,4) + 16 \text{ mA}$
Aprox.3	$\Rightarrow I = 50 \times e^{-1,1 \times (t - 4,8)} + 250 \text{ mA}$
Aprox.4	$\Rightarrow I = 50 \times e^{-1 \times (t - 5,6)} - 40 \text{ mA}$
Aprox.5	$\Rightarrow I = -16 \text{ mA}$
Aprox.6	$\Rightarrow I = -90 \times (t - 14,4) + 372 \text{ mA}$
Aprox.7	$\Rightarrow I = -50 \times e^{-1,1 \times (t - 14,8)} + 250 \text{ mA}$
Aprox.8	$\Rightarrow I = -50 \times e^{-1 \times (t - 15,6)} - 40 \text{ mA}$
Aprox.9	$\Rightarrow I = 16 \text{ mA}$

Tabla 1

Los tramos modelizados que se muestran en la Fig.11 están representados por ecuaciones que responden a linealizaciones de cuadrados mínimos.

En la Fig.11 se han superpuesto a la curva de corriente (en color verde), nueve tramos de diferentes colores en los que se realizó una modelización matemática de los mismos con el objetivo de minimizar el efecto de las perturbaciones de la red, los errores de digitalización y los errores de medición.

Las aproximaciones propuestas, combinadas entre sí, conforman una curva ideal que se muestra en la Fig.12 y que nos servirá a los efectos de nuestro análisis.

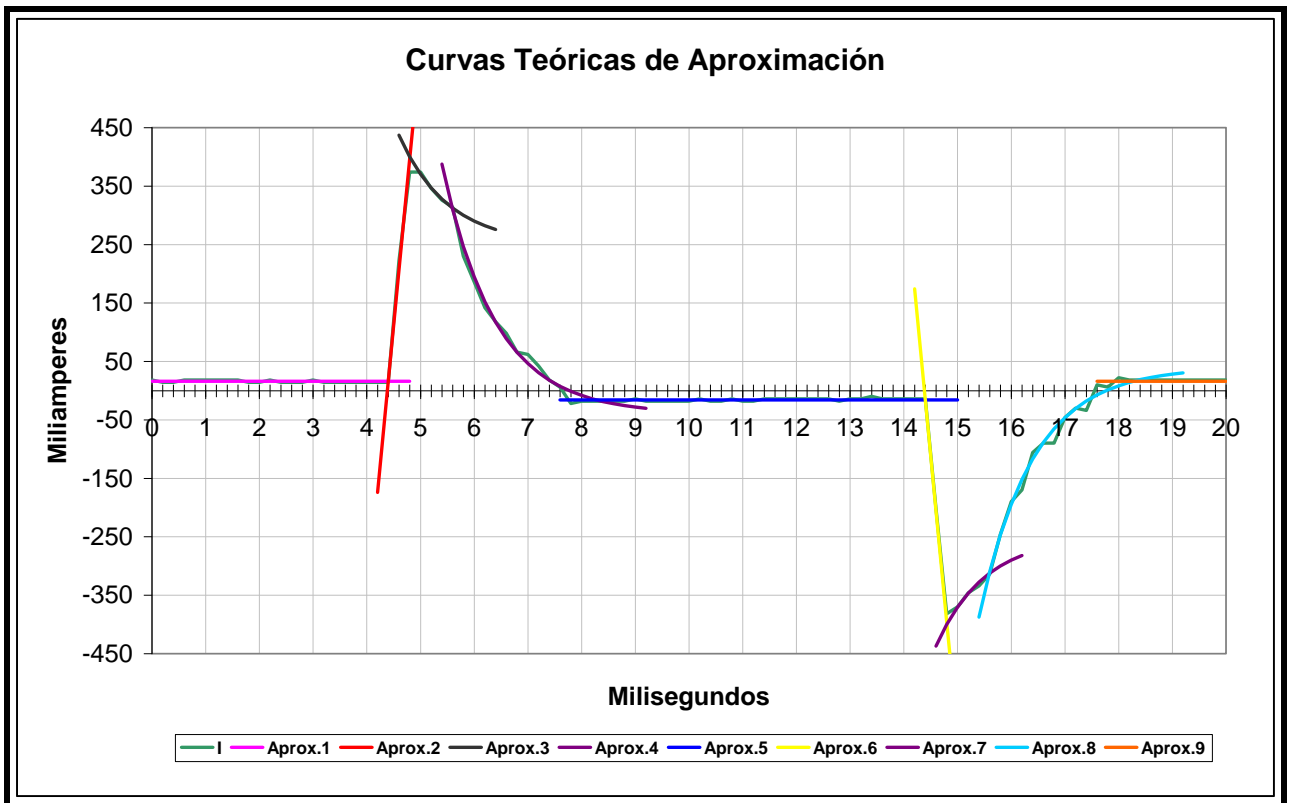


Fig.11

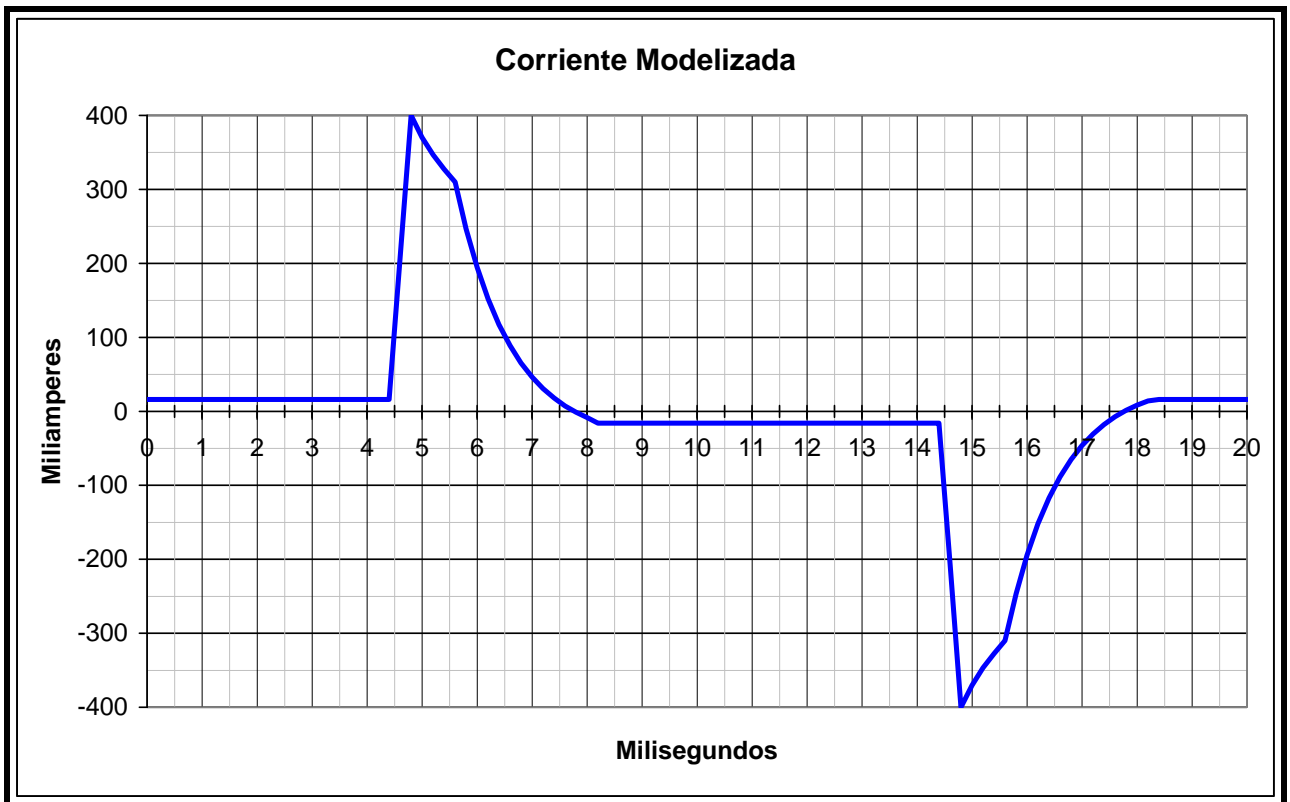


Fig.12

5.1.2.c. Análisis comparativo

En la Fig.13 se aprecia la diferencia existente entre la curva modelizada de la Fig.12 y la original graficada en la Fig.10. Estas diferencias "corregidas" en el modelo de corriente se deben en parte al ruido propio de la línea, pero también a la distorsión provocada por la digitalización que produce el osciloscopio al tomar valores discretos.

Finalmente puede observarse una perturbación sobre la extinción de la corriente que seguramente obedece a fenómenos oscilatorios propios de la respuesta conjunta de la lámpara y su control electrónico.

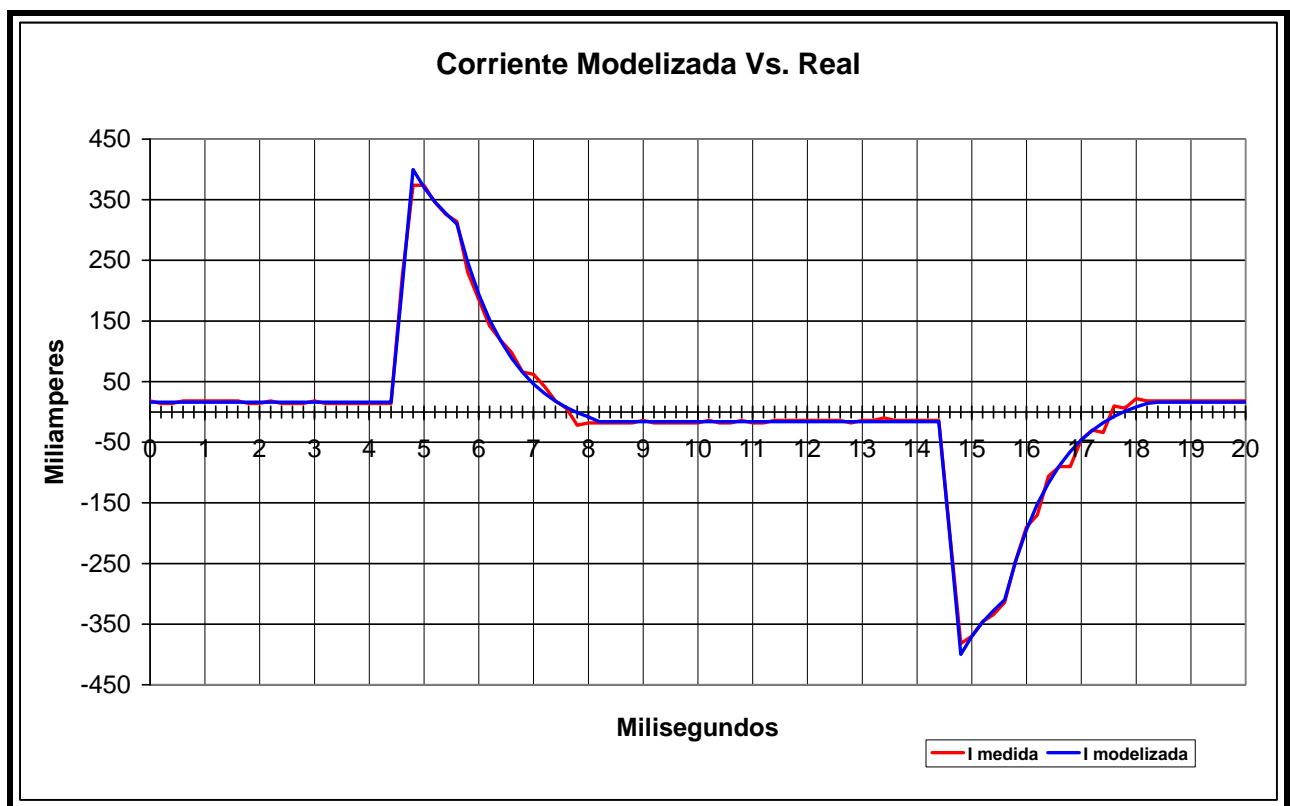


Fig.13

Dado que este estudio está basado en la evaluación de los contenidos armónicos de la corriente parece lógico considerar estas últimas perturbaciones, sin embargo, si se tiene en cuenta la Fig.8, podrá verse que en cada uno de los picos (incluyendo los negativos) se encuentran perturbaciones diferentes.

Es por eso que tratándose de un error menor, que además deviene en un fenómeno pseudo-aleatorio hemos simplificado el cálculo utilizando la curva modelizada acorde a fenómenos físicos conocidos e ideales. En el estudio trifásico se justificará más detalladamente esta simplificación.



5.1.3 TERCERA ETAPA – CÁLCULO.

En esta instancia recurriremos al análisis de Fourier para obtener el contenido armónico de la onda pura modelizada, libre de ruido, errores de cuantificación y/o medición, considerando todo el contenido armónico considerado de relevancia según el criterio de error que se explica en el siguiente punto.

5.1.3.a Reproducción de la onda de corriente monofásica

La serie de Fourier nos permite reproducir una señal periódica cualquiera a partir de ondas sinusoidales puras por medio de la siguiente expresión:

$$f_{\text{O}} = a_{\text{DC}} + \sum_1^{\infty} a_n \cos(\omega_0 t) + \sum_1^{\infty} b_n \text{sen}(\omega_0 t)$$

Donde a_{DC} corresponde al nivel de continua que conforma la onda, a_n y b_n a los valores máximos de una onda cosinusoidal y otra sinusoidal respectivamente. En ambos casos, el término ω_0 correspondiente a la pulsación de la onda, relacionado con la frecuencia por la expresión $2\pi f_0$, donde f_0 es la frecuencia fundamental de la señal que se desea representar. Las sumatorias expresan una serie infinita donde la variable n indica cada término que representa la n -sima armónica.

Para representar la forma de onda es necesario calcular previamente los coeficientes de Fourier a_{DC} , a_n y b_n , que por definición corresponden al cálculo de las siguientes integrales.

$$a_{\text{DC}} = \frac{1}{T} \int_0^{T} f_{\text{O}} dt \quad a_n = \frac{2}{T} \int_0^{T} f_{\text{O}} \cos(\omega_0 t) dt \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^{T} f_{\text{O}} \text{sen}(\omega_0 t) dt$$

Nótese que el intervalo de integración coincide con un período la función $f(t)$.

Dado que la reconstrucción teórica de la señal es sólo posible a partir de una serie infinita, hemos limitado la cantidad de términos a emplear en nuestro análisis. El criterio utilizado para acotar el número de armónicas ha tenido en cuenta el error cometido respecto de la función original.

En el ANEXO C se encuentran los coeficientes a_n y b_n calculados. El coeficiente a_{DC} no aparece en el anexo, ya que debido a la simetría de la onda de corriente modelizada, la integral correspondiente al cálculo de a_{DC} resulta nula, es decir que su valor medio resulta igual a cero.

Al reproducir la onda por medio de la serie de Fourier, considerando solamente 20 armónicas, la función $I_{(t)}$ hallada, corresponde a la aproximación mostrada en la Fig.14. Se puede apreciar a simple vista una importante diferencia con la Fig.12 correspondiente a la onda modelizada lo que nos obligará a tomar algún criterio respecto de la cantidad de armónicas

que se consideren en la serie de Fourier para obtener una onda de características aproximadas a la onda modelizada.

Al realizar un repaso de los parámetros fundamentales de la onda, se puede calcular inicialmente el valor eficaz (V_{RMS}) a partir de los coeficientes de Fourier o bien integrando la onda modelizada.

Al comparar los resultados obtenidos con ambas formas de cálculo se aprecias las siguientes diferencias:

$$I_{RMS (FOURIER)}|_{20 \text{ Armónicas}} = \sqrt{\sum_1^{20} \left(\frac{a_i^2}{2} + \frac{b_i^2}{2} \right)} = 127,214 \text{ mA}$$

$$I_{RMS (MODELIZADA)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt} = 128,259 \text{ mA}$$

Si bien el error relativo respecto a la señal modelizada es de tan sólo el 0,81%, este valor por sí mismo no parece bastante bueno para evaluar el contenido armónico adecuado, esto se debe a que el valor eficaz está basado en un cálculo cuadrático que no resulta suficiente para nuestro análisis.

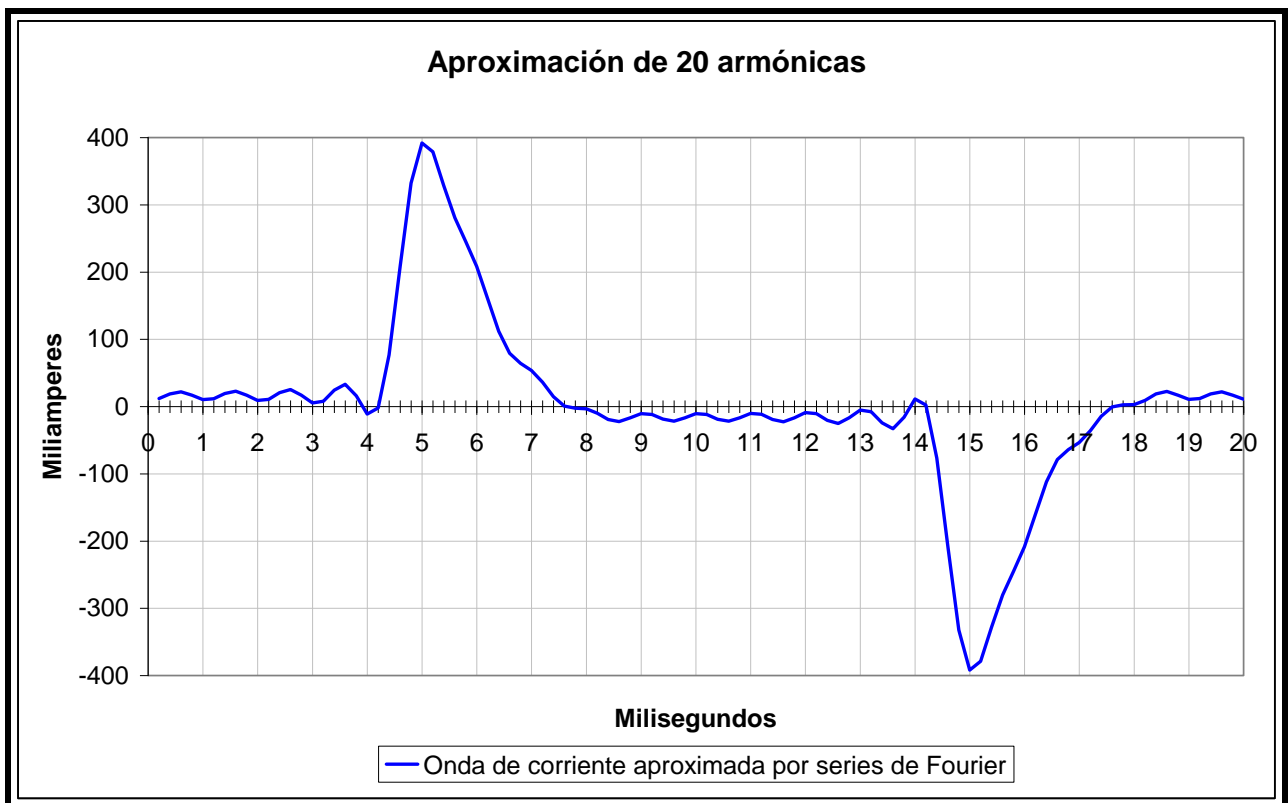


Fig.14

Desde el punto de vista de la distorsión armónica existen dos definiciones equivalentes, una a partir de la potencia y la otra utilizando la tensión (o corriente según sea conveniente). Siempre que estén aplicadas a la misma carga, podrán emplearse cualquiera de ellas.



$$\text{THD} = \frac{\sum_2^{\infty} P_i}{P_1} \qquad \text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_2^{\infty} C^2}}{I_1}$$

La **distorsión armónica total (THD)** representa la relación entre el contenido armónico total indeseado y la onda fundamental sinusoidal y puede adoptar valores que van de cero a infinito. En particular para nuestro caso propuesto de 20 armónicas calculado a partir de la corriente resulta:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_2^{20} C^2}}{I_1} = 1,118 \Rightarrow \text{THD}(\%) = 111,8\%$$

Este indicador, tampoco nos resulta demasiado útil a la hora de evaluar nuestra onda reproducida por series de Fourier, ya que en realidad por definición, nuestra reproducción será tanto mejor cuanto mayor distorsión presente, es decir cuando la serie no se limite sólo a 20 armónicas sino que tienda a infinito. Existen otros indicadores tales como el factor de forma y el factor de cresta que se pueden obtener a partir de las siguientes definiciones:

$$\text{Factor de forma} = \frac{I_{\text{RMS}}}{I_{\text{MEDIO ABS.}}}$$

$$\text{Factor de cresta} = \frac{I_{\text{PICO}}}{I_{\text{RMS}}}$$

$$\text{Donde} \left\{ \begin{array}{l} I_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T C^2 dt} \\ I_{\text{MEDIO ABS.}} = \frac{1}{T} \int_0^T |I(t)| dt \\ I_{\text{PICO}} = \text{Máximo valor absoluto en el período} \end{array} \right.$$

En ambos casos se utiliza el valor eficaz (V_{RMS}), valor que ya hemos discutido y descartado anteriormente como medida de comparación.

Por tal motivo, a fin de evaluar la "calidad" de la forma de onda reproducida a partir de las 20 primeras armónicas, hemos definido un nuevo indicador basado en el "error absoluto acumulado en un período". Como derivado de él puede obtenerse el error relativo (%) que será finalmente nuestro parámetro de comparación.

$$E_P = \int_0^T |I(t)_{\text{FOURIER}}| dt - \int_0^T |I(t)_{\text{MODELIZADA}}| dt$$



$$E_p(\%) = \frac{\int_0^T |I_{(t) \text{ FOURIER}}| dt - \int_0^T |I_{(t) \text{ MODELIZADA}}| dt}{\int_0^T |I_{(t) \text{ MODELIZADA}}| dt} = \frac{E_p}{\int_0^T |I_{(t) \text{ MODELIZADA}}| dt}$$

Donde $\begin{cases} E_p = \text{Error absoluto en un período} \\ E_p(\%) = \text{Error porcentual respecto de la onda idealizada} \end{cases}$

En la Tabla 2 se muestran los resultados comparativos de los diferentes parámetros obtenidos para el desarrollo de la serie de Fourier con 20, 30, 40 y 50 armónicas.

El criterio tomado para la elección del número de armónicas a considerar, corresponde a un error absoluto porcentual acumulado en un período de $E_p(\%) < 1\%$ que representa que la forma de onda reconstruida, no se aparta más allá del 1% de la forma originalmente modelizada.

Por tal motivo nuestro análisis se basará en una onda reconstruida a partir de las primeras 50 armónicas de la serie de Fourier.

CONTENIDO ARMÓNICO	APROXIMACIÓN POR TRANSFORMADA DE FOURIER			
	20	30	40	50
V_{RMS} [mA]	127,214	128,062	128,223	128,259
V_{RMS} %	99,19%	99,85%	99,97%	100,00%
Error relativo (1- V_{RMS} %)	0,81%	0,15%	0,03%	0,00%
THD %	111,8%	113,11%	113,37%	113,42%
Factor de forma	1,845	1,857	1,859	1,860
Factor de Cresta	3,144	3,123	3,120	3,119
E_p [mA]	952	476	214	2
E_p %	13,8%	6,9%	3,1%	0,0%

Tabla 2

En las Figuras 15, 16 y 17 se muestran las aproximaciones de la serie de Fourier realizadas con 30, 40 y 50 armónicas respectivamente.

Puede apreciarse en cada caso la paulatina mejora de la forma de onda con el aumento del número de armónicas representado.

En la Fig.17 se puede ver la coherencia de los datos de la Tabla 2 que se corresponden con la aproximación de 50 armónicos graficada. Resulta evidente que ésta aproximación responde con bastante fidelidad a la forma de onda propuesta inicialmente.

