



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

TESIS

**“ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTITUCIONES DE
EDUCACIÓN SUPERIOR”**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN ENERGÍAS RENOVABLES**

PRESENTA:

ING. DIEGO ARMANDO ÁNGELES GALVÁN

ASESOR INTERNO:

DR. IVAN ALZIRI ESTRADA MORENO

ASESOR EXTERNO:

DR. ÁNGEL MARROQUÍN DE JESÚS

CHIHUAHUA, CHIH.

Septiembre, 2016

RESUMEN

En el presente trabajo se pretende demostrar que el uso eficiente de la energía en las instituciones de educación debe ser realmente tomado en cuenta, debido a que el consumo de energía por el descuido de las personas es muy elevado esto se puede mitigar creando una conciencia de responsabilidad con el uso y consumo de la energía.

La electricidad es de vital importancia en los edificios públicos, debido a que a estas instituciones les compete directamente servir a la sociedad. Es por esto que dichas instituciones necesitan ser guías y ejemplos de mejoras en este rubro. Por tal razón se prevé la conformación y Capacitación de Comités de Eficiencia Energética en cada una de las instituciones.

Para poder pensar en la aplicación de energías renovables alternas es necesario, identificar las áreas de oportunidad y darles respuesta para lograr hacer mucho más eficiente el uso de la energía eléctrica.

Debido a esto surge la necesidad de estudiar la calidad y eficiencia energética en estas instituciones, la cual busca introducir medidas de eficiencia energética en los diferentes espacios públicos para reducir barreras técnicas, políticas y de información.

La operación diaria habitual que se hace en las instituciones de educación puede conllevar a un ahorro considerable de energía si se cambian las actitudes y se es consciente del consumo real y del necesitado. En la mayoría de los casos basta con el apagado de luminarias innecesarias, o de una racionalización del consumo de la calefacción.

El trabajo está orientado al fortalecimiento de las capacidades técnicas en instituciones públicas con el objeto de lograr soluciones económicamente viables y confiables, con el fin de obtener una disminución en los pagos por suministro de energía eléctrica, ya sea por

consumo innecesario, equipo inteligente, por instalaciones en mal estado o simplemente por penalizaciones de parte de CFE.

Las energías renovables son entendidas erróneamente como ahorro de energía, sin embargo el ahorro se encuentra más en los hábitos y mentalidad del consumidor.

Las instituciones de educación superior están llamadas a jugar un papel de primer orden tanto desde la perspectiva del uso racional de sus propios recursos, como de la formación en valores que conlleven a ello. Por congregarse una gran cantidad de personas, son centros de alto consumo de energía. El consumo eléctrico suele dispararse debido a la necesidad de mantener iluminados grandes espacios abiertos durante la noche para facilitar las labores de vigilancia del recinto.

Palabras Clave: Eficiente, Energía, Educación, Conciencia, Responsabilidad, Renovables, Alternas, Capacitación.

ABSTRAC

In the present work it is to show that the efficient use of energy in educational institutions should be really taken into account, because the power consumption by the carelessness of people is very high this can be mitigated by creating an awareness of responsibility for the use and consumption of energy.

Electricity is vital in public buildings because these institutions will compete directly serve society. That is why these institutions need to be guides and examples of improvements in this area. For this reason the formation and Training Committees on Energy Efficiency in each of the institutions is expected.

To think of the application of alternative renewable energy is necessary, identify areas of opportunity and address them to achieve to make the use of electricity much more efficient.

Because of this arises the need to consider the quality and energy efficiency in these institutions, which seeks to introduce energy efficiency measures in different public spaces to reduce technical barriers, policies and information.

The usual daily operation done in educational institutions can lead to considerable energy savings if attitudes are changed and is aware of the actual consumption and needy. In most cases simply unnecessary shutdown or a rationalization of consumption of heating lamps.

The work is aimed at strengthening technical capacities in public institutions in order to achieve economically viable and reliable solutions, in order to obtain a reduction in payments for electricity supply, either by unnecessary consumption, intelligent equipment, and facilities in poor or simply by penalties CFE.

Renewable energies are mistakenly understood as energy saving, but saving is more in habits and consumer mentality.

Keywords: Efficient, Energy, Education, Awareness, Responsibility, Renewable, Alternative, Training.

RECONOCIMIENTOS

Agradezco y reconozco a todos mis profesores que durante mi formación académica me entregaron su apoyo incondicional.

Al Dr. Ángel Marroquín de Jesús. Por sus sabios conocimientos y consejos, además de integrarme como parte de su equipo de trabajo en investigaciones relacionadas con el uso eficiente de las Energías Renovables. Así mismo al Dr. Olivares por su tiempo sus experiencias compartidas y sobre todo por su paciencia.

Agradezco de igual forma a la Universidad Tecnológica de San Juan del Rio, Querétaro; Por todo el apoyo brindado durante mis estudios de maestría, agradezco al Dr. Víctor Manuel Sánchez Cabrera Rector de la Universidad Tecnológica de San Juan del Rio, por permitirme desarrollar mi seminario de tesis en sus instalaciones.

Agradezco al grupo directivo de esta casa de estudios, en especial al Mtro. Carlos Vergara Rivera, quien en su momento me mostro que el desarrollo profesional viene de la mano con el económico. No lo entendía, pero ahora lo tengo muy claro, gracias por los consejos y la confianza.

También quiero agradecer al CIMAV y a sus profesores investigadores ya que sin sus conocimientos y dedicación no hubiera logrado terminar esta etapa de mi vida, siempre estaré agradecido con todos ustedes, y, sobre todo, aplicaré los conocimientos a favor del bienestar humano y del medio ambiente.

Índice General

RESUMEN	3
ABSTRAC	5
<i>RECONOCIMIENTOS</i>	6
PRÓLOGO	10
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO 1.	16
COSTOS DE ENERGÍA ENERGÉTICA	16
1.1 TARIFAS ELÉCTRICAS.	16
1.2 DIFERENTES TIPOS DE TARIFAS.	16
1.3. TARIFA HORARIA HM PARA SERVICIO GENERAL EN MEDIA TENSIÓN, CON DEMANDA DE 100 KW O MÁS Y SUS CARGOS.	17
1.3.1 Cuotas aplicables en el mes de Enero del 2015.	17
1.3.2 Tarifa H-M (2014-2015).	18
1.3.3 Aplicación	18
1.3.4 Mínimo mensual.	18
1.3.5 Demanda contratada	19
1.3.6 Horario.	19
1.3.7 Periodos de punta, intermedio y base.	20
1.3.8 Demanda facturable.	22
1.4 Factor de potencia.	24
1.4.1 Penalizaciones y bonificaciones.	24
CAPÍTULO 2	25
DESARROLLO DEL PROYECTO	25
2.1 SELECCIÓN DE EDIFICIOS.	25
2.2 PROPUESTA TÉCNICA	25
2.3 ANTECEDENTES	26
2.4 OBJETIVO	26
2.5 ALCANCES.	26
2.6 CONFIABILIDAD.	27
2.7 ACTIVIDADES A DESARROLLAR	27

2.7.1. Estrategia de Trabajo.....	28
2.7.2. Recopilación de Información.....	29
2.7.3. Realización de Mediciones.....	30
2.7.4. Ingeniería Energética.....	32
2.7.5. Análisis.....	33
2.7.6. Determinación de Potenciales.....	33
2.7.7. Determinación de Oportunidades de AE.....	34
2.7.8. Ingeniería Económica.....	34
2.7.9. Trabajos Complementarios.....	35
CAPÍTULO 3	36
INFORME FINAL	36
3.1 Introducción	36
3.2. Universidad Tecnológica de San Juan del Rio, Querétaro.....	36
3.2.1. Equipo para distribución de energía eléctrica en la Universidad Tecnológica de San Juan del Rio, Qro.....	38
3.3. Análisis y Comparación de Mediciones de Calidad Energética.....	42
3.3.1. Introducción	42
3.3.2. Visita de Campo	43
3.3.3. Entrevistas con Personal de Mantenimiento	43
3.4 Análisis de Facturación	43
3.4.1. Facturación en Tarifa HM	44
3.4.2. Consumo de energía eléctrica	45
3.4.3. Importes por consumo de energía	45
3.4.4. Demanda Facturable	46
3.4.5. Factor de Potencia.....	50
3.4.6. Factor de Carga.....	51
3.4.7. Distribución de importes de facturación eléctrica.	52
CAPÍTULO 4	54
OPORTUNIDADES DE AHORRO EN LA UTSJR.	54
4.1. Edificio O	55
4.1.1. Análisis de Voltajes Edificio “O”	58

4.1.2 INFORME FINAL SOBRE VARIABLES ELECTRICAS PARA LA SUBESTACIÓN CE1-225	68
4.2. Edificio J	70
4.2.1 Análisis de Voltajes Edificio “J”	72
4.3. Laboratorio N	83
4.3.1 Análisis de Voltajes Edificio N	86
4.3.2 INFORME FINAL SOBRE VARIABLES ELECTRICAS PARA LA SUBESTACIÓN CE2-300	96
4.4. Edificio F	97
4.4.1. Análisis de Voltajes Edificio F	99
4.4.2 INFORME FINAL SOBRE VARIABLES ELECTRICAS PARA LA SUBESTACIÓN CE3-300	110
4.5. Edificio I	111
4.5.1. Análisis de Voltajes Edificio I	114
4.6. Edificio H	125
4.6.1. Análisis de Voltajes Edificio H	127
4.6.2 INFORME FINAL SOBRE VARIABLES ELECTRICAS PARA LA SUBESTACIÓN CE4-300	138
4.7. Edificio de Medios “E”	140
4.7.1. Análisis de Voltajes Edificio de Medios “E”	143
4.7.2 INFORME FINAL SOBRE VARIABLES ELECTRICAS PARA LA SUBESTACIÓN CE5-225	153
4.8 Propuestas enfocadas al ahorro de energia electrica en la UTSJR.	154
4.8.1 Sustitucion de Sistemas de Iluminación	154
4.8.2 Utilizar focos ahorradores de 65 watts para iluminación exterior	158
4.8.3 Reducir el uso de equipo de bombeo de agua	159
4.8.4 Utilizar tecnología de control de iluminación (sensores).	162
4.8.5 Seccionado de circuitos eléctricos y colocación de apagadores	163
4.8.6- Utilización de impermeabilizante fotosensible.	165
4.8.6 Implementación de un sistema fotovoltaico	165
4.8.6.1 Resumen Técnico.	166
CONCLUSIONES	168
GLOSARIO	169

SIGLAS	171
ABREVIATURAS	172
ANEXOS	174
Anexo 1: Procedimiento Control Operativo Consumo de Energía (SG-A-MS05)	174
Anexo 2: Resumen Técnico “Proyecto para el ahorro de Energía y Sustentabilidad” para la UTSJR.....	176
BIBLIOGRAFÍA	178
AGRADECIMIENTOS	180

Índice de Figuras

Fig. 1 Recibo por concepto de energía Eléctrica	16
Fig. 2 Tarifas Horarias.....	17
Fig. 3 Distribución de las regiones tarifarias.	20
Fig. 4 Demanda UTSJR 2014.....	23
Fig. 5 Metodología.	28
Fig. 6 Analizador de Redes, Marca: Fluke 435	31
Fig. 7 Amperímetro Fluke.....	32
Fig. 8 Superficie UTSJR [http://www.googleheart.com].....	36
Fig. 9 Edificio UTSJR	38
Fig. 10 Datos de la placa	38
Fig. 11 Subestación receptora UTSJR.....	39
Fig. 12 Transformador 300KVA, EMSA.....	40
Fig. 13 Transformador 300KVA	40
Fig. 14 Transformador 300KVA	41
Fig. 15 Transformador 225KVA	41
Fig. 16 Transformador 225KVA	42
Fig. 17 Importes por consumo de energía eléctrica en forma mensual	46
Fig. 18 Perfil de la Demanda	47
Fig. 19 Demanda Media VS Facturable	48
Fig. 20 Importes por demanda de potencia facturable	49
Fig. 21 Factor de Potencia.....	50
Fig. 22 Comportamiento del Factor de la Carga	52
Fig. 23 Distribución de Importes de Facturación	53
Fig. 24 Exterior Edificio "O"	55
Fig. 25 Distribución de Consumo Eléctrico Edificio "O"	57
Fig. 26 Comportamiento del voltaje referido de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.	60

Fig. 27 Comportamiento de la corriente referida de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.....	61
Fig. 28 Comportamiento de las potencias (kW), (kVAR).....	61
Fig. 29 Comportamiento de la distorsión armónica en corriente THDi.....	63
Fig. 30 Comportamiento del Factor de Potencia	65
Fig. 31 Comportamiento de la Frecuencia durante la medición.	65
Fig. 32 Comportamiento de los consumos totales (MW, MVAR).....	66
Fig. 33 Espectros de los voltajes armónicos medidos.....	68
Fig. 34 Entrada Principal Edificio "J"	70
Fig. 35 Conexión Edificio "J".....	71
Fig. 36 Comportamiento de las potencias (kW), (kVAR).....	76
Fig. 37 Comportamiento de la distorsión armónica en corriente THDi.....	78
Fig. 38 Comportamiento de la Frecuencia.....	80
Fig. 39 Equipo Conectado Edificio N	84
Fig. 40 Comportamiento del voltaje referido de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.	88
Fig. 41 Comportamiento de la corriente referida de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.....	89
Fig. 42 Comportamiento de las potencias (kW), (kVAR).....	90
Fig. 43 Entrada Principal Edificio "F"	97
Fig. 44 Entrada Principal Edificio "I"	112
Fig. 45 Equipo conectado en Edificio "I"	113
Fig. 46 Comportamiento del voltaje referido de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.	116
Fig. 47 Comportamiento de la corriente referida de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.....	117
Fig. 48 Comportamiento de las potencias (kW), (kVAR).....	117
Fig. 49 Comportamiento de la distorsión armónica en corriente THDi.....	119
Fig. 50 Comportamiento de la Frecuencia.....	121
Fig. 51 Espectros de los voltajes armónicos medidos.....	123
Fig. 52 Entrada Principal Edificio "H"	125
Fig. 53 Equipo conectado en Edificio "H".....	126
Fig. 54 Comportamiento del voltaje referido de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.	129
Fig. 55 Comportamiento de la corriente referida de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.....	130
Fig. 56 Comportamiento de la potencia activa (kW).	131
Fig. 57 Comportamiento de la distorsión armónica en corriente THDi.....	133
Fig. 58 Comportamiento del Factor de Potencia.	135
Fig. 59 Comportamiento de la Frecuencia.....	135
Fig. 60 Espectros de los voltajes armónicos medidos.....	137
Fig. 61 Datos de la subestación eléctrica no. 5.....	139

Fig. 62 Entrada Principal Edificio "E"	140
Fig. 63 Equipo conectado en Edificio "E"	141
Fig. 64 Equipo A/C 5 Toneladas	142
Fig. 65 Comportamiento del voltaje referido de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.	145
Fig. 66 Comportamiento de la corriente referida de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.	146
Fig. 67 Comportamiento de las potencias en MW, MVAR.	146
Fig. 68 Comportamiento de la distorsión armónica en corriente THDi.....	149
Fig. 69 Comportamiento del Factor de Potencia.	150
Fig. 70 Comportamiento de la Frecuencia.....	150
Fig. 71 Espectros de los voltajes armónicos medidos.....	152
Fig. 72 Sistema Actual de iluminación en salones	156
Fig. 73 Alternativa de reducción de consumo de energía en salones, sin afectar el nivel de iluminación.....	157
Fig. 74 Acrílico difusor sucio y amarillo.....	157
Fig. 75 Utilización de luz natural para iluminación de áreas de estancia común.	158
Fig. 76 Bombas Hidráulicas, 3/4 Hp.	160
Fig. 77 Mingitorios secos instalados.	161
Fig. 78 Sistema Dual en WC.	161
Fig. 79 Válvulas Ahorradoras Instaladas.	161
Fig. 80 Sensores de Movimiento Instalados.	163
Fig. 81 Propuesta de Etiquetas para colocar en apagadores.....	164
Fig. 82 Implementación de apagadores accesibles y seccionados de circuitos.....	164
Fig. 83 Aplicación de impermeabilizante color blanco.	165
Fig. 84 Demanda Media Vs Demanda Facturable 2013-2015.....	168

Índice de Tablas

Tabla 1 Tarifas Específicas.....	17
Tabla 2 Tarifas Generales.....	18
Tabla 3 Regiones Tarifarias.	18
Tabla 4 Del 1º de mayo al sábado anterior al último domingo de octubre.....	20
Tabla 5 Del último domingo de octubre al 30 de abril	21
Tabla 6 Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre	21
Tabla 7 Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril	21
Tabla 8 Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre	22
Tabla 9 Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril	22
Tabla 10 FRI y FRB para las regiones Tarifarias.....	22
Tabla 11 Número de Cuenta ante CFE.	44
.Tabla 12 Datos de la subestación eléctrica no. 1.....	54
Tabla 13 Cuadro de Cargas Edificio "O"	55

Tabla 14 Cuadro A/C Edificio "O"	56
Tabla 15 Resumen de parámetros eléctricos Edificio "O"	58
Tabla 16 Armónicos Individuales de voltaje, "O"	62
Tabla 17 Distorsión armónica permisible en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.	63
Tabla 18 Armónicos Individuales de voltaje "O"	66
Tabla 19 Niveles de distorsión armónica permisible en la tensión por el estándar IEEE 519-1992	68
Tabla 20 Datos de la subestación eléctrica no. 2.....	69
Tabla 21 Cuadro de Cargas Edificio "J"	70
Tabla 22 Cuadro A/C Edificio "J"	71
Tabla 23 Resumen de parámetros eléctricos Edificio "J"	72
Tabla 24 Armónicos Individuales de Corriente, "J"	76
Tabla 25 Armónicos Individuales de voltaje, "J"	80
Tabla 26 Espectros de los voltajes armónicos medidos.....	82
Tabla 27 Entrada Principal N.....	83
Tabla 28 Cargas Conectadas Edif. "J"	84
Tabla 29 Equipo de A/C, EDIF. "J"	84
Tabla 30 Cargas de Equipo pesado, "N"	85
Tabla 31 Resumen de parámetros eléctricos Edificio "N"	86
Tabla 32 Armónicos Individuales de Corriente, "N"	90
Tabla 33 Cuadro de cargas eléctricas, "I"	113
Tabla 34 Resumen de parámetros eléctricos Edificio "I"	114
Tabla 35 Armónicos Individuales de Corriente, "I"	118
Tabla 36 Armónicos Individuales de voltaje, "I"	121
Tabla 37 Cuadro de Carga eléctricas, "H"	126
Tabla 38 Resumen de parámetros eléctricos Edificio "H"	127
Tabla 39 Armónicos Individuales de Corriente, "H"	131
Tabla 40 Armónicos Individuales de voltaje, "H"	135
Tabla 41 Cuadro de cargas eléctricas "E"	141
Tabla 42 Cargas eléctricas de equipos de A/C, "E".....	142
Tabla 43 Resumen de parámetros eléctricos Edificio de Medios "E"	143
Tabla 44 Armónicos Individuales de Corriente, "E"	147
Tabla 45 Armónicos Individuales de voltaje, "E"	150
Tabla 46 Tabla de Consumos antes de nuestra propuesta.....	155
Tabla 47 Tabla de consumo después de aplicar nuestras propuestas.....	155
Tabla 48 Comparativos de consumo en iluminación Exterior.	158
Tabla 49 Consumo de energía eléctrica en área de bombas antes de realizar propuestas.	160
Tabla 50 Consumo de energía eléctrica en área de bombas después de aplicar las propuestas.	162
Tabla 51 Tabla de Resumen Técnico "Proyecto para el Ahorro de Energía y Sustentabilidad" .	166

PRÓLOGO

Con el pasar de los años en nuestro país y en el mundo entero la electricidad se ha vuelto no solo un lujo, sino una necesidad para poder desarrollarse y aumentar el nivel de vida de la población.

Hoy en día la electricidad es utilizada en mayor medida por equipos de iluminación, refrigeración y aires acondicionados en edificaciones, esto debido a la comodidad y satisfacción de las personas en sus lugares de trabajo y también al clima tan cambiante de nuestro país. En la industria se utiliza principalmente en motores.

También la electricidad se ve afectada por el aumento de dispositivos de control electrónicos, como computadoras, impresoras, variadores de frecuencia, etc. Este tipo de dispositivos son delicados ya que con pequeñas variaciones en sus niveles permisibles de voltaje, corriente o frecuencia. Se ven afectados en gran medida, volviéndose menos eficientes y su vida útil disminuye; en casos extremos se presentan daños irreparables.

Es por esto que surge la necesidad de estudiar las variaciones en el sistema eléctrico desde el punto de entrega de la distribuidora hasta el punto de conexión del usuario final; así como también el uso de la electricidad en los edificios.

Para este caso se estudiarán edificios de interés público, ya que de estas instituciones depende mucho nuestra vida y nuestros impuestos.

De esta manera se presentarán alternativas favorables para poder ahorrar energía eléctrica, evitar multas y hacer más eficientes los sistemas. El ahorro de energía se verá reflejado también en un ahorro económico importante para estas instituciones públicas. De este modo se verían beneficiados no solo estas instituciones sino también los usuarios ya que se podrían reinvertir estos fondos para el beneficio de la población.

INTRODUCCIÓN

México ha fijado metas ambiciosas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) hacia 2020 y 2050. Después del sector transporte, el uso final de la energía en el sector industrial y de servicios es uno de los que presenta las mayores áreas de oportunidad para reducir dichas emisiones. Prácticas como el ahorro y uso eficiente de la energía pueden contribuir enormemente a alcanzar esas metas, especialmente en el caso de usuarios con un alto consumo de energía.

En este sentido, los Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn), cuando son implementados de forma continua y sistemática, han demostrado su éxito como una metodología para mejorar el desempeño energético de las empresas, independientemente de su tamaño o actividad. Si se tiene en cuenta que los gastos asociados al uso de la energía representan una parte importante de los costos operativos de las empresas, resulta evidente que una reducción en los mismos contribuye de forma importante a su competitividad. No obstante, existen otros co-beneficios que se pueden obtener con la implementación de los SGEn, como por ejemplo, una mejora en la imagen tanto al interior de la empresa como hacia el exterior si se combina con una campaña de difusión, en donde se resalten los compromisos de las empresas con la sociedad y el cuidado del medio ambiente. Todo esto se puede llevar a cabo de una forma costo efectiva, debido a que precisamente los costos evitados por el uso de la energía servirán posteriormente para recuperar los gastos del SGEn y de las actividades que resulten de su implementación.

Este trabajo aporta una guía práctica para el diseño, la implementación, el mantenimiento y la mejora de un SGEn y facilita su integración a la estructura y estrategia de cualquier tipo de organización. Los SGEn se basan en un modelo de mejora continua Planear/Hacer/Verificar/Actuar (PHVA), que ya está asimilado e implementado por las empresas alrededor del mundo para reducir costos e incrementar su competitividad. Finalmente, y a pesar de que en este trabajo se consideran los aspectos clave de un sistema de gestión de la energía con base en los requisitos de la Norma Mexicana NMX-J-SAA-50001-ANCE-IMNC-2011, equivalente a la Norma Internacional ISO 50001: 2011, los lineamientos presentados también pueden ser implementados en el contexto de empresas que no cuenten con o aspiren a tener un SGEn.

CAPÍTULO 1.

COSTOS DE ENERGÍA ENERGÉTICA

1.1 TARIFAS ELÉCTRICAS.

Para comprender y mostrar la estructura de las cuotas que se aplican por el servicio de energía eléctrica, se necesita primeramente identificar la tarifa de suministro. En el recibo de pago se puede identificar esta fácilmente.



Fig. 1 Recibo por concepto de energía Eléctrica

1.2 DIFERENTES TIPOS DE TARIFAS.

Las Tarifas eléctricas se dividen de acuerdo al usuario final que lo recibe, si este es de servicio público o doméstico, estarán dentro de las tarifas específicas; mientras que las relacionadas con comercios, negocios, industria, etc., pertenecen a las tarifas generales. A continuación, se muestra la clasificación de las tarifas, (Fig. 3.2).

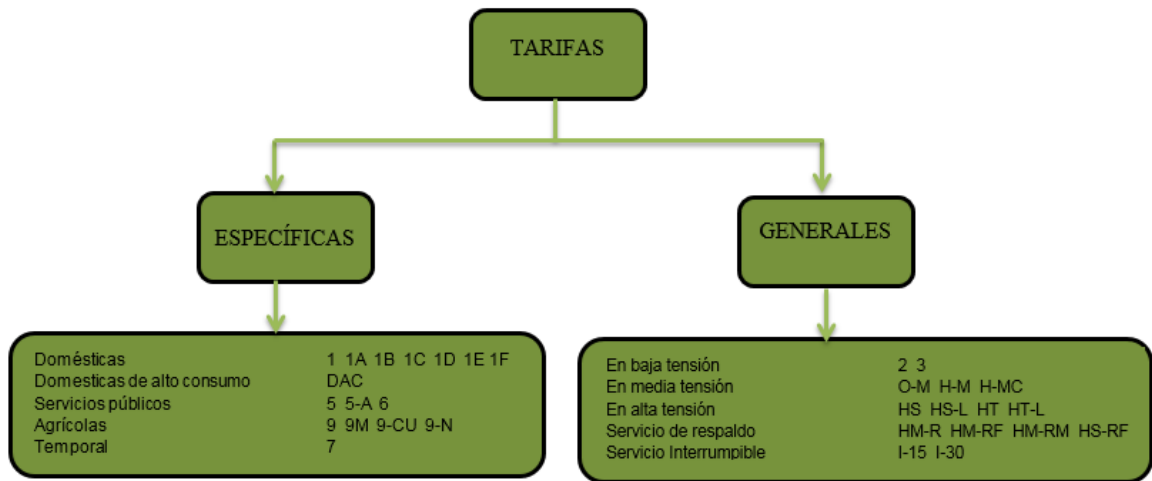


Fig. 2 Tarifas Horarias.

1.3. TARIFA HORARIA HM PARA SERVICIO GENERAL EN MEDIA TENSIÓN, CON DEMANDA DE 100 KW O MÁS Y SUS CARGOS.

La Universidad Tecnológica de San Juan del Río se encuentra en la tarifa horaria HM con una demanda contratada de 350 KW y carga conectada de 350 KW.

