

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de
Ingeniería Eléctrica

**Estudio de las distorsiones armónicas
producidas por variadores de frecuencia,
que afectan la calidad de energía eléctrica del
pabellón H de la Universidad Continental**

José Luis Ccalla Arellano

Huancayo, 2017

Tesis para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Ing. César Chilet León

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, por el apoyo que siempre me brindan; al encargado del laboratorio de ingeniería, área de energía, por el préstamo de los equipos de medición; y al encargado del área de soporte y energía, por permitirme realizar las mediciones.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo:

A Dios, por permitirme seguir adelante.

A mis padres, por haberme dado la vida y por darme su apoyo y consejos.

A mis hermanas y novia, por estar en todo momento conmigo.

ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	4
1.3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	4
1.3.3. IMPORTANCIA.....	4
1.3.4. DATOS DE LA EMPRESA	5
1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	5
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	5
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	5
1.5. VARIABLES.....	6
1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	6
1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	6
1.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	7
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	8
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1.1. NACIONAL	8
2.1.2. INTERNACIONAL	9
2.2. BASES TEÓRICAS	11
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	31
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	35
3.1. MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.1.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.1.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	35

3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.3.1.	POBLACIÓN	39
3.3.2.	MUESTRA	39
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	40
3.4.1.	INSTRUMENTOS	40
3.4.2.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO.....	42
3.4.3.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	43
CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		44
4.1.	PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	44
4.2.	PRUEBA DE HIPÓTESIS	48
4.2.1.	HIPÓTESIS GENERAL	48
4.2.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	49
4.3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
CONCLUSIONES.....		59
RECOMENDACIONES		60
BIBLIOGRAFÍA.....		61
ANEXOS		63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Valores de secuencias armónicas en sistemas balanceados.	16
Tabla 2: Muestra de valores armónicos para la iluminación fluorescente.	18
Tabla 3: Armónicos típicos encontrados para diferentes convertidores.	21
Tabla 4: Límites armónicos actuales según IEEE 519-1992.	22
Tabla 5: Límites armónicos de voltaje según IEEE 519-1992.	23
Tabla 6: THD permisible para armónicos pares e impares.	24
Tabla 7: Valores de tolerancia en el estudio de calidad de energía eléctrica según la Norma Técnica Peruana.	44
Tabla 8: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad de U1.	45
Tabla 9: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad de U2.	46
Tabla 10: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad de U3.	46
Tabla 11: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad de frecuencia.	47
Tabla 12: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad del THDV_U1.	47
Tabla 13: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad del THDV_U2.	47
Tabla 14: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad del THDV_U3.	48
Tabla 15: Resumen del modelo de regresión para THD_U1 e IC_U1.	50
Tabla 16: Coeficientes de la regresión para THD_U1 e IC_U1.	50
Tabla 17: Resumen del modelo de regresión para THD_U2 e IC_U2.	51
Tabla 18: Coeficientes de la regresión para THD_U2 e IC_U2.	51
Tabla 19: Resumen del modelo de regresión para THD_U3 e IC_U3.	52
Tabla 20: Coeficientes de la regresión para THD_U3 e IC_U3.	53
Tabla 21: Resumen del modelo de regresión para THD_U1 e IC_Freq.	54
Tabla 22: Coeficientes de la regresión para THD_U1 e IC_Freq.	54
Tabla 23: Resumen del modelo de regresión para THD_U2 e IC_Freq.	55
Tabla 24: Coeficientes de la regresión para THD_U2 e IC_Freq.	55
Tabla 25: Resumen del modelo de regresión para THD_U3 e IC_Freq.	56
Tabla 26: Coeficientes de la regresión para THD_U3 e IC_Freq.	57
Tabla 27: Registro de datos provistos por el analizador de calidad de red HIOKI.	67
Tabla 28: Datos calculados de las variables.	84
Tabla 29: Espectro de la fundamental y los armónicos con sus módulos de FOURIER de la fase R – Fuente propia.	121
Tabla 30: Espectro de la fundamental y los armónicos con sus módulos de FOURIER de la fase S – Fuente propia.	122
Tabla 31: Espectro de la fundamental y los armónicos con sus módulos de FOURIER de la fase S – Fuente propia.	124
Tabla 32: Tasa de distorsión armónica de la fase R S T obtenida con el análisis de FOURIER – Fuente propia.	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: (a) Flujo de potencia a frecuencia fundamental, (b) Flujo de potencia del armónico de orden h.....	13
Figura 2: Circuito base para explicar el mecanismo de conversión.....	14
Figura 3: Magnitudes correspondientes al circuito de la figura 2. (a) Tensión de alimentación, (b) Tensión aplicada al tiristor, (c) Tensión en la carga, (d) intensidad.....	15
Figura 4: Componentes de la tensión de carga del circuito de la figura 2.	15
Figura 5: Imagen proyectada en la pantalla de un analizador de espectro.	29
Figura 6: Certificado de calibración del instrumento HIOKI-3197.....	30
Figura 7: Fecha de revisión y certificación.....	31
Figura 8: Distribución de cargas en configuración DELTA en el pabellón H	39
Figura 9: Registro de datos del equipo electrónico.....	43
Figura 10: Instalación del equipo en el punto de medición que suministra al pabellón H – Fuente: Propia	102
Figura 11: Configuración del analizador de calidad de red – Fuente: Propia.....	102
Figura 12: Descarga de los registros del analizador de calidad de red – Fuente: Propia	103
Figura 13: Imagen del plano de instalación eléctrica del pabellón H – Fuente propia	104
Figura 14: Curva de comportamiento del THD en el sistema eléctrico de la fase R – Fuente propia	105
Figura 15: Curva de comportamiento del THD en el sistema eléctrico de la fase S – Fuente propia	105
Figura 16: Curva de comportamiento del THD en el sistema eléctrico de la fase T – Fuente propia	106
Figura 17: Curva de comportamiento de la frecuencia en el sistema eléctrico de la fase R – Fuente propia.....	106
Figura 18: Curva de comportamiento del voltaje en el sistema eléctrico de la fase R – Fuente propia	107
Figura 19: Curva de comportamiento del voltaje en el sistema eléctrico de la fase S – Fuente propia	107
Figura 20: Curva de comportamiento del voltaje en el sistema eléctrico de la fase T – fuente propia	108
Figura 21: Curva de comportamiento de la potencia en el sistema eléctrico en la fase R – Fuente propia.....	108
Figura 22: Curva de comportamiento de la potencia en el sistema eléctrico en la fase S – Fuente propia.....	109
Figura 23: Curva de comportamiento de la potencia en el sistema eléctrico en la fase T – Fuente propia.....	109
Figura 24: Manual HIOKI 3197, primera parte – Fuente propia.....	110
Figura 25: Manual HIOKI 3197, segunda parte – Fuente propia	110
Figura 26: Manual HIOKI 3197, tercera parte – Fuente propia.....	111
Figura 27: Manual HIOKI 3197, cuarta parte – Fuente propia.....	111
Figura 28: Gráficos y estadísticos de la muestra 0 – Fuente propia.....	112
Figura 29: Gráficos de la muestra 1 – Fuente propia.....	112
Figura 30: Gráficos de la muestra 2 – Fuente propia.....	113
Figura 31: Gráficos de la muestra 3 – Fuente propia.....	113
Figura 32: Gráficos de la muestra 4 – Fuente propia.....	114
Figura 33: Gráficos de la muestra 5 – Fuente propia.....	114
Figura 34: Gráficos de la muestra 6 – Fuente propia.....	115
Figura 35: Gráficos de la muestra 7 – Fuente propia.....	115

Figura 36: Datos convertidos al formato legible decimal – Fuente propia.....	116
Figura 37 Visualización el THD en el programa PQA-HIVIEW PRO sobre el canal 1 fase R – Fuente propia.....	117
Figura 38 Código en lenguaje m del MATLAB para filtrar los datos en sus armónicos y frecuencia fundamental – Fuente propia	117
Figura 39: Cálculo del tiempo inicial y final del proceso – Fuente propia.....	118
Figura 40: Se ejecuta el comando creado llamado fft2 – Fuente propia	119
Figura 41: Gráfica del análisis de espectro de la fase R de la muestra 0 – Fuente propia	119
Figura 42: Gráfica del análisis de espectro de la fase S de la muestra 0 – Fuente propia	120
Figura 43: Gráfica del análisis de espectro de la fase T de la muestra 0 – Fuente propia.....	120
Figura 44: Espectro de armónicos de 2do, 3er, 4to y 5to orden – Fuente propia	121
Figura 45: Comportamiento de la tasa de distorsión armónica en la fase R – Fuente propia.....	127
Figura 46: Comportamiento de la tasa de distorsión armónica en la fase S – Fuente propia	127
Figura 47: Comportamiento de la tasa de distorsión armónica en la fase T – Fuente propia	128

RESUMEN

La presente investigación es de tipo aplicada, de nivel descriptiva y de causa-efecto, se determinó el porcentaje en el que las distorsiones armónicas producidas por los variadores de frecuencia que usan los ascensores del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo, afectan a los indicadores de tensión y frecuencia, teniendo en cuenta que existen diversos factores que afectan la calidad, tales como: interrupciones, voltajes transitorios, disturbios, armónicos, ruido de alta frecuencia, factor de potencia y sistemas de tierra. La alimentación está dirigida solo para algunas cargas, por lo que se denomina para cargas especiales, en esta línea se conectan los equipos que ponen en funcionamiento los ascensores y los equipos de bombeo de agua. El método usado en este trabajo puede servir para conocer qué factores son los que más afectan la calidad de la energía eléctrica. Según los resultados de la investigación, se puede decir que el 23% de la variación de la tensión eléctrica en la fase U1 se debe a los armónicos producidos por los variadores de frecuencia; para la fase U2 el 13.6%; y para la fase U3 el 19.6%. En el caso de la frecuencia con respecto a la fase U1 se tiene que un 0.0086% de su variación es producida por los variadores, en la fase U2 el 0.0003% de su variación es producida por variadores, y por último, en la fase U3 el 0.1174%, la diferencia del porcentaje entre fases se debe al desbalance en la cargas no lineales conectadas al sistema.

Los armónicos producidos por los variadores de frecuencia, afectan la calidad de la energía eléctrica del pabellón H de la Universidad Continental; la calidad se midió mediante los indicadores de calidad de tensión y frecuencia, con respecto a la distorsión armónica total por cada fase, éstos indicadores no superan las tolerancias descritas en la Norma Técnica Peruana, para todos los casos.

Palabras clave: armónicos, calidad de la energía eléctrica, frecuencia, voltaje, factores de calidad de energía eléctrica, variadores de frecuencia.

ABSTRACT

The present investigation is of applied type, of descriptive level and of cause and effect, it was determined the percentage in which the harmonic distortions produced by the frequency inverters that use the elevators of pavilion H of the Continental University, Huancayo site, affect to The voltage and frequency indicators, taking into account that there are several factors that affect quality, such as interruptions, transient voltages, disturbances, harmonics, high frequency noise, power factor and ground systems. The feed is directed only for some loads, so it is called for special loads, in this line are connected the equipment that put the lifts and water pumping equipment in operation. The method used in this work can be used to determine which factors are the ones that most affect the quality of electric power. According to the results of the investigation, it can be said that 23% of the voltage variation in phase U1 is due to the harmonics produced by the frequency inverters, for phase U2 13.6% and for phase U3 the 19.6%. In the case of the frequency with respect to the U1 phase, a 0.0086% of its variation is produced by the inverters, in U2 phase the 0.0003% of its variation is produced by inverters and finally in phase U3 the 0.1174 %, The percentage difference between phases is due to unbalance, in the nonlinear loads connected to the system.

The harmonics produced by the frequency inverters affect the quality of the electrical energy of Hall H of the Continental University; The quality was measured by the voltage and frequency quality indicators, with respect to the total harmonic distortion for each phase, these vindicators do not exceed the tolerances described in the Peruvian technical standard, for all cases.

Keywords: harmonics, electric power quality, frequency, voltage, electric power quality factors, frequency inverters.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es un estudio del efecto de los armónicos producidos por los variadores de frecuencia que utilizan los ascensores de la Universidad Continental en el pabellón H, sede Huancayo; si bien es cierto que existe una gran cantidad de información acerca de los armónicos en redes de energía eléctrica, pero en esta ocasión el estudio es específico y exhaustivo de tal forma que permite determinar el porcentaje en el que estos afectan a la calidad de la energía eléctrica y no solo conocer la tasa de distorsión armónica, corroborando la teoría y observando el comportamiento, deduciendo las causas y mostrando su progreso. Por todo ello, se describe el siguiente contenido para el desarrollo de la investigación:

Capítulo I: Se describe el planteamiento del estudio, la formulación del problema, objetivos de la investigación, justificación e importancia, formulación de la hipótesis y la operacionalización de las variables.

Capítulo II: Se desarrolla el marco teórico, antecedentes de la investigación a nivel nacional e internacional, bases teóricas y la definición de términos.

Capítulo III: La metodología de la investigación, métodos, tipos de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población, muestra, instrumentos, técnicas de procesamiento y técnicas de análisis de resultados.

Capítulo IV: Análisis e interpretación de los resultados, procesamiento de información, prueba de hipótesis y discusión de resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presente investigación nace como consecuencia de la interrelación con el trabajo que realizo, que es, la instalación, configuración y mantenimiento de ascensores para personas en edificios comerciales y residenciales. Durante los años de experiencia acumulados, pude apreciar las anomalías sobre la calidad de la energía eléctrica producidas por los equipos utilizados para el control de dichos ascensores, observé empíricamente sobrecalentamiento en los conductores, desactivación de los interruptores termomagnéticos, calentamiento en los motores e interrupciones en el funcionamiento de los equipos electrónicos, por ende, elegí este estudio para poder conocer en profundidad y determinar la influencia que existe entre las distorsiones armónicas y la calidad de la energía eléctrica; claro que es sabido que la teoría de armónicos explica todos los fenómenos de este tipo, por ello, aproveché la oportunidad de realizar las mediciones en el pabellón H de la Universidad Continental, debido a que tiene una alimentación única para cargas especiales (ascensores), por lo que no existiría la problemática de la intervención de otros factores o fuentes que generen armónicos. Otro factor de oportunidad que colaboró con la decisión del estudio, fue la disponibilidad de los equipos y la colaboración para futuras investigaciones en la corrección del problema.

Seguido, es imperante resaltar, que si se hicieron estudios anteriormente, solo se llegó a la solución de sobredimensionamiento en todos los elementos que componen la red, pero esto no elimina el problema, solo lo ignora, pudiendo causar otros efectos secundarios, tales como alta tarificación del consumo, puesto que los armónicos generan una carga fantasma. Además, hago énfasis en el hecho de que es diferente suponer a tener la certeza, pues se conoce que existen distorsiones por el uso de equipos de conmutación electrónica, pero se desconoce el valor promedio en el tiempo de ésta, con lo que se puede determinar el factor de la calidad de la energía eléctrica suministrada en el pabellón H.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2.1. Problema General

¿Cómo afectan las distorsiones armónicas producidas por los variadores de frecuencia a la calidad de energía eléctrica del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo?

1.1.2.2. Problemas Específicos

¿Cómo afecta la distorsión armónica total de la fase U1 producida por los variadores de frecuencia, al voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo?

¿Cómo afecta la distorsión armónica total de la fase U2 producida por los variadores de frecuencia, al voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo?

¿Cómo afecta la distorsión armónica total de la fase U3 producida por los variadores de frecuencia, al voltaje en el pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo?

¿Cómo afecta la distorsión armónica total de la fase U1 producida por los variadores de frecuencia, a la frecuencia del voltaje en el pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo?

¿Cómo afecta la distorsión armónica total de la fase U2 producida por los variadores de frecuencia, a la frecuencia del voltaje en el pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo?

¿Cómo afecta la distorsión armónica total de la fase U3 producida por los variadores de frecuencia, a la frecuencia del voltaje en el pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo?

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de la distorsión armónica total, producida por los variadores de frecuencia, sobre la calidad de la energía eléctrica suministrada en el pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el porcentaje con el que la distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, afecta a la variación del voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

Determinar el porcentaje con el que la distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, afecta a la variación del voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

Determinar el porcentaje con el que la distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U3, afecta a la variación del voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

Determinar el porcentaje con el que la distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, afecta a la variación de la frecuencia del voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

Determinar el porcentaje con el que la distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, afecta a la variación de la frecuencia del voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

Determinar el porcentaje con el que la distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U3, afecta a la variación de la frecuencia del voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

El presente trabajo ofrece un modelo de referencia para determinar el nivel de influencia típico que existe entre los equipos utilizados en los ascensores y la calidad de la energía eléctrica que los energiza, con lo que se podría diseñar filtros para eliminar dichas distorsiones.

1.3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Si se reducen los costos, por el pago de excesivo consumo de energía eléctrica de usuarios fantasmas que provienen de la generación de armónicos, es posible disminuir el costo final del producto, y con ello, favorecer la economía del consumidor, que en este estudio es la Universidad Continental.

1.3.3. IMPORTANCIA

La presente investigación tiene como finalidad aportar modelos predictivos de distorsiones armónicas, generada por los variadores de velocidad de los ascensores, poniendo en evidencia la falta de filtros en el diseño y/o implementación de este tipo de máquinas que, por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), deben tener los edificios con una altura mayor a 11 metros. Estos armónicos pueden causar sobrecargas en las líneas de transmisión de la energía eléctrica, con ello, provocar un incendio, también, pérdidas económicas, en el deterioro de equipos y pagos por consumo de energía que no deberían presentarse con un diseño adecuado.

En este trabajo de investigación se aplica el análisis de la Norma Técnica Peruana de calidad de servicios eléctricos, y se evidencia que el

procedimiento solo sirve para compensar económicamente al usuario, siempre y cuando estos sean producidos por la empresa, pero que no apuntan a resolver el problema, por lo que determinando el nivel de influencia, tendremos certeza de cuánto afecta y en qué proporción, generando una propuesta de mejora.

1.3.4. DATOS DE LA EMPRESA

La empresa donde se desarrolla el presente trabajo de investigación es la Universidad Continental (para mayor información de la empresa se puede visitar la página web <http://ucontinental.edu.pe/>). Es una empresa dedicada al rubro de la educación superior.

Las mediciones y pruebas se realizaron en el campus de San Carlos, en el pabellón H de la ciudad de Huancayo- Junín.

1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las distorsiones armónicas producidas por los variadores de frecuencia, afectan directamente la calidad de la energía eléctrica suministrada al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, afecta directamente a la variación del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, afecta directamente a la variación del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, afecta directamente a la variación del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, afecta directamente a la variación de la frecuencia del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, afecta directamente a la variación de la frecuencia del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U3, afecta directamente a la variación de la frecuencia del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

1.5. VARIABLES

1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Las distorsiones armónicas producidas por los variadores de frecuencia del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

La calidad de la energía eléctrica suministrada al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

1.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	TIPO DE VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
La distorsiones armónicas producidas por los variadores de frecuencia del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo	Independiente	Es una medida rápida de la distorsión total presente en una forma de onda y es la relación de contenido armónico con el armónico fundamental (1)	La distorsión armónica total (THD)	% Porcentaje de distorsión con respecto a la fundamental	Registro de datos automatizado en el equipo electrónico, Analizador de calidad de energía HIOKI 3197.
La calidad de la energía eléctrica suministrada al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo	Dependiente	La calidad de la energía se define como una ausencia de deformaciones producidas por armónicas en la red; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. (2)	Voltaje suministrado en la fase U1. Voltaje suministrado en la fase U2. Voltaje suministrado en la fase U3. Frecuencia del voltaje suministrado.	Variación del voltaje en la fase U1 (indicador de calidad IC_U1). Variación del voltaje en la fase U2 (indicador de calidad IC_U2). Variación del voltaje en la fase U3 (indicador de calidad IC_U3) Variación de la frecuencia (indicador de calidad IC_Freq)	Registro de datos automatizado en el equipo electrónico, Analizador de calidad de energía HIOKI 3197.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. NACIONAL

ÁLVAREZ ANTONIO, H. A. Estudio de Armónicos en Rectificadores Estáticos de Potencia con el Método Modificado de los Coeficientes de Fourier. Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2000. Este trabajo presenta una de las alternativas en la determinación de los coeficientes de Fourier, llegando a determinar un método modificado que se aplicará a las formas de ondas de tensión y corriente generados por los rectificadores estáticos de potencia, el cálculo de los armónicos generados por los rectificadores estáticos de potencia es de vital importancia porque contribuye en la solución de los problemas en el cumplimiento de las normas legales del mejoramiento de la calidad del servicio eléctrico. (3)

PONCE DE LEÓN CÓRDOVA, J. P. Metodología para la Separación y Cuantificación de las Contribuciones Armónicas en un Punto de Acoplamiento Común (PAC). Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2007. En la presente investigación, se pretende la aplicación de la metodología propuesta, para dar un aporte a la solución de los problemas encontrados en la aplicación de la “Norma Técnica de los Servicios Eléctricos” (NTCSE), parte Calidad de Producto – Perturbaciones, restableciéndole de este modo, su aplicación plena al igual que las otras calidades. (4)

2.1.2. INTERNACIONAL

PROAÑO PÉREZ, N. F. y VELÁSQUEZ ZHARATE, V. A. Estudio de Efectos y Métodos de Minimización de Distorsiones Armónicas en Equipos de Distribución Eléctrica Comercial e Industrial. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2010. En este trabajo de investigación se llevó a cabo un estudio sobre las fuentes generadoras de armónicas y sus efectos en diferentes cargas eléctricas presentes comúnmente en instalaciones comerciales e industriales. Además, se estudiaron los estándares que proporcionan las guías para limitar las distorsiones armónicas, en específico el estándar IEEE 519-1992, así como también los equipos disponibles comercialmente para minimizarlas. (5)

LÓPEZ ATI, D. A. Distorsión Armónica Producida por Variadores de Frecuencia para Mejorar el Desempeño de Motores Eléctricos Trifásicos en el Laboratorio de Automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2013. En lo referente a la experimentación, se efectuaron ensayos, donde se varió las frecuencias del variador, en los rangos de 20, 40, 60 Hz de frecuencia de la red y 2.5, 7.5, 10, 15 KHz de frecuencia interna del variador; además se realizaron ensayos con el motor eléctrico trifásico trabajando al vacío y a plena carga. En estas circunstancias se hicieron mediciones de armónicos de tensión y de corriente y mediciones del factor de potencia. Dentro de las conclusiones obtenidas, se pudo determinar que la distorsión armónica es menor al tener la frecuencia fundamental, a esta frecuencia la presencia de armónicos disminuye, los motores son diseñados para un trabajo dado, que al alterar las condiciones lo sacará de su óptimo, al tener variaciones de frecuencias, para mejorar el desempeño de motores eléctricos trifásicos y reducir la distorsión armónica se requiere de la utilización de un filtro de armónicos (Reactancia trifásica). Se realizó mediciones después de haber sido instalado el filtro, obteniendo resultados favorables. Se realizó una comparación del antes y después de ser instalado el filtro, indicando la reducción de porcentajes de distorsión armónica total (THD), y el mejoramiento del factor de potencia (FP). (6)

HOLGUÍN, M. y GÓMEZ COELLO, D. Análisis de Calidad de Energía Eléctrica en el Nuevo Campus de la Universidad Politécnica Salesiana. Tesis de grado,

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, 2010. El objetivo del presente trabajo de Calidad de Energía Eléctrica es un medio para que en la parte técnica, el abonado espere obtener del proveedor (empresa distribuidora) un suministro con tensiones equilibradas, sinusoidales y de amplitudes y frecuencias constantes. Entre los objetivos de la realización de esta tesis de Calidad de Energía Eléctrica, es encontrar soluciones efectivas para corregir los disturbios y variaciones de voltaje, y proponer conclusiones para corregir las fallas o problemas que se presenten en el sistema eléctrico. (7)

VÉLEZ OSORIO, O. J. y PELÁEZ DELGADO, D. Evaluación de la Calidad de Energía en la Universidad Tecnológica de Pereira. Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2008. El propósito de este trabajo fue plantear una metodología para evaluar la calidad de la energía en la Universidad Tecnológica de Pereira a través del analizador de redes eléctricas Topas 1000, y por medio de la información que éste arroja, analizar y dar soluciones a las perturbaciones de las ondas de tensión y corriente (armónicos), desbalance de carga, factor de utilización de los transformadores, sobretensiones, análisis del factor de potencia, eventos de tensión y otros parámetros correspondientes a la calidad del suministro eléctrico; además especificar el impacto económico de dichas deficiencias, teniendo en cuenta las normas y restricciones del sistema y de la legislación actual. (8)

REYES CALDERÓN, G. Armónicas en Sistemas de Distribución Eléctrica. Tesis de grado, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 1996. Con este trabajo se pretende dar a conocer las fuentes y efectos principales de las armónicas en la red eléctrica y los equipos industriales utilizados en la transformación y aprovechamiento de la energía eléctrica, así como también, exponer la metodología básica de análisis del problema armónico y los medios de supresión. Normalmente las armónicas no se eliminan completamente, sino que se reducen sólo a niveles permisibles y seguros, normalizados por estándares, como los límites establecidos por el estándar 519 de IEEE. En los estudios armónicos se modelan equivalentes de la red eléctrica mediante paquetes computacionales, con los que se obtiene valiosa información del comportamiento de la red ante fuentes armónicas, en este trabajo (capítulo 7). (9)

2.2. BASES TEÓRICAS

Para Amando Llamas, Salvador Acevedo, Jorge de los Reyes, Jesús Baez, el THD es la tasa de distorsión armónica total, es un coeficiente porcentual que se utiliza para medir el nivel de distorsión armónica que se genera en una línea de transmisión de energía eléctrica, se calcula con la razón de la raíz de la sumatoria de los cuadrados de los valores de voltaje rms de los armónicos y el valor de voltaje rms de la fundamental. (1)

Según Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky, se considera que una señal tiene distorsión armónica cuando se presentan componentes frecuencia armónica (no solo el componente fundamental). Si la frecuencia fundamental cuenta con una amplitud A_1 , y el n -ésimo componente de frecuencia tiene una amplitud A_n . (10) (pág. 772)

Distorsión armónica total, cuando una señal de salida tiene varios componentes individuales de distorsión armónica, se puede considerar que la señal tiene una distorsión armónica total que se basa en los elementos individuales combinados según la relación de la siguiente ecuación:

$$\%THD = \sqrt{D_2^2 + D_3^2 + D_4^2 \dots} \times 100\%$$

Donde THD es la distorsión armónica total (del inglés Total Harmonic Distortion) (10) (pág. 773)

ARMÓNICOS EN LA RED ELÉCTRICA

La utilización de la energía eléctrica requiere un suministro de potencia con frecuencias y tensiones controlables, mientras que su generación y transmisión se realizan a niveles nominalmente constantes.

Esta discrepancia necesita un acondicionamiento o conversión de la potencia que, en general, se realiza mediante circuitos no lineales. Estos circuitos están constituidos por semiconductores que distorsionan las ondas de tensión y corriente.

El comportamiento de circuitos con variaciones topológicas frecuentes que afectan a las formas de onda, no puede ser analizado mediante la teoría fasorial de frecuencia única. En estos casos, el estado estacionario es una sucesión de estados transitorios, cuyo estudio requiere un modelo dinámico.

Por otra parte, cuando un sistema dinámico alcanza el estado periódico estacionario, las ondas resultantes siguen las reglas del análisis de Fourier y pueden ser expresadas en términos de componentes armónicos.

En terminología eléctrica, un armónico se define como el contenido de la función cuya frecuencia es un múltiplo de la fundamental del sistema de potencia.

Cuando una señal eléctrica se conecta a un osciloscopio, su forma de onda se observa en el dominio del tiempo, es decir, se determina la amplitud real en cada instante. Si la misma señal se aplica a un amplificador Hi-Fi, se escucha el sonido resultante de una mezcla de frecuencias, es decir, suena como una cuerda musical completa. La señal, por tanto, puede ser descrita por medio de información en el dominio del tiempo o en el dominio de la frecuencia.

Mecanismo de la generación de armónicos

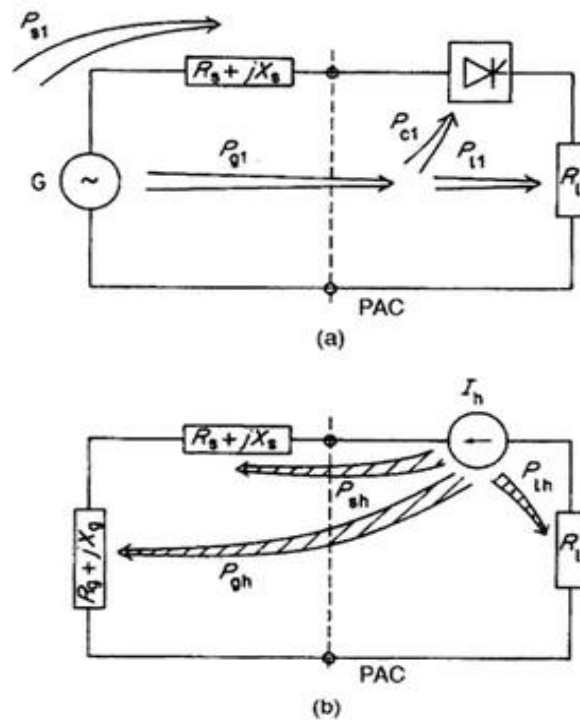
La generación eléctrica, generalmente, se produce a frecuencias nominalmente constantes de 50 o 60 Hz y la fuerza electromotriz de los generadores eléctricos puede considerarse prácticamente sinusoidal.

Por otra parte, cuando una fuente de tensión senoidal se aplica a una carga no lineal, la corriente resultante no es perfectamente senoidal. En presencia de la impedancia del sistema, la corriente causa una caída de tensión no senoidal y, por tanto, produce una distorsión de la tensión en bornes de la carga, es decir, ésta contiene armónicos.

Para obtener una visión intuitiva de este fenómeno considérese el circuito de la figura 1. El generador G, alimenta, a través de un convertidor estático de potencia y de una línea de impedancia ($R_s + jX_s$), a una carga resistiva pura.

El generador suministra la potencia (P_{g1}) al punto de acoplamiento común (PAC). La figura 1(a) muestra que parte de esa potencia (P_{l1}) se transmite a la carga a igual frecuencia, mientras que otra parte, normalmente pequeña (P_{c1}) se convierte en potencia a diferentes frecuencias en el convertidor. También existen pérdidas adicionales (P_{s1}) de frecuencia fundamental en la resistencia del sistema de generación y transmisión (R_{s1}).

Figura 1: (a) Flujo de potencia a frecuencia fundamental, (b) Flujo de potencia del armónico de orden h .

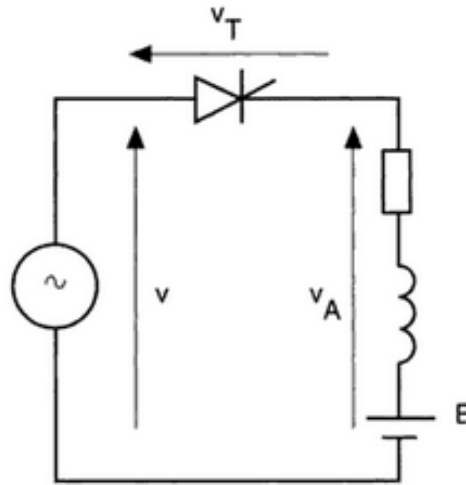


Fuente: (11)

Por otra parte, la figura 1(b) ilustra el flujo de potencia armónica. Como la tensión interna del generador se ha supuesto perfectamente senoidal, sólo suministrará potencia a la frecuencia fundamental y, por tanto, la f.e.m. del generador está cortocircuitada en este diagrama, es decir, el sistema se representa por sus impedancias armónicas ($R_{sh} + jX_{sh}$) que, en general, son distintas a las de la frecuencia fundamental (P_{c1}) transformada en potencia armónica, se consume en la resistencia del sistema (P_{sh}), en la del generador (P_{gh}) y en la carga (P_{lh}).

La pérdida de potencia total en la impedancia del sistema consiste en la componente de frecuencia fundamental (P_{s1}) y la potencia armónica ocasionada por la presencia del convertidor (P_{sh}). Esta pérdida es mayor que la correspondiente a una carga lineal en la proporción P_{sh}/P_{s1} .

Figura 2: Circuito base para explicar el mecanismo de conversión.



Fuente: (11)

Para una interpretación más rigurosa del mecanismo de conversión, considérese el caso de la figura 2 en la que v es una fuente de tensión sinusoidal como muestra la figura 3(a) y E , la f.e.m. constante de una batería de resistencia despreciable.

El tiristor se dispara para $\omega t = \alpha$ y se bloquea para $\omega t = \beta$; también se supone que, durante la conducción, su caída de tensión es nula.

La figura 3(b) representa la tensión aplicada al tiristor, la figura 3(c) la tensión de la carga y la figura 3(d) la intensidad.

Si se reemplaza la tensión V_A , aplicada a la carga, por el conjunto de las fuentes en la figura 4, se verifica:

$$V_A = V_{A1} + V_{Ah} + V_{A0}$$

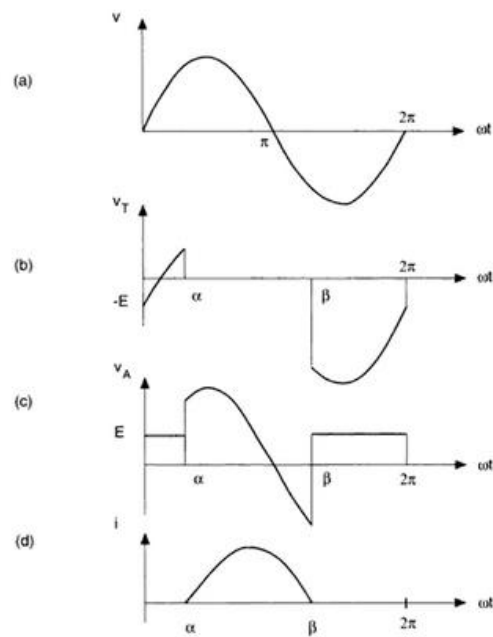
Siendo:

$$V_{A1} = \sqrt{2}V_{A1}\text{sen}(\omega t + \alpha_1)$$

$$V_{Ah} = \sum_{h=2}^n \sqrt{2}V_{Ah}\text{sen}(h\omega t + \alpha_h)$$

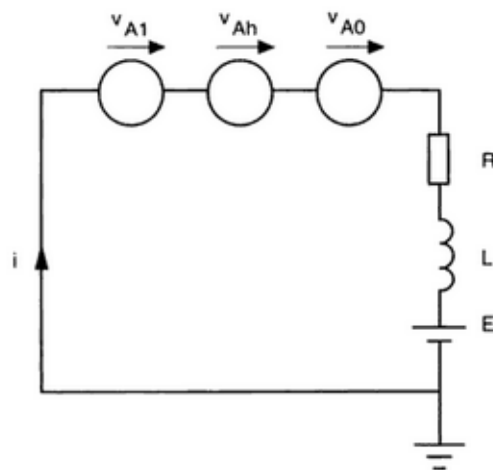
$$V_{A0} = \frac{1}{T} \int_0^T V_A dt = V_{dc}$$

Figura 3: Magnitudes correspondientes al circuito de la figura 2. (a) Tensión de alimentación, (b) Tensión aplicada al tiristor, (c) Tensión en la carga, (d) intensidad.



Fuente: (11)

Figura 4: Componentes de la tensión de carga del circuito de la figura 2.



Fuente: (11)

Algunas consecuencias de la contaminación armónica son:

- Corriente neutra excesiva, resultando en neutrales sobrecalentados. El triple impar de los armónicos en circuitos trifásicos en estrella, son realmente aditivos en el neutro, porque el número de armónicos multiplicado por el desfase de 120 grados entre fases es un múltiplo entero de 360 grados, lo que pone a los armónicos de cada una de las tres fases "en fase" entre sí en el punto muerto.
- Medidores de lectura incorrectos, Incluidos los medidores de inducción y los medidores de corriente de tipo promediador.
- PF (factor de potencia) verdadero reducido, donde $PF = \text{Watts} / VA$.
- Transformadores sobrecalentados, especialmente en bobinas triángulo donde el triple armónico generado en el lado de carga de un transformador delta-WYE circulará en el lado primario.
- Elevación de algunos tipos de pérdidas, como el cuadrado del valor armónico (como efecto de superficie y pérdidas por corrientes parásitas). También ocurre para las bobinas de solenoide y los balastos de iluminación.
- Cero y tensiones de secuencia negativa en motores y generadores. En un sistema equilibrado, los armónicos de tensión pueden ser positivos (fundamental, 4º, 7º, ...), negativo (2º, 5º, 8º ...) o cero (3º, 6º, 9º, ...) valores de secuencia. Esto significa que el voltaje en esa frecuencia particular intenta girar el motor hacia delante, hacia atrás, o ninguno (sólo calienta Arriba del motor), respectivamente. También hay calefacción por mayores pérdidas como transformador. (1)

Tabla 1: Valores de secuencias armónicas en sistemas balanceados.

ARMÓNICO	Fundamental	2º	3º	4º	5º	6º	7º	ETC
SECUENCIA	+	-	0	+	-	0	+	...

Fuente: (12)

- Funcionamiento inoportuno de los dispositivos de protección, incluido el falso disparo de los relés y el fallo de un SAI para transferir adecuadamente, especialmente si los controles incorporan sensores de cruce por cero.

- Rotura de los cojinetes de las corrientes del eje a través de cojinetes no aislados de motores eléctricos.
- Fusibles quemados en las tapas de corrección PF, debido a alta tensión y corrientes de resonancia con impedancia de línea.
- Funcionamiento incorrecto o fallo del equipo electrónico.
- Si hay sub armónicos de voltaje en el rango de 1-30 Hz, el efecto sobre la iluminación es llamado parpadeo. Esto es especialmente cierto a 8.8 Hz, donde el ojo humano es más sensible, y sólo 0,5% de variación en el voltaje es notable con algunos tipos de iluminación. Dependiendo de la forma en que esta electricidad es utilizada por los diferentes tipos de cargas puede tener un efecto sobre la "pureza" de la forma de onda de voltaje. Algunas cargas provocan que las formas de onda de tensión y corriente pierdan esta apariencia de onda senoidal pura y se distorsionan. Esta distorsión puede consistir predominantemente en armónicos, dependiendo del tipo de carga y de las impedancias del sistema.

"Actualmente, las principales fuentes de corriente armónica son, el controlador de ángulo de fase, rectificadores e inversores". A menudo se les llama convertidores estáticos de potencia. Estos Dispositivos toman corriente alterna y la convierten a otra forma, a veces la misma a diferente frecuencia, basada en el esquema de disparo. El control de disparo se refiere al mecanismo de control que determina cómo y cuándo se realiza la corriente. Una variación importante es el ángulo de fase en el que la conducción comienza y termina. Un típico convertidor de este tipo es el de conmutación de las fuentes de alimentación que se encuentran en la mayoría de computadoras personales y equipos periféricos, como impresoras. Aunque ofrecen muchos beneficios en tamaño, peso y costo, el gran aumento de este tipo de equipo desde hace quince años, es en gran parte responsable de la mayor atención a los armónicos. El voltaje de CA se convierte en una tensión continua, que se convierte además en otros voltajes que el equipo necesita para funcionar. El rectificador consiste en dispositivos semiconductores (como diodos) que Sólo conducen corriente en una dirección. Para ello, el voltaje en un extremo Debe ser mayor que el otro extremo. Estos dispositivos alimentan corriente en un condensador, donde el valor de tensión pico en cualquier momento depende de la cantidad de energía que se está tomando fuera por el resto de la fuente de alimentación.