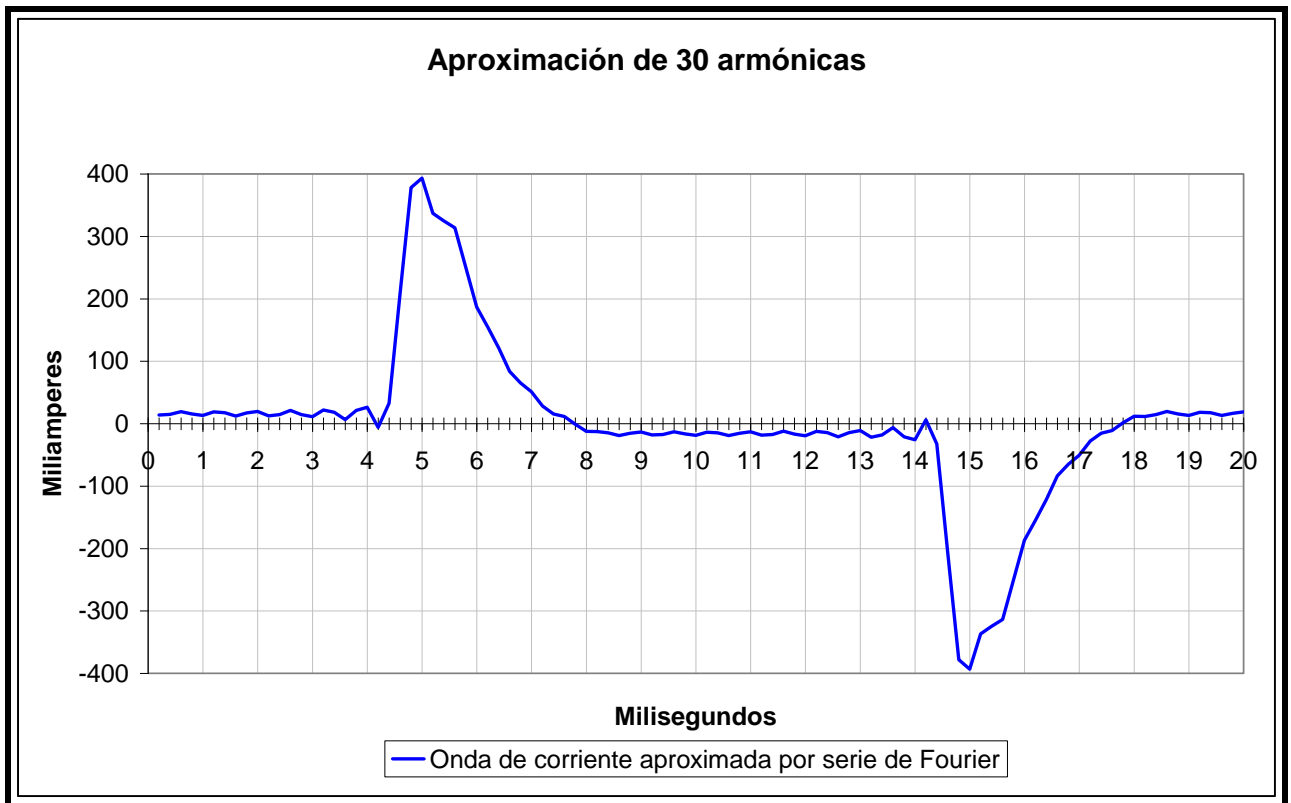


Fig.15

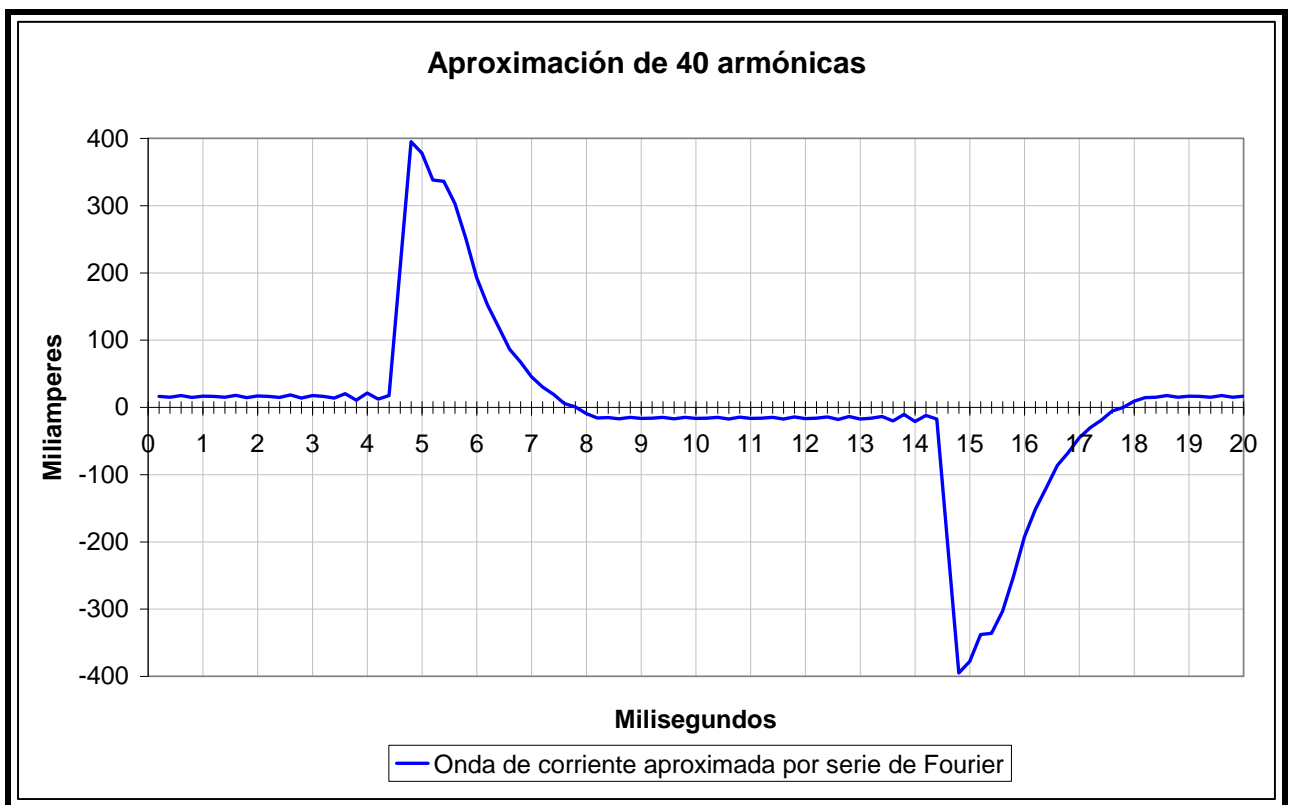


Fig.16

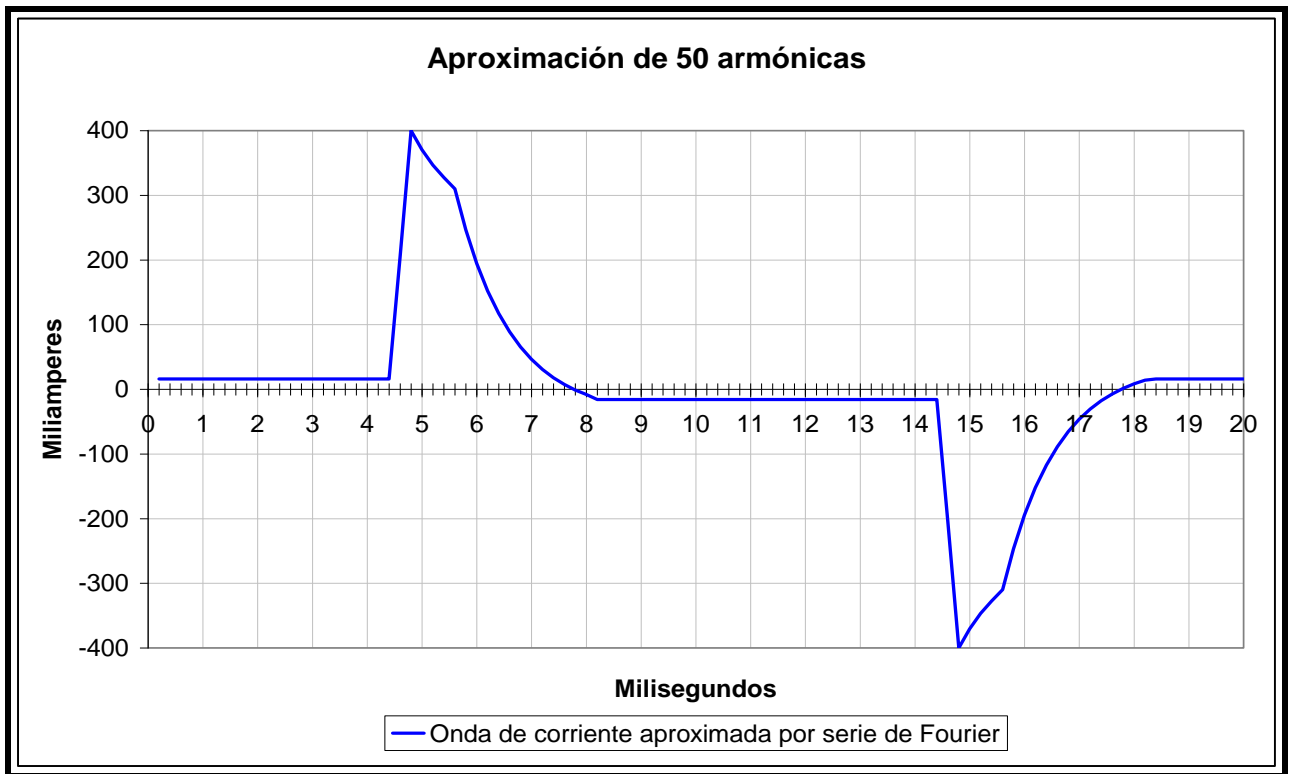


Fig.17

5.1.3.b Evaluación de los contenidos armónicos

De los datos relevados por el instrumental, el software del mismo permite obtener el diagrama del espectral que se muestra en la Fig.18.

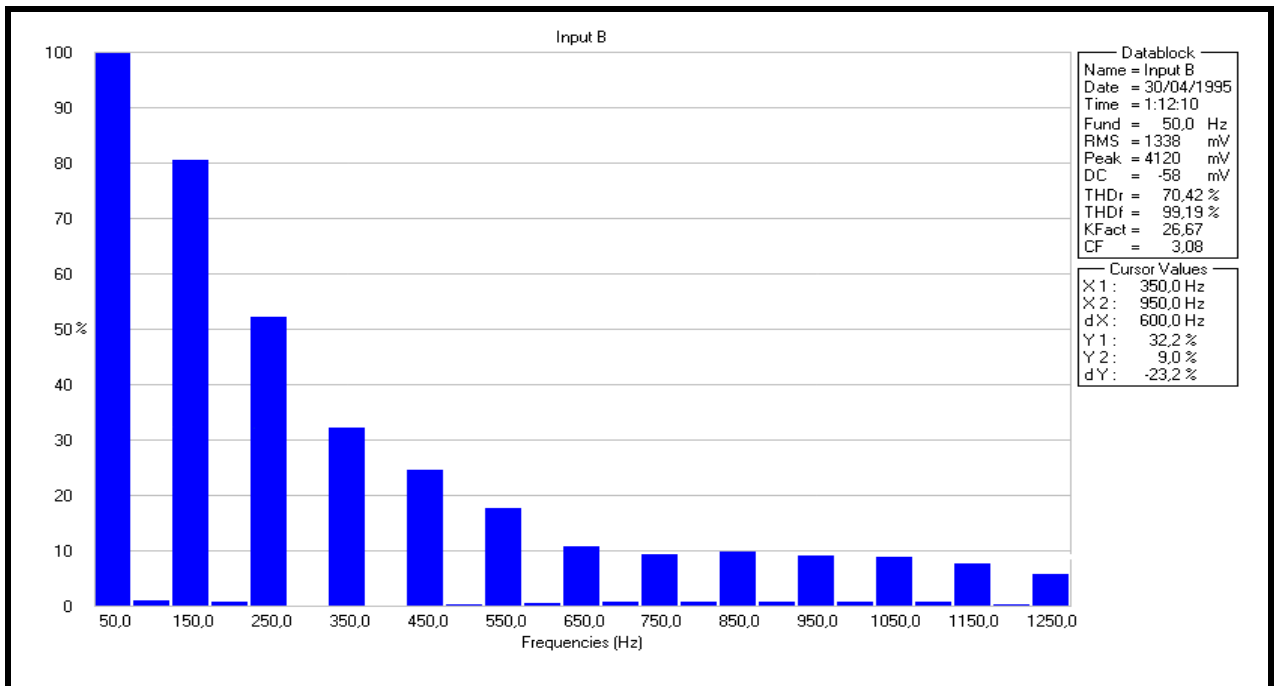


Fig.18



A partir de la corriente modelizada de la Fig.17 y con los coeficientes del ANEXO C para las 50 armónicas, se ha calculado el contenido espectral con los coeficientes A_n por medio de la siguiente expresión que resulta del análisis de Fourier:

$$A_n = 2 \cdot C_n = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{a_n}{2}\right)^2 + \left(\frac{b_n}{2}\right)^2}$$

$$I_{(t)} = \sum_1^{\infty} A_n \cdot \cos(\omega_0 t - \varphi)$$

$$\varphi = \arctang \cdot \left(\frac{b_n}{a_n}\right)$$

Los coeficientes A_n obtenidos corresponden al valor máximo de cada armónica del conjunto expresado únicamente como función coseno y sus valores absolutos no suelen ser de mayor interés por lo cual se los representa en forma porcentual respecto de la primera armónica.

En la Tabla 3 se observa un resumen de los valores obtenidos en el ANEXO D. En este resumen, han sido eliminados los coeficientes de las armónicas pares ya que por la simetría de la onda resultan de valor nulo.

n	a_n	b_n	C_n	A_n	A_n (%)	Frecuencia
1	-1,5	119,9	60,0	120,0	100,0	50
3	41,0	-87,5	48,3	96,7	80,6	150
5	-39,4	53,6	33,3	66,5	55,5	250
7	25,1	-36,3	22,1	44,1	36,8	350
9	-14,6	28,3	15,9	31,8	26,5	450
11	6,8	-21,4	11,3	22,5	18,8	550
13	0,2	16,4	8,2	16,4	13,7	650
15	-4,8	-12,9	6,9	13,8	11,5	750
17	7,6	9,3	6,0	12,0	10,0	850
19	-9,7	-6,2	5,8	11,5	9,6	950
21	10,5	3,9	5,6	11,2	9,3	1050
23	-10,1	-1,6	5,1	10,2	8,5	1150
25	9,4	-0,2	4,7	9,4	7,9	1250
27	-8,1	1,4	4,1	8,3	6,9	1350
29	6,4	-2,4	3,4	6,8	5,7	1450
31	-4,7	3,1	2,8	5,7	4,7	1550
33	3,1	-3,3	2,2	4,5	3,7	1650
35	-1,4	3,3	1,8	3,6	3,0	1750
37	0,2	-3,1	1,6	3,1	2,6	1850
39	0,7	2,7	1,4	2,8	2,3	1950
41	-1,3	-2,2	1,3	2,6	2,1	2050
43	1,5	1,8	1,2	2,4	2,0	2150
45	-1,2	-1,4	0,9	1,9	1,6	2250
47	0,9	1,1	0,7	1,4	1,1	2350
49	-0,4	-1,0	0,5	1,0	0,9	2450

Tabla 3

El diagrama espectral resultante de los coeficientes A_n (%) se grafica en el Fig. 19. Allí se muestra el contenido espectral completo para las primeras 50 armónicas.

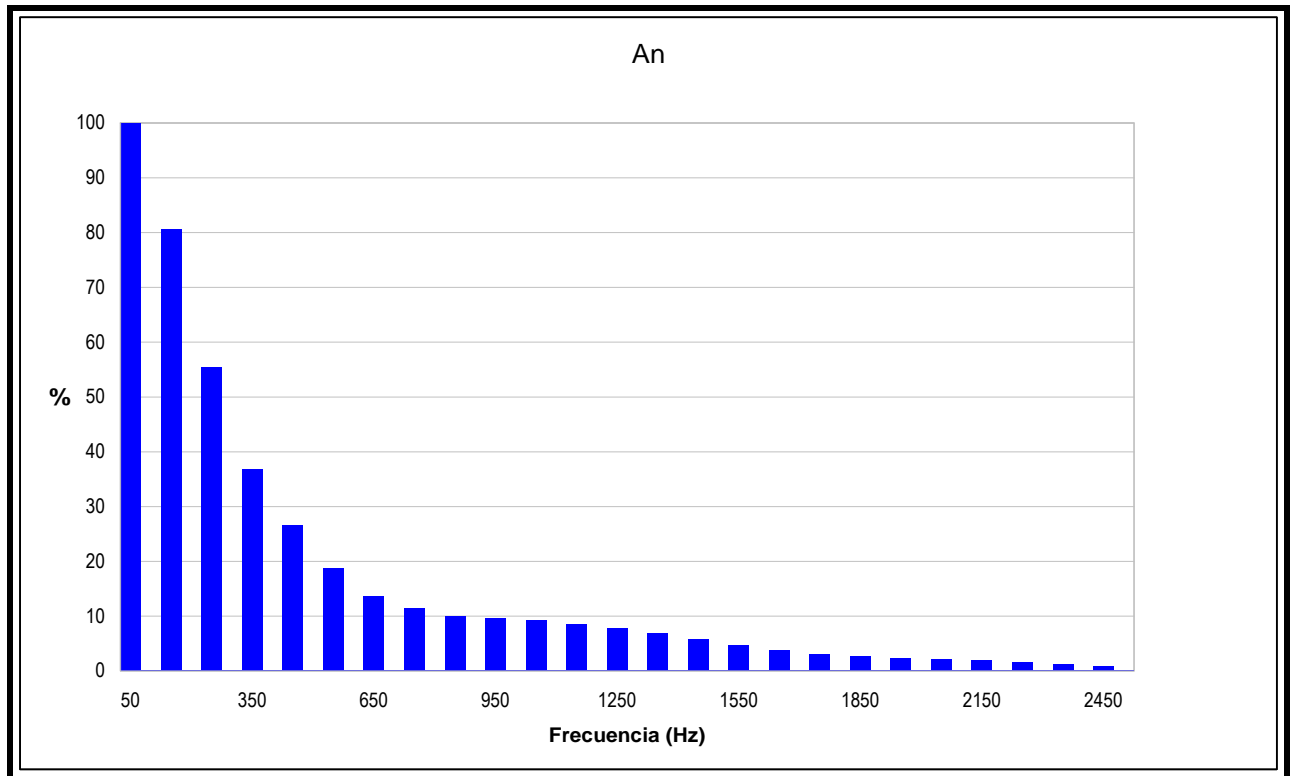


Fig.19

Para una comparación más sencilla entre los datos relevados del instrumental y los datos calculados, se ha reducido la escala de frecuencias mostrando únicamente las primeras 25 armónicas en la Fig.20.

Puede observarse que para las 1^a, 3^a, 17^a, 19^a y 21^a armónicas, los resultados de las figuras 18 y 20 no difieren demasiado, mientras que para el resto las diferencias sí son significativas, además deben tenerse en cuenta el resto de las armónicas (superiores a la 25^a) no mostradas en la Fig.20.

5.1.3.c Cálculo de Potencia

La Fig.6 nos mostraba la tensión y la corriente obtenidas experimentalmente y a partir de esos datos se ha modelizado en primera instancia la corriente, según las expresiones de la Tabla , reproducidas en la Fig.14.

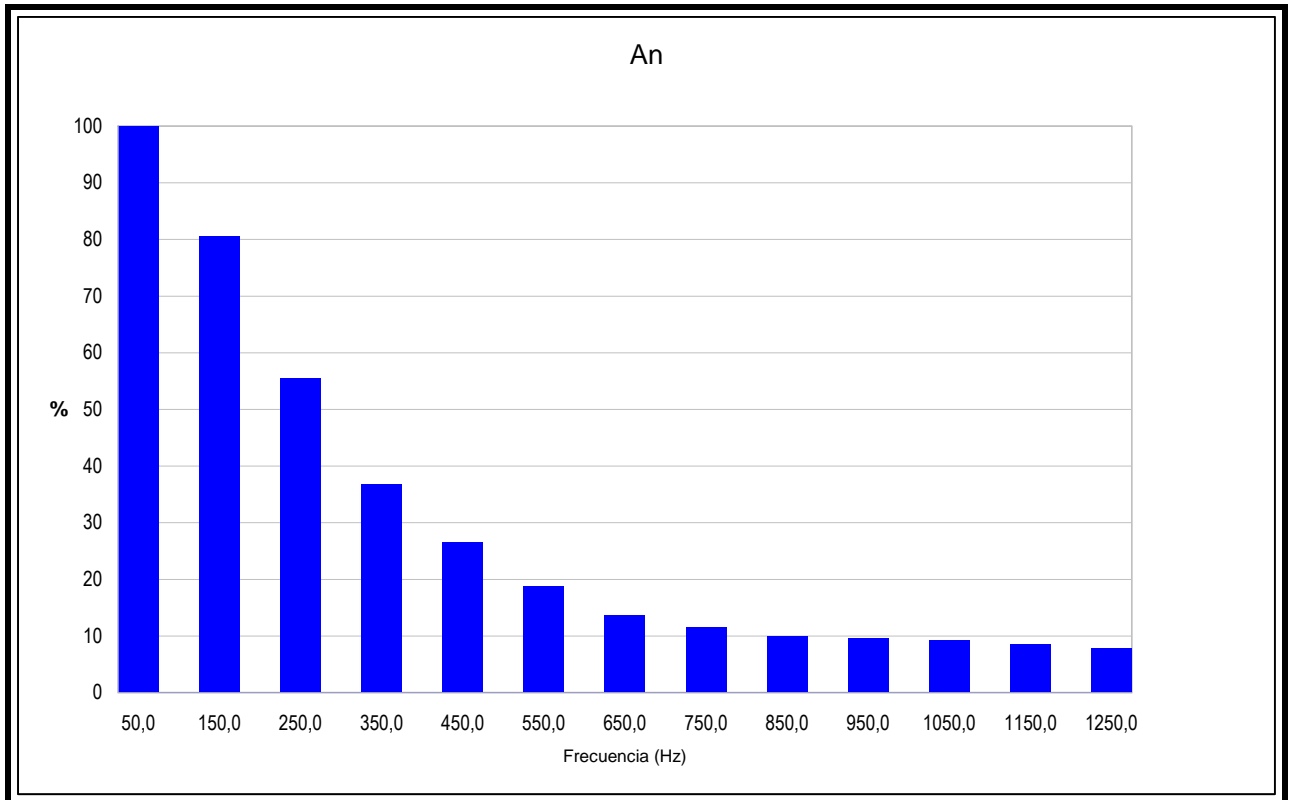


Fig.20

Para modelizar la tensión sólo ha sido necesario calcular el ángulo inicial, correlacionando la senoide teórica con los datos medidos hasta minimizar el error. De dicho cálculo se obtiene la expresión de la tensión modelizada según la expresión:

$$V_O = \sqrt{2} \cdot V_{ef} \cdot \text{seno}(\pi \cdot f \cdot t - \varphi_0)$$

$$V_O = \sqrt{2} \cdot 220 \cdot \text{seno}(\pi \cdot 50 \cdot t - 13,063)$$

En la Fig.21 pueden verse ambas ondas modelizadas de acuerdo a la metodología descrita.

A partir de este modelo matemático, puede obtenerse la potencia instantánea por medio del producto de ambas expresado como $P_{(t)} = V_{(t)} I_{(t)}$, el cual se muestra en la Fig.22.

La potencia media entregada se obtiene por medio del valor medio de la potencia instantánea, valor que se corresponde con el primer término de la serie de Fourier.