1.3.1 Cuotas aplicables en el mes de Enero del 2015.

Para cada uno de los meses del año, la comisión federal de electricidad (CFE) publica en su página de internet www.cfe.gob.mx los costos que se aplicaran por los cargos siguientes:

- Demanda facturable en kW (demanda máxima medida sostenida por 15 minutos)
- Energía consumida en kWh (consumo en cada horario: punta, intermedio y base)

Tabla 1 Tarifas Específicas.

Tarifas específicas	
Domesticas	1 1A 1B 1C 1D 1E 1F Cuotas mensuales autorizadas
Domesticas de alto consumo	DAC Cuotas mensuales autorizadas

Servicios públicos	5 5-A 6 Cuotas mensuales autorizadas
Agrícolas	9 9M 9-CU 9-N Cuotas mensuales autorizadas
Temporal	7 Cuotas mensuales autorizadas
Acuícola	EA

Tabla 2 Tarifas Generales.

Tarifas generales	
En baja tensión	2 3 Cuotas mensuales autorizadas
En media tensión	O-M H-M H-MC Cuotas mensuales autorizadas
En alta tensión	HS HS-L HT HT-L Cuotas mensuales autorizadas
Servicio de respaldo	HM-R HM-RF HM-RM HS-R HS-RF HS-RM HT-R HT-RF HT-RM Cuotas mensuales autorizadas
Servicio interrumpible	I-15 I-30 Cuotas mensuales autorizadas

1.3.2 Tarifa H-M (2014-2015)

Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más.

1.3.3 Aplicación

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más. Cuotas aplicables en el mes de enero de 2015. Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda facturable, por la energía de punta, por la energía intermedia y por la energía de base.

Tabla 3 Regiones Tarifarias.

REGIÓN	CARGO POR KILOWATT DE DEMANDA FACTURABLE	CARGO POR KILOWATT - HORA DE ENERGÍA DE PUNTA	CARGO POR KILOWATT - HORA DE ENERGÍA INTERMEDIA	CARGO POR KILOWATT - HORA DE ENERGÍA DE BASE
Baja California	\$ 262.45	\$ 2.1298	\$ 1.0459	\$ 0.8215
Baja California Sur	\$ 252.25	\$ 1.7087	\$ 1.4510	\$ 1.0270
Central	\$ 181.85	\$ 2.0411	\$ 1.1579	\$ 0.9682
Noreste	\$ 167.19	\$ 1.8854	\$ 1.0751	\$ 0.8807
Noroeste	\$ 170.73	\$ 1.8964	\$ 1.0669	\$ 0.8939
Norte	\$ 167.96	\$ 1.8989	\$ 1.0855	\$ 0.8826
Peninsular	\$ 187.92	\$ 1.9965	\$ 1.0880	\$ 0.8961
Sur	\$ 181.85	\$ 1.9991	\$ 1.1064	\$ 0.9205

1.3.4 Mínimo mensual

El importe que resulta de aplicar el cargo por kilowatt de demanda facturable al 10% de la demanda contratada.

1.3.5 Demanda contratada

La demanda contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 100 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

1.3.6 Horario

Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos. Por días festivos se entenderán aquellos de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la fracción IX, así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial.



Fig. 3 Distribución de las regiones tarifarias.

1.3.7 Periodos de punta, intermedio y base.

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación.

Región Baja California

Tabla 4 Del 1º de mayo al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes		0:00 - 14:00 18:00 - 24:00	14:00 - 18:00
Sábado		0:00 - 24:00	
domingo y festivo		0:00 - 24:00	

Tabla 5 Del último domingo de octubre al 30 de abril

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 17:00 22:00 - 24:00	17:00 - 22:00	
Sábado	0:00 - 18:00 21:00 - 24:00	18:00 - 21:00	
domingo y festivo	0:00 - 24:00		

Región Baja California Sur

Tabla 6 Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes		0:00 - 12:00 22:00 - 24:00	12:00 - 22:00
Sábado		0:00 - 19:00 22:00 - 24:00	19:00 - 22:00
domingo y festivo		0:00 - 24:00	

Tabla 7 Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00	
Sábado	0:00 - 18:00 21:00 - 24:00	18:00 - 21:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00	

Regiones Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur

Tabla 8 Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Tabla 9 Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

1.3.8 Demanda facturable

La demanda facturable se define como se establece a continuación:

$$DF = DP + FRI \times \text{Max} (DI - DP, 0) + FRB \times \text{Max} (DB - DPI, 0)$$

Dónde:

DP es la demanda máxima medida en el periodo de punta

DI es la demanda máxima medida en el periodo intermedio

DB es la demanda máxima medida en el periodo de base

DPI es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio

FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:

Tabla 10 FRI y FRB para las regiones Tarifarias.

Región	FRI	FRB
Baja California	0.141	0.070
Baja California Sur	0.195	0.097
Central	0.300	0.150

Noreste	0.300	0.150
Noroeste	0.300	0.150
Norte	0.300	0.150
Peninsular	0.300	0.150
Sur	0.300	0.150

En las fórmulas que definen las demandas facturables, el símbolo "Max" significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Las demandas máximas medidas en los distintos periodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo correspondiente. (Ver Fig. 1.4)

Cualquier fracción de kilowatt de demanda facturable se tomará como kilowatt completo.

Cuando el usuario mantenga durante 12 meses consecutivos valores de DP, DI y DB inferiores a 100 kilowatts, podrá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa O-M.

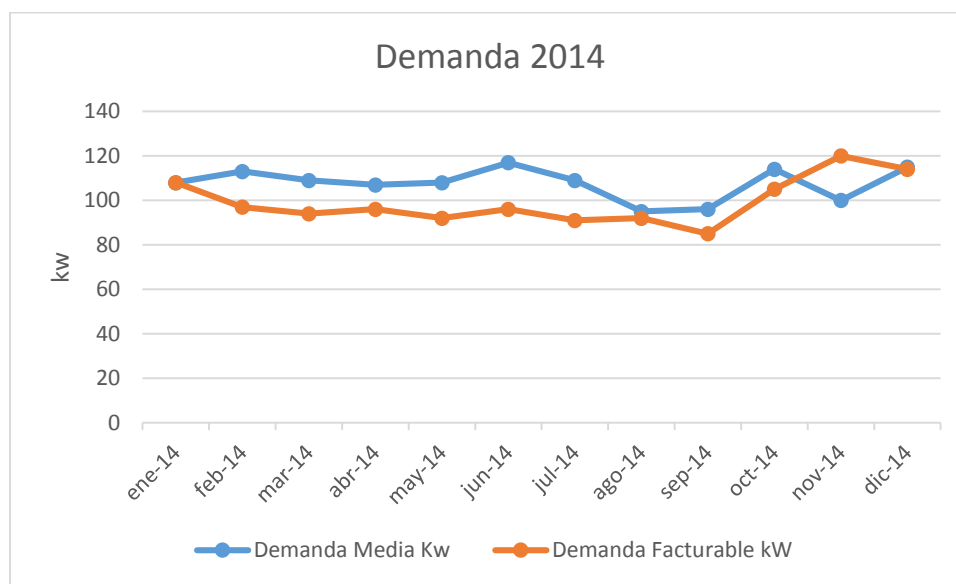


Fig. 4 Demanda UTSJR 2014

1.4 Factor de potencia.

Es el nombre dado a la relación de la potencia activa (de trabajo o real), usada en un circuito eléctrico, expresada en kilowatts (kW); y la potencia aparente (total) que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en kilo volts-Amper (kVA). Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, etc. Estas cargas requieren de una potencia para generar un campo electromagnético para que puedan operar. Esta potencia de carácter reactivo o imaginario, que no se convierte en trabajo útil, es sumada al consumo de potencia activa o real (kW) dando como resultado una potencia total llamada potencia total o aparente dada en kVA.

Entonces el factor de potencia es una relación que indica el porcentaje de potencia real (kW) que se convierte en trabajo respecto a la potencia total (kVA).

1.4.1 Penalizaciones y bonificaciones

Ecuación para calcular el porcentaje de penalización por bajo FP ($FP < 0.9$)

$$\text{Penalización (\%)} - \frac{3}{5} * \left[\frac{0.9}{FP} - 1 \right] * 100$$

En el caso de que el factor de potencia tenga un valor superior a 0.9, el suministrador tendrá la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación según la siguiente ecuación:

Ecuación para calcular el porcentaje de bonificación por alto FP ($FP > 0.9$)

$$\text{Bonificación (\%)} - \frac{1}{4} * \left[1 - \frac{0.9}{FP} \right] * 100$$

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un solo decimal, por defecto o por exceso, según sea o no menor que 5 (cinco) el segundo decimal. En ningún caso se aplicarán porcentajes de penalización superiores a 120% (ciento veinte por ciento), ni porcentajes de bonificación superiores a 2.5% (dos punto cinco por ciento)

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 SELECCIÓN DE EDIFICIOS

Para el análisis que se propone se seleccionaron varios edificios bajo los siguientes criterios:

- Un edificio nuevo de forma que cumpliera con la normatividad actual y sirviera como base de comparación.
- Un edificio cuyas instalaciones tuvieran más de 10 años de operación y presentara irregularidades respecto a las normativas vigentes.
- Un edificio el cual albergue una gran cantidad de equipos de cómputo y recintos donde se congreguen gran cantidad de alumnos.
- Un edificio que maneje voltajes mayores a 127v, y donde se realicen actividades de trabajo con maquinarias de manufactura de materiales.

2.2 PROPUESTA TÉCNICA

En el presente Trabajo se desarrolla una propuesta técnica para el ahorro de energía eléctrica en la UTSJR, ubicada en Av. La Palma # 127. Col. Vista Hermosa. San Juan del Rio, Qro.

Se sugirió la realización del presente trabajo como resultado de un análisis previo en el que se determinó el potencial de ahorro para verificar la factibilidad técnica de sus resultados.

Dicho análisis se fundamentó en los tres puntos necesarios para determinar la necesidad de un trabajo de esta naturaleza:

1. Por recorridos de campo que se realizaron en las instalaciones, para detectar áreas de oportunidad y determinar la necesidad de realizar un trabajo como el aquí propuesto.

2. Por las pláticas que se sostuvieron con el personal del Área de Mantenimiento a fin de sensibilizar las necesidades y alcances deseados de ahorro.
3. Tras efectuar el análisis que avale la necesidad de su aplicación.

2.3 ANTECEDENTES

El presente trabajo surge de la necesidad de reducir los costos de operación, derivado del incremento de la matrícula que se tiene en la universidad. Es por eso que la universidad se ve en la necesidad de buscar áreas de oportunidad que propicien el ahorro económico.

Nuestra institución por ser una empresa socialmente responsable busco alternativas que no solamente aportaran beneficios económicos, sino que propiciaran el beneficio social, como en este caso es la reducción de emisiones de efecto invernadero.

2.4 OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo, es contar con un estudio profesional de ingeniería que permita observar confiablemente, cuáles serán las acciones que se deberán implantar para lograr la reducción significativa de la facturación eléctrica mensual en aproximadamente 6% a 10%.

De acuerdo a los objetivos internos de la institución, se pretende lograr un ahorro anual de aproximadamente entre \$6,990.85 a \$11,651.43 M.N. Bajo la salvedad y entendimiento que la inversión y esfuerzo requeridos para lograrlo serán un poco considerables.

2.5 ALCANCES.

El presente trabajo contempla la realización de los trabajos de diagnóstico para ahorro de energía eléctrica a aplicarse en algunos edificios de la institución con el nivel de profundidad que nos permita la institución.

2.6 CONFIABILIDAD.

Gracias a la experiencia de los colaboradores de este trabajo como el Dr. Ángel Marroquín de Jesús y el Dr. Pedro Sánchez Santiago. Nos permite no solo garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos como producto del trabajo aquí propuesto. Sino que nuestras actividades se llevan a cabo conjuntamente con el departamento de Mantenimiento de la UTSJR, a fin de no interferir ni alterar con las actividades propias de la institución, así como también se observara la aplicación de la filosofía fundamental que en todo proyecto para ahorro de energía, se debe aplicar como parámetro de confiabilidad y que se resume como sigue:

“No deteriorar, alterar ni reducir, ya sea cualitativa o cuantitativamente, el servicio que prestan las instalaciones para cumplir sus objetivos productivos esenciales y fundamentales, al implantar medidas de ahorro de energía, permitiendo que estas intervengan exclusivamente para lograr la reducción del insumo que presenta el servicio eléctrico”

Una manera práctica de entender esta filosofía es el siguiente: Eliminar una lámpara con arreglo de 2x39 W (dos lámparas de 29 Watts) cada uno, con lo que se reduce la demanda de potencia en aproximadamente un 50%. Evidentemente con lo anterior, se reducen los niveles de iluminación requeridos en el área, produciendo condiciones fuera de norma no recomendables para las actividades desarrolladas por el personal.

2.7 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Para cubrir los objetivos y alcances establecidos, se requiere aplicar una metodología específica para ejecutar el diagnóstico para Ahorro de Energía Eléctrica “DAEE” en la institución.

Dicha metodología (Fig. 2.1) se constituye bajo un mecanismo totalmente probado, puesto en práctica desde hace casi 10 años en México, y que aporta resultados confiables.

La metodología que se aplicara para la Universidad Tecnológica de San Juan del Rio, consta básicamente de los siguientes pasos:

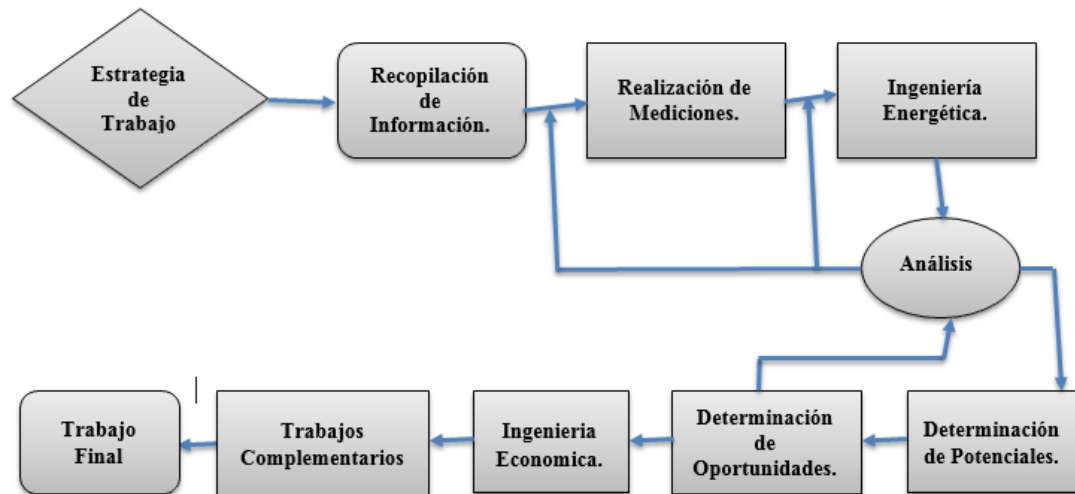


Fig. 5 Metodología.

2.7.1. Estrategia de Trabajo.

Ésta, junto con las tres siguientes actividades se llevará a efecto dentro de las instalaciones de la institución, y serán acorde a las actividades que la misma desempeñe.

Se realizara un recorrido de reconocimiento de las instalaciones en el que se recabara información verbal, para ser planteada en una reunión de trabajo a fin de establecer la estrategia de las actividades; esto quiere decir: la manera de recabar la información, organización de trabajos a desarrollar de manera global y por sistema a diagnosticar, identificando los principales edificios a medir y determinando cuales áreas tienen mayor impacto en el consumo de energía, para finalmente saber ¿Qué edificios medir?, ¿Dónde medir?, ¿Qué tipo de equipo se debe emplear en la medición?, ¿Qué intervalo de medición se debe emplear?, etc.

De lo anterior se deriva el programa de trabajo que registrará las actividades, las cuales deberán ser acordes a las actividades de cada edificio.

2.7.2. Recopilación de Información.

Como disciplina paralela a la anterior, se solicitara a la institución una lista de información útil en el análisis de las mediciones e investigaciones obtenidas. Se recabara información de cada área de la empresa, hasta donde sea posible, a través de recaudación directa, por obtención de documentos, o bien por medio de entrevistas con el personal autorizado. La participación del personal designado por la institución es indispensable para contar con información actualizada, veraz y confiable.

Los datos generales a requerir serán:

- Tiempo de operación semanal.
- Calidad y antecedentes de falla del suministro eléctrico de la compañía suministradora y en los equipos de distribución interna.
- Recopilación de facturación eléctrica (1 a 2 años).
- Planes de Mantenimiento a equipos eléctricos.
- Cargas eléctricas por edificio de estudio.

Se hará acopio de los diferentes planos con que cuente la institución, tales como:

- Arquitectónicos.
- Diagramas Unifilares.
- Planos Eléctricos.
- Layout

De los sistemas de iluminación:

- Colores internos de techos, paredes y pisos en las instalaciones.
- Tipo de lámpara y luminaria empleada por área o local de trabajo, y su relación con la actividad desempeñada en el área o local.
- Disposición de montaje de luminarias en las áreas o locales de trabajo.
- Antigüedad y estado de los sistemas de iluminación.
- Tipo de control de encendido de los sistemas de iluminación por área o local.

- Seccionamiento de circuitos.
- Necesidades de iluminación por área de trabajo.
- Homologación interna establecida por políticas de trabajo; esto es: definición de colores, niveles de iluminación mínimos, tipos de superficies, etc.
- Estudios y análisis de iluminación anteriormente realizados.

De los sistemas de aire acondicionado:

- Tipos de equipos existentes.
- Datos de placa de los equipos existentes.
- Planos de distribución de aire acondicionado.
- Antigüedad y estado de los sistemas de A/Ac y Ref.
- Tipo de control de operación y de encendido.

Nota: en caso de que los datos solicitados no se encuentren, o no estén actualizados, se incluye en estos trabajos la adquisición de datos a través del contacto directo con el equipo o el proveedor.

2.7.3. Realización de Mediciones.

Se realizará la medición de las principales variables energéticas en los edificios que presenten potencial de ahorro, así como en tableros de alimentación CCM's, para conocer su conducta desde el arranque de labores hasta el final, para poder evaluar sus condiciones energéticas de operación, así como los valores de operatividad conforme a normas:

- Corriente por fase: I1, I2, I3 y se calcula la corriente trifásica I1-2-3
- Voltaje entre fases: V1-2, V1-3 V2-3 y se calcula el voltaje trifásico V1-2-3
- Factor de potencia trifásico (F.P. Trifásico)
- Potencia Eléctrica por fase kW1, kW2, kW3 y kW totales.
- Potencia eléctrica aparente por fase kVA1, kVA2, kVA3 y kVA totales.
- Energía activa consumida kWh.

- Energía reactiva consumida kVARh.
- En caso de requerirlo: temperaturas de operación.
- Aportación de corrientes armónicas

Los equipos de medición a emplear son:

- Un analizador de redes eléctricas trifásico programable. (Fig. 2.2)
- Un luxómetro
- Un tacómetro óptico y de contacto.
- Un termómetro digital.
- Un amperímetro.
- Un multímetro.
- Equipos de cómputo.



Fig. 6 Analizador de Redes, Marca: Fluke 435



Fig. 7 Amperímetro Fluke

Nota Importante: Estos equipos deberán permanecer en la institución durante todos los trabajos de campo, debido a que su traslado consume tiempo valioso de empaque y desempaque, requiriendo de más días de trabajo que incrementa el costo de servicio, y además de que en numerosos casos será necesario dejar midiendo más de 24 horas, por lo que se requerirá de contemplar un lugar seguro de resguardo en la institución.

Las tres actividades anteriores son actividades denominadas “Actividades de campo o de planta”, las cuales serán ejecutadas de manera continua dentro de las instalaciones. Para ello, se requerirá de un espacio físico con un escritorio de trabajo que fungirá como “centro de operaciones de actividades de campo”, y que servirá para el acopio y ordenamiento de la información obtenida, al requerir descargar la información de mediciones que se obtengan con el analizador de redes, así como captura de información obtenida con los demás equipos, lo cual contribuirá a detectar anomalías en mediciones y efectuarlas nuevamente sin pérdida de tiempos.

2.7.4. Ingeniería Energética.

A partir de esta actividad, las tareas de diagnóstico se desarrollan en conjunto, a fin de realizar la Ingeniería Energética Conceptual que incluye los siguientes análisis:

- Comparación de las condiciones de operación de los equipos eléctricos contra sus características de diseño.
- Evaluación de los sistemas de iluminación para determinar la medida de ahorro apropiada en cada caso, sin reducir o modificar los niveles y características actuales de iluminación, así como la observación de cumplir la Nom 025 STPS que se exige para todo centro de trabajo niveles de iluminación.
- Evaluación de los sistemas de aire acondicionado que energéticamente represente valores de demanda y consumo importantes para determinar la medida apropiada a cada caso.
- Análisis y evaluación de la operación en los trabajos productivos de la institución que fomenten el ahorro energético por parte del personal.

2.7.5. Análisis.

En esta etapa se comparará la información obtenida a través de las mediciones con la información del proyecto original, analizando los resultados para verificar la aplicación de medidas correctivas.

Debido a que durante el análisis pueden detectarse datos cuya información no es del todo confiable, se hará necesaria la repetición tanto de la obtención de aquellos datos erróneos, como las mediciones que sea necesario volver a obtener, observándose entonces en el diagrama de flujo presentado arriba el regreso de la actividad con una línea punteada tanto a realización de mediciones, como a la ingeniería energética.

2.7.6. Determinación de Potenciales.

A partir del análisis, especialmente el de facturación y su correspondencia con los datos de producción, se van obteniendo los potenciales de ahorro de energía (AE).

2.7.7. Determinación de Oportunidades de AE.

Con el objeto de reducir el consumo de energía se evaluarán los potenciales de ahorro de acuerdo al siguiente orden:

- Primero por la aplicación de medidas administrativas y prácticas operacionales.
- Segundo ajustes y aplicaciones de administración de la energía y control de demanda.
- Por último, se consideran las medidas que apliquen por la implementación de alternativas tecnológicas de alta eficiencia.

Una vez identificados los potenciales de ahorro, así como las acciones necesarias para llevarlos a cabo, se procederá al “Análisis de Factibilidad Técnica, en conjunto con el personal técnico que para este fin designe la Universidad Tecnológica de San Juan del Río., con la finalidad de verificar que las acciones anterior mente mencionadas puedan llevarse a cabo (viabilidad) sin afectar ningún tipo de proceso. De lo anterior se puede dar la necesidad de realizar nuevas evaluaciones, regresando a la tarea del Análisis.

2.7.8. Ingeniería Económica.

Con base en el trabajo anterior y para las acciones que hayan resultado atractivas desde el punto de vista técnico, se realizara la Ingeniería Económica que permita discernir entre las diversas posibilidades de ahorro encontradas, a fin de proporcionar un proyecto de inversión rentable de acuerdo a los cálculos que la ingeniería económica aporta mediante los indicadores financieros de rentabilidad de proyectos:

- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Valor Presente Neto (VPN)
- Relación Beneficio/Costo

- Periodo de recuperación de inversión por AE.

Con lo anterior, se pretende presentar en la carpeta de resultados un proyecto de inversión atractivo para la Universidad Tecnológica de San Juan del Rio, Querétaro.

2.7.9. Trabajos Complementarios.

Se refiere a aquellos trabajos adicionales que complementan los resultados y el formato del reporte tales como evaluación de los proyectos como inversión, realización de la cartera de proyectos, así como la elaboración de diagramas, esquemas, croquis y gráficos representativos de los parámetros y consumos energéticos de operación en los equipos y sistemas que se evalúen con la finalidad de facilitar el entendimiento e interpretación de datos y resultados. Cabe hacer mencionar que, debido a que en estos trabajos se desarrolla ingeniería conceptual, no se incluye la elaboración de planos de ninguna especie ni ingeniería de detalle.

CAPÍTULO 3 INFORME FINAL

DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL DE AHORRO DE ENERGÍA EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE SAN JUAN DEL RÍO.

3.1 Introducción

En este capítulo se analizarán los datos obtenidos durante las mediciones en los diferentes edificios. Para dicho fin se presentan tablas y gráficas; las cuales servirán para establecer si los resultados obtenidos cumplen con las normas y para posteriormente hacer una comparación entre las mediciones y la factura de energía eléctrica respectiva. Además se muestra la representación de la distribución del consumo energético, cuadros de cargas.

3.2. Universidad Tecnológica de San Juan del Rio, Querétaro

La Universidad Tecnológica de San Juan del Rio en la actualidad cuenta con una superficie de 26 hectáreas 151.22m (Fig. 3.1), de las cuales solo un 40% son de construcción de edificios, en los cuales se imparten clases por la mañana a partir de las 6:00 am hasta las 11:30pm (hora del centro).



Fig. 8 Superficie UTSJR [http://www.googleheart.com]

La Universidad Tecnológica de San Juan del Río, cuenta con los siguientes edificios:

- 3 (tres) edificios de docencia con 15 a 19 aulas cada uno, área administrativa, sala de exposiciones, y cubículos de profesores.
- 3 (tres) edificios de laboratorio pesado con 6 laboratorios cada uno de ellos, cubículos de profesores.
- 1 (uno) centro de información (biblioteca, sala de capacitación, sala de Internet).
- 1 (uno) cafetería.
- 1 (uno) edificio de Vinculación (oficinas, sala magna, 2 salas para juntas y área para exposiciones y eventos).
- 1 (uno) gimnasio-auditorio.
- 1 (uno) edificio-laboratorio de medios.
- 1 (uno) edificio el cual se utiliza en su planta baja para la impartición del idioma inglés, en su parte alta se ubica los laboratorios de informática y cubículos de las carreras de Tecnologías de Información.