Las luces fluorescentes pueden ser la fuente de armónicos, ya que los balastros no son inductores lineales, el tercer armónico es el armónico predominante en este caso. (Ver tabla 2) Como se ha mencionado anteriormente, la corriente de tercer armónico de cada fase en un WYE de cuatro hilos o sistema estelar será aditivo en el neutro, en lugar de cancelarlos. Algunos de los balastros electrónicos más nuevos tienen problemas armónicos muy significativos, ya que operan algo así como una fuente de alimentación conmutada, pero puede dar lugar a una nueva distorsión armónica con niveles superiores al 30%.

Tabla 2: Muestra de valores armónicos para la iluminación fluorescente.

Armónico (Corriente)	Porcentaje de la fundamental
2	4%
3	20%
4	1%
5	10%
6	1%
7	5%
9	6%

Fuente: (12)

Baja potencia; reguladores de voltaje CA para dimmer de luz y pequeños motores de inducción ajustan el ángulo de fase o punto en la onda donde ocurre la conducción. Potencia media; convertidores que se utilizan para el control de motores en aplicaciones de fabricación y ferrocarril, Incluyen equipos tales como ASD (reguladores de velocidad ajustable) y VFD (variador de frecuencia). Operaciones de reducción de metales, como hornos de arco eléctrico, la transmisión del voltaje CC emplea grandes convertidores de energía, en la calificación 2-20MVA. Este tipo de equipo trifásico también puede causar otros tipos de problemas de calidad de energía, cuando se supone que el dispositivo semiconductor se apaga, no lo hace abruptamente, esto ocurre en condiciones "naturalmente" conmutadas, donde el voltaje que era mayor en el lado del ánodo en comparación con el cátodo se vuelve

lo contrario, cada ciclo de la forma de onda de voltaje pasa a través de la forma de onda sinusoidal; también suceden condiciones de conmutación "forzada", en las que el dispositivo semiconductor tiene un tipo de "puerta" o mecanismo de control integrado en él, éste período de conmutación es un momento en que dos dispositivos semiconductores conducen corriente al mismo tiempo, produciendo un cortocircuito eficaz de una fase a la otra y dando lugar a grandes transitorios de corriente. Cuando los transformadores se energizan por primera vez, la corriente extraída es diferente de la condición del estado constante, debido al arranque de la corriente de magnetización, los armónicos durante este período varían con el tiempo. Algunos armónicos tienen el valor cero en una parte del tiempo, y luego aumentan por un momento, antes de volver a cero. Un Transformador desequilibrado (donde la corriente de salida, la impedancia de bobinado o el voltaje de cada pierna no son iguales) causará armónicos, al igual que la saturación de sobretensión de un transformador.

- a) Saturación de transformadores
- b) Corrientes de energización de transformadores
- c) Conexiones al neutro de transformadores
- d) Fuerzas magnetomotrices en máquinas rotatorias de corriente alterna
- e) Hornos de arco eléctrico
- f) Lámparas fluorescentes
- g) Fuentes reguladas por conmutación
- h) Cargadores de baterías
- i) Compensadores estáticos de VAR's
- j) Variadores de frecuencia para motores ("drives"), inversores
- k) Convertidores de estado sólido (1)

Dónde se generan los armónicos

Siempre que se utilice el equipo mencionado, se puede sospechar que los armónicos están presentes. La cantidad de armónicos de voltaje dependerá a menudo de la cantidad de corrientes armónicas de la carga, y la impedancia de la fuente, que incluye todos los cables y transformadores de vuelta a la fuente de electricidad. La

ley de Ohm dice que el voltaje es igual a la corriente multiplicada por Impedancia, esto es válido para valores armónicos. Si la impedancia armónica de la fuente es muy baja (a menudo denominada "rígida"), entonces las corrientes armónicas resultarán en voltajes armónicos más bajos con respecto a la impedancia de la fuente que es más alta (tal como se encuentra con algunos tipos de transformadores de aislamiento).

Como cualquier investigación de calidad de energía, la búsqueda puede comenzar en el equipo, el problema o en el punto de acoplamiento común (PCC), donde se encuentra el servicio del sistema de distribución del edificio. Si sólo se analiza una parte del sistema (o se sospecha), a menudo es más fácil iniciar el proceso de monitoreo allí. Si la fuente es parte del servicio público (como cuando se sabe que una fábrica vecina genera altos valores de armónicos), el monitoreo por lo general comienza en el PCC. Las tensiones y corrientes de fase, así como el voltaje de neutro a tierra y neutro en la medida de lo posible. Esto ayudará a identificar problemas, detectando sistemas marginales. El monitoreo del neutro mostrará a menudo un alto valor del armónico 3, indicando la presencia de cargas no lineales en la instalación. Para encontrar armónicos Los medidores de armónicos de mano pueden ser herramientas útiles. Sin embargo, los valores armónicos a menudo cambian durante el día, se activan y desconectan diferentes cargas dentro de la instalación o en otras instalaciones del mismo sistema de distribución de servicio de electricidad. Esto requiere el uso de un monitor de armónicos o monitor de calidad de potencia con capacidades armónicas (como se muestra en la Figura 5), que puede registrar los valores de armónicos durante un período de tiempo.

Normalmente, la supervisión durará un ciclo económico. Un ciclo económico es cuánto toma el tiempo para que el funcionamiento normal de la planta se repita. Por ejemplo, si una planta opera tres turnos idénticos, siete días a la semana, entonces un ciclo económico sería de ocho horas. Típicamente, un ciclo económico es de una semana, ya que las operaciones diferentes se llevan a cabo el lunes, cuando el equipo de la planta se reinicia después de estar apagado durante el fin de semana, luego un miércoles o un sábado, cuando sólo un equipo puede estar trabajando. Ciertos tipos de cargas también generan firmas típicas del espectro armónico, que pueden apuntar al investigador hacia la fuente. Esto se relaciona con el número de pulsos, o caminos de conducción. La ecuación general es $h = (n * p) \pm 1$, donde h es el número armónico, n es cualquier entero (1, 2, 3, ...) y p es el número de

impulsos en el circuito, la magnitud disminuye a razón de $1/h$ ($1/3, 1/5, 1/7, 1/9, \dots$). La tabla 3 muestra ejemplos de tales.

Tabla 3: Armónicos típicos encontrados para diferentes convertidores.

Tipo de dispositivo	Número de pulsos	Armónicos presentes
Rectificador de media onda	1	2, 3, 4, 5, 6, 7, ...
Rectificador de onda completa	2	3, 5, 7, 9, ...
Tres fases, onda completa	6	5, 7, 11, 13, 17, 19, ...
(2) tres fases, onda completa	12	11, 13, 23, 25, 35, 37, ...

Fuente: (12)

Los armónicos se convierten en problemas

La mayoría de las cargas eléctricas (excepto rectificadores de media onda) producen formas de onda de corriente simétrica, lo que significa que la mitad positiva de la forma de onda se ve como una imagen espejo de la mitad negativa, lo que resulta en que solamente están presentes valores armónicos impares; incluso los armónicos interrumpirán esta simetría de media onda. La presencia de estos armónicos debería hacer que el investigador sospeche que hay un circuito rectificador de media onda. Esto también resulta de un rectificador de onda completa cuando algún lado del puente rectificador tiene componentes dañados. La detección temprana de esta condición en un sistema UPS puede evitar un fallo completo cuando la carga se conmuta a la alimentación de reserva. Para determinar cuáles son los niveles normales o aceptables varias organizaciones tales como ANSI / IEEE C57.110, han desarrollado prácticas recomendadas para el establecimiento de compatibilidad de transformadores al suministrar corrientes de carga no sinusoidales. Es un documento útil para determinar cuánto debe reducirse un transformador desde su placa de características cuando opera en presencia de armónicos. Hay dos parámetros

utilizados típicamente, denominados factor K y TDF (factor de reducción del transformador). Algunos analizadores de armónicos de calidad de energía calcularán automáticamente estos valores. IEEE 519-1992 recomienda prácticas y requisitos para el control de armónicos en sistemas de energía eléctrica; proporciona directrices para determinar los límites aceptables. Los límites de armónicos para corriente dependen de la relación de corriente de cortocircuito (SCC) en PCC (o lo rígido que es) a la corriente de carga promedio de la demanda máxima de más de 1 Año, como se ilustra en la tabla 4. Observe cómo el límite disminuye en el armónico de más alto valor, y aumenta con relaciones más grandes.

Tabla 4: Límites armónicos actuales según IEEE 519-1992.

RATIO I_{sc} / I_{carga}	Rango armónico	Límite como % de la fundamental
Menos de 20	Números impares menores que 11	4,0%
Entre 20 y 50	Números impares menores que 11	7.0%
Mayor que 1000	Números impares mayores que 35	1,4%

Fuente: (12)

Para armónicos de tensión, se utiliza el nivel de voltaje del sistema para determinar los límites, como se muestra en la tabla 5. En los voltajes más altos, más clientes serán eficaces, por lo tanto, Los límites inferiores del bus de Voltaje es el límite armónico como % de la fundamental.

Tabla 5: Límites armónicos de voltaje según IEEE 519-1992.

Voltaje del bus	Límite del voltaje armónico como % de la fundamental
Inferior a 69Kv	Armónico individual = 3,0%
Inferior a 69Kv	THD = 5,0%
Superior a 161kv	Armónico individual = 1,0%
Superior a 161kv	THD = 1,0%

Fuente: (12)

La Comunidad Europea también ha desarrollado límites de susceptibilidad y emisión para los armónicos. Anteriormente conocida como la norma 555-2 para aparatos de menos de 16 A, una Más amplio de los estándares bajo IEC 1000-4-7 ahora están en efecto.

Cómo eliminar los armónicos

Se debe tener cuidado y asegurarse de que la acción correctiva sirva para minimizar los armónicos y sus efectos y no genere problemas armónicos que empeoran realmente el sistema. Son formas típicas de mitigar tales efectos: la resonancia entre filtros armónicos, condensadores de corrección de PF y el sistema impedancia; el aislamiento de dispositivos de contaminación armónica en circuitos separados y el uso de los filtros armónicos. Las cargas pueden ser reubicadas para tratar de equilibrar mejor el sistema. Los conductores neutros deben estar acordes con los últimos requisitos de NEC-1996. Mientras que pudieron haber sido demasiado pequeños en el pasado, puede ser necesario un segundo conductor neutro con el mismo tamaño que los conductores de fase. Esto es particularmente Importante con algunas paredes modulares de tipo tabique de oficina, que poseen Impedancia. Los límites operativos de los transformadores y motores deben reducirse, de acuerdo con las normas de la industria de IEEE, ANSI y NEMA. El uso de convertidores de pulso más altos, como los rectificadores de 24 impulsos, pueden eliminar los valores de los armónicos inferiores, pero a expensas de la creación de valores armónicos más altos.

(12)

Tabla 6: THD permisible para armónicos pares e impares.

Armónicos impares no múltiplos de tres

Orden del Armónico	Alta tensión	Baja y Media Tensión
5	2,0	6,0
7	2,0	5,0
11	1,5	3,5
13	1,5	3,0
17	1,0	2,0
19	1,0	1,5
23	0,7	1,5
25	0,7	1,5
>25	$0,2 + 0,5 \times 25/n$	$0,2 + 1,3 \times 25/n$

Armónicos impares múltiplos de tres

Orden del Armónico	Alta tensión	Baja y Media Tensión
3	2,0	5,0
9	1,0	1,5
15	0,3	0,3
21	0,3	0,2
>21	0,2	0,2

Armónicos pares

Orden del Armónico	Alta tensión	Baja y Media Tensión
2	1,5	2,0
4	1,0	1,0
6	0,5	0,5
8	0,2	0,5
10	0,2	0,5
12	0,2	0,2
>12	0,2	0,2

Fuente Koban

Transformada de FOURIER

El propósito del análisis de Fourier es calcular la componentes de frecuencias múltiples de la fundamental de una onda periódica. Esta metodología se estableció cuando el matemático Jean Babtiste Joseph Fourier postuló que toda función repetitiva y continua en un intervalo T, puede ser representada por la suma de una componente senoidal fundamental y una serie de componentes armónicas que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental.

La serie armónica resultante, denominada Serie de Fourier, establece una relación entre la función expresada en el dominio del tiempo y su expresión correspondiente en el dominio de la frecuencia.

La serie de Fourier es un caso particular de la transformada de Fourier, un concepto más general que convierte una función en el intervalo de $-\infty$ a $+\infty$, bien sea en el

dominio del tiempo o el de la frecuencia, en una función continua en el dominio inverso.

Desgraciadamente, en la vida real, no siempre se trabaja con funciones continuas; en su lugar, la información se obtiene en forma de muestras caracterizadas por una serie de valores de amplitud de la función a intervalos fijos de duración limitada. Cuando la información se obtiene de esa forma la Transformada de Fourier se convierte en la Transformada discreta de Fourier y su solución eficaz por ordenador se entiende como la Transformada Rápida de Fourier.

CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Según CAMPOS AVELLA, Juan Carlos, y otros, la calidad de la energía puede definirse como una ausencia de interrupciones, sobre tensiones y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. Asimismo se ha determinado que uno de los problemas más comunes que ocasiona el desperdicio de energía eléctrica en las empresas es la calidad de esta, pues influye en la eficiencia de los equipos eléctricos que la usan.

(2)

Estabilidad de Voltaje

Es la habilidad que posee un sistema de potencia para mantener el voltaje en estado estacionario en todos los buses después de haber sido sometido a una perturbación.

La inestabilidad se manifiesta como un aumento/disminución (desviación) progresivo del voltaje en uno o varios buses.

Estabilidad de frecuencia

Es la habilidad que posee un sistema de potencia para mantener la frecuencia del voltaje en estado estacionario en todos los buses después de haber sido sometido a una perturbación.

La inestabilidad se manifiesta como un aumento/disminución (desviación) progresivo de la frecuencia del voltaje en uno o varios buses.

Continuidad del servicio eléctrico

Son interrupciones súbitas en el suministro de la energía eléctrica, que pueden durar pequeñas fracciones de tiempo tales como microsegundos o milisegundos o hasta prolongadas en cuestión de horas o días.

Factores que afectan la calidad de la energía eléctrica

- **Interrupciones:** Es una pérdida o suspensión completa del voltaje suministrado y puede ser prolongada o momentánea.
- **Voltajes transitorios:** Son variaciones de voltaje en amplitud, producidos por diversos fenómenos, como descargas atmosféricas, conexión y desconexión de equipos por parte del usuario, o por la conmutación de elementos por parte de la compañía suministradora. Pueden ser de bajo voltaje o sobre voltaje.
- **Disturbios:** Es un transitorio de corta duración, que genera una interrupción breve en la continuidad de la forma de onda del voltaje. Existen disturbios en forma de impulso y de tipo oscilatorio.
- **Armónicos:** Son señales senoidales, cuyas frecuencias son múltiplos de la frecuencia de la señal fundamental, generadas por circuitos no lineales, valga la aclaración, circuitos electrónicos de conmutación.
- **Ruido de alta frecuencia:** El ruido es un impulso repetitivo sobrepuesto en la onda senoidal de potencia. Los transmisores de radio, lámparas fluorescentes, cargadores de acumuladores, computadoras y conexiones eléctricas flojas pueden ocasionar ruido eléctrico.
- **Factor de potencia:** El factor de potencia se define como la relación entre la potencia activa (Kw.) usada en un sistema y la potencia aparente (KVA) que se obtiene de la compañía eléctrica. El rango de valores posibles del factor de potencia (fp) varía entre 0 y 1. Está en relación al desbalance de cargas capacitivas, inductivas y resistivas del sistema en las tres fases.
- **Sistemas de tierra:** si bien es cierto que un sistema de puesta a tierra tiene el objetivo primordial de proteger la salud humana, frente a fallas en fugas de corriente, también puede tener efecto sobre la influencia de las descargas atmosféricas que afectan a los equipos electrónicos, si no está diseñada adecuadamente puede no evitar este efecto. (13)

Norma peruana de medición de la calidad de energía eléctrica

Para mayor información se puede recurrir a la página web oficial del organismo del estado encargado de normar estos asuntos, OSINERGMIN:

https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/NTCSE_D S020-97-EM.pdf

En el Título Quinto menciona que la Calidad de Producto suministrado al Cliente se evalúa por las transgresiones de las tolerancias en los niveles de tensión, frecuencia y perturbaciones en los puntos de entrega. El control de la Calidad de Producto se lleva a cabo en períodos mensuales, denominados “Períodos de Control”.

De acuerdo a lo especificado en cada caso, con equipos de uso múltiple o individual, se llevan a cabo mediciones independientes de cada parámetro de la Calidad de Producto. El lapso mínimo de medición de un parámetro es de siete (7) días calendario continuos, con excepción de la frecuencia cuya medición es permanente durante el Período de Control. A estos períodos se les denomina “Períodos de Medición”.

En cada Período de Medición, los valores instantáneos de los parámetros de la Calidad de Producto son medidos y promediados por intervalos de quince 15 minutos para la tensión y frecuencia, y diez 10 minutos para las perturbaciones. Estos períodos se denominan “Intervalos de Medición”. En el caso de las variaciones instantáneas de frecuencia los “Intervalos de Medición” son de un (1) minuto.

Si en un Intervalo de Medición se comprueba que el indicador de un determinado parámetro está fuera de los rangos tolerables, entonces la energía o potencia entregada durante ese intervalo se considera de mala calidad. En consecuencia, para el cálculo de compensaciones se registran los valores medidos de los parámetros de control y se mide o evalúa la energía entregada en cada Intervalo de Medición separadamente.

Las compensaciones se calculan en función a la potencia contratada o energía entregada al Cliente por su Suministrador en condiciones de mala calidad.

Cuando se detecten deficiencias en la Calidad del Producto, en una Etapa, y éstas persistan en una posterior, las compensaciones se calculan en función a las compensaciones unitarias y potencias contratadas o cantidades de energía suministradas en condiciones de mala calidad correspondientes a cada Etapa.

Las compensaciones se aplican separadamente para diferentes parámetros de control de la calidad sobre el mismo producto entregado, si este fuera el caso; y se siguen aplicando mensualmente hasta que se haya subsanado la falta y a través de un nuevo Período de Medición, se haya comprobado que la Calidad de Producto satisface los estándares fijados por la Norma. (14)

INSTRUMENTACIÓN PARA MEDICIÓN DE CALIDAD DE RED

Existen tres tipos de instrumento para medir los armónicos, el analizador de espectro, el analizador de Fourier y el analizador de calidad de red, en los tres casos podemos observar las frecuencias que componen una señal.

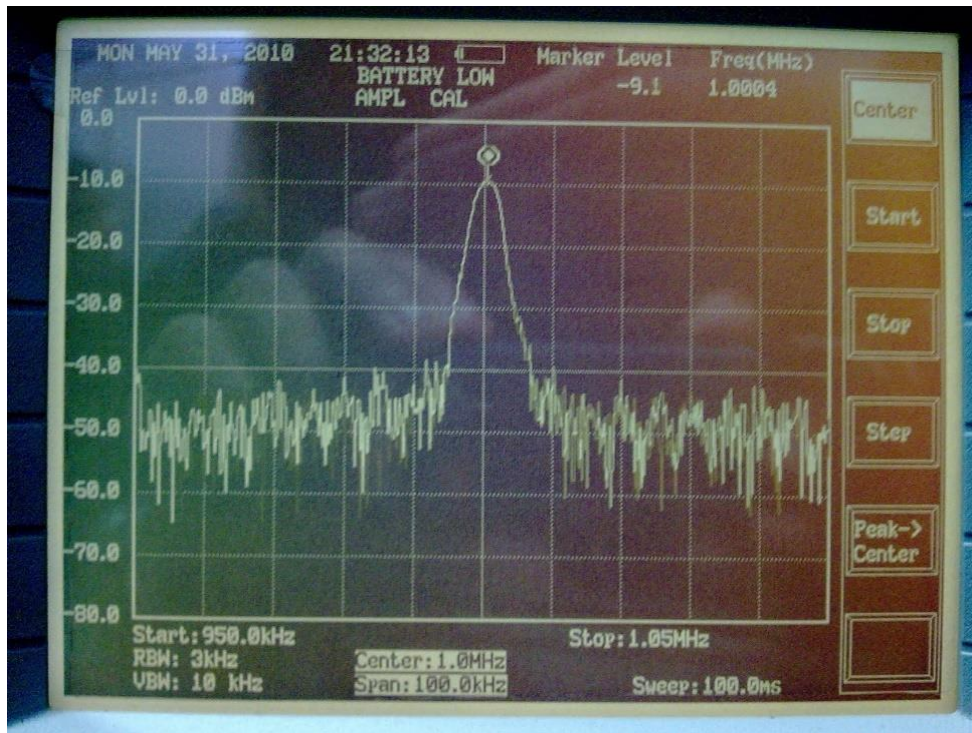
Analizador de Espectro

El analizador de espectro es una máquina que a diferencia del osciloscopio puede presentar una onda como imagen de amplitud en función a la frecuencia y no el tiempo, lo que nos permite realizar un análisis de la composición de una señal, estos equipos se utilizan para señales pequeñas y no de potencia, por lo que habría que elaborar un circuito especial, llamado atenuador, para poder aplicarlo a un sistema de potencia, además de requerir de accesorios, tales como, sensores, conectores y cables. Cabe resaltar que los equipos de este tipo siguen un estándar de funcionamiento y estructura con variaciones en la precisión y funciones, como ejemplo se puede observar un manual de uso en la siguiente página web:

<http://www.promaxelectronics.com/downloads/manuals/Spanish/AE-366B.pdf>.

Los equipos analógicos poseen una serie de filtros que separan las señales, se amplifican y luego se integran con las demás señales filtradas, en los equipos digitales se utilizan filtros de comparación con sintetizadores de onda. En la Figura 6 se muestra la imagen típica que se muestra en la pantalla de un equipo como éste.

Figura 5: Imagen proyectada en la pantalla de un analizador de espectro.



Fuente: http://4.bp.blogspot.com/_tCUxAih8Ny4/TAeMxLbSEvI/AAAAAAAAACE/CO-N7NILuX0/s1600/Imagen005%5B1%5D.jpg

Analizador de Fourier

También llamado analizador fft (fast Fourier transform, “Transformada rápida de Fourier”), almacena la señal en una memoria luego es procesada digitalmente mediante algoritmos de aproximación sucesiva, es decir se aplica la TRANSFORMADA DE FOURIER discreta, los componentes de este equipo son digitales en su mayoría.

Analizador de calidad de red

Es un equipo que procesa la información de forma digital, realiza la adquisición de datos modificando el nivel de la referencia, de forma común para una configuración estrella y de forma individual para delta, además posee sensores de corriente desacoplados, que capturan la variación de campo magnético que produce la corriente eléctrica, y terminales para los voltajes, pudiendo revisar sistemas trifásicos, el software incorporado en el equipo permite realizar múltiples operaciones que calculan diferentes parámetros, tales como, THD, voltaje, corriente, frecuencia, armónicos, demanda, entre otros.

Todos los equipos de este tipo tienen las características principales iguales, entre modelos, varían algunas funciones, la precisión y rangos, en la siguiente página Web se muestra el manual de operación del equipo que se eligió para este trabajo, además en anexos se extrae parte de él: (15)

https://www.hioki.com/en/products/detail/?product_key=5830

En este trabajo de investigación se eligió la herramienta HIOKI por ser un analizador de calidad de red, que permite el contraste de la calidad versus la variación de la tensión eléctrica, además cuenta con la certificación del caso, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 6: Certificado de calibración del instrumento HIOKI-3197.

The image shows a light blue inspection certificate from HIOKI E.E. CORPORATION. The title is "INSPECTION CERTIFICATE". The text states that HIOKI E.E. CORPORATION certifies that the under-mentioned product(s) has been tested and inspected in accordance with applicable HIOKI calibration procedures, and proven to meet or exceed published measurement specifications. It also certifies that the measurement standards and instruments used in the calibration procedure are traceable to the national standards organization. The model is listed as "HIOKI 3197" (including options) and the serial number is "140528311". The inspector's name, "Y. Suyama", is signed at the bottom.

HIOKI
HIOKI E.E. CORPORATION

INSPECTION CERTIFICATE

HIOKI E.E. CORPORATION hereby certifies that the under-mentioned product(s) has been tested and inspected in accordance with applicable HIOKI calibration procedures, and proven to meet or exceed published measurement specifications. We also certify that the measurement standards and instruments used in the calibration procedure are traceable to the national standards organization.

Model: HIOKI 3197
(Including options)

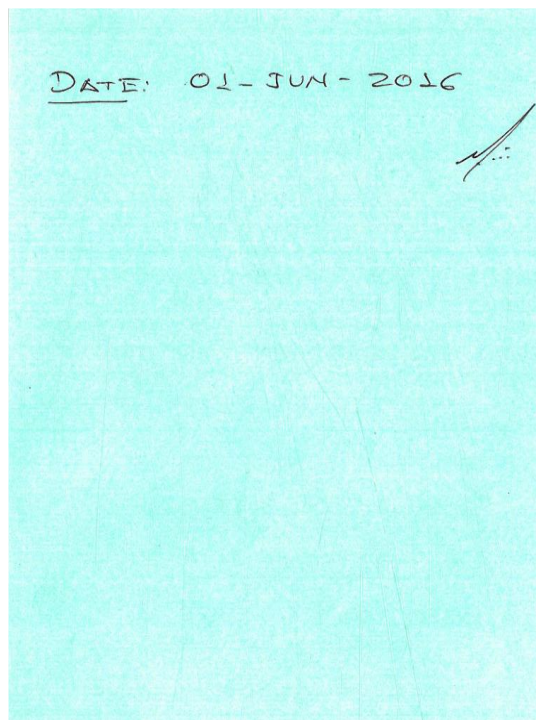
S/N: 140528311

INSPECTOR

Y. Suyama

Fuente: Propia

Figura 7: Fecha de revisión y certificación.



Fuente: Propia

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

TENSIÓN ELÉCTRICA

También conocido como Tensión eléctrica, es la diferencia del nivel eléctrico (diferencia de potencial) entre dos puntos de un mismo circuito. Se representa generalmente con la letra V. La unidad de la tensión eléctrica (voltaje) es el voltio. Para medir la tensión eléctrica se utiliza el voltímetro, que se coloca en paralelo con el cortocircuito. Las tensiones nominales usualmente utilizadas en la distribución de corriente alterna serán de 230 voltios entre fase y neutro y 400 voltios entre fases. Se calificará como instalación eléctrica de baja tensión todo conjunto de Aparatos y de circuitos asociados en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000 voltios para corriente alterna y 1500 voltios para corriente continua. (16)

CORRIENTE CONTINUA (c.c.)

Este tipo de corriente se caracteriza porque los electrones se mueven siempre en el mismo sentido a través del conductor. Su símbolo es -. Ejemplos de generadores de corriente continua son la pila, la batería o la dinamo. (16)

CONRRIENTE ALTERNA

Este tipo de corriente se caracteriza porque los electrones varían continuamente de sentido a través del conductor, haciéndolo siempre con una frecuencia determinada. Su símbolo es ~. Los generadores de corriente alterna se llaman alternadores. (16)

INTENSIDAD ELÉCTRICA

Se denomina intensidad a la cantidad de corriente que recorre un conductor en un segundo. Se representa por la letra I. La unidad de intensidad es el amperio (A). Para medir la intensidad de la corriente eléctrica utilizamos el amperímetro, que se colocará en serie con el circuito. (16)

FRECUENCIA

En electricidad, es el número de veces que se repite la misma forma de onda en el periodo de un segundo. La unidad de medida de esta magnitud física es el Hertz que se simboliza como Hz. La frecuencia nominal de la energía eléctrica que se produce o distribuye en el Perú es de 60Hz.

SOBREVOLTAJES TRANSITORIOS

Se refiere a la respuesta de los capacitores o inductores a cambios rápidos de voltaje o corriente. Un cambio rápido de voltaje a través de un capacitor produce una amplia sobre corriente. El nivel de corriente depende del tamaño del capacitor y de la velocidad del cambio de voltaje. Se utiliza la siguiente fórmula para calcular las corrientes transitorias asociadas con los circuitos capacitivos: $I = C \, dv/dt$. A medida que el tiempo (dt) disminuye, la amplitud de la corriente (I) incrementa. La misma relación básica también es aplicable para un inductor. Con este, un cambio rápido de corriente resulta en un sobre voltaje transitorio muy amplio, como se puede ver con la siguiente fórmula: $-V = L \, di/dt$. Al analizar los efectos dañinos de los transitorios, se debe saber en qué parte el transitorio fue inducido sobre la onda senoidal de CA. Los valores de los voltajes transitorios se agregan a los voltajes instantáneos de la onda senoidal. Los dispositivos de carga en el circuito de potencia de CA se someten momentáneamente a dicho valor total de sobre voltaje. En algunos casos un

transitorio inducido sobre el punto de cruce del eje cero no será perjudicial, mientras que el mismo transitorio inducido sobre el pico de la onda senoidal puede ser muy dañino. Por ejemplo, el valor pico de una onda senoidal de 120VRMS es 169.68 voltios. Un transitorio que mide 150 voltios inducido sobre el pico de dicha onda senoidal agregará 150 voltios al valor pico de la onda senoidal de 169.68. Por consiguiente, un voltaje total de 319.68 será pasado al equipo de carga de este ejemplo. Los sobre voltajes de estos niveles pueden interrumpir la operación del equipo sensible. Por otro lado, el mismo transitorio de 150vp que ocurre en el punto cero, solo produce una amplitud equivalente a sí misma, lo que no afectaría los sistemas electrónicos y al ser de duración tan pequeña tampoco los sistemas eléctricos.

INTERARMÓNICOS

Se llaman interarmónicos a las tensiones o corrientes con componentes de frecuencia que no son múltiplos enteros de la frecuencia a la cual trabaja el sistema. Los interarmónicos se pueden encontrar en redes de todas las clases de tensiones. Las principales fuentes de interarmónicos son los convertidores estáticos de frecuencia, los ciclo convertidores, los motores asincrónicos y los dispositivos de arco.

Efectos de calentamientos, similares a los producidos por los armónicos, son causados por los interarmónicos. Debido a que los interarmónicos que son fuentes de las fluctuaciones de tensión, se presenta alto riesgo de generación de flicker. La mitigación de los efectos de los interarmónicos se realiza con base en filtros pasivos.

(2)

SUBARMÓNICOS

Son tensiones eléctricas que tienen la frecuencia igual a la división de la fundamental, siendo de menor orden, las cuales son generadas por equipos eléctricos como motores, inductores y transformadores.

ARMÓNICOS

Los armónicos son tensiones o corrientes sinusoidales cuya frecuencia es un múltiplo integral de la frecuencia fundamental del sistema la cual, para el caso de nuestro país es 60 Hz.

Las formas de onda distorsionadas son descompuestas, de acuerdo con Fourier, en la suma de una componente fundamental más las componentes armónicas. La

distorsión armónica se origina, fundamentalmente, por la característica no lineal de las cargas en los sistemas de potencia.

El nivel de distorsión armónica se describe por el espectro total armónico mediante las magnitudes y el ángulo de fase de cada componente individual. Es común, además, utilizar un criterio denominado distorsión total armónica (THD) como una medida de la distorsión. (2)

THD

Es la tasa de distorsión armónica total, es un coeficiente porcentual que se utiliza para medir el nivel de distorsión armónica que se genera en una línea de transmisión de energía eléctrica, se calcula con la razón de la raíz de la sumatoria de los cuadrados de los valores de voltaje rms de los armónicos y el valor de voltaje rms de la fundamental. (1)

IEEE

Instituto de ingenieros electricistas y electrónicos. Es el organismo internacional encargado de normar los asuntos concernientes a la electricidad, electrónica, telecomunicaciones y otros.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es un estudio cuantitativo, porque tienen como características la medición de fenómenos (fenómeno de armónicos eléctricos) y el análisis causa efecto (armónicos vs calidad), tiene un proceso probatorio (medición de magnitudes físicas) y realiza una réplica basada en la Norma Peruana de Calidad de Energía Eléctrica. (17)

3.1.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo aplicada.

Está dirigida a determinar, a través del conocimiento científico, los medios (metodologías, protocolos y/o tecnologías) por los cuales se puede cubrir una necesidad reconocida y específica. (18)

3.1.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es de nivel descriptivo.

Los estudios descriptivos únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las

que se refieren, pues su objetivo no es indicar cómo se relacionan las variables medidas. (17)

Para el presente trabajo se tiene la certeza de que se cumpla la teoría de armónicos, por tratarse de un fenómeno eléctrico y porque existen cargas no lineales (variadores de frecuencia) (1) conectadas al sistema de suministro del pabellón H. Por ende, este estudio es de tipo descriptivo.

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, por su nivel, reúne las características de un estudio descriptivo y de regresión. (17)

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En éste caso no se aplica la correlación, ya que la teoría de armónico demuestra físico matemáticamente esa relación mediante las fórmulas de cálculo de la tasa de distorsión armónica total y los indicadores de calidad de la frecuencia y la tensión, lo que se pretende es saber: ¿Qué porcentaje de los armónicos generados en la red pertenecen a los variadores de frecuencia utilizados en los ascensores del pabellón H?, teniendo en cuenta que son los únicos equipos conectados en el sistema eléctrico de dicho pabellón; considerando que existen otros factores descritos en el marco teórico.

También, cabe resaltar, que se está evaluando el indicador de calidad de la frecuencia y de la tensión eléctrica, que en realidad son la variación de estas magnitudes físicas. No se deben considerar que los porcentajes pertenezcan a los valores nominales de 220 voltios y de 60 Hz.

Como estrategia de medición, se recurre a la regresión lineal, teniendo la certeza de que ya existe una relación y no es de tipo espuria, entonces, sustentado en la teoría, se plantea que el coeficiente de determinación R^2 nos mostrará el valor en que estos variadores afectan a las variaciones (indicadores de calidad) de voltaje y frecuencia. Cuando se utiliza este tipo de técnica no son necesarias las contrastaciones de hipótesis. (17)

No experimental (Observacional)

Mediante el muestreo de la energía eléctrica suministrada en el pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo, se realizan observaciones empíricas usando el instrumento analizador de calidad, debido a la naturaleza del sistema, que

tiene un uso ininterrumpido y no alterable (los ascensores están siendo utilizados de forma permanente), no se puede controlar el sistema, por tanto, no se pueden realizar experimentos.

Prospectivo

Las mediciones se planificaron en base a la “Norma Técnica Peruana”, área de la “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos” - Título Quinto, calidad de producto. (Ver Capítulo 2).

Transversal

Se realiza la adquisición de datos en un solo corte de tiempo, basado en la Norma Técnica Peruana para medición de calidad de energía eléctrica.

X_1 : tasa de distorsión armónica de THD_U1

X_2 : tasa de distorsión armónica de THD_U2

X_3 : tasa de distorsión armónica de THD_U3

Y_1 : frecuencia total

Y_2 : tensión de U1

Y_3 : tensión de U2

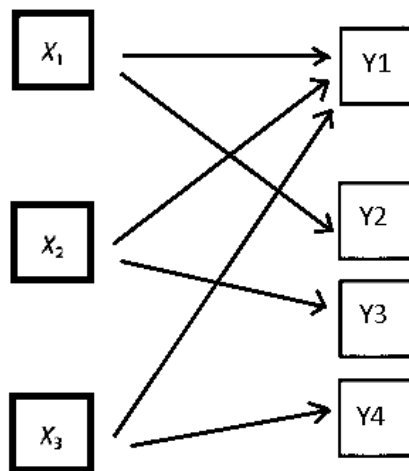
Y_4 : tensión de U3

$X_1, X_2, X_3 \rightarrow Y_1$

$X_1 \rightarrow Y_2$;

$X_2 \rightarrow Y_3$;

$X_3 \rightarrow Y_4$

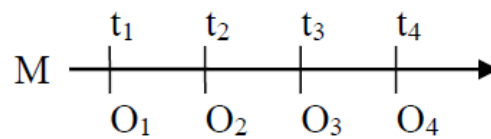


Fuente: Propia

Longitudinal

Se toma una muestra del objeto de investigación, la misma que es evaluada en distintos momentos en el tiempo y por períodos bastante largos.

Diagrama:



Donde:

M: Muestra del estudio.

t1 a t2: Momentos en que se hacen las observaciones.

O1 a O4: Observación o mediciones de las variables de estudio.

Las ventajas del diseño longitudinal son: proporciona información bastante confiable de los cambios observados en la variable estudiada. (18)

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

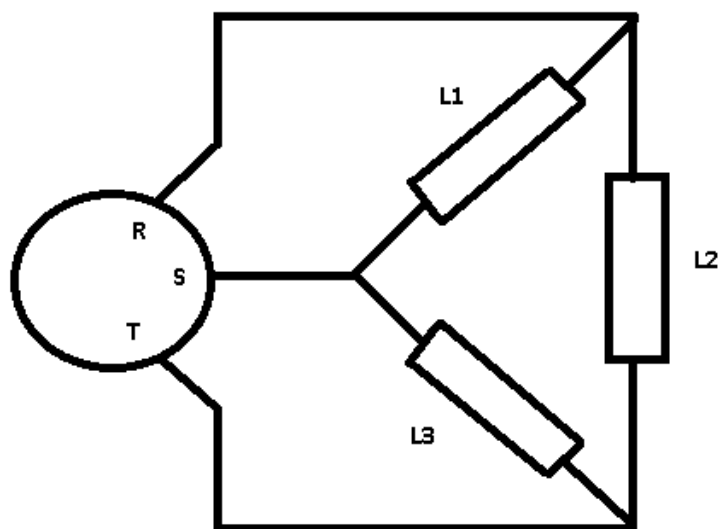
3.3.1. POBLACIÓN

El objeto de estudio en la presente investigación es la energía eléctrica suministrada en el pabellón H del campus de la Universidad Continental, sede Huancayo.

3.3.2. MUESTRA

Debido a que la población es un solo objeto de estudio, se considera como muestra la adquisición de los valores de voltaje y frecuencia en la fuente de energía eléctrica del pabellón H en configuración Delta, (porque la conexión de las cargas tiene ésta configuración), siguiendo la Norma Técnica Peruana de Calidad de Energía Eléctrica, el registro de datos se programó para un tiempo de 7 días conocido como periodo de medición, comenzando el lunes 17 de octubre de 2016 y culminando el domingo 23 del mismo mes, el muestreo se realizó cada 15 minutos como lo establece la norma, conocido como intervalo de medición, obteniéndose 722 muestras.

Figura 8: Distribución de cargas en configuración DELTA en el pabellón H



Fuente: Propia

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

3.4.1. INSTRUMENTOS

La observación de campo es cuasi- experimental, ya que el fenómeno no puede ser controlado, pues solo se realiza el análisis de la calidad de energía eléctrica suministrada.

Como instrumento, se utiliza el registro automatizado de datos que almacena valores de voltaje, corriente, potencia, frecuencia y fase, del equipo electrónico denominado analizador de calidad de red (ver anexos). El equipo tiene una frecuencia de muestreo de 10 KHz y registra los voltajes y corriente de cada fase durante 5 segundos después de detectar una incidencia.

A continuación se presenta la configuración del analizador de redes que se utilizó en esta ocasión para registrar las muestras según la Norma Peruana de Calidad de Energía Eléctrica (parte del manual que se encuentra en anexos).

Paso 1:

- Instale el instrumento en el lugar de medición en la sub estación N° 2 – tablero general pabellón H – llave principal cargas especiales.
- Instale los cables de tensión y los sensores de corriente a los cables principales de salida de la llave principal de cargas especiales.
- Conecte el adaptador de CA al instrumento y encienda el equipo.