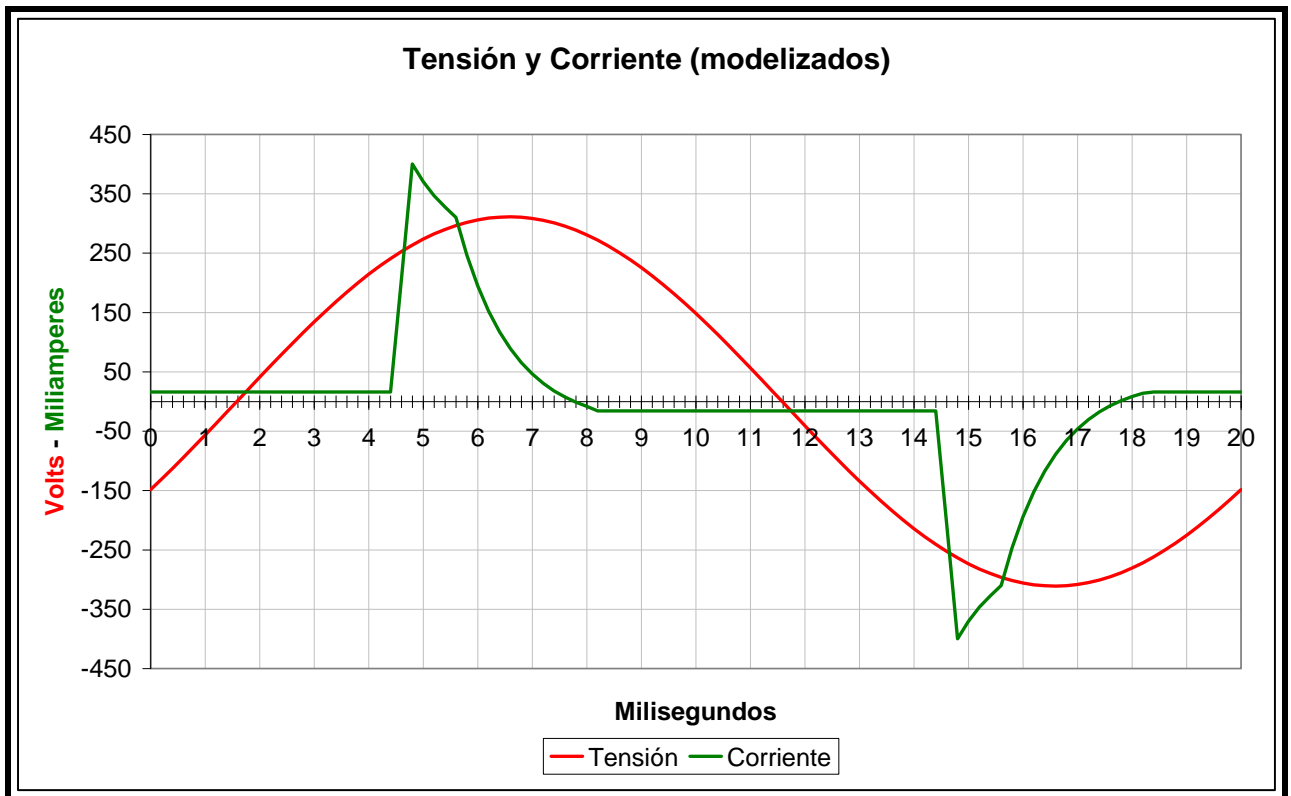


Fig.21

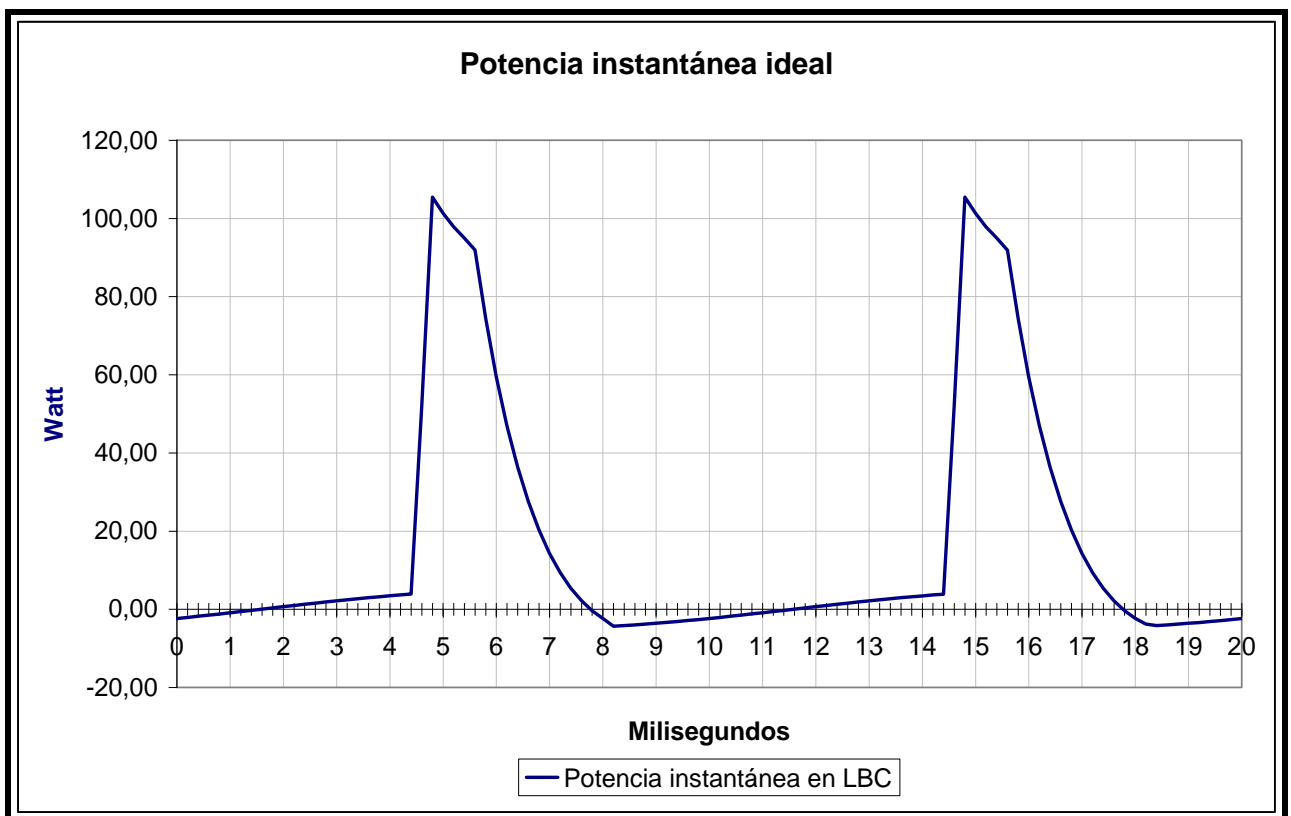


Fig.22



$$1^{\circ} \text{ Término serie de Fourier} \Rightarrow a_{DC} = \frac{1}{T} \int_0^{T} f_{\circ} dt$$

$$\text{Potencia media} \Rightarrow P = \frac{1}{T} \int_0^{20 \cdot 10^{-3}} v_{\circ} \cdot i_{\circ} dt = 16,514 \text{ W}$$

La potencia obtenida de este modo difiere un poco, aunque no sustancialmente, de la obtenida a partir de los datos relevados por el instrumental, la cual arrojó un valor de $P=15,758\text{W}$.

Con estos valores obtenidos para las potencias y con los obtenidos anteriormente para la corriente modelizada y para la corriente medida por el instrumento (20 armónicas), pueden obtenerse las potencias aparentes, reactivas y los ángulos de desfase por medio de las siguientes expresiones.

$$S = U_{RMS} \times I_{RMS} = 220\text{V} \times I_{RMS} \Rightarrow \begin{cases} Q = \sqrt{S^2 - P} \\ \varphi = \text{arco tang} \left(\frac{Q}{P} \right) \end{cases}$$

El dato más relevante obtenido para el cálculo monofásico, resulta del desfase que muestra una diferencia considerable entre el ángulo medido por el instrumental y el teórico modelizado.

$$\begin{aligned} \varphi_{MEDIDO} \text{ (Fig.2)} &= 50^{\circ} \\ \varphi_{CALCULADO} &= 54.18^{\circ} \end{aligned}$$

Del mismo modo existen diferencias entre los valores de las potencias reactivas y aparentes obtenidos a partir de las dos condiciones mencionadas.

$$\begin{aligned} S_{MEDIDO} &= 27,304 \cdot \text{VA} & S_{CALCULADO} &= 28,217 \cdot \text{VA} \\ Q_{MEDIDO} &= 22,298 \cdot \text{VAr} & Q_{CALCULADO} &= 22,880 \cdot \text{VAr} \end{aligned}$$

5.2 Análisis trifásico

Este análisis ha sido realizado a partir de una carga constituida por lámparas de bajo consumo de 18W conectadas en estrella sobre una red trifásica de 3x380/220V.

El estudio se ha centrado únicamente en la corriente de neutro debido a que el análisis de cada fase resulta similar al estudio monofásico anteriormente detallado.

5.2.1 PRIMERA ETAPA – RELEVAMIENTO DE DATOS

Las lámparas utilizadas son idénticas a las del ensayo monofásico y las mediciones se realizaron, con el mismo osciloscopio digital y la ayuda de una resistencia Standard. (Ver ANEXO A).

5.2.1.a Circuito de ensayo para red trifásica

En la Fig.23 se muestra el circuito utilizado en este estudio.

Se ensayó midiendo la tensión de red de una sola fase en un canal del osciloscopio (canal A graficado en color rojo), y sobre el otro canal (canal B graficado en color azul), la tensión existente sobre la resistencia de 10Ω colocada en serie.

Esta tensión, al igual que en el ensayo monofásico, resulta proporcional a la corriente que en este caso corresponderá a la corriente de neutro.

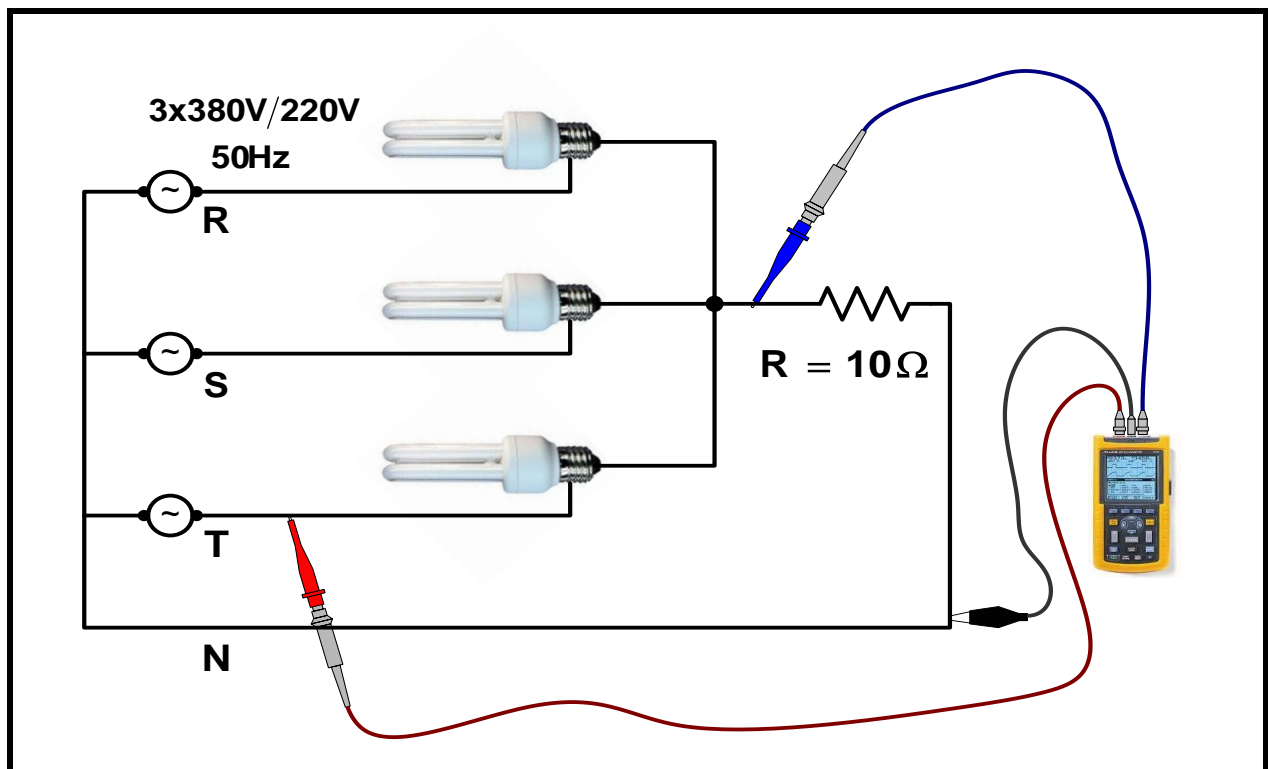


Fig.23

5.2.1.b Relevamiento de datos

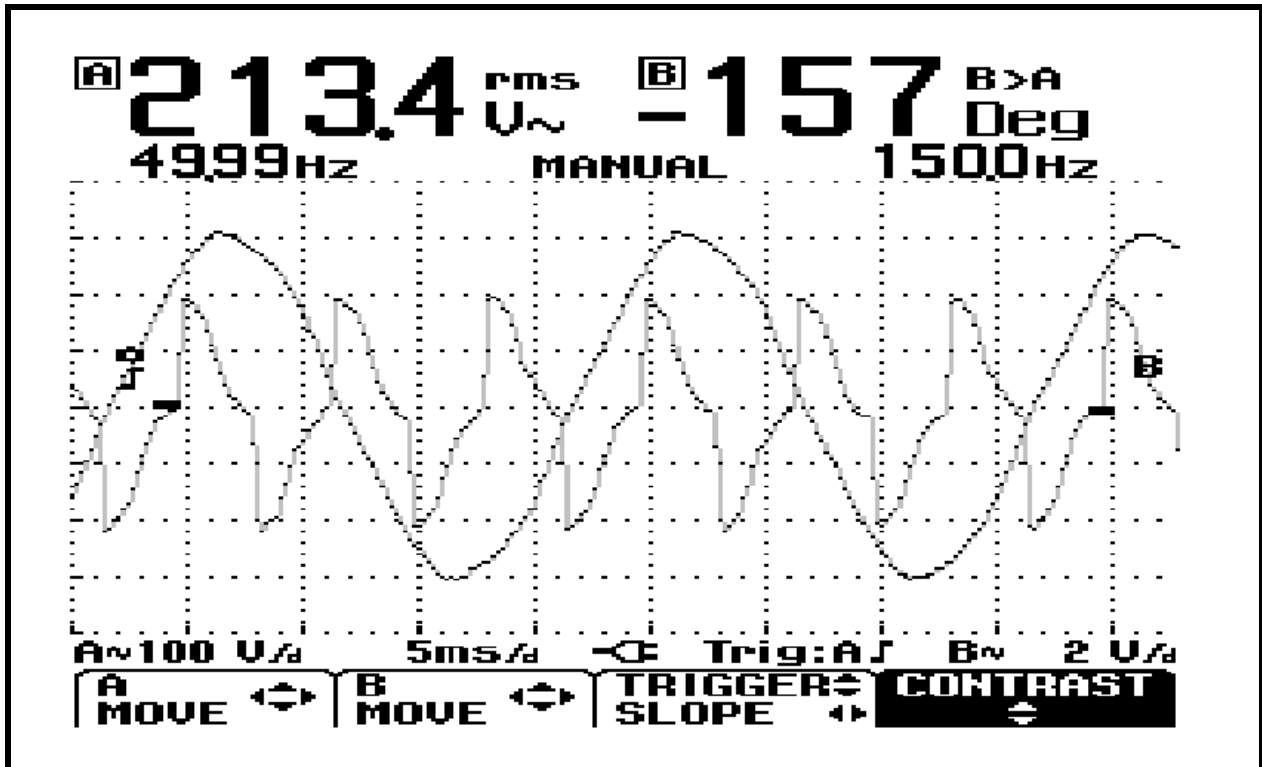


Fig. 24

De los datos obtenidos con el osciloscopio, se ha obtenido la imagen de pantalla mostrada en la Fig.24.

Los datos consisten en el valor de la tensión medida en cada canal del osciloscopio, expresados según la escala que se muestra en la pantalla. El muestreo del instrumento permite obtener 100 mediciones por cada ciclo de 50 Hz. (Ver ANEXO B).

La escala de tensión para el canal A (tensión de red), es de 100V/d mientras que la escala del canal B (corriente) se encuentra expresada en volts (2V/d) debido a que el canal B corresponde en realidad a la tensión sobre la resistencia de 10Ω del circuito de ensayo.

De la misma forma que en el ensayo monofásico, la corriente que circula por la resistencia (y por la lámpara) resultan proporcional a dicha tensión, la medición podrá obtenerse por medio de la siguiente expresión.

$$\text{Escala de Corriente [mA]} = \frac{\text{Escala de Tensión [V]}}{10\Omega}$$

5.2.2 SEGUNDA ETAPA - ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN DEL CÁLCULO.

En la Fig.25, al igual que en caso monofásico, se han graficado las señales relevadas con el objeto de conocer la forma onda y la coherencia de los datos obtenidos. Para las tres curvas graficadas; tensión de fase, corriente de neutro y potencia sobre la resistencia del neutro, se han omitido expresamente las unidades de las mismas y han sido acondicionadas al solo efecto de su visualización.

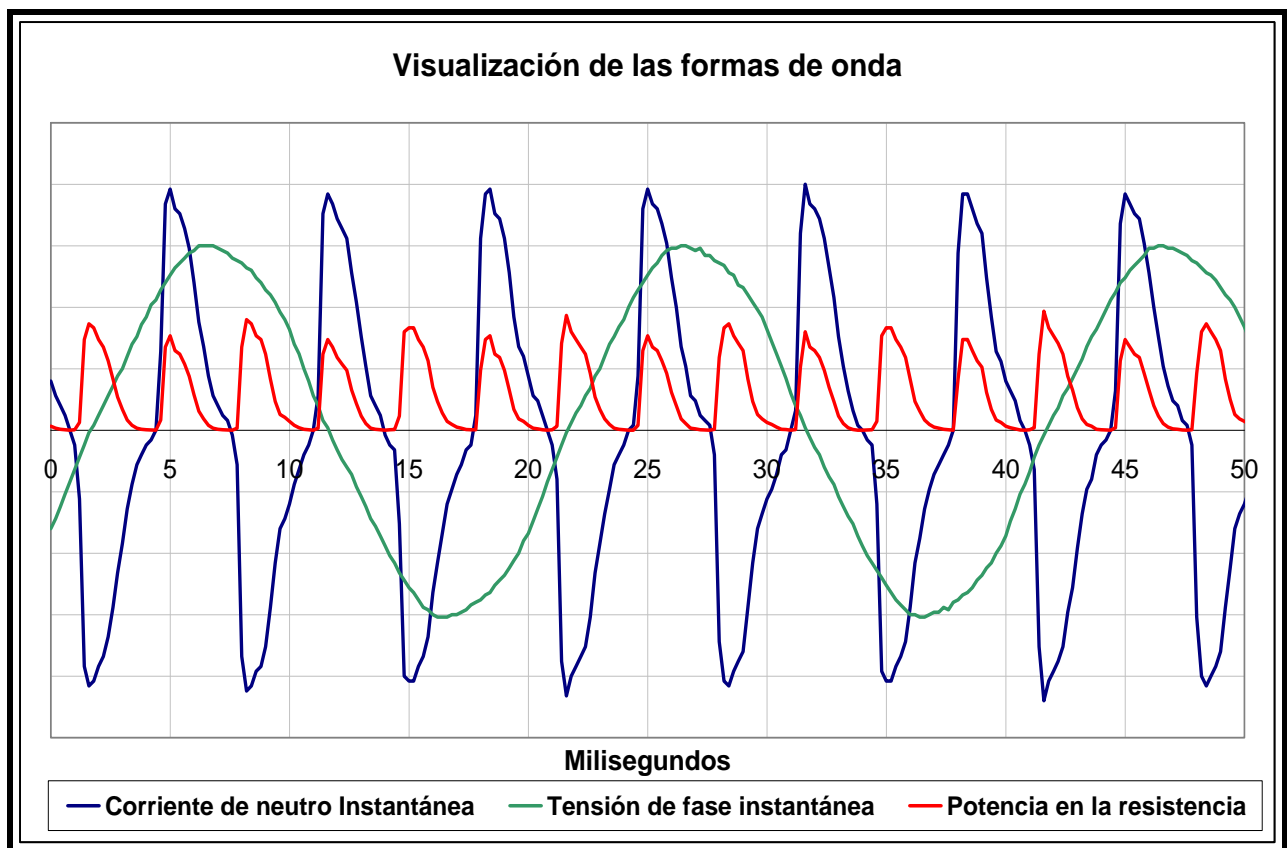


Fig.25

En este análisis trifásico, no nos interesa especialmente el comportamiento de las potencias sobre las lámparas, que ya ha sido previsto en el ensayo monofásico. Es de particular interés aquí, el comportamiento de la corriente sobre la resistencia del neutro que nos brindará información respecto de las pérdidas causadas por el contenido armónico de la corriente.

Eliminando la potencia del gráfico de la Fig.25, se obtiene la siguiente Fig.26 en la cual se observa claramente que mientras transcurre un ciclo de la tensión de fase, se suceden tres ciclos de corriente.

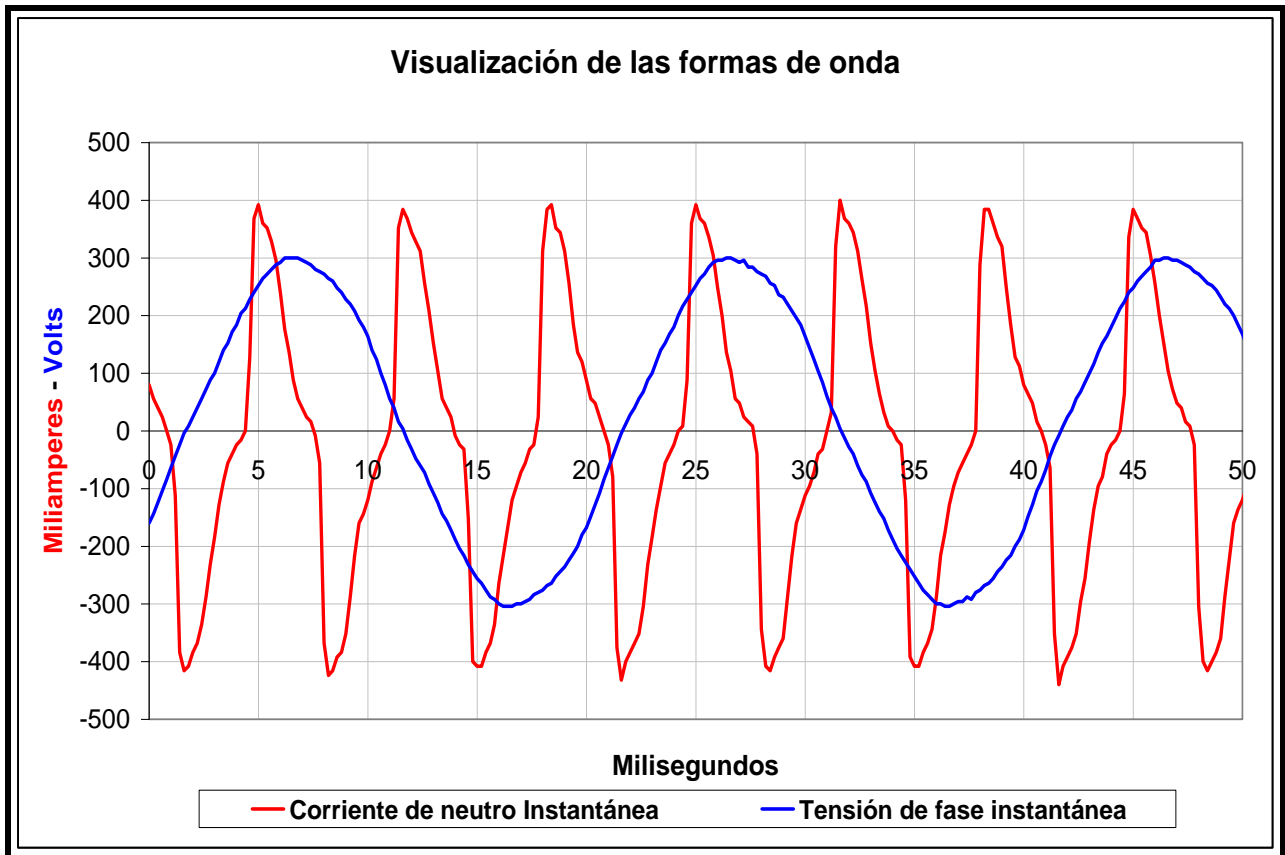


Fig.26

Este esperable suceso, producto del desfase de 120° entre fases del sistema de red, es el que provoca que la frecuencia de la corriente que pasa por el neutro se triplique respecto de la de red.