Fig. 9 Edificio UTSJR

3.2.1. Equipo para distribución de energía eléctrica en la Universidad Tecnológica de San Juan del Rio, Qro.

Subestación compacta:

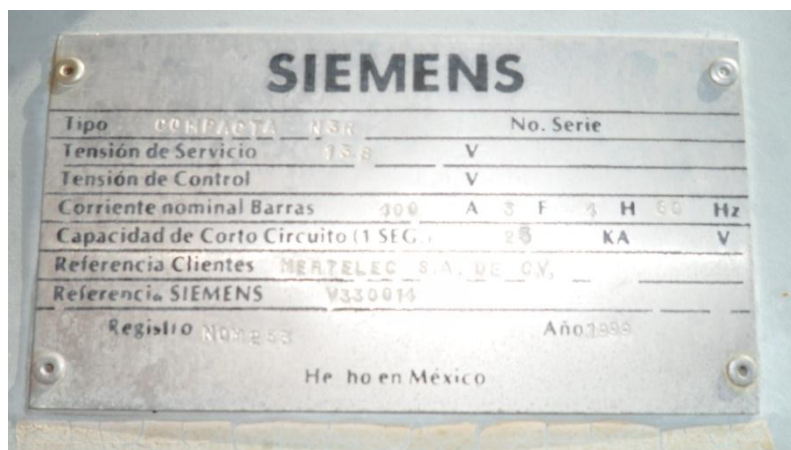


Fig. 10 Datos de la placa



Fig. 11 Subestación receptora UTSJR

Transformador de Distribución Tipo Pedestal de 300 KVA

- Marca: EMSA
- Voltaje Primario: 13200/7620
- Voltaje Secundario: 220/127
- Aceite: 655 Lts
- Fecha de Fabricación: 1999



Fig. 12 Transformador 300KVA, EMSA

Transformador de Distribución Tipo Pedestal de 300 KVA

- Marca: Transformadores de Jardín
- Voltaje Primario: 13200/7620
- Voltaje Secundario: 220/127
- Aceite: 834 Lts
- Fecha de Fabricación: 2001



Fig. 13 Transformador 300KVA

Transformador de Distribución Tipo Pedestal de 300 KVA

- Marca: Transformadores Nacionales
- Voltaje Primario: 13200

- Voltaje Secundario: 220/127
- Aceite: 700 Lts
- Fecha de Fabricación: S/ Fecha de Fabricación



Fig. 14 Transformador 300KVA

Transformador de Distribución Tipo Pedestal de 225 KVA

- Tipo: Pedestal
- Marca: Zetrak
- Voltaje Primario: 13200/7620
- Voltaje Secundario: 220/127
- Aceite: 479 Lts
- Fecha de Fabricación: S/ Fecha de Fabricación



Fig. 15 Transformador 225KVA

Transformador de Distribución Tipo Pedestal de 225 KVA

- Marca: Transformadores y Control
- Voltaje Primario: 13200/7620
- Voltaje Secundario: 220/127
- Aceite: 479 Lts
- Fecha de Fabricación: 1999



Fig. 16 Transformador 225KVA

3.3. Análisis y Comparación de Mediciones de Calidad Energética

3.3.1. Introducción

El propósito de este trabajo es la aplicación de metodologías de ingeniería que permitan observar la posibilidad de lograr, mediante acciones específicas ahorros de energía sustanciales y por supuesto, la obtención de ahorros económicos representativos. Para ello se hace necesario conocer previamente las instalaciones y efectuar un análisis preliminar basado en la información recabada durante dicha visita. Utilizando la metodología de

comparación de las demandas media y facturable promedio y evaluando la diferencia entre estas es posible determinar el potencial de ahorro de energía eléctrica.

3.3.2. Visita de Campo

Como resultado de esta visita, se obtiene información muy valiosa acerca de la distribución de los equipos, forma de operación y condiciones físicas de instalaciones.

3.3.3. Entrevistas con Personal de Mantenimiento

Como tarea inicial nos entrevistamos con personal del área, específicamente con el Ing. Miguel Enrique Martínez Torres, quien nos expresó sus impresiones sobre el estado actual de las instalaciones, y las pretensiones que muestra la rectoría de la misma sobre la reducción de costos por concepto de facturación eléctrica.

Por otra parte al mencionar la posibilidad de poder participar en el Premio Nacional de Ahorro de Energía que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y el fideicomiso para el ahorro de energía (FIDE) promocionan hubo gran interés, por lo que el deseo del ahorro de energía se percibió patente, el entusiasmo y participación de la UTSJR son tan importantes que enmarcan el resultado.

3.4 Análisis de Facturación

Como actividad imprescindible para determinar el potencial de ahorro de energía, se hace necesario analizar un periodo definido de facturación con la finalidad de entender como la institución ha empleado el servicio eléctrico, y que expectativas de ahorro existen para poder definir las acciones. En esta etapa, podemos determinar de manera preliminar los potenciales de ahorro que presenta. Así, se solicitó a la jefatura de mantenimiento copia de los últimos 12 recibos de facturación por concepto de energía eléctrica.

La Universidad Tecnológica de San Juan del Rio, Querétaro, posee el número de cuenta con las siguientes características:

Tabla 11 Número de Cuenta ante CFE.

<u>Subestación</u>	<u>Cuenta</u>	<u>Monto promedio mensual</u>
Subestación Receptora	044000810981 Tarifa HM	\$78,989.47

Por lo anterior, puede observarse que el monto total por concepto de la energía eléctrica durante el 2013 fue de \$947,873.69

3.4.1. Facturación en Tarifa HM

La tarifa HM es una tarifa horaria, regida por un precio diferente para cada una de las tres partes en que CFE divide el día de acuerdo a la demanda del servicio. Este tipo de tarifa maneja tres horarios de nominados:

Periodo Punta De 20:00 a 22:00 horas en verano, y 18:00 a 22:00 horas en invierno (es el más costoso).

Periodo Base De 22:00 a 6:00 horas (es el horario más económico).

Periodo Intermedio De 6:00 a 18:00 horas en verano, y de 6:00 a 20:00 horas en invierno (de precio intermedio).

Donde los rubros principales de facturación son el consumo de Energía (kWh) y la demanda de potencia (kW) eléctricos.

El periodo de análisis consta de 12 muestras de facturación que van desde Enero/2013 hasta Enero/2014, y hemos tabulado tanto los datos capturados, como sigue:

3.4.2. Consumo de energía eléctrica

El rubro de facturación que refleja el mayor importe en la facturación eléctrica es el consumo de energía expresado en kWh. En la Figura 3.10, se aprecia claramente la tendencia que ha observado el consumo de energía total en el periodo de análisis. Dicha tendencia es ascendente a partir del segundo semestre del año y tiende a disminuir al final de año, lo que implica, que no solo la institución ha pagado cada vez más por este rubro de facturación, debido a los conocidos incrementos mensuales continuos: sino que además, su consumo de energía ha aumentado en promedio, aun cuando se observe que los últimos tres meses de análisis exista una baja cuantitativa. El grafico se muestra en forma de bloques que indican el área bajo la curva, ya que el consumo de energía refleja la demanda puntual integrada en el tiempo. También se observa que el perfil que describe la curva de la demanda intermedia es muy similar al perfil de la demanda total, lo que implica ineludiblemente que la demanda total está regida por este horario, lo cual se refleja en la facturación final mensual, por lo que será de sumo interés analizar la posibilidad de reducir esta influencia, ya sea por control de energía o por aplicaciones administrativas.

3.4.3. Importes por consumo de energía

La Fig. 3.10, muestra el comportamiento de los pagos por concepto de energía eléctrica, en el cual se aprecia claramente la tendencia en el incremento de los mismos a partir del segundo semestre del año, con una disminución al finalizar el año. La empresa ha pagado un importe casi constante en los últimos seis meses, lo cual representa cerca del 62% del total a pagar.

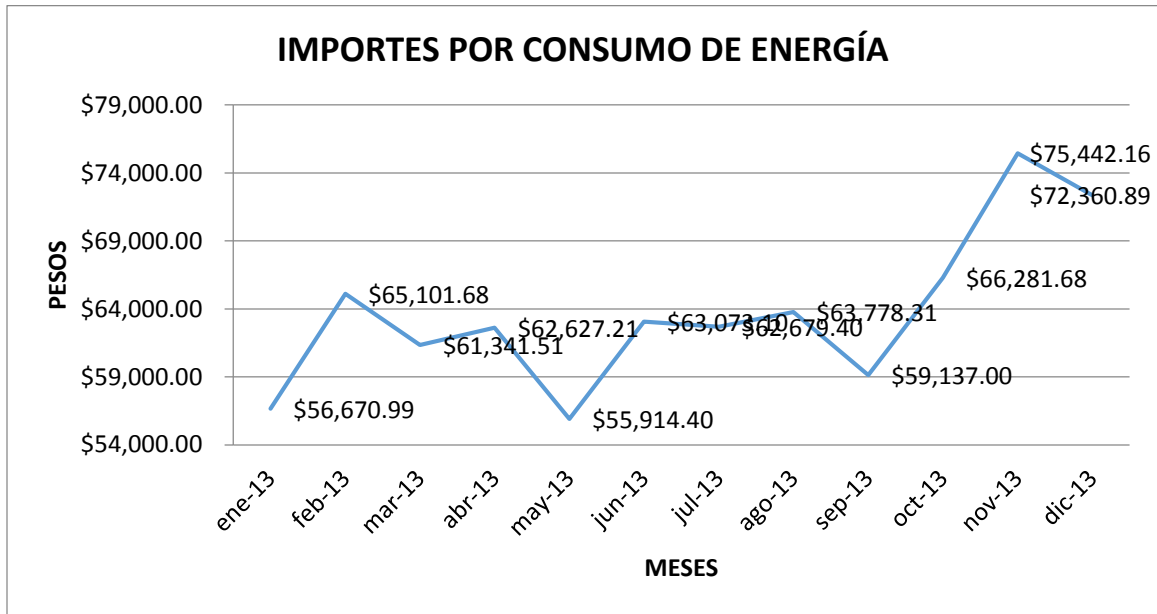


Fig. 17 Importes por consumo de energía eléctrica en forma mensual

3.4.4. Demanda Facturable

Con respecto a los datos tomados mensualmente podemos apreciar en la fig. 18 que la demanda prevalece en el horario intermedio lo cual nos indica que se está pagando la tarifa promedio.

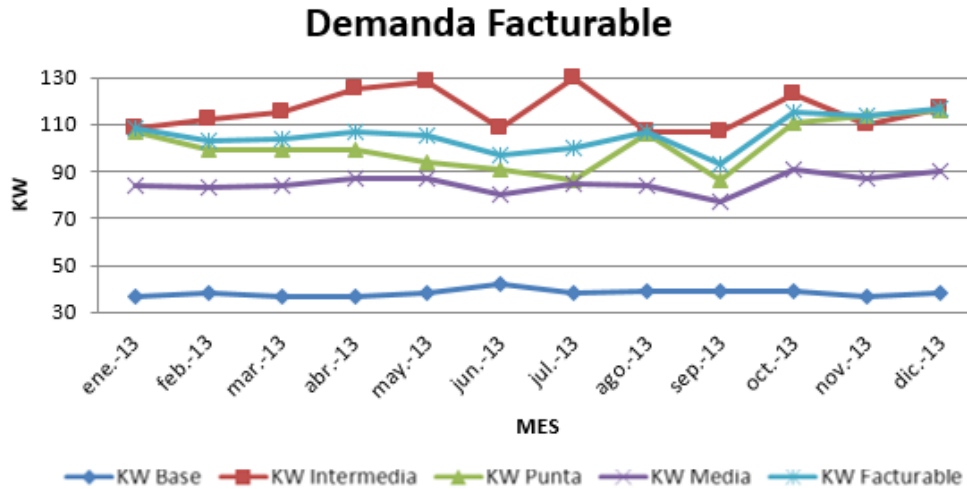


Fig. 18 Perfil de la Demanda

Para conocer cuánto se puede reducir este concepto de facturación se hace necesario recurrir a la demanda media, que es un concepto que no se presenta en la factura que expide CFE, pero que se puede calcular a través de sus valores. Lo anterior se logra aplicando la metodología de comparación de promedios, la cual consiste en sacar el promedio de cada tipo de demanda (Media y Facturable) para apreciar su diferencia.

La demanda media es un parámetro que se calcula a partir del valor de consumo, los días de facturación y el tiempo de operación de la planta, de acuerdo a la siguiente relación:

$$Demanda\ media = \frac{\text{Consumo mensual}}{\text{Días Facturados} \times \text{tiempo de operación}}$$

$$Tiempo\ de\ operación = \frac{\text{horas de operación al día}}{\text{Días facturados}}$$

El tiempo de operación es diario, por lo que sus unidades son “horas/días (h/d), que al ser multiplicados por los días facturados, dejan en el denominador únicamente “horas”.

Al dividir el consumo (en kWh) entre la resultante del producto del denominador se obtiene la potencia (kW) que se debió haber demandado en teoría y que siempre es menor que la demanda de potencia facturable.

Posteriormente se obtiene el promedio de estos valores y la diferencia entre ellos representa el “potencial de reducción de demanda” que existe en la Institución.

La Fig. 3.12; muestra el potencial de reducción de este parámetro, verificando que puede ser hasta del 20%. Si bien lograr esta reducción implicaría una fortísima inversión que quizás no se justifique, una meta más realista y alcanzable será estimar entre un 6% y un 10% de ahorro, lo que representaría aproximadamente entre \$6,990.85 a \$11,651.43 M.N. anuales a precios promedio de hace un año tan sólo por el rubro de la demanda facturable, que representa poco más del 27% de los importes totales de facturación relevante.

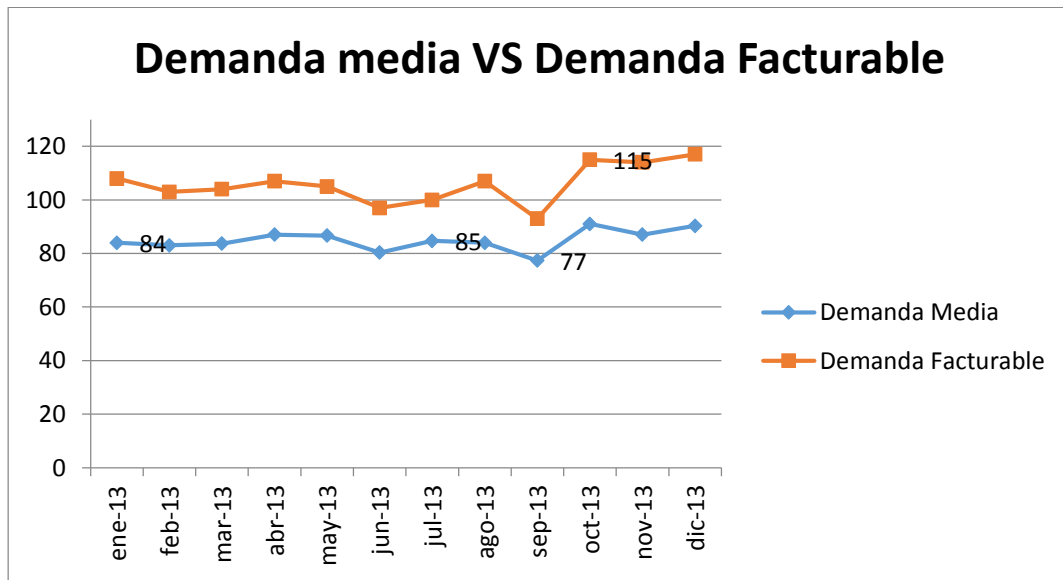


Fig. 19 Demanda Media VS Facturable

Poner atención a la reducción en demanda no solo refleja ahorros económicos directos en este rubro, sino que también impacta en el consumo de energía (kWh), ya que esta es una variable dependiente de aquel.

Debe aclararse y entenderse que el total de este potencial de reducción es teórico debido a que en realidad nunca pueden coincidir ambos valores, pues las leyes de conservación de masa y energía demuestran que existen otros factores (potencia reactiva en kVAr) que son necesarios para la operación de diversos dispositivos.

Así, el potencial de reducción en demanda facturable de 21 kW lo cual se obtiene restando el promedio de la demanda media del promedio de la demanda facturable, no es alcanzable en su totalidad, pero si en una medida importante, ya que comúnmente, parte del desperdicio de energía se debe a excesos en potencia reactiva (kVAr) derivados de equipos de baja eficiencia y cierta clase de fugas.

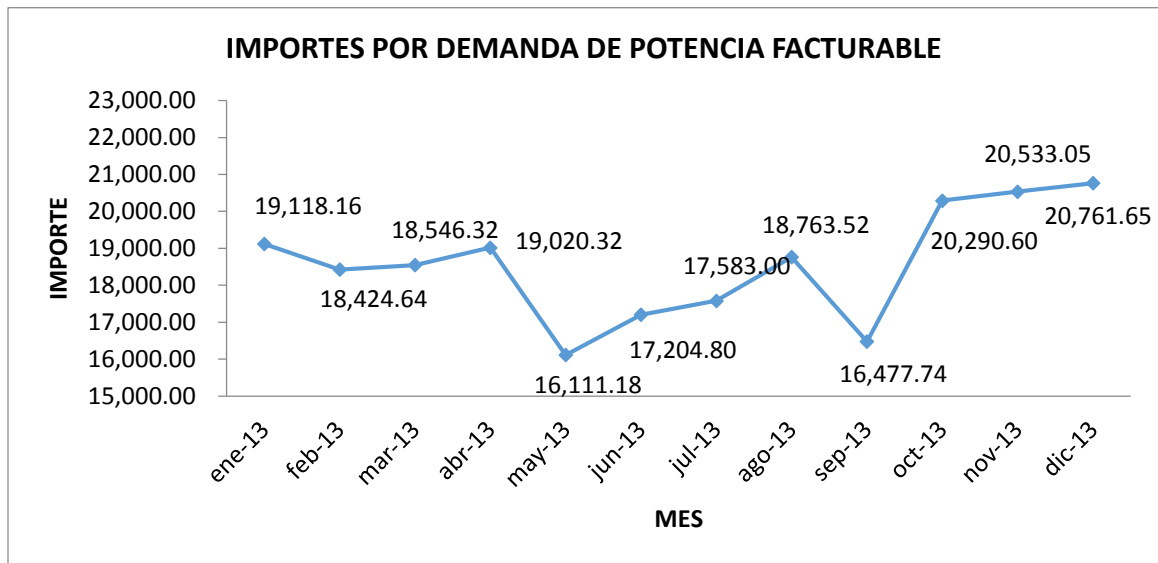


Fig. 20 Importes por demanda de potencia facturable

3.4.5. Factor de Potencia

En la fig 3.14 se muestran los valores de factor de potencia, los cuales fueron graficados para poder vislumbrar su conducta. Puede verse que el nivel del factor de potencia se comporta de una manera estable arriba del 90% mínimo exigido por Comisión Federal de Electricidad (CFE), lo que ha conllevado a no generar Penalizaciones a lo largo del año pasado.

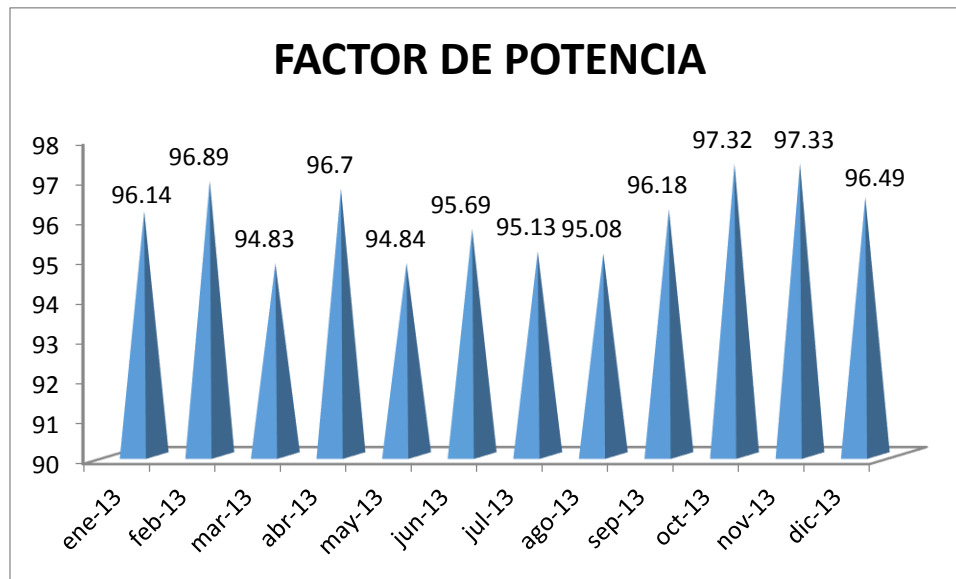


Fig. 21 Factor de Potencia

El factor de potencia no debe verse solamente como una penalización o bonificación económica, sino como un indicador del aprovechamiento óptimo de la energía sin empleo de capacitores. Su corrección emplea estos dispositivos, pero deben ser aplicados cuando se ha logrado la eficiencia energética de la institución, ya que siempre se observan alteraciones de este valor al implantar medidas de ahorro, y en tal caso, el banco de

capacitores debe ser seleccionado de acuerdo a las necesidades intrínsecas de la institución o planta proponiendo el banco del tipo adecuado: fijo o automático.

3.4.6. Factor de Carga

Adicionalmente, se presenta otro factor de importancia por su significado, el cual indica el orden de magnitud de aprovechamiento del servicio eléctrico en la institución, dicho elemento es el factor de carga, mostrando su significado en la Figura 3.15.

En la medida en que el aprovechamiento eléctrico es pobre, el factor de Carga mostrara bajos porcentajes. El principio se basa en que la energía eléctrica se suministra para desarrollar trabajo, ya sea mecánico, de comunicaciones, iluminación, etc. Y en base de que dicho trabajo es desempeñado por sólo unos cuantos equipos de los existentes, así como la presencia de los aparatos de baja eficiencia, el factor de Carga se reducirá. Así, el empleo de equipos que permitan incrementar la eficiencia, permitirá que aumente este factor.

Por otra parte, otro elemento que influye definitivamente en el factor de carga es el porcentaje de producción o utilización a plena carga de los sistemas de la planta, por lo que a mayor producción (o utilización de los equipos a su plena carga) mayor es el factor de carga.

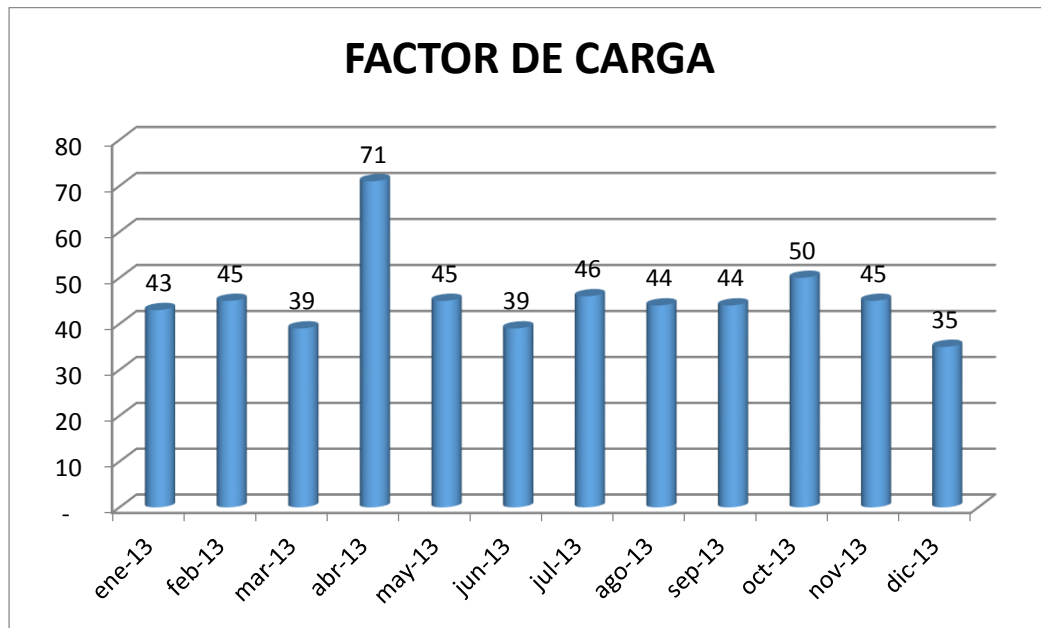


Fig. 22 Comportamiento del Factor de la Carga

El factor de carga ideal es la unidad o el 100% pero es muy difícil de alcanzar. Mientras más alto sea el factor de carga, es mayor el aprovechamiento de la energía eléctrica y menor el costo promedio de la misma. Se observa en la fig 3.15 que para los meses de abril y octubre del 2013 se tienen los valores más altos.

5.4.7. Distribución de importes de facturación eléctrica.

Observando los importes de facturación totales, se obtuvo la gráfica que se muestra en la Figura 3.16. En la que se ven las proporciones que cada rubro de facturación ha mostrado en el periodo de análisis. Como es de esperar, el rubro más impactante es el de consumo de energía (kWh) con más del 75.45% del total. Adicionalmente, se observa un rubro que es dependiente de los de consumo y demanda, y que se refiere a la disposición por alumbrado público (DAP). Este valor es el 5% del total que sumen el importe por consumo y por demanda, por lo que reduciendo estos automáticamente el DAP debe reducirse.

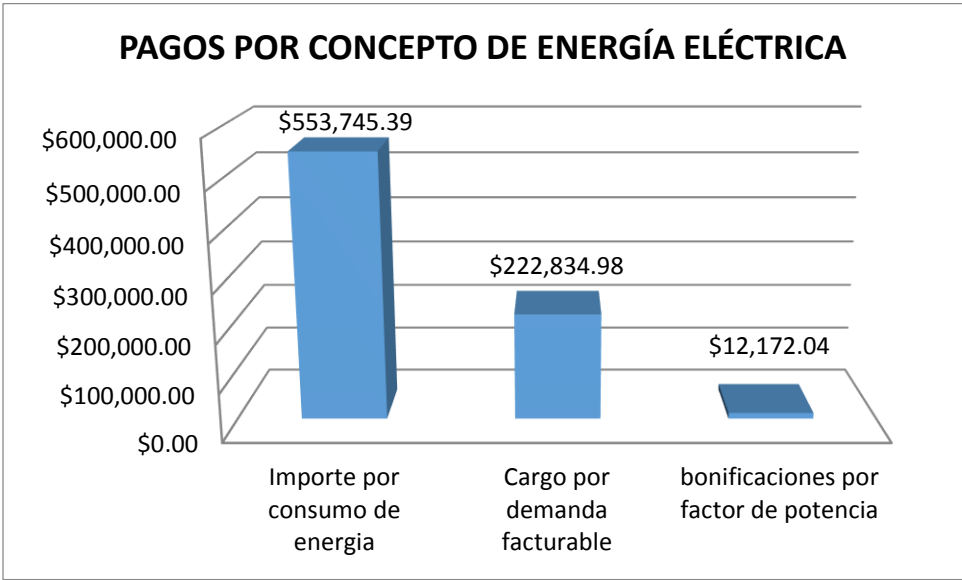


Fig. 23 Distribución de Importes de Facturación


CAPÍTULO 4

OPORTUNIDADES DE AHORRO EN LA UTSJR.