Paso 2:

- En la pantalla SYSTEM - WIRING del equipo seleccionar la opción del cableado apropiado y los ajustes del modelo de sensor de corriente. En nuestro caso seleccionar la opción 3P3W3M para un sistema trifásico balanceado conexión delta (verificar los cables de tensión y los sensores de corriente estén conectado como se muestra la figura de la pantalla del analizador).

- En la pantalla SYSTEM – MEASURE programar los siguientes valores:

Frecuency	60 Hz	Frecuencia de la red (60 Hz)
Wiring	3P3W3M	Sistema trifásico conexión delta
UReference	220V	Tensión de la red (220 V)
Clamp	9661	Tipo se sensor de corriente
I Range	100A	Rango de corriente del sensor
PT Ratio	1	Relación de transformación (T/F de potencial)
CT Ratio	1	Relación de transformación (T/F de corriente)
Harm Calc	LEVEL	Forma de medir los armónicos (por nivel)
PF Type	PF	Tipo de factor de potencia

- En la pantalla SYSTEM – REC&EVENT

Partition	OFF	No particionar la memoria interna del equipo
Interval	AUTO	Graficar parámetros de tendencia (cada segundo)
Demand	15min	Bloque de registro de datos (15 min según Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos)
Time Start	OFF	Programar si se desea que prenda o apague en horas especificadas (no requiere)
Timer Evt	OFF	Temporizador de eventos (no requiere)
Inrush	120.0A	Pico de corriente para arranque de motores
U Transient	ON	Transitorios de voltaje (+-5% según Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos)
Urms SWELL	105 %	Altas de voltaje (231V)
Urms DIP	95 %	Bajas de voltaje (209V)
Interruption	80 %	Interrupciones de voltaje (176V)

Paso 3

- Para iniciar la grabación de los datos presionamos la tecla START/STOP y de acuerdo a la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos el lapso mínimo de medición de un parámetro es de siete (7) días calendarios continuos, con excepción de la frecuencia cuya medición es permanente durante el Período de Control. A estos períodos se les denomina “Períodos de Medición”. En cada Período de Medición, los valores instantáneos de los parámetros de la Calidad de Producto son medidos y promediados por intervalos de quince (15) minutos para la tensión y frecuencia, y de diez (10) minutos para las perturbaciones. Estos períodos se denominan “Intervalos de Medición”. En el caso de las variaciones instantáneas de frecuencia los “Intervalos de Medición” son de un (1) minuto.

- También utilizaremos capturas de imagen, para eso presionamos el botón HARD COPY para una mejor análisis del orden de los armónicos, ya que el modelo del equipo no permite guardar datos de los valores del orden de los armónicos.

Paso 4

- Para terminar el análisis de calidad de energía, presionamos el botón START/STOP, después conectamos el equipo a la pc y con ayuda del software especializado (3197 communicator) descargamos los datos para su análisis correspondiente.
- Para obtener explicaciones detalladas, consulte el manual de instrucciones (página web):

https://www.hioki.com/en/products/detail/?product_key=5830

3.4.2. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO

Tipos de dato: cuantitativo continuo, porque el voltaje y la frecuencia admiten enteros y decimales, además de ser valores numéricos continuos en el tiempo.

Registro de datos: El muestreo en primera instancia es realizado en forma automática por un aparato denominado analizador de calidad de red (para mayor información revisar anexos), luego serán llevados a un software de hoja de cálculo donde son registrados en las tablas de resumen.

Tabulación de datos: La tabulación se realiza de forma manual, mediante la observación de los resúmenes obtenidos en el instrumento, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 9: Registro de datos del equipo electrónico

VIEW	HARMONICS		2017/03/02 16:27:20	
RECORDING	3P3W3M	100A	220V	59.99Hz
Order	U [V]	I [A]	P [W]	CH1
1	222.8	4.9	0.57k	
2	0.2	0.0	0.00k	THD1 [%]
3	1.6	1.1	0.00k	4.5
4	0.1	0.0	0.00k	
5	9.0	0.9	- 0.00k	THD2 [%]
6	0.1	0.0	- 0.00k	4.3
7	3.9	0.2	0.00k	
8	0.1	0.0	0.00k	THD3 [%]
9	0.5	0.1	0.00k	4.4
10	0.1	0.0	0.00k	
11	1.5	0.2	- 0.00k	
12	0.0	0.0	0.00k	
13	0.4	0.2	0.00k	
14	0.0	0.0	0.00k	
15	0.1	0.1	0.00k	
16	0.0	0.0	0.00k	
17	0.2	0.1	- 0.00k	
GRAP/LIST	CH SELECT		HOLD	

Fuente: Propia

3.4.3. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Con el apoyo del software estadístico SPSS se aplica la estadística descriptiva para saber los valores medios y desviaciones estándar de las variaciones en la frecuencia y voltaje, luego, para saber ¿Cuál es el porcentaje en el que estas son afectadas por los armónicos?, se aplica la regresión lineal, hallando el coeficiente de determinación R^2 , según el modelo propuesto.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Para la aplicación de la Norma Técnica Peruana se debe saber que se tiene que cumplir las tolerancias descritas en el siguiente cuadro:

Tabla 7: Valores de tolerancia en el estudio de calidad de energía eléctrica según la Norma Técnica Peruana.

	% de valores máximos	% de periodo de medición
Voltaje	±5%	3%
Frecuencia	0.6%	3%
Flicker	<1	-
Armónicos	8%	5%

Fuente: (14)

Consideramos el periodo de medición total como el número de muestras, si son 277 (100%), el 3% será 21.66 (aplicando una regla de tres simple), redondeando en el entero se tiene que la tolerancia debería superar las 22 muestras para considerarse de mala calidad en el caso del voltaje y la frecuencia; en el caso de los armónicos no se debe superar de 8% en la tasa de distorsión armónica total en un periodo de medición que equivale a 36.1 muestras, redondeando a 36. Esto quiere decir que si la variación de voltaje (indicador de calidad de voltaje) es mayor que el 5% durante más de 22 muestras, entonces existe una calidad deficiente, si la frecuencia excede el 0.6% de variación (indicador de calidad de la frecuencia) durante más de 22

muestras, entonces existe una calidad deficiente, y por último, si la tasa de distorsión armónica total supera el 8% durante más de 36 muestras, entonces, se considera la existencia de una calidad deficiente.

Para este caso de estudio se tuvieron los siguientes hallazgos: para ninguna muestra de la fase U1 se encontró que sean mayores a 5%, lo mismo para la fase U2 y la fase U3; en el caso de la frecuencia, ninguna muestra supera el 0.6%; y en el caso de los armónicos, en ninguna de las fases existe una muestra que supere el 8% (según la actualización de la norma, dado a que antes era de 5%, en cuyo caso sí se supera, siendo 195, 135 y 143 para U1, U2 y U3 respectivamente).

El indicador de calidad del voltaje de la fase U1 se calcula con la siguiente fórmula:

$$IC_{U1(\%)} = \frac{U1 - 220}{220} * 100\%$$

El indicador de calidad del voltaje de la fase U2 se calcula con la siguiente fórmula:

$$IC_{U2(\%)} = \frac{U2 - 220}{220} * 100\%$$

El indicador de calidad del voltaje de la fase U3 se calcula con la siguiente fórmula:

$$IC_{U3(\%)} = \frac{U3 - 220}{220} * 100\%$$

El indicador de la frecuencia se calcula con la siguiente fórmula:

$$IC_{Freq(\%)} = \frac{Freq - 60}{60} * 100\%$$

Los cálculos efectuados se encuentran disponibles en los anexos.

En la tabla número 8 se presentan la media y la desviación estándar del indicador de calidad del voltaje de la fase U1, teniendo una media de 2.4 voltios y una desviación estándar de 0.54 voltios.

Tabla 8: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad de U1.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
IC_U1	722	1,00	3,98	2,4080	,54107
N válido (por lista)	722				

Fuente: Propia

En la tabla número 9 se presentan la media y la desviación estándar del indicador de calidad del voltaje de la fase U2, teniendo una media de 3.3% de variación y una desviación estándar de 0.47.

Tabla 9: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad de U2.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
IC_U2	722	2,24	4,56	3,2868	,47258
N válido (por lista)	722				

Fuente: Propia

En la tabla número 10 se presentan la media y la desviación estándar del indicador de calidad del voltaje de la fase U3, teniendo una media de 3% de variación y una desviación estándar de 0.49.

Tabla 10: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad de U3.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
IC_U3	722	1,70	4,44	3,0037	,48577
N válido (por lista)	722				

Fuente: Propia

En la tabla número 11 se presentan la media y la desviación estándar del indicador de calidad de la frecuencia, teniendo una media de 0.01% de variación y una desviación estándar de 0.047.

Tabla 11: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad de frecuencia.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
IC_Freq	722	-,17	,26	,0122	,04652
N válido (por lista)	722				

Fuente: Propia

En la tabla número 12 se presentan la media y la desviación estándar de la distorsión armónica total de voltaje de la fase U1, teniendo una media de 4.42% de variación y una desviación estándar de 0.92.

Tabla 12: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad del THDV_U1.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
THD_U1	722	2,7	6,4	4,418	,920
N válido (por lista)	722				

Fuente: Propia

En la tabla número 13 se presentan la media y la desviación estándar de la distorsión armónica total de voltaje de la fase U2, teniendo una media de 4.07% de variación y una desviación estándar de 1.07.

Tabla 13: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad del THDV_U2.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
THD_U2	722	2,2	6,2	4,066	1,068
N válido (por lista)	722				

Fuente: Propia

En la tabla número 14 se presentan la media y la desviación estándar de la distorsión armónica total de voltaje de la fase U3, teniendo una media de 4.23% de variación y una desviación estándar de 0.9.

Tabla 14: Estadísticos descriptivos del indicador de calidad del THDV_U3.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
THD_U3	722	2,4	6,2	4,245	,900
N válido (por lista)	722				

Fuente: Propia

4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

Para la prueba de nuestra hipótesis general, se sometió a una prueba estadística denominada análisis de regresión, y el objetivo es estimar la ecuación de regresión, la cual proporciona los conceptos y técnicas para construir modelos matemáticos que describan de manera apropiada que las distorsiones armónicas producidas por los variadores de frecuencia, afectan la calidad de la energía eléctrica del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

Y: Es el valor calculado (indicador de calidad).

X: Es el predictor (THD).

β_0 y β_1 : Son los parámetros del modelo.

ε : es el error.

Hipótesis Nula (H_0): Las distorsiones armónicas producidas por los variadores de frecuencia, no directamente afectan la calidad de la energía eléctrica del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_0: R^2_{THD1,U1} = 0; R^2_{THD2,U2} = 0; R^2_{THD3,U3} = 0; R^2_{THD1,F} = 0; R^2_{THD2,F} = 0; R^2_{THD3,F} = 0; R^2_{THD1,F} = 0$$

Hipótesis Alterna (H1): Las distorsiones armónicas producidas por los variadores de frecuencia, afectan directamente la calidad de la energía eléctrica del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_1: R^2_{THD1,U1} > 0; R^2_{THD2,U2} > 0; R^2_{THD3,U3} > 0; R^2_{THD1,F} > 0; R^2_{THD2,F} > 0; R^2_{THD3,F} > 0; R^2_{THD1,F} > 0$$

Para la hipótesis general se plantea, que si todos los coeficientes de determinación en cada hipótesis específica son mayor que cero, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo que: las distorsiones armónicas producidas por los variadores de frecuencia, afectan la calidad de la energía eléctrica del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

4.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Hipótesis Específica 1:

Hipótesis Nula (H0): La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, no afecta directamente a la variación del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_0: R^2_{THD1,U1} = 0$$

Hipótesis Alterna (H1): La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, afecta directamente a la variación del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_1: R^2_{THD1,U1} > 0$$

Haciendo uso del software estadístico SPSS, con los datos de la tabla de muestras de las variables de voltaje, distorsión armónica total por cada fase y la frecuencia, en la tabla 16 se muestra el modelo de la regresión lineal que nos sirve para hallar el coeficiente de determinación R², que para nuestro caso también será el porcentaje en el que las distorsión armónica total afecta a la variación del voltaje (indicador de calidad IC_U1) de la fase U1 y en la tabla 8 obtenemos la ecuación:

$$IC_U1 = 3.792 - 0.315 * THD_U1$$

Tabla 15: Resumen del modelo de regresión para THD_U1 e IC_U1

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,479 ^a	,230	,229	,47520

a. Predictores: (Constante), THD_U1

Fuente: Propia

Tabla 16: Coeficientes de la regresión para THD_U1 e IC_U1.

Coeficientes ^a									
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B		Estadísticas de colinealidad	
	B	Error estándar	Beta			Límite inferior	Límite superior	Tolerancia	VIF
1 (Constante)	3,792	,096		39,465	,000	3,603	3,981		
THD_U1	-,315	,022	-,479	-14,654	,000	-,357	-,273	1,000	1,000

a. Variable dependiente: IC_U1

Fuente: Propia

El coeficiente de determinación es 0.23, por lo tanto, es mayor que cero, rechazando la hipótesis nula H0 y aceptando la alterna H1, siendo que la distorsión armónica total de la fase U1 afecta a la variación de la calidad del voltaje IC_U1.

Hipótesis Específica 2:

Hipótesis Nula (H0): La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, no afecta directamente a la variación del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_0: R^2_{THD2,U2} = 0$$

Hipótesis Alterna (H1): La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, afecta directamente a la variación del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_1: R^2_{THD2,U2} > 0$$

Haciendo uso del software estadístico SPSS, con los datos de la tabla de muestras de las variables de voltaje, distorsión armónica total por cada fase y la frecuencia, en la tabla 18 se muestra el modelo de la regresión lineal que nos sirve para hallar el coeficiente de determinación R² que para nuestro caso también será el porcentaje en el que las distorsión armónica total afecta a la variación del voltaje (indicador de calidad IC_U2) de la fase U2 y en la tabla 9 obtenemos la ecuación:

$$IC_{U2} = 4.037 - 0.185 * THD_{U2}$$

Tabla 17: Resumen del modelo de regresión para THD_U2 e IC_U2.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,369 ^a	,136	,135	,43950

Fuente: Propia

Tabla 18: Coeficientes de la regresión para THD_U2 e IC_U2.

Coeficientes ^a									
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B		Estadísticas de colinealidad	
	B	Error estándar	Beta			Límite inferior	Límite superior	Tolerancia	VIF
1 (Constante)	4,037	,072		55,872	,000	3,895	4,179		
THD_U2	-,185	,017	-,369	-10,660	,000	-,219	-,151	1,000	1,000

a. Variable dependiente: IC_U2

Fuente: Propia

El coeficiente de determinación es 0.136, por lo tanto, es mayor que cero, rechazando la hipótesis nula H_0 y aceptando la alterna H_1 , siendo que la distorsión armónica total de la fase U_2 afecta a la variación de la calidad del voltaje IC_U2.

Hipótesis Específica 3:

Hipótesis Nula (H_0): La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U_3 , no afecta directamente a la variación del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo..

$$H_0: R^2_{THD3,U3} = 0$$

Hipótesis Alterna (H_1): La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U_3 , afecta directamente a la variación del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_1: R^2_{THD3,U3} > 0$$

Haciendo uso del software estadístico SPSS, con los datos de la tabla de muestras de las variables de voltaje, distorsión armónica total por cada fase y la frecuencia, en la tabla 20 se muestra el modelo de la regresión lineal que nos sirve para hallar el coeficiente de determinación R^2 que para nuestro caso también será el porcentaje en el que la distorsión armónica total afecta a la variación del voltaje (indicador de calidad IC_{U3}) de la fase U_3 y en la tabla 10 obtenemos la ecuación:

$$IC_{U3} = 4.141 - 0.269 * THD_{U3}$$

Tabla 19: Resumen del modelo de regresión para THD_{U3} e IC_{U3} .

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,443 ^a	,196	,195	,43576

a. Predictores: (Constante), THD_{U3}

Fuente: Propia

Tabla 20: Coeficientes de la regresión para THD_U3 e IC_U3

Coeficientes ^a									
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B		Estadísticas de colinealidad	
	B	Error estándar	Beta			Límite inferior	Límite superior	Tolerancia	VIF
1 (Constante)	4,141	,087		47,462	,000	3,970	4,312		
THD_U3	-,269	,020	-,443	-13,266	,000	-,309	-,229	1,000	1,000

a. Variable dependiente: IC_U3

Fuente: Propia

El coeficiente de determinación es 0.196, por lo tanto es mayor que cero, rechazando la hipótesis nula H0 y aceptando la alterna H1, siendo que la distorsión armónica total de la fase U3 afecta a la variación de la calidad del voltaje IC_U3.

Hipótesis Específica 4:

Hipótesis Nula (H0): La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, no afecta directamente a la variación de la frecuencia del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_0: R^2_{THD1,f} = 0$$

Hipótesis Alterna (H1): La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, afecta directamente a la variación de la frecuencia del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_1: R^2_{THD1,f} > 0$$

Haciendo uso del software estadístico SPSS, con los datos de la tabla de muestras de las variables de voltaje, distorsión armónica total por cada fase y la frecuencia, en la tabla 22 se muestra el modelo de la regresión lineal que nos sirve para hallar el coeficiente de determinación R2 que para nuestro caso también será el porcentaje en el que las distorsión armónica total afecta a la variación del voltaje (indicador de calidad IC_Freq) de la fase U1 y en la tabla 11 obtenemos la ecuación:

$$IC_Freq = 0.014 - 0.001 * THD_U1$$

Tabla 21: Resumen del modelo de regresión para THD_U1 e IC_Freq.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,009 ^a	,000086	-,001	,04655

a. Predictores: (Constante), THD_U1

Fuente: Propia

Tabla 22: Coeficientes de la regresión para THD_U1 e IC_Freq.

Coeficientes ^a									
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B		Estadísticas de colinealidad	
	B	Error estándar	Beta			Límite inferior	Límite superior	Tolerancia	VIF
1 (Constante)	,014	,009		1,536	,125	-,004	,033		
THD_U1	-,001	,002	-,009	-,249	,804	-,005	,004	1,000	1,000

a. Variable dependiente: IC_Freq

Fuente: Propia

El coeficiente de determinación es 0.000086, por lo tanto mayor que cero, rechazando la hipótesis nula H0 y aceptando la alterna H1, siendo que la distorsión armónica total de la fase U1 no afecta a la variación de la calidad del voltaje IC_U3.

Hipótesis Específica 5:

Hipótesis Nula (H0): La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, no afecta directamente a la variación de la frecuencia del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_0: R^2_{THD2,f} = 0$$

Hipótesis Nula (H1): La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, afecta directamente a la variación de la frecuencia del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_1: R^2_{THD2,f} > 0$$

Haciendo uso del software estadístico SPSS, con los datos de la tabla de muestras de las variables de voltaje, distorsión armónica total por cada fase y la frecuencia, en la tabla 24 se muestra el modelo de la regresión lineal que nos sirve para hallar el coeficiente de determinación R² que para nuestro caso también será el porcentaje en el que las distorsión armónica total afecta a la variación del voltaje (indicador de calidad IC_Freq) de la fase U2 y en la tabla 11 obtenemos la ecuación:

$$IC_{Freq} = 0.012 - 8.470E - 5 * THD_U2$$

Tabla 23: Resumen del modelo de regresión para THD_U2 e IC_Freq.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,002 ^a	,000003	-,001	,04655

a. Predictores: (Constante), THD_U2

Fuente: Propia

Tabla 24: Coeficientes de la regresión para THD_U2 e IC_Freq.

Coeficientes ^a									
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B		Estadísticas de colinealidad	
	B	Error estándar	Beta			Límite inferior	Límite superior	Tolerancia	VIF
1 (Constante)	,012	,008		1,633	,103	-,003	,028		
THD_U2	-8,470E-5	,002	-,002	-,046	,963	-,004	,004	1,000	1,000

a. Variable dependiente: IC_Freq

Fuente: Propia

El coeficiente de determinación es 0.000003, por lo tanto, es igual a cero, rechazando la hipótesis nula H₀ y aceptando la alterna H₁, siendo que la distorsión armónica total de la fase U2 no afecta a la variación de la calidad del voltaje IC_U2.

Hipótesis Específica 6:

Hipótesis Nula (H0): La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U3, no afecta directamente a la variación de la frecuencia del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_0: R^2_{THD3,f} = 0$$

Hipótesis Alterna (H1): La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U3, afecta directamente a la variación de la frecuencia del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

$$H_1: R^2_{THD3,f} > 0$$

Haciendo uso del software estadístico SPSS, con los datos de la tabla de muestras de las variables de voltaje, distorsión armónica total por cada fase y la frecuencia, en la tabla 26 se muestra el modelo de la regresión lineal que nos sirve para hallar el coeficiente de determinación R² que para nuestro caso también será el porcentaje en el que la distorsión armónica total afecta a la variación del voltaje (indicador de calidad IC_Freq) de la fase U3 y en la tabla 11 obtenemos la ecuación:

$$IC_{Freq} = 0.004 + 0.002 * THD_U3$$

Tabla 25: Resumen del modelo de regresión para THD_U3 e IC_Freq.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,034 ^a	,001174	,000	,04652

a. Predictores: (Constante), THD_U3

Fuente: Propia

Tabla 26: Coeficientes de la regresión para THD_U3 e IC_Freq.

Coeficientes ^a									
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B		Estadísticas de colinealidad	
	B	Error estándar	Beta			Límite inferior	Límite superior	Tolerancia	VIF
1 (Constante)	,004	,009		,401	,689	-,015	,022		
THD_U3	,002	,002	,034	,920	,358	-,002	,006	1,000	1,000

a. Variable dependiente: IC_Freq

Fuente: Propia

El coeficiente de determinación es 0.001174, por lo tanto, es mayor que cero, rechazando la hipótesis nula H_0 y se aceptando la alterna H_1 , siendo que la distorsión armónica total de la fase U3 afecta a la variación de la calidad del voltaje IC_U3.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis alternativa general que establece que las distorsiones armónicas producidas por los variadores de frecuencia, afectan directamente la calidad de la energía eléctrica del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen:

LÓPEZ ATI, D. quien señala que se generan armónicos en el variador de frecuencia, al hacer la medición antes del variador se comprueba que el variador inyecta armónicos de corriente a la red los cuales son muy perjudiciales, ya que se transmiten por los cables, los que tienen que soportar estos cambios de amperajes, se necesitaran de mayor sección, esto implica mayor cobre lo cual es mayor costo. Además que se deberá sobredimensionar generadores y transformadores. Los armónicos de tensión existen antes del variador de frecuencia los que afectan significativamente a la red por ser de baja magnitud. (6)

ALVAREZ ANTONIO, H. A. quien manifiesta que el cálculo de los armónicos generados por los rectificadores estáticos de potencia es de vital importancia porque contribuye en la solución de los problemas en el cumplimiento de las normas legales del mejoramiento de la calidad del servicio eléctrico. Como también los cálculos de

los armónicos de tensión, nos permite evaluar los parámetros de control referente al cumplimiento de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos. (3). Ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

Pero en lo que no concuerda el estudio de los autores referidos con el presente, es que ellos analizaron los efectos nocivos en el funcionamiento de los equipos que están conectados a la red por la presencia de armónicos dentro del circuito, de igual forma establecieron la forma de cómo se pueden controlar estos armónicos, en este estudio se establecieron los porcentajes de los índices de calidad de tensión y frecuencia producidas por los variadores de frecuencia, afectan directamente la calidad de la energía eléctrica.

En lo que respecta si la distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, U2 y U3, afectan directamente la calidad de la energía eléctrica del pabellón H de la Universidad Continental, en este estudio se encuentra un promedio de THDv de la fase U1 de 4.42% con una desviación estándar de 0.92, para la fase U2 de 4.07% con una desviación estándar de 1.07 y para la fase U3 es 4.25% en promedio, con una desviación estándar de 0.9. Esto quiere decir que en el caso de los armónicos no se debe superar de 8% del THDv, entonces existe una calidad deficiente, definido por la norma técnica de calidad de servicios eléctricos (14).

En cambio para **VELEZ OSORIO, O.** se presentó violación del límite del 5% definido en el estándar IEEE para la Distorsión Armónica de Tensión (THDv) durante el periodo alrededor de las 10:00 p.m. y hasta las 6:00 a.m. con valores hasta del 6%, éste incremento se debe al tipo de lámparas que se utilizan en el edificio (8).

CONCLUSIONES

1. Se concluye que aunque los coeficientes de determinación R^2 determinan que los armónicos producidos por los variadores de frecuencia afectan a la calidad de la energía eléctrica del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo, no significa que éste efecto sea relevante, ya que de las variaciones que además son pequeñas solo participan en porcentajes minoritarios.
2. Los armónicos generados por los variadores de frecuencia afectan la calidad de la energía eléctrica suministrada en el pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.
3. El 23% de la variación porcentual de voltaje en la fase U1 (IC_U1), se debe a los armónicos producidos por los variadores de frecuencia y el 77% a los demás factores que afectan la calidad de la energía eléctrica.
4. El 13.6% de la variación porcentual de voltaje en la fase U2 (IC_U2), se debe a los armónicos producidos por los variadores de frecuencia y el 86.4% a los demás factores que afectan la calidad de la energía eléctrica.
5. El 19.6% de la variación porcentual de voltaje en la fase U3 (IC_U3), se debe a los armónicos producidos por los variadores de frecuencia y el 80.4% a los demás factores que afectan la calidad de la energía eléctrica.
6. El 0.0086% de la variación porcentual de la frecuencia (IC_Freq), se debe a los armónicos producidos por los variadores de frecuencia en la fase U1 y el 99.9914% a los demás factores que afectan la calidad de la energía eléctrica.
7. El 0.0003% de la variación porcentual de la frecuencia (IC_Freq), se debe a los armónicos producidos por los variadores de frecuencia en la fase U2 y el 99.9997% a los demás factores que afectan la calidad de la energía eléctrica.
8. El 0.1174% de la variación porcentual de la frecuencia (IC_Freq), se debe a los armónicos producidos por los variadores de frecuencia en la fase U3 y el 99.8826% a los demás factores que afectan la calidad de la energía eléctrica.

RECOMENDACIONES

1. No se debe suponer que las variaciones del voltaje se deben por completo a las distorsiones armónicas producidas por los circuitos electrónicos, porque como en éste caso, podría deberse a otros factores que afectan la calidad de la energía eléctrica.
2. No se debe suponer que las variaciones de la frecuencia se deben por completo a las distorsiones armónicas producidas por los circuitos electrónicos, porque como en éste caso, podría deberse a otros factores que afectan la calidad de la energía eléctrica.
3. En caso de tener diferentes equipos electrónicos conectados a la red, se debe analizar el espectro armónico, de tal forma que si la amplitud del tercer armónico es más grande que las demás, se supone que puede ser producido por luminarias fluorescentes o rectificadores de onda completa; si ésta característica recae en el segundo armónico se trata de rectificadores de media onda (cargadores de celular), en el quinto armónico se trata de rectificadores de onda completa trifásico (variadores convencionales), si es el onceavo armónico es un conmutador de 12 pulsos (ciclo convertidores o inversores).
4. Se recomienda utilizar equipos que puedan registrar a la vez, el voltaje, periodo y fase instantáneos, con lo cual se podría mejorar el modelo de sumatoria de armónicos, o en su defecto utilizar las transformada wavelet para hallar la fase y el tiempo en que se inician cada uno de los armónicos y la fundamental.
5. Se recomienda realizar un estudio de correlación entre el costo de consumo producido únicamente por los armónicos y el nivel de tensión eléctrica que posee el espectro armónico generado, dado que la Norma Técnica Peruana establece una tolerancia, que solo contempla la seguridad y no el costo.
6. Se recomienda utilizar filtros en el origen de los armónicos, porque ello reduciría el costo con respecto a un filtro empleado en la fuente, y además evitaría que afecte a los demás equipos interconectados en la red eléctrica.
7. Se recomienda secuenciar de la misma forma todas las cargas del sistema trifásico, además de reubicar las cargas para tratar de balancearlas.

BIBLIOGRAFÍA

1. **LLAMAS, Armando, y otros.** *Armónicas en Sistemas Eléctricos Industriales*. 1.º edición. Mexico : Innovación Editorial Lagares de México, S.A, 2004. 9786074103298.
2. **CAMPOS AVELLA, Juan Carlos, y otros.** *Calidad de la Energía Eléctrica*. Colombia : Universidad del Atlántico, Universidad Autónoma del Occidente.
3. **ALVAREZ ANTONIO, Humberto Alberto.** *Estudio de armónicos en rectificadores estáticos de potencia con el método modificado de los coeficientes de Fourier*. Lima : Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica - Universidad Nacional de Ingeniería, 2000.
4. **PONCE DE LEÓN CÓRDOVA, Jean Paúl.** *Metodología para la separación y cuantificación de las contribuciones armónicas en un punto de acoplamiento común (PAC)*. Lima : Universidad Nacional de Ingeniería. Programa Cybertesis PERÚ, 2007.
5. **PROAÑO PÉREZ, Noé Fernando y VELASQUEZ ZHARATE, Victor Adolfo.** *Estudio de efectos y métodos de minimización de distorsiones armónicas en equipos de distribución eléctrica comercial e industrial*. Guayaquil : Facultad de Ingenierías - Universidad Politécnica Salesiana, 2010.
6. **LÓPEZ ATI, Darwin Abraham.** *Distorsión armónica producida por variadores de frecuencia para mejorar el desempeño de motores eléctricos trifásicos en el laboratorio de automatización de la facultad de ingeniería civil y mecánica*. Ecuador : Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica - Universidad Técnica de Ambato, 2013.
7. **HOLGUIN, Marcos y GÓMEZ COELLO, David.** *Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana*. Ecuador : Facultad de ingeniería eléctrica - Universidad Politécnica Salesiana, 2010.
8. **VÉLEZ OSORIO, Oscar Javier y PELÁEZ DELGADO, Dayana.** *Evaluación de la calidad de energía en la Universidad Tecnológica de Pereira*. Pereira : Facultad de Ingenierías Programa de Ingeniería Eléctrica - Universidad Tecnológica de Pereira, 2008.
9. **REYES CALDERON , Gilberto.** *Armónicas en sistemas de distribución eléctrica*. México : Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica - Universidad Autónoma de Nuevo León, 1996.
10. **BOYLESTAD, Robert L y NASHELSKY, Louis.** *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 8.ed.* [trad.] Carlos Mendoza Barraza. Mexico : Pearson Educación, 2003, 2003. 9702604362, 9789702604365.

11. **ARRILLAGA GARMENDIA , Jesús y EGUÍLUZ MORÁN, Luis Ignacio.** *Armónicos en sistemas de potencia.* Cantabria - España : Servicio de publicaciones de Univrsidad Cantabria, 1994.
12. *Harmonics - Understanding FACTS.* **BINGHAM, Richard P.**
13. **SAUCEDO MARTINEZ, Daniel Alberto y TEXIS VILLAGRAN, José Luis.** *Factores que afectan la calidad de la energía y su solución.* Mexico D.F. : Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica - Instituto Politecnico Nacional, 2008.
14. **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD.** Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos. [En línea] 09 de Octubre de 1999. https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/NTCSE_DS020-97-EM.pdf.
15. **HIOKI;.** POWER QUALITY ANALYZER. *POWER QUALITY ANALYZER.* [En línea] https://www.hioki.com/en/products/detail/?product_key=5830.
16. **SANZ MARTÍN, Belén y DE LA SOTA VELASCO, Sergio.** *Operario de instalaciones eléctricas de baja tensión.* [ed.] Consuelo GARCÍA ASENCIO. Madrid : Magallanes, 2005. 84-9732-121-9.
17. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar.** *Metodología de la investigación.* Mexico : Mc Graw Hill, 2006.
18. **NORMAS LEGALES;.** Reglamento de calificaciones y registro de investigadores en ciencia y tecnología del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – SINACYT. *EL PERUANO.* 5 de diciembre de 2015,.
19. **ESPINOZA MONTES, Ciro.** *Metodología de la investigación tecnológica.* Huancayo : Soluciones Gráficas S.A.C., 2014. 978-612-00-1667-1.

ANEXOS

Matriz de consistencia

Título: ESTUDIO DE LAS DISTORSIONES ARMÓNICAS PRODUCIDAS POR VARIADORES DE FRECUENCIA, QUE AFECTAN LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL PABELLÓN H DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL

Planteamiento del problema		Marco teórico	Metodología
Problema general	Antecedentes		Método de la investigación
¿Cómo afectan, las distorsiones armónicas producidas por los variadores de frecuencia, a la calidad de energía eléctrica del pabellón H de la Universidad Continental; sede Huancayo?	NACIONAL ALVAREZ ANTONIO, H. A. <i>Estudio de armónicos en rectificadores estáticos de potencia con el método modificado de los coeficientes de Fourier</i> . Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2000. Este trabajo presenta una de las alternativas en la determinación de los coeficientes de Fourier llegando a determinar un método modificado que se aplicará a las formas de ondas de tensión y corriente generados por los rectificadores estáticos de potencia, el cálculo de los armónicos generados por los rectificadores estáticos de potencia es de vital importancia porque contribuye en la solución de los problemas en el cumplimiento de las normas legales del mejoramiento de la calidad del servicio eléctrico. (3)		Estudio cuantitativo
Problemas específicos	PONCE DE LEÓN CÓRDOVA, J. P. Metodología para la separación y cuantificación de las contribuciones armónicas en un punto de acoplamiento común (PAC) . Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2007. En la presente investigación, se pretende la aplicación de la metodología propuesta, para dar un aporte a la solución de los problemas encontrados en la aplicación de la “Norma Técnica de los Servicios Eléctricos” (NTCSE), parte Calidad de Producto – Perturbaciones, restableciéndole de este modo, su aplicación plena al igual que las otras calidades. (4)		Tipo de la investigación
¿Cómo afecta, la distorsión armónica total de la fase U1 producida por los variadores de frecuencia, al voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo? ¿Cómo afecta, la distorsión armónica total de la fase U2 producida por los variadores de frecuencia, al voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo? ¿Cómo afecta, la distorsión armónica total de la fase U3 producida por los variadores de frecuencia, al voltaje en el pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo? ¿Cómo afecta, la distorsión armónica total de la fase U1 producida por los variadores de frecuencia, a la frecuencia del voltaje	INTERNACIONALES “PROAÑO PÉREZ, N. F. y VELASQUEZ ZHARATE, V. A. <i>Estudio de efectos y métodos de minimización de distorsiones armónicas en equipos de distribución eléctrica comercial e industrial</i> . Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2010. En este trabajo de investigación se llevó a cabo un estudio sobre las fuentes generadoras de armónicas y sus efectos en diferentes cargas eléctricas presentes comúnmente en instalaciones comerciales e industriales, Además se		Nivel de la investigación
			Estudio descriptivo
			Diseño de la investigación
			No experimental (Observacional), prospectivo, transversal. X1: tasa de distorsión armónica de THD_U1 X2: tasa de distorsión armónica de THD_U2 X3: tasa de distorsión armónica de THD_U3 Y1: frecuencia total Y2: tensión de U1 Y3: tensión de U2 Y4: tensión de U3 X1, X2, X3 -> Y1 X1 -> Y2 ; X2 -> Y3 ; X3 -> Y4
			<pre> graph LR X1[X1] --> Y1[Y1] X1[X1] --> Y2[Y2] X1[X1] --> Y3[Y3] X2[X2] --> Y1[Y1] X2[X2] --> Y3[Y3] X2[X2] --> Y4[Y4] X3[X3] --> Y1[Y1] X3[X3] --> Y4[Y4] </pre>
			Variables
			VI: Distorsión armónica producida por variadores de frecuencia

en el pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo? • ¿Cómo afecta, la distorsión armónica total de la fase U2 producida por los variadores de frecuencia, a la frecuencia del voltaje en el pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo? • ¿Cómo afecta, la distorsión armónica total de la fase U3 producida por los variadores de frecuencia, a la frecuencia del voltaje en el pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo?	estudiaron los estándares que proporcionan las guías para limitar las distorsiones armónicas, en específico el estándar IEEE 519-1992, Así como también los equipos disponibles comercialmente para minimizarlas. (5) LÓPEZ ATI, D. A. <i>Distorsión armónica producida por variadores de frecuencia para mejorar el desempeño de motores eléctricos trifásicos en el laboratorio de automatización de la facultad de ingeniería civil y mecánica. Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2013.</i> En lo referente a la experimentación se efectuaron ensayos, en los cuales se varió las frecuencias del variador, en los rangos de 20, 40 , 60 Hz de frecuencia de la red y 2.5, 7.5, 10, 15 KHz de frecuencia interna del variador, además se realizaron ensayos con el motor eléctrico trifásico trabajando al vacío y a plena carga. En estas circunstancias se hicieron mediciones de armónicos de tensión y de corriente y mediciones del factor de potencia. Dentro de las conclusiones obtenidas, se pudo determinar que la distorsión armónica es menor al tener la frecuencia fundamental, a esta frecuencia la presencia de armónicos disminuye, los motores son diseñados para un trabajo dado, que al alterar las condiciones lo sacará de su óptimo, al tener variaciones de frecuencias, para mejorar el desempeño de motores eléctricos trifásicos y reducir la distorsión armónica se requiere de la utilización de un filtro de armónicos (Reactancia trifásica). Se realizó mediciones después de haber sido instalado el filtro obteniendo resultados favorables. Se realizó una comparación del antes y después de ser instalado el filtro indicando la reducción de porcentajes de distorsión armónica total (THD), y el mejoramiento del factor de potencia (FP). (6) HOLGUIN, M. y GÓMEZ COELLO, D. <i>Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, 2010.</i> El objetivo del presente trabajo de Calidad de Energía Eléctrica es un medio para que en la parte técnica, el abonado espere obtener del proveedor (empresa distribuidora) un suministro con tensiones equilibradas, sinusoidales y de amplitudes y frecuencias constantes. Entre los objetivos de la realización de esta tesis de Calidad de Energía Eléctrica es encontrar soluciones efectivas para corregir los disturbios y variaciones de voltaje y proponer conclusiones para corregir las fallas o problemas que se presenten en el sistema eléctrico. (7) VÉLEZ OSORIO, O. J. y PELÁEZ DELGADO, D. <i>Evaluación de la calidad de energía en la Universidad Tecnológica de Pereira. Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2008.</i> El propósito de este trabajo fue plantear una metodología para evaluar la calidad de la energía en la Universidad Tecnológica de Pereira a través del analizador de redes eléctricas Topas 1000, y por medio de la información que éste arroja, analizar y dar soluciones a las perturbaciones de las	VD: Calidad de energía eléctrica suministrada Población El objeto de estudio en la presente investigación es la energía eléctrica suministrada en el pabellón H del campus de la Universidad Continental en la sede Huancayo. Muestra Debido a que la población es un solo objeto de estudio, se considera como muestra la adquisición de los valores de voltaje y frecuencia en la fuente de energía eléctrica del pabellón H en configuración Delta, (porque la conexión de las cargas tiene ésta configuración), siguiendo la Norma Técnica Peruana de calidad de Energía Eléctrica, el registro de datos se programó para un tiempo de 7 días conocido como periodo de medición, comenzando el lunes 17 de octubre de 2016 y culminando el domingo 23 del mismo mes, el muestreo se realizó cada 15 minutos como lo establece la norma, conocido como intervalo de medición, obteniéndose 722 muestras. Técnicas e instrumentos de medición La observación de campo es cuasi-experimental, ya que el fenómeno no puede ser controlado y solo se realiza el análisis de la calidad de energía eléctrica suministrada. Como instrumento, se utiliza el registro automatizado de datos que almacena valores de voltaje, corriente, potencia, frecuencia y fase, del equipo electrónico denominado analizador de calidad de red
Objetivo general Realizar el estudio de la distorsión armónica total, producida por los variadores de frecuencia, sobre la calidad de la energía eléctrica suministrada en el pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.		
Objetivo específico • Determinar el porcentaje con el que de la distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, afecta a la variación del voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo. • Determinar el porcentaje con el que de la distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, afecta a la variación del voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo. • Determinar el porcentaje con el que de la distorsión armónica total producida por los		

variadores de frecuencia en la fase U3, afecta a la variación del voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo. • Determinar el porcentaje con el que de la distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, afecta a la variación de la frecuencia del voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo. • Determinar el porcentaje con el que de la distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, afecta a la variación de la frecuencia del voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo. • Determinar el porcentaje con el que de la distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U3, afecta a la variación de la frecuencia del voltaje del pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.	ondas de tensión y corriente (armónicos), desbalance de carga, factor de utilización de los transformadores, sobretensiones, análisis del factor de potencia, eventos de tensión y otros parámetros correspondientes a la calidad del suministro eléctrico, además especificar el impacto económico de dichas deficiencias, teniendo en cuenta las normas y restricciones del sistema y de la legislación actual. (8) REYES CALDERON , G. <i>Armónicas en sistemas de distribución eléctrica</i>. Tesis de grado, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 1996. Con este trabajo se pretende dar a conocer las fuentes y efectos principales de las armónicas en la red eléctrica y los equipos industriales utilizados en la transformación y aprovechamiento de la energía eléctrica, así como también exponer la metodología básica de análisis del problema armónico y los medios de supresión. Normalmente las armónicas no se eliminan completamente sino que se reducen sólo a niveles permisibles y seguros, normalizados por estándares, como los límites establecidos por el estándar 519 de IEEE. En los estudios armónicos se modelan equivalentes de la red eléctrica mediante paquetes computacionales con los que se obtiene valiosa información del comportamiento de la red ante fuentes armónicas, en este trabajo (capítulo 7). (9)	(ver anexos). El equipo tiene una frecuencia de muestreo de 10KHz y registra los voltajes y corriente de cada fase durante 5 segundos después de detectar una incidencia.
Hipótesis general	Teoría básica Tensión Frecuencia Distorsiones armónicas Efectos de armónicos Calidad de energía eléctrica Norma técnica peruana	Técnicas de procesamiento Tipos de dato: cuantitativo continuo porque el voltaje y la frecuencia admiten enteros y decimales, además de ser valores numéricos continuos en el tiempo. Registro de datos: El muestreo en primera instancia es realizado en forma automática por un aparato denominado analizador de calidad de red (para mayor información revisar anexos), luego serán llevados a un software de hoja de cálculo donde registrados en las tabas de resumen. Tabulación de datos: la tabulación se realiza de forma manual, mediante la observación de los resúmenes obtenidos en el instrumento
Las distorsiones armónicas producidas por los variadores de frecuencia, afectan directamente la calidad de la energía eléctrica suministrada al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.	Definición conceptual VI: distorsiones armónicas producidas por variadores de frecuencia Es una medida rápida de la distorsión total presente en una forma de onda y es la relación de contenido armónico con el armónico fundamental (1)	Técnicas de análisis de datos Con el apoyo del software estadístico SPSS se aplica la estadística descriptiva para saber los valores medios y desviaciones estándar de las variaciones en la frecuencia y voltaje, luego, para saber, ¿Cuál es el porcentaje en el que estas son afectadas por los armónicos?, se aplica la regresión lineal hallando el coeficiente de determinación R², según el modelo propuesto.
Hipótesis específica • La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, afecta directamente a la variación del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.	VD: Calidad de la energía eléctrica suministrada La calidad de la energía se define como una ausencia de deformaciones producidas por armónicas en la red; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. (2)	