El máximo de la onda de corriente, al igual que en el estudio monofásico, alcanza valores cercanos a los 400mA de pico, y en el caso de la potencia se verifican picos de más de 1,5W.

En la Fig.27 se ha graficado la potencia instantánea, allí puede observarse que también para la potencia se repite el efecto de la multiplicación de frecuencia, aunque en esta oportunidad se sextuplica la misma debido al carácter cuadrático de la corriente.

$$P = I^2 \cdot R \quad \text{Donde} \quad \begin{cases} R = \text{Resistencia del neutro} \\ I = \text{Corriente del neutro} \end{cases}$$

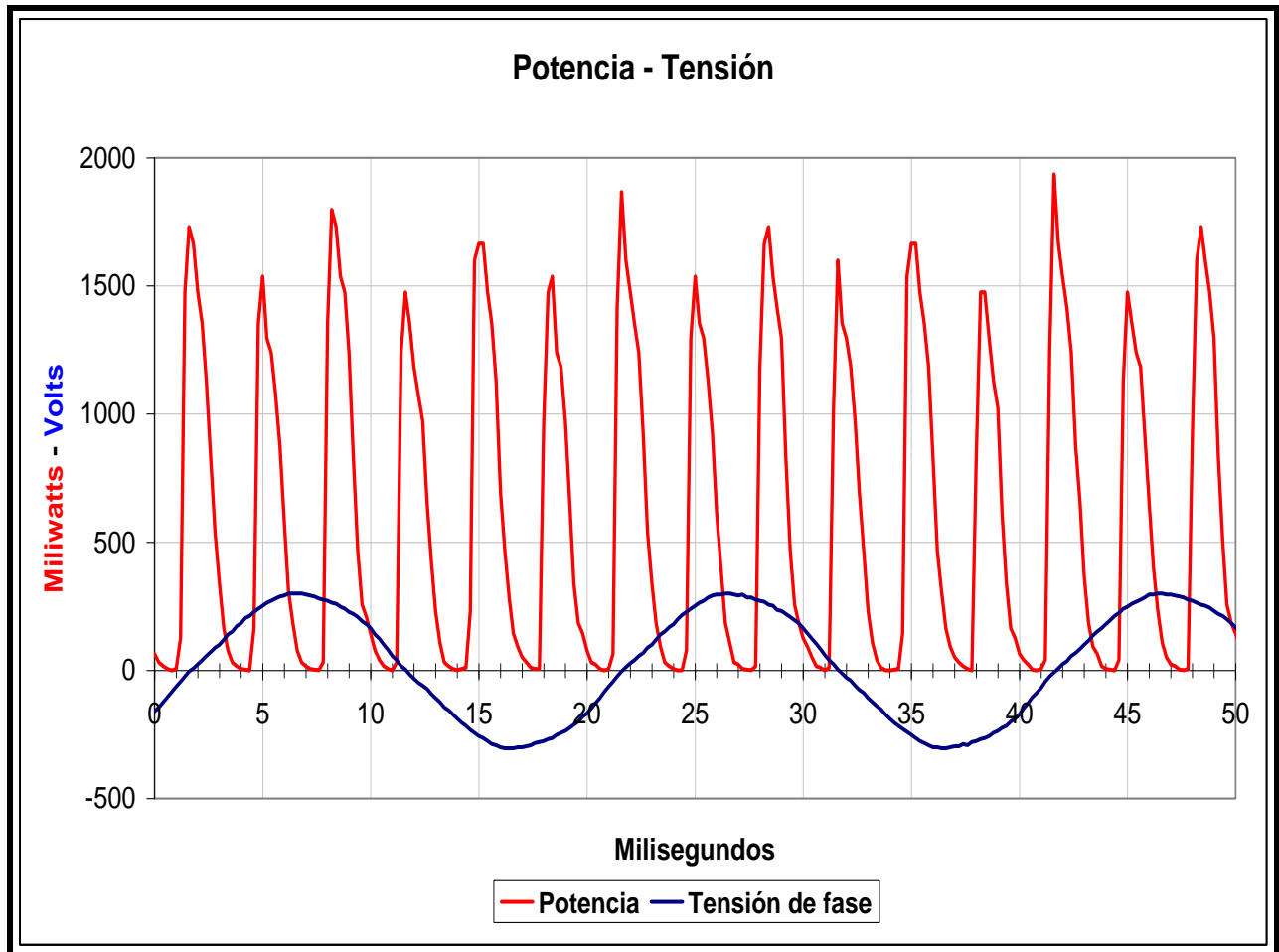


Fig.27

5.2.2.a. Modelización de las formas de onda para el ensayo trifásico

Para modelizar el comportamiento de la corriente del neutro se han realizado diferentes simplificaciones con el fin de obtener una señal promedio.

Por una parte se ha considerado que cada ciclo de corriente (correspondiente a cada lámpara) es igual a los otros, es decir que se trata de lámparas idénticas.

Por otra parte se ha supuesto que el conjunto formado por el circuito de disparo y la lámpara propiamente dicha, funciona de igual modo para el semiciclo positivo que para el semiciclo negativo. Esta última consideración supone que los componentes electrónicos circuitales de ambos ciclos funcionan en forma idéntica.

Se describe a continuación el procedimiento empleado para la obtención de la señal promedio.

1. Se han supuesto lámparas exactamente iguales.
2. División de la señal en ciclos iguales.
3. Rectificación de los ciclos (obtención del módulo).
4. Promediación de los valores de cada semiciclo.
5. Reconstrucción de una señal teórica promedio.

La Fig.28 nos ilustra respecto de la forma de onda promedio obtenida según el procedimiento mencionado.

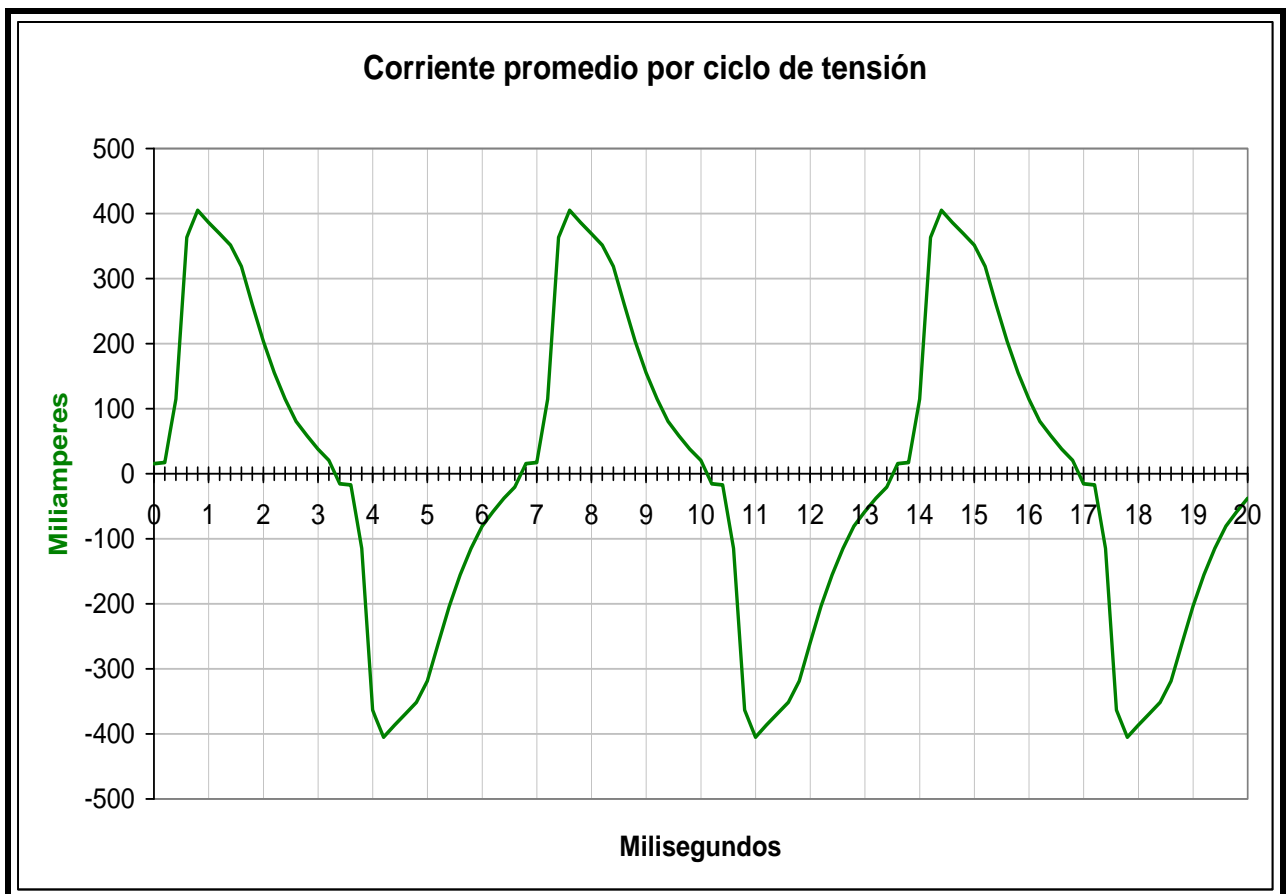


Fig.28

Esta onda corresponde a una onda simétrica e igual para cada fase, con un período igual a la tercera parte del período de la tensión y acorde a los

supuestos considerados. La Fig.29 reproduce un solo ciclo con una escala temporal más conveniente.

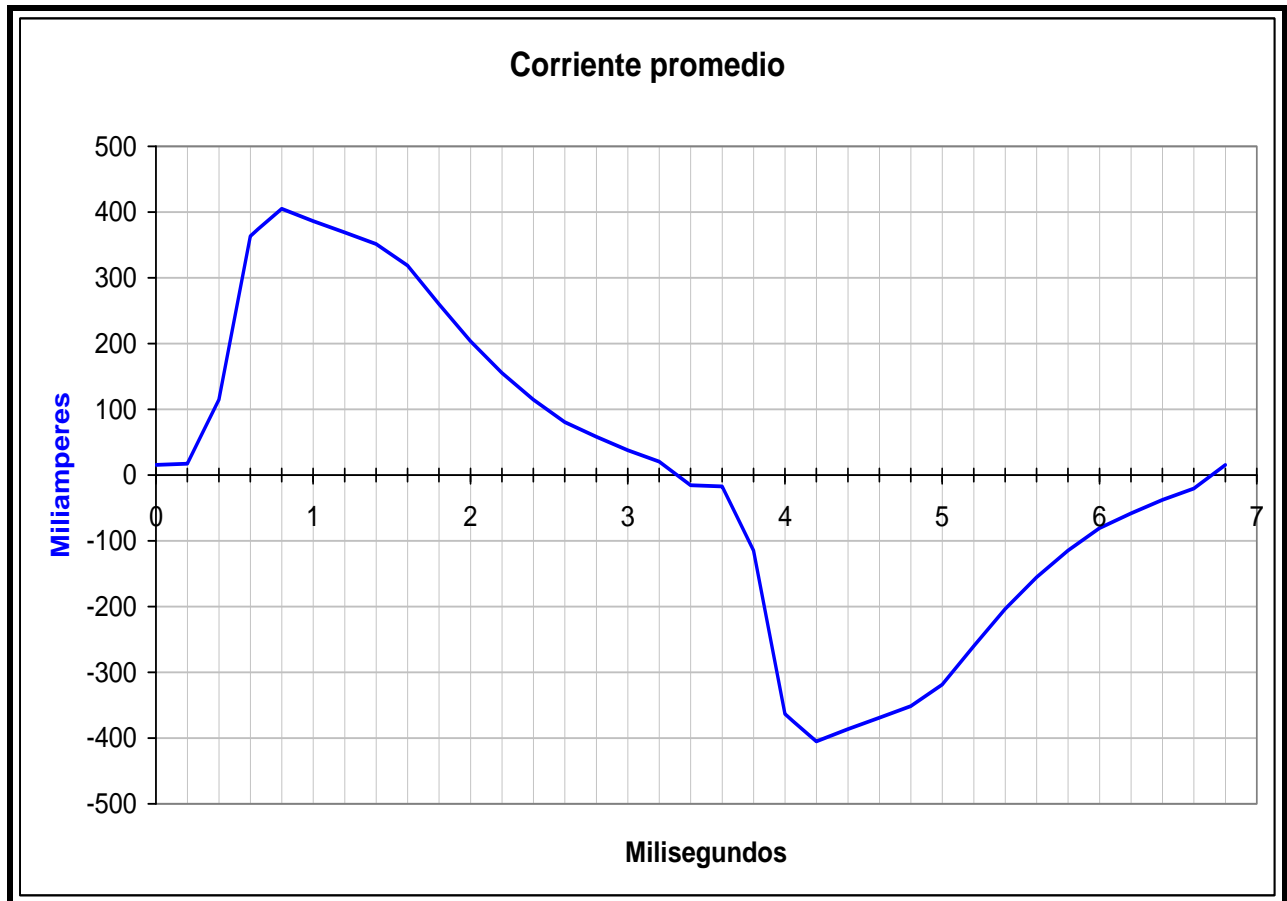


Fig.29

5.2.2.b. Modelización matemática

A la Fig.30, que muestra en color verde la forma de onda de la corriente de neutro, se le han superpuesto diferentes tramos en los que se realizó una modelización matemática de los mismos con el objetivo de minimizar el efecto de las perturbaciones de la red, los errores de medición y digitalización.

Al igual que en el ensayo monofásico, se han empleado modelos matemáticos lineales de sistemas de primer orden, compatibles con los fenómenos electrónicos estudiados.

En la Tabla 4 de la siguiente página se muestran las ecuaciones correspondientes a las aproximaciones realizadas para cada uno de los tramos de la Fig.30.

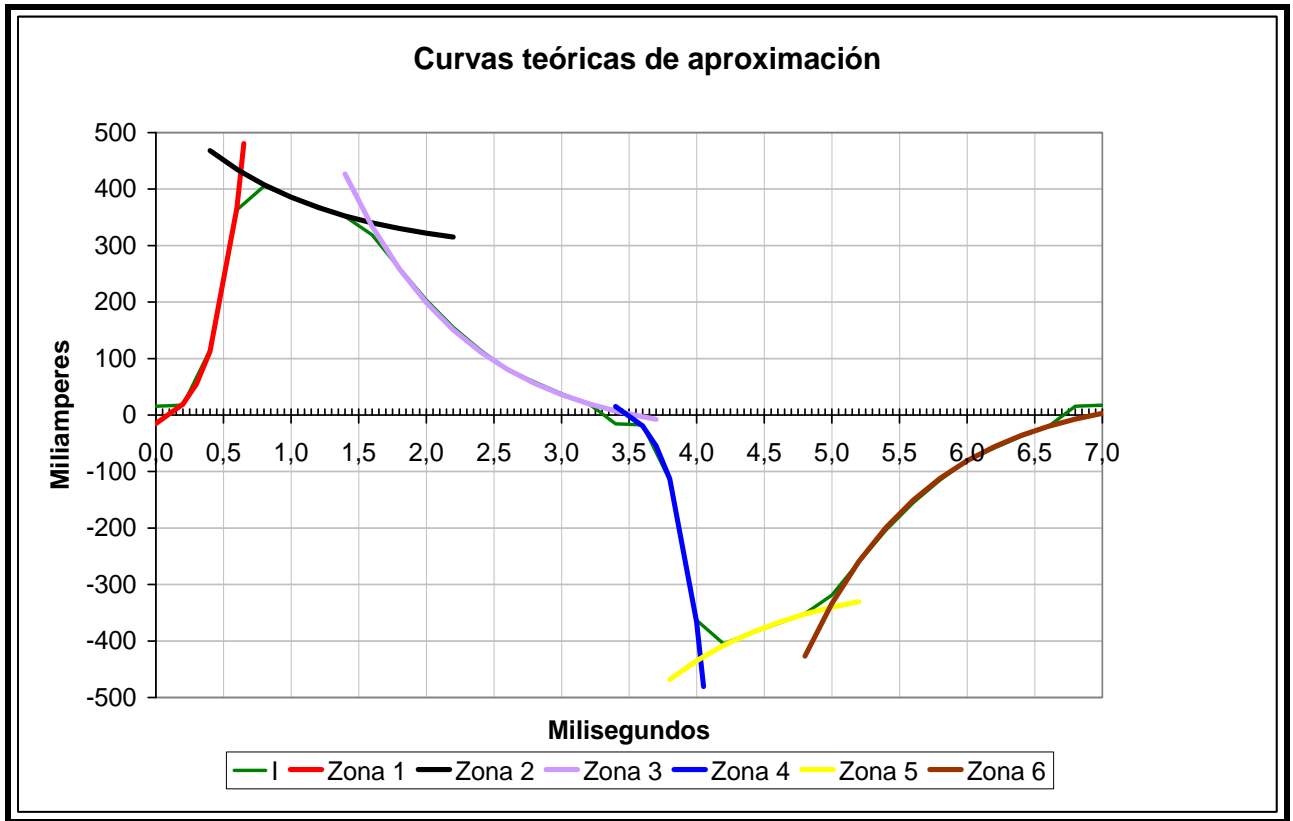


Fig.30

Las aproximaciones propuestas para cada tramo y combinadas entre sí, se muestran en la Fig.31 sobre la que pueden observarse los distintos fenómenos físicos, mencionados anteriormente en el ensayo monofásico.

Zona 1	$\Rightarrow I = 10 \times e^{5 \times (t-0)} - 35 \text{ mA}$
Zona 2	$\Rightarrow I = 150 \times e^{-1 \times (t-0,6)} + 285 \text{ mA}$
Zona 3	$\Rightarrow I = 100 \times e^{-1 \times (t-1,55)} - 45 \text{ mA}$
Zona 4	$\Rightarrow I = -10 \times e^{5 \times (t-3,4)} - 35 \text{ mA}$
Zona 5	$\Rightarrow I = -150 \times e^{1 \times (t-3,9)} + 285 \text{ mA}$
Zona 6	$\Rightarrow I = -100 \times e^{1 \times (t-4,95)} - 45 \text{ mA}$

Tabla 4

Esta curva modelizada matemáticamente, será la que utilizaremos para nuestro análisis de corriente de neutro.

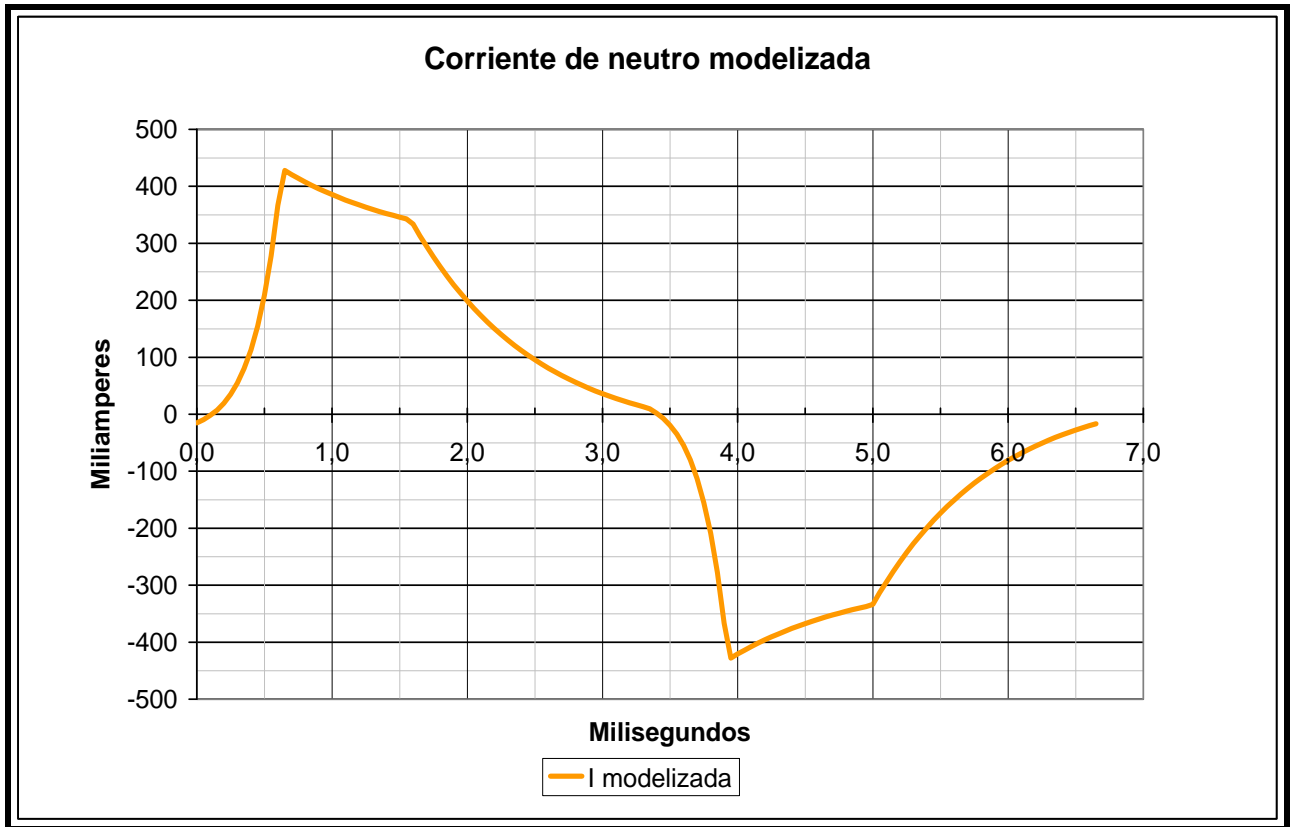


Fig.31

5.2.2.c. Análisis comparativo

En la Fig.32 se han graficado superpuestas las curvas de la corriente modelizada de la Fig.31 en color naranja y por otra parte en color azul, la curva de corriente promedio de la Fig.29 obtenida de la promediación de los diferentes semiciclos.

Se observan allí las diferencias existentes entre ambas. Estas diferencias, como mencionáramos en el estudio monofásico, se deben en parte al ruido propio de la línea, pero también a la digitalización del instrumento.

Dado que el módulo de la corriente ha sido promediado entre las diferentes lámparas y entre los semiciclos de distinto signo, se ha obtenido una corriente promedio que presenta muy pocas perturbaciones pseudoaleatorias debidas a fenómenos oscilatorios. Por tal motivo, a nuestro juicio, en este estudio (a diferencia del monofásico) el error de cuantificación corresponde al de mayor peso.