Para una evaluación de los parámetros eléctricos en las subestaciones eléctricas de la UTSJR, se realizó un estudio de calidad y ahorro de energía, para evaluar el voltaje, la corriente, las potencias, la distorsión armónica en voltaje y corriente, el factor de potencia, la frecuencia, el consumo de energía, estas actividades se realizaron por edificio entre los cuales podemos mencionar los edificios (I, O, J, F, H, E, N), lo anterior con la finalidad de realizar propuestas encaminadas al ahorro de energía. Las mediciones de los parámetros eléctricos se realizaron en el tablero principal de baja tensión que suministra la energía eléctrica a cada edificio, se utilizó el analizador de redes marca Fluke, modelo 435, que tiene la capacidad de monitorear los voltajes en las fases 1, 2 y 3, así como las corrientes en las fases y en el neutro. El equipo se programó para que pudiera realizar lecturas de parámetros eléctricos, cada 5 minutos, la información registrada se manipula utilizando el software del equipo de medición.

El período de medición fue de una semana lo que equivale a 168 horas de monitoreo continuo, durante el período de carga se registraron todos los parámetros eléctricos que se le programaron. Las mediciones se realizaron en la subestación eléctrica número 1, que cuenta con un transformador tipo pedestal, con los siguientes datos: 13.2 kV primarios-220/127 volts secundarios, con una capacidad de 225 kVA, este transformador alimenta a los edificios, (O, P, C), el edificio O es de docencia, el edificio P es de laboratorios y el edificio C es de vinculación.

.Tabla 12 Datos de la subestación eléctrica no. 1

<p>SUBESTACIÓN ELÉCTRICA #1 Potencia Aparente: 225 KVA Marca: Transformadores y Control Serie: S/N Designación: CE1-225 Voltaje Primario: 13200/7620 Voltaje Secundario: 220/127 Impedancia: 3.5% Tap de Operación: 3 Corriente Primaria (Ip):9.85 A Corriente Secundaria (Is):591.17 A Corriente de Corto Circuito en Secundario (Iscs) 16890 A Relación (Iscs)/(Is):28.57</p>	
--	--

4.1. Edificio O

Cuenta con una superficial de 2495.08 m² aproximadamente, ésta se conforma por 2 pisos. La mayor parte de las instalaciones son ocupadas como espacios de Docencia (Aulas) para el Alumnado de la UTSJR. Cuenta con una Sala de conferencias, una sala de juntas y área de maestros, las cuales cuentan con equipo de aire acondicionado. (Fig. 4.1)



Fig. 24 Exterior Edificio "O"

Se estima que las instalaciones y los equipos de acondicionamiento en su mayoría, poseen alrededor de 12 años de servicio.

El edificio está ocupado por 606 personas aproximadamente en todas las áreas, administrativas y docentes, con horarios de 7:00 A.M a 10:30 P.M. de lunes a viernes.

Tabla 13 Cuadro de Cargas Edificio "O"

Equipo	Cantidad	Potencia Individual Consumida (W)	Potencia Consumida Total (W)
Teléfono	12	5	40
Desktop PC	30	38.1	1143
Cafetera	2	900	1800

Microonda	1	600	600
Impresora Grande	3	900	2700
Refrigerador	1	600	600
Laptop	3	200	600
Cañón	17	400	6800
Iluminación	500	32	16000
A/C 1 Ton.	1	1850	1850
A/C 1.5 Ton.	2	2250	4500
A/C 2 Ton.	1	3200	3200
			39,833.00 Watts

Además del cuadro de carga presentado, se muestra una tabla con el tipo de aire acondicionado con el que se cuenta, la cantidad, su capacidad y las aéreas a las cuales acondiciona.

La temperatura de trabajo de los diferentes tipos de aire acondicionado es de aproximadamente 25°C (77°F).

Tabla 14 Cuadro A/C Edificio "O"

Tipo de Aire	Cantidad	Capacidad	Nivel a enfriar
Mini Split	1	1 Ton.	Planta Alta
Mini Split	2	1.5 Ton	Planta Baja
Mini Split	1	2 Ton	Planta Baja

En base a los datos anteriores, de la cantidad de luminaria, cuadro de carga y cantidad de aire acondicionado, se presenta la Figura 4.2, en la cual se muestra cual es el porcentaje de distribución de consumo Eléctrico por cada rubro.

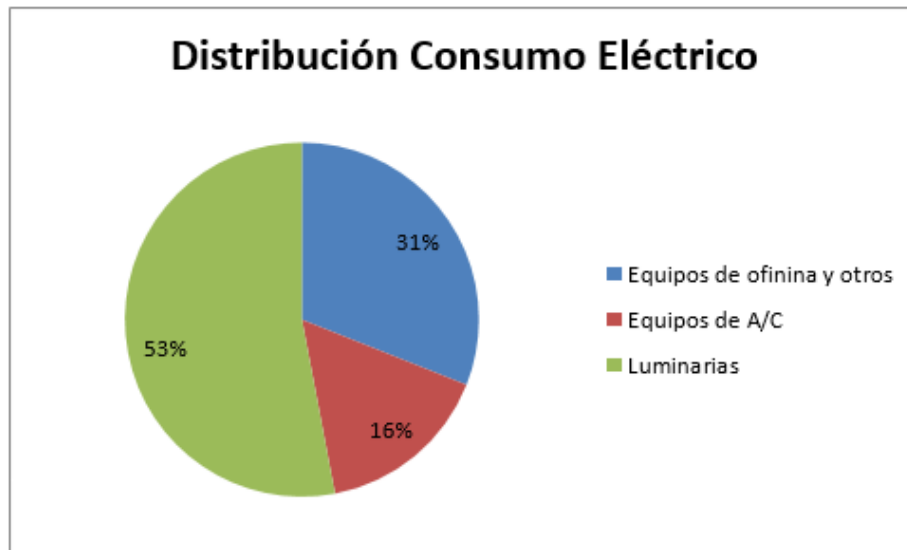


Fig. 25 Distribución de Consumo Eléctrico Edificio "O"

De la Fig. 25 “Distribución de Consumo Eléctrico Edificio o”, se puede observar que las áreas de mayor consumo energético son las siguientes: equipos de aire acondicionado, iluminación y equipos de oficina (Computadores de Escritorio, Laptop, Microondas, etc.); que representan el 31% del consumo total de energía eléctrica.

Sustituyendo los equipos de consumo eléctrico en estas áreas, podremos reducir y optimizar el uso de energía eléctrica.

En base a este gráfico, en el cual se tienen identificados cuales son las áreas en la cual se da el mayor consumo energético, se presentan en el siguiente capítulo diferentes medidas que nos ayudarán a optimizar el consumo energético.

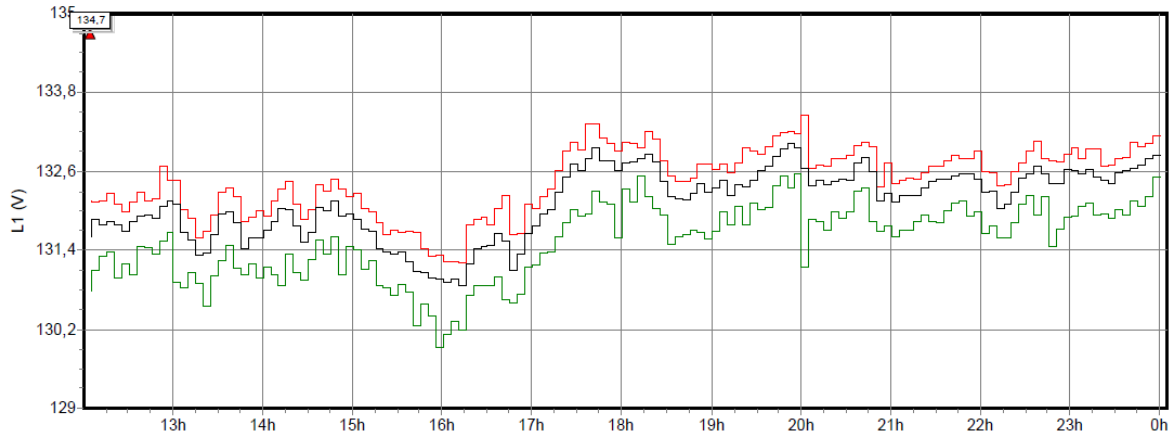
4.1.1. Análisis de Voltajes Edificio “O”

Tabla 15 Resumen de parámetros eléctricos Edificio "O"

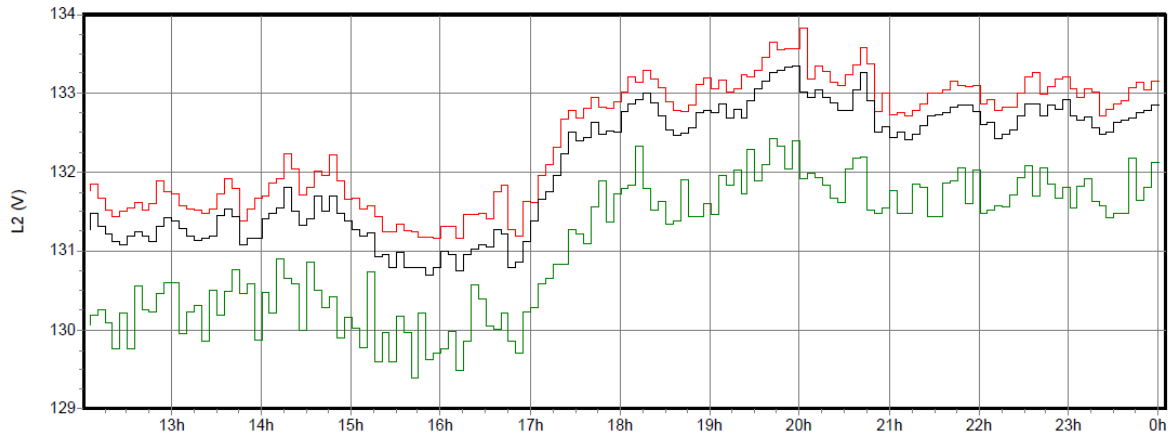
Sección	Punto de Medición	Valor	Voltaje (L-L) (Volts)			Voltaje (L-N) (Volts)			Corriente (Amperes)			
			AB	BC	CA	AN	BN	CN	A	B	C	N
“O”	Tablero de Distribución Principal	Min.	129.7	126.8	126.8	60	60	60	3	3	3	5
		Max.	134.4	134.3	134.4	134.4	134.3	131.5	48	32	53	35
		Prom.	132.4	130.8	131.4	98.6	87.2	64.7	14.5	10	13.6	14.6

Valor	kW	Fre8. (Hz)	F.P	%THD _V			%THD _I			Disturbios y Observaciones
				A	B	C	A	B	C	
Min.	700	50	90	2,200	1,360	2,120	15,87	7,16	5,55	Se detectan corrientes circulantes por el neutro, se sugiere revisar el sistema de tierras e instalar un eliminador de corrientes de neutro. Los valores de voltaje se encuentran dentro del margen permitido del 10%.
Max.	10,000	60.2	98	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	
Prom	5,350.09	55.1	150	3,837	2,939	3,510	41,40	45,00	39,34	

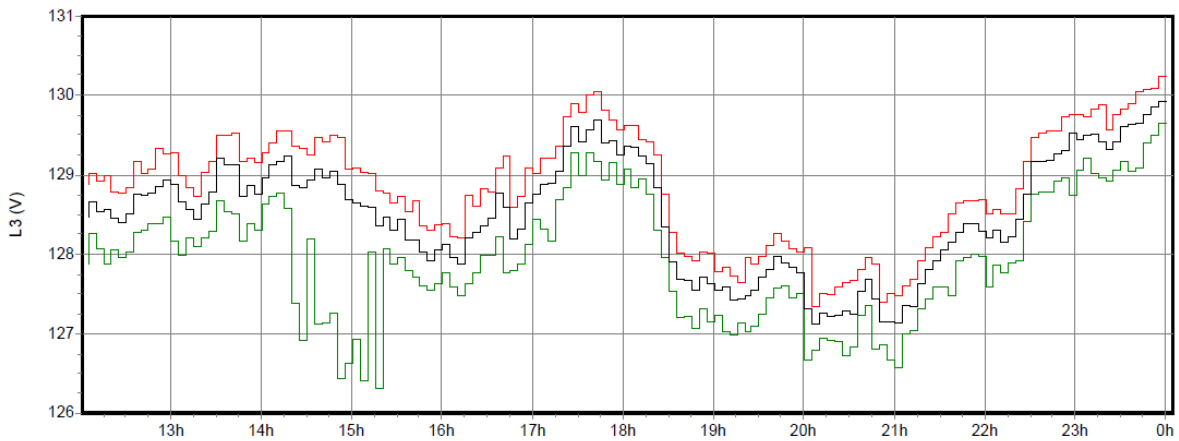
A continuación se muestra gráficamente los comportamientos de las variables eléctricas analizadas por edificio.



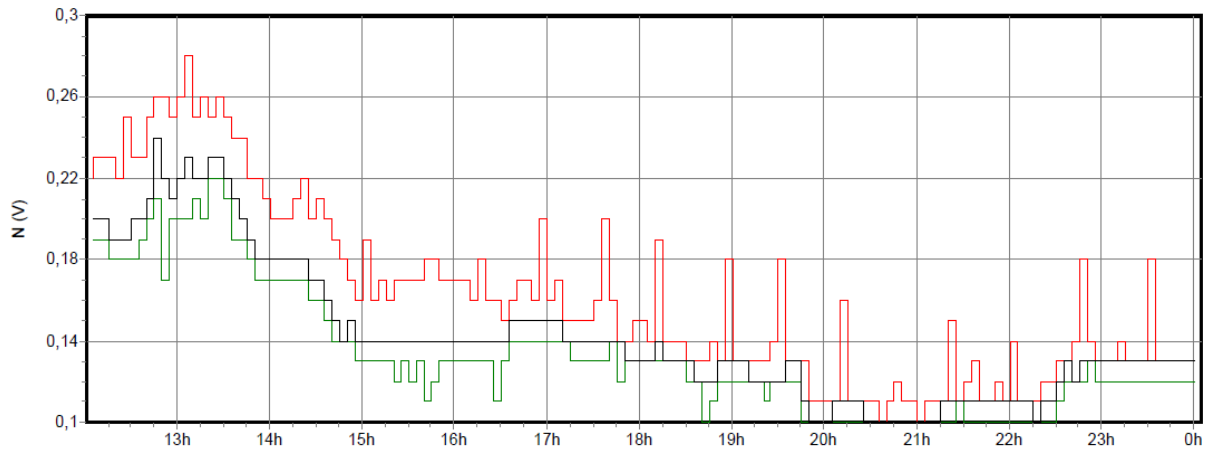
a)



b)

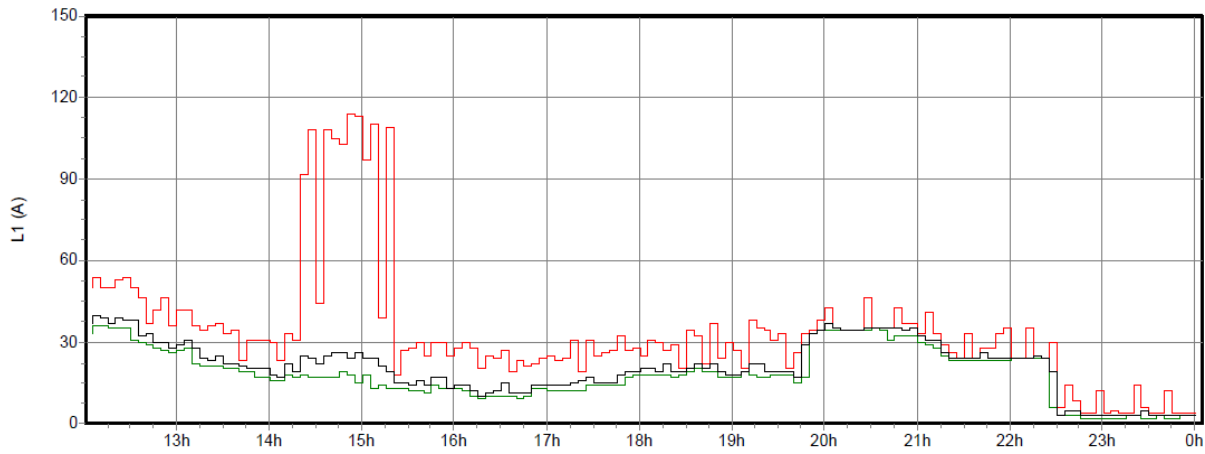


c)

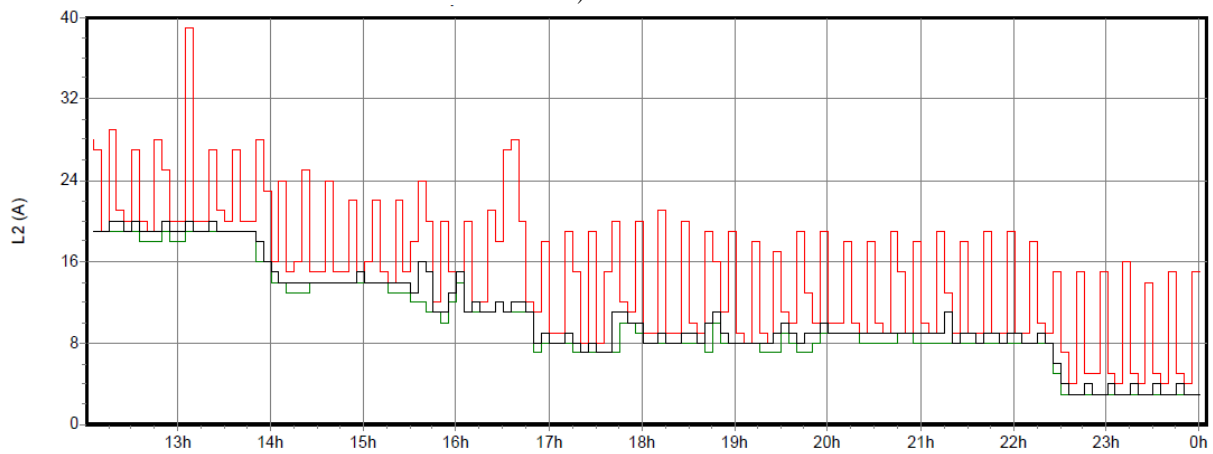


d)

Fig. 26 Comportamiento del voltaje referido de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.



a)



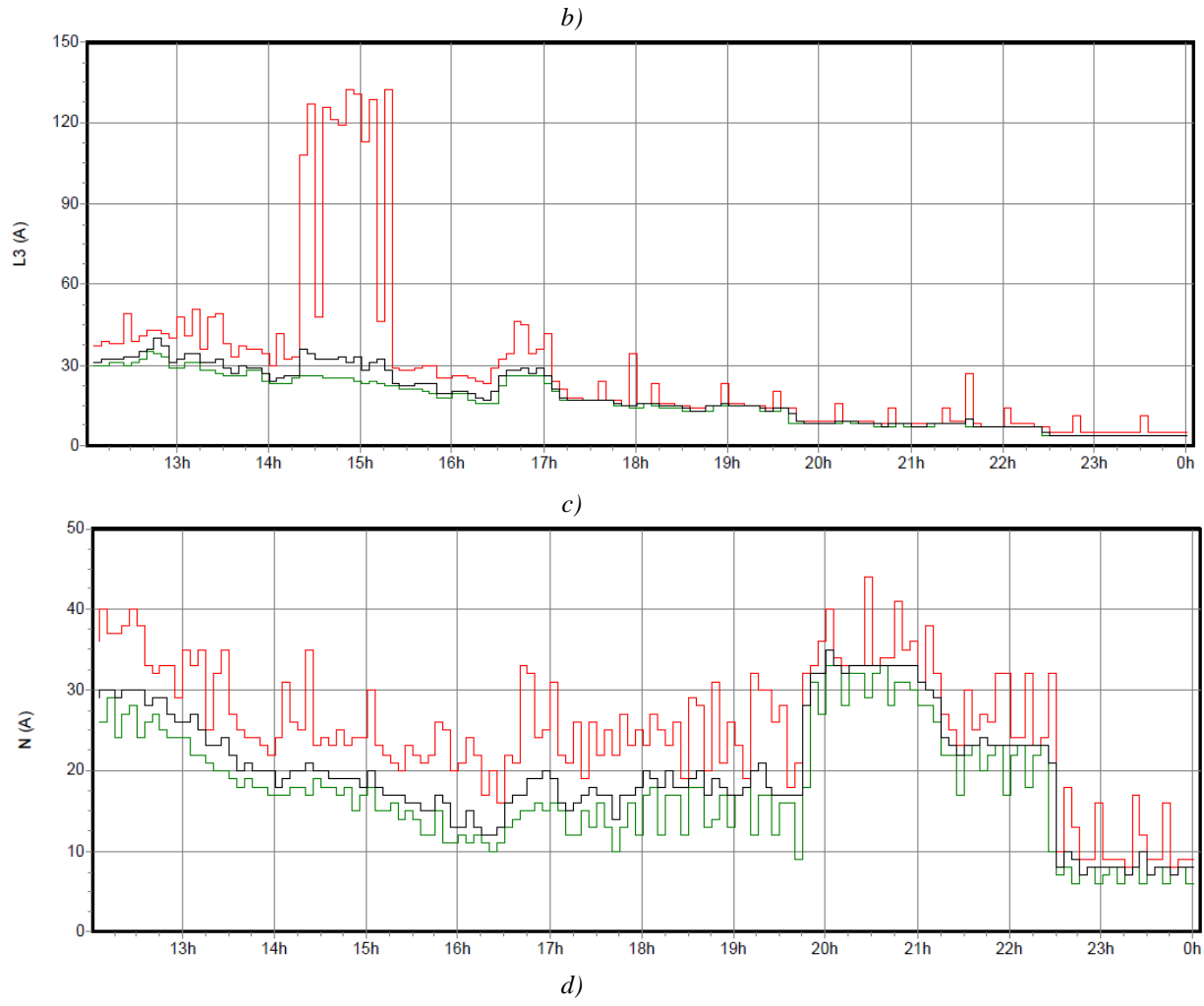


Fig. 27 Comportamiento de la corriente referida de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.

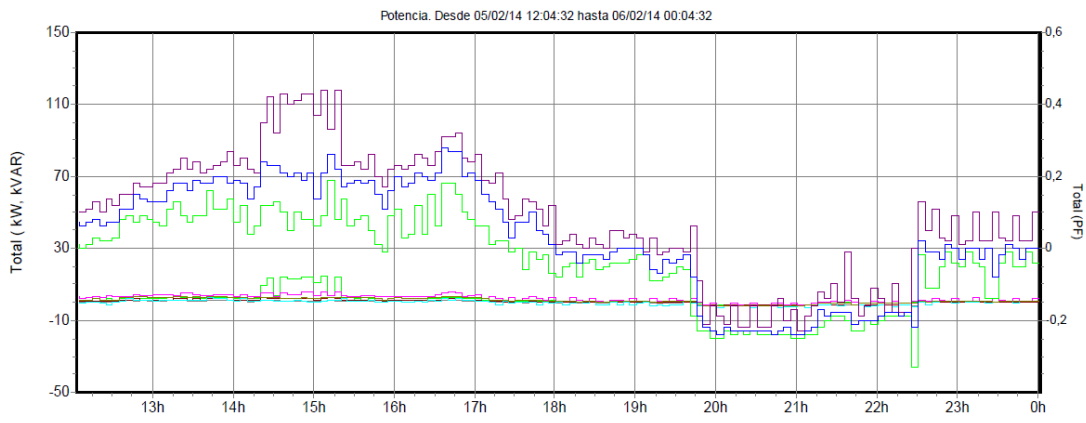
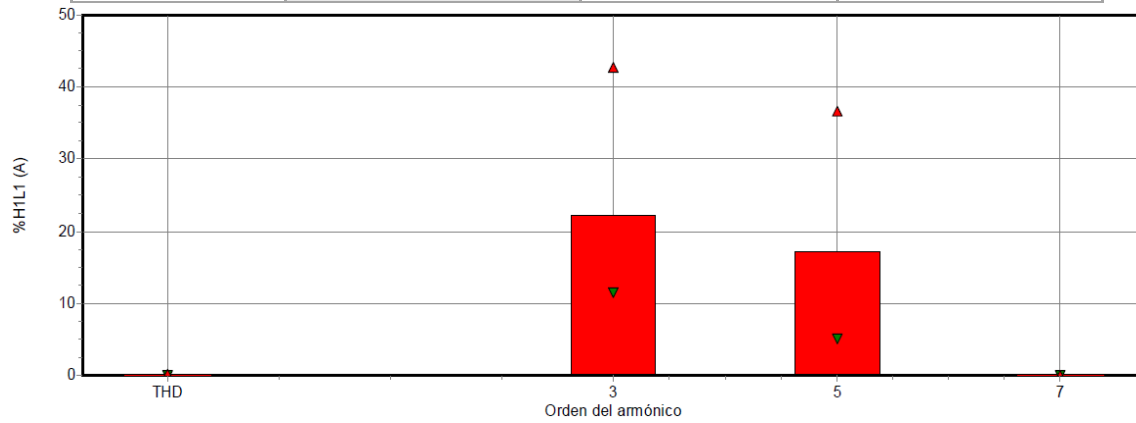


Fig. 28 Comportamiento de las potencias (kW), (kVAR).

Medición de armónicos individuales de corriente.