• La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, afecta directamente a la variación del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo. • La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, afecta directamente a la variación del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo. • La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U1, afecta directamente a la variación de la frecuencia del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo. • La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U2, afecta directamente a la variación de la frecuencia del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo. • La distorsión armónica total producida por los variadores de frecuencia en la fase U3, afecta directamente a la variación de la frecuencia del voltaje suministrado al pabellón H de la Universidad Continental, sede Huancayo.	Definición operacional											
	<table><tr><th>VARIABLE</th><th>DIMENSIÓN</th><th>INDICADORES</th><th>INSTRUMENTOS</th></tr><tr><td>Distorsión armónica producida por variadores de frecuencia</td><td> • Distorsión Armónica Total (THD) </td><td> • % Porcentaje de distorsión con respecto a la fundamental </td><td>Registro de datos automatizado en el equipo electrónico, Analizador de calidad de energía HIOKI 3197.</td></tr><tr><td>Calidad de la energía eléctrica suministrada</td><td> • Voltaje suministrado en la fase U1. • Voltaje suministrado en la fase U2. • Voltaje suministrado en la fase U3. • Frecuencia del voltaje suministrado. </td><td> • Variación del voltaje en la fase U1 (indicador de calidad IC_U1). • Variación del voltaje en la fase U2 (indicador de calidad IC_U2). • Variación del voltaje en la fase U3 (indicador de calidad IC_U3) • Variación de la frecuencia (indicador de calidad IC_Freq) </td><td>Registro de datos automatizado en el equipo electrónico, Analizador de calidad de energía HIOKI 3197.</td></tr></table>	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS	Distorsión armónica producida por variadores de frecuencia	• Distorsión Armónica Total (THD)	• % Porcentaje de distorsión con respecto a la fundamental	Registro de datos automatizado en el equipo electrónico, Analizador de calidad de energía HIOKI 3197.	Calidad de la energía eléctrica suministrada	• Voltaje suministrado en la fase U1. • Voltaje suministrado en la fase U2. • Voltaje suministrado en la fase U3. • Frecuencia del voltaje suministrado.	• Variación del voltaje en la fase U1 (indicador de calidad IC_U1). • Variación del voltaje en la fase U2 (indicador de calidad IC_U2). • Variación del voltaje en la fase U3 (indicador de calidad IC_U3) • Variación de la frecuencia (indicador de calidad IC_Freq)
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS									
Distorsión armónica producida por variadores de frecuencia	• Distorsión Armónica Total (THD)	• % Porcentaje de distorsión con respecto a la fundamental	Registro de datos automatizado en el equipo electrónico, Analizador de calidad de energía HIOKI 3197.									
Calidad de la energía eléctrica suministrada	• Voltaje suministrado en la fase U1. • Voltaje suministrado en la fase U2. • Voltaje suministrado en la fase U3. • Frecuencia del voltaje suministrado.	• Variación del voltaje en la fase U1 (indicador de calidad IC_U1). • Variación del voltaje en la fase U2 (indicador de calidad IC_U2). • Variación del voltaje en la fase U3 (indicador de calidad IC_U3) • Variación de la frecuencia (indicador de calidad IC_Freq)	Registro de datos automatizado en el equipo electrónico, Analizador de calidad de energía HIOKI 3197.									

Fuente:propia

Tabla 27: Registro de datos provistos por el analizador de calidad de red HIOKI

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
1/07/2016	11:35:00	60,01	5,37	5,40	5,37	223,17	225,20	224,77
1/07/2016	11:50:00	60,01	5,37	5,33	5,30	223,40	225,17	224,60
1/07/2016	12:05:00	60,03	5,40	5,50	5,40	223,73	225,60	225,07
1/07/2016	12:20:00	60,00	5,40	5,53	5,47	223,63	225,53	225,03
1/07/2016	12:35:00	60,01	5,43	5,53	5,53	224,17	226,00	225,37
1/07/2016	12:50:00	59,99	5,47	5,57	5,57	224,67	226,37	225,90
1/07/2016	13:05:00	60,02	5,50	5,60	5,60	225,43	227,13	226,80
1/07/2016	13:20:00	60,01	5,50	5,60	5,57	225,97	227,80	227,33
1/07/2016	13:35:00	59,98	5,33	5,47	5,37	226,27	227,90	227,53
1/07/2016	13:50:00	60,02	5,40	5,37	5,27	226,73	228,17	227,93
1/07/2016	14:05:00	59,97	5,37	5,27	5,27	226,23	227,67	227,50
1/07/2016	14:20:00	60,00	5,13	5,13	5,07	225,57	226,87	226,70
1/07/2016	14:35:00	60,00	4,93	4,90	4,80	225,17	226,63	226,70
1/07/2016	14:50:00	60,03	5,07	5,07	4,87	225,03	226,90	226,80
1/07/2016	15:05:00	60,00	5,07	5,03	4,87	224,90	226,97	226,53
1/07/2016	15:20:00	60,02	5,10	5,10	4,97	225,23	227,17	226,83
1/07/2016	15:35:00	59,99	5,17	5,13	4,97	224,97	226,97	226,30
1/07/2016	15:50:00	60,03	5,10	5,13	5,03	225,00	227,03	226,70
1/07/2016	16:05:00	60,02	5,10	5,13	5,07	224,93	226,63	226,50
1/07/2016	16:20:00	59,97	5,30	5,27	5,23	224,83	226,47	226,30
1/07/2016	16:35:00	59,98	5,30	5,27	5,23	224,70	226,57	226,33
1/07/2016	16:50:00	60,01	5,40	5,30	5,30	224,73	226,63	226,30
1/07/2016	17:05:00	60,02	5,40	5,40	5,33	224,73	226,50	226,23
1/07/2016	17:20:00	59,94	5,47	5,43	5,37	224,27	226,37	225,83
1/07/2016	17:35:00	59,94	5,53	5,43	5,33	223,77	225,97	225,57
1/07/2016	17:50:00	59,97	5,60	5,27	5,30	222,47	225,10	224,53
1/07/2016	18:05:00	60,00	5,30	4,50	5,03	222,20	225,13	223,73
1/07/2016	18:20:00	59,99	5,20	4,47	4,77	222,37	225,37	224,07
1/07/2016	18:35:00	60,02	5,07	4,37	4,67	222,60	225,60	224,70
1/07/2016	18:50:00	60,00	5,20	4,50	4,80	224,53	227,73	226,67
1/07/2016	19:05:00	59,99	5,17	4,40	4,80	224,70	227,93	226,67
1/07/2016	19:20:00	60,01	4,97	4,37	4,73	225,10	227,90	226,73
1/07/2016	19:35:00	60,03	5,00	4,30	4,70	225,27	228,23	227,07
1/07/2016	19:50:00	59,99	4,87	4,27	4,57	225,03	228,03	226,93
1/07/2016	20:05:00	60,01	4,77	4,27	4,47	224,43	227,57	226,37
1/07/2016	20:20:00	60,01	4,73	4,20	4,33	224,63	227,70	226,33
1/07/2016	20:35:00	59,99	4,77	4,27	4,33	224,43	227,27	226,03
1/07/2016	20:50:00	60,01	4,83	4,30	4,27	224,50	227,43	225,93
1/07/2016	21:05:00	59,98	4,97	4,33	4,20	225,97	228,87	227,30
1/07/2016	21:20:00	60,01	4,83	4,17	4,10	225,97	228,73	227,27

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
1/07/2016	21:35:00	59,96	4,87	3,97	4,03	226,67	229,30	227,73
1/07/2016	21:50:00	59,95	4,70	3,77	3,90	225,90	228,57	227,03
1/07/2016	22:05:00	59,96	4,53	3,50	3,80	226,13	228,73	227,47
1/07/2016	22:20:00	59,93	4,37	3,37	3,87	226,20	228,80	227,70
1/07/2016	22:35:00	59,97	4,00	3,23	3,73	226,07	228,53	227,70
1/07/2016	22:50:00	60,00	4,00	3,57	3,87	226,53	228,60	227,87
1/07/2016	23:05:00	60,08	3,93	3,40	3,73	226,57	228,60	228,00
1/07/2016	23:20:00	60,01	3,77	3,33	3,67	224,30	226,50	225,70
1/07/2016	23:35:00	59,99	3,53	3,30	3,53	224,57	226,67	225,70
1/07/2016	23:50:00	59,99	3,47	3,27	3,50	224,40	226,70	225,83
2/07/2016	0:05:00	59,99	3,43	3,10	3,40	224,63	226,87	226,07
2/07/2016	0:20:00	60,02	3,37	2,90	3,17	225,23	227,00	226,53
2/07/2016	0:35:00	60,01	3,17	2,73	3,10	225,33	227,27	226,70
2/07/2016	0:50:00	60,01	3,13	2,67	3,03	225,80	227,77	227,07
2/07/2016	1:05:00	60,00	3,07	2,57	2,97	226,00	227,80	227,27
2/07/2016	1:20:00	60,04	3,07	2,57	2,93	226,43	228,20	227,70
2/07/2016	1:35:00	60,00	3,10	2,57	2,97	226,53	228,23	227,80
2/07/2016	1:50:00	60,03	3,10	2,60	2,93	226,87	228,53	228,07
2/07/2016	2:05:00	60,03	3,30	2,77	3,13	226,93	228,60	228,10
2/07/2016	2:20:00	59,98	3,43	2,83	3,07	226,80	228,43	227,90
2/07/2016	2:35:00	59,98	3,30	2,80	3,03	227,00	228,30	227,90
2/07/2016	2:50:00	59,96	3,10	2,57	2,87	226,67	227,57	227,23
2/07/2016	3:05:00	60,03	3,07	2,50	2,80	226,83	227,80	227,60
2/07/2016	3:20:00	60,00	3,07	2,50	2,80	226,80	228,03	227,83
2/07/2016	3:35:00	60,06	3,10	2,50	2,83	226,93	228,23	227,93
2/07/2016	3:50:00	59,98	3,00	2,60	2,90	226,80	228,17	227,73
2/07/2016	4:05:00	59,93	3,10	2,70	3,00	226,50	227,93	227,30
2/07/2016	4:20:00	59,91	3,20	2,67	3,07	226,23	227,80	227,17
2/07/2016	4:35:00	60,01	3,13	2,63	3,03	226,17	227,97	227,47
2/07/2016	4:50:00	60,05	3,33	2,70	3,27	226,57	228,40	227,90
2/07/2016	5:05:00	59,97	3,40	2,83	3,37	226,30	227,87	227,33
2/07/2016	5:20:00	59,94	3,37	2,90	3,43	226,07	227,43	226,63
2/07/2016	5:35:00	60,02	3,37	2,87	3,50	225,80	227,23	226,40
2/07/2016	5:50:00	60,00	3,33	2,90	3,50	225,43	226,90	226,00
2/07/2016	6:05:00	60,04	3,53	3,17	3,67	225,63	227,03	226,30
2/07/2016	6:20:00	60,01	3,67	3,30	3,60	225,43	226,97	226,27
2/07/2016	6:35:00	60,06	3,67	3,43	3,53	225,57	227,13	226,77
2/07/2016	6:50:00	59,98	3,60	3,43	3,53	225,17	226,77	226,37
2/07/2016	7:05:00	60,01	3,67	3,57	3,57	224,83	226,70	225,93
2/07/2016	7:20:00	60,00	4,03	3,97	3,97	224,17	226,37	225,13
2/07/2016	7:35:00	59,95	4,33	4,40	4,40	224,43	226,60	225,70
2/07/2016	7:50:00	60,00	4,43	4,60	4,60	224,80	227,03	226,13

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
2/07/2016	8:05:00	60,03	4,50	4,63	4,77	224,50	226,63	225,83
2/07/2016	8:20:00	59,97	4,67	4,80	4,73	223,60	226,00	224,97
2/07/2016	8:35:00	59,97	4,90	5,07	4,97	223,13	225,47	224,47
2/07/2016	8:50:00	60,08	5,07	5,17	5,10	222,93	225,27	224,50
2/07/2016	9:05:00	60,09	5,13	5,23	5,10	223,87	226,03	225,20
2/07/2016	9:20:00	60,01	5,17	5,23	5,13	223,73	226,10	225,20
2/07/2016	9:35:00	60,01	5,10	5,20	5,17	223,17	225,63	224,97
2/07/2016	9:50:00	59,99	4,97	5,03	5,07	222,60	225,07	224,20
2/07/2016	10:05:00	60,01	5,00	5,10	5,10	223,73	226,00	225,50
2/07/2016	10:20:00	59,97	4,97	5,10	5,13	224,53	226,70	226,10
2/07/2016	10:35:00	60,02	5,10	5,17	5,17	224,73	227,07	226,57
2/07/2016	10:50:00	60,00	5,23	5,13	5,20	224,40	226,67	226,00
2/07/2016	11:05:00	59,99	4,97	4,80	4,93	225,83	227,90	227,40
2/07/2016	11:20:00	60,01	4,87	4,80	4,93	225,73	227,57	227,17
2/07/2016	11:35:00	60,00	4,83	4,73	4,90	225,70	227,37	226,83
2/07/2016	11:50:00	60,04	4,77	4,73	4,77	225,97	227,37	227,20
2/07/2016	12:05:00	60,00	4,83	4,80	4,83	225,90	227,67	227,57
2/07/2016	12:20:00	60,02	4,93	4,90	4,93	225,83	227,63	227,57
2/07/2016	12:35:00	60,01	4,93	4,87	4,87	225,87	227,80	227,60
2/07/2016	12:50:00	60,01	5,07	5,00	4,97	226,23	228,37	227,93
2/07/2016	13:05:00	60,06	4,97	4,90	4,90	225,13	227,27	226,93
2/07/2016	13:20:00	59,98	4,97	4,87	4,83	225,13	227,20	226,90
2/07/2016	13:35:00	60,01	4,87	4,73	4,80	225,80	227,63	227,23
2/07/2016	13:50:00	59,96	4,83	4,73	4,70	226,70	228,67	227,93
2/07/2016	14:05:00	60,03	4,70	4,70	4,70	227,03	229,00	228,40
2/07/2016	14:20:00	60,01	4,77	4,73	4,70	226,80	229,10	228,00
2/07/2016	14:35:00	59,98	4,70	4,63	4,60	226,80	228,90	228,00
2/07/2016	14:50:00	60,04	4,70	4,63	4,60	226,73	228,93	228,00
2/07/2016	15:05:00	60,00	4,70	4,63	4,60	226,43	228,63	227,77
2/07/2016	15:20:00	60,02	4,70	4,63	4,63	226,43	228,57	227,83
2/07/2016	15:35:00	59,99	4,67	4,63	4,57	226,50	228,67	227,93
2/07/2016	15:50:00	59,97	4,60	4,57	4,57	226,77	228,57	227,83
2/07/2016	16:05:00	59,99	4,53	4,50	4,47	226,60	228,67	227,83
2/07/2016	16:20:00	60,06	4,67	4,57	4,57	227,23	228,93	228,17
2/07/2016	16:35:00	59,99	4,73	4,60	4,63	227,00	228,87	227,97
2/07/2016	16:50:00	60,00	4,80	4,70	4,60	226,97	228,73	228,17
2/07/2016	17:05:00	59,99	4,83	4,70	4,60	226,80	228,80	228,30
2/07/2016	17:20:00	60,01	5,00	4,90	4,77	226,83	228,90	228,40
2/07/2016	17:35:00	60,02	5,10	5,03	4,83	225,73	228,43	227,33
2/07/2016	17:50:00	60,03	5,20	4,97	4,97	224,23	226,57	225,50
2/07/2016	18:05:00	59,98	4,70	4,20	4,53	223,73	225,80	224,47
2/07/2016	18:20:00	59,99	4,77	4,33	4,40	224,07	226,27	225,30

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
2/07/2016	18:35:00	59,99	4,83	4,40	4,40	223,43	225,83	224,90
2/07/2016	18:50:00	60,04	4,83	4,33	4,40	223,50	226,10	225,03
2/07/2016	19:05:00	60,01	4,87	4,33	4,40	223,37	226,13	224,83
2/07/2016	19:20:00	59,99	4,90	4,37	4,47	223,50	226,27	224,67
2/07/2016	19:35:00	59,99	4,90	4,33	4,53	223,70	226,47	224,67
2/07/2016	19:50:00	59,99	4,83	4,30	4,33	223,97	226,63	225,00
2/07/2016	20:05:00	60,00	4,87	4,43	4,37	224,90	227,30	225,90
2/07/2016	20:20:00	60,02	4,93	4,47	4,40	225,20	227,80	226,27
2/07/2016	20:35:00	60,00	4,83	4,40	4,23	225,40	227,83	226,47
2/07/2016	20:50:00	60,00	4,90	4,40	4,20	226,23	228,50	227,07
2/07/2016	21:05:00	60,01	4,97	4,53	4,33	227,07	229,37	228,07
2/07/2016	21:20:00	60,03	4,90	4,43	4,23	226,73	229,03	227,80
2/07/2016	21:35:00	59,97	4,90	4,40	4,23	226,57	228,77	227,63
2/07/2016	21:50:00	60,01	4,97	4,30	4,37	227,03	229,07	228,07
2/07/2016	22:05:00	59,97	5,17	4,37	4,60	226,53	228,50	227,47
2/07/2016	22:20:00	60,01	4,90	4,10	4,37	226,57	228,00	227,33
2/07/2016	22:35:00	59,99	4,37	3,47	4,03	227,03	228,63	227,97
2/07/2016	22:50:00	60,02	4,27	3,53	4,03	227,80	229,30	228,83
2/07/2016	23:05:00	60,01	4,13	3,50	3,90	228,77	230,03	229,70
2/07/2016	23:20:00	59,99	3,97	3,40	3,90	227,40	228,80	228,37
2/07/2016	23:35:00	60,04	3,80	3,23	3,80	227,87	229,47	228,97
2/07/2016	23:50:00	59,99	3,73	3,17	3,80	228,23	229,63	229,20
3/07/2016	0:05:00	59,98	3,77	3,17	3,80	228,67	230,03	229,53
3/07/2016	0:20:00	60,03	3,70	3,10	3,67	228,50	229,90	229,53
3/07/2016	0:35:00	60,15	3,60	3,00	3,60	227,47	228,67	228,37
3/07/2016	0:50:00	60,13	3,47	2,90	3,50	226,00	227,20	226,87
3/07/2016	1:05:00	60,11	3,40	2,80	3,40	226,10	227,37	226,97
3/07/2016	1:20:00	59,97	3,37	2,80	3,37	225,70	226,93	226,63
3/07/2016	1:35:00	60,00	3,27	2,73	3,30	225,73	226,97	226,63
3/07/2016	1:50:00	60,00	3,30	2,70	3,30	225,93	227,10	226,87
3/07/2016	2:05:00	60,05	3,17	2,60	3,20	226,20	227,33	227,07
3/07/2016	2:20:00	60,02	3,20	2,60	3,20	226,23	227,40	227,23
3/07/2016	2:35:00	60,01	3,13	2,53	3,17	226,33	227,53	227,27
3/07/2016	2:50:00	60,01	3,10	2,50	3,13	226,50	227,57	227,43
3/07/2016	3:05:00	59,98	3,07	2,50	3,10	226,40	227,43	227,27
3/07/2016	3:20:00	60,01	3,07	2,53	3,13	226,50	227,47	227,33
3/07/2016	3:35:00	60,00	3,03	2,50	3,10	226,90	227,83	227,63
3/07/2016	3:50:00	60,00	3,07	2,53	3,17	226,80	227,70	227,53
3/07/2016	4:05:00	59,90	3,13	2,60	3,20	226,43	227,40	227,13
3/07/2016	4:20:00	60,00	3,17	2,57	3,20	226,67	227,67	227,37
3/07/2016	4:35:00	60,00	3,20	2,60	3,20	226,63	227,60	227,33
3/07/2016	4:50:00	60,03	3,20	2,57	3,20	226,47	227,40	227,27

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
3/07/2016	5:05:00	60,03	3,27	2,67	3,27	226,33	227,30	227,13
3/07/2016	5:20:00	59,99	3,30	2,70	3,30	226,10	227,20	226,97
3/07/2016	5:35:00	59,99	3,20	2,70	3,20	225,47	226,60	226,47
3/07/2016	5:50:00	60,01	3,30	2,73	3,23	225,43	226,50	226,30
3/07/2016	6:05:00	60,07	3,60	3,00	3,50	225,73	226,97	226,60
3/07/2016	6:20:00	60,01	3,87	3,30	3,80	225,80	227,00	226,50
3/07/2016	6:35:00	60,07	3,97	3,63	3,93	226,27	227,83	227,23
3/07/2016	6:50:00	60,15	3,60	3,47	3,60	226,40	228,43	227,77
3/07/2016	7:05:00	60,06	3,47	3,40	3,40	225,73	227,50	227,03
3/07/2016	7:20:00	60,01	4,00	4,07	3,93	225,03	226,63	226,40
3/07/2016	7:35:00	59,98	4,20	4,33	4,17	224,33	226,30	225,93
3/07/2016	7:50:00	59,95	4,23	4,33	4,20	224,43	226,53	226,07
3/07/2016	8:05:00	60,06	4,20	4,27	4,17	225,20	227,17	226,60
3/07/2016	8:20:00	60,00	4,37	4,43	4,40	225,33	227,27	226,83
3/07/2016	8:35:00	59,97	4,33	4,40	4,43	224,83	226,67	226,30
3/07/2016	8:50:00	59,97	4,33	4,30	4,33	224,60	226,40	226,23
3/07/2016	9:05:00	60,01	4,43	4,40	4,40	224,43	226,40	226,03
3/07/2016	9:20:00	60,01	4,53	4,50	4,40	224,37	226,23	226,17
3/07/2016	9:35:00	60,02	4,53	4,43	4,33	224,27	226,37	226,23
3/07/2016	9:50:00	59,99	4,47	4,40	4,37	223,83	225,80	225,47
3/07/2016	10:05:00	60,03	4,37	4,37	4,30	223,73	225,70	225,47
3/07/2016	10:20:00	59,99	4,33	4,43	4,27	223,53	225,67	225,53
3/07/2016	10:35:00	60,02	4,40	4,47	4,37	223,57	225,47	225,20
3/07/2016	10:50:00	60,04	4,27	4,23	4,23	223,83	225,60	225,30
3/07/2016	11:05:00	60,02	4,10	4,00	4,07	223,70	225,77	225,43
3/07/2016	11:20:00	60,00	4,00	3,90	4,03	223,57	225,53	225,33
3/07/2016	11:35:00	60,00	3,97	3,87	3,97	223,60	225,53	225,10
3/07/2016	11:50:00	60,03	4,00	3,87	3,97	223,77	225,63	225,27
3/07/2016	12:05:00	60,01	4,00	3,87	3,97	223,77	225,57	225,23
3/07/2016	12:20:00	59,97	3,93	3,73	3,97	223,73	225,50	225,27
3/07/2016	12:35:00	59,99	3,93	3,77	4,00	223,80	225,30	225,27
3/07/2016	12:50:00	60,00	3,90	3,80	3,90	223,60	225,23	225,27
3/07/2016	13:05:00	60,03	3,83	3,70	3,83	223,67	225,03	225,27
3/07/2016	13:20:00	60,00	3,83	3,67	3,77	223,57	225,10	225,30
3/07/2016	13:35:00	60,01	3,87	3,63	3,73	223,77	225,40	225,70
3/07/2016	13:50:00	60,00	3,83	3,63	3,73	224,13	225,87	226,13
3/07/2016	14:05:00	60,08	3,83	3,63	3,73	224,67	226,47	226,77
3/07/2016	14:20:00	60,01	4,00	3,87	3,93	225,07	226,93	226,83
3/07/2016	14:35:00	59,99	4,13	4,03	4,13	224,90	227,13	226,60
3/07/2016	14:50:00	60,01	4,10	4,00	4,10	225,17	227,33	226,80
3/07/2016	15:05:00	60,03	4,17	4,13	4,20	225,77	227,90	227,10
3/07/2016	15:20:00	59,98	4,03	4,00	4,07	225,30	227,30	226,77

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
3/07/2016	15:35:00	60,03	4,07	4,03	3,97	224,87	227,43	226,57
3/07/2016	15:50:00	60,05	4,10	4,03	4,00	225,33	227,83	227,20
3/07/2016	16:05:00	60,04	4,30	4,13	4,23	225,90	228,37	227,63
3/07/2016	16:20:00	59,94	4,27	4,17	4,17	225,90	228,17	227,37
3/07/2016	16:35:00	59,96	4,17	4,00	4,10	225,97	228,20	227,27
3/07/2016	16:50:00	60,04	4,00	3,73	3,93	225,87	227,77	227,07
3/07/2016	17:05:00	59,99	4,10	3,83	3,97	225,73	227,53	227,13
3/07/2016	17:20:00	60,02	4,03	3,80	3,83	225,23	227,60	226,77
3/07/2016	17:35:00	60,05	4,07	3,73	3,83	224,70	227,17	226,37
3/07/2016	17:50:00	60,00	4,17	3,57	3,87	223,93	226,20	225,27
3/07/2016	18:05:00	59,93	4,20	3,37	3,97	225,83	227,70	226,67
3/07/2016	18:20:00	59,92	4,30	3,27	3,80	227,07	229,47	227,70
3/07/2016	18:35:00	59,97	4,30	3,27	3,80	226,40	228,43	227,07
3/07/2016	18:50:00	59,97	4,20	3,20	3,73	226,27	228,07	226,77
3/07/2016	19:05:00	60,01	4,20	3,20	3,80	225,93	228,07	226,37
3/07/2016	19:20:00	60,01	4,20	3,33	3,77	226,00	228,03	226,63
3/07/2016	19:35:00	59,98	4,00	3,10	3,60	225,83	228,00	226,33
3/07/2016	19:50:00	60,01	4,03	3,13	3,60	225,87	228,33	226,60
3/07/2016	20:05:00	60,00	4,00	3,10	3,57	226,00	228,43	226,77
3/07/2016	20:20:00	60,01	4,00	3,10	3,60	226,40	228,77	227,00
3/07/2016	20:35:00	60,00	4,03	3,10	3,63	227,13	229,23	227,53
3/07/2016	20:50:00	59,98	4,10	3,17	3,67	227,47	229,80	228,27
3/07/2016	21:05:00	60,00	4,10	3,13	3,70	226,57	229,00	227,30
3/07/2016	21:20:00	60,01	4,10	3,13	3,77	226,83	229,30	227,67
3/07/2016	21:35:00	59,99	4,10	3,10	3,70	227,00	229,47	228,03
3/07/2016	21:50:00	59,98	4,10	3,17	3,70	226,07	228,43	227,27
3/07/2016	22:05:00	60,00	4,23	3,30	3,90	227,13	229,37	228,33
3/07/2016	22:20:00	59,97	4,43	3,50	4,00	225,87	228,40	227,43
3/07/2016	22:35:00	59,99	4,30	3,47	3,90	224,67	227,27	226,47
3/07/2016	22:50:00	59,96	4,30	3,50	3,93	225,50	227,93	227,23
3/07/2016	23:05:00	59,99	4,17	3,27	3,70	224,73	226,97	226,33
3/07/2016	23:20:00	60,03	3,93	3,13	3,63	224,93	226,93	226,57
3/07/2016	23:35:00	59,97	3,80	3,13	3,67	225,20	227,23	226,87
3/07/2016	23:50:00	60,02	3,43	2,97	3,37	225,67	227,53	227,03
4/07/2016	0:05:00	59,98	3,30	2,90	3,17	226,03	227,63	227,20
4/07/2016	0:20:00	60,03	3,23	2,87	3,10	226,47	227,93	227,70
4/07/2016	0:35:00	60,00	3,10	2,67	3,13	226,93	228,23	227,93
4/07/2016	0:50:00	60,02	3,07	2,57	3,03	227,30	228,63	228,37
4/07/2016	1:05:00	60,06	2,97	2,50	2,93	227,80	229,17	229,03
4/07/2016	1:20:00	59,99	3,03	2,60	3,03	227,80	229,00	229,10
4/07/2016	1:35:00	59,99	3,03	2,53	3,00	227,97	229,03	229,23
4/07/2016	1:50:00	59,99	3,00	2,50	2,90	228,13	229,17	229,37

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
4/07/2016	2:05:00	60,04	2,97	2,50	2,87	228,40	229,37	229,63
4/07/2016	2:20:00	60,00	3,00	2,50	2,77	228,43	229,47	229,60
4/07/2016	2:35:00	60,02	3,13	2,60	2,87	228,77	229,90	229,77
4/07/2016	2:50:00	59,97	3,13	2,57	2,87	228,63	229,83	229,63
4/07/2016	3:05:00	59,98	3,07	2,50	2,73	228,53	229,67	229,50
4/07/2016	3:20:00	60,00	3,07	2,47	2,77	228,30	229,30	229,23
4/07/2016	3:35:00	60,00	3,13	2,57	2,93	227,97	229,13	228,93
4/07/2016	3:50:00	60,01	3,13	2,57	2,97	227,77	229,27	229,00
4/07/2016	4:05:00	59,99	3,13	2,60	3,00	227,57	229,13	228,93
4/07/2016	4:20:00	60,04	3,17	2,60	3,03	227,63	229,07	228,77
4/07/2016	4:35:00	60,00	3,27	2,60	3,17	227,43	229,00	228,60
4/07/2016	4:50:00	59,97	3,30	2,53	3,17	227,10	228,67	228,37
4/07/2016	5:05:00	59,98	3,20	2,53	3,17	226,97	228,60	228,03
4/07/2016	5:20:00	60,01	3,23	2,73	3,33	227,10	228,53	228,00
4/07/2016	5:35:00	60,04	3,30	2,80	3,40	227,40	228,33	227,97
4/07/2016	5:50:00	60,02	3,37	2,87	3,37	226,83	228,07	227,47
4/07/2016	6:05:00	59,99	3,50	3,07	3,53	226,13	227,67	227,03
4/07/2016	6:20:00	59,99	3,63	3,17	3,57	225,20	227,30	226,67
4/07/2016	6:35:00	59,99	3,60	3,27	3,43	224,77	227,13	226,10
4/07/2016	6:50:00	60,01	3,57	3,27	3,43	223,87	226,17	225,27
4/07/2016	7:05:00	60,01	3,80	3,63	3,67	223,37	225,57	224,67
4/07/2016	7:20:00	60,02	4,50	4,43	4,33	224,80	226,80	225,60
4/07/2016	7:35:00	60,04	4,90	4,90	4,73	225,13	227,50	226,67
4/07/2016	7:50:00	60,00	5,00	5,07	5,00	225,03	227,20	226,83
4/07/2016	8:05:00	60,00	5,07	5,00	5,03	224,47	226,77	226,03
4/07/2016	8:20:00	59,98	4,97	4,87	4,83	223,50	225,77	225,10
4/07/2016	8:35:00	60,02	5,10	4,97	4,97	223,07	225,43	224,87
4/07/2016	8:50:00	60,02	5,33	5,17	5,20	223,23	225,50	225,00
4/07/2016	9:05:00	59,98	5,33	5,17	5,17	224,57	226,60	226,30
4/07/2016	9:20:00	59,99	5,30	5,17	5,20	224,27	226,27	225,70
4/07/2016	9:35:00	60,03	5,23	5,07	5,10	223,90	226,07	225,37
4/07/2016	9:50:00	60,02	5,23	5,13	5,10	223,67	225,87	225,23
4/07/2016	10:05:00	59,99	5,13	5,10	5,10	223,33	225,50	224,90
4/07/2016	10:20:00	60,02	5,13	5,07	4,97	223,20	225,37	224,67
4/07/2016	10:35:00	59,99	5,33	5,23	5,10	223,03	225,37	224,47
4/07/2016	10:50:00	59,99	5,13	4,97	4,97	225,03	227,37	226,43
4/07/2016	11:05:00	60,05	5,00	4,80	4,80	225,90	227,87	227,47
4/07/2016	11:20:00	59,99	4,93	4,80	4,77	225,73	227,73	227,03
4/07/2016	11:35:00	60,00	4,93	4,80	4,77	225,77	227,70	227,10
4/07/2016	11:50:00	60,00	5,00	4,80	4,80	225,43	227,23	226,70
4/07/2016	12:05:00	60,01	5,03	4,80	4,80	225,87	228,07	227,33
4/07/2016	12:20:00	60,01	5,10	4,97	4,97	226,13	228,50	227,83

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
4/07/2016	12:35:00	60,00	5,13	4,97	5,03	226,43	228,63	228,10
4/07/2016	12:50:00	60,01	5,13	5,07	5,10	225,53	227,60	227,30
4/07/2016	13:05:00	60,03	4,97	4,83	4,97	225,70	227,67	227,47
4/07/2016	13:20:00	60,03	4,90	4,70	4,93	226,53	228,73	228,17
4/07/2016	13:35:00	59,96	4,80	4,57	4,83	225,50	227,80	227,13
4/07/2016	13:50:00	60,02	4,83	4,53	4,77	224,93	227,27	226,67
4/07/2016	14:05:00	59,98	4,97	4,63	4,83	224,53	226,97	226,13
4/07/2016	14:20:00	60,03	4,87	4,57	4,80	224,07	226,33	225,47
4/07/2016	14:35:00	60,00	4,90	4,60	4,73	223,67	226,00	225,23
4/07/2016	14:50:00	60,00	5,10	4,90	4,97	223,17	225,53	224,60
4/07/2016	15:05:00	60,00	5,07	4,97	4,97	222,97	225,30	224,47
4/07/2016	15:20:00	59,98	5,20	5,00	5,00	223,17	225,40	224,70
4/07/2016	15:35:00	60,01	5,20	5,00	5,00	223,10	225,43	224,80
4/07/2016	15:50:00	59,99	5,20	5,03	5,10	223,93	226,13	225,43
4/07/2016	16:05:00	60,02	5,23	5,07	5,13	224,57	226,90	226,33
4/07/2016	16:20:00	59,98	5,43	5,27	5,27	224,47	227,00	226,17
4/07/2016	16:35:00	60,01	5,47	5,37	5,37	224,50	226,47	225,90
4/07/2016	16:50:00	60,01	5,57	5,47	5,40	224,33	226,60	225,93
4/07/2016	17:05:00	60,03	5,70	5,60	5,50	224,63	226,83	226,23
4/07/2016	17:20:00	59,99	6,03	5,87	5,73	224,30	226,50	225,97
4/07/2016	17:35:00	60,00	6,07	5,93	5,77	223,77	226,33	225,83
4/07/2016	17:50:00	59,99	6,23	5,87	6,07	223,07	225,27	224,70
4/07/2016	18:05:00	60,04	5,47	4,90	5,33	224,33	226,63	225,73
4/07/2016	18:20:00	59,97	5,37	4,77	5,10	223,93	226,77	225,57
4/07/2016	18:35:00	59,98	5,40	4,83	5,10	223,30	226,30	225,13
4/07/2016	18:50:00	59,98	5,40	4,80	5,03	223,33	226,23	224,97
4/07/2016	19:05:00	60,01	5,33	4,77	4,97	223,33	226,30	225,07
4/07/2016	19:20:00	59,97	5,17	4,77	4,93	223,67	226,43	225,17
4/07/2016	19:35:00	59,99	5,13	4,73	4,80	223,80	226,47	225,10
4/07/2016	19:50:00	60,02	4,90	4,47	4,53	224,27	227,00	225,53
4/07/2016	20:05:00	60,01	4,80	4,33	4,47	224,87	227,43	225,93
4/07/2016	20:20:00	60,03	4,70	4,33	4,37	225,53	228,17	226,73
4/07/2016	20:35:00	60,02	4,80	4,30	4,37	226,20	228,83	227,27
4/07/2016	20:50:00	60,01	4,70	4,10	4,13	225,97	228,40	226,83
4/07/2016	21:05:00	60,00	4,67	4,10	4,07	226,27	228,53	227,07
4/07/2016	21:20:00	60,00	4,67	3,83	3,90	227,00	229,13	227,87
4/07/2016	21:35:00	59,99	4,70	3,73	3,83	226,20	228,20	227,00
4/07/2016	21:50:00	60,00	4,57	3,63	3,83	225,83	227,93	226,67
4/07/2016	22:05:00	60,03	4,37	3,40	3,73	225,97	228,03	227,10
4/07/2016	22:20:00	60,00	4,23	3,37	3,73	226,90	228,93	228,20
4/07/2016	22:35:00	60,02	3,93	3,07	3,47	225,17	227,43	226,53
4/07/2016	22:50:00	60,05	3,93	3,27	3,53	224,90	227,10	226,47