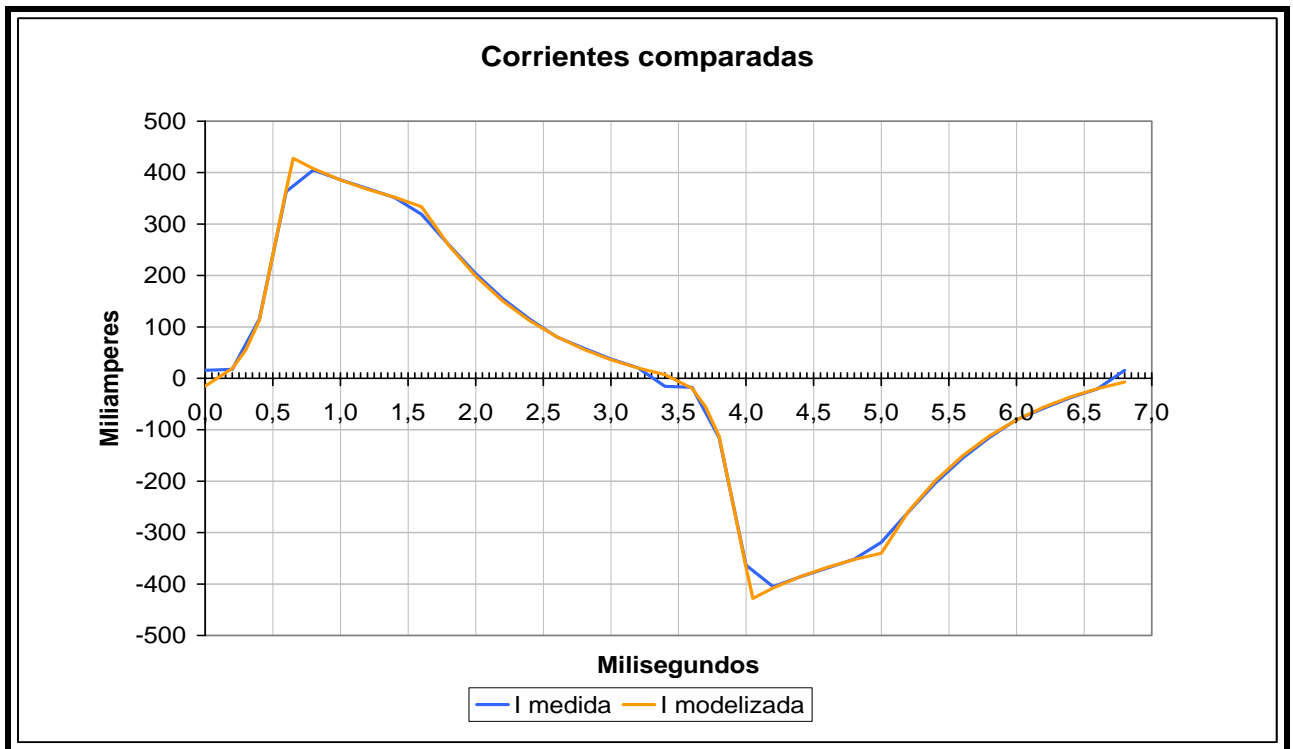


Fig.32

5.2.3 TERCERA ETAPA – CÁLCULO.

De ambos ensayos descritos al principio, hemos obtenido la medición instantánea de la corriente, y a partir de estos datos se ha modelizado

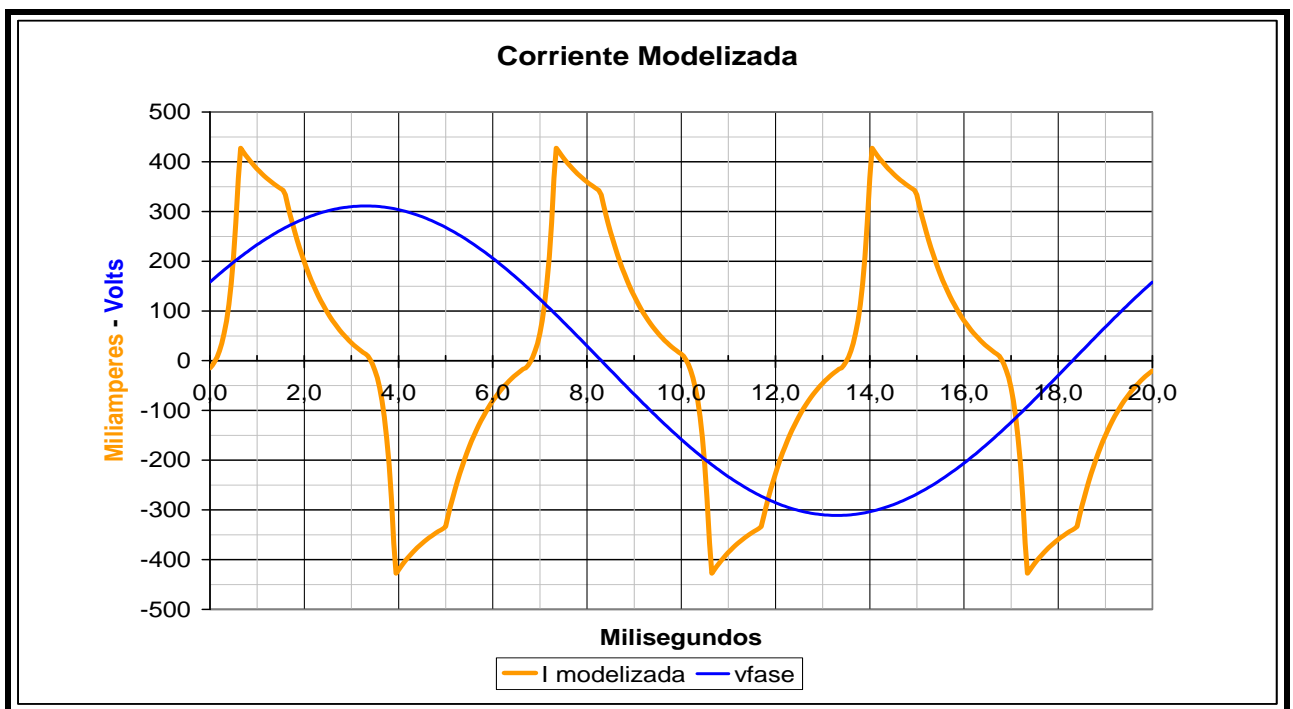


Fig.33



matemáticamente sus formas de onda tanto para la corriente de línea como la del neutro.

Estas formas de onda modelizadas, muestran la gran diferencia existente entre las formas de onda de un consumo electrónico y de un consumo resistivo de características sinusoidales puras.

Puede observarse que más allá del desfase producido entre la tensión y las corrientes debe evaluarse el gran contenido armónico que caracteriza a los consumos de cargas controladas electrónicamente. En la Fig. 33 se muestran la onda de tensión monofásica y la corriente de neutro, ambas modelizadas y en la que pueden apreciarse el alto contenido armónico mencionado.

5.2.3.a Reproducción de la onda de corriente trifásica

Empleando la misma metodología que en el ensayo monofásico, se han obtenido los coeficientes a_n y b_n de la serie de Fourier que se muestran en el ANEXO C.

CONTENIDO ARMÓNICO	APROXIMACIÓN POR TRANSFORMADA DE FOURIER		
	10	20	30
V_{RMS} [mA]	244,53	244,83	244,87
V_{RMS} %	99,61%	99,73%	99,75%
Error relativo (1- V_{RMS} %)	0,39%	0,27%	0,25%
THD %	31,54%	31,97%	32,02%
Factor de forma	1,228	1,229	1,230
Factor de Cresta	1,771	1,769	1,768
E_P [mA]	1169	434	227
E_P %	4,4%	1,6%	0,9%

Tabla 5

Con la misma discusión que en 5.1.3.a. respecto al criterio de cálculo de la cantidad de armónicas a evaluar, se obtienen los valores mostrados en la Tabla 5.

El resultado gráfico de este análisis puede verse en las reproducciones de las corrientes de neutro aproximadas mostradas en las figuras 34, 35 y 36.

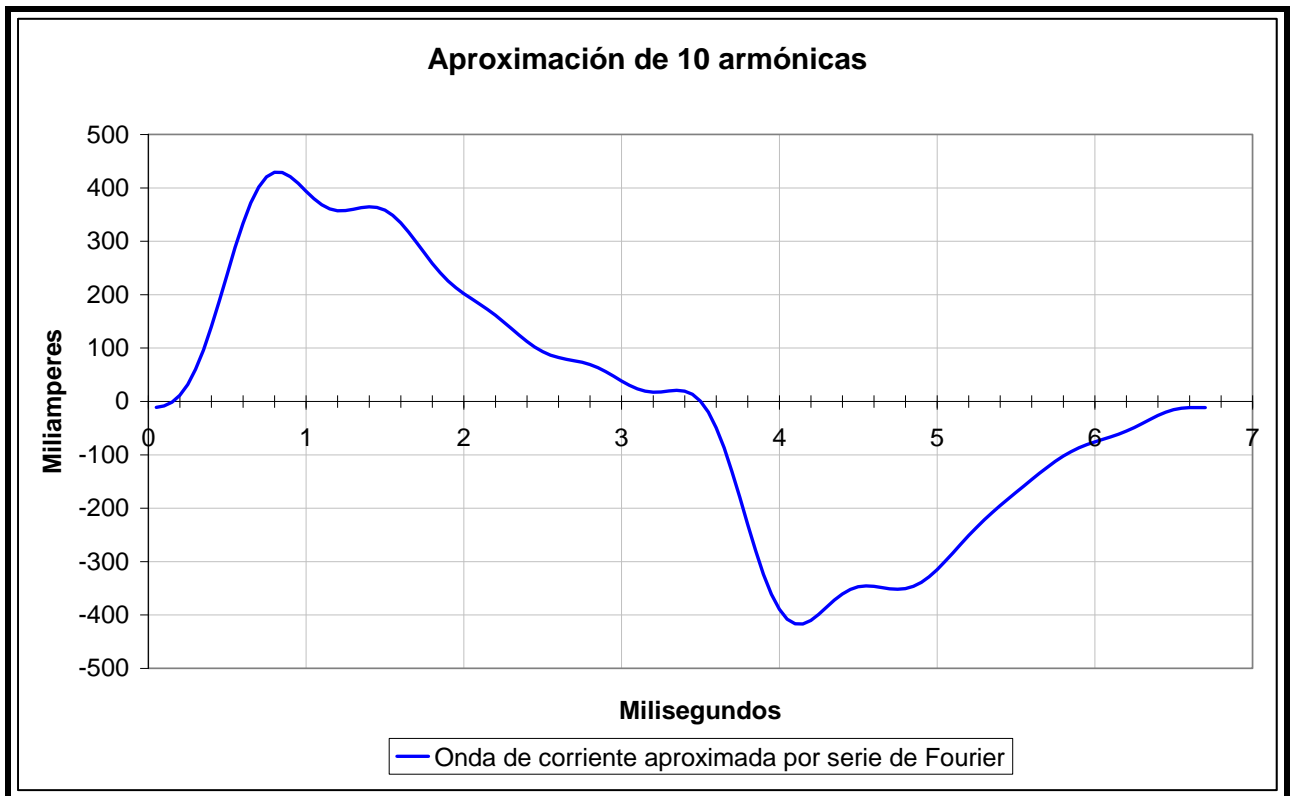


Fig.34

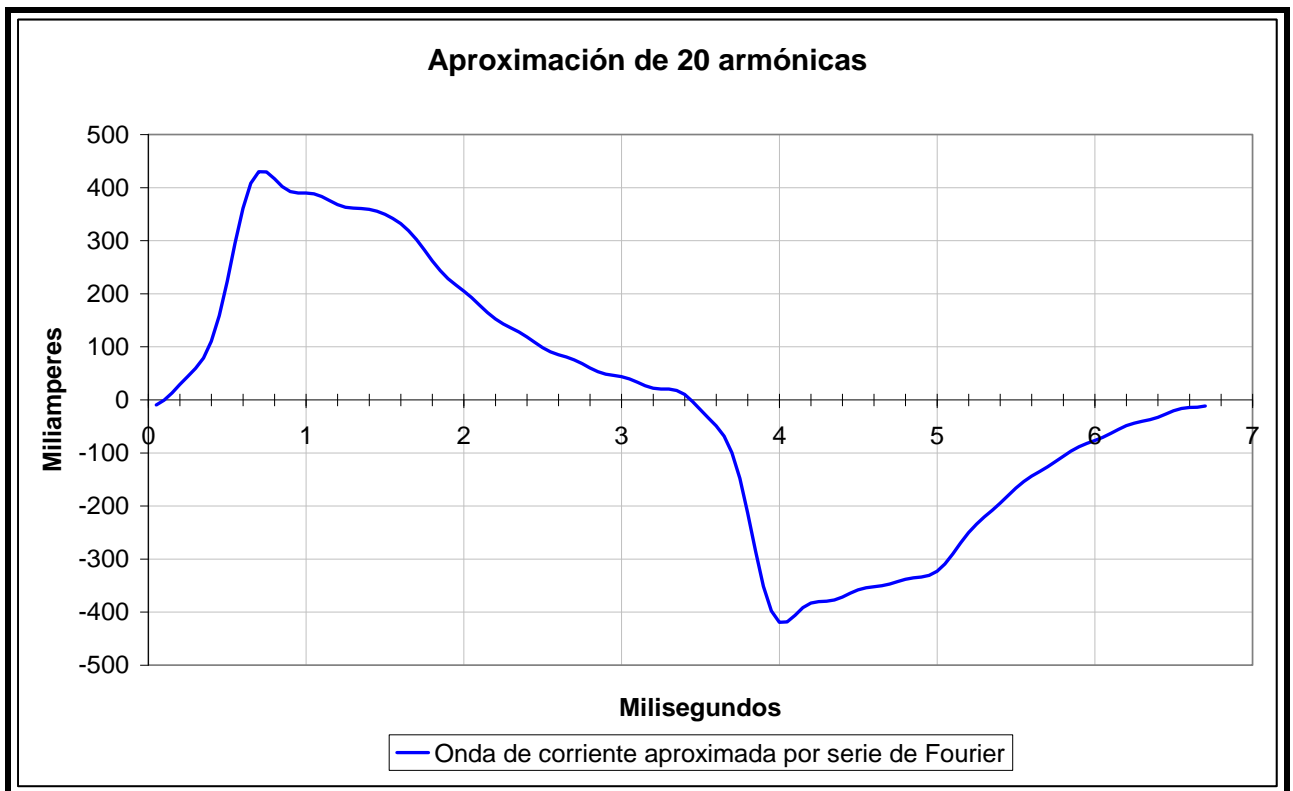


Fig.35

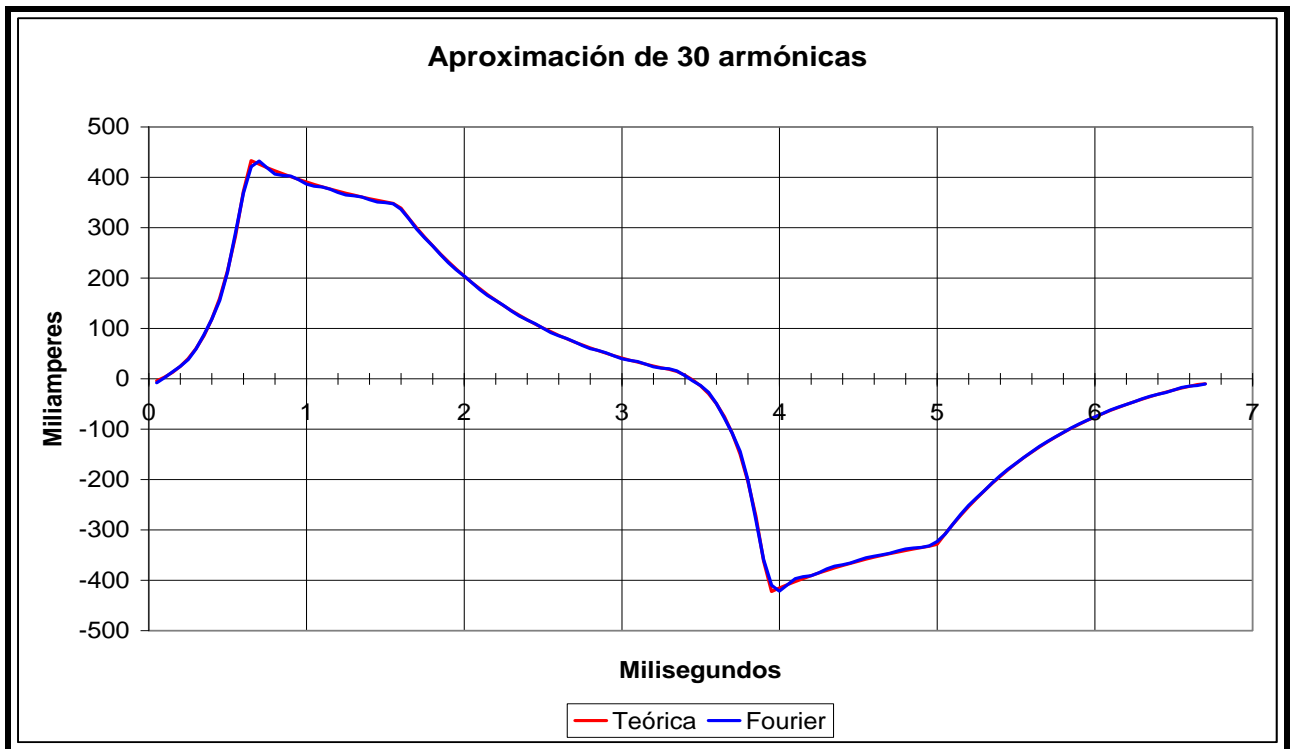


Fig.36

En ésta última se muestra además, superpuesta en color rojo, la comparación con la onda modelizada teóricamente.

5.2.3.b Evaluación de los contenidos armónicos

En la Tabla 6 a continuación, se han resumido los coeficientes espectrales del análisis de Fourier del ANEXO D, suprimiendo las armónicas pares que son prácticamente nulas debido a la simetría de la onda.

n	a_n	b_n	C_n	A_n	A_n (%)	Frecuencia
1	96,5	315,4	60,0	329,8	100,0	150
3	-88,5	12,1	48,3	89,3	27,1	450
5	-35,3	-14,4	33,3	38,2	11,6	750
7	-4,2	-31,7	22,1	32,0	9,7	1050
9	15,5	-7,6	15,9	17,3	5,2	1350
11	9,4	3,8	11,3	10,1	3,1	1650
13	0,3	9,6	8,2	9,6	2,9	1950
15	-6,8	1,9	6,9	7,1	2,1	2250
17	-3,7	-2,9	6,0	4,7	1,4	2550
19	0,5	-4,5	5,8	4,5	1,4	2850
21	3,4	-0,5	5,6	3,5	1,1	3150
23	1,2	1,9	5,1	2,3	0,7	3450
25	-1,1	2,0	4,7	2,3	0,7	3750
27	-2,1	-0,4	4,1	2,2	0,7	4050
29	-0,5	-1,6	3,4	1,6	0,5	4350

Tabla 6

Con los coeficientes $A_n(\%)$ obtenidos, que como ya mencionáramos corresponden a los valores máximos de las distintas armónicas expresadas como función coseno, puede reproducirse la onda a partir de la ecuación:

$$I_{(t)} = \sum_1^{\infty} A_n \cdot \cos(\omega_0 t - \varphi)$$

$$\text{Donde : } \varphi = \arctan g \cdot \left(\frac{b_n}{a_n} \right)$$

Dado que en general nos interesa el valor relativo del contenido armónico respecto de la onda fundamental, puede expresarse el mismo como un porcentaje del valor máximo de esa primera armónica.

En la Fig.37 mostramos el espectro completo calculado de este modo, en el que se aprecia el exiguo peso de las armónicas superiores a la 11ª.

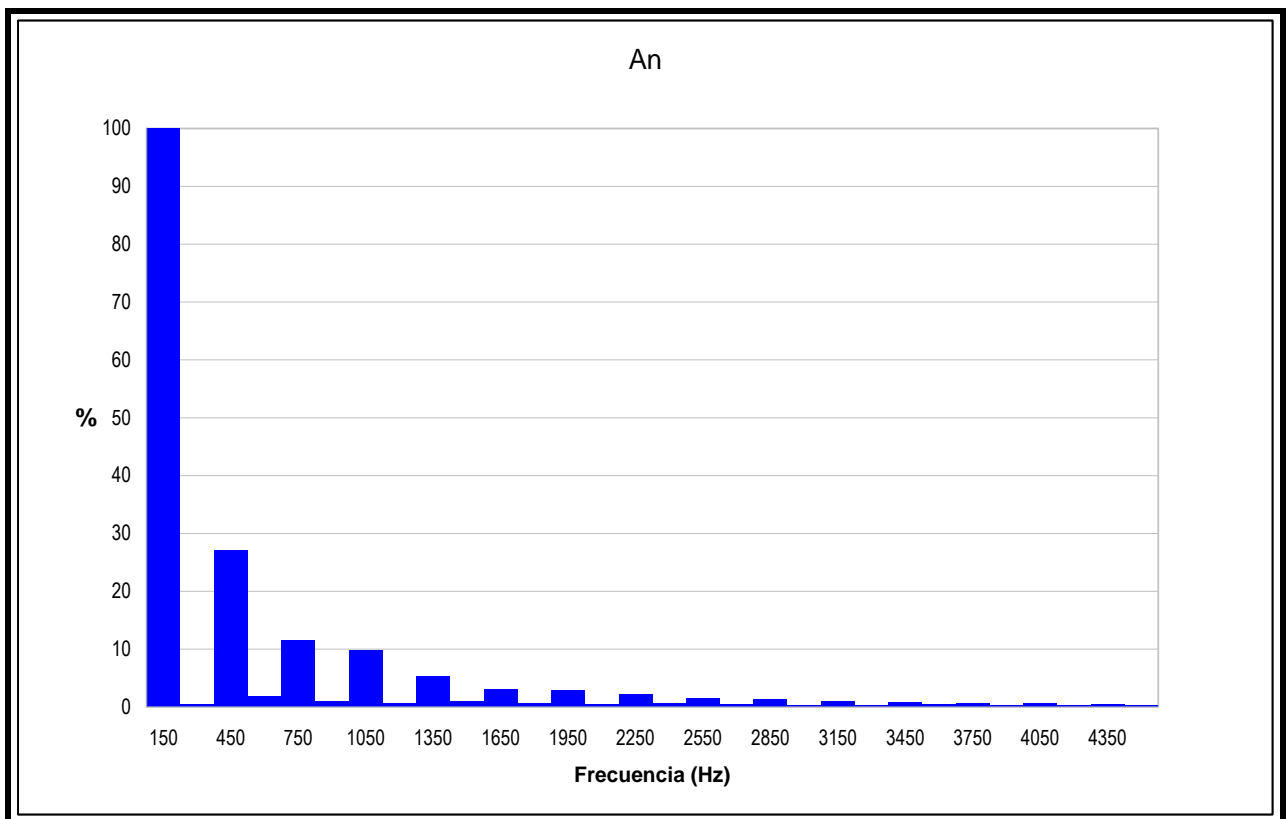


Fig.37

Podemos comparar el cálculo realizado con los datos del instrumental (Fig.38) con los datos resumidos de la construcción teórica realizada(Fig.39).

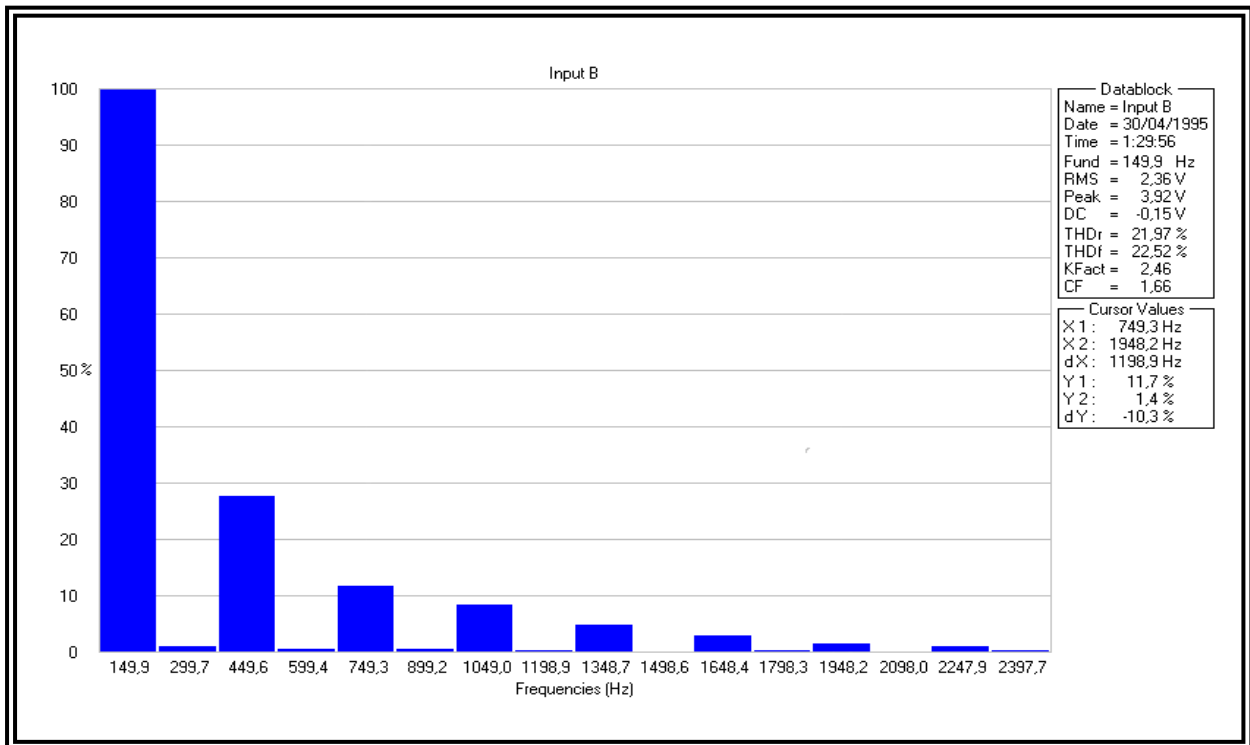


Fig.38

Vemos que hay una mínima diferencia en la 7ª armónica que no reviste consideración importante en nuestro cálculo.