Tabla 16 Armónicos Individuales de voltaje, "0"

FASES	PROMEDIO %	MINIMO %	MAXIMO %
3ra fase1	0.118	0.0	2.10
3ra fase2	0.190	0.0	3.10
3ra fase3	0.167	0.0	2.80
5ta fase1	0.387	0.0	4.0
5ta fase2	0.268	0.0	3.6
5ta fase3	0.281	0.0	3.10
7ta fase1	0.201	0.0	2.20
7ta fase2	0.348	0.0	2-30
7ta fase3	0.412	0.0	3.0
9a fase1	0.016	0.0	0.40
9a fase2	0.046	0.0	0.50
9a fase3	0.006	0.0	0.20
11a fase1	0.64	0.0	0.50
11a fase2	0.065	0.0	0.60
11a fase3	0.043	0.0	0.30
13a fase1	0.014	0.0	0.20
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15a fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0



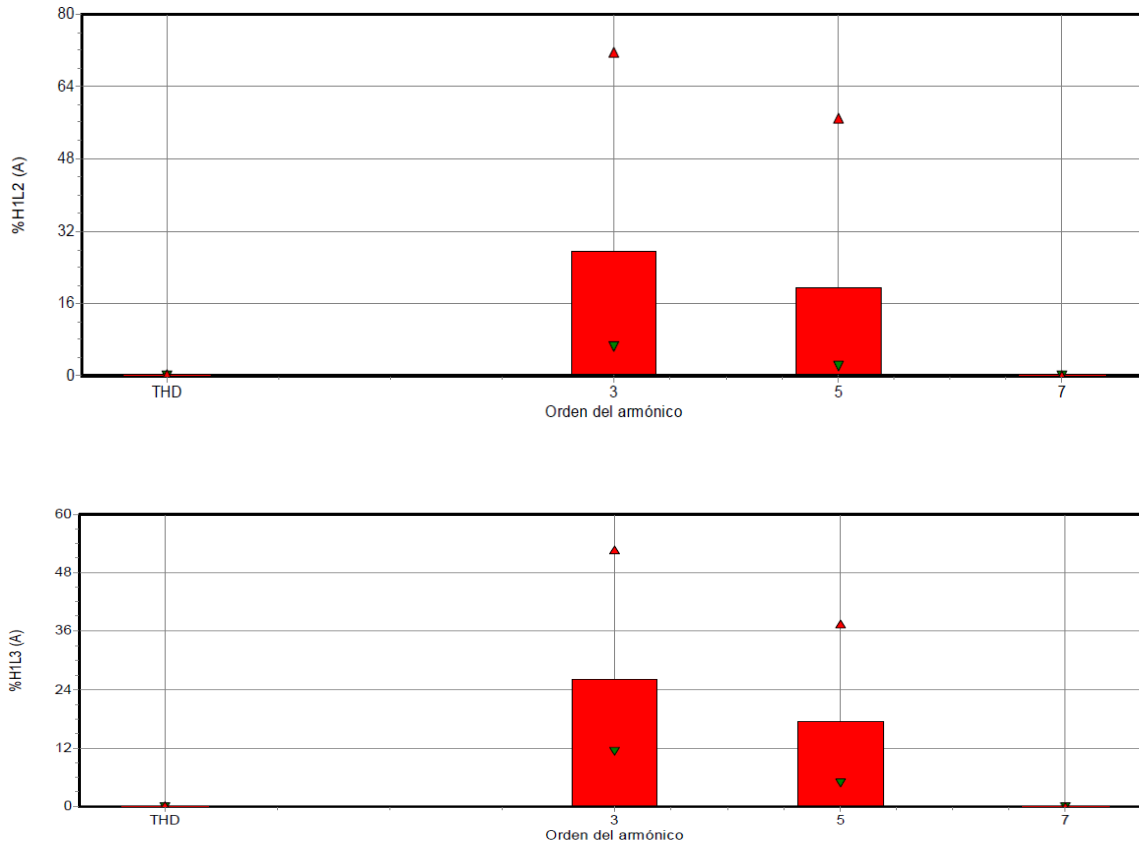


Fig. 29 Comportamiento de la distorsión armónica en corriente THDi.

Para entender mejor este fenómeno de la distorsión armónica, a continuación, se presenta una tabla de distorsión armónica permisibles en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.

Tabla 17 Distorsión armónica permisible en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.

$V_N < 69 \text{ kV}$						
I_{cc} / I_L	< 11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 - 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 - 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 - 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

$69 \text{ kV} < V_N < 161 \text{ kV}$

<20	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20 - 50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50 - 100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100 - 1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.75	0.7	10.0
$V_N > 161 \text{ kV}$						
<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
P50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0

h es el orden de la armónica.

I_{cc} es la mayor corriente de cortocircuito en el PCC.

La tabla únicamente considera armónicas impares.

Con respecto a la aplicación de estos límites, se deben considerar las siguientes situaciones:

1. Para las armónicas pares, los límites son 25% de los valores especificados en la tabla.
2. Como habrá notado, para tensiones superiores a 69 kV, los límites son la mitad de sus respectivos valores para tensiones menores a 69 kV.
3. Independientemente de la relación I_{cc}/I_L , todos los equipos de generación de energía tienen como límite los valores dados en el primer renglón, es decir los valores de la fila de $I_{cc}/I_L < 20$.
4. No se permite la existencia de componentes de CD.
5. Los valores mostrados son los límites máximos permisibles bajo condiciones de operación. Durante la puesta en marcha o condiciones de operación inusual o anormal que duren menos de una hora, estos límites pueden excederse a 50%.
6. Para los sistemas que usen convertidores de más de seis pulsos, estos límites se incrementa según la razón en :

$$\sqrt{\frac{q}{6}}$$

Donde q es el número de pulsos

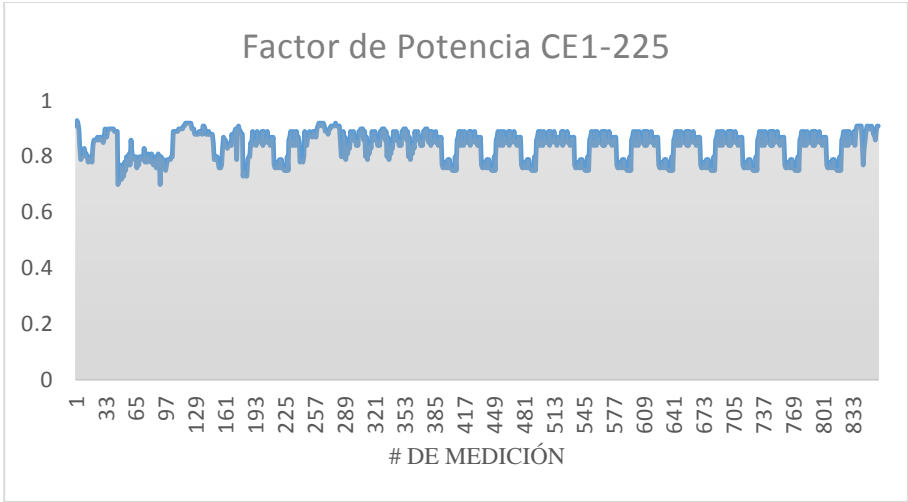


Fig. 30 Comportamiento del Factor de Potencia

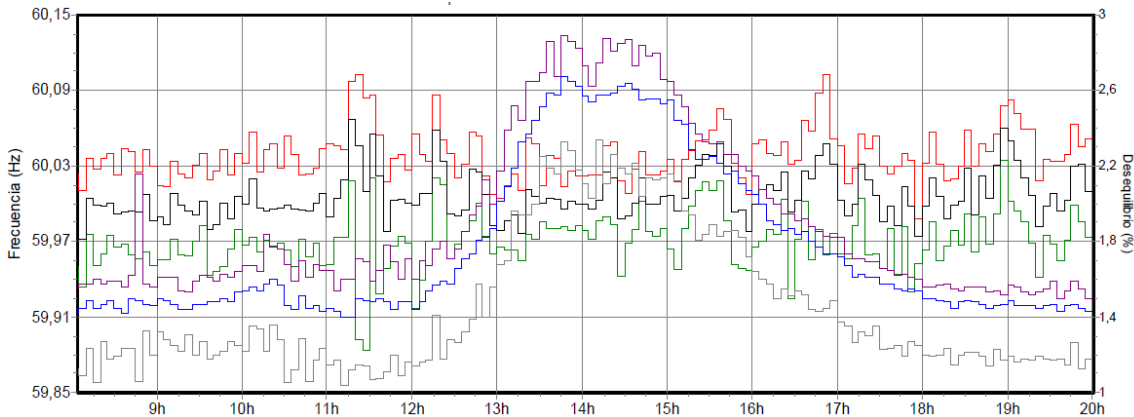


Fig. 31 Comportamiento de la Frecuencia durante la medición.

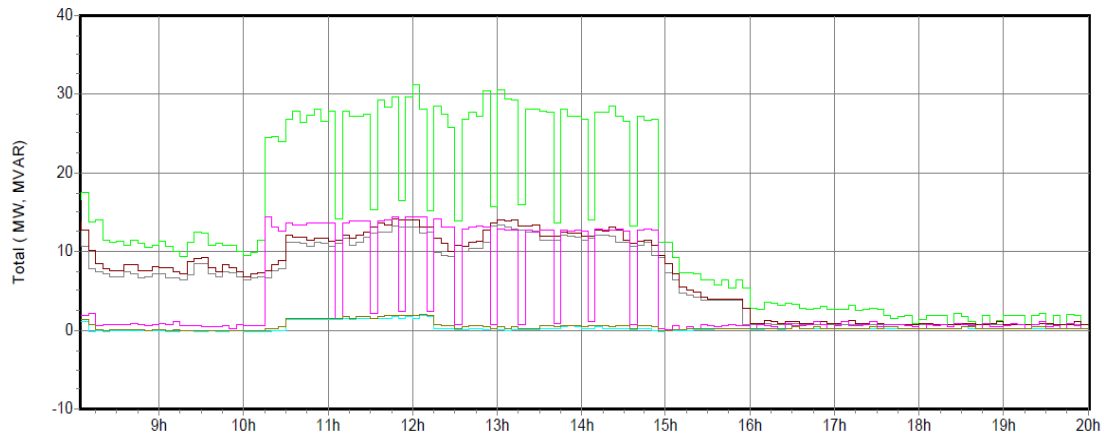


Fig. 32 Comportamiento de los consumos totales (MW, MVAR)

Medición de Armónicos Individuales de voltaje

Tabla 18 Armónicos Individuales de voltaje "O"

FASES	PROMEDIO%	MINIMO%	MAXIMO%
3ra fase1	0.0	0.0	0.0
3ra fase2	0.0	0.0	0.0
3ra fase3	0.0	0.0	0.0
5ta fase1	0.648	0.0	1.60
5ta fase2	0.69	0.0	1.60
5ta fase3	0.773	0.0	1.7
7ta fase1	1.198	0.50	2.30
7ta fase2	1.093	0.100	2.20
7ta fase3	1.309	0.50	2.50
9a fase1	0.0	0.0	0.0
9a fase2	0.0	0.0	0.0
9a fase3	0.0	0.0	0.0
11a fase1	0.098	0.0	0.40
11a fase2	0.106	0.0	0.40
11a fase3	0.081	0.0	0.40
13a fase1	0.0	0.0	0.0
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15 fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0

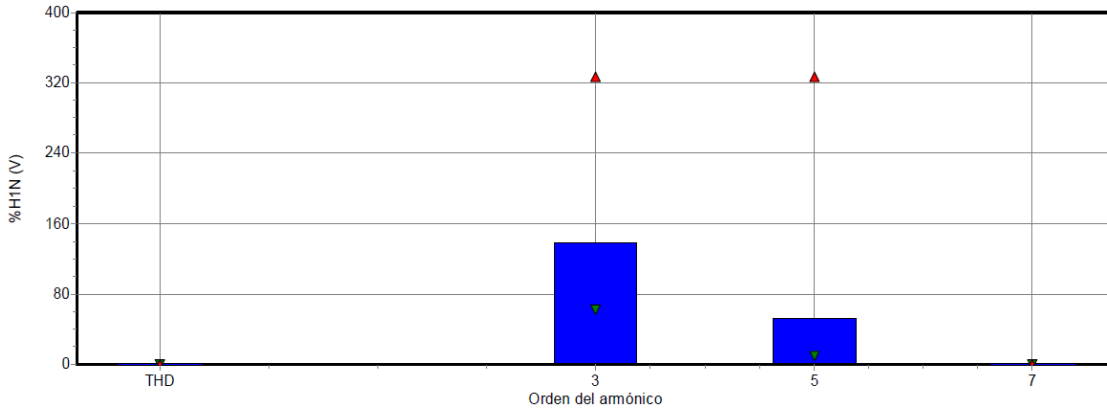
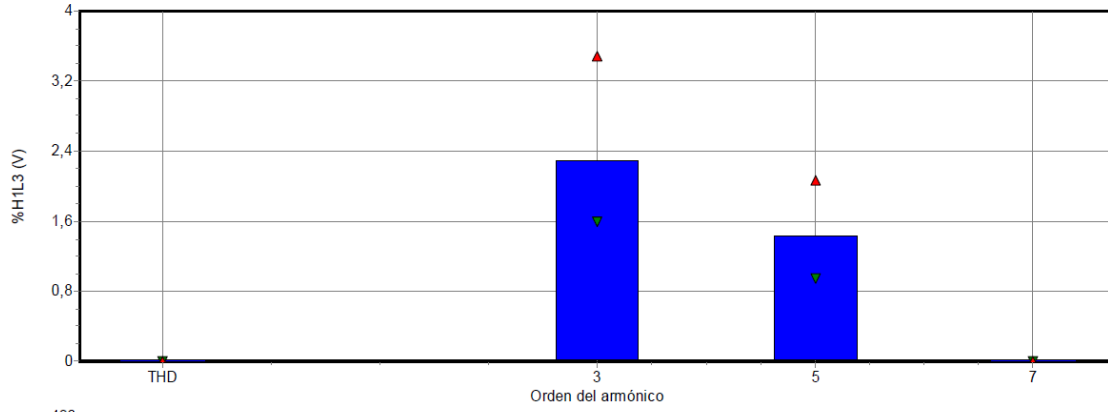
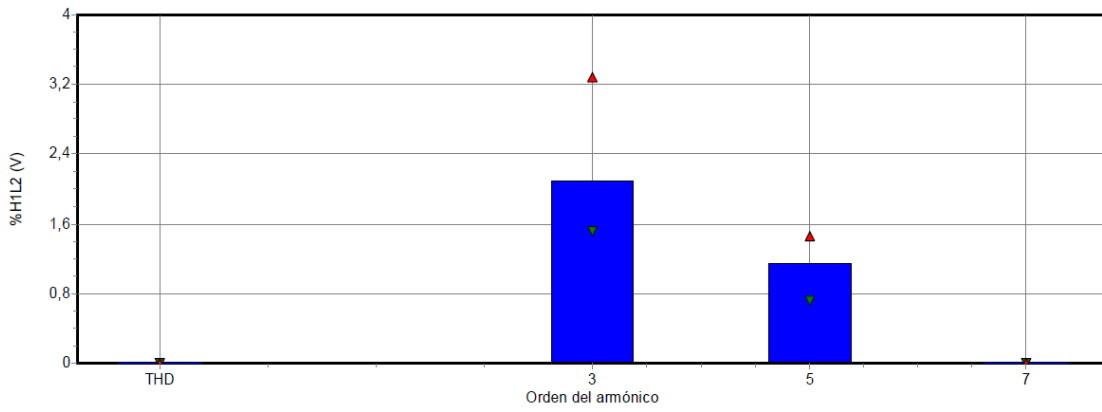
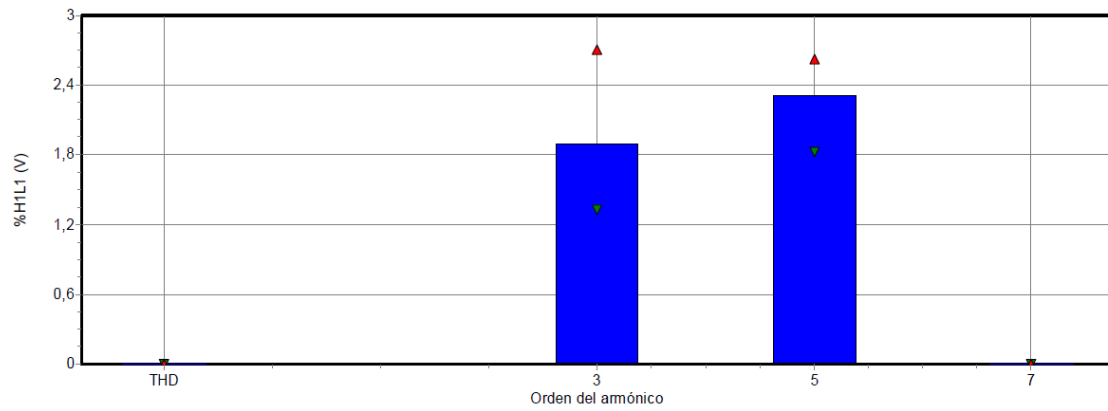


Fig. 33 Espectros de los voltajes armónicos medidos.

Los límites de distorsión armónica de la tensión son establecidos de manera individual en porcentaje de la tensión nominal de conexión al sistema (V_N), mientras que en lo global está mediante el THD en porcentaje de V_N . Nótese que esta definición global, en lugar de utilizar el valor eficaz de la componente fundamental o el valor eficaz de la tensión distorsionada, utiliza a V_N . Estos valores se establecen en la tabla 2.

Tabla 19 Niveles de distorsión armónica permisible en la tensión por el estándar IEEE 519-1992

V_N	IHD <i>Distorsión armónica individual</i>	THD-V_N
$\leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V_{\text{bus}} \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$> 161 \text{ kV}$	1.0	1.5

Estos límites deben ser acatados por ambas partes. La compañía suministradora tiene la obligación de vigilar que sus clientes permanezcan dentro de los rangos permitidos y de operar el sistema para entregar al usuario la tensión con los límites establecidos.

4.1.2 INFORME FINAL SOBRE VARIABLES ELECTRICAS PARA LA SUBESTACIÓN CE1-225

Tensión:

Los resultados obtenidos se encuentran dentro los de los estándares marcados, el desbalance de las fases no supera el 2% recomendado así como la regulación de tensión no excede el +/-10 %. Durante todo el monitoreo no se detectaron transitorios o anomalías de tensión que puedan afectar al sistema y a los equipos.

Corriente:

Los valores máximos o mínimos de corriente tanto como como su promedio se encuentran dentro de la capacidad del circuito el porcentaje de utilización es cercano al 30% . No se detectaron picos de corriente que pudieran disparar la protecciones eléctricas, sin embargo se tienen desbalances considerables en relación a las corrientes por fase, se recomienda ampliamente realizar un balanceo de cargas en los circuitos.

Potencia:

Los valores máximos de potencia se encuentran dentro del 80% de la capacidad del transformador por lo que este aún se encuentra dentro de su operación normal. Se puede aumentar la carga a este transformador revisando los ajustes de la protecciones eléctricas y las capacidades de los conductores.


Factor de potencia:

El factor de potencia presenta un valor promedio por arriba del permitido por CFE. Por lo que para esta Edifició se obtienen bonificaciones.

Armónicos:

Dentro del monitoreo realizado los resultados muestran que en la instalación a pesar de tener armónicos presentes (los mas representativos son la armónica 3,5 y 7^a) 180 , 300 y 420 Hz. Estos armónicos son producidos por el tipo de maquinaria o equipo con los que cuentan en el edificio.

Tabla 20 Datos de la subestación eléctrica no. 2.

<p>SUBESTACIÓN ELÉCTRICA #2 Potencia Aparente: 300 KVA Marca: EMSA Serie: 1212 Designación: CE2-300 Voltaje Primario: 13200/7620 Voltaje Secundario: 220/127 Impedancia: 3.5% Tap de Operación: 3 Corriente Primaria (Ip): 13.2 A Corriente Secundaria (Is): 789.47 A Corriente de Corto Circuito en Secundario (Iscs): 16501.6 A Relación (Iscs)/(Is): 20.902</p>	
--	---

4.2. Edificio J

Cuenta con una superficial de alrededor de 2495.08 m², ésta se conforma por 2 pisos.(Fig. 4.11) En su mayoría las instalaciones son ocupadas como espacios de Docencia (Aulas). Cuenta con Sala de conferencias, sala de juntas con aire acondicionado y área de maestros.



Fig. 34 Entrada Principal Edificio "J"

Se estima que las instalaciones y los equipos de acondicionamiento en su mayoría, poseen alrededor de 15 años de servicio.

El edificio está ocupado por 600 personas aproximadamente en todas las áreas, administrativas y docentes, con horarios de 7:00 A.M a 10:30 P.M. de lunes a viernes.

Tabla 21 Cuadro de Cargas Edificio "J"

Equipo	Cantidad (pza.)	Potencia Individual Consumida (W)	Potencia Consumida Total (W)
Teléfono	14	5	70
Desktop PC	34	38.1	1,295.4
Multifuncional	2	1524	3,048
Reguladores	2	381	762
Impresora Grande	6	900	5,400
Enfriador de agua	2	711.2	1,422.4
Cañón	19	400	7,600
Iluminación	420	39	16,380
Iluminación	240	12	2,880
A/C 2 Ton	2	3200	6400
A/C 1 Ton	1	1850	1850

47,107.8 Watts

A continuación, se muestra la tabla correspondiente a equipos de aire acondicionado.

Tabla 22 Cuadro A/C Edificio "J"

Tipo de Aire	Cantidad (pza.)	Capacidad (ton)	Potencia (W)	Nivel
Mini Split	2	2	3200	Planta Alta
Mini Split	1	1	1850	Planta Baja

La función operativa de los edificios es distinta según sea su objetivo, de cualquier forma algunos edificios muestran similitudes en cuanto a sus consumos, pero cabe señalar que este edificio en especial es el más antiguo en su construcción por lo cual muestra un posible potencial para la aplicación de la eficiencia energética.

Sin embargo, a continuación, se muestra una imagen donde se percibe el tablero de control principal del edificio, basándonos en la fecha en que se diseñó se muestran algunas fallas como lo son el tablero principal de distribución.

Es un tablero diseñado solo para alojar la pastilla termo magnético, y no las líneas secuenciales que distribuyen la energía al interior del edificio. (Figura 4.12)

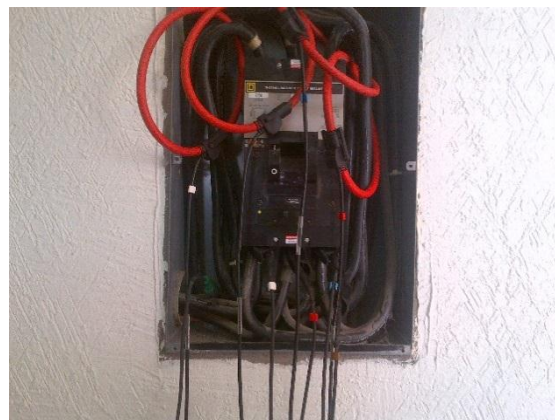


Fig. 35 Conexión Edificio "J"

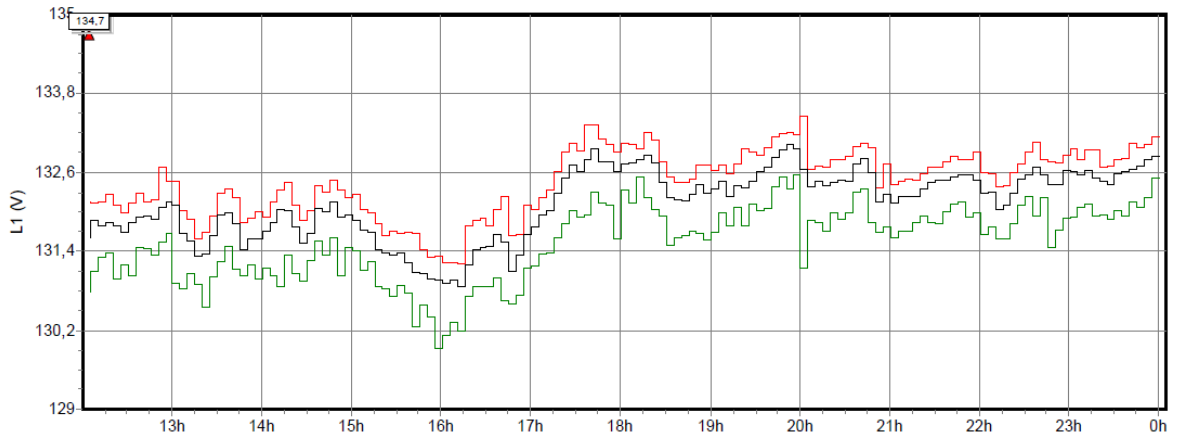
4.2.1 Análisis de Voltajes Edificio “J”

Tabla 23 Resumen de parámetros eléctricos Edificio "J"

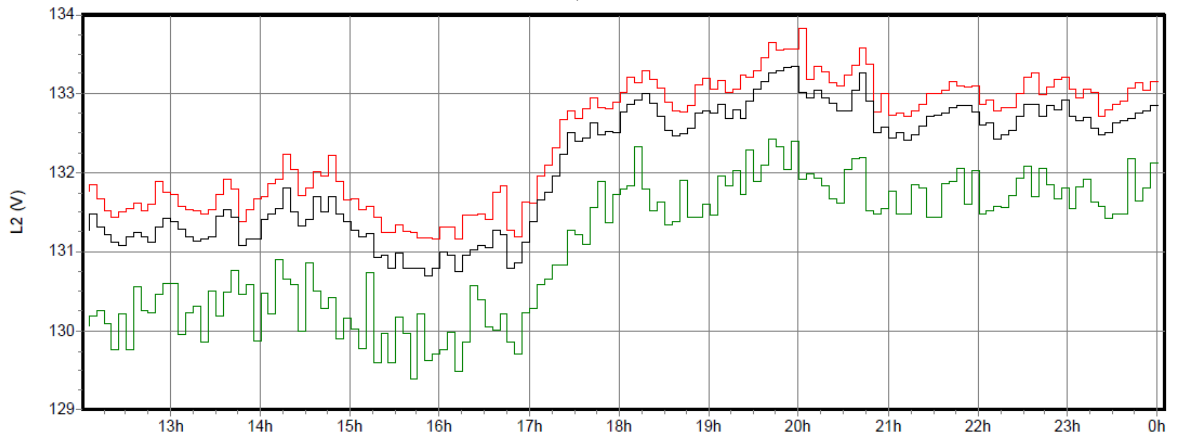
Sección	Punto de Medición	Valor	Voltaje (L-L)			Voltaje (L-N)			Corriente			
			AB	BC	CA	AN	BN	CN	A	B	C	N
“J”	Tablero de Distribución Principal	Min.	129.7	126.8	126.8	0.7	0.7	0.7	3	3	3	5
		Max.	134.4	134.3	134.4	134.4	134.3	131.5	48	32	53	35
		Prom.	132.4	130.8	131.4	98.6	87.2	64.7	14.5	10	13.6	14.6

Valor	kW	Frec.	F.P	%THDV			%THDI			Disturbios y Observaciones
				A	B	C	A	B	C	
Min.	400	50	90	2,200	1,360	2,120	15,87	7,16	5,55	Se Midieron corrientes circulantes por el neutro, se sugiere revisar el sistema de tierras e instalar un eliminador de corrientes de neutro.
Max.	3,000.00	60.1	240	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	
Prom	1,608.51	60	142	3,837	2,939	3,510	41,40	45,00	39,34	