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
4/07/2016	23:05:00	60,07	3,93	3,17	3,50	225,87	227,70	227,23
4/07/2016	23:20:00	60,00	3,83	3,20	3,50	226,03	227,80	227,57
4/07/2016	23:35:00	60,02	3,60	3,17	3,43	226,83	228,53	228,37
4/07/2016	23:50:00	60,02	3,60	3,10	3,33	227,17	228,87	228,90
5/07/2016	0:05:00	59,99	3,33	2,87	3,10	226,10	227,67	227,73
5/07/2016	0:20:00	59,98	3,20	2,70	3,07	226,33	227,70	227,80
5/07/2016	0:35:00	60,00	3,03	2,60	2,90	226,47	228,00	228,23
5/07/2016	0:50:00	59,99	2,97	2,47	2,77	226,47	227,93	228,17
5/07/2016	1:05:00	60,05	2,97	2,40	2,70	226,83	228,13	228,27
5/07/2016	1:20:00	60,00	3,10	2,47	2,70	226,83	228,00	228,17
5/07/2016	1:35:00	60,00	3,00	2,30	2,53	226,50	227,87	227,97
5/07/2016	1:50:00	60,02	3,00	2,43	2,57	226,83	228,10	228,33
5/07/2016	2:05:00	59,97	2,87	2,47	2,50	226,63	227,93	228,23
5/07/2016	2:20:00	60,03	2,83	2,43	2,50	226,93	228,23	228,47
5/07/2016	2:35:00	60,00	3,07	2,63	2,70	226,97	228,30	228,40
5/07/2016	2:50:00	60,00	3,03	2,60	2,70	226,97	228,30	228,57
5/07/2016	3:05:00	60,03	3,07	2,57	2,87	226,93	228,07	228,53
5/07/2016	3:20:00	59,97	3,07	2,50	2,87	226,27	227,33	227,83
5/07/2016	3:35:00	60,03	2,93	2,40	2,73	226,43	227,80	228,07
5/07/2016	3:50:00	60,00	3,00	2,43	2,80	226,50	227,80	228,13
5/07/2016	4:05:00	59,99	3,13	2,50	3,00	226,37	227,57	228,00
5/07/2016	4:20:00	60,01	3,13	2,53	3,03	226,03	227,37	227,93
5/07/2016	4:35:00	60,00	3,17	2,57	3,10	226,17	227,40	227,87
5/07/2016	4:50:00	60,00	3,20	2,63	3,20	225,97	227,23	227,47
5/07/2016	5:05:00	60,00	3,27	2,77	3,27	225,70	227,10	227,07
5/07/2016	5:20:00	59,98	3,33	2,83	3,33	225,43	226,90	226,77
5/07/2016	5:35:00	59,98	3,23	2,83	3,33	225,13	226,30	226,20
5/07/2016	5:50:00	60,01	3,37	2,90	3,47	224,77	226,00	226,00
5/07/2016	6:05:00	59,99	3,53	3,13	3,60	224,40	225,63	225,50
5/07/2016	6:20:00	60,00	3,67	3,27	3,67	224,13	225,97	225,47
5/07/2016	6:35:00	59,99	3,63	3,33	3,53	223,63	225,67	225,20
5/07/2016	6:50:00	60,03	3,63	3,47	3,57	224,90	226,90	226,37
5/07/2016	7:05:00	60,01	3,97	3,80	3,87	226,30	228,43	227,60
5/07/2016	7:20:00	59,99	4,70	4,63	4,57	226,03	228,53	227,60
5/07/2016	7:35:00	60,00	5,03	5,07	5,03	226,10	228,37	227,87
5/07/2016	7:50:00	60,02	5,27	5,33	5,23	223,83	225,80	225,17
5/07/2016	8:05:00	59,99	5,37	5,33	5,33	223,43	225,10	224,77
5/07/2016	8:20:00	60,02	5,67	5,50	5,53	224,77	226,53	225,87
5/07/2016	8:35:00	60,00	5,83	5,63	5,73	224,17	225,93	225,47
5/07/2016	8:50:00	60,00	5,93	5,63	5,83	223,67	225,57	224,97
5/07/2016	9:05:00	60,03	6,07	5,83	5,93	223,37	225,30	224,73
5/07/2016	9:20:00	60,01	5,87	5,70	5,77	224,43	226,27	226,07

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
5/07/2016	9:35:00	59,98	5,87	5,87	5,80	224,13	225,80	225,80
5/07/2016	9:50:00	60,08	5,77	5,73	5,57	223,83	225,67	225,33
5/07/2016	10:05:00	60,03	5,80	5,77	5,60	223,33	225,27	224,87
5/07/2016	10:20:00	60,01	5,77	5,73	5,57	223,07	225,07	224,80
5/07/2016	10:35:00	59,94	5,80	5,73	5,57	223,80	225,67	225,30
5/07/2016	10:50:00	60,06	5,50	5,47	5,43	225,30	226,83	226,77
5/07/2016	11:05:00	60,02	5,40	5,27	5,30	225,30	226,90	226,83
5/07/2016	11:20:00	60,00	5,40	5,17	5,20	225,20	227,10	226,73
5/07/2016	11:35:00	59,97	5,40	5,17	5,10	224,80	226,57	226,33
5/07/2016	11:50:00	60,05	5,30	5,07	5,13	225,10	227,00	226,57
5/07/2016	12:05:00	60,01	5,27	5,13	5,23	225,07	226,67	226,30
5/07/2016	12:20:00	59,97	5,37	5,20	5,37	225,37	227,10	226,57
5/07/2016	12:35:00	60,03	5,37	5,17	5,33	226,03	227,57	227,13
5/07/2016	12:50:00	60,06	5,27	5,10	5,20	226,33	228,10	227,80
5/07/2016	13:05:00	60,00	5,30	5,17	5,23	226,73	228,53	228,13
5/07/2016	13:20:00	59,96	5,30	5,07	5,10	226,27	228,20	227,80
5/07/2016	13:35:00	60,01	5,13	4,87	4,90	225,70	227,67	227,43
5/07/2016	13:50:00	60,06	5,13	4,83	4,83	225,70	228,00	227,43
5/07/2016	14:05:00	60,03	5,00	4,73	4,77	225,50	227,60	226,97
5/07/2016	14:20:00	59,94	5,00	4,70	4,77	225,00	227,00	226,27
5/07/2016	14:35:00	60,04	5,10	4,83	4,90	224,90	226,70	225,90
5/07/2016	14:50:00	60,05	5,10	5,00	5,00	224,47	226,40	225,43
5/07/2016	15:05:00	60,00	5,27	5,10	5,13	224,43	226,60	225,30
5/07/2016	15:20:00	60,02	5,30	5,13	5,23	224,17	226,63	225,53
5/07/2016	15:35:00	59,99	5,33	5,17	5,30	223,90	226,40	225,20
5/07/2016	15:50:00	60,00	5,43	5,20	5,33	223,87	226,10	225,30
5/07/2016	16:05:00	60,04	5,57	5,27	5,37	223,43	225,87	224,93
5/07/2016	16:20:00	60,01	5,67	5,37	5,47	223,60	225,70	224,63
5/07/2016	16:35:00	59,96	5,70	5,43	5,57	223,40	225,67	224,53
5/07/2016	16:50:00	60,00	5,67	5,47	5,53	225,13	227,23	226,53
5/07/2016	17:05:00	60,00	6,03	5,83	5,77	225,17	227,50	226,83
5/07/2016	17:20:00	60,01	5,97	5,73	5,67	225,10	227,93	226,90
5/07/2016	17:35:00	60,02	5,67	5,40	5,37	223,93	227,23	226,10
5/07/2016	17:50:00	60,07	5,67	5,23	5,47	223,07	226,40	224,83
5/07/2016	18:05:00	60,10	5,33	4,70	5,27	223,53	226,57	225,00
5/07/2016	18:20:00	60,08	5,40	4,70	5,20	224,60	227,63	226,03
5/07/2016	18:35:00	59,97	5,43	4,73	5,10	223,83	226,90	225,33
5/07/2016	18:50:00	60,00	5,40	4,70	5,07	223,77	226,83	225,37
5/07/2016	19:05:00	60,00	5,37	4,73	5,03	223,93	227,07	225,67
5/07/2016	19:20:00	60,09	5,27	4,63	5,00	224,30	227,33	225,97
5/07/2016	19:35:00	60,09	5,27	4,63	4,97	224,73	227,60	226,27
5/07/2016	19:50:00	60,07	5,27	4,70	5,00	225,10	228,00	226,60

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
5/07/2016	20:05:00	60,03	5,17	4,77	5,03	225,40	228,33	226,80
5/07/2016	20:20:00	60,01	5,20	4,70	4,90	225,83	228,67	227,37
5/07/2016	20:35:00	60,00	5,10	4,63	4,70	224,70	227,47	226,23
5/07/2016	20:50:00	60,01	5,03	4,43	4,47	225,47	228,23	226,73
5/07/2016	21:05:00	59,97	4,73	4,00	4,07	226,13	229,00	227,17
5/07/2016	21:20:00	60,00	4,60	3,87	4,00	224,43	227,10	225,43
5/07/2016	21:35:00	60,01	4,67	3,70	4,07	224,97	227,53	225,93
5/07/2016	21:50:00	60,01	4,60	3,63	4,13	225,80	228,03	226,37
5/07/2016	22:05:00	60,04	4,60	3,63	4,23	226,63	228,90	227,37
5/07/2016	22:20:00	59,99	4,70	3,80	4,37	226,43	228,70	227,60
5/07/2016	22:35:00	60,03	4,40	3,63	4,10	227,40	229,53	228,77
5/07/2016	22:50:00	60,03	4,17	3,50	4,00	226,67	228,83	228,27
5/07/2016	23:05:00	60,07	4,13	3,40	3,97	227,50	229,43	228,87
5/07/2016	23:20:00	60,07	3,97	3,40	3,90	226,93	228,53	227,93
5/07/2016	23:35:00	60,07	3,63	3,27	3,67	227,30	229,03	228,20
5/07/2016	23:50:00	60,11	3,37	3,13	3,40	225,90	227,60	226,97
6/07/2016	0:05:00	60,06	3,20	2,97	3,20	224,27	225,80	225,30
6/07/2016	0:20:00	60,07	3,20	2,93	3,20	224,77	226,23	225,73
6/07/2016	0:35:00	60,00	3,10	2,80	3,17	224,80	226,23	225,63
6/07/2016	0:50:00	60,03	3,03	2,67	3,07	225,10	226,47	226,20
6/07/2016	1:05:00	59,98	2,97	2,50	2,87	224,90	226,10	225,87
6/07/2016	1:20:00	59,96	2,90	2,37	2,77	224,87	226,00	226,10
6/07/2016	1:35:00	60,01	2,83	2,33	2,73	225,27	226,30	226,53
6/07/2016	1:50:00	60,05	2,80	2,20	2,57	225,43	226,50	226,73
6/07/2016	2:05:00	60,04	2,80	2,27	2,50	225,80	226,77	227,03
6/07/2016	2:20:00	60,01	2,73	2,23	2,53	225,87	226,70	227,03
6/07/2016	2:35:00	60,00	2,90	2,40	2,70	226,10	226,80	227,07
6/07/2016	2:50:00	59,97	2,87	2,37	2,63	225,97	226,70	227,00
6/07/2016	3:05:00	60,03	2,93	2,30	2,60	225,87	226,60	226,97
6/07/2016	3:20:00	60,00	2,90	2,30	2,63	225,67	226,57	226,97
6/07/2016	3:35:00	60,00	2,83	2,30	2,50	225,60	226,63	227,03
6/07/2016	3:50:00	60,01	2,77	2,30	2,57	225,43	226,57	226,87
6/07/2016	4:05:00	59,99	2,77	2,33	2,70	224,80	226,17	226,20
6/07/2016	4:20:00	60,00	3,03	2,50	2,97	224,80	226,27	226,30
6/07/2016	4:35:00	60,02	3,07	2,57	3,13	224,47	225,97	226,10
6/07/2016	4:50:00	60,01	3,13	2,63	3,17	224,43	225,87	225,97
6/07/2016	5:05:00	59,97	3,13	2,70	3,23	224,83	226,13	226,20
6/07/2016	5:20:00	60,05	3,23	2,83	3,30	226,27	227,63	227,40
6/07/2016	5:35:00	60,00	3,23	2,83	3,33	225,97	227,30	227,13
6/07/2016	5:50:00	60,02	3,30	2,90	3,37	225,70	226,83	226,73
6/07/2016	6:05:00	59,97	3,53	3,13	3,57	225,03	226,30	226,10
6/07/2016	6:20:00	59,98	3,77	3,33	3,73	224,07	225,73	225,30

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
6/07/2016	6:35:00	60,02	3,73	3,40	3,57	223,57	225,80	225,13
6/07/2016	6:50:00	60,00	3,53	3,30	3,37	223,23	225,67	224,90
6/07/2016	7:05:00	60,04	3,67	3,47	3,47	224,13	226,50	225,40
6/07/2016	7:20:00	59,97	4,60	4,60	4,60	224,17	226,33	225,27
6/07/2016	7:35:00	60,01	5,40	5,43	5,27	223,63	226,37	225,23
6/07/2016	7:50:00	60,04	5,53	5,60	5,50	223,57	226,20	225,50
6/07/2016	8:05:00	60,00	5,60	5,50	5,47	225,43	227,77	227,03
6/07/2016	8:20:00	60,01	5,97	5,90	5,83	224,83	226,90	226,50
6/07/2016	8:35:00	59,98	5,87	5,77	5,67	224,10	226,43	225,63
6/07/2016	8:50:00	59,99	5,90	5,77	5,67	223,67	226,03	225,20
6/07/2016	9:05:00	60,02	5,87	5,67	5,60	223,20	225,67	224,73
6/07/2016	9:20:00	60,06	5,77	5,53	5,53	223,17	225,40	224,50
6/07/2016	9:35:00	59,98	5,80	5,57	5,60	223,03	225,33	224,43
6/07/2016	9:50:00	59,97	5,80	5,60	5,60	224,47	226,47	225,93
6/07/2016	10:05:00	60,06	5,63	5,47	5,47	224,57	226,37	225,73
6/07/2016	10:20:00	60,08	5,53	5,40	5,37	224,17	226,13	225,67
6/07/2016	10:35:00	60,04	5,67	5,57	5,50	223,70	225,33	224,97
6/07/2016	10:50:00	60,01	5,40	5,23	5,30	223,67	225,33	224,67
6/07/2016	11:05:00	59,98	5,40	5,30	5,30	224,37	226,23	225,67
6/07/2016	11:20:00	60,02	5,37	5,23	5,23	224,30	226,27	225,77
6/07/2016	11:35:00	60,01	5,33	5,17	5,20	224,20	226,17	225,90
6/07/2016	11:50:00	59,99	5,33	5,13	5,13	223,97	226,10	226,03
6/07/2016	12:05:00	60,04	5,37	5,17	5,17	224,53	226,63	226,10
6/07/2016	12:20:00	60,00	5,53	5,30	5,27	224,57	226,90	226,23
6/07/2016	12:35:00	60,03	5,53	5,27	5,20	224,97	227,30	226,93
6/07/2016	12:50:00	59,99	5,50	5,13	5,20	224,07	226,37	226,07
6/07/2016	13:05:00	60,00	5,47	5,13	5,13	224,43	226,67	226,33
6/07/2016	13:20:00	59,98	5,43	5,10	5,13	225,50	227,33	227,00
6/07/2016	13:35:00	60,00	5,20	4,87	4,90	225,97	228,03	227,43
6/07/2016	13:50:00	59,99	5,13	4,87	4,83	226,07	228,23	227,43
6/07/2016	14:05:00	59,99	5,03	4,87	4,73	225,57	227,83	226,93
6/07/2016	14:20:00	59,99	5,00	4,73	4,70	225,33	227,27	226,67
6/07/2016	14:35:00	60,00	5,03	4,73	4,73	224,83	226,87	226,07
6/07/2016	14:50:00	60,01	5,20	4,97	4,90	224,40	226,53	225,73
6/07/2016	15:05:00	60,02	5,20	4,90	4,87	224,07	226,40	225,63
6/07/2016	15:20:00	60,00	5,40	5,07	4,97	223,70	225,93	225,17
6/07/2016	15:35:00	60,08	5,47	5,20	5,07	223,60	225,83	225,23
6/07/2016	15:50:00	60,03	5,73	5,53	5,33	223,27	225,33	225,03
6/07/2016	16:05:00	60,01	5,90	5,63	5,37	223,07	225,20	224,80
6/07/2016	16:20:00	59,98	5,83	5,67	5,43	223,07	225,13	224,73
6/07/2016	16:35:00	60,02	5,83	5,67	5,57	223,33	225,27	224,90
6/07/2016	16:50:00	59,98	5,87	5,70	5,53	223,03	225,23	224,77

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
6/07/2016	17:05:00	60,02	5,83	5,67	5,57	223,17	225,43	225,00
6/07/2016	17:20:00	59,99	5,77	5,60	5,37	222,60	224,93	224,67
6/07/2016	17:35:00	59,99	4,51	3,59	3,79	226,28	226,20	227,40
6/07/2016	17:50:00	59,98	4,71	4,21	4,72	225,42	227,69	226,41
6/07/2016	18:05:00	59,98	4,87	3,97	3,49	225,08	227,13	226,71
6/07/2016	18:20:00	59,99	4,75	3,91	3,63	224,56	226,98	227,09
6/07/2016	18:35:00	60,00	3,72	4,14	3,46	224,60	226,85	225,45
6/07/2016	18:50:00	59,98	4,95	3,43	4,10	224,69	226,73	226,37
6/07/2016	19:05:00	60,03	3,59	4,50	4,22	225,80	226,40	226,90
6/07/2016	19:20:00	60,03	4,47	4,01	4,90	225,97	226,55	226,30
6/07/2016	19:35:00	59,99	5,14	4,21	4,24	225,17	227,06	227,06
6/07/2016	19:50:00	60,01	4,11	4,54	3,34	224,88	227,26	225,88
6/07/2016	20:05:00	60,01	5,19	3,04	3,48	226,46	226,70	227,24
6/07/2016	20:20:00	60,00	3,56	3,38	4,26	225,01	226,96	227,09
6/07/2016	20:35:00	60,03	3,50	4,17	4,33	224,66	228,06	226,67
6/07/2016	20:50:00	60,04	4,92	4,57	4,86	226,51	226,55	225,44
6/07/2016	21:05:00	60,02	5,05	3,63	4,64	226,60	226,60	226,78
6/07/2016	21:20:00	59,99	4,59	4,21	4,40	226,45	226,14	226,82
6/07/2016	21:35:00	60,01	5,25	5,08	5,07	225,22	228,29	225,49
6/07/2016	21:50:00	59,99	3,82	4,25	5,10	225,93	226,45	227,77
6/07/2016	22:05:00	60,02	3,52	5,11	4,19	226,49	228,30	226,56
6/07/2016	22:20:00	60,03	3,50	3,87	4,78	224,37	228,05	225,86
6/07/2016	22:35:00	59,98	3,52	4,16	3,96	225,85	227,82	225,48
6/07/2016	22:50:00	60,01	3,90	5,09	4,18	224,86	226,92	225,64
6/07/2016	23:05:00	60,03	3,84	3,21	4,96	225,09	227,45	225,74
6/07/2016	23:20:00	59,99	4,74	3,77	4,64	225,11	227,45	226,76
6/07/2016	23:35:00	60,01	4,34	4,97	4,77	226,24	228,40	226,69
6/07/2016	23:50:00	60,02	4,10	4,16	4,57	226,18	226,40	227,63
7/07/2016	0:05:00	60,04	4,04	5,08	4,16	226,39	227,54	225,67
7/07/2016	0:20:00	60,01	3,94	4,55	3,92	226,61	226,13	227,31
7/07/2016	0:35:00	60,02	4,62	3,07	3,54	225,03	228,06	227,05
7/07/2016	0:50:00	60,02	3,51	4,89	4,48	225,47	226,39	227,15
7/07/2016	1:05:00	59,99	4,16	4,91	3,62	225,31	227,24	226,49
7/07/2016	1:20:00	60,01	3,95	4,07	4,23	224,40	227,43	225,94
7/07/2016	1:35:00	59,99	3,75	3,75	4,14	226,23	227,93	227,16
7/07/2016	1:50:00	59,99	3,61	4,89	4,55	224,93	226,11	227,58
7/07/2016	2:05:00	59,99	3,74	4,57	4,26	225,08	227,35	226,94
7/07/2016	2:20:00	60,02	4,21	5,03	4,11	226,60	227,08	226,25
7/07/2016	2:35:00	60,01	3,62	4,63	3,73	226,29	226,35	226,03
7/07/2016	2:50:00	60,00	5,03	3,49	5,02	224,35	228,34	225,93
7/07/2016	3:05:00	60,04	4,21	3,88	4,75	224,06	226,24	225,92
7/07/2016	3:20:00	60,01	3,73	4,74	3,83	226,34	226,99	226,74

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
7/07/2016	3:35:00	60,03	5,05	3,96	4,89	226,10	226,09	226,83
7/07/2016	3:50:00	59,99	3,86	3,67	3,53	224,41	227,67	227,66
7/07/2016	4:05:00	60,00	3,55	4,29	5,08	226,21	226,35	227,18
7/07/2016	4:20:00	59,99	4,70	3,60	4,22	225,62	227,02	226,85
7/07/2016	4:35:00	60,00	3,55	3,09	4,16	224,35	227,27	226,21
7/07/2016	4:50:00	59,99	5,32	4,71	4,40	225,30	226,47	227,77
7/07/2016	5:05:00	60,01	3,85	3,75	3,93	225,18	227,57	225,54
7/07/2016	5:20:00	60,01	4,76	4,67	4,45	224,40	226,44	227,20
7/07/2016	5:35:00	60,02	3,93	3,27	4,32	224,42	227,54	225,74
7/07/2016	5:50:00	60,00	4,68	4,95	4,15	225,99	227,03	225,52
7/07/2016	6:05:00	60,01	4,62	3,42	4,06	226,52	228,25	226,00
7/07/2016	6:20:00	59,98	4,99	3,37	3,58	224,13	228,19	225,53
7/07/2016	6:35:00	60,00	4,49	4,23	4,44	225,99	227,04	226,70
7/07/2016	6:50:00	59,98	4,44	3,23	4,46	225,04	226,17	226,34
7/07/2016	7:05:00	59,99	4,26	3,73	4,11	226,04	227,12	226,69
7/07/2016	7:20:00	60,04	4,74	3,59	4,06	225,21	227,71	226,04
7/07/2016	7:35:00	60,02	3,71	5,03	3,81	224,83	227,67	227,33
7/07/2016	7:50:00	60,02	4,21	3,39	3,69	225,27	226,50	227,07
7/07/2016	8:05:00	60,01	4,39	3,44	4,43	226,49	227,47	227,30
7/07/2016	8:20:00	60,00	4,95	4,14	4,40	223,97	226,97	226,54
7/07/2016	8:35:00	59,99	4,53	4,77	3,81	226,26	227,08	225,77
7/07/2016	8:50:00	59,98	3,56	4,77	3,38	225,49	226,36	226,35
7/07/2016	9:05:00	60,03	4,72	4,25	4,56	225,39	227,06	225,47
7/07/2016	9:20:00	60,00	3,90	4,69	3,36	224,88	228,40	227,59
7/07/2016	9:35:00	60,01	3,66	3,83	3,67	224,26	227,89	225,52
7/07/2016	9:50:00	60,00	3,90	4,10	3,45	225,23	227,01	227,08
7/07/2016	10:05:00	60,01	4,92	4,95	4,03	225,85	227,04	226,08
7/07/2016	10:20:00	59,98	4,86	3,95	4,49	225,00	226,48	226,50
7/07/2016	10:35:00	59,98	3,79	4,08	4,13	225,61	227,75	227,81
7/07/2016	10:50:00	59,99	4,45	4,67	3,42	224,10	227,41	225,63
7/07/2016	11:05:00	60,00	3,56	4,48	3,91	225,32	226,71	226,07
7/07/2016	11:20:00	60,00	3,99	3,72	3,71	225,09	227,67	227,22
7/07/2016	11:35:00	59,98	4,28	4,71	3,53	224,26	226,48	227,56
7/07/2016	11:50:00	60,02	3,55	4,26	4,71	225,22	226,56	225,97
7/07/2016	12:05:00	60,03	4,57	4,01	3,83	226,50	227,71	225,57
7/07/2016	12:20:00	59,99	4,32	4,87	3,58	226,01	226,83	227,69
7/07/2016	12:35:00	60,03	3,66	3,86	3,36	225,40	228,22	226,33
7/07/2016	12:50:00	60,00	4,88	4,83	4,86	223,99	227,29	226,46
7/07/2016	13:05:00	59,98	4,84	3,79	3,87	224,61	226,83	226,88
7/07/2016	13:20:00	60,03	3,84	4,10	4,17	225,28	227,79	227,49
7/07/2016	13:35:00	60,00	4,49	3,14	4,88	225,00	227,26	226,91
7/07/2016	13:50:00	59,99	4,36	3,40	3,54	225,87	226,58	226,49

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
7/07/2016	14:05:00	60,03	4,50	3,68	3,43	225,65	227,36	226,50
7/07/2016	14:20:00	59,99	4,19	3,93	3,69	224,74	228,38	225,90
7/07/2016	14:35:00	60,03	4,56	5,04	4,33	225,32	226,14	226,90
7/07/2016	14:50:00	60,03	3,67	3,06	4,05	226,27	228,32	226,22
7/07/2016	15:05:00	59,99	5,17	4,71	3,95	225,14	227,22	226,72
7/07/2016	15:20:00	60,03	3,63	3,54	3,89	224,79	227,83	225,63
7/07/2016	15:35:00	59,98	3,76	4,16	5,04	226,48	226,48	227,00
7/07/2016	15:50:00	60,00	4,60	4,81	3,54	224,45	226,07	226,58
7/07/2016	16:05:00	60,02	4,90	3,78	4,39	226,50	227,54	226,82
7/07/2016	16:20:00	60,03	3,58	3,68	4,97	225,49	227,64	226,58
7/07/2016	16:35:00	59,98	4,88	4,66	3,38	226,32	228,28	225,92
7/07/2016	16:50:00	59,98	4,29	3,29	4,07	224,14	227,99	226,39
7/07/2016	17:05:00	60,01	3,52	3,95	4,14	225,64	228,09	225,88
7/07/2016	17:20:00	59,99	4,58	4,89	3,40	224,54	226,25	226,85
7/07/2016	17:35:00	60,03	3,54	3,86	4,49	225,81	226,50	227,67
7/07/2016	17:50:00	60,00	3,80	3,03	4,43	225,19	228,28	226,02
7/07/2016	18:05:00	60,03	4,34	3,37	4,62	226,34	227,37	225,99
7/07/2016	18:20:00	60,03	3,88	4,04	4,64	226,20	227,36	226,32
7/07/2016	18:35:00	60,03	4,43	4,11	3,81	226,04	228,28	225,81
7/07/2016	18:50:00	60,03	4,36	3,71	4,84	225,70	226,40	226,98
7/07/2016	19:05:00	59,99	4,73	3,83	3,63	224,42	227,54	225,77
7/07/2016	19:20:00	60,03	5,23	3,17	3,48	226,18	226,78	226,23
7/07/2016	19:35:00	60,00	3,64	3,73	4,03	225,22	227,66	225,92
7/07/2016	19:50:00	60,00	4,89	4,91	3,61	224,92	227,25	227,26
7/07/2016	20:05:00	59,99	3,89	4,24	3,95	225,16	227,04	226,75
7/07/2016	20:20:00	60,00	4,87	5,05	4,32	224,72	226,38	227,20
7/07/2016	20:35:00	60,01	3,58	3,12	4,11	226,25	227,58	226,54
7/07/2016	20:50:00	60,00	4,37	4,83	3,56	226,07	226,25	225,46
7/07/2016	21:05:00	59,98	5,04	3,51	4,29	225,83	226,62	226,40
7/07/2016	21:20:00	60,03	4,01	3,19	4,96	224,11	227,33	227,49
7/07/2016	21:35:00	60,03	3,90	4,74	3,42	224,70	227,70	225,97
7/07/2016	21:50:00	60,00	4,38	4,64	5,12	225,03	227,46	227,49
7/07/2016	22:05:00	59,98	3,59	3,82	4,72	224,70	228,23	226,49
7/07/2016	22:20:00	60,04	4,49	4,67	4,73	225,13	226,67	227,27
7/07/2016	22:35:00	59,98	3,92	5,11	3,43	224,90	228,20	225,90
7/07/2016	22:50:00	60,02	4,45	3,18	3,38	224,92	227,46	227,12
7/07/2016	23:05:00	59,99	4,14	3,94	4,59	224,01	227,15	226,69
7/07/2016	23:20:00	60,00	4,87	3,43	4,32	226,55	226,29	225,61
7/07/2016	23:35:00	60,03	4,65	4,77	4,97	225,97	228,09	226,69
7/07/2016	23:50:00	60,04	3,95	4,15	4,99	225,27	226,76	225,54
7/07/2016	0:05:00	60,01	3,94	3,19	3,69	224,94	228,22	227,18
7/07/2016	0:20:00	59,98	3,72	4,09	4,26	224,83	226,69	225,96

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
7/07/2016	0:35:00	60,01	3,53	4,63	4,25	224,01	226,50	225,75
7/07/2016	0:50:00	60,02	3,55	3,93	3,63	226,12	228,18	227,60
7/07/2016	1:05:00	60,00	4,36	3,16	5,10	225,53	227,07	226,91
7/07/2016	1:20:00	59,99	4,12	4,86	4,78	226,47	227,55	227,43
7/07/2016	1:35:00	60,03	4,57	4,35	4,55	225,97	226,88	227,05
7/07/2016	1:50:00	60,04	5,06	3,38	3,83	224,59	227,56	226,90
7/07/2016	2:05:00	60,03	3,89	3,95	4,49	224,90	228,34	225,58
7/07/2016	2:20:00	60,01	5,23	4,75	5,11	226,17	227,48	225,58
7/07/2016	2:35:00	60,01	4,39	3,16	5,11	224,81	227,54	227,76
7/07/2016	2:50:00	59,98	3,84	3,25	4,63	224,03	227,13	227,56
7/07/2016	3:05:00	60,00	3,97	4,50	4,45	224,49	227,07	227,52
7/07/2016	3:20:00	59,98	4,76	4,37	4,98	225,73	227,08	225,50
7/07/2016	3:35:00	60,02	4,76	3,71	4,43	224,39	226,76	225,48
7/07/2016	3:50:00	60,02	4,71	4,15	5,04	226,27	226,99	225,63
7/07/2016	4:05:00	60,02	4,93	5,12	4,66	225,64	228,24	226,85
7/07/2016	4:20:00	60,00	4,83	4,84	4,10	226,39	226,14	227,61
7/07/2016	4:35:00	60,01	5,22	3,45	4,28	225,49	226,43	226,18
7/07/2016	4:50:00	60,01	3,50	4,00	3,59	224,99	227,89	226,38
7/07/2016	5:05:00	60,01	4,13	3,57	3,88	225,47	226,22	226,23
7/07/2016	5:20:00	60,04	5,20	4,38	4,95	224,52	226,87	226,45
7/07/2016	5:35:00	60,00	4,59	5,03	3,37	225,93	227,99	227,50
7/07/2016	5:50:00	60,01	4,54	3,86	5,05	224,37	227,84	227,66
7/07/2016	6:05:00	60,01	3,76	4,44	5,10	226,45	226,76	225,90
7/07/2016	6:20:00	60,01	4,96	4,77	4,37	224,32	226,42	225,70
7/07/2016	6:35:00	59,99	4,94	3,35	4,33	224,81	227,32	227,00
7/07/2016	6:50:00	59,99	4,39	4,86	4,09	226,11	226,38	226,36
7/07/2016	7:05:00	60,02	4,42	4,22	4,00	225,88	227,65	227,77
7/07/2016	7:20:00	60,04	5,11	4,42	4,57	226,49	226,19	226,16
7/07/2016	7:35:00	60,00	5,29	3,73	4,26	225,85	228,05	226,97
7/07/2016	7:50:00	60,03	4,05	4,52	3,70	225,72	227,19	226,56
7/07/2016	8:05:00	60,03	5,25	3,07	3,91	225,06	227,77	226,99
7/07/2016	8:20:00	60,01	4,46	4,58	3,36	224,31	226,98	227,19
7/07/2016	8:35:00	60,00	3,63	4,91	3,57	225,27	228,11	227,29
7/07/2016	8:50:00	59,99	4,58	3,26	4,00	224,33	228,12	226,54
7/07/2016	9:05:00	60,01	4,88	4,01	4,42	224,34	228,27	226,96
7/07/2016	9:20:00	60,03	3,73	3,04	4,52	226,45	227,52	226,63
7/07/2016	9:35:00	60,02	3,67	4,05	3,97	226,22	226,34	226,00
7/07/2016	9:50:00	60,00	4,68	3,28	3,56	225,93	227,68	225,58
7/07/2016	10:05:00	60,01	3,66	4,49	4,40	226,40	227,17	226,09
7/07/2016	10:20:00	60,03	3,62	3,46	4,58	224,15	228,07	225,80
7/07/2016	10:35:00	60,01	4,78	3,48	4,32	224,31	226,35	225,93
7/07/2016	10:50:00	60,03	4,73	4,81	4,56	226,60	226,54	227,01

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
7/07/2016	11:05:00	60,04	4,69	4,08	3,37	224,30	226,65	225,92
7/07/2016	11:20:00	59,98	4,26	3,87	4,07	225,23	226,58	225,63
7/07/2016	11:35:00	60,01	4,12	4,48	4,74	225,89	227,82	227,22
7/07/2016	11:50:00	60,01	4,73	4,43	4,51	225,11	227,52	225,80
7/07/2016	12:05:00	60,03	4,78	3,25	3,91	225,75	227,77	225,65
7/07/2016	12:20:00	60,03	4,68	3,64	3,51	226,43	228,10	226,04
7/07/2016	12:35:00	59,99	4,52	4,07	3,72	224,61	227,49	226,59
7/07/2016	12:50:00	60,02	3,51	4,19	4,21	225,60	226,99	227,61
7/07/2016	13:05:00	59,99	4,23	4,72	4,13	225,92	228,06	227,63
7/07/2016	13:20:00	60,03	4,64	3,90	4,19	225,73	227,16	225,49
7/07/2016	13:35:00	59,99	4,44	4,23	4,77	226,19	226,29	227,08
7/07/2016	13:50:00	60,02	4,09	3,93	3,97	224,19	227,80	225,65
7/07/2016	14:05:00	60,00	4,77	3,50	4,62	226,10	226,68	226,40
7/07/2016	14:20:00	59,99	5,08	3,03	3,48	224,31	226,42	227,11
7/07/2016	14:35:00	59,98	5,16	3,22	3,77	224,78	227,33	227,04
7/07/2016	14:50:00	60,00	3,84	3,56	3,55	224,72	227,94	226,92
7/07/2016	15:05:00	60,01	3,64	3,73	3,92	225,75	226,64	227,63
7/07/2016	15:20:00	59,99	3,87	4,62	3,71	226,54	227,32	226,05
7/07/2016	15:35:00	60,01	4,87	4,65	3,35	224,10	227,36	226,77
7/07/2016	15:50:00	60,00	3,65	4,62	3,62	224,66	227,94	225,77
7/07/2016	16:05:00	60,00	4,16	4,99	4,16	225,38	226,89	225,87
7/07/2016	16:20:00	60,00	3,93	3,29	4,10	226,53	226,20	227,01
7/07/2016	16:35:00	59,99	3,65	4,90	5,06	224,30	227,03	226,84
7/07/2016	16:50:00	60,00	4,14	4,16	3,87	224,62	226,30	225,78
7/07/2016	17:05:00	60,00	5,01	4,01	3,61	224,84	227,28	226,83
7/07/2016	17:20:00	60,03	4,69	3,90	4,63	226,26	228,08	227,29
7/07/2016	17:35:00	60,02	5,20	4,82	3,56	225,53	226,21	226,71
7/07/2016	17:50:00	60,04	3,61	4,05	5,04	224,76	226,12	226,97
7/07/2016	18:05:00	60,04	5,27	3,81	4,90	224,92	226,90	227,25
7/07/2016	18:20:00	60,02	4,89	4,08	3,97	224,70	227,72	226,36
7/07/2016	18:35:00	60,00	3,98	4,38	3,82	226,37	226,57	225,58
7/07/2016	18:50:00	59,98	3,79	4,49	4,84	225,07	228,15	226,66
7/07/2016	19:05:00	60,01	4,98	3,34	4,60	224,21	226,41	226,35
7/07/2016	19:20:00	60,00	5,20	4,05	4,49	226,07	227,70	226,51
7/07/2016	19:35:00	60,00	4,01	4,68	4,22	225,15	227,66	226,53
7/07/2016	19:50:00	60,04	4,77	3,70	5,12	224,07	227,39	226,19
7/07/2016	20:05:00	60,01	4,20	4,63	3,73	224,25	226,73	226,84
7/07/2016	20:20:00	59,99	5,13	3,34	4,39	225,54	226,83	225,74
7/07/2016	20:35:00	60,01	4,85	3,01	4,68	226,38	227,60	227,70
7/07/2016	20:50:00	59,99	4,84	3,42	4,96	224,24	227,41	226,40
7/07/2016	21:05:00	59,99	4,11	4,10	4,31	224,05	227,36	226,96
7/07/2016	21:20:00	60,03	4,93	4,76	3,87	225,21	227,74	225,54

FECHA	HORA	Freq	THD_U1	THD_U2	THD_U3	U1	U2	U3
7/07/2016	21:35:00	60,02	5,28	3,23	4,98	224,64	226,27	227,44
7/07/2016	21:50:00	60,02	3,88	3,81	3,53	225,95	227,13	227,77
7/07/2016	22:05:00	59,98	3,55	4,41	3,74	226,06	227,95	226,16
7/07/2016	22:20:00	59,99	5,27	4,96	4,83	224,42	227,98	227,21
7/07/2016	22:35:00	60,00	5,29	4,33	3,98	224,95	226,14	226,03
7/07/2016	22:50:00	60,03	5,24	4,43	4,21	224,40	227,09	226,07
7/07/2016	23:05:00	60,02	4,46	4,31	4,79	223,98	227,64	225,74
7/07/2016	23:20:00	59,98	4,37	4,29	3,94	224,12	228,13	226,30
7/07/2016	23:35:00	60,01	5,02	4,04	3,41	225,49	227,18	225,92
7/07/2016	23:50:00	60,04	4,91	3,63	4,02	226,46	227,87	227,48

Tabla 28: Datos calculados de las variables

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
1,44	2,36	2,17	0,02
1,55	2,35	2,09	0,01
1,7	2,55	2,3	0,06
1,65	2,52	2,29	-0,01
1,89	2,73	2,44	0,02
2,12	2,89	2,68	-0,01
2,47	3,24	3,09	0,04
2,71	3,55	3,33	0,02
2,85	3,59	3,42	-0,03
3,06	3,71	3,61	0,03
2,83	3,48	3,41	-0,04
2,53	3,12	3,05	0
2,35	3,02	3,05	0,01
2,29	3,14	3,09	0,06
2,23	3,17	2,97	0
2,38	3,26	3,11	0,03
2,26	3,17	2,86	-0,01
2,27	3,2	3,05	0,06
2,24	3,02	2,95	0,03
2,2	2,94	2,86	-0,04
2,14	2,98	2,88	-0,03
2,15	3,02	2,86	0,02
2,15	2,95	2,83	0,04
1,94	2,89	2,65	-0,11
1,71	2,71	2,53	-0,1
1,12	2,32	2,06	-0,05
1	2,33	1,7	0
1,08	2,44	1,85	-0,02