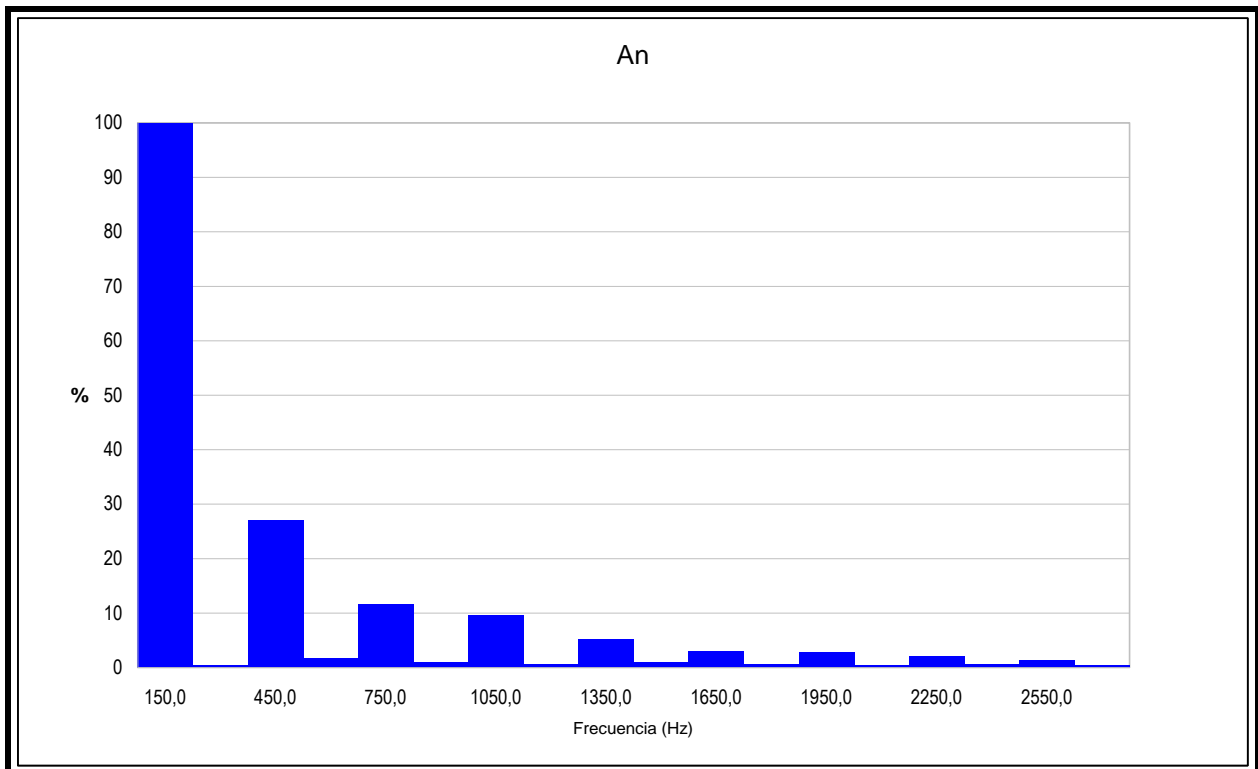


Fig. 39

5.2.3.c Cálculo de Potencia

Para el caso de la corriente de neutro, la potencia a considerar es calculada con respecto a la resistencia que hemos colocado en él, ya que la corriente del neutro determinará eventualmente las pérdidas en el mismo y/o las caídas de tensión que se produzcan.

La Fig.40 nos muestra la forma de onda obtenida por medio de la expresión:

$$P_{(t)} = I_{\text{O}}^2 \times R$$

Donde R corresponde a la resistencia intercalada en el neutro según el circuito de la Fig.23. Para calcular la potencia media, recurrimos nuevamente a la expresión:

$$\text{Potencia media} \Rightarrow P = \frac{1}{T} \int_0^T P_{\text{O}} dt = \frac{1}{T} \int_0^T I_{\text{O}}^2 \cdot R dt$$

Al calcular la potencia media tanto en un período de la onda de corriente, como en un período de la tensión de red obtenemos el mismo resultado:

$$P = \frac{1}{20 \cdot 10^{-3}} \int_0^{20 \cdot 10^{-3}} 10 \cdot I_{\text{O}}^2 dt = 604 \cdot \text{mW}$$

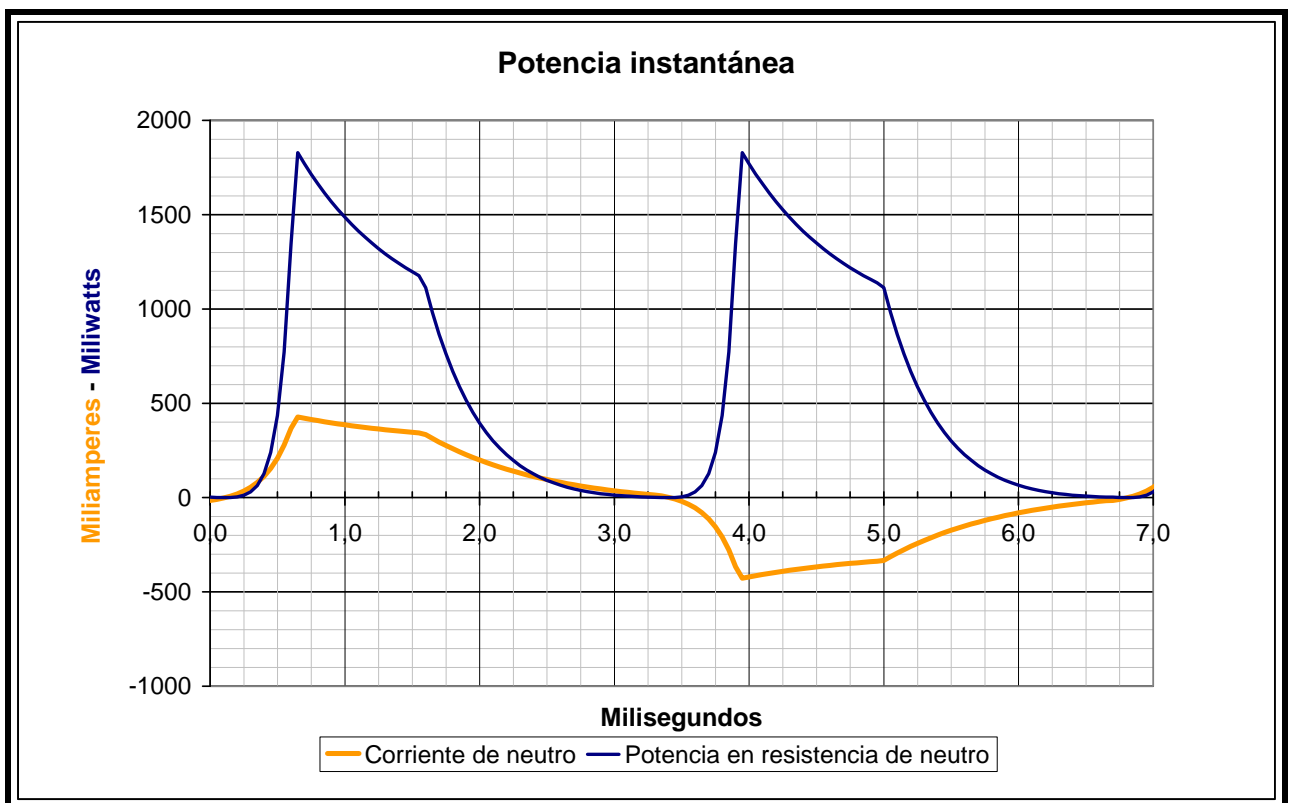


Fig.40



Como el valor obtenido está relacionado específicamente con la resistencia de 10Ω del neutro y resulta de interés generalizar este resultado, definiremos un nuevo parámetro que denominaremos "Pérdida intrínseca del neutro".

Este parámetro ha sido definido como el cociente entre las pérdidas obtenidas y la resistencia de medición de 18W para las LBC:

$$\text{Pérdida intrínseca del neutro}_{\text{LBC } 18\text{W}} = \frac{\text{Potencia media}}{\text{Resistencia de neutro}}$$

$$P_{\text{I.N. LBC } 18\text{W}} = \frac{604 \cdot \text{mW}}{10 \cdot \Omega} = 60,4 \cdot \left[\frac{\text{mW}}{\Omega} \right]$$

5.3. Conclusiones de la fase 2

5.3.1 ENSAYO MONOFÁSICO

Del ensayo monofásico resultan algunos datos fundamentales, relevados para las lámparas de bajo consumo de encendido electrónico, que intentaremos generalizar para una red de cualquier tamaño. Los datos teóricos ideales obtenidos para lámparas de 18W fueron:

$$S = 28,217 \cdot \text{VA} \quad P = 16,514 \cdot \text{W} \quad Q = 22,880 \cdot \text{VA} \quad \varphi = 54.18^\circ$$

Extrapolando esta información a valores de potencia aparente de 100VA podríamos expresarla del siguiente modo:

$$S = 100 \cdot \text{VA} \quad P = 58,52 \cdot \text{W} \quad Q = 81,09 \cdot \text{VA} \quad \varphi = 54.18^\circ$$

De manera tal que por cada V.A. de potencia instalada sólo podrá utilizarse el 58,52% de la misma con este método de iluminación de no agregar algún tipo de filtro o compensación que reduzca el ángulo φ entre la onda tensión y la de corriente.

$$1\text{kVA de potencia instalada} \Rightarrow 0,585 \cdot \text{kW de potencia disponible para LBC}$$



5.3.2 ENSAYO TRIFÁSICO

El cálculo de potencia del ensayo trifásico nos muestra que la pérdida intrínseca para una carga electrónica (LBC) de 3x18W, resulta de 60,4mW por cada Ohm del conductor neutro. Es decir que por cada 54W se tendrá una pérdida de 60,4mW/Ω.

Si relacionamos este resultado con el anterior del ensayo monofásico, podremos ver que para 1kVA de potencia instalada, podrán emplearse lámparas de bajo consumo hasta un total de 585,2W y de este total, debe restarse aún las pérdidas intrínsecas de 0,654W/Ω.

$$54W \Rightarrow P_{IN} = 60,4 \cdot \text{mW}/\Omega$$

$$585,2W \Rightarrow P_{IN} = 654 \cdot \text{W}/\Omega$$

Del cálculo precedente se desprende que el efecto más importante sobre la red se debe al gran desfase producido entre las ondas de tensión y corriente en cada fase del sistema, aunque deberá considerarse además que, al cálculo habitual de las pérdidas en los conductores para un sistema trifásico equilibrado, deberá adicionarse una pérdida intrínseca a este tipo de carga del orden de:

$\text{Pérdidas intrínsecas adicionales} = 0,00112 \times \text{Potencia de las lámparas}$
--

5.3.3 COMPARACIÓN DE PÉRDIDAS

En el siguiente se comparan los valores obtenidos de las pérdidas entre las lámparas incandescentes y las de bajo consumo.

	Lámpara de 75 W	Lámpara de bajo consumo de 18 W
Corriente de fase [mA]	340	128
Corriente de neutro [mA]	0	244
Potencia de pérdidas por fase [W/Ω]	0,1156	0,0164
Potencia de pérdidas en las tres fases [W/Ω]	0,3468	0,0492
Potencia de pérdidas en el neutro [W/Ω]	0	0,0604
Potencia de pérdidas totales [W/Ω]	0,3468	0,0604
Ahorro de pérdidas [W/Ω]		0,2372



6. QUINTA ETAPA –CONCLUSIONES FINALES

Como conclusión final, el reemplazo de lámparas del tipo incandescente por lámparas de bajo consumo trae aparejado lo siguiente:

Ventajas:

- Ahorro de potencia instalada para el mismo nivel de iluminación.
- Ahorro de combustibles no renovables.
- Menores pérdidas de potencia en las redes.
- Posibilidad de suplir la mayor demanda sin nuevas instalaciones.
- Mayor vida útil que puede estar entre 3000 y 8000 horas, contra 1000 horas de una incandescente)

Desventajas:

- Desmejoramiento del factor de potencia en las instalaciones de iluminación ($\cos \varphi = 0,6$)
- Contenido de mercurio como componente de las mismas (elemento contaminante)
- Costo unitario varias veces superior a una lámpara incandescente (Situación que no se puede tomar en cuenta debido a que se encuentra reglamentada la no fabricación de las mismas)



ANEXO A: Componentes

1. Listado de componentes e instrumental empleados.

- Osciloscopio marca Fluke Modelo 123 - Serial nº DN7019040.
- Lámparas de bajo consumo de 18W marca Osram luz día.
- Resistencia de 10 Ω 10W.



ANEXO B: Datos Relevados

1. Medición de circuito monofásico

Title	Input A	Title	Input B
ID	1	ID	1
Type	Envelope	Type	Envelope
Date	06/05/2010	Date	06/05/2010
Time	06:10:44 p.m.	Time	06:10:44 p.m.
X Scale	5,00E-03	X Scale	5,00E-03
X At 0%	-2,60E-03	X At 0%	-2,60E-03
X Resolution	2,50E+01	X Resolution	2,50E+01
X Size	252	X Size	252
X Unit	s	X Unit	s
X Label	5 ms/Div	X Label	5 ms/Div
Y Scale	1,00E+02	Y Scale	1,00E+00
Y At 50%	-1,20E+01	Y At 50%	8,00E-02
Y Resolution	2,50E+01	Y Resolution	2,50E+01
Y Size	256	Y Size	256
Y Unit	V	Y Unit	V
Y Label	V	Y Label	V

-2,60E-03	-1,60E+02	-1,60E+02	-2,60E-03	1,20E-01	1,20E-01
-2,40E-03	-1,44E+02	1,44E+02	-2,40E-03	8,00E-02	8,00E-02
-2,20E-03	-1,20E+02	-1,20E+02	-2,20E-03	8,00E-02	8,00E-02
-2,00E-03	-1,00E+02	-1,00E+02	-2,00E-03	1,20E-01	1,20E-01
-1,80E-03	-8,00E+01	-8,00E+01	-1,80E-03	1,20E-01	1,20E-01
-1,60E-03	-6,00E+01	-6,00E+01	-1,60E-03	1,20E-01	1,20E-01
-1,40E-03	-3,60E+01	-3,60E+01	-1,40E-03	1,20E-01	1,20E-01
-1,20E-03	-2,00E+01	-2,00E+01	-1,20E-03	1,20E-01	1,20E-01
-1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	-1,00E-03	1,20E-01	1,20E-01
-8,00E-04	1,60E+01	1,60E+01	-8,00E-04	8,00E-02	8,00E-02
-6,00E-04	3,20E+01	3,20E+01	-6,00E-04	8,00E-02	8,00E-02
-4,00E-04	4,40E+01	4,40E+01	-4,00E-04	1,20E-01	1,20E-01
-2,00E-04	6,00E+01	6,00E+01	-2,00E-04	8,00E-02	8,00E-02
0,00E+00	7,20E+01	7,20E+01	0,00E+00	8,00E-02	8,00E-02
2,00E-04	9,20E+01	9,20E+01	2,00E-04	8,00E-02	8,00E-02
4,00E-04	1,12E+02	1,12E+02	4,00E-04	1,20E-01	1,20E-01
6,00E-04	1,24E+02	1,24E+02	6,00E-04	8,00E-02	8,00E-02
8,00E-04	1,44E+02	1,44E+02	8,00E-04	8,00E-02	8,00E-02



1,00E-03	1,60E+02	1,60E+02	1,00E-03	8,00E-02	8,00E-02
1,20E-03	1,76E+02	1,76E+02	1,20E-03	8,00E-02	8,00E-02
1,40E-03	1,92E+02	1,92E+02	1,40E-03	8,00E-02	8,00E-02
1,60E-03	2,04E+02	2,04E+02	1,60E-03	8,00E-02	8,00E-02
1,80E-03	2,24E+02	2,24E+02	1,80E-03	8,00E-02	8,00E-02
2,00E-03	2,32E+02	2,32E+02	2,00E-03	2,16E+00	2,16E+00
2,20E-03	2,48E+02	2,48E+02	2,20E-03	3,68E+00	3,68E+00
2,40E-03	2,64E+02	2,64E+02	2,40E-03	3,68E+00	3,68E+00
2,60E-03	2,72E+02	2,72E+02	2,60E-03	3,40E+00	3,40E+00
2,80E-03	2,80E+02	2,80E+02	2,80E-03	3,20E+00	3,20E+00
3,00E-03	2,92E+02	2,92E+02	3,00E-03	3,08E+00	3,08E+00
3,20E-03	2,96E+02	2,96E+02	3,20E-03	2,24E+00	2,24E+00
3,40E-03	3,00E+02	3,00E+02	3,40E-03	1,80E+00	1,80E+00
3,60E-03	3,00E+02	3,00E+02	3,60E-03	1,36E+00	1,36E+00
3,80E-03	3,04E+02	3,04E+02	3,80E-03	1,12E+00	1,12E+00
4,00E-03	3,00E+02	3,00E+02	4,00E-03	9,20E-01	9,20E-01
4,20E-03	3,00E+02	3,00E+02	4,20E-03	6,00E-01	6,00E-01
4,40E-03	2,92E+02	2,92E+02	4,40E-03	5,60E-01	5,60E-01
4,60E-03	2,96E+02	2,96E+02	4,60E-03	3,60E-01	3,60E-01
4,80E-03	2,92E+02	2,92E+02	4,80E-03	1,20E-01	1,20E-01
5,00E-03	2,84E+02	2,84E+02	5,00E-03	0,00E+00	0,00E+00
5,20E-03	2,80E+02	2,80E+02	5,20E-03	-2,80E-01	-2,80E-01
5,40E-03	2,72E+02	2,72E+02	5,40E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
5,60E-03	2,64E+02	2,64E+02	5,60E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
5,80E-03	2,56E+02	2,56E+02	5,80E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
6,00E-03	2,52E+02	2,52E+02	6,00E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
6,20E-03	2,36E+02	2,36E+02	6,20E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
6,40E-03	2,28E+02	2,28E+02	6,40E-03	-2,00E-01	-2,00E-01
6,60E-03	2,20E+02	2,20E+02	6,60E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
6,80E-03	2,00E+02	2,00E+02	6,80E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
7,00E-03	1,88E+02	1,88E+02	7,00E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
7,20E-03	1,72E+02	1,72E+02	7,20E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
7,40E-03	1,60E+02	1,60E+02	7,40E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
7,60E-03	1,40E+02	1,40E+02	7,60E-03	-2,00E-01	-2,00E-01
7,80E-03	1,16E+02	1,16E+02	7,80E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
8,00E-03	9,60E+01	9,60E+01	8,00E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
8,20E-03	7,20E+01	7,20E+01	8,20E-03	-2,00E-01	-2,00E-01
8,40E-03	5,20E+01	5,20E+01	8,40E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
8,60E-03	3,20E+01	3,20E+01	8,60E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
8,80E-03	2,00E+01	2,00E+01	8,80E-03	-2,00E-01	-2,00E-01
9,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,00E-03	-2,00E-01	-2,00E-01
9,20E-03	-2,00E+01	-2,00E+01	9,20E-03	-2,00E-01	-2,00E-01
9,40E-03	-3,20E+01	-3,20E+01	9,40E-03	-2,00E-01	-2,00E-01
9,60E-03	-4,80E+01	-4,80E+01	9,60E-03	-2,00E-01	-2,00E-01
9,80E-03	-6,40E+01	-6,40E+01	9,80E-03	-2,00E-01	-2,00E-01
1,00E-02	-8,00E+01	-8,00E+01	1,00E-02	-2,00E-01	-2,00E-01



1,02E-02	-9,60E+01	-9,60E+01	1,02E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
1,04E-02	-1,12E+02	-1,12E+02	1,04E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
1,06E-02	-1,32E+02	-1,32E+02	1,06E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
1,08E-02	-1,44E+02	-1,44E+02	1,08E-02	-1,60E-01	-1,60E-01
1,10E-02	-1,64E+02	-1,64E+02	1,10E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
1,12E-02	-1,80E+02	-1,80E+02	1,12E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
1,14E-02	-1,96E+02	-1,96E+02	1,14E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
1,16E-02	-2,12E+02	-2,12E+02	1,16E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
1,18E-02	-2,24E+02	-2,24E+02	1,18E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
1,20E-02	-2,40E+02	-2,40E+02	1,20E-02	-2,08E+00	-2,08E+00
1,22E-02	-2,56E+02	-2,56E+02	1,22E-02	-3,88E+00	-3,88E+00
1,24E-02	-2,64E+02	-2,64E+02	1,24E-02	-3,76E+00	-3,76E+00
1,26E-02	-2,76E+02	-2,76E+02	1,26E-02	-3,52E+00	-3,52E+00
1,28E-02	-2,84E+02	-2,84E+02	1,28E-02	-3,40E+00	-3,40E+00
1,30E-02	-2,92E+02	-2,92E+02	1,30E-02	-3,20E+00	-3,20E+00
1,32E-02	-3,00E+02	-3,00E+02	1,32E-02	-2,52E+00	-2,52E+00
1,34E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	1,34E-02	-1,96E+00	-1,96E+00
1,36E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	1,36E-02	-1,76E+00	-1,76E+00
1,38E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	1,38E-02	-1,12E+00	-1,12E+00
1,40E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	1,40E-02	-9,60E-01	-9,60E-01
1,42E-02	-3,00E+02	-3,00E+02	1,42E-02	-9,60E-01	-9,60E-01
1,44E-02	-3,00E+02	-3,00E+02	1,44E-02	-5,20E-01	-5,20E-01
1,46E-02	-3,00E+02	-3,00E+02	1,46E-02	-3,60E-01	-3,60E-01
1,48E-02	-2,92E+02	-2,92E+02	1,48E-02	-4,00E-01	-4,00E-01
1,50E-02	-2,88E+02	-2,88E+02	1,50E-02	4,00E-02	4,00E-02
1,52E-02	-2,80E+02	-2,80E+02	1,52E-02	0,00E+00	0,00E+00
1,54E-02	-2,80E+02	-2,80E+02	1,54E-02	1,60E-01	1,60E-01
1,56E-02	-2,72E+02	-2,72E+02	1,56E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,58E-02	-2,60E+02	-2,60E+02	1,58E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,60E-02	-2,56E+02	-2,56E+02	1,60E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,62E-02	-2,44E+02	-2,44E+02	1,62E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,64E-02	-2,36E+02	-2,36E+02	1,64E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,66E-02	-2,24E+02	-2,24E+02	1,66E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,68E-02	-2,08E+02	-2,08E+02	1,68E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,70E-02	-1,96E+02	-1,96E+02	1,70E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,72E-02	-1,80E+02	-1,80E+02	1,72E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,74E-02	-1,60E+02	-1,60E+02	1,74E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,76E-02	-1,40E+02	-1,40E+02	1,76E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,78E-02	-1,20E+02	-1,20E+02	1,78E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,80E-02	-1,04E+02	-1,04E+02	1,80E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,82E-02	-8,00E+01	-8,00E+01	1,82E-02	1,60E-01	1,60E-01
1,84E-02	-6,00E+01	-6,00E+01	1,84E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,86E-02	-4,00E+01	-4,00E+01	1,86E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,88E-02	-2,00E+01	-2,00E+01	1,88E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,90E-02	-4,00E+00	-4,00E+00	1,90E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,92E-02	1,20E+01	1,20E+01	1,92E-02	1,20E-01	1,20E-01