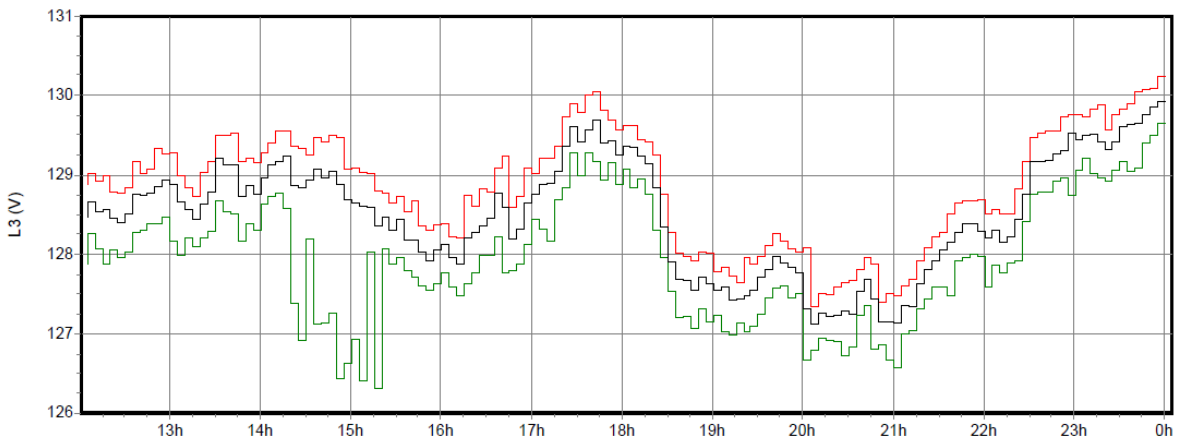
A continuación se muestra el comportamiento de voltajes para cada línea.



a)



b)



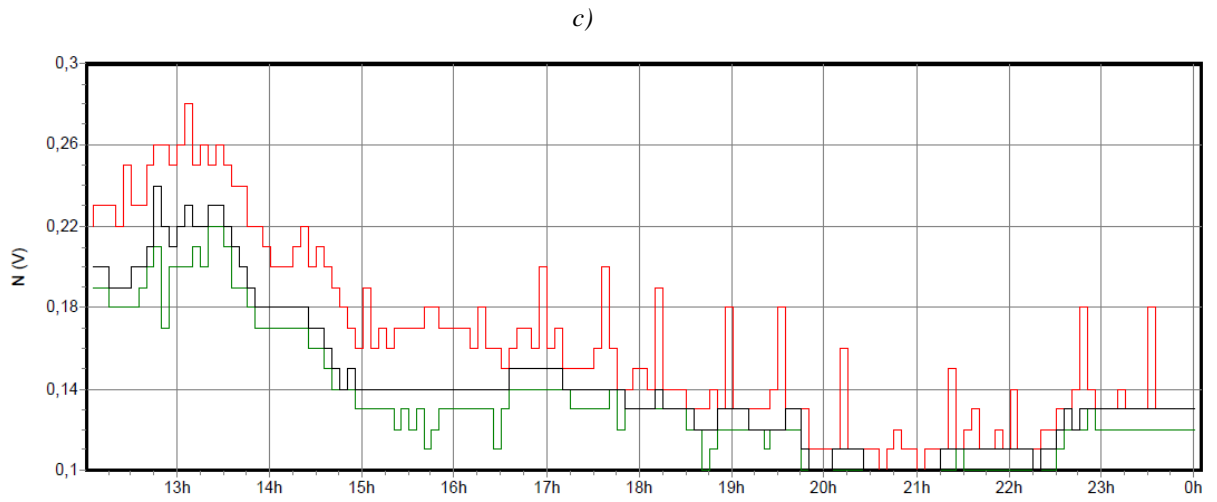
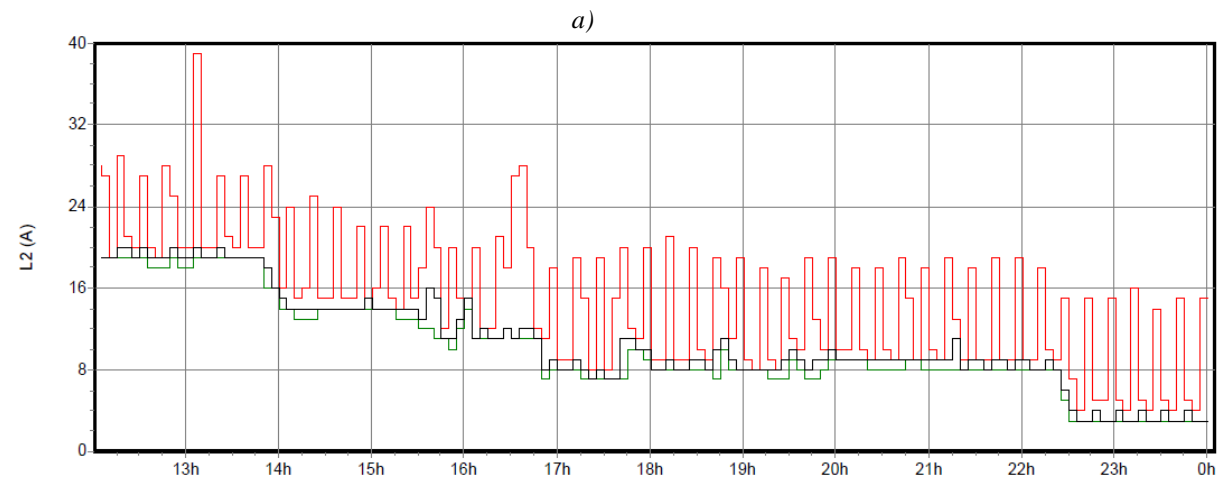
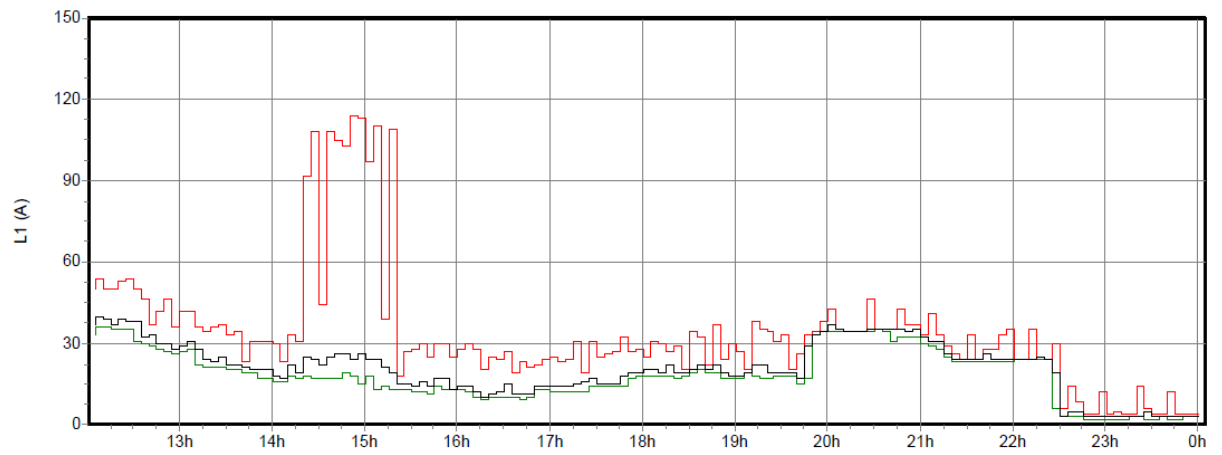
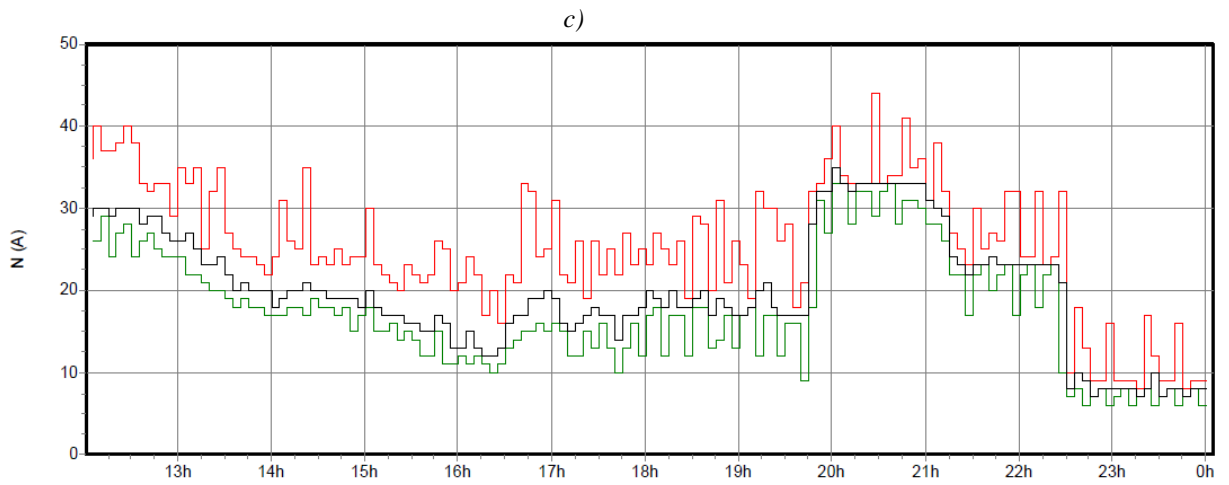
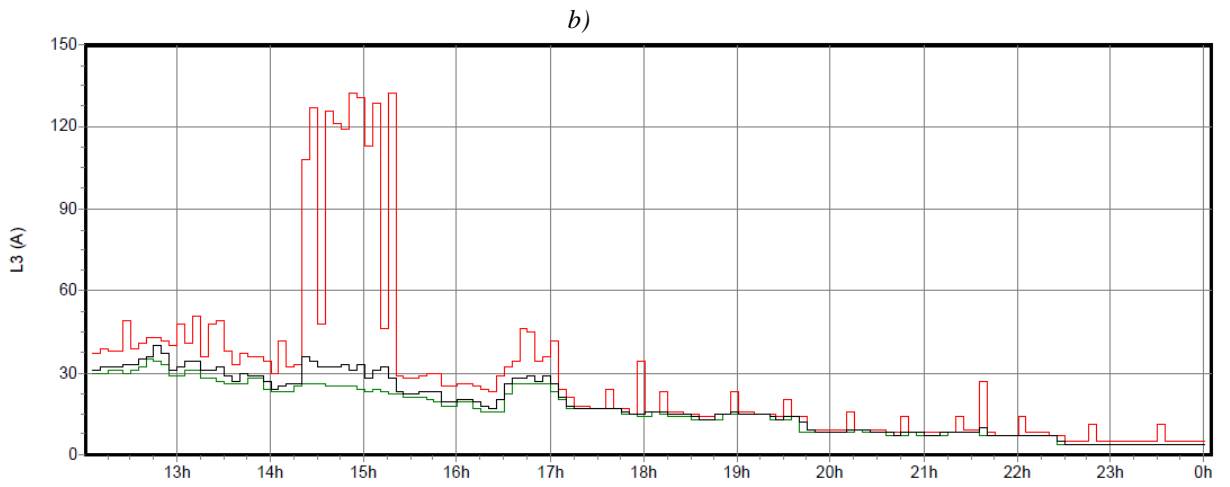


Fig. 36 Comportamiento del voltaje referido de fase a neutro, a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.





d)

Fig. 37 Comportamiento de la corriente referida de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.

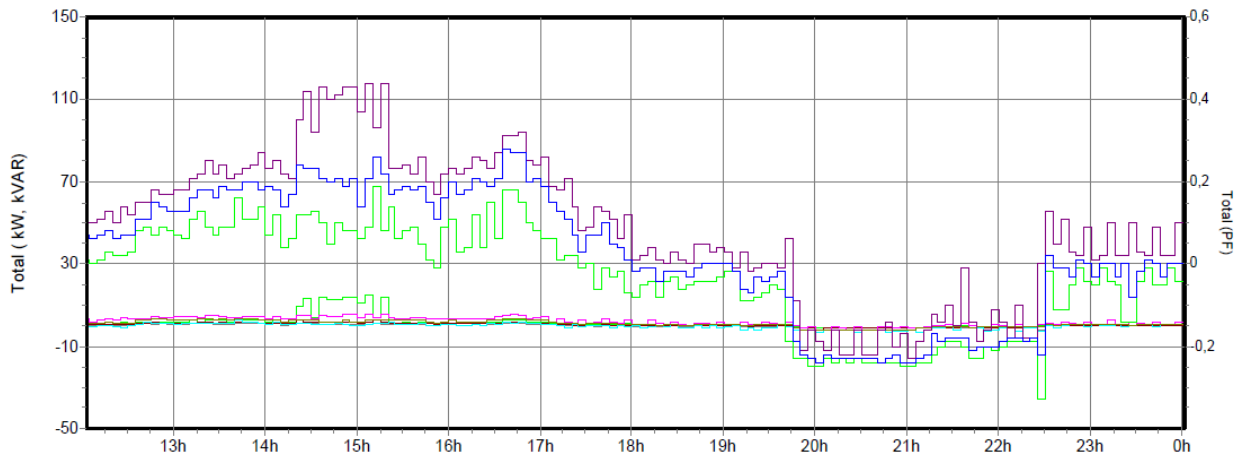
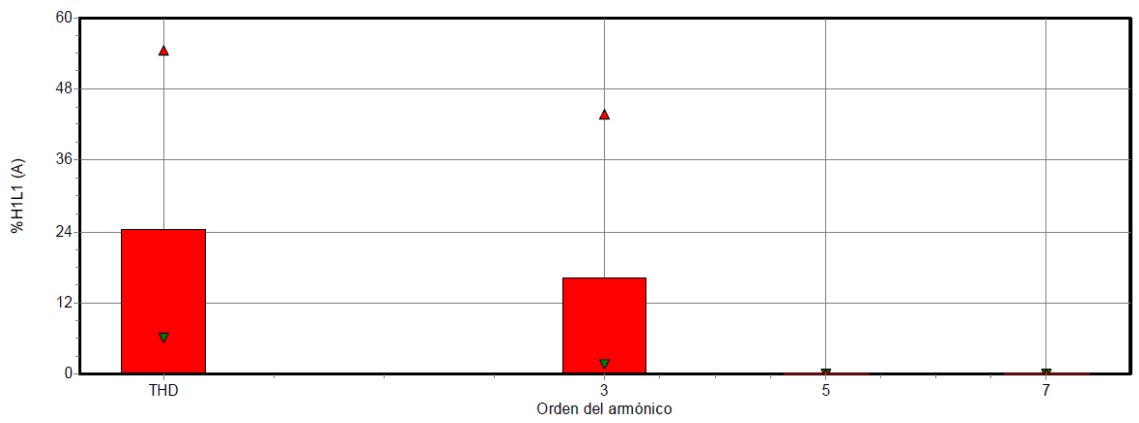


Fig. 36 Comportamiento de las potencias (kW), (kVAR).

Medicion de armonicos individuales de corriente.

Tabla 24 Armónicos Individuales de Corriente, "J"

FASES	PROMEDIO %	MINIMO %	MAXIMO %
3ra fase1	0.118	0.0	2.10
3ra fase2	0.190	0.0	3.10
3ra fase3	0.167	0.0	2.80
5ta fase1	0.387	0.0	4.0
5ta fase2	0.268	0.0	3.6
5ta fase3	0.281	0.0	3.10
7ta fase1	0.201	0.0	2.20
7ta fase2	0.348	0.0	2-30
7ta fase3	0.412	0.0	3.0
9a fase1	0.016	0.0	0.40
9a fase2	0.046	0.0	0.50
9a fase3	0.006	0.0	0.20
11a fase1	0.64	0.0	0.50
11a fase2	0.065	0.0	0.60
11a fase3	0.043	0.0	0.30
13a fase1	0.014	0.0	0.20
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15a fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0



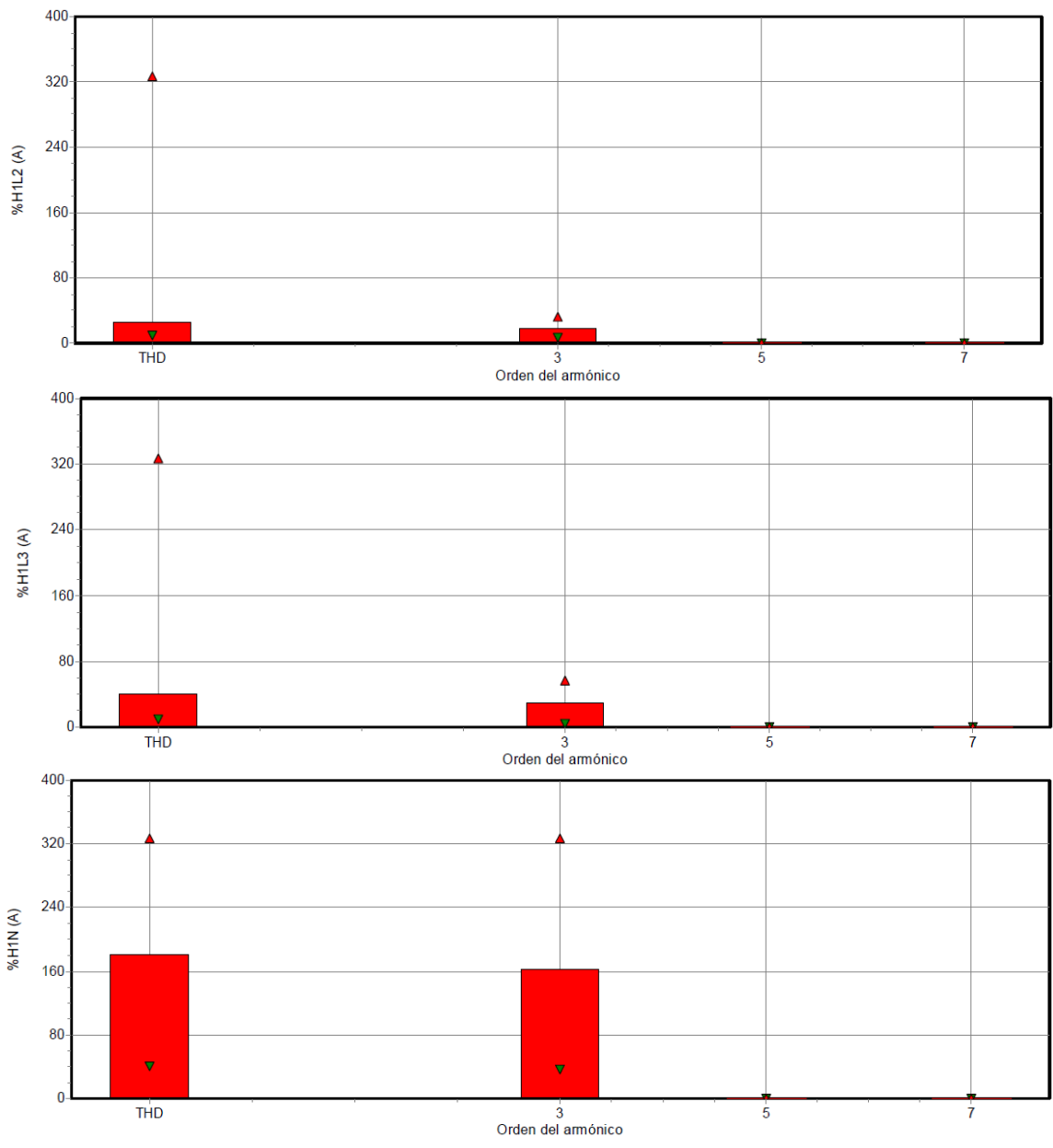


Fig. 37 Comportamiento de la distorsión armónica en corriente THDi.

Para entender mejor este fenómeno de la distorsión armónica, a continuación, se presenta una tabla:

Tabla 17. Distorsión armónica permisible en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.

$V_N < 69 \text{ kV}$						
I_{cc} / I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 - 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 - 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 - 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0

>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
69kV < V_N < 161kV						
<20	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20 - 50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50 - 100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100 - 1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.75	0.7	10.0
V_N > 161 kV						
<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
P50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0

h es el orden de la armónica.

I_{cc} es la mayor corriente de cortocircuito en el PCC.

La tabla únicamente considera armónicas impares.

Con respecto a la aplicación de estos límites, se deben considerar las siguientes situaciones:

1. Para las armónicas pares, los límites son 25% de los valores especificados en la tabla.
2. Como habrá notado, para tensiones superiores a 69 kV, los límites son la mitad de sus respectivos valores para tensiones menores a 69 kV.
3. Independientemente de la relación I_{cc}/I_L , todos los equipos de generación de energía tienen como límite los valores dados en el primer renglón, es decir los valores de la fila de $I_{cc}/I_L < 20$.
4. No se permite la existencia de componentes de CD.
5. Los valores mostrados son los límites máximos permisibles bajo condiciones de operación. Durante la puesta en marcha o condiciones de operación inusual o anormal que duren menos de una hora, estos límites pueden excederse a 50%.
6. Para los sistemas que usen convertidores de más de seis pulsos, estos límites se incrementa según la razón en :

$$\sqrt{\frac{q}{6}}$$

Donde q es el número de pulsos

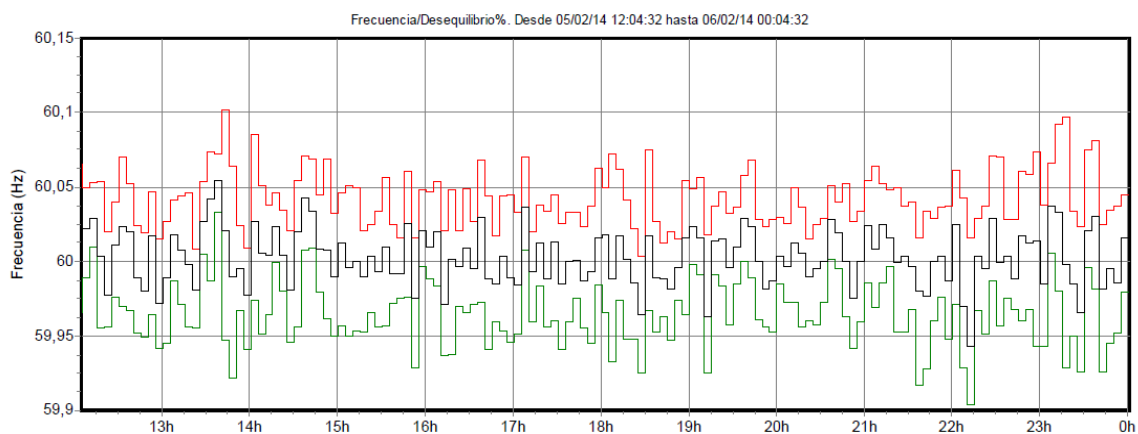


Fig. 38 Comportamiento de la Frecuencia.