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
1,18	2,55	2,14	0,03
2,06	3,52	3,03	0,01
2,14	3,61	3,03	-0,01
2,32	3,59	3,06	0,02
2,39	3,74	3,21	0,04
2,29	3,65	3,15	-0,01
2,02	3,44	2,89	0,02
2,11	3,5	2,88	0,02
2,02	3,3	2,74	-0,02
2,05	3,38	2,7	0,01
2,71	4,03	3,32	-0,04
2,71	3,97	3,3	0,01
3,03	4,23	3,52	-0,07
2,68	3,89	3,2	-0,09
2,79	3,97	3,39	-0,06
2,82	4	3,5	-0,12
2,76	3,88	3,5	-0,06
2,97	3,91	3,58	-0,01
2,98	3,91	3,64	0,13
1,95	2,95	2,59	0,02
2,08	3,03	2,59	-0,01
2	3,05	2,65	-0,01
2,11	3,12	2,76	-0,02
2,38	3,18	2,97	0,03
2,42	3,3	3,05	0,02
2,64	3,53	3,21	0,01
2,73	3,55	3,3	-0,01
2,92	3,73	3,5	0,06
2,97	3,74	3,55	-0,01
3,12	3,88	3,67	0,04
3,15	3,91	3,68	0,04
3,09	3,83	3,59	-0,03
3,18	3,77	3,59	-0,03
3,03	3,44	3,29	-0,06
3,11	3,55	3,45	0,04
3,09	3,65	3,56	-0,01
3,15	3,74	3,61	0,1
3,09	3,71	3,52	-0,04
2,95	3,61	3,32	-0,11
2,83	3,55	3,26	-0,16
2,8	3,62	3,39	0,02
2,98	3,82	3,59	0,08

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,86	3,58	3,33	-0,04
2,76	3,38	3,02	-0,1
2,64	3,29	2,91	0,03
2,47	3,14	2,73	0,01
2,56	3,2	2,86	0,07
2,47	3,17	2,85	0,01
2,53	3,24	3,08	0,1
2,35	3,08	2,89	-0,04
2,2	3,05	2,7	0,01
1,89	2,89	2,33	-0,01
2,02	3	2,59	-0,09
2,18	3,2	2,79	-0,01
2,05	3,02	2,65	0,04
1,64	2,73	2,26	-0,05
1,42	2,48	2,03	-0,06
1,33	2,39	2,05	0,13
1,76	2,74	2,36	0,14
1,7	2,77	2,36	0,02
1,44	2,56	2,26	0,02
1,18	2,3	1,91	-0,02
1,7	2,73	2,5	0,02
2,06	3,05	2,77	-0,04
2,15	3,21	2,98	0,04
2	3,03	2,73	-0,01
2,65	3,59	3,36	-0,02
2,61	3,44	3,26	0,02
2,59	3,35	3,11	0,01
2,71	3,35	3,27	0,06
2,68	3,48	3,44	0
2,65	3,47	3,44	0,03
2,67	3,55	3,45	0,01
2,83	3,8	3,61	0,02
2,33	3,3	3,15	0,09
2,33	3,27	3,14	-0,03
2,64	3,47	3,29	0,01
3,05	3,94	3,61	-0,06
3,2	4,09	3,82	0,06
3,09	4,14	3,64	0,02
3,09	4,05	3,64	-0,03
3,06	4,06	3,64	0,06
2,92	3,92	3,53	0,01
2,92	3,89	3,56	0,04

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,95	3,94	3,61	-0,02
3,08	3,89	3,56	-0,05
3	3,94	3,56	-0,02
3,29	4,06	3,71	0,11
3,18	4,03	3,62	-0,02
3,17	3,97	3,71	0,01
3,09	4	3,77	-0,01
3,11	4,05	3,82	0,02
2,61	3,83	3,33	0,03
1,92	2,98	2,5	0,05
1,7	2,64	2,03	-0,04
1,85	2,85	2,41	-0,02
1,56	2,65	2,23	-0,02
1,59	2,77	2,29	0,07
1,53	2,79	2,2	0,02
1,59	2,85	2,12	-0,02
1,68	2,94	2,12	-0,01
1,8	3,02	2,27	-0,02
2,23	3,32	2,68	0,01
2,36	3,55	2,85	0,03
2,45	3,56	2,94	0,01
2,83	3,86	3,21	0
3,21	4,26	3,67	0,01
3,06	4,11	3,55	0,05
2,98	3,98	3,47	-0,06
3,2	4,12	3,67	0,01
2,97	3,86	3,39	-0,04
2,98	3,64	3,33	0,02
3,2	3,92	3,62	-0,02
3,55	4,23	4,02	0,03
3,98	4,56	4,41	0,02
3,36	4	3,8	-0,02
3,58	4,3	4,08	0,07
3,74	4,38	4,18	-0,02
3,94	4,56	4,33	-0,03
3,86	4,5	4,33	0,04
3,39	3,94	3,8	0,24
2,73	3,27	3,12	0,22
2,77	3,35	3,17	0,19
2,59	3,15	3,02	-0,04
2,61	3,17	3,02	0
2,7	3,23	3,12	0,01

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,82	3,33	3,21	0,08
2,83	3,36	3,29	0,04
2,88	3,42	3,3	0,02
2,95	3,44	3,38	0,01
2,91	3,38	3,3	-0,03
2,95	3,39	3,33	0,02
3,14	3,56	3,47	-0,01
3,09	3,5	3,42	0,01
2,92	3,36	3,24	-0,17
3,03	3,48	3,35	0
3,02	3,45	3,33	0
2,94	3,36	3,3	0,05
2,88	3,32	3,24	0,05
2,77	3,27	3,17	-0,02
2,48	3	2,94	-0,02
2,47	2,95	2,86	0,02
2,61	3,17	3	0,11
2,64	3,18	2,95	0,02
2,85	3,56	3,29	0,12
2,91	3,83	3,53	0,26
2,61	3,41	3,2	0,09
2,29	3,02	2,91	0,01
1,97	2,86	2,7	-0,04
2,02	2,97	2,76	-0,08
2,36	3,26	3	0,09
2,42	3,3	3,11	0
2,2	3,03	2,86	-0,05
2,09	2,91	2,83	-0,04
2,02	2,91	2,74	0,02
1,98	2,83	2,8	0,01
1,94	2,89	2,83	0,03
1,74	2,64	2,48	-0,02
1,7	2,59	2,48	0,04
1,61	2,58	2,52	-0,02
1,62	2,48	2,36	0,03
1,74	2,55	2,41	0,07
1,68	2,62	2,47	0,03
1,62	2,52	2,42	0
1,64	2,52	2,32	0
1,71	2,56	2,39	0,04
1,71	2,53	2,38	0,02
1,7	2,5	2,39	-0,04

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
1,73	2,41	2,39	-0,02
1,64	2,38	2,39	0,01
1,67	2,29	2,39	0,04
1,62	2,32	2,41	0
1,71	2,45	2,59	0,02
1,88	2,67	2,79	-0,01
2,12	2,94	3,08	0,13
2,3	3,15	3,11	0,01
2,23	3,24	3	-0,02
2,35	3,33	3,09	0,02
2,62	3,59	3,23	0,04
2,41	3,32	3,08	-0,03
2,21	3,38	2,98	0,04
2,42	3,56	3,27	0,09
2,68	3,8	3,47	0,07
2,68	3,71	3,35	-0,1
2,71	3,73	3,3	-0,07
2,67	3,53	3,21	0,07
2,61	3,42	3,24	-0,02
2,38	3,45	3,08	0,03
2,14	3,26	2,89	0,09
1,79	2,82	2,39	0
2,65	3,5	3,03	-0,11
3,21	4,3	3,5	-0,13
2,91	3,83	3,21	-0,04
2,85	3,67	3,08	-0,04
2,7	3,67	2,89	0,02
2,73	3,65	3,02	0,02
2,65	3,64	2,88	-0,03
2,67	3,79	3	0,02
2,73	3,83	3,08	0,01
2,91	3,98	3,18	0,02
3,24	4,2	3,42	0
3,39	4,45	3,76	-0,04
2,98	4,09	3,32	0,01
3,11	4,23	3,48	0,01
3,18	4,3	3,65	-0,02
2,76	3,83	3,3	-0,04
3,24	4,26	3,79	0
2,67	3,82	3,38	-0,04
2,12	3,3	2,94	-0,01
2,5	3,61	3,29	-0,06

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,15	3,17	2,88	-0,02
2,24	3,15	2,98	0,04
2,36	3,29	3,12	-0,05
2,58	3,42	3,2	0,03
2,74	3,47	3,27	-0,04
2,94	3,61	3,5	0,04
3,15	3,74	3,61	0,01
3,32	3,92	3,8	0,03
3,55	4,17	4,11	0,09
3,55	4,09	4,14	-0,02
3,62	4,11	4,2	-0,01
3,7	4,17	4,26	-0,01
3,82	4,26	4,38	0,06
3,83	4,3	4,36	0,01
3,98	4,5	4,44	0,03
3,92	4,47	4,38	-0,05
3,88	4,39	4,32	-0,03
3,77	4,23	4,2	0,01
3,62	4,15	4,06	0,01
3,53	4,21	4,09	0,02
3,44	4,15	4,06	-0,02
3,47	4,12	3,98	0,06
3,38	4,09	3,91	0,01
3,23	3,94	3,8	-0,04
3,17	3,91	3,65	-0,03
3,23	3,88	3,64	0,02
3,36	3,79	3,62	0,07
3,11	3,67	3,39	0,03
2,79	3,48	3,2	-0,02
2,36	3,32	3,03	-0,02
2,17	3,24	2,77	-0,02
1,76	2,8	2,39	0,02
1,53	2,53	2,12	0,02
2,18	3,09	2,55	0,03
2,33	3,41	3,03	0,07
2,29	3,27	3,11	-0,01
2,03	3,08	2,74	0
1,59	2,62	2,32	-0,03
1,39	2,47	2,21	0,03
1,47	2,5	2,27	0,03
2,08	3	2,86	-0,03
1,94	2,85	2,59	-0,01

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
1,77	2,76	2,44	0,06
1,67	2,67	2,38	0,03
1,52	2,5	2,23	-0,02
1,45	2,44	2,12	0,04
1,38	2,44	2,03	-0,02
2,29	3,35	2,92	-0,02
2,68	3,58	3,39	0,08
2,61	3,52	3,2	-0,01
2,62	3,5	3,23	0
2,47	3,29	3,05	-0,01
2,67	3,67	3,33	0,02
2,79	3,86	3,56	0,01
2,92	3,92	3,68	0
2,52	3,45	3,32	0,02
2,59	3,48	3,39	0,05
2,97	3,97	3,71	0,06
2,5	3,55	3,24	-0,07
2,24	3,3	3,03	0,04
2,06	3,17	2,79	-0,03
1,85	2,88	2,48	0,04
1,67	2,73	2,38	0
1,44	2,52	2,09	0,01
1,35	2,41	2,03	0
1,44	2,45	2,14	-0,03
1,41	2,47	2,18	0,02
1,79	2,79	2,47	-0,02
2,08	3,14	2,88	0,03
2,03	3,18	2,8	-0,03
2,05	2,94	2,68	0,02
1,97	3	2,7	0,02
2,11	3,11	2,83	0,05
1,95	2,95	2,71	-0,02
1,71	2,88	2,65	0
1,39	2,39	2,14	-0,01
1,97	3,02	2,61	0,06
1,79	3,08	2,53	-0,06
1,5	2,86	2,33	-0,04
1,52	2,83	2,26	-0,03
1,52	2,86	2,3	0,01
1,67	2,92	2,35	-0,04
1,73	2,94	2,32	-0,02
1,94	3,18	2,52	0,03

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,21	3,38	2,7	0,02
2,52	3,71	3,06	0,05
2,82	4,02	3,3	0,04
2,71	3,82	3,11	0,01
2,85	3,88	3,21	0,01
3,18	4,15	3,58	0,01
2,82	3,73	3,18	-0,02
2,65	3,61	3,03	-0,01
2,71	3,65	3,23	0,06
3,14	4,06	3,73	0
2,35	3,38	2,97	0,03
2,23	3,23	2,94	0,08
2,67	3,5	3,29	0,12
2,74	3,55	3,44	0
3,11	3,88	3,8	0,04
3,26	4,03	4,05	0,03
2,77	3,48	3,52	-0,02
2,88	3,5	3,55	-0,03
2,94	3,64	3,74	-0,01
2,94	3,61	3,71	-0,02
3,11	3,7	3,76	0,09
3,11	3,64	3,71	-0,01
2,95	3,58	3,62	0
3,11	3,68	3,79	0,03
3,02	3,61	3,74	-0,04
3,15	3,74	3,85	0,05
3,17	3,77	3,82	-0,01
3,17	3,77	3,89	0,01
3,15	3,67	3,88	0,06
2,85	3,33	3,56	-0,04
2,92	3,55	3,67	0,06
2,95	3,55	3,7	-0,01
2,89	3,44	3,64	-0,02
2,74	3,35	3,61	0,02
2,8	3,36	3,58	-0,01
2,71	3,29	3,39	-0,01
2,59	3,23	3,21	0
2,47	3,14	3,08	-0,03
2,33	2,86	2,82	-0,03
2,17	2,73	2,73	0,02
2	2,56	2,5	-0,02
1,88	2,71	2,48	-0,01

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
1,65	2,58	2,36	-0,02
2,23	3,14	2,89	0,05
2,86	3,83	3,45	0,02
2,74	3,88	3,45	-0,01
2,77	3,8	3,58	0
1,74	2,64	2,35	0,04
1,56	2,32	2,17	-0,01
2,17	2,97	2,67	0,03
1,89	2,7	2,48	-0,01
1,67	2,53	2,26	0
1,53	2,41	2,15	0,05
2,02	2,85	2,76	0,01
1,88	2,64	2,64	-0,04
1,74	2,58	2,42	0,13
1,52	2,39	2,21	0,06
1,39	2,3	2,18	0,01
1,73	2,58	2,41	-0,1
2,41	3,11	3,08	0,09
2,41	3,14	3,11	0,03
2,36	3,23	3,06	-0,01
2,18	2,98	2,88	-0,04
2,32	3,18	2,98	0,08
2,3	3,03	2,86	0,02
2,44	3,23	2,98	-0,05
2,74	3,44	3,24	0,06
2,88	3,68	3,55	0,11
3,06	3,88	3,7	0
2,85	3,73	3,55	-0,07
2,59	3,48	3,38	0,02
2,59	3,64	3,38	0,09
2,5	3,45	3,17	0,05
2,27	3,18	2,85	-0,09
2,23	3,05	2,68	0,07
2,03	2,91	2,47	0,09
2,02	3	2,41	-0,01
1,89	3,02	2,52	0,03
1,77	2,91	2,36	-0,02
1,76	2,77	2,41	-0,01
1,56	2,67	2,24	0,07
1,64	2,59	2,11	0,02
1,55	2,58	2,06	-0,07
2,33	3,29	2,97	0

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,35	3,41	3,11	0,01
2,32	3,61	3,14	0,01
1,79	3,29	2,77	0,04
1,39	2,91	2,2	0,11
1,61	2,98	2,27	0,17
2,09	3,47	2,74	0,13
1,74	3,14	2,42	-0,06
1,71	3,11	2,44	0
1,79	3,21	2,58	0,01
1,95	3,33	2,71	0,16
2,15	3,45	2,85	0,16
2,32	3,64	3	0,11
2,45	3,79	3,09	0,06
2,65	3,94	3,35	0,02
2,14	3,39	2,83	0,01
2,48	3,74	3,06	0,01
2,79	4,09	3,26	-0,05
2,02	3,23	2,47	-0,01
2,26	3,42	2,7	0,02
2,64	3,65	2,89	0,01
3,02	4,05	3,35	0,07
2,92	3,95	3,45	-0,01
3,36	4,33	3,98	0,04
3,03	4,02	3,76	0,05
3,41	4,29	4,03	0,11
3,15	3,88	3,61	0,11
3,32	4,11	3,73	0,12
2,68	3,45	3,17	0,18
1,94	2,64	2,41	0,1
2,17	2,83	2,61	0,12
2,18	2,83	2,56	-0,01
2,32	2,94	2,82	0,04
2,23	2,77	2,67	-0,04
2,21	2,73	2,77	-0,06
2,39	2,86	2,97	0,02
2,47	2,95	3,06	0,08
2,64	3,08	3,2	0,07
2,67	3,05	3,2	0,02
2,77	3,09	3,21	0,01
2,71	3,05	3,18	-0,04
2,67	3	3,17	0,05
2,58	2,98	3,17	-0,01

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,55	3,02	3,2	0,01
2,47	2,98	3,12	0,02
2,18	2,8	2,82	-0,02
2,18	2,85	2,86	0
2,03	2,71	2,77	0,03
2,02	2,67	2,71	0,02
2,2	2,79	2,82	-0,04
2,85	3,47	3,36	0,09
2,71	3,32	3,24	0
2,59	3,11	3,06	0,03
2,29	2,86	2,77	-0,04
1,85	2,61	2,41	-0,04
1,62	2,64	2,33	0,03
1,47	2,58	2,23	0,01
1,88	2,95	2,45	0,06
1,89	2,88	2,39	-0,05
1,65	2,89	2,38	0,01
1,62	2,82	2,5	0,07
2,47	3,53	3,2	0
2,2	3,14	2,95	0,01
1,86	2,92	2,56	-0,03
1,67	2,74	2,36	-0,02
1,45	2,58	2,15	0,03
1,44	2,45	2,05	0,1
1,38	2,42	2,02	-0,03
2,03	2,94	2,7	-0,04
2,08	2,89	2,61	0,1
1,89	2,79	2,58	0,13
1,68	2,42	2,26	0,06
1,67	2,42	2,12	0,01
1,98	2,83	2,58	-0,03
1,95	2,85	2,62	0,03
1,91	2,8	2,68	0,02
1,8	2,77	2,74	-0,02
2,06	3,02	2,77	0,06
2,08	3,14	2,83	0,01
2,26	3,32	3,15	0,04
1,85	2,89	2,76	-0,02
2,02	3,03	2,88	0,01
2,5	3,33	3,18	-0,04
2,71	3,65	3,38	0
2,76	3,74	3,38	-0,02

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,53	3,56	3,15	-0,02
2,42	3,3	3,03	-0,01
2,2	3,12	2,76	-0,01
2	2,97	2,61	0,01
1,85	2,91	2,56	0,03
1,68	2,7	2,35	0
1,64	2,65	2,38	0,13
1,48	2,42	2,29	0,04
1,39	2,36	2,18	0,02
1,39	2,33	2,15	-0,03
1,52	2,39	2,23	0,04
1,38	2,38	2,17	-0,04
1,44	2,47	2,27	0,03
1,18	2,24	2,12	-0,02
2,85	2,82	3,37	-0,02
2,46	3,5	2,91	-0,03
2,31	3,24	3,05	-0,03
2,07	3,17	3,22	-0,01
2,09	3,11	2,48	0,01
2,13	3,06	2,9	-0,03
2,64	2,91	3,14	0,04
2,71	2,98	2,86	0,05
2,35	3,21	3,21	-0,02
2,22	3,3	2,67	0,02
2,94	3,04	3,29	0,02
2,28	3,16	3,22	0
2,12	3,66	3,03	0,05
2,96	2,98	2,47	0,06
3	3	3,08	0,04
2,93	2,79	3,1	-0,02
2,37	3,77	2,5	0,02
2,7	2,93	3,53	-0,01
2,95	3,77	2,98	0,03
1,99	3,66	2,67	0,05
2,66	3,55	2,49	-0,03
2,21	3,15	2,56	0,02
2,32	3,39	2,61	0,06
2,32	3,39	3,07	-0,02
2,83	3,82	3,04	0,02
2,81	2,91	3,47	0,03
2,91	3,43	2,58	0,06
3,01	2,79	3,32	0,02

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,29	3,66	3,2	0,03
2,48	2,9	3,25	0,03
2,41	3,29	2,95	-0,02
2	3,38	2,7	0,02
2,83	3,6	3,25	-0,01
2,24	2,78	3,44	-0,02
2,31	3,34	3,15	-0,02
3	3,22	2,84	0,04
2,86	2,89	2,74	0,01
1,98	3,79	2,69	0
1,84	2,84	2,69	0,06
2,88	3,18	3,06	0,02
2,77	2,77	3,11	0,06
2	3,49	3,48	-0,01
2,82	2,89	3,26	0,01
2,55	3,19	3,11	-0,02
1,98	3,3	2,82	0
2,41	2,94	3,53	-0,02
2,36	3,44	2,52	0,01
2	2,93	3,27	0,02
2,01	3,43	2,61	0,03
2,72	3,2	2,51	-0,01
2,96	3,75	2,73	0,01
1,88	3,72	2,51	-0,03
2,72	3,2	3,05	-0,01
2,29	2,8	2,88	-0,03
2,75	3,23	3,04	-0,02
2,37	3,51	2,75	0,06
2,2	3,49	3,33	0,03
2,4	2,95	3,21	0,03
2,95	3,39	3,32	0,02
1,81	3,17	2,97	0
2,85	3,22	2,62	-0,01
2,49	2,89	2,89	-0,04
2,45	3,21	2,48	0,06
2,22	3,82	3,45	0
1,94	3,59	2,51	0,01
2,38	3,19	3,22	0
2,66	3,2	2,76	0,02
2,27	2,94	2,96	-0,03
2,55	3,52	3,55	-0,03
1,86	3,37	2,56	-0,01

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,42	3,05	2,76	0
2,31	3,49	3,28	0,01
1,94	2,94	3,44	-0,03
2,37	2,98	2,71	0,04
2,96	3,5	2,53	0,05
2,73	3,1	3,5	-0,01
2,45	3,73	2,88	0,05
1,81	3,31	2,94	0,01
2,1	3,11	3,13	-0,03
2,4	3,54	3,4	0,06
2,27	3,3	3,14	0
2,67	2,99	2,95	-0,01
2,57	3,34	2,96	0,05
2,15	3,81	2,68	-0,02
2,42	2,79	3,14	0,05
2,85	3,78	2,83	0,05
2,34	3,28	3,06	-0,02
2,18	3,56	2,56	0,05
2,94	2,94	3,18	-0,04
2,02	2,76	2,99	0
2,95	3,43	3,1	0,03
2,5	3,47	2,99	0,05
2,87	3,76	2,69	-0,04
1,88	3,63	2,9	-0,03
2,56	3,68	2,67	0,02
2,06	2,84	3,11	-0,02
2,64	2,96	3,49	0,05
2,36	3,76	2,74	0
2,88	3,35	2,72	0,05
2,82	3,35	2,87	0,05
2,74	3,77	2,64	0,04
2,59	2,91	3,17	0,05
2,01	3,43	2,62	-0,01
2,81	3,08	2,83	0,05
2,37	3,48	2,69	-0,01
2,24	3,29	3,3	0,01
2,35	3,2	3,07	-0,02
2,15	2,9	3,27	-0,01
2,84	3,45	2,97	0,02
2,76	2,84	2,48	-0,01
2,65	3,01	2,91	-0,03
1,87	3,33	3,4	0,06

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,13	3,5	2,71	0,04
2,29	3,39	3,41	0
2,14	3,74	2,95	-0,03
2,33	3,03	3,31	0,06
2,23	3,73	2,68	-0,04
2,24	3,39	3,24	0,03
1,82	3,25	3,04	-0,02
2,98	2,86	2,55	0
2,71	3,68	3,04	0,06
2,39	3,07	2,52	0,06
2,24	3,74	3,26	0,01
2,19	3,04	2,71	-0,04
1,82	2,96	2,62	0,02
2,78	3,72	3,46	0,04
2,52	3,22	3,14	0,01
2,94	3,43	3,38	-0,01
2,72	3,13	3,21	0,06
2,08	3,43	3,14	0,06
2,23	3,79	2,54	0,04
2,8	3,4	2,54	0,01
2,19	3,43	3,53	0,01
1,83	3,24	3,44	-0,03
2,04	3,21	3,42	-0,01
2,6	3,22	2,5	-0,04
2	3,07	2,49	0,03
2,85	3,18	2,56	0,04
2,56	3,75	3,11	0,04
2,9	2,79	3,46	-0,01
2,5	2,92	2,81	0,02
2,27	3,59	2,9	0,02
2,49	2,83	2,83	0,02
2,06	3,12	2,93	0,06
2,69	3,63	3,41	-0,01
1,99	3,56	3,48	0,01
2,93	3,07	2,68	0,02
1,96	2,92	2,59	0,01
2,19	3,33	3,18	-0,02
2,78	2,9	2,89	-0,01
2,67	3,48	3,53	0,04
2,95	2,81	2,8	0,06
2,66	3,66	3,17	0,01
2,6	3,27	2,98	0,06

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,3	3,53	3,18	0,05
1,96	3,17	3,27	0,01
2,4	3,69	3,31	0
1,97	3,69	2,97	-0,01
1,97	3,76	3,16	0,02
2,93	3,42	3,01	0,04
2,83	2,88	2,73	0,03
2,69	3,49	2,54	0
2,91	3,26	2,77	0,02
1,88	3,67	2,64	0,05
1,96	2,89	2,7	0,02
3	2,97	3,18	0,04
1,95	3,02	2,69	0,06
2,38	2,99	2,56	-0,03
2,68	3,56	3,28	0,01
2,32	3,42	2,63	0,02
2,61	3,53	2,57	0,06
2,92	3,68	2,74	0,06
2,1	3,4	3	-0,02
2,54	3,18	3,46	0,04
2,69	3,66	3,47	-0,02
2,61	3,26	2,49	0,05
2,82	2,86	3,22	-0,02
1,9	3,55	2,57	0,03
2,77	3,04	2,91	0
1,96	2,92	3,23	-0,02
2,17	3,33	3,2	-0,03
2,15	3,61	3,15	0
2,61	3,02	3,47	0,01
2,97	3,33	2,75	-0,01
1,87	3,34	3,08	0,02
2,12	3,61	2,62	-0,01
2,45	3,13	2,67	0
2,97	2,82	3,19	0,01
1,95	3,19	3,11	-0,01
2,1	2,86	2,63	-0,01
2,2	3,31	3,1	0
2,85	3,67	3,31	0,06
2,51	2,82	3,05	0,03
2,16	2,78	3,17	0,06
2,24	3,13	3,29	0,06
2,14	3,51	2,89	0,03

IC_U1	IC_U2	IC_U3	IC_Freq
2,9	2,99	2,54	-0,01
2,31	3,7	3,03	-0,03
1,91	2,91	2,89	0,02
2,76	3,5	2,96	0
2,34	3,48	2,97	0
1,85	3,36	2,81	0,06
1,93	3,06	3,11	0,01
2,52	3,11	2,61	-0,02
2,9	3,45	3,5	0,01
1,93	3,37	2,91	-0,01
1,84	3,35	3,17	-0,02
2,37	3,52	2,52	0,05
2,11	2,85	3,38	0,03
2,7	3,24	3,53	0,03
2,75	3,61	2,8	-0,03
2,01	3,63	3,28	-0,02
2,25	2,79	2,74	0,01
2	3,22	2,76	0,04
1,81	3,47	2,61	0,03
1,87	3,69	2,87	-0,04
2,49	3,26	2,69	0,02
2,94	3,58	3,4	0,06



Figura 10: Instalación del equipo en el punto de medición que suministra al pabellón H – Fuente: Propia

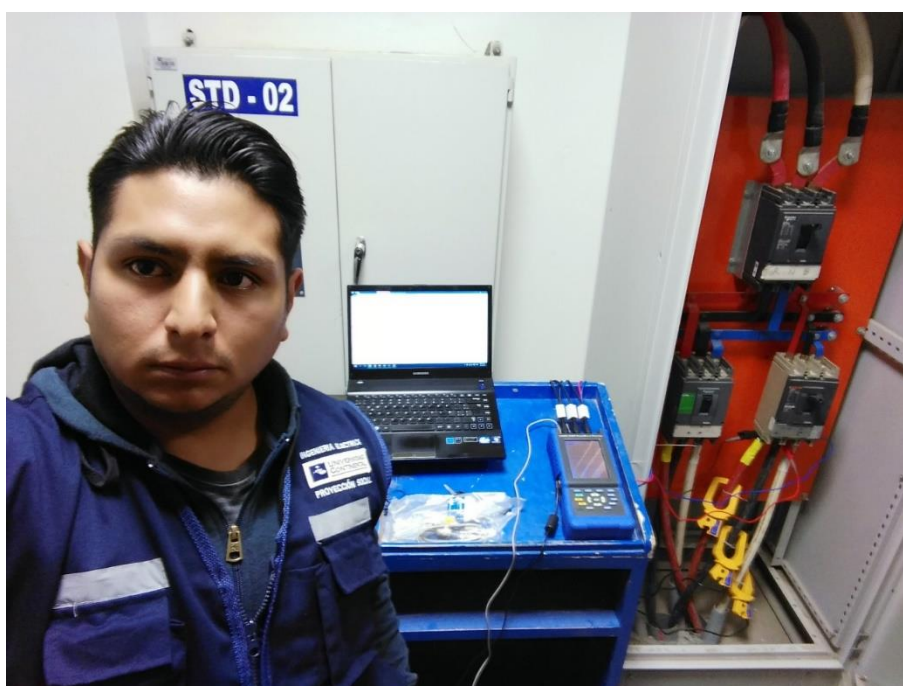


Figura 11: Configuración del analizador de calidad de red – Fuente: Propia



Figura 12: Descarga de los registros del analizador de calidad de red – Fuente: Propia

[illegible]

104

THD del canal 1 fase R

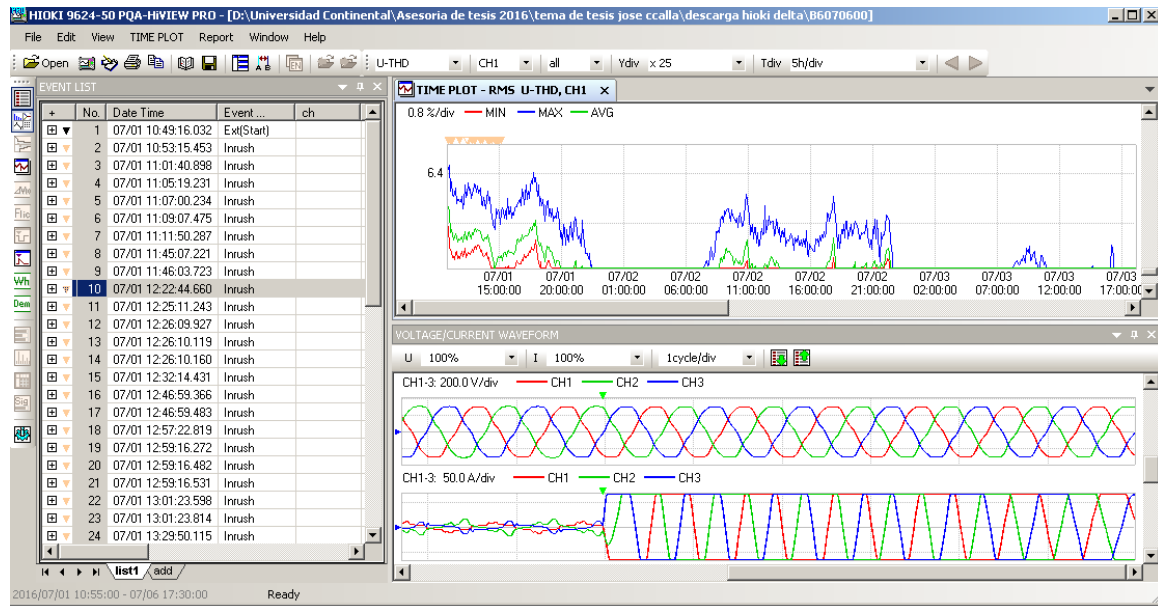


Figura 14: Curva de comportamiento del THD en el sistema eléctrico de la fase R – Fuente propia

THD del canal 2 fase S

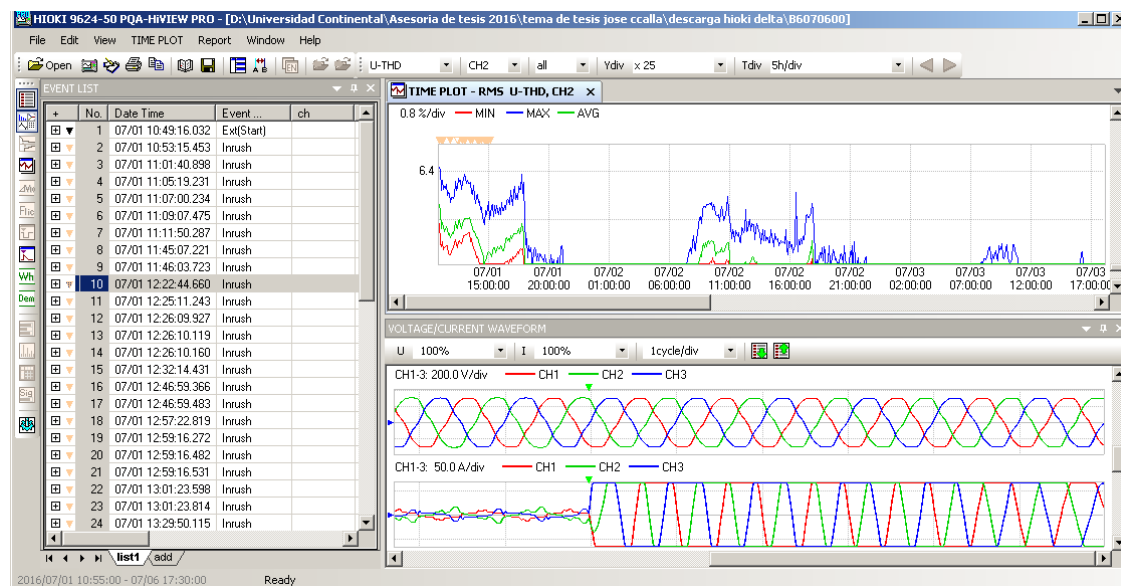


Figura 15: Curva de comportamiento del THD en el sistema eléctrico de la fase S – Fuente propia

THD del canal 3 fase T

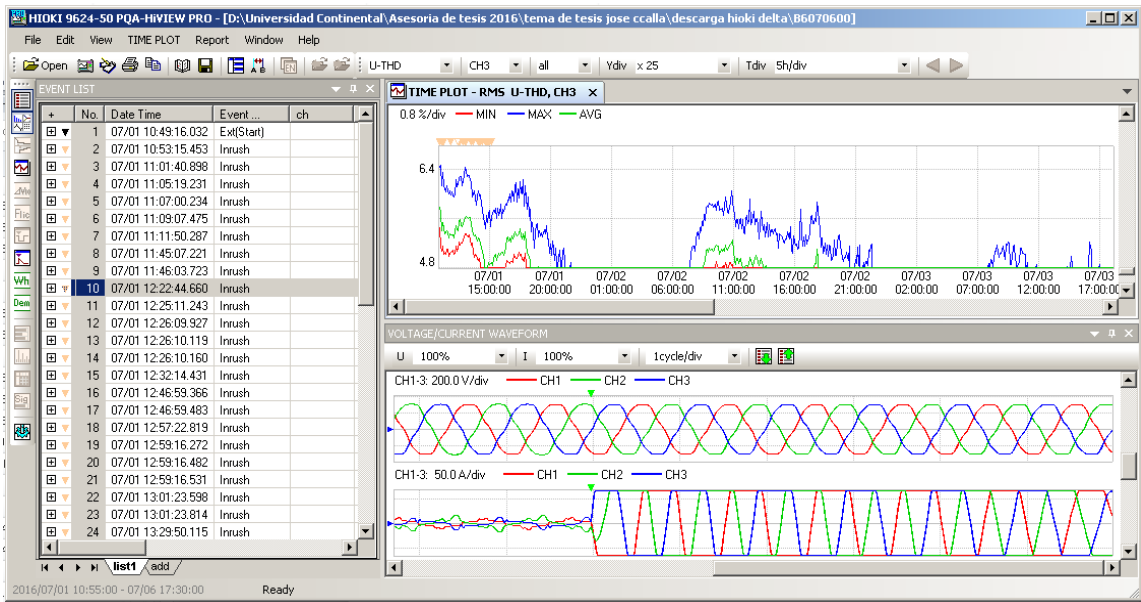


Figura 16: Curva de comportamiento del THD en el sistema eléctrico de la fase T – Fuente propia

Frecuencia

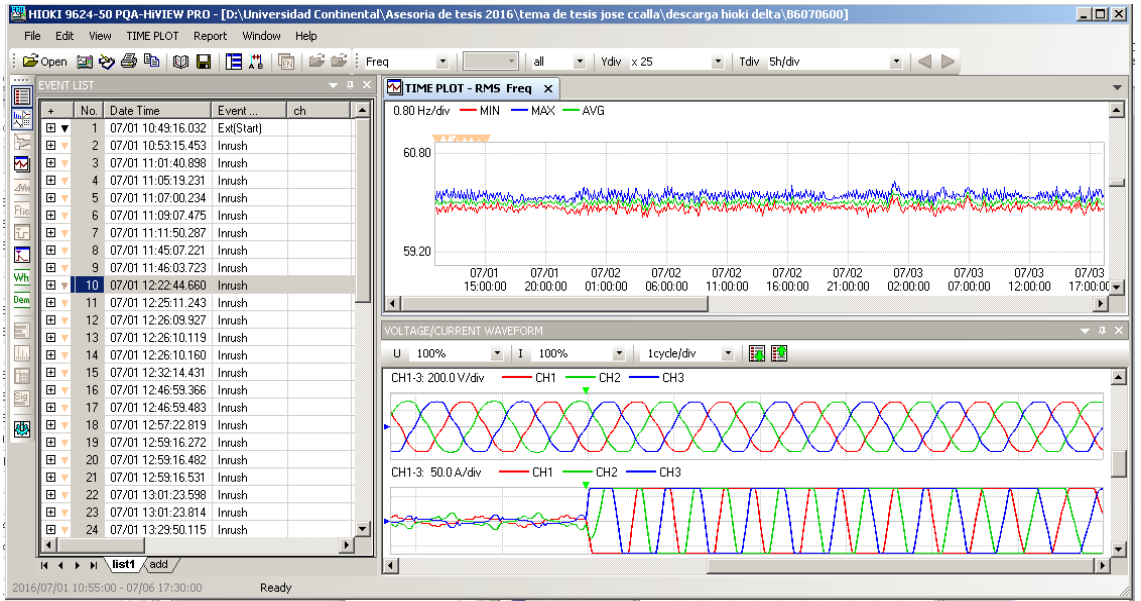


Figura 17: Curva de comportamiento de la frecuencia en el sistema eléctrico de la fase R – Fuente propia

Voltaje del canal 1 fase R



Figura 18: Curva de comportamiento del voltaje en el sistema eléctrico de la fase R – Fuente propia