1,94E-02	2,80E+01	2,80E+01	1,94E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,96E-02	4,40E+01	4,40E+01	1,96E-02	1,20E-01	1,20E-01
1,98E-02	5,60E+01	5,60E+01	1,98E-02	1,20E-01	1,20E-01
2,00E-02	7,20E+01	7,20E+01	2,00E-02	1,20E-01	1,20E-01
2,02E-02	8,80E+01	8,80E+01	2,02E-02	8,00E-02	8,00E-02
2,04E-02	1,08E+02	1,08E+02	2,04E-02	1,20E-01	1,20E-01
2,06E-02	1,28E+02	1,28E+02	2,06E-02	8,00E-02	8,00E-02
2,08E-02	1,44E+02	1,44E+02	2,08E-02	1,20E-01	1,20E-01
2,10E-02	1,56E+02	1,56E+02	2,10E-02	8,00E-02	8,00E-02
2,12E-02	1,76E+02	1,76E+02	2,12E-02	8,00E-02	8,00E-02
2,14E-02	1,92E+02	1,92E+02	2,14E-02	8,00E-02	8,00E-02
2,16E-02	2,08E+02	2,08E+02	2,16E-02	8,00E-02	8,00E-02
2,18E-02	2,20E+02	2,20E+02	2,18E-02	8,00E-02	8,00E-02
2,20E-02	2,36E+02	2,36E+02	2,20E-02	1,84E+00	1,84E+00
2,22E-02	2,48E+02	2,48E+02	2,22E-02	3,68E+00	3,68E+00
2,24E-02	2,56E+02	2,56E+02	2,24E-02	3,68E+00	3,68E+00
2,26E-02	2,68E+02	2,68E+02	2,26E-02	3,44E+00	3,44E+00
2,28E-02	2,80E+02	2,80E+02	2,28E-02	3,32E+00	3,32E+00
2,30E-02	2,88E+02	2,88E+02	2,30E-02	3,04E+00	3,04E+00
2,32E-02	2,96E+02	2,96E+02	2,32E-02	2,48E+00	2,48E+00
2,34E-02	3,00E+02	3,00E+02	2,34E-02	1,80E+00	1,80E+00
2,36E-02	3,00E+02	3,00E+02	2,36E-02	1,52E+00	1,52E+00
2,38E-02	3,04E+02	3,04E+02	2,38E-02	1,20E+00	1,20E+00
2,40E-02	3,04E+02	3,04E+02	2,40E-02	8,00E-01	8,00E-01
2,42E-02	3,00E+02	3,00E+02	2,42E-02	8,00E-01	8,00E-01
2,44E-02	2,96E+02	2,96E+02	2,44E-02	5,60E-01	5,60E-01
2,46E-02	2,96E+02	2,96E+02	2,46E-02	2,80E-01	2,80E-01
2,48E-02	2,92E+02	2,92E+02	2,48E-02	1,20E-01	1,20E-01
2,50E-02	2,84E+02	2,84E+02	2,50E-02	1,60E-01	1,60E-01
2,52E-02	2,80E+02	2,80E+02	2,52E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
2,54E-02	2,76E+02	2,76E+02	2,54E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,56E-02	2,64E+02	2,64E+02	2,56E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,58E-02	2,60E+02	2,60E+02	2,58E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,60E-02	2,52E+02	2,52E+02	2,60E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,62E-02	2,40E+02	2,40E+02	2,62E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
2,64E-02	2,32E+02	2,32E+02	2,64E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,66E-02	2,20E+02	2,20E+02	2,66E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,68E-02	2,04E+02	2,04E+02	2,68E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
2,70E-02	1,92E+02	1,92E+02	2,70E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
2,72E-02	1,76E+02	1,76E+02	2,72E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
2,74E-02	1,60E+02	1,60E+02	2,74E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,76E-02	1,36E+02	1,36E+02	2,76E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
2,78E-02	1,20E+02	1,20E+02	2,78E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,80E-02	9,60E+01	9,60E+01	2,80E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,82E-02	7,60E+01	7,60E+01	2,82E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
2,84E-02	5,60E+01	5,60E+01	2,84E-02	-2,00E-01	-2,00E-01



2,86E-02	4,00E+01	4,00E+01	2,86E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,88E-02	1,60E+01	1,60E+01	2,88E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,90E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,90E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,92E-02	-2,00E+01	-2,00E+01	2,92E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
2,94E-02	-3,20E+01	-3,20E+01	2,94E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
2,96E-02	-4,80E+01	-4,80E+01	2,96E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
2,98E-02	-6,40E+01	-6,40E+01	2,98E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
3,00E-02	-8,00E+01	-8,00E+01	3,00E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
3,02E-02	-9,60E+01	-9,60E+01	3,02E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
3,04E-02	-1,08E+02	-1,08E+02	3,04E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
3,06E-02	-1,24E+02	-1,24E+02	3,06E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
3,08E-02	-1,44E+02	-1,44E+02	3,08E-02	-1,60E-01	-1,60E-01
3,10E-02	-1,64E+02	-1,64E+02	3,10E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
3,12E-02	-1,76E+02	-1,76E+02	3,12E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
3,14E-02	-1,92E+02	-1,92E+02	3,14E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
3,16E-02	-2,12E+02	-2,12E+02	3,16E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
3,18E-02	-2,24E+02	-2,24E+02	3,18E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
3,20E-02	-2,36E+02	-2,36E+02	3,20E-02	-1,92E+00	-1,92E+00
3,22E-02	-2,44E+02	-2,44E+02	3,22E-02	-3,76E+00	-3,76E+00
3,24E-02	-2,64E+02	-2,64E+02	3,24E-02	-3,80E+00	-3,80E+00
3,26E-02	-2,76E+02	-2,76E+02	3,26E-02	-3,68E+00	-3,68E+00
3,28E-02	-2,84E+02	-2,84E+02	3,28E-02	-3,32E+00	-3,32E+00
3,30E-02	-2,92E+02	-2,92E+02	3,30E-02	-3,20E+00	-3,20E+00
3,32E-02	-2,96E+02	-2,96E+02	3,32E-02	-2,52E+00	-2,52E+00
3,34E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	3,34E-02	-2,08E+00	-2,08E+00
3,36E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	3,36E-02	-1,60E+00	-1,60E+00
3,38E-02	-3,08E+02	-3,08E+02	3,38E-02	-1,24E+00	-1,24E+00
3,40E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	3,40E-02	-1,00E+00	-1,00E+00
3,42E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	3,42E-02	-8,40E-01	-8,40E-01
3,44E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	3,44E-02	-6,00E-01	-6,00E-01
3,46E-02	-2,96E+02	-2,96E+02	3,46E-02	-4,80E-01	-4,80E-01
3,48E-02	-2,96E+02	-2,96E+02	3,48E-02	-2,80E-01	-2,80E-01
3,50E-02	-2,88E+02	-2,88E+02	3,50E-02	-1,20E-01	-1,20E-01
3,52E-02	-2,84E+02	-2,84E+02	3,52E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,54E-02	-2,76E+02	-2,76E+02	3,54E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,56E-02	-2,68E+02	-2,68E+02	3,56E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,58E-02	-2,64E+02	-2,64E+02	3,58E-02	8,00E-02	8,00E-02
3,60E-02	-2,52E+02	-2,52E+02	3,60E-02	8,00E-02	8,00E-02
3,62E-02	-2,40E+02	-2,40E+02	3,62E-02	8,00E-02	8,00E-02
3,64E-02	-2,36E+02	-2,36E+02	3,64E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,66E-02	-2,20E+02	-2,20E+02	3,66E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,68E-02	-2,12E+02	-2,12E+02	3,68E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,70E-02	-1,96E+02	-1,96E+02	3,70E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,72E-02	-1,80E+02	-1,80E+02	3,72E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,74E-02	-1,60E+02	-1,60E+02	3,74E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,76E-02	-1,40E+02	-1,40E+02	3,76E-02	1,20E-01	1,20E-01



3,78E-02	-1,20E+02	-1,20E+02	3,78E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,80E-02	-1,04E+02	-1,04E+02	3,80E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,82E-02	-8,00E+01	-8,00E+01	3,82E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,84E-02	-6,00E+01	-6,00E+01	3,84E-02	8,00E-02	8,00E-02
3,86E-02	-4,40E+01	-4,40E+01	3,86E-02	8,00E-02	8,00E-02
3,88E-02	-2,00E+01	-2,00E+01	3,88E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,90E-02	-4,00E+00	-4,00E+00	3,90E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,92E-02	1,20E+01	1,20E+01	3,92E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,94E-02	2,80E+01	2,80E+01	3,94E-02	8,00E-02	8,00E-02
3,96E-02	4,40E+01	4,40E+01	3,96E-02	1,20E-01	1,20E-01
3,98E-02	6,00E+01	6,00E+01	3,98E-02	8,00E-02	8,00E-02
4,00E-02	7,20E+01	7,20E+01	4,00E-02	1,20E-01	1,20E-01
4,02E-02	8,80E+01	8,80E+01	4,02E-02	8,00E-02	8,00E-02
4,04E-02	1,04E+02	1,04E+02	4,04E-02	1,20E-01	1,20E-01
4,06E-02	1,24E+02	1,24E+02	4,06E-02	8,00E-02	8,00E-02
4,08E-02	1,40E+02	1,40E+02	4,08E-02	1,20E-01	1,20E-01
4,10E-02	1,60E+02	1,60E+02	4,10E-02	8,00E-02	8,00E-02
4,12E-02	1,76E+02	1,76E+02	4,12E-02	8,00E-02	8,00E-02
4,14E-02	1,88E+02	1,88E+02	4,14E-02	1,20E-01	1,20E-01
4,16E-02	2,08E+02	2,08E+02	4,16E-02	8,00E-02	8,00E-02
4,18E-02	2,20E+02	2,20E+02	4,18E-02	8,00E-02	8,00E-02
4,20E-02	2,36E+02	2,36E+02	4,20E-02	1,60E+00	1,60E+00
4,22E-02	2,44E+02	2,44E+02	4,22E-02	3,68E+00	3,68E+00
4,24E-02	2,60E+02	2,60E+02	4,24E-02	3,64E+00	3,64E+00
4,26E-02	2,68E+02	2,68E+02	4,26E-02	3,36E+00	3,36E+00
4,28E-02	2,80E+02	2,80E+02	4,28E-02	3,20E+00	3,20E+00
4,30E-02	2,88E+02	2,88E+02	4,30E-02	3,16E+00	3,16E+00
4,32E-02	2,96E+02	2,96E+02	4,32E-02	2,44E+00	2,44E+00
4,34E-02	3,00E+02	3,00E+02	4,34E-02	1,96E+00	1,96E+00
4,36E-02	3,04E+02	3,04E+02	4,36E-02	1,48E+00	1,48E+00
4,38E-02	3,00E+02	3,00E+02	4,38E-02	1,28E+00	1,28E+00
4,40E-02	3,04E+02	3,04E+02	4,40E-02	9,20E-01	9,20E-01
4,42E-02	3,00E+02	3,00E+02	4,42E-02	6,40E-01	6,40E-01
4,44E-02	2,96E+02	2,96E+02	4,44E-02	6,40E-01	6,40E-01
4,46E-02	2,96E+02	2,96E+02	4,46E-02	4,40E-01	4,40E-01
4,48E-02	2,88E+02	2,88E+02	4,48E-02	1,20E-01	1,20E-01
4,50E-02	2,84E+02	2,84E+02	4,50E-02	8,00E-02	8,00E-02
4,52E-02	2,80E+02	2,80E+02	4,52E-02	-2,80E-01	-2,80E-01
4,54E-02	2,76E+02	2,76E+02	4,54E-02	-1,60E-01	-1,60E-01
4,56E-02	2,68E+02	2,68E+02	4,56E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
4,58E-02	2,60E+02	2,60E+02	4,58E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
4,60E-02	2,48E+02	2,48E+02	4,60E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
4,62E-02	2,44E+02	2,44E+02	4,62E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
4,64E-02	2,28E+02	2,28E+02	4,64E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
4,66E-02	2,20E+02	2,20E+02	4,66E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
4,68E-02	2,08E+02	2,08E+02	4,68E-02	-2,00E-01	-2,00E-01



4,70E-02	1,96E+02	1,96E+02	4,70E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
4,72E-02	1,80E+02	1,80E+02	4,72E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
4,74E-02	1,60E+02	1,60E+02	4,74E-02	-2,00E-01	-2,00E-01
4,76E-02	1,44E+02	1,44E+02	4,76E-02	-2,00E-01	-2,00E-01

2. Medición de circuito trifásico

Title Input A
 ID 1
 Type Envelope
 Date 06/05/2010
 06:27:48
 Time p.m.
 X Scale 5,00E-03
 X At 0% -2,60E-03
 X Resolution 2,50E+01
 X Size 252
 X Unit s
 X Label 5 ms/Div
 Y Scale 1,00E+02
 Y At 50% -1,20E+01
 Y Resolution 2,50E+01
 Y Size 256
 Y Unit V
 Y Label V

Title Input B
 ID 1
 Type Envelope
 Date 06/05/2010
 06:27:48
 Time a.m.
 X Scale 5,00E-03
 X At 0% -2,60E-03
 X Resolution 2,50E+01
 X Size 252
 X Unit s
 X Label 5 ms/Div
 Y Scale 2,00E+00
 Y At 50% 8,00E-02
 Y Resolution 2,50E+01
 Y Size 256
 Y Unit V
 Y Label V

-2,60E-03	-1,60E+02	-1,60E+02	-2,60E-03	8,00E-01	8,00E-01
-2,40E-03	-1,44E+02	-1,44E+02	-2,40E-03	5,60E-01	5,60E-01
-2,20E-03	-1,24E+02	-1,24E+02	-2,20E-03	4,00E-01	4,00E-01
-2,00E-03	-1,04E+02	-1,04E+02	-2,00E-03	2,40E-01	2,40E-01
-1,80E-03	-8,40E+01	-8,40E+01	-1,80E-03	0,00E+00	0,00E+00
-1,60E-03	-6,40E+01	-6,40E+01	-1,60E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
-1,40E-03	-4,40E+01	-4,40E+01	-1,40E-03	-1,12E+00	-1,12E+00
-1,20E-03	-2,40E+01	-2,40E+01	-1,20E-03	-3,84E+00	-3,84E+00
-1,00E-03	-4,00E+00	-4,00E+00	-1,00E-03	-4,16E+00	-4,16E+00
-8,00E-04	8,00E+00	8,00E+00	-8,00E-04	-4,08E+00	-4,08E+00
-6,00E-04	2,40E+01	2,40E+01	-6,00E-04	-3,84E+00	-3,84E+00
-4,00E-04	4,00E+01	4,00E+01	-4,00E-04	-3,68E+00	-3,68E+00
-2,00E-04	5,60E+01	5,60E+01	-2,00E-04	-3,36E+00	-3,36E+00
0,00E+00	7,20E+01	7,20E+01	0,00E+00	-2,88E+00	-2,88E+00
2,00E-04	8,80E+01	8,80E+01	2,00E-04	-2,32E+00	-2,32E+00
4,00E-04	1,00E+02	1,00E+02	4,00E-04	-1,84E+00	-1,84E+00



6,00E-04	1,20E+02	1,20E+02	6,00E-04	-1,28E+00	-1,28E+00
8,00E-04	1,40E+02	1,40E+02	8,00E-04	-8,80E-01	-8,80E-01
1,00E-03	1,52E+02	1,52E+02	1,00E-03	-5,60E-01	-5,60E-01
1,20E-03	1,72E+02	1,72E+02	1,20E-03	-4,00E-01	-4,00E-01
1,40E-03	1,84E+02	1,84E+02	1,40E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
1,60E-03	2,04E+02	2,04E+02	1,60E-03	-1,60E-01	-1,60E-01
1,80E-03	2,12E+02	2,12E+02	1,80E-03	0,00E+00	0,00E+00
2,00E-03	2,28E+02	2,28E+02	2,00E-03	1,28E+00	1,28E+00
2,20E-03	2,40E+02	2,40E+02	2,20E-03	3,68E+00	3,68E+00
2,40E-03	2,52E+02	2,52E+02	2,40E-03	3,92E+00	3,92E+00
2,60E-03	2,64E+02	2,64E+02	2,60E-03	3,60E+00	3,60E+00
2,80E-03	2,72E+02	2,72E+02	2,80E-03	3,52E+00	3,52E+00
3,00E-03	2,80E+02	2,80E+02	3,00E-03	3,28E+00	3,28E+00
3,20E-03	2,88E+02	2,88E+02	3,20E-03	2,96E+00	2,96E+00
3,40E-03	2,92E+02	2,92E+02	3,40E-03	2,40E+00	2,40E+00
3,60E-03	3,00E+02	3,00E+02	3,60E-03	1,76E+00	1,76E+00
3,80E-03	3,00E+02	3,00E+02	3,80E-03	1,36E+00	1,36E+00
4,00E-03	3,00E+02	3,00E+02	4,00E-03	8,80E-01	8,80E-01
4,20E-03	3,00E+02	3,00E+02	4,20E-03	5,60E-01	5,60E-01
4,40E-03	2,96E+02	2,96E+02	4,40E-03	4,00E-01	4,00E-01
4,60E-03	2,92E+02	2,92E+02	4,60E-03	2,40E-01	2,40E-01
4,80E-03	2,88E+02	2,88E+02	4,80E-03	1,60E-01	1,60E-01
5,00E-03	2,80E+02	2,80E+02	5,00E-03	-8,00E-02	-8,00E-02
5,20E-03	2,76E+02	2,76E+02	5,20E-03	-5,60E-01	-5,60E-01
5,40E-03	2,72E+02	2,72E+02	5,40E-03	-3,68E+00	-3,68E+00
5,60E-03	2,64E+02	2,64E+02	5,60E-03	-4,24E+00	-4,24E+00
5,80E-03	2,60E+02	2,60E+02	5,80E-03	-4,16E+00	-4,16E+00
6,00E-03	2,48E+02	2,48E+02	6,00E-03	-3,92E+00	-3,92E+00
6,20E-03	2,40E+02	2,40E+02	6,20E-03	-3,84E+00	-3,84E+00
6,40E-03	2,28E+02	2,28E+02	6,40E-03	-3,52E+00	-3,52E+00
6,60E-03	2,20E+02	2,20E+02	6,60E-03	-2,88E+00	-2,88E+00
6,80E-03	2,08E+02	2,08E+02	6,80E-03	-2,16E+00	-2,16E+00
7,00E-03	1,92E+02	1,92E+02	7,00E-03	-1,60E+00	-1,60E+00
7,20E-03	1,80E+02	1,80E+02	7,20E-03	-1,44E+00	-1,44E+00
7,40E-03	1,64E+02	1,64E+02	7,40E-03	-1,20E+00	-1,20E+00
7,60E-03	1,40E+02	1,40E+02	7,60E-03	-8,80E-01	-8,80E-01
7,80E-03	1,24E+02	1,24E+02	7,80E-03	-6,40E-01	-6,40E-01
8,00E-03	1,00E+02	1,00E+02	8,00E-03	-4,00E-01	-4,00E-01
8,20E-03	8,00E+01	8,00E+01	8,20E-03	-2,40E-01	-2,40E-01
8,40E-03	5,60E+01	5,60E+01	8,40E-03	0,00E+00	0,00E+00
8,60E-03	4,00E+01	4,00E+01	8,60E-03	5,60E-01	5,60E-01
8,80E-03	1,60E+01	1,60E+01	8,80E-03	3,52E+00	3,52E+00
9,00E-03	4,00E+00	4,00E+00	9,00E-03	3,84E+00	3,84E+00
9,20E-03	-1,60E+01	-1,60E+01	9,20E-03	3,68E+00	3,68E+00
9,40E-03	-3,20E+01	-3,20E+01	9,40E-03	3,44E+00	3,44E+00
9,60E-03	-4,80E+01	-4,80E+01	9,60E-03	3,28E+00	3,28E+00



9,80E-03	-6,00E+01	-6,00E+01	9,80E-03	3,12E+00	3,12E+00
1,00E-02	-7,20E+01	-7,20E+01	1,00E-02	2,56E+00	2,56E+00
1,02E-02	-9,20E+01	-9,20E+01	1,02E-02	2,08E+00	2,08E+00
1,04E-02	-1,08E+02	-1,08E+02	1,04E-02	1,52E+00	1,52E+00
1,06E-02	-1,24E+02	-1,24E+02	1,06E-02	1,04E+00	1,04E+00
1,08E-02	-1,44E+02	-1,44E+02	1,08E-02	5,60E-01	5,60E-01
1,10E-02	-1,56E+02	-1,56E+02	1,10E-02	4,00E-01	4,00E-01
1,12E-02	-1,72E+02	-1,72E+02	1,12E-02	2,40E-01	2,40E-01
1,14E-02	-1,88E+02	-1,88E+02	1,14E-02	-8,00E-02	-8,00E-02
1,16E-02	-2,04E+02	-2,04E+02	1,16E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
1,18E-02	-2,16E+02	-2,16E+02	1,18E-02	-3,20E-01	-3,20E-01
1,20E-02	-2,32E+02	-2,32E+02	1,20E-02	-1,52E+00	-1,52E+00
1,22E-02	-2,44E+02	-2,44E+02	1,22E-02	-4,00E+00	-4,00E+00
1,24E-02	-2,56E+02	-2,56E+02	1,24E-02	-4,08E+00	-4,08E+00
1,26E-02	-2,64E+02	-2,64E+02	1,26E-02	-4,08E+00	-4,08E+00
1,28E-02	-2,76E+02	-2,76E+02	1,28E-02	-3,84E+00	-3,84E+00
1,30E-02	-2,88E+02	-2,88E+02	1,30E-02	-3,68E+00	-3,68E+00
1,32E-02	-2,92E+02	-2,92E+02	1,32E-02	-3,36E+00	-3,36E+00
1,34E-02	-3,00E+02	-3,00E+02	1,34E-02	-2,64E+00	-2,64E+00
1,36E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	1,36E-02	-2,16E+00	-2,16E+00
1,38E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	1,38E-02	-1,68E+00	-1,68E+00
1,40E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	1,40E-02	-1,20E+00	-1,20E+00
1,42E-02	-3,00E+02	-3,00E+02	1,42E-02	-9,60E-01	-9,60E-01
1,44E-02	-3,00E+02	-3,00E+02	1,44E-02	-7,20E-01	-7,20E-01
1,46E-02	-2,96E+02	-2,96E+02	1,46E-02	-5,60E-01	-5,60E-01
1,48E-02	-2,92E+02	-2,92E+02	1,48E-02	-3,20E-01	-3,20E-01
1,50E-02	-2,84E+02	-2,84E+02	1,50E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
1,52E-02	-2,80E+02	-2,80E+02	1,52E-02	2,40E-01	2,40E-01
1,54E-02	-2,76E+02	-2,76E+02	1,54E-02	3,12E+00	3,12E+00
1,56E-02	-2,68E+02	-2,68E+02	1,56E-02	3,84E+00	3,84E+00
1,58E-02	-2,64E+02	-2,64E+02	1,58E-02	3,92E+00	3,92E+00
1,60E-02	-2,52E+02	-2,52E+02	1,60E-02	3,52E+00	3,52E+00
1,62E-02	-2,44E+02	-2,44E+02	1,62E-02	3,44E+00	3,44E+00
1,64E-02	-2,36E+02	-2,36E+02	1,64E-02	3,12E+00	3,12E+00
1,66E-02	-2,24E+02	-2,24E+02	1,66E-02	2,56E+00	2,56E+00
1,68E-02	-2,12E+02	-2,12E+02	1,68E-02	1,84E+00	1,84E+00
1,70E-02	-2,00E+02	-2,00E+02	1,70E-02	1,36E+00	1,36E+00
1,72E-02	-1,80E+02	-1,80E+02	1,72E-02	1,20E+00	1,20E+00
1,74E-02	-1,68E+02	-1,68E+02	1,74E-02	8,80E-01	8,80E-01
1,76E-02	-1,48E+02	-1,48E+02	1,76E-02	5,60E-01	5,60E-01
1,78E-02	-1,28E+02	-1,28E+02	1,78E-02	4,80E-01	4,80E-01
1,80E-02	-1,08E+02	-1,08E+02	1,80E-02	2,40E-01	2,40E-01
1,82E-02	-8,40E+01	-8,40E+01	1,82E-02	0,00E+00	0,00E+00
1,84E-02	-6,40E+01	-6,40E+01	1,84E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
1,86E-02	-4,40E+01	-4,40E+01	1,86E-02	-8,00E-01	-8,00E-01
1,88E-02	-2,40E+01	-2,40E+01	1,88E-02	-3,76E+00	-3,76E+00