Medición de armónicos individuales de voltaje

Tabla 25 Armónicos Individuales de voltaje, "J"

FASES	PROMEDIO%	MINIMO%	MAXIMO%
3ra fase1	0.0	0.0	0.0
3ra fase2	0.0	0.0	0.0
3ra fase3	0.0	0.0	0.0
5ta fase1	0.648	0.0	1.60
5ta fase2	0.69	0.0	1.60
5ta fase3	0.773	0.0	1.7
7ta fase1	1.198	0.50	2.30
7ta fase2	1.093	0.100	2.20
7ta fase3	1.309	0.50	2.50
9a fase1	0.0	0.0	0.0
9a fase2	0.0	0.0	0.0
9a fase3	0.0	0.0	0.0
11a fase1	0.098	0.0	0.40
11a fase2	0.106	0.0	0.40
11a fase3	0.081	0.0	0.40
13a fase1	0.0	0.0	0.0
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15 fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0

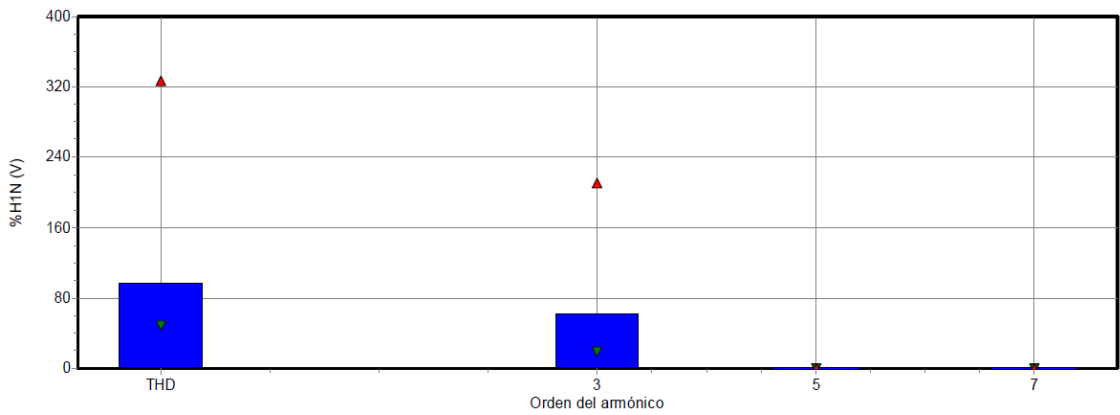
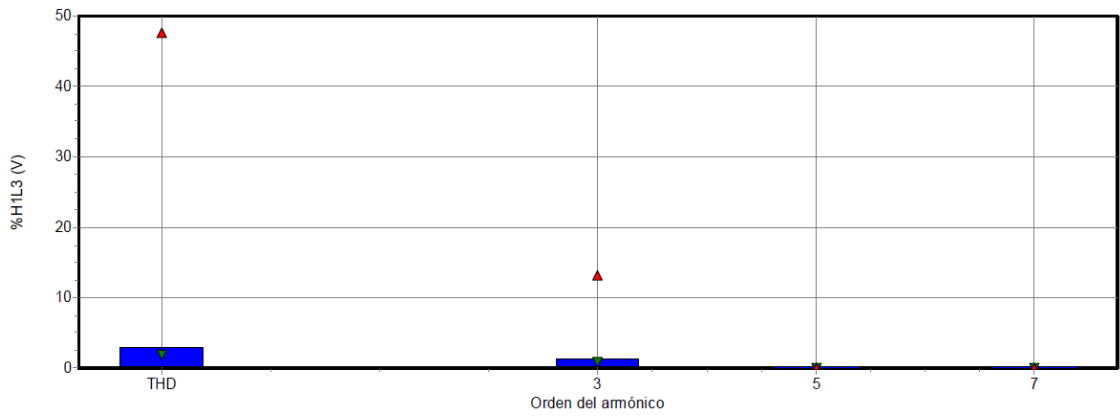
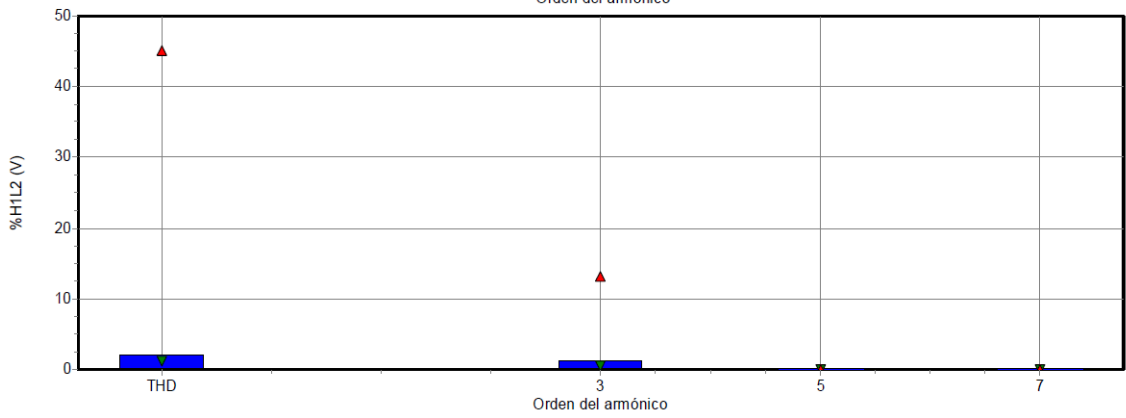
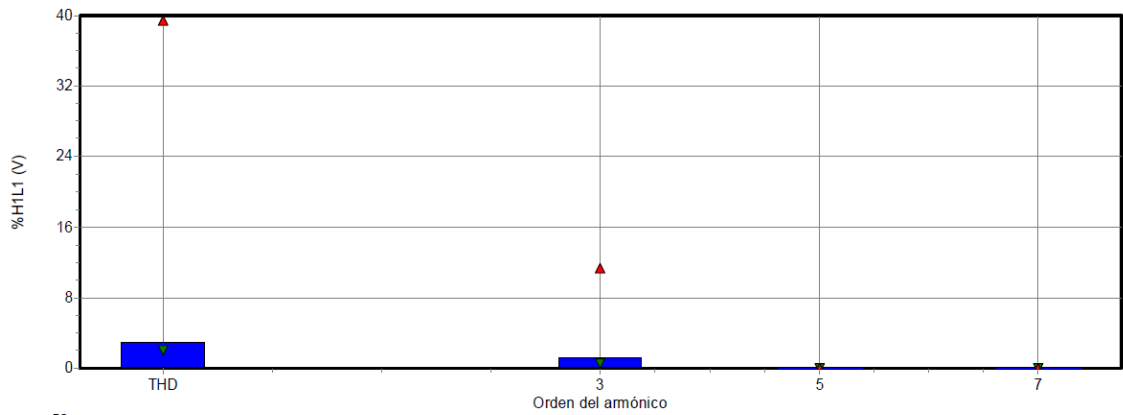


Tabla 26 Espectros de los voltajes armónicos medidos.

Los límites de distorsión armónica de la tensión son establecidos de manera individual en porcentaje de la tensión nominal de conexión al sistema (V_N), mientras que en lo global está mediante el THD en porcentaje de V_N . Nótese que esta definición global, en lugar de utilizar el valor eficaz de la componente fundamental o el valor eficaz de la tensión distorsionada, utiliza a V_N . Estos valores se establecen en la tabla 4.8.

Tabla 17. Niveles de distorsión armónica permisible en la tensión por el estándar IEEE 519-1992.

V_N	<i>IHD</i> <i>Distorsión armónica individual</i>	<i>THD-V_N</i>
$\leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V_{\text{bus}} \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$> 161 \text{ kV}$	1.0	1.5

Estos límites deben ser acatados por ambas partes. La compañía suministradora tiene la obligación de vigilar que sus clientes permanezcan dentro de los rangos permitidos y de operar el sistema para entregar al usuario la tensión con los límites establecidos.

4.3. Laboratorio N

Cuenta con un superficial total de alrededor de 935.545 m², este edificio tiene la peculiaridad de albergar distintos laboratorios que se utilizan para prácticas de laboratorio, donde los alumnos llevan a la práctica todo lo aprendido en las aulas. (Fig. 4.19)

Es importante resaltar que este edificio es el que aloja maquinaria que se asemeja a la utilizada en las industrias, motivo por el cual los consumos eléctricos se esperan sean mayores.



Tabla 27 Entrada Principal N

El uso de este edificio se torna muy diferido en cuanto a los horarios. Su construcción tiene alrededor de 13 años, este edificio al igual que muchos edificios su diagrama eléctrico ha sufrido modificaciones, por necesidades de reubicación de espacios y maquinaria.

El edificio recibe una gran cantidad de personas, pero es muy variable el tiempo durante el cual la maquinaria es utilizada, no obstante, el uso de estas máquinas se refleja en un consumo mayor al de las actividades administrativas. Este edificio cuenta también con un laboratorio de computo por lo cual es necesario el equipo de A/C.

Al igual que en los edificios antes mencionados, la colocación del equipo para el monitoreo de los parámetros eléctricos se realizó en el tablero principal del edificio en el cual se conectan todas las cargas activas en el edificio.(Fig. 28)



Fig. 39 Equipo Conectado Edificio N

La siguiente tabla muestra las cargas actuales conectadas en el edificio:

Tabla 28 Cargas Conectadas Edif. "J"

Equipo	Cantidad (Pza.)	Potencia Individual Consumida (W)	Potencia Consumida Total (W)
Teléfono	1	5	5
CPU	35	38.1	1,333
Multifuncional	2	1524	3,048
Enfriador de agua	0	0	0
Cañón	0	0	0
Iluminación	14	250	3,500
A/C 2 ton	2	3200	6,400
Reguladores	11	381	4,191
Iluminación Fluorescente	20	32	640
			19.117 Watts

A continuación, se muestra una tabla con la ubicación y el tipo de A/C, que se encuentran instalados y funcionando en el edificio.

Tabla 29 Equipo de A/C, EDIF. "J"

Tipo de Aire	Cantidad (Pza.)	Capacidad (Ton)	Potencia (W)	Nivel
--------------	-----------------	-----------------	--------------	-------

Mini Split	2	2	3200	Planta Alta
-------------------	---	---	------	-------------

Continuando con el análisis de cargas del edificio a continuación muestro las cargas referentes a la maquinaria que se utiliza en este edificio.

Tabla 30 Cargas de Equipo pesado, "N"

Equipo	Cantidad (Pza.)	Potencia Individual Consumida (W)	Potencia Consumida Total (W)
Taladro de Banco	1	350	350
Rectificadora	1	400	400
Fresadora Universal (Arsenal)	1	420	420
Fresadora Titanium	1	380	380
Torno Titanium	2	450	900
Torno Acra	1	500	500
CNC	1	350	350
Banco de Pruebas Compresores	1	100	100
Banco de Pruebas Motores	1	120	120
Inyectora (HAITIAN)	1	200	200
Duet (CNC)	7	50	350
Compresor	1	30	30
		3,350	4,100

A continuación, mostramos una tabla de análisis de voltajes, corrientes, etc. Que se realizó en el laboratorio pesado N, cabe mencionar que se seleccionó este edificio por alojar mayor número de equipos pesados, donde su consumo se espera sea el más elevado de todos los laboratorios. Además de que se tienen el registro de que es el primer laboratorio que se construyó en la UTSJR.

Es por eso que centramos nuestra atención en el para conocer su estatus en cuanto a consumo y equipo eléctrico y electrónico.

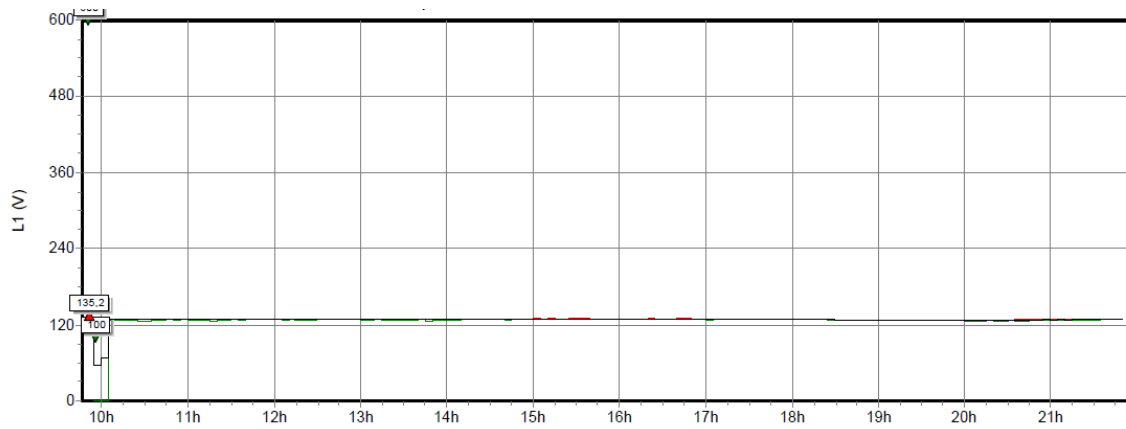
4.3.1 Análisis de Voltajes Edificio N

Tabla 31 Resumen de parámetros eléctricos Edificio "N"

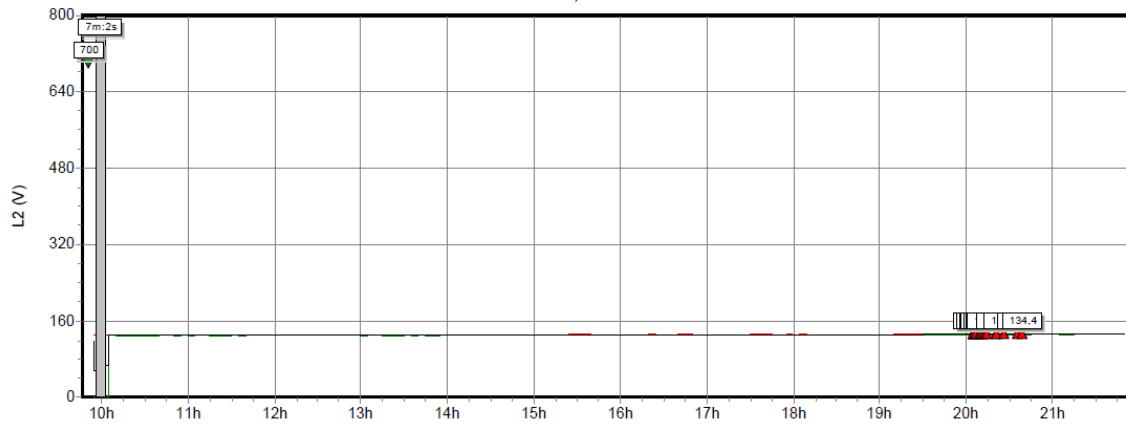
Sección	Punto de Medición	Valor	Voltaje (L-L) (Volts)			Voltaje (L-N) (Volts)			Corriente (Amperes)			
			AB	BC	CA	AN	BN	CN	A	B	C	N
"F"	Tablero de Distribución Principal	Min.	114,03	111,65	111,65	0.2	0.2	0.2	7	8	7	2
		Max.	137,24	139,65	139,65	136,51	137,24	139,65	60	58	50	35
		Prom.	131,90	133,56	133,21	65,77	66,12	67,44	36.4	37.4	36.1	12.6

Valor	kW	Frec. (Hz)	F.P	%THDV			%THDI			Disturbios y Observaciones
				A	B	C	A	B	C	
Min.	400	50	90	2,200	1,360	2,120	15,87	7,16	5,55	Se Midieron corrientes circulantes por el neutro, se sugiere revisar el sistema de tierras e instalar un eliminador de corrientes de neutro.
Max.	3,000.00	60.3	150	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	
Prom	1,608.51	60	165	3,837	2,939	3,510	41,40	45,00	39,34	

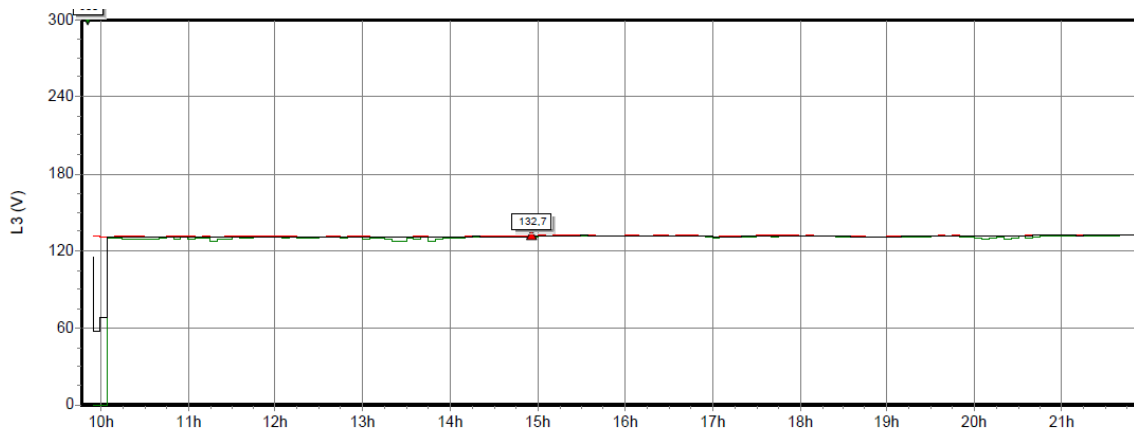
A continuación se muestra el comportamiento de voltajes para cada línea.



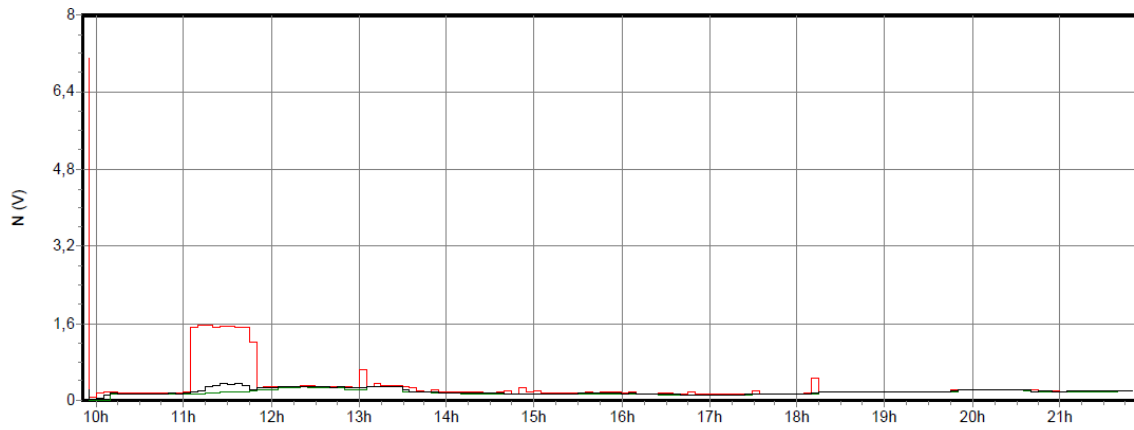
a)



b)

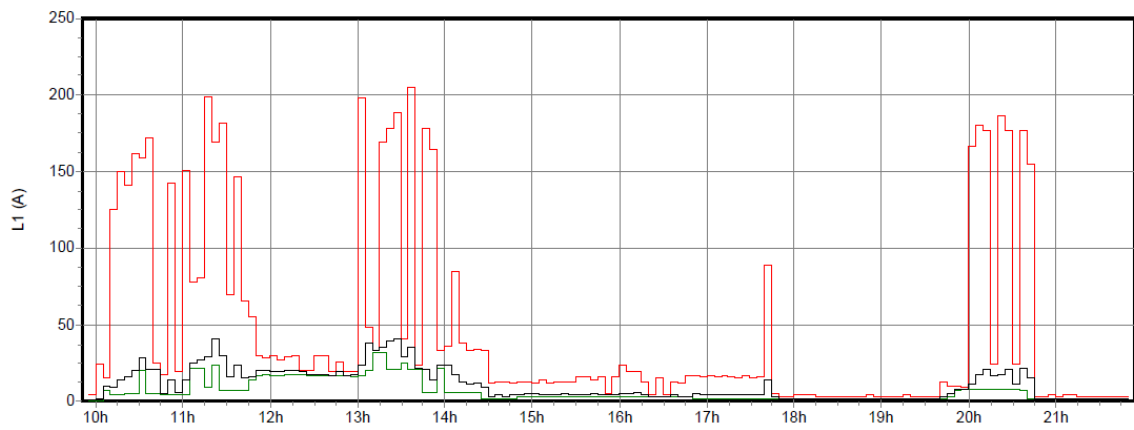


c)

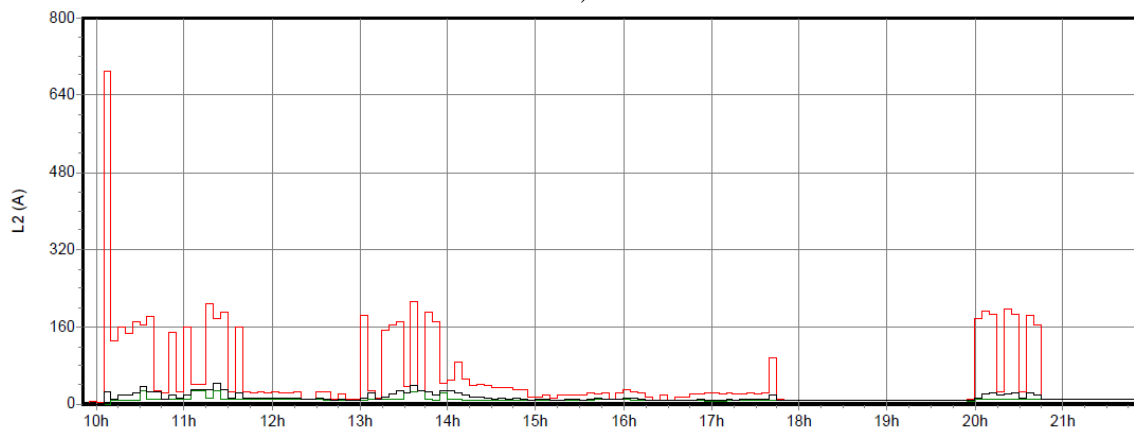


d)

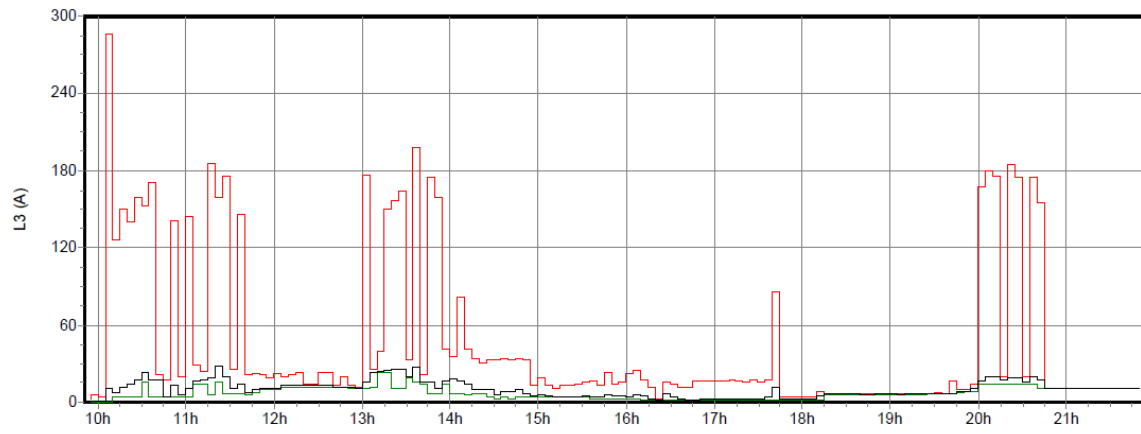
Fig. 40 Comportamiento del voltaje referido de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.



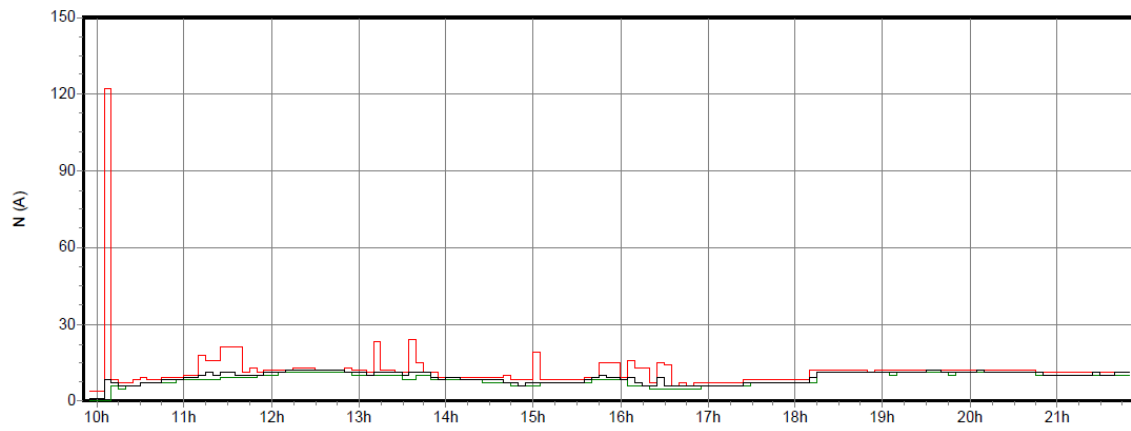
a)



b)



c)



d)

Fig. 41 Comportamiento de la corriente referida de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.

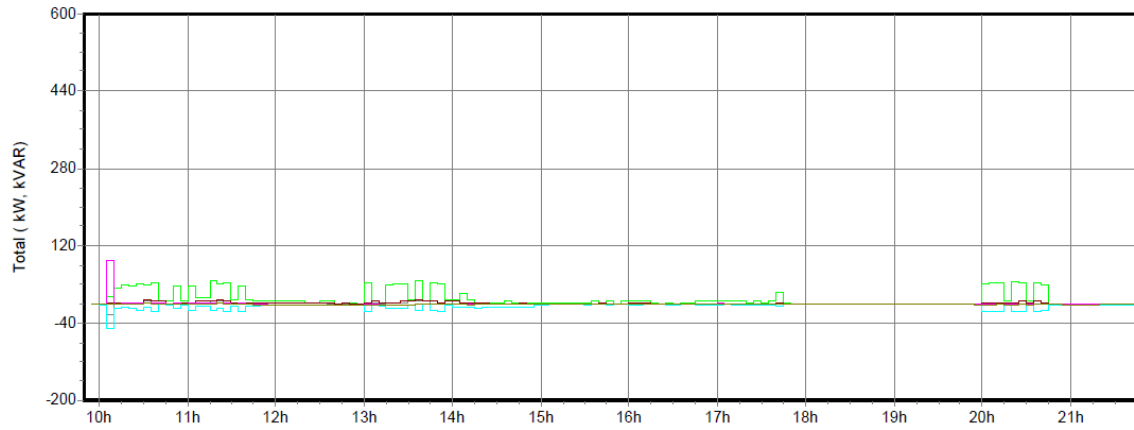


Fig. 42 Comportamiento de las potencias (kW), (kVAR).

Medición de armónicos individuales de corriente.

Tabla 32 Armónicos Individuales de Corriente, "N"

FASES	PROMEDIO %	MINIMO %	MAXIMO %
3ra fase1	0.118	0.0	2.10
3ra fase2	0.190	0.0	3.10
3ra fase3	0.167	0.0	2.80
5ta fase1	0.387	0.0	4.0
5ta fase2	0.268	0.0	3.6
5ta fase3	0.281	0.0	3.10
7ta fase1	0.201	0.0	2.20
7ta fase2	0.348	0.0	2-30
7ta fase3	0.412	0.0	3.0
9a fase1	0.016	0.0	0.40
9a fase2	0.046	0.0	0.50
9a fase3	0.006	0.0	0.20
11a fase1	0.64	0.0	0.50
11a fase2	0.065	0.0	0.60
11a fase3	0.043	0.0	0.30
13a fase1	0.014	0.0	0.20
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15a fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0

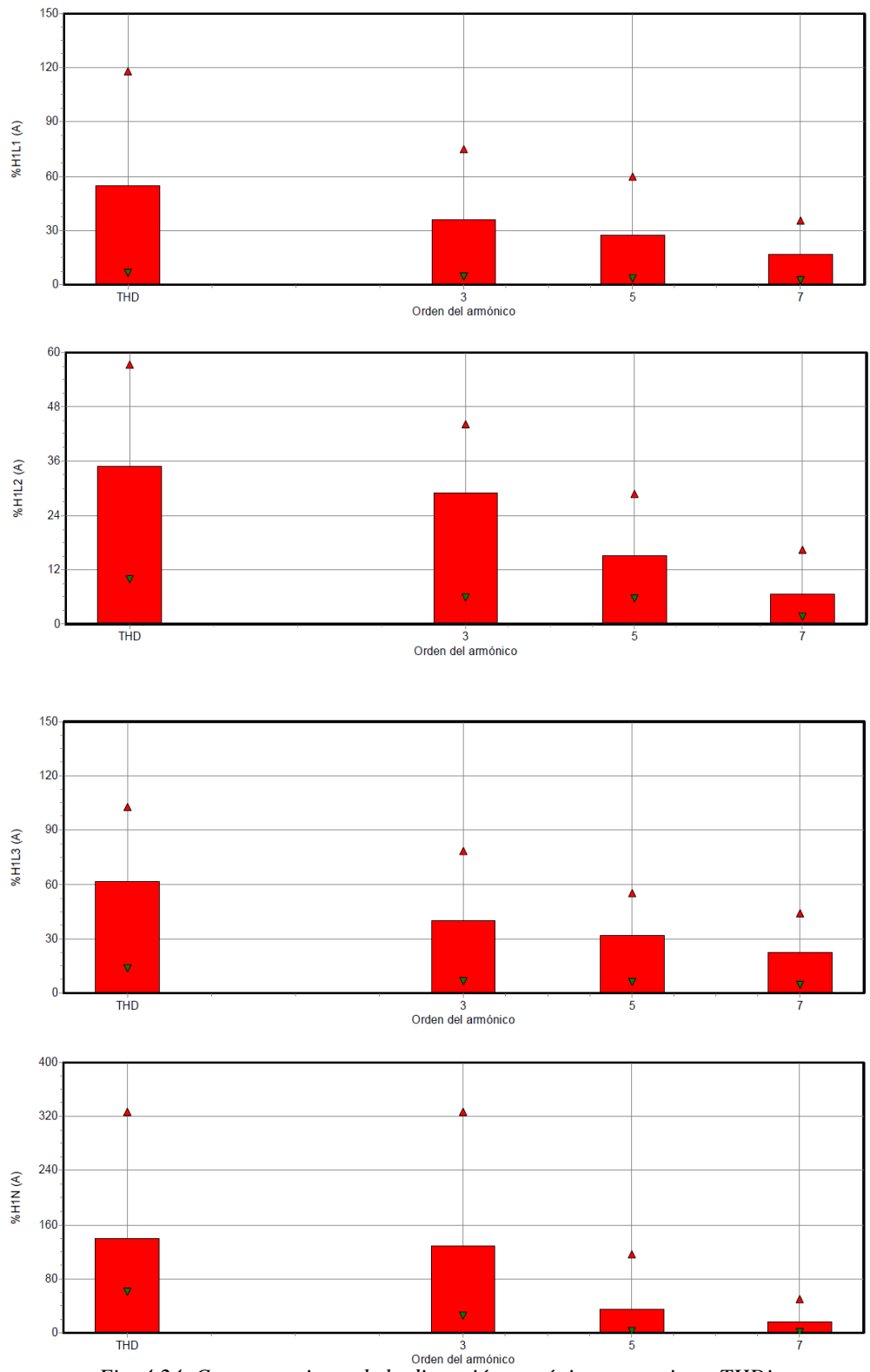


Fig. 4.24. Comportamiento de la distorsión armónica en corriente THDi.