Voltaje del canal 2 fase S

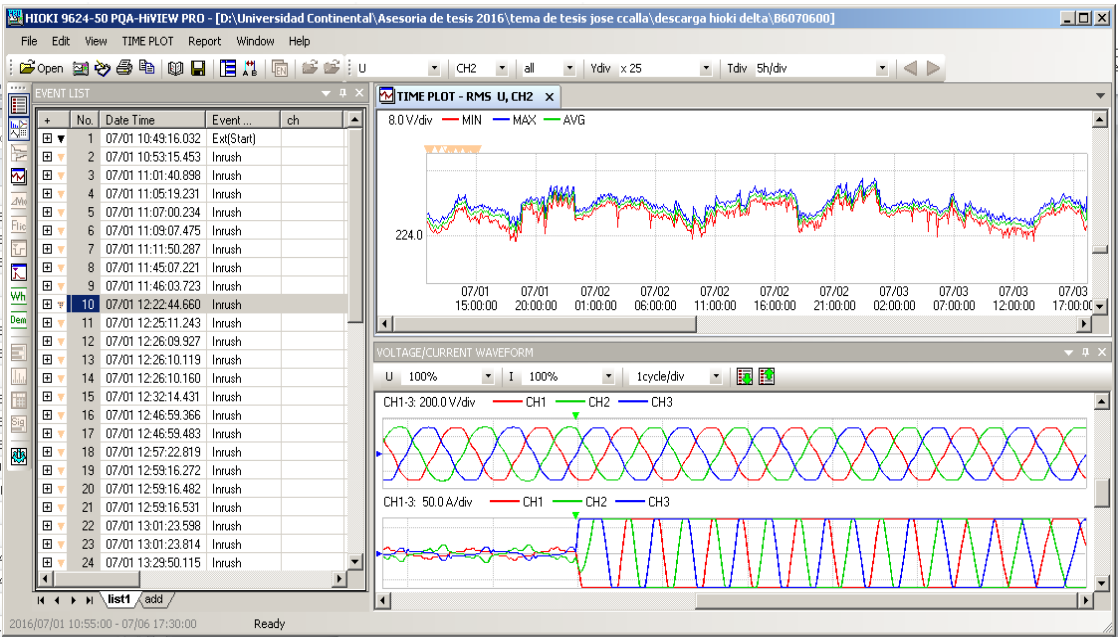


Figura 19: Curva de comportamiento del voltaje en el sistema eléctrico de la fase S – Fuente propia

Voltaje del canal 3 fase T

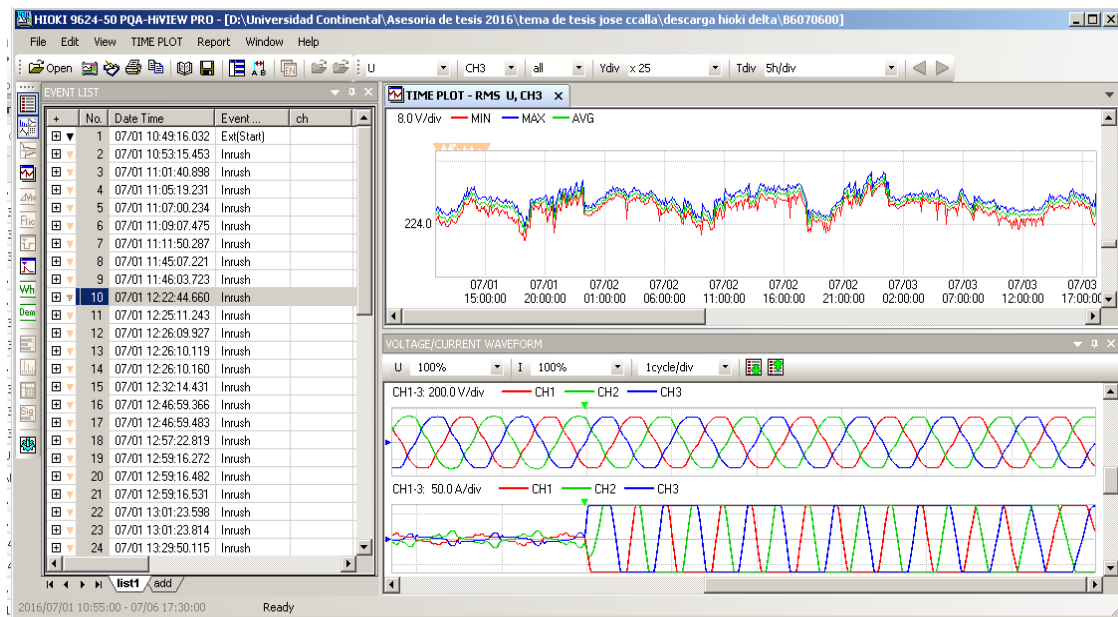


Figura 20: Curva de comportamiento del voltaje en el sistema eléctrico de la fase T – fuente propia

KVAR R

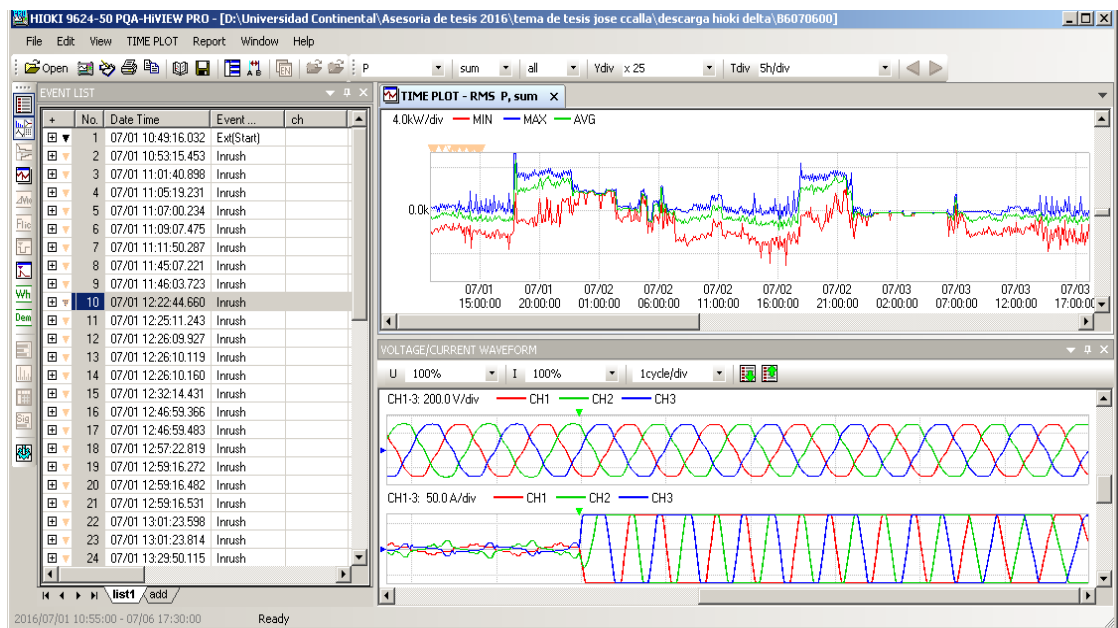


Figura 21: Curva de comportamiento de la potencia en el sistema eléctrico en la fase R – Fuente propia

KVAR S

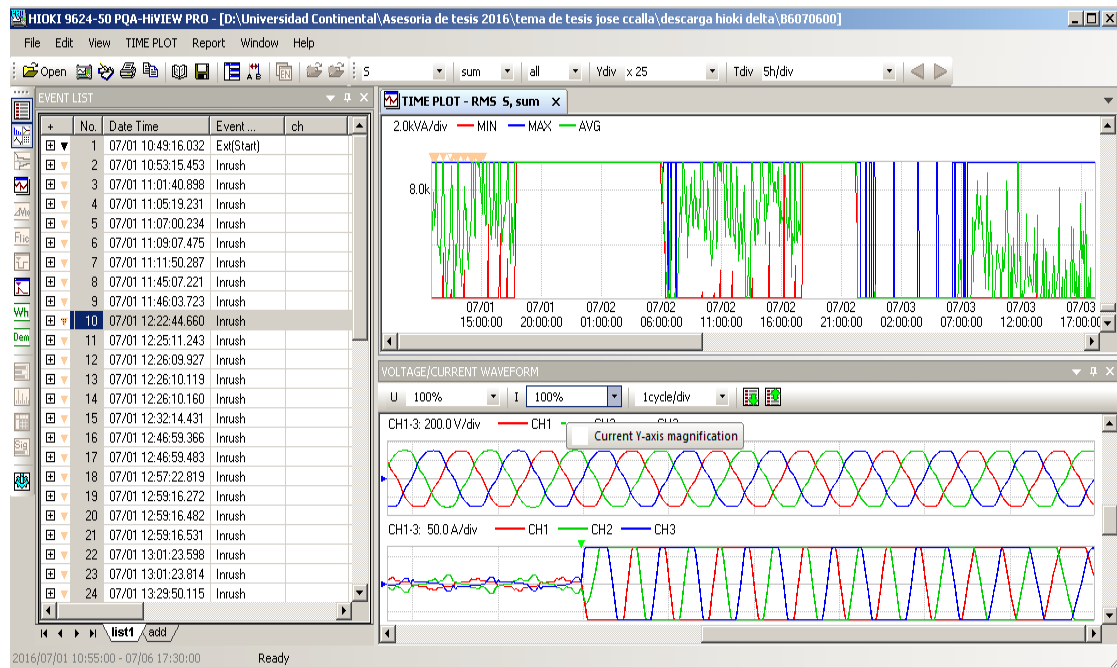


Figura 22: Curva de comportamiento de la potencia en el sistema eléctrico en la fase S – Fuente propia

KVAR T

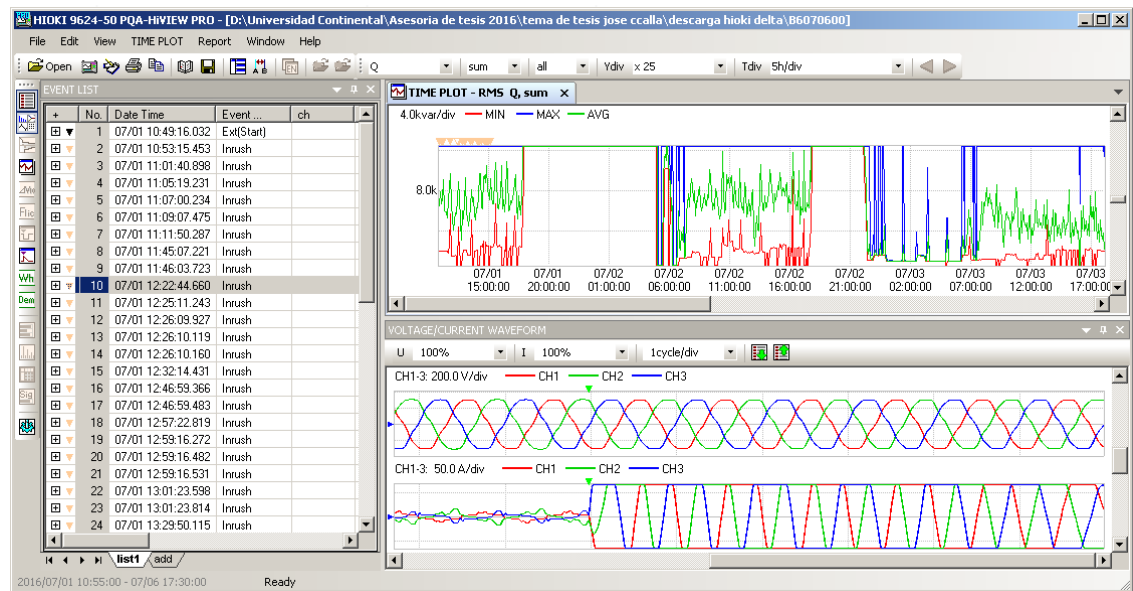


Figura 23: Curva de comportamiento de la potencia en el sistema eléctrico en la fase T – Fuente propia

Manual Reducido del equipo electrónico de medición de calidad de energía eléctrica - HIOKI 3197

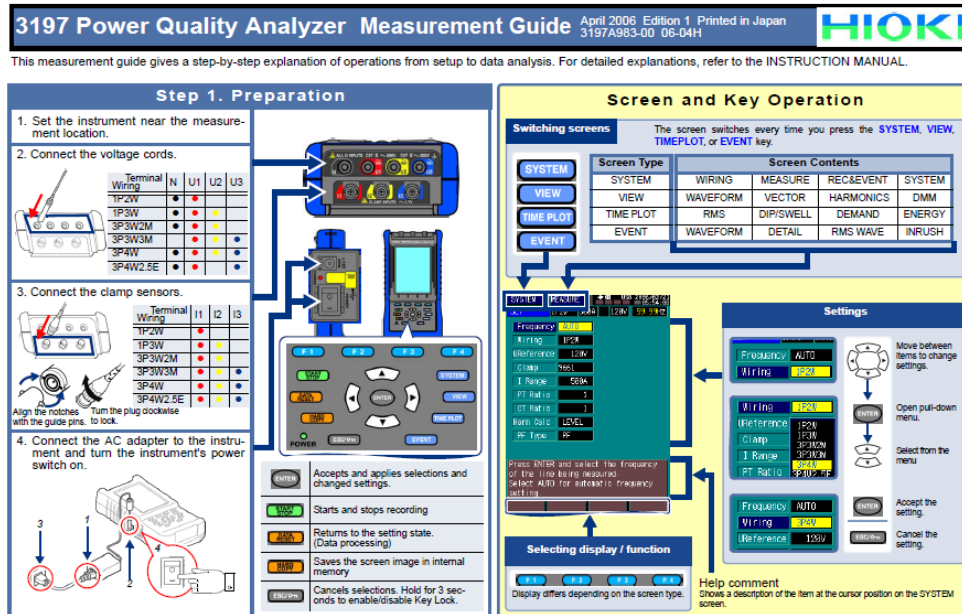


Figura 24: Manual HIOKI 3197, primera parte – Fuente propia

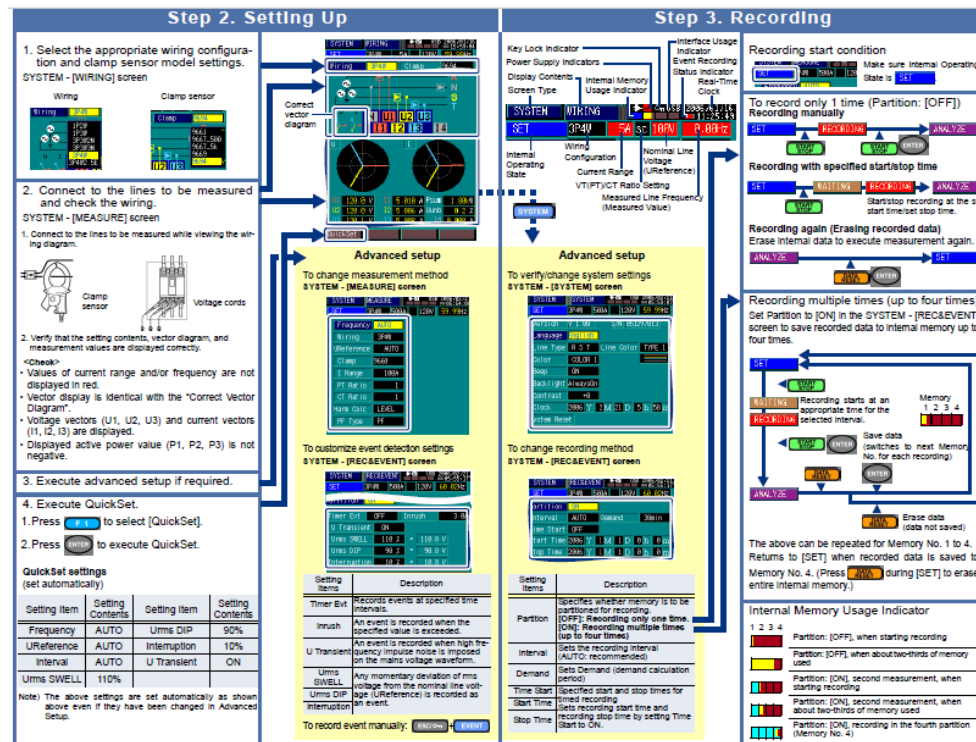


Figura 25: Manual HIOKI 3197, segunda parte – Fuente propia

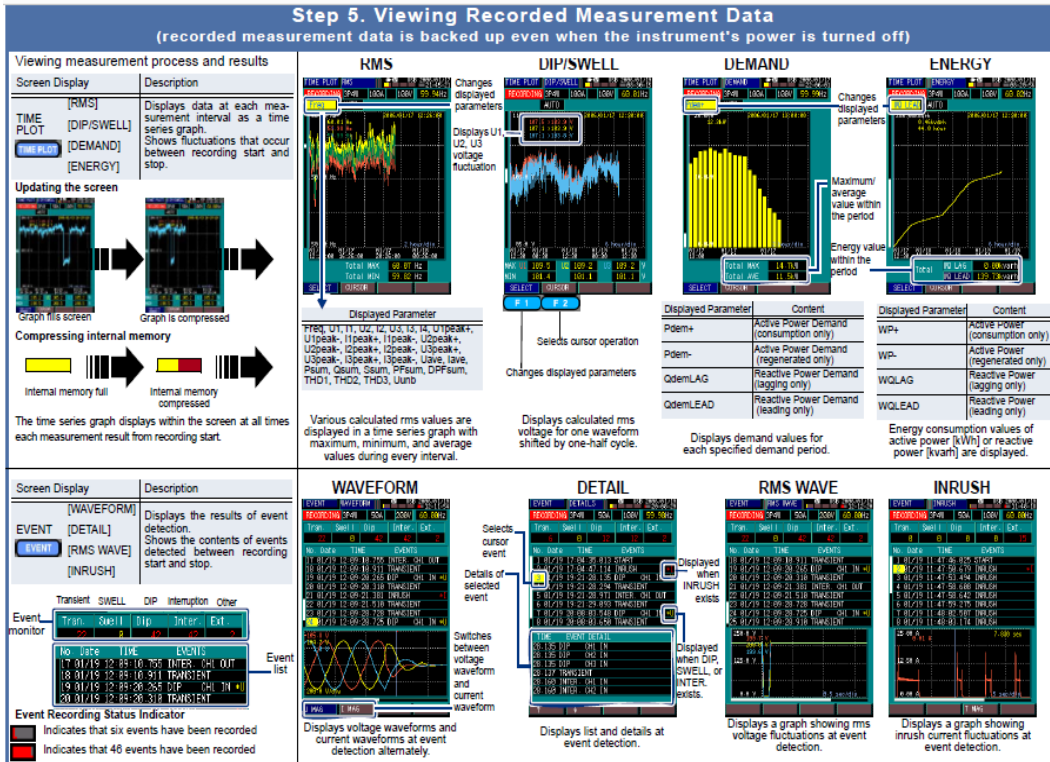


Figura 26: Manual HIOKI 3197, tercera parte – Fuente propia

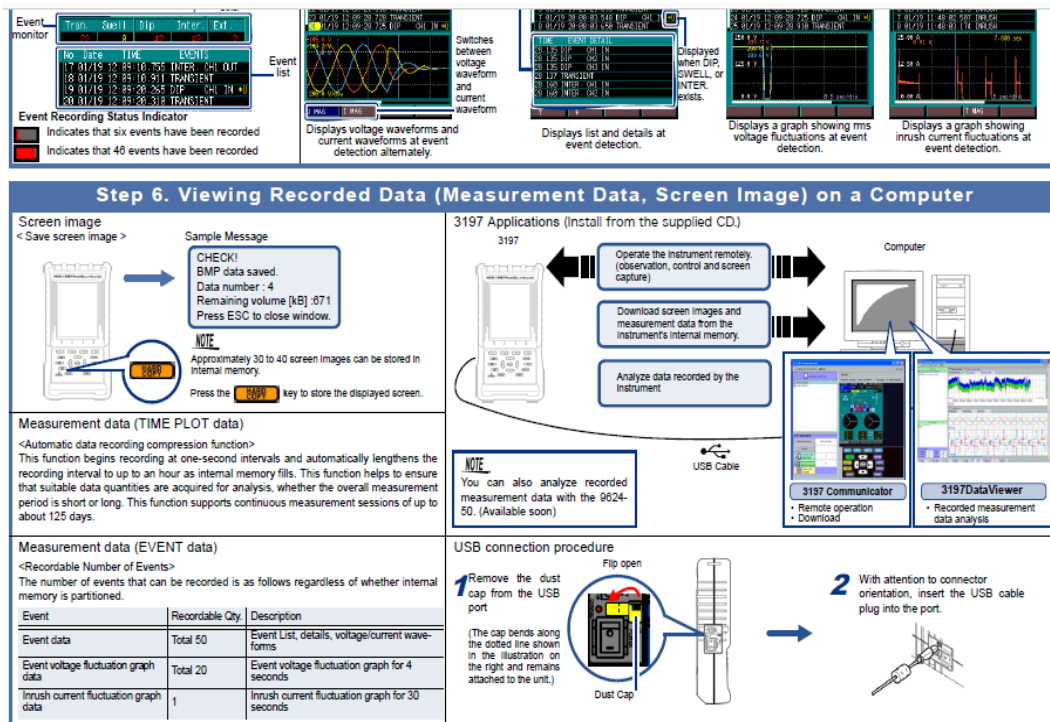


Figura 27: Manual HIOKI 3197, cuarta parte – Fuente propia

Gráficos de la muestra 0

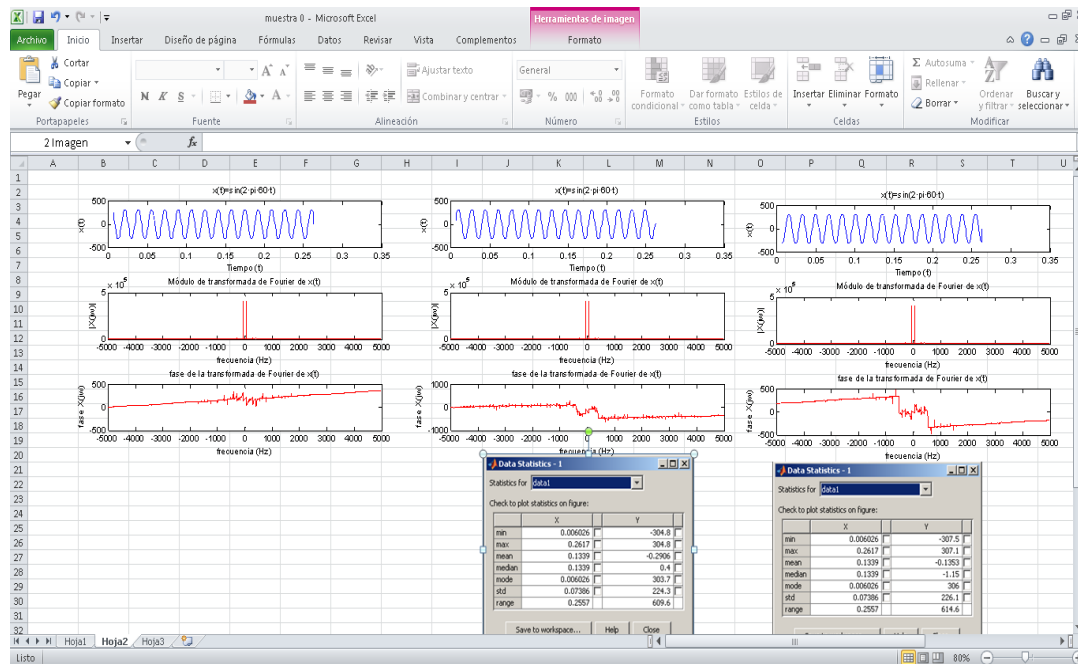


Figura 28: Gráficos y estadísticos de la muestra 0 – Fuente propia

Gráficos de la muestra 1

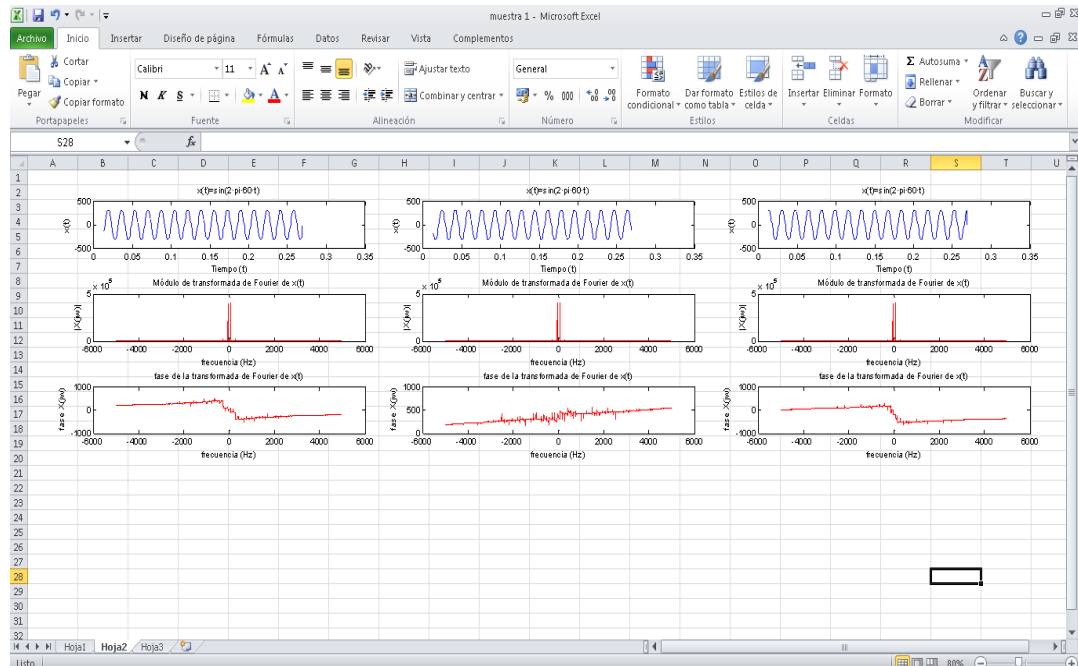


Figura 29: Gráficos de la muestra 1 – Fuente propia

Gráficos de muestra 2

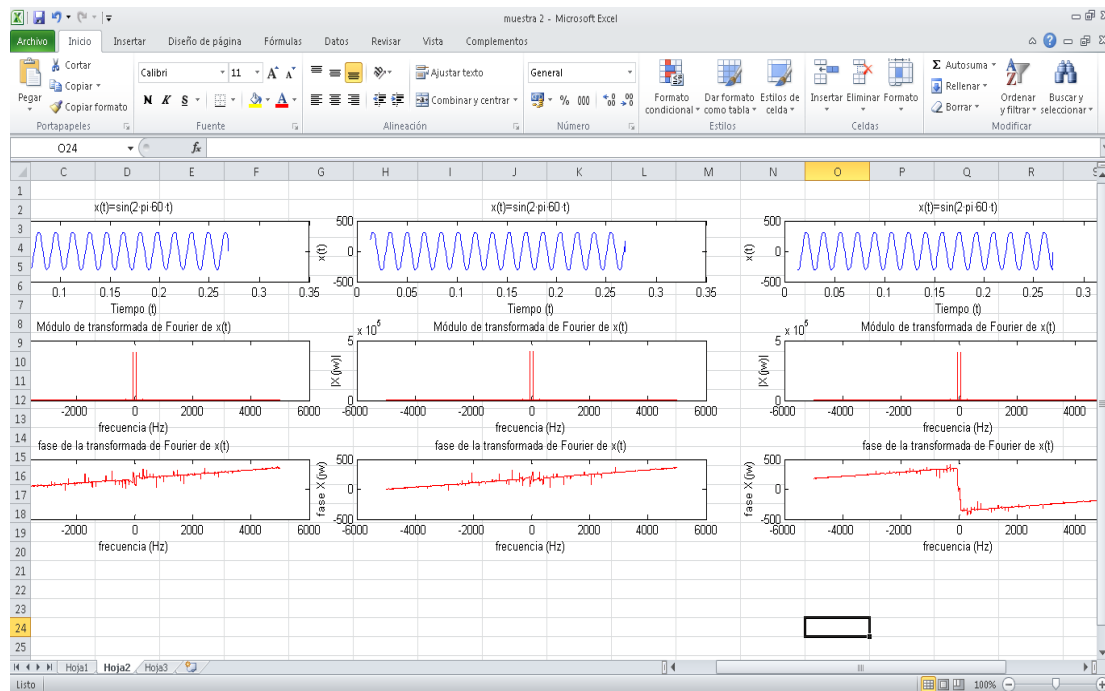


Figura 30: Gráficos de la muestra 2 – Fuente propia

Gráficos de muestra 3

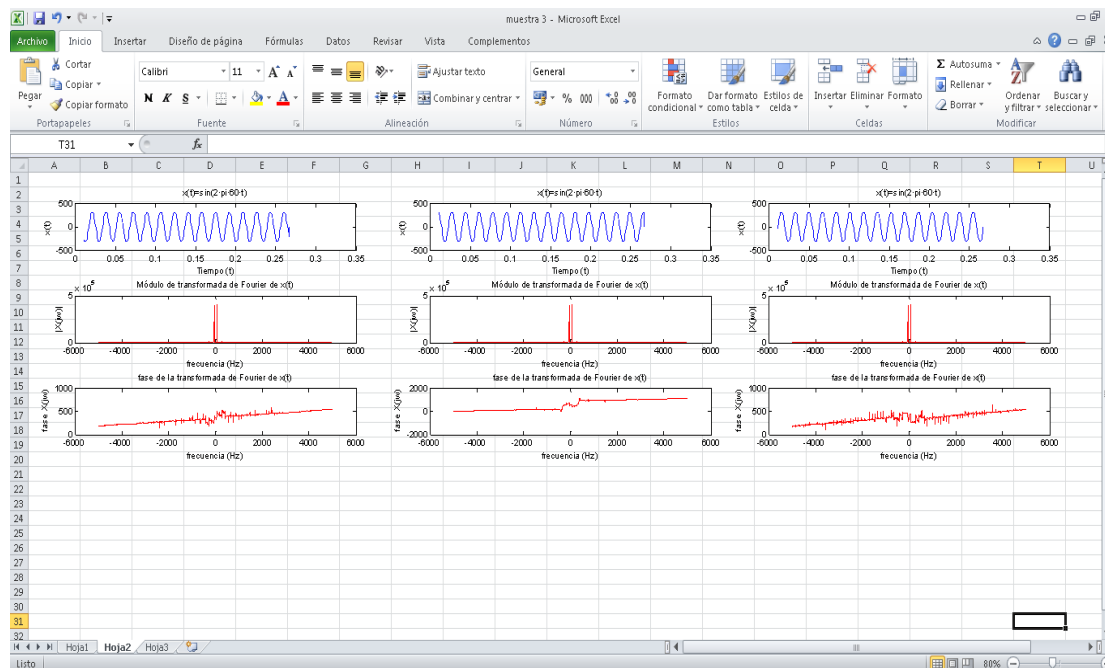


Figura 31: Gráficos de la muestra 3 – Fuente propia

Gráficos de muestra 6

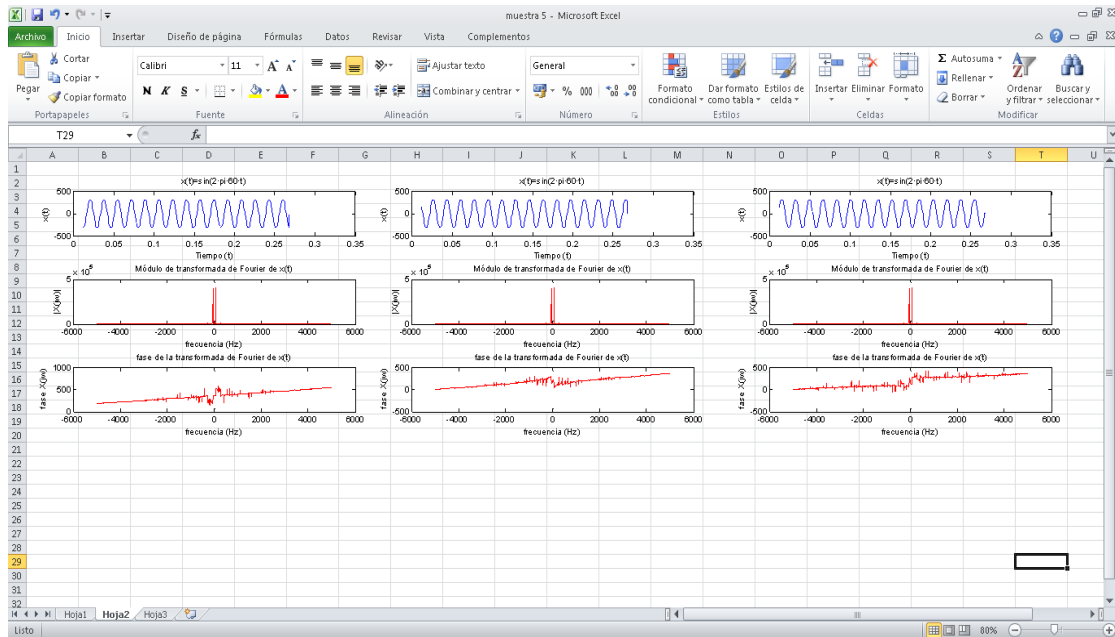


Figura 34: Gráficos de la muestra 6 – Fuente propia

Gráficos de muestra 7

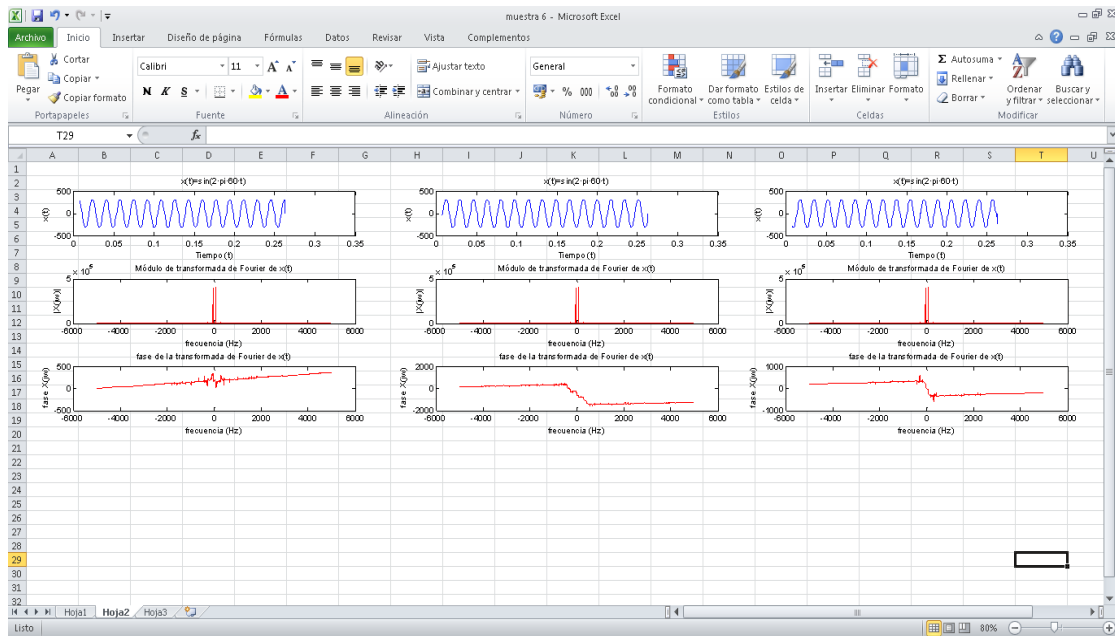


Figura 35: Gráficos de la muestra 7 – Fuente propia

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE FOURIER DEL SOFTWARE MATLAB

Primero se convierten los datos guardados en el formato de la máquina de medición a un formato legible de la hoja de cálculo como el de la figura 36.

01/07/2016 10:49						
U1	I1	U2	I2	U3	I3	
237.7	16.4	62.9	-14	-300.6	-2.7	
226.1	21.8	75.7	-19.6	-301.7	-2.6	
212.3	27.2	90.3	-25.2	-302.6	-2.4	
197.8	32.5	105.1	-30.5	-302.9	-2.3	
183.8	37.1	119.4	-35.4	-303.2	-2.1	
170	41.4	133.7	-39.8	-303.7	-1.8	
156.3	45.3	147.8	-43.9	-304.1	-1.7	
143	48.7	161.1	-47.3	-304.1	-1.5	
130.8	51.4	173.8	-50.2	-304.6	-1.3	
119.5	53.6	185.2	-52.6	-304.7	-1.1	
109	55.4	195.8	-54.4	-304.8	-0.9	
98.9	56.5	205.8	-55.6	-304.7	-0.8	
89.7	57.1	215.3	-56.5	-305.1	-0.6	
80.7	57.3	224.1	-56.6	-304.7	-0.5	
73.2	56.8	231.1	-56.2	-304.3	-0.4	
67.5	55.9	236.8	-55.4	-304.3	-0.4	
60.9	54.6	243	-54.1	-303.9	-0.2	
53.8	52.7	249.5	-52.2	-303.4	-0.1	
46.6	50.1	255.8	-49.7	-302.4	0	
39.7	46.8	261.4	-46.6	-301.1	0.1	
32.7	43	266.9	-42.8	-299.7	0.2	
25.7	38.5	272.1	-38.2	-297.8	0.3	
17.9	32.8	276.9	-32.4	-294.7	0.5	

Figura 36: Datos convertidos al formato legible decimal – Fuente propia

Se utilizó la siguiente fórmula para tal fin:

- =A3 & "." & EXTRAE(B3,1,1)
- =EXTRAE(B3,6,4) & "." & EXTRAE(C3,1,1)

En la figura 97 se puede observar el voltaje en la fase R llamado U1 con su corriente I1, el voltaje en la fase S llamado U2 con su corriente I2 y el voltaje en la fase T llamado U3 con su corriente I3.

Luego determinamos el tiempo de muestreo de los datos, provisto en el manual especializado del equipo electrónico HIOKI cuyo valor es de 100us.

El equipo tiene un software en el que se pueden visualizar alguno de los parámetros de análisis de la energía eléctrica, como demanda, voltaje, THD (coeficiente de distorsión armónica), corriente y potencia.