1,90E-02	-4,00E+00	-4,00E+00	1,90E-02	-4,32E+00	-4,32E+00
1,92E-02	1,20E+01	1,20E+01	1,92E-02	-4,00E+00	-4,00E+00
1,94E-02	2,80E+01	2,80E+01	1,94E-02	-3,84E+00	-3,84E+00
1,96E-02	4,00E+01	4,00E+01	1,96E-02	-3,68E+00	-3,68E+00
1,98E-02	5,60E+01	5,60E+01	1,98E-02	-3,52E+00	-3,52E+00
2,00E-02	6,80E+01	6,80E+01	2,00E-02	-3,04E+00	-3,04E+00
2,02E-02	8,80E+01	8,80E+01	2,02E-02	-2,32E+00	-2,32E+00
2,04E-02	1,00E+02	1,00E+02	2,04E-02	-1,84E+00	-1,84E+00
2,06E-02	1,20E+02	1,20E+02	2,06E-02	-1,36E+00	-1,36E+00
2,08E-02	1,40E+02	1,40E+02	2,08E-02	-9,60E-01	-9,60E-01
2,10E-02	1,52E+02	1,52E+02	2,10E-02	-5,60E-01	-5,60E-01
2,12E-02	1,68E+02	1,68E+02	2,12E-02	-4,00E-01	-4,00E-01
2,14E-02	1,80E+02	1,80E+02	2,14E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
2,16E-02	2,00E+02	2,00E+02	2,16E-02	0,00E+00	0,00E+00
2,18E-02	2,16E+02	2,16E+02	2,18E-02	8,00E-02	8,00E-02
2,20E-02	2,28E+02	2,28E+02	2,20E-02	8,80E-01	8,80E-01
2,22E-02	2,40E+02	2,40E+02	2,22E-02	3,60E+00	3,60E+00
2,24E-02	2,52E+02	2,52E+02	2,24E-02	3,92E+00	3,92E+00
2,26E-02	2,64E+02	2,64E+02	2,26E-02	3,68E+00	3,68E+00
2,28E-02	2,72E+02	2,72E+02	2,28E-02	3,60E+00	3,60E+00
2,30E-02	2,84E+02	2,84E+02	2,30E-02	3,36E+00	3,36E+00
2,32E-02	2,92E+02	2,92E+02	2,32E-02	3,04E+00	3,04E+00
2,34E-02	2,96E+02	2,96E+02	2,34E-02	2,48E+00	2,48E+00
2,36E-02	2,96E+02	2,96E+02	2,36E-02	2,00E+00	2,00E+00
2,38E-02	3,00E+02	3,00E+02	2,38E-02	1,36E+00	1,36E+00
2,40E-02	3,00E+02	3,00E+02	2,40E-02	1,04E+00	1,04E+00
2,42E-02	2,96E+02	2,96E+02	2,42E-02	5,60E-01	5,60E-01
2,44E-02	2,92E+02	2,92E+02	2,44E-02	4,80E-01	4,80E-01
2,46E-02	2,96E+02	2,96E+02	2,46E-02	2,40E-01	2,40E-01
2,48E-02	2,84E+02	2,84E+02	2,48E-02	1,60E-01	1,60E-01
2,50E-02	2,84E+02	2,84E+02	2,50E-02	8,00E-02	8,00E-02
2,52E-02	2,76E+02	2,76E+02	2,52E-02	-4,00E-01	-4,00E-01
2,54E-02	2,72E+02	2,72E+02	2,54E-02	-3,44E+00	-3,44E+00
2,56E-02	2,68E+02	2,68E+02	2,56E-02	-4,08E+00	-4,08E+00
2,58E-02	2,56E+02	2,56E+02	2,58E-02	-4,16E+00	-4,16E+00
2,60E-02	2,52E+02	2,52E+02	2,60E-02	-3,92E+00	-3,92E+00
2,62E-02	2,36E+02	2,36E+02	2,62E-02	-3,76E+00	-3,76E+00
2,64E-02	2,32E+02	2,32E+02	2,64E-02	-3,60E+00	-3,60E+00
2,66E-02	2,20E+02	2,20E+02	2,66E-02	-2,88E+00	-2,88E+00
2,68E-02	2,08E+02	2,08E+02	2,68E-02	-2,16E+00	-2,16E+00
2,70E-02	1,96E+02	1,96E+02	2,70E-02	-1,60E+00	-1,60E+00
2,72E-02	1,84E+02	1,84E+02	2,72E-02	-1,36E+00	-1,36E+00
2,74E-02	1,64E+02	1,64E+02	2,74E-02	-1,12E+00	-1,12E+00
2,76E-02	1,44E+02	1,44E+02	2,76E-02	-9,60E-01	-9,60E-01
2,78E-02	1,24E+02	1,24E+02	2,78E-02	-7,20E-01	-7,20E-01
2,80E-02	1,04E+02	1,04E+02	2,80E-02	-4,00E-01	-4,00E-01



2,82E-02	8,40E+01	8,40E+01	2,82E-02	-3,20E-01	-3,20E-01
2,84E-02	6,00E+01	6,00E+01	2,84E-02	0,00E+00	0,00E+00
2,86E-02	4,00E+01	4,00E+01	2,86E-02	3,20E-01	3,20E-01
2,88E-02	2,40E+01	2,40E+01	2,88E-02	3,20E+00	3,20E+00
2,90E-02	4,00E+00	4,00E+00	2,90E-02	4,00E+00	4,00E+00
2,92E-02	-1,20E+01	-1,20E+01	2,92E-02	3,68E+00	3,68E+00
2,94E-02	-2,80E+01	-2,80E+01	2,94E-02	3,60E+00	3,60E+00
2,96E-02	-4,00E+01	-4,00E+01	2,96E-02	3,44E+00	3,44E+00
2,98E-02	-6,00E+01	-6,00E+01	2,98E-02	3,12E+00	3,12E+00
3,00E-02	-7,60E+01	-7,60E+01	3,00E-02	2,64E+00	2,64E+00
3,02E-02	-8,80E+01	-8,80E+01	3,02E-02	2,16E+00	2,16E+00
3,04E-02	-1,08E+02	-1,08E+02	3,04E-02	1,52E+00	1,52E+00
3,06E-02	-1,24E+02	-1,24E+02	3,06E-02	1,04E+00	1,04E+00
3,08E-02	-1,40E+02	-1,40E+02	3,08E-02	6,40E-01	6,40E-01
3,10E-02	-1,52E+02	-1,52E+02	3,10E-02	3,20E-01	3,20E-01
3,12E-02	-1,72E+02	-1,72E+02	3,12E-02	8,00E-02	8,00E-02
3,14E-02	-1,88E+02	-1,88E+02	3,14E-02	0,00E+00	0,00E+00
3,16E-02	-2,04E+02	-2,04E+02	3,16E-02	-1,60E-01	-1,60E-01
3,18E-02	-2,16E+02	-2,16E+02	3,18E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
3,20E-02	-2,28E+02	-2,28E+02	3,20E-02	-1,20E+00	-1,20E+00
3,22E-02	-2,40E+02	-2,40E+02	3,22E-02	-3,92E+00	-3,92E+00
3,24E-02	-2,52E+02	-2,52E+02	3,24E-02	-4,08E+00	-4,08E+00
3,26E-02	-2,64E+02	-2,64E+02	3,26E-02	-4,08E+00	-4,08E+00
3,28E-02	-2,76E+02	-2,76E+02	3,28E-02	-3,84E+00	-3,84E+00
3,30E-02	-2,84E+02	-2,84E+02	3,30E-02	-3,68E+00	-3,68E+00
3,32E-02	-2,92E+02	-2,92E+02	3,32E-02	-3,44E+00	-3,44E+00
3,34E-02	-3,00E+02	-3,00E+02	3,34E-02	-2,88E+00	-2,88E+00
3,36E-02	-3,00E+02	-3,00E+02	3,36E-02	-2,16E+00	-2,16E+00
3,38E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	3,38E-02	-1,76E+00	-1,76E+00
3,40E-02	-3,04E+02	-3,04E+02	3,40E-02	-1,28E+00	-1,28E+00
3,42E-02	-3,00E+02	-3,00E+02	3,42E-02	-9,60E-01	-9,60E-01
3,44E-02	-2,96E+02	-2,96E+02	3,44E-02	-7,20E-01	-7,20E-01
3,46E-02	-2,96E+02	-2,96E+02	3,46E-02	-5,60E-01	-5,60E-01
3,48E-02	-2,88E+02	-2,88E+02	3,48E-02	-4,00E-01	-4,00E-01
3,50E-02	-2,92E+02	-2,92E+02	3,50E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
3,52E-02	-2,80E+02	-2,80E+02	3,52E-02	0,00E+00	0,00E+00
3,54E-02	-2,76E+02	-2,76E+02	3,54E-02	2,88E+00	2,88E+00
3,56E-02	-2,68E+02	-2,68E+02	3,56E-02	3,84E+00	3,84E+00
3,58E-02	-2,64E+02	-2,64E+02	3,58E-02	3,84E+00	3,84E+00
3,60E-02	-2,56E+02	-2,56E+02	3,60E-02	3,60E+00	3,60E+00
3,62E-02	-2,44E+02	-2,44E+02	3,62E-02	3,36E+00	3,36E+00
3,64E-02	-2,36E+02	-2,36E+02	3,64E-02	3,20E+00	3,20E+00
3,66E-02	-2,24E+02	-2,24E+02	3,66E-02	2,48E+00	2,48E+00
3,68E-02	-2,16E+02	-2,16E+02	3,68E-02	1,84E+00	1,84E+00
3,70E-02	-2,00E+02	-2,00E+02	3,70E-02	1,28E+00	1,28E+00
3,72E-02	-1,88E+02	-1,88E+02	3,72E-02	1,12E+00	1,12E+00



3,74E-02	-1,72E+02	-1,72E+02	3,74E-02	8,00E-01	8,00E-01
3,76E-02	-1,48E+02	-1,48E+02	3,76E-02	6,40E-01	6,40E-01
3,78E-02	-1,28E+02	-1,28E+02	3,78E-02	4,80E-01	4,80E-01
3,80E-02	-1,04E+02	-1,04E+02	3,80E-02	1,60E-01	1,60E-01
3,82E-02	-8,80E+01	-8,80E+01	3,82E-02	0,00E+00	0,00E+00
3,84E-02	-6,80E+01	-6,80E+01	3,84E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
3,86E-02	-4,40E+01	-4,40E+01	3,86E-02	-6,40E-01	-6,40E-01
3,88E-02	-2,40E+01	-2,40E+01	3,88E-02	-3,52E+00	-3,52E+00
3,90E-02	-8,00E+00	-8,00E+00	3,90E-02	-4,40E+00	-4,40E+00
3,92E-02	8,00E+00	8,00E+00	3,92E-02	-4,08E+00	-4,08E+00
3,94E-02	2,40E+01	2,40E+01	3,94E-02	-3,92E+00	-3,92E+00
3,96E-02	3,60E+01	3,60E+01	3,96E-02	-3,76E+00	-3,76E+00
3,98E-02	5,60E+01	5,60E+01	3,98E-02	-3,52E+00	-3,52E+00
4,00E-02	6,80E+01	6,80E+01	4,00E-02	-2,96E+00	-2,96E+00
4,02E-02	8,40E+01	8,40E+01	4,02E-02	-2,56E+00	-2,56E+00
4,04E-02	1,00E+02	1,00E+02	4,04E-02	-1,92E+00	-1,92E+00
4,06E-02	1,16E+02	1,16E+02	4,06E-02	-1,36E+00	-1,36E+00
4,08E-02	1,36E+02	1,36E+02	4,08E-02	-9,60E-01	-9,60E-01
4,10E-02	1,52E+02	1,52E+02	4,10E-02	-8,00E-01	-8,00E-01
4,12E-02	1,64E+02	1,64E+02	4,12E-02	-4,00E-01	-4,00E-01
4,14E-02	1,80E+02	1,80E+02	4,14E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
4,16E-02	1,96E+02	1,96E+02	4,16E-02	-1,60E-01	-1,60E-01
4,18E-02	2,12E+02	2,12E+02	4,18E-02	0,00E+00	0,00E+00
4,20E-02	2,24E+02	2,24E+02	4,20E-02	6,40E-01	6,40E-01
4,22E-02	2,40E+02	2,40E+02	4,22E-02	3,36E+00	3,36E+00
4,24E-02	2,48E+02	2,48E+02	4,24E-02	3,84E+00	3,84E+00
4,26E-02	2,60E+02	2,60E+02	4,26E-02	3,68E+00	3,68E+00
4,28E-02	2,68E+02	2,68E+02	4,28E-02	3,52E+00	3,52E+00
4,30E-02	2,76E+02	2,76E+02	4,30E-02	3,44E+00	3,44E+00
4,32E-02	2,84E+02	2,84E+02	4,32E-02	3,04E+00	3,04E+00
4,34E-02	2,96E+02	2,96E+02	4,34E-02	2,56E+00	2,56E+00
4,36E-02	2,96E+02	2,96E+02	4,36E-02	2,00E+00	2,00E+00
4,38E-02	3,00E+02	3,00E+02	4,38E-02	1,52E+00	1,52E+00
4,40E-02	3,00E+02	3,00E+02	4,40E-02	1,04E+00	1,04E+00
4,42E-02	2,96E+02	2,96E+02	4,42E-02	7,20E-01	7,20E-01
4,44E-02	2,96E+02	2,96E+02	4,44E-02	4,80E-01	4,80E-01
4,46E-02	2,92E+02	2,92E+02	4,46E-02	4,00E-01	4,00E-01
4,48E-02	2,88E+02	2,88E+02	4,48E-02	1,60E-01	1,60E-01
4,50E-02	2,84E+02	2,84E+02	4,50E-02	8,00E-02	8,00E-02
4,52E-02	2,76E+02	2,76E+02	4,52E-02	-2,40E-01	-2,40E-01
4,54E-02	2,72E+02	2,72E+02	4,54E-02	-3,04E+00	-3,04E+00
4,56E-02	2,64E+02	2,64E+02	4,56E-02	-4,00E+00	-4,00E+00
4,58E-02	2,56E+02	2,56E+02	4,58E-02	-4,16E+00	-4,16E+00
4,60E-02	2,52E+02	2,52E+02	4,60E-02	-4,00E+00	-4,00E+00
4,62E-02	2,44E+02	2,44E+02	4,62E-02	-3,84E+00	-3,84E+00
4,64E-02	2,32E+02	2,32E+02	4,64E-02	-3,60E+00	-3,60E+00



4,66E-02	2,20E+02	2,20E+02	4,66E-02	-2,88E+00	-2,88E+00
4,68E-02	2,12E+02	2,12E+02	4,68E-02	-2,24E+00	-2,24E+00
4,70E-02	2,00E+02	2,00E+02	4,70E-02	-1,60E+00	-1,60E+00
4,72E-02	1,84E+02	1,84E+02	4,72E-02	-1,36E+00	-1,36E+00
4,74E-02	1,68E+02	1,68E+02	4,74E-02	-1,20E+00	-1,20E+00
4,76E-02	1,48E+02	1,48E+02	4,76E-02	-9,60E-01	-9,60E-01

ANEXO C: Coeficientes de Fourier

1. Coeficientes de Fourier del ensayo monofásico

a ₁	-1,521	a ₂₆	0,021	b ₁	119,945	b ₂₆	0,034
a ₂	-0,017	a ₂₇	-8,142	b ₂	0,036	b ₂₇	1,438
a ₃	41,012	a ₂₈	0,040	b ₃	-87,548	b ₂₈	-0,005
a ₄	0,025	a ₂₉	6,364	b ₄	0,031	b ₂₉	-2,432
a ₅	-39,404	a ₃₀	0,012	b ₅	53,612	b ₃₀	-0,038
a ₆	0,039	a ₃₁	-4,698	b ₆	-0,010	b ₃₁	3,139
a ₇	25,106	a ₃₂	-0,029	b ₇	-36,315	b ₃₂	-0,027
a ₈	0,007	a ₃₃	3,054	b ₈	-0,039	b ₃₃	-3,293
a ₉	-14,571	a ₃₄	-0,037	b ₉	28,288	b ₃₄	0,015
a ₁₀	-0,032	a ₃₅	-1,404	b ₁₀	-0,023	b ₃₅	3,269
a ₁₁	6,819	a ₃₆	-0,003	b ₁₁	-21,442	b ₃₆	0,040
a ₁₂	-0,035	a ₃₇	0,184	b ₁₂	0,019	b ₃₇	-3,144
a ₁₃	0,172	a ₃₈	0,035	b ₁₃	16,407	b ₃₈	0,019
a ₁₄	0,003	a ₃₉	0,653	b ₁₄	0,040	b ₃₉	2,700
a ₁₅	-4,766	a ₄₀	0,032	b ₁₅	-12,929	b ₄₀	-0,023
a ₁₆	0,037	a ₄₁	-1,282	b ₁₆	0,015	b ₄₁	-2,211
a ₁₇	7,586	a ₄₂	-0,007	b ₁₇	9,314	b ₄₂	-0,039
a ₁₈	0,029	a ₄₃	1,458	b ₁₈	-0,027	b ₄₃	1,848
a ₁₉	-9,698	a ₄₄	-0,039	b ₁₉	-6,199	b ₄₄	-0,010
a ₂₀	-0,012	a ₄₅	-1,225	b ₂₀	-0,038	b ₄₅	-1,412
a ₂₁	10,456	a ₄₆	-0,025	b ₂₁	3,896	b ₄₆	0,031
a ₂₂	-0,040	a ₄₇	0,884	b ₂₂	-0,005	b ₄₇	1,052
a ₂₃	-10,112	a ₄₈	0,017	b ₂₃	-1,639	b ₄₈	0,036
a ₂₄	-0,021	a ₄₉	-0,353	b ₂₄	0,034	b ₄₉	-0,975
a ₂₅	9,427	a ₅₀	0,040	b ₂₅	-0,246	b ₅₀	0,000



2. Coeficientes de Fourier del ensayo trifásico

a ₁	96,472	a ₁₆	-0,265	b ₁	315,375	b ₁₆	-1,928
a ₂	-0,716	a ₁₇	-3,698	b ₂	1,214	b ₁₇	-2,915
a ₃	-88,511	a ₁₈	1,569	b ₃	12,080	b ₁₈	-0,144
a ₄	-0,859	a ₁₉	0,476	b ₄	-5,689	b ₁₉	-4,461
a ₅	-35,331	a ₂₀	0,417	b ₅	-14,400	b ₂₀	0,553
a ₆	3,397	a ₂₁	3,435	b ₆	-0,296	b ₂₁	-0,487
a ₇	-4,182	a ₂₂	-0,140	b ₇	-31,717	b ₂₂	1,150
a ₈	1,854	a ₂₃	1,224	b ₈	0,190	b ₂₃	1,937
a ₉	15,530	a ₂₄	-1,346	b ₉	-7,603	b ₂₄	-0,188
a ₁₀	0,563	a ₂₅	-1,054	b ₁₀	3,058	b ₂₅	1,988
a ₁₁	9,391	a ₂₆	-0,179	b ₁₁	3,804	b ₂₆	-0,752
a ₁₂	-2,178	a ₂₇	-2,147	b ₁₂	0,356	b ₂₇	-0,392
a ₁₃	0,349	a ₂₈	0,203	b ₁₃	9,611	b ₂₈	-0,822
a ₁₄	-1,072	a ₂₉	-0,476	b ₁₄	-0,458	b ₂₉	-1,573
a ₁₅	-6,795	a ₃₀	0,938	b ₁₅	1,925	b ₃₀	0,173

ANEXO D: Coeficientes espectrales

1. Coeficientes espectrales del ensayo monofásico

n	a _n	b _n	C _n	A _n	A _n normalizado	Frecuencia
1	-1,511	19,960	0,0	120,0	100,0	50
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3	41,0	-87,548	3,967	96,7	80,6	150
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	39,4	53,633	3,366	66,5	55,5	250
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
7	25,1	-36,322	1,441	44,1	36,8	350
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
9	14,6	28,315	1,593	31,8	26,5	450
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11	6,8	-21,411	1,322	22,5	18,8	550



12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	0,2	16,4	8,2	16,4	13,7	650
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
15	-4,8	-12,9	6,9	13,8	11,5	750
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
17	7,6	9,3	6,0	12,0	10,0	850
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
19	-9,7	-6,2	5,8	11,5	9,6	950
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
21	10,5	3,9	5,6	11,2	9,3	1050
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
23	-	-1,6	5,1	10,2	8,5	1150
	10,1					
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
25	9,4	-0,2	4,7	9,4	7,9	1250
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
27	-8,1	1,4	4,1	8,3	6,9	1350
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
29	6,4	-2,4	3,4	6,8	5,7	1450
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
31	-4,7	3,1	2,8	5,7	4,7	1550
32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
33	3,1	-3,3	2,2	4,5	3,7	1650
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
35	-1,4	3,3	1,8	3,6	3,0	1750
36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
37	0,2	-3,1	1,6	3,1	2,6	1850
38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
39	0,7	2,7	1,4	2,8	2,3	1950
40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
41	-1,3	-2,2	1,3	2,6	2,1	2050
42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
43	1,5	1,8	1,2	2,4	2,0	2150
44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
45	-1,2	-1,4	0,9	1,9	1,6	2250
46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
47	0,9	1,1	0,7	1,4	1,1	2350
48	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
49	-0,4	-1,0	0,5	1,0	0,9	2450
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	



2. Coeficientes espectrales del ensayo trifásico

n	an	bn	Cn	An	An normalizado	Frecuencia
1	96,5	315,4	60,0	329,8	100,0	150
2	-0,7	1,2	0,0	1,4	0,4	
3	-88,5	12,1	48,3	89,3	27,1	450
4	-0,9	-5,7	0,0	5,8	1,7	
5	-35,3	-14,4	33,3	38,2	11,6	750
6	3,4	-0,3	0,0	3,4	1,0	
7	-4,2	-31,7	22,1	32,0	9,7	1050
8	1,9	0,2	0,0	1,9	0,6	
9	15,5	-7,6	15,9	17,3	5,2	1350
10	0,6	3,1	0,0	3,1	0,9	
11	9,4	3,8	11,3	10,1	3,1	1650
12	-2,2	0,4	0,0	2,2	0,7	
13	0,3	9,6	8,2	9,6	2,9	1950
14	-1,1	-0,5	0,0	1,2	0,4	
15	-6,8	1,9	6,9	7,1	2,1	2250
16	-0,3	-1,9	0,0	1,9	0,6	
17	-3,7	-2,9	6,0	4,7	1,4	2550
18	1,6	-0,1	0,0	1,6	0,5	
19	0,5	-4,5	5,8	4,5	1,4	2850
20	0,4	0,6	0,0	0,7	0,2	
21	3,4	-0,5	5,6	3,5	1,1	3150
22	-0,1	1,2	0,0	1,2	0,4	
23	1,2	1,9	5,1	2,3	0,7	3450
24	-1,3	-0,2	0,0	1,4	0,4	
25	-1,1	2,0	4,7	2,3	0,7	3750
26	-0,2	-0,8	0,0	0,8	0,2	
27	-2,1	-0,4	4,1	2,2	0,7	4050
28	0,2	-0,8	0,0	0,8	0,3	
29	-0,5	-1,6	3,4	1,6	0,5	4350
30	0,9	0,2	0,0	1,0	0,3	