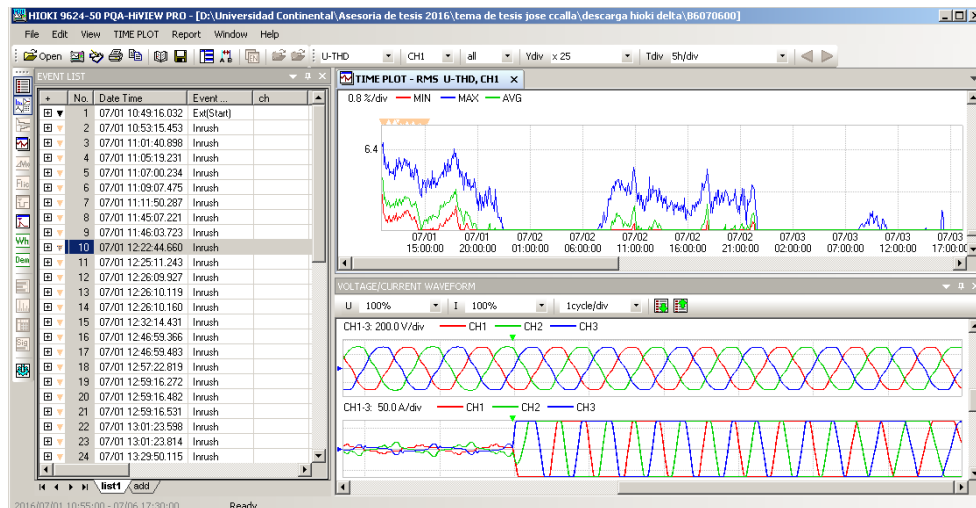


Figura 37 Visualización el THD en el programa PQA-HIVIEW PRO sobre el canal 1 fase R – Fuente propia

En la figura 38, se puede observar la distorsión. Se utiliza el programa MATLAB para filtrar los datos de voltaje de cada una de las fases y cada una de las muestras, implementando el siguiente código:

Figura 38 Código en lenguaje m del MATLAB para filtrar los datos en sus armónicos y frecuencia fundamental – Fuente propia

```
% Filtro transformada de Fourier
% Definición de la señal
t=0.00935909:0.0001:0.26505909
x=U1';
% Representación en el tiempo
subplot(3,1,1);
plot(t,x);
title('x(t)=sin(2*pi*60*t)');
xlabel('Tiempo (t)');ylabel('x(t)');
% Transformada de Fourier
X=fftshift(fft(x));
% Magnitud y fase de la transformada
Xm=abs(X);
Xf=unwrap(angle(X))*180/pi;
% Base de frecuencias
delta_t = t(2)-t(1);
f = (1:length(t)) - ceil(length(t)/2) / length(t) / delta_t;
% Representación en frecuencia
subplot(3,1,2);
plot(f,Xm,'r');
title('Módulo de transformada de Fourier de x(t)');
xlabel('frecuencia (Hz)');ylabel('|X(jw)|');
subplot(3,1,3);
plot(f,Xf,'r');zoom;
title('fase de la transformada de Fourier de x(t)');
xlabel('frecuencia (Hz)');ylabel('fase X(jw)');
```

Para poder correr el programa se necesita saber el tiempo inicial y el tiempo final, por ello se toman los valores del voltaje U1 para cada muestra, puesto que el tiempo de inicio es diferente. La fórmula utilizada en el software de hoja de cálculo es a siguiente:

- $=\text{MAX}(A3:A2560)$
- $=\text{ASENO}(\text{ABS}(A3)/K3)/(2*\text{PI}()*\$I\$4)$

- $= (\text{ASENO}(\text{ABS}(\text{A3})/\text{K3}) / (2 * \text{PI}() * \$\text{I}\$4)) + (1 / (\$ \text{I}\$4 * 4))$
- $= (\text{ASENO}(\text{ABS}(\text{A3})/\text{K3}) / (2 * \text{PI}() * \$\text{I}\$4)) + (2 / (\$ \text{I}\$4 * 4))$
- $= (\text{ASENO}(\text{ABS}(\text{A3})/\text{K3}) / (2 * \text{PI}() * \$\text{I}\$4)) + (3 / (\$ \text{I}\$4 * 4))$
- $= \text{SI}(\text{A3} > 0, \text{SI}(\text{A4} < 0, \text{K5}, \text{SI}(\text{A4} - \text{A3} > 0, \text{K4}, \text{K5})), \text{SI}(\text{A4} > 0, \text{K7}, \text{SI}(\text{A4} - \text{A3} > 0, \text{K7}, \text{K6})))$
- $= \text{K8} + 0.0001 * 2557$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	01/07/2016 10:49															
2	U1	I1	U2	I2	U3	I3					U1					
3		237.7	16.4	62.9	-14	-300.6	-2.7			Frecuencia	Amplitud	304.8				
4		226.1	21.8	75.7	-19.6	-301.7	-2.6			60 1er cuadrante	0.00237256					
5		212.3	27.2	90.3	-25.2	-302.6	-2.4			2do cuadrante	0.00653923					
6		197.8	32.5	105.1	-30.5	-302.9	-2.3			3er cuadrante	0.0107059					
7		183.8	37.1	119.4	-35.4	-303.2	-2.1			4to cuadrante	0.01487256					
8		170	41.4	133.7	-39.8	-303.7	-1.8			T inicial	0.00653923					
9		156.3	45.3	147.8	-43.9	-304.1	-1.7			T final	0.26223923					
10		143	48.7	161.1	-47.3	-304.1	-1.5									
11		130.8	51.4	173.8	-50.2	-304.6	-1.3									
12		119.5	53.6	185.2	-52.6	-304.7	-1.1									
13		109	55.4	195.8	-54.4	-304.8	-0.9									
14		98.9	56.5	205.8	-55.6	-304.7	-0.8									
15		89.7	57.1	215.3	-56.5	-305.1	-0.6									
16		80.7	57.3	224.1	-56.6	-304.7	-0.5									
17		73.2	56.8	231.1	-56.2	-304.3	-0.4									
18		67.5	55.9	236.8	-55.4	-304.3	-0.4									
19		60.9	54.6	243	-54.1	-303.9	-0.2									
20		53.8	52.7	249.5	-52.2	-303.4	-0.1									
21		46.6	50.1	255.8	-49.7	-302.4	0									
22		39.7	46.8	261.4	-46.6	-301.1	0.1									
23		32.7	43	266.9	-42.8	-299.7	0.2									
24		25.7	38.5	272.1	-38.2	-297.8	0.3									
25		17.9	32.8	276.9	-32.4	-294.7	0.5									

Figura 39: Cálculo del tiempo inicial y final del proceso – Fuente propia

Luego se copia y pegan los datos en una variable de nombre U1 creada en el software MATLAB, en el PROMT se ejecuta la función con el nombre guardado fft2.

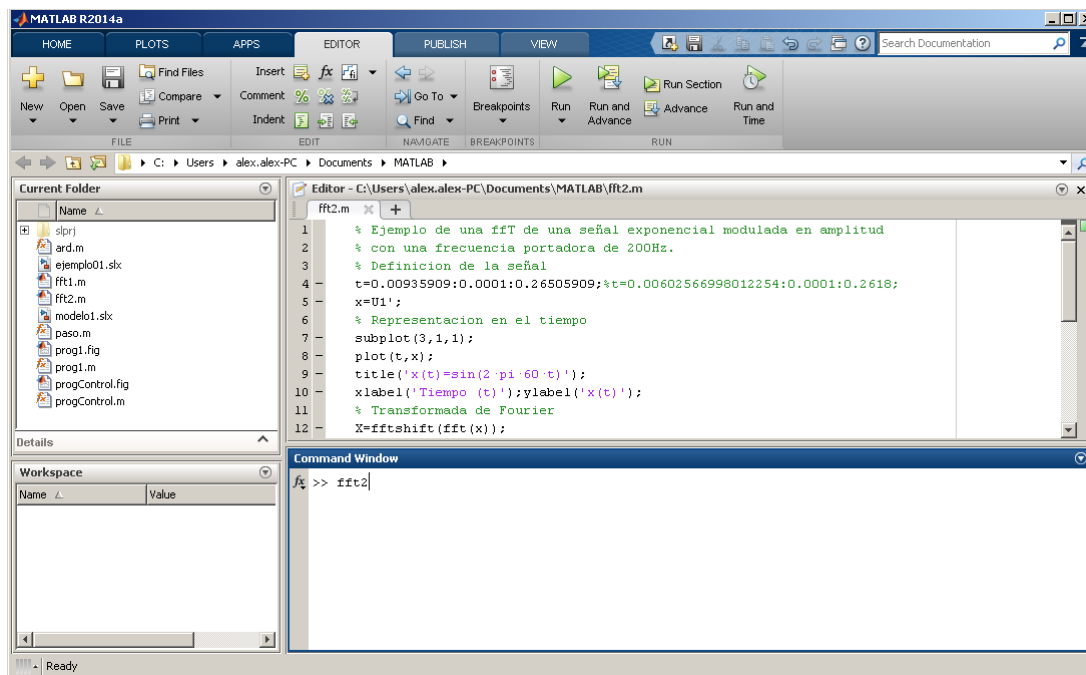


Figura 40: Se ejecuta el comando creado llamado fft2 – Fuente propia

Se obtiene una gráfica del comportamiento de la fundamental y los armónicos.

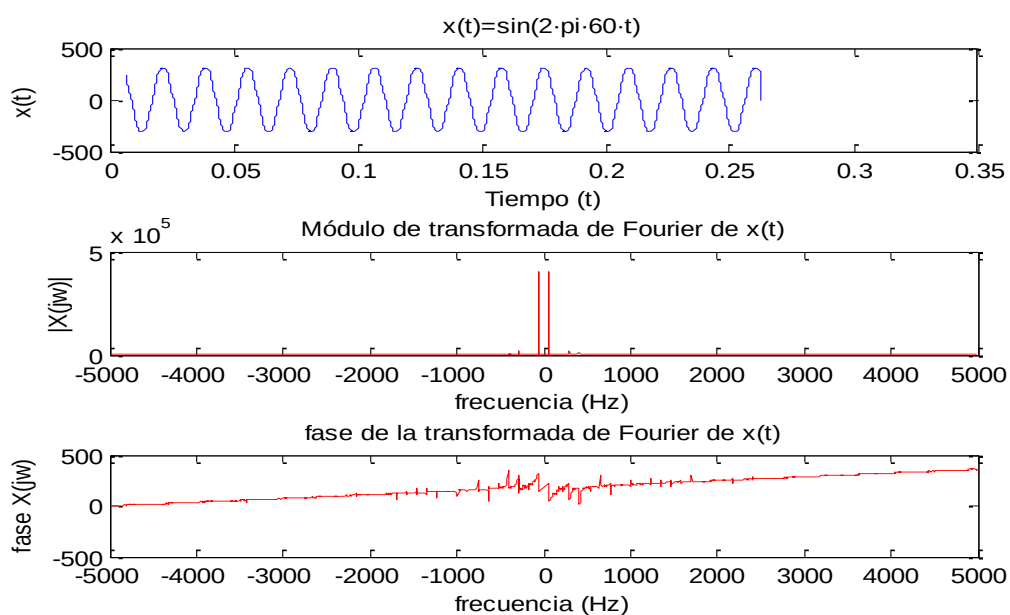


Figura 41: Gráfica del análisis de espectro de la fase R de la muestra 0 – Fuente propia

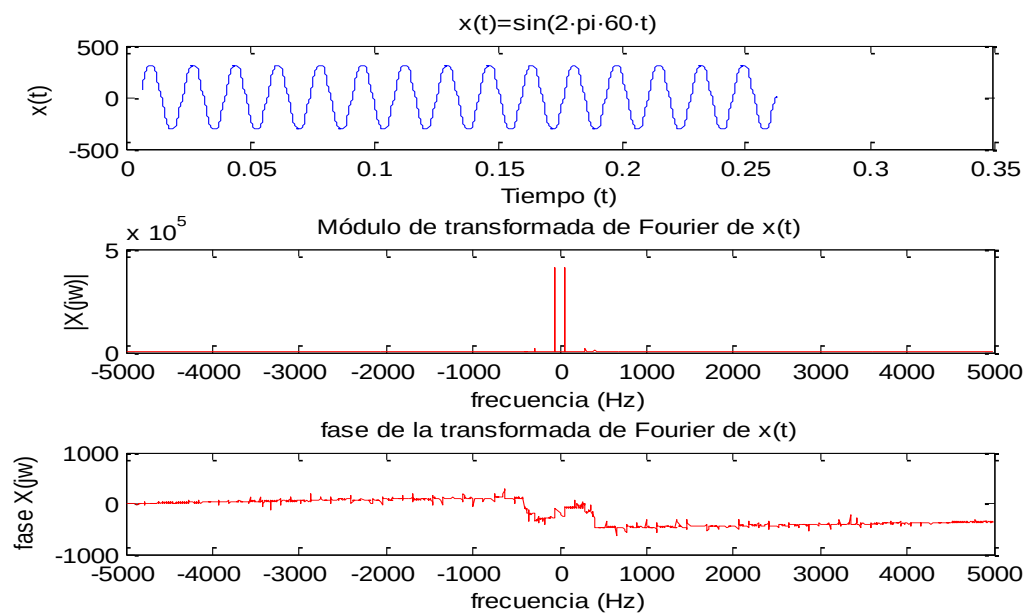


Figura 42: Gráfica del análisis de espectro de la fase S de la muestra 0 – Fuente propia

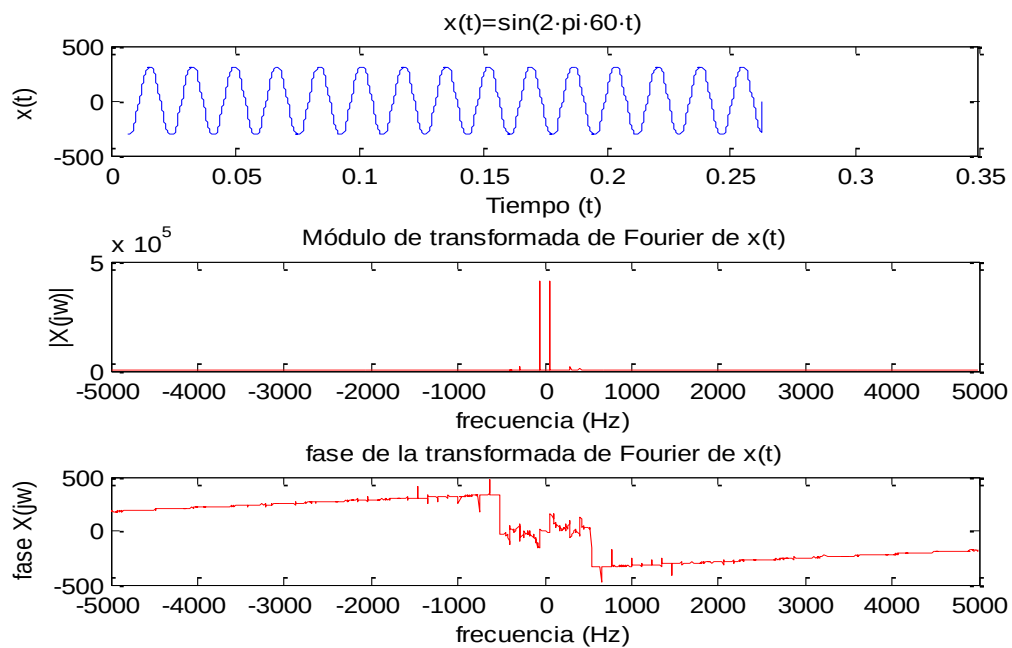


Figura 43: Gráfica del análisis de espectro de la fase T de la muestra 0 – Fuente propia

En la figura 44 se puede visualizar el espectro de armónicos que se encuentran en la red de alimentación eléctrica para el primer registro del muestreo cuando se presenta una ocurrencia.

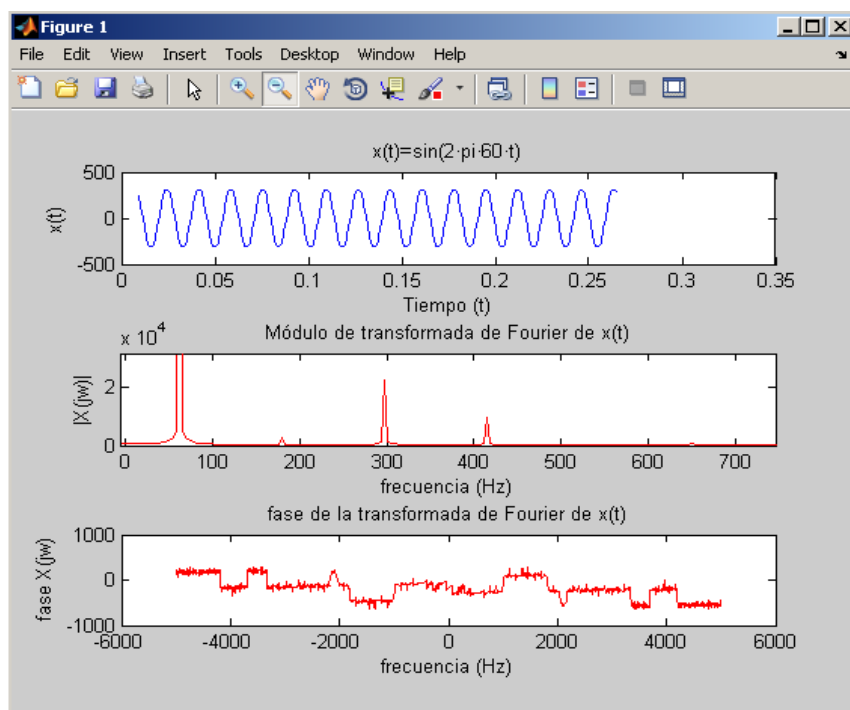


Figura 44: Espectro de armónicos de 2do, 3er, 4to y 5to orden – Fuente propia

Tabla de resumen de los módulos, fases de los armónicos y la fundamental, obtenidos a partir de los registros del analizador de calidad de red durante las ocurrencias.

Tabla 29: Espectro de la fundamental y los armónicos con sus módulos de FOURIER de la fase R – Fuente propia

#M	freq	62.55	179.8	297.1	414.4	531.7	648.9	766.2	883.5	1001
0	Xjw	404600	3020	22110	9298	255.5	659.9	546.5	446.7	573.7
1	Xjw	403700	2718	23930	9718	665	1289	818	241.3	267
2	Xjw	403200	2812	23140	8302	613.8	1153	700.9	371.3	323.6
3	Xjw	402700	2762	22580	7802	323.7	1106	426.5	134.9	52.06
4	Xjw	402900	2093	22290	7964	459.2	963.2	633.7	258.6	302
5	Xjw	401100	2282	22020	7128	208.5	1067	701.6	384.8	436.4
6	Xjw	401800	2348	20090	7759	542.1	692	732.8	304	472.1
7	Xjw	402400	2223	20920	7594	217.3	613.1	697.4	224	240.2
8	Xjw	406400	2929	22333	9445	271.8	1551.8	693	260.9	197.4
9	Xjw	402400	2518	21461	8782	583.8	1473	1204.8	406	687.6
10	Xjw	404600	2276	20150	7917	105	697.7	542.6	227.6	405.6
11	Xjw	402800	2335	22500	8586	470.8	881.5	613.1	61.67	527.4
12	Xjw	404200	2577	21714	8321	559.3	893.4	789.8	288.5	136.4
13	Xjw	407700	1923	20216	8086	539.3	1390.8	1415.3	283.1	674.1
14	Xjw	403800	1837	20684	7552	250.9	1019.4	843.7	412.2	614.6
15	Xjw	402400	2146	23863	9204	590.2	1235.3	1013.1	288.3	270.9
16	Xjw	401900	2603	19451	9510	369.2	820	921.9	73.5	360.5
17	Xjw	406100	1750	21170	8616	488.4	926	1025	533.4	294.5

#M	freq	62.55	179.8	297.1	414.4	531.7	648.9	766.2	883.5	1001
18	Xjw	404700	1904	23191	8829	607.1	1113.5	783.7	238.2	555.4
19	Xjw	402200	2704	19887	8073	642.1	1655.2	612.7	416.2	763.2
20	Xjw	403900	2696	21840	8245	573.9	1049	926.6	367.9	99
21	Xjw	403000	2683	21602	7882	583	1458	811.5	147.4	211.5
22	Xjw	405700	1790	20981	7133	349.5	1071.2	432.9	481.5	84.4
23	Xjw	406500	2542	20424	9405	314.7	681.9	951.3	303.7	550.1
24	Xjw	407900	2271	22476	8420	371.8	1752	1293.6	69.6	144.7
25	Xjw	408400	2435	23380	8574	317.6	1692	1339	476.9	247.6
26	Xjw	401500	2555	21469	9021	245.6	1277.5	1437.6	74.1	385.3
27	Xjw	403600	1717	21862	8178	596.5	1623.8	1101.9	117.1	337.2
28	Xjw	404200	1655	19599	7747	627.9	1521.6	588.9	224.3	107
29	Xjw	406200	1826	21321	7257	546.9	1414.6	457.1	172.5	675.7
30	Xjw	406600	1564	18960	9261	262	1767	1438	159.1	769.9
31	Xjw	406800	2670	22524	9243	284.3	874.1	1055.4	491.2	92.9
32	Xjw	406300	2909	20585	9392	405.4	734.7	643.9	246.7	402.7
33	Xjw	408400	1607	19092	8431	322.8	991.4	1095.7	146.4	651.2
34	Xjw	406400	1819	20340	8574	247.1	1664	918.6	448	578.4
35	Xjw	401400	2778	23698	9334	599.7	843.3	991.6	309.1	363.3
36	Xjw	405700	2151	21380	8242	439.2	1607	954.4	269.1	738.5
37	Xjw	405900	2440	22004	8921	664.5	932.3	653.4	95	453.4
38	Xjw	404400	2122	21327	7226	504.5	1481.8	658.8	415.6	404.8
39	Xjw	403000	2749	21879	8410	220.7	1666.9	731.5	290	769.7
40	Xjw	404600	2511	23598	8195	280	1001.4	778.1	292.8	736.2
41	Xjw	403300	1644	23678	9265	530.9	1183.3	1105.5	214.9	733.5
42	Xjw	406700	2201	20610	8113	646.1	1132	1250	49.71	238
43	Xjw	402300	2223	23116	7636	415.8	1534.2	1378.7	502	66.8
44	Xjw	404000	2091	22111	8798	407.3	1341.5	577.2	238.3	234.8
45	Xjw	406200	2630	19006	7167	317.9	1041.7	1169.9	525.2	537.4
46	Xjw	408000	2571	23415	9575	603.2	1108.9	813	480.3	326
47	Xjw	402400	2275	19070	9302	581.1	1098.2	1161.3	530.2	588.4
48	Xjw	404700	2716	21217	8956	223.7	1668.7	1292.7	458.7	428.9
49	Xjw	404600	2198	20550	7484	379.2	1072	842.5	297.4	312.3

Tabla 30:Espectro de la fundamental y los armónicos con sus módulos de FOURIER de la fase S – Fuente propia

#M	freq	62.55	179.8	297.1	414.4	531.7	648.9	766.2	883.5	1001
0	Xjw	408100	1154	21660	11940	675.9	1265	738.6	57.88	307.4
1	Xjw	407600	886.3	22980	12050	995.6	2033	945.8	332.7	214.2
2	Xjw	406800	1537	21920	10960	1186	1848	940.5	110.5	663.1
3	Xjw	405700	1353	22050	10500	1109	1365	907.2	201.1	178.2
4	Xjw	405600	1626	21950	10330	783.2	1616	1035	249.8	555.3
5	Xjw	405300	1511	21490	9911	1115	1498	826.4	347.3	437.7
6	Xjw	405900	1165	19910	9563	716.6	1302	596.6	111.2	380.2

#M	freq	62.55	179.8	297.1	414.4	531.7	648.9	766.2	883.5	1001
7	Xjw	405600	1049	20130	9607	708.8	1075	877.9	122.7	337.6
8	Xjw	406000	1385	20139	10474	972.7	2154.8	1085.9	406.6	89.7
9	Xjw	410300	811	21065	10836	1259.7	1636.8	639.3	165.1	708.8
10	Xjw	407500	1305	19320	10460	553.1	1563	832.2	277.9	204.7
11	Xjw	406300	1265	22010	11150	1135	1641	871.4	66.39	235.2
12	Xjw	410400	1156	18724	9824	1021.5	2419.3	1260.3	246.8	450.3
13	Xjw	406300	1076	21208	10889	915.1	2612.4	1254.3	379	383.9
14	Xjw	409900	1030	21445	11594	994.4	1376.8	977.3	217.4	849.5
15	Xjw	411500	1187	18826	9961	937.8	2359.1	1254.5	206.7	686.6
16	Xjw	406900	1010	22897	11968	756.1	1981.4	1006.5	61	417.8
17	Xjw	409200	807.2	20920	10860	1214	1520	1133	411.5	68.98
18	Xjw	406900	1343	19041	11284	929.1	1897.3	856.9	364.4	962.8
19	Xjw	405800	1328	21385	11524	1047.3	2528.9	1267.2	242.9	118.1
20	Xjw	409400	994	20221	12024	701.7	2206.4	1099.6	320.9	898.1
21	Xjw	411000	930	20895	11317	1131.8	2287.9	1246.4	387	242.8
22	Xjw	409800	909	20191	11418	1029.3	1422.2	598.2	197.9	791.6
23	Xjw	411400	1371	18603	10204	1105.5	2626.8	872.2	188	213.8
24	Xjw	411100	1062	22791	11440	916.4	2554.2	933.1	175.3	412.5
25	Xjw	411500	1229	21820	11510	1192	2405	1025	284.7	657.7
26	Xjw	407000	1300	18997	11736	1252	1443.2	994.5	320.9	621.4
27	Xjw	406800	1318	20313	10819	1156	2661.1	900.4	217.7	292
28	Xjw	407300	843	21312	10120	867.9	1796.6	1122.1	163.3	739.2
29	Xjw	406900	775	22608	12012	848.6	2206.8	787.2	292.2	263.3
30	Xjw	408800	769.4	18490	10320	1323	2708	1323	264	751.3
31	Xjw	406500	1333	21645	11282	866.3	1873.3	909.9	135.5	891.3
32	Xjw	409500	1114	19677	10353	1116.7	1627.4	1205	363.5	1047.3
33	Xjw	405900	1514	19540	10618	712.9	1451.2	977.3	304	876.6
34	Xjw	409000	796.9	19980	10560	1380	2275	628.7	380.9	990.6
35	Xjw	405700	1559	22254	11210	902.4	2596.5	850	260.5	862.4
36	Xjw	408300	1067	20550	10060	1171	2579	855.1	358.2	1060
37	Xjw	409400	912	19895	11793	938.6	1913.1	872.7	139.5	512
38	Xjw	407500	1516	22671	11665	1122	1326.2	1248.1	190	743.7
39	Xjw	405500	1527	21199	10176	1102.2	1429.1	875.4	71.1	825.8
40	Xjw	411400	1062	21819	11243	1220.4	2166.8	883.2	315.4	725.3
41	Xjw	405800	1433	21140	9840	846.6	1479.7	1178.5	132.1	619.1
42	Xjw	409900	1333	19970	10290	979.1	2496	1237	297.8	484.5
43	Xjw	406800	1100	18641	11595	1163.6	1396.5	639.7	195.4	803.2
44	Xjw	408800	1126	18794	11626	1059.3	2248.8	895.5	405.8	397.7
45	Xjw	410000	874	21249	10110	1113.9	1672.3	984.3	337.9	79.8
46	Xjw	407100	1492	22237	10849	927.6	1970	971.6	240.2	372.2
47	Xjw	407000	799	21811	10510	1164.9	1863.9	712.8	345.8	311.8
48	Xjw	407700	1173	20792	10721	782.5	1756.1	921.4	271.2	353.2

#M	freq	62.55	179.8	297.1	414.4	531.7	648.9	766.2	883.5	1001
49	Xjw	409000	894.2	19670	10020	692	1831	727.3	122.9	395

Tabla 31: Espectro de la fundamental y los armónicos con sus módulos de FOURIER de la fase S – Fuente propia

#M	freq	62.55	179.8	297.1	414.4	531.7	648.9	766.2	883.5	1001
0	Xjw	406400	2155	21240	11900	532.9	864.3	431.4	424	332.7
1	Xjw	405500	2221	22480	12310	1632	1996	1259	284.5	90.1
2	Xjw	406100	2441	21770	11650	1687	1693	806.6	416.5	711.2
3	Xjw	405600	2595	21860	10770	1098	1486	904.8	185	220.3
4	Xjw	404900	1746	21350	11000	1061	1769	1027	400.1	552.8
5	Xjw	404800	1949	21060	10440	1273	1589	453.7	194	301.2
6	Xjw	405300	1848	19090	10630	1256	1227	688.7	211.1	99.42
7	Xjw	404400	1731	20270	9990	931	857.1	635.2	414.6	184.2
8	Xjw	407600	1450	19856	12284	1368.4	1943.8	535.7	124.7	430.3
9	Xjw	407200	2162	21788	11216	960.1	1536.7	1252.8	243.3	300.9
10	Xjw	406300	1344	19240	10810	452.4	1165	951.1	450.4	297
11	Xjw	405300	1493	21750	11210	749	1509	1241	39.69	582.9
12	Xjw	405700	1522	21272	11235	1427.9	2682.2	985.7	161.6	378.5
13	Xjw	406000	1509	21294	11105	1587.2	1624.3	459.8	355.5	123.4
14	Xjw	410100	1721	19719	9855	1060.8	2256.2	899.4	368.3	660.3
15	Xjw	408300	1936	18405	9659	787.5	2133.5	1150.4	367.5	265
16	Xjw	408600	2529	20322	10499	1266.4	1683.8	849.8	155.2	912.6
17	Xjw	408300	1052	21240	11070	825.1	1076	990	133.1	226.3
18	Xjw	408600	2247	21791	11850	1628.6	2559.9	625.9	389.3	382
19	Xjw	408900	1540	18277	9873	1292.9	1760.5	447.1	418.8	863.8
20	Xjw	408800	2540	21063	11611	723.3	1928.8	665.4	384.7	349.2
21	Xjw	407300	2369	20931	11974	1288.2	2175	917.2	259.5	234.4
22	Xjw	408300	2303	22365	12175	1173.5	2690.8	1256	381.4	921.4
23	Xjw	407700	2342	18318	9496	976.5	1822.5	621.3	333.1	91.9
24	Xjw	408700	1753	22102	9514	1160	1696.8	506.2	282	118.2
25	Xjw	410300	1775	21590	11680	1457	2232	1123	211.2	582
26	Xjw	404800	1473	21152	9829	1498.3	1380.1	484.1	335.1	427
27	Xjw	405800	2018	20864	11143	1636.7	2588	1025.3	184	475.7
28	Xjw	409400	2414	20019	12082	1607.8	2076.9	579	103.6	297.7
29	Xjw	407300	1531	20120	10842	1540.9	1203.4	457.5	68.8	254.7
30	Xjw	409700	1353	18050	10810	1123	2694	1082	225.5	672.5
31	Xjw	410000	1825	21819	11893	637.6	2540.6	1239.1	351.9	265.4
32	Xjw	406200	2443	21837	9974	1670.3	1391.9	549.3	419.7	759.4
33	Xjw	407100	1081	18495	10408	1029.4	2141.9	1204.8	343	951.1
34	Xjw	409400	1423	19310	10880	1386	2708	1007	118.1	890.1

#M	freq	62.55	179.8	297.1	414.4	531.7	648.9	766.2	883.5	1001
35	Xjw	408900	1723	20953	10155	1379.5	1875.1	743.6	270.9	506.3
36	Xjw	408400	1537	19440	10470	1603	2558	1242	134.4	973.3
37	Xjw	407400	1840	19493	10690	799.2	1255.6	981.8	241	796.7
38	Xjw	405100	2579	20372	11802	594.7	1077.9	557.1	398.3	884.9
39	Xjw	407700	2531	18931	9965	789.2	1945.3	1170.5	171.3	722
40	Xjw	405000	2152	18611	10412	612	2184.5	1076.5	209.8	484.6
41	Xjw	409600	1394	19232	10359	1157.1	1577.3	601.9	145.7	777
42	Xjw	409500	1274	18800	10360	1576	2462	1237	244.9	705.9
43	Xjw	405100	2101	18850	10485	984.1	2221.2	1159.5	203.3	527.2
44	Xjw	405800	2388	18081	11449	1386	1270.7	1252.9	173.2	602.5
45	Xjw	407300	2512	20097	11154	1065.6	2483.9	929.7	276.2	722.7
46	Xjw	406000	1530	18152	11746	957.7	1327.7	581	361.5	345.7
47	Xjw	410200	1408	18641	10376	660.2	2514.9	550.5	230.2	794.5
48	Xjw	408700	2516	18659	11246	1230.7	1422.4	578.2	178.6	449.9
49	Xjw	407000	1462	19160	9493	1065	1944	760.5	284.9	546.6

A continuación se muestra la tasa de distorsión armónica calculada a partir de las tablas generadas en el análisis de FOURIER por cada fase. Se aplica la fórmula siguiente:

$$THD = \left(\sum_{i=2}^n \sqrt{\frac{V_i^2}{V_n^2}} \right) * 100 \%$$

Tabla 32: Tasa de distorsión armónica de la fase R S T obtenida con el análisis de FOURIER – Fuente propia

THD R	THD S	THD T
5.98179501	6.08045521	6.02175615
6.44696955	6.39879409	6.38399018
6.1492441	6.06699341	6.14456429
5.97984718	6.04910497	6.06379447
5.90669492	6.01811336	5.97681753
5.80912698	5.87412916	5.85007909
5.40103125	5.46431936	5.43061155
5.56390561	5.51943184	5.61646707
6.02537478	5.63896382	5.7714481
5.82083123	5.8035779	6.06632399
5.38605372	5.42068949	5.45705146
6.01531675	6.10447443	6.07216099

THD R	THD S	THD T
5.79795227	5.21000523	5.99433083
5.3879282	5.92250035	5.95500654
5.48524473	5.97571418	5.43347638
6.39310156	5.2323069	5.15195309
5.43626913	6.38133309	5.6641232
5.65819219	5.79070373	5.88658043
6.16250627	5.48409218	6.14392079
5.40317307	6.04150547	5.12867285
5.83099304	5.79021008	5.94112072
5.76174953	5.82834568	5.98608627
5.48943959	5.68616761	6.31545124
5.57682425	5.21919517	5.12149607
5.93531491	6.2485685	5.92637827
6.15131059	6.04547744	6.04145921
5.85563332	5.52382121	5.79804977
5.82185304	5.71642032	5.90516587
5.24815937	5.82631051	5.7797053
5.57909345	6.32505415	5.64592259
5.23787463	5.24900318	5.20460559
6.0318953	6.0431888	6.11915035
5.6219487	5.47240912	5.97008151
5.1414451	5.51593774	5.26656301
5.47315601	5.57516571	5.48552449
6.3939948	6.19868575	5.74281982
5.69576035	5.66311625	5.48349478
5.89050026	5.68292438	5.49691595
5.61047431	6.2925019	5.86099269
5.87735671	5.83578911	5.31987103
6.21660845	6.00930729	5.33009995
6.33463519	5.78171356	5.37073828
5.49124294	5.53908665	5.31115229
6.10029017	5.42779102	5.39268662
5.92553785	5.453126	5.33787518
5.06104744	5.7698406	5.72317726
6.24468408	6.11782714	5.35719805
5.32347344	5.98003416	5.25622699
5.75606627	5.76986594	5.38885453
5.44495015	5.42677368	5.29956552

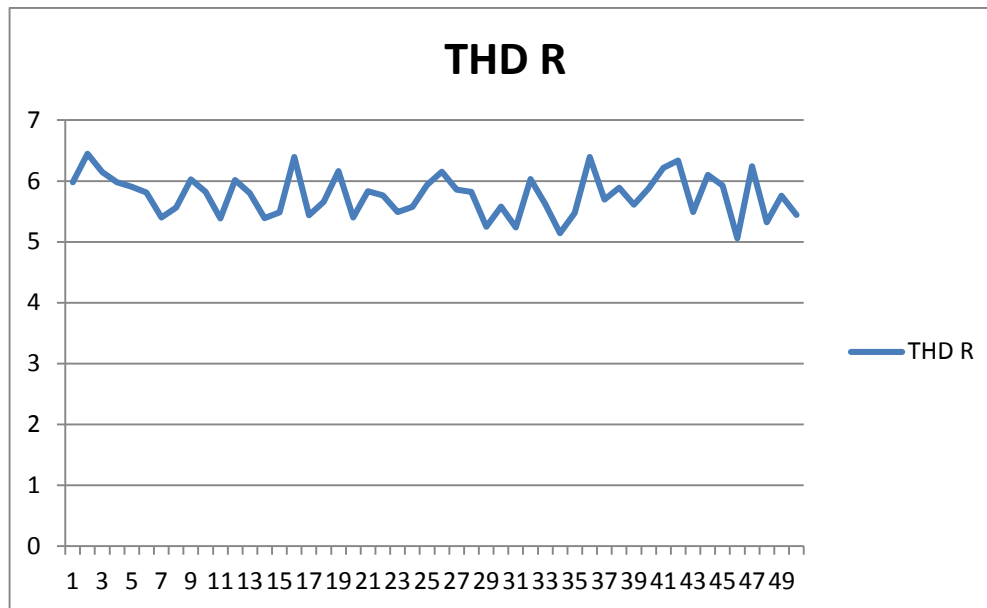


Figura 45: Comportamiento de la tasa de distorsión armónica en la fase R – Fuente propia

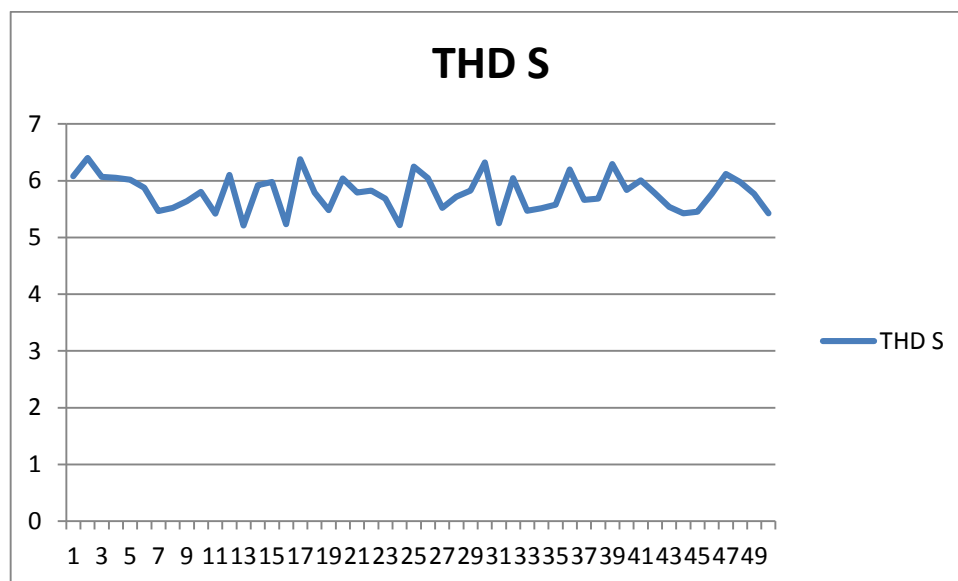


Figura 46: Comportamiento de la tasa de distorsión armónica en la fase S – Fuente propia

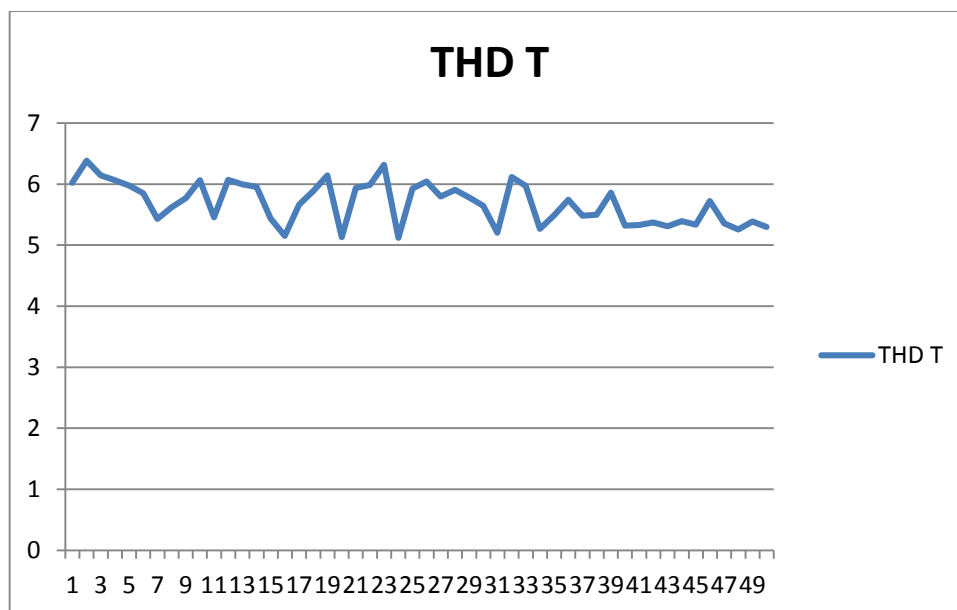


Figura 47: Comportamiento de la tasa de distorsión armónica en la fase T – Fuente propia