Tabla 4.6. Distorsión armónica permisible en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.

$V_N < 69 \text{ kV}$						
I_{CC} / I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 - 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 - 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 - 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
$69 \text{ kV} < V_N < 161 \text{ kV}$						
<20	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20 - 50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50 - 100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100 - 1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.75	0.7	10.0
$V_N > 161 \text{ kV}$						
<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
P50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0

h es el orden de la armónica.

I_{cc} es la mayor corriente de cortocircuito en el PCC.

La tabla únicamente considera armónicas impares.

Con respecto a la aplicación de estos límites, se deben considerar las siguientes situaciones:

1. Para las armónicas pares, los límites son 25% de los valores especificados en la tabla.
2. Como habrá notado, para tensiones superiores a 69 kV, los límites son la mitad de sus respectivos valores para tensiones menores a 69 kV.
3. Independientemente de la relación I_{cc}/I_L , todos los equipos de generación de energía tienen como límite los valores dados en el primer renglón, es decir los valores de la fila de $I_{cc}/I_L < 20$.
4. No se permite la existencia de componentes de CD.
5. Los valores mostrados son los límites máximos permisibles bajo condiciones de operación. Durante la puesta en marcha o condiciones de operación inusual o anormal que duren menos de una hora, estos límites pueden excederse a 50%.
6. Para los sistemas que usen convertidores de más de seis pulsos, estos límites se incrementa según la razón en :

$$\sqrt{\frac{q}{6}}$$

Donde q es el número de pulsos

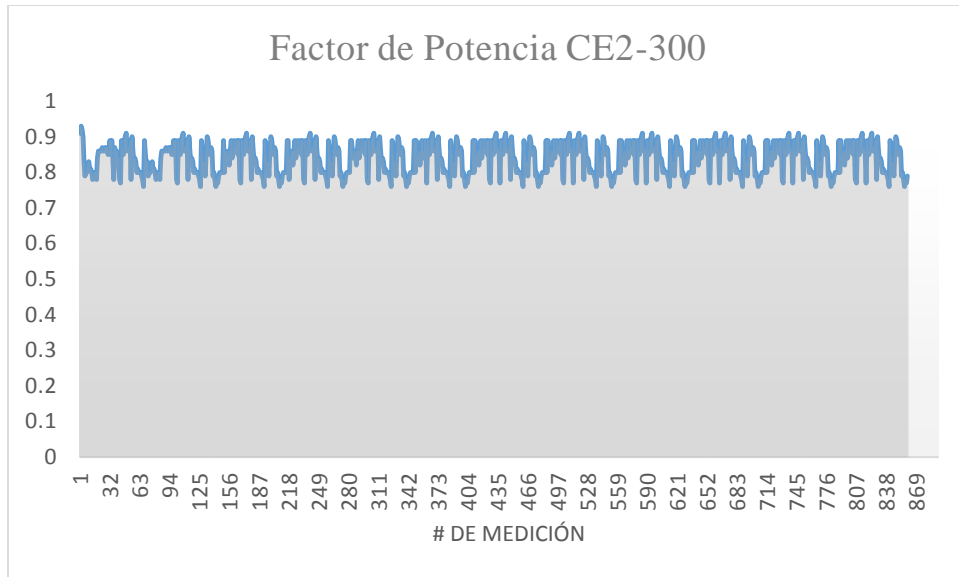


Fig. 4.25. Comportamiento del Factor de Potencia.

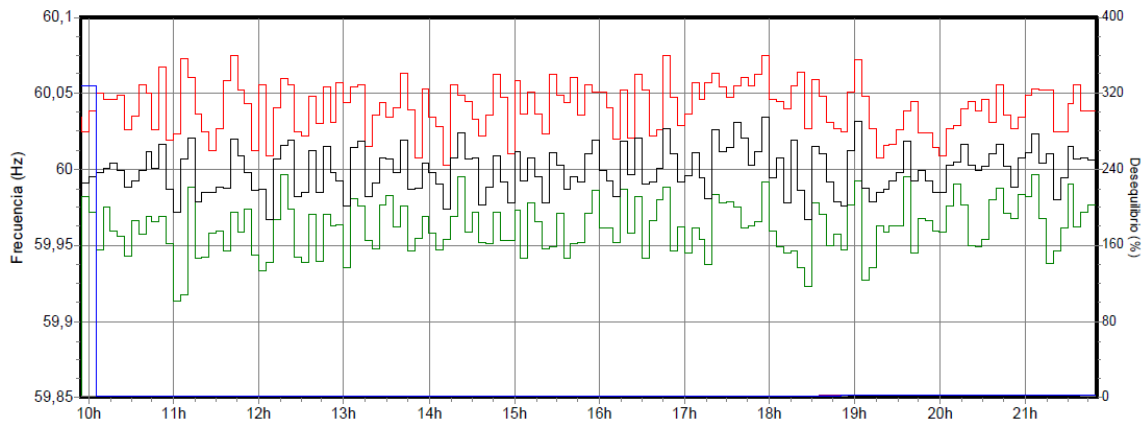


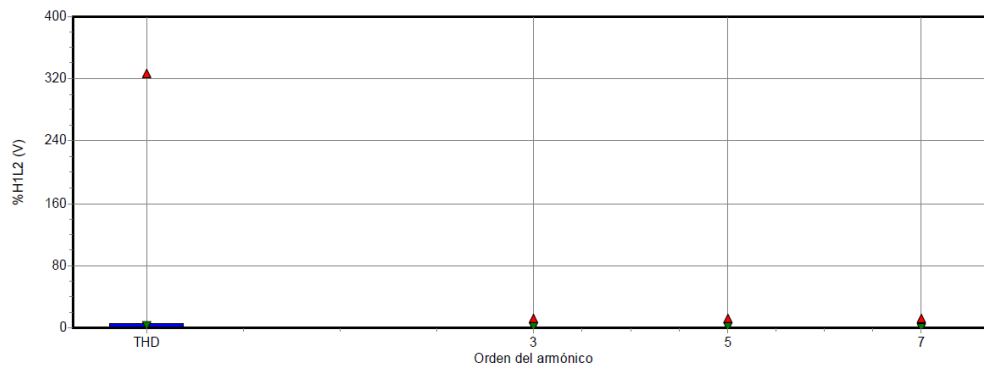
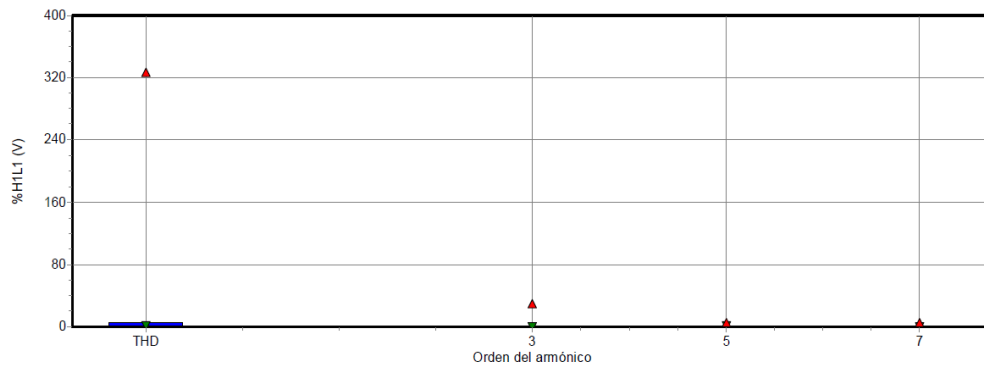
Fig. 4.26. Comportamiento de la Frecuencia.

Tabla correspondiente a los armónicos individuales de voltaje

Tabla 4.21. Armónicos Individuales de voltaje, "N"

FASES	PROMEDIO%	MINIMO%	MAXIMO%
3ra fase1	0.0	0.0	0.0
3ra fase2	0.0	0.0	0.0

3ra fase3	0.0	0.0	0.0
5ta fase1	0.648	0.0	1.60
5ta fase2	0.69	0.0	1.60
5ta fase3	0.773	0.0	1.7
7ta fase1	1.198	0.50	2.30
7ta fase2	1.093	0.100	2.20
7ta fase3	1.309	0.50	2.50
9a fase1	0.0	0.0	0.0
9a fase2	0.0	0.0	0.0
9a fase3	0.0	0.0	0.0
11a fase1	0.098	0.0	0.40
11a fase2	0.106	0.0	0.40
11a fase3	0.081	0.0	0.40
13a fase1	0.0	0.0	0.0
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15 fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0



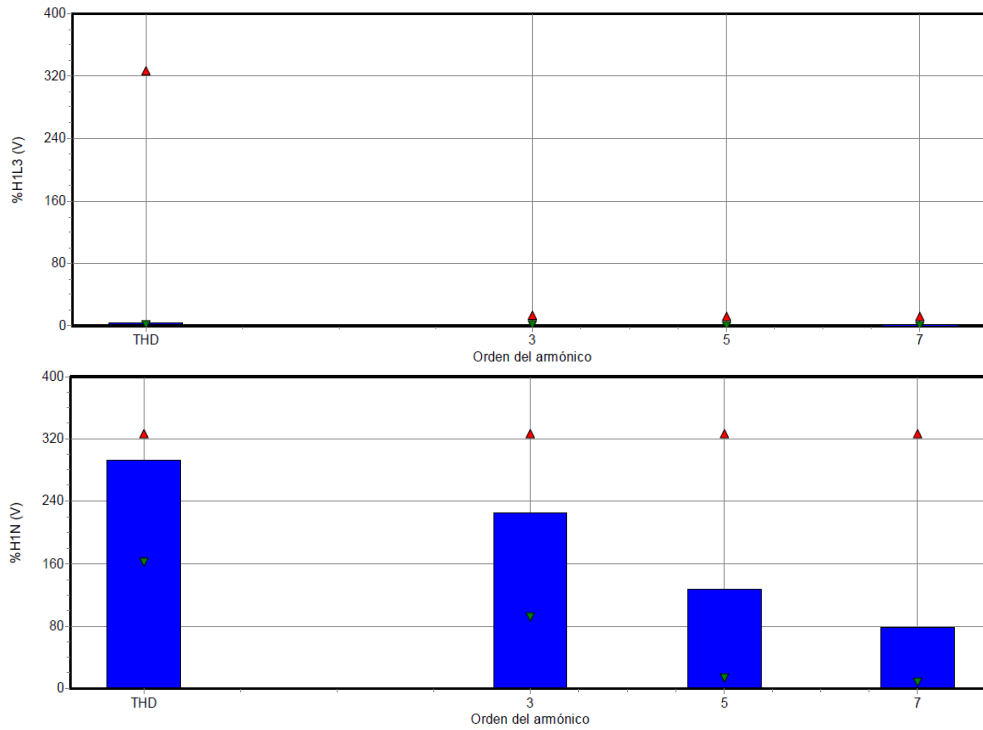


Fig. 4.27. Espectros de los voltajes armónicos medidos.

Los límites de distorsión armónica de la tensión son establecidos de manera individual en porcentaje de la tensión nominal de conexión al sistema (V_N), mientras que en lo global está mediante el THD en porcentaje de V_N . Nótese que esta definición global, en lugar de utilizar el valor eficaz de la componente fundamental o el valor eficaz de la tensión distorsionada, utiliza a V_N . Estos valores se establecen en la tabla 4.8.

Tabla 4.8. Niveles de distorsión armónica permisible en la tensión por el estándar IEEE 519-1992.

V_N	<i>IHD</i> <i>Distorsión armónica individual</i>	<i>THD-V_N</i>
$\leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V_{\text{bus}} \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$> 161 \text{ kV}$	1.0	1.5

Estos límites deben ser acatados por ambas partes. La compañía suministradora tiene la obligación de vigilar que sus clientes permanezcan dentro de los rangos permitidos y de operar el sistema para entregar al usuario la tensión con los límites establecidos.

4.3.2 INFORME FINAL SOBRE VARIABLES ELECTRICAS PARA LA SUBESTACIÓN CE2-300

Tensión:

El equipo medido se encuentra dentro los de los estándares marcados, el desbalance de las fases no supera el 2% recomendado así como la regulación de tensión no excede el +/-10 %. Durante todo el monitoreo no se detectaron transitorios o anomalías de tensión que puedan afectar al sistema y a los equipos.

Corriente:

Los valores máximos o mínimos de corriente tanto como como su promedio se encuentran dentro de la capacidad del circuito cercanos al 15%. No se detectaron picos de corriente que pudieran disparar la protecciones eléctricas, sin embargo se tienen desbalances en relación a las corrientes por fase, se recomienda realizar un balanceo de cargas en los circuitos.

Potencia:

Los valores máximos de potencia se encuentran dentro del 80% de la capacidad del transformador por lo que este aún se encuentra dentro de su operación normal. Se puede aumentar la carga a este transformador revisando los ajustes de la protecciones eléctricas y las capacidades de los conductores.

Factor de potencia:

El factor de potencia presenta un valor promedio por arriba del permitido por CFE. Por lo que para esta subestación también se contemplan bonificaciones.

Armónicos:

Dentro del monitoreo realizado los resultados muestran que en la instalación a pesar de tener armónicos presentes (los mas representativos son la armónica 3,5 y 7^a) 180 , 300 y 4420 Hz. Estos armónicos son producidos en su mayoría por equipos como computadoras, balastos y demás equipos electronicos con los que cuentan en el edificio.

Tabla 4.22. Datos de la subestación eléctrica no. 3.

<p>SUBESTACIÓN ELÉCTRICA #3 Potencia Aparente: 300 KVA Marca: Transformadores Nacionales Serie: Designación: CE3-300 Voltaje Primario: 13200/7620 Voltaje Secundario: 220/127 Impedancia: 3.5 % Tap de Operación: 3 Corriente Primaria (Ip): 13.12 A Corriente Secundaria (Is): 789.47 A Corriente de Corto Circuito en Secundario (Iscs): 16501.6 A Relación (Iscs)/(Is): 20.90</p>	
--	--

4.4. Edificio F

Cuenta con una superficial de alrededor de 2495.08 m², ésta se conforma por 2 pisos. Cuenta con Cubículos, CAAI y Laboratorios Informática. (Fig. 4.28)



Fig. 43 Entrada Principal Edificio "F"

Las instalaciones y los equipos de acondicionamiento en su mayoría, poseen alrededor de 3 años de servicio.

El edificio está ocupado por 300 personas aproximadamente en todas las áreas, administrativas y docentes, con horarios variados de 7:00 A.M a 10:30 P.M. de lunes a viernes. Y los días sábados con horarios de 7:00 A.M a 1:30 HRS.

Tabla 4.23. Cuadro de cargas, "F"

Equipo	Cantidad (Pza.)	Potencia Individual Consumida (W)	Potencia Consumida Total (W)
Teléfono	5	5	25
CPU	256	38.1	1,295.4
Multifuncional	2	1524	3,048
Enfriador de agua	2	711.2	1,422.4
Cañón	3	400	1200
Iluminación	500	18	9000
			16,026.8 Watts

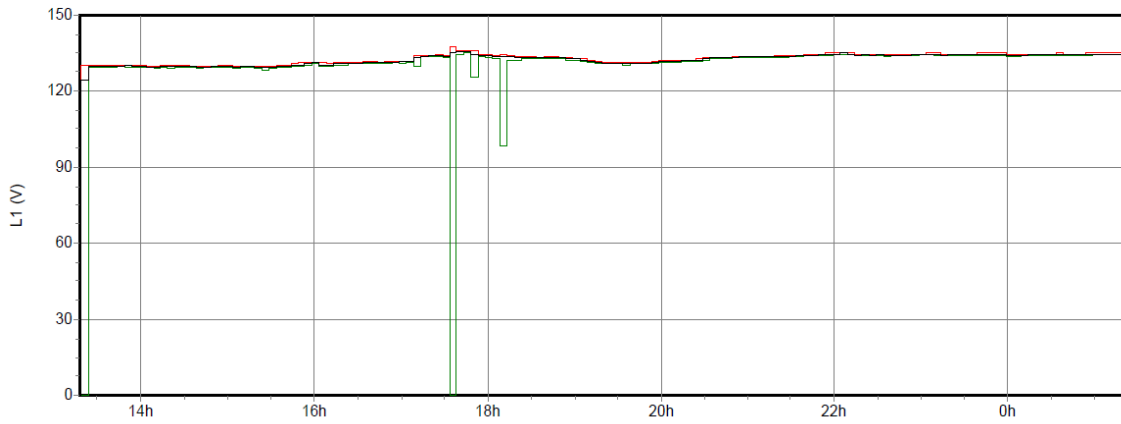
4.4.1. Análisis de Voltajes Edificio F

Tabla 4.24. Resumen de parámetros eléctricos Edificio "F"

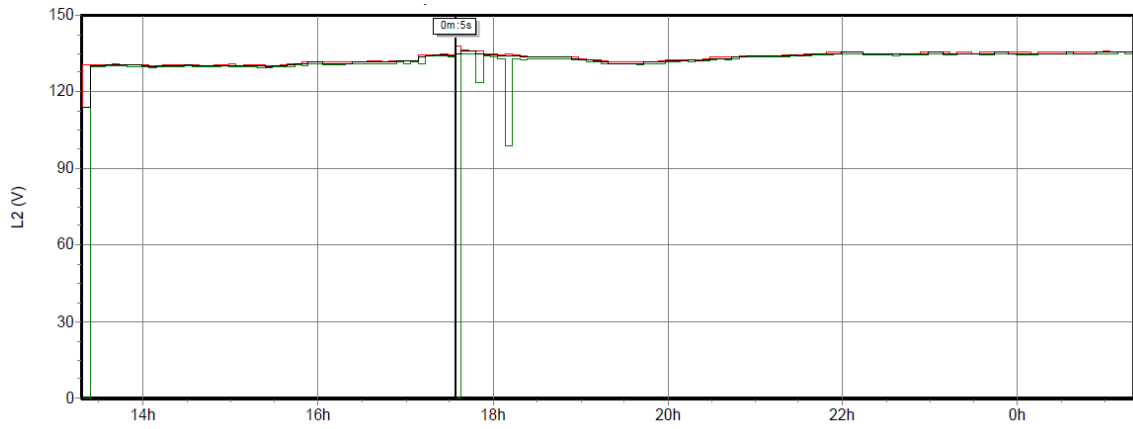
Sección	Punto de Medición	Valor	Voltaje (L-L) (Volts)			Voltaje (L-N) (Volts)			Corriente (Amperes)			
			AB	BC	CA	AN	BN	CN	A	B	C	N
"F"	Tablero de Distribución Principal	Min.	114,03	111,65	111,65	0.2	0.2	0.2	5	5	5	2
		Max.	137,24	139,65	139,65	136,51	137,24	139,65	52	49	51	35
		Prom.	131,90	133,56	133,21	65,77	66,12	67,44	15	10	12.8	12.6

Valor	kW	Frec. (Hz)	F.P	%THDV			%THDI			Disturbios y Observaciones
				A	B	C	A	B	C	
Min.	400	50	90	2,200	1,360	2,120	15,87	7,16	5,55	Se Midieron corrientes circulantes por el neutro, se sugiere revisar el sistema de tierras e instalar un eliminador de corrientes de neutro.
Max.	3,000.00	60.3	150	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	
Prom	1,608.51	60	165	3,837	2,939	3,510	41,40	45,00	39,34	

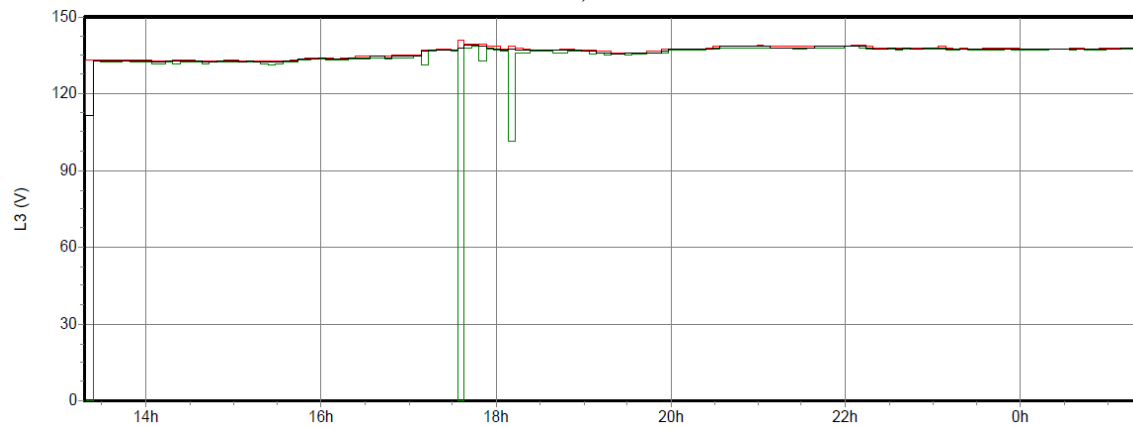
A continuación se muestra el comportamiento de voltajes para cada línea.



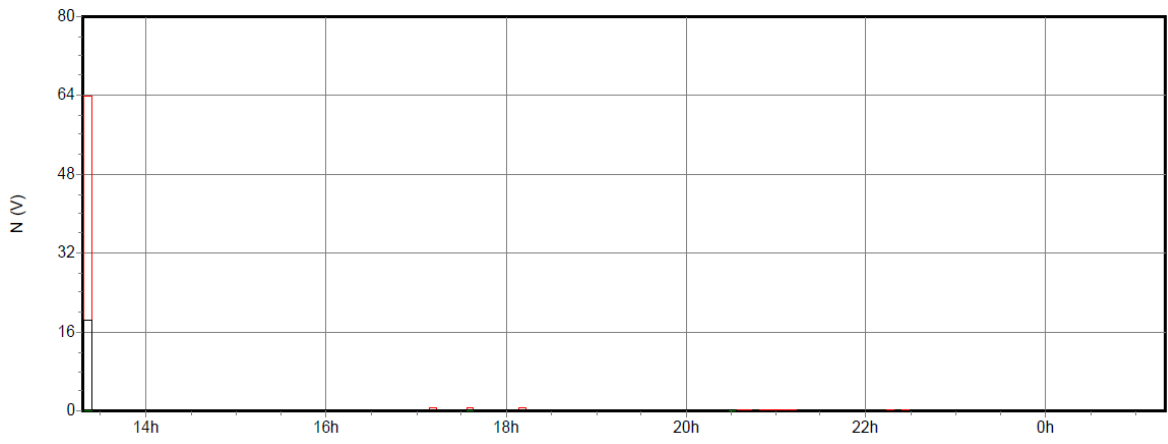
a)



b)

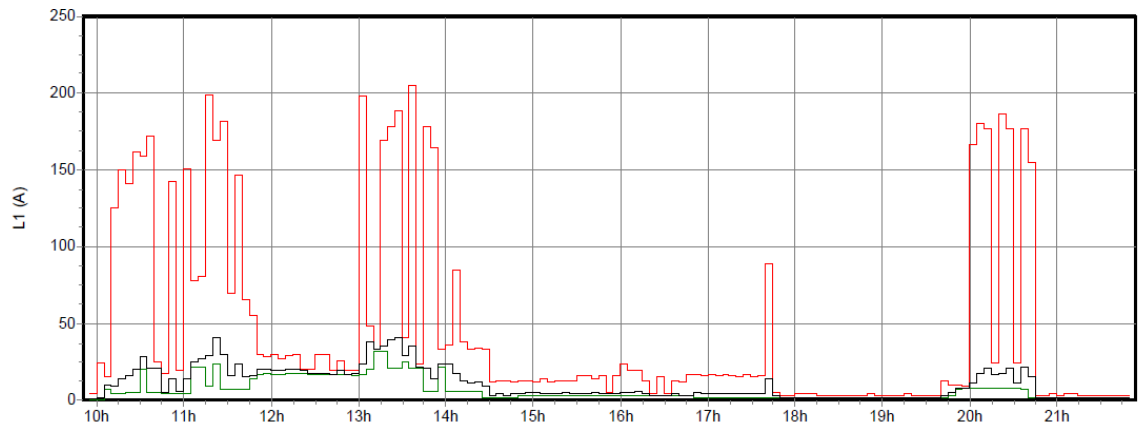


c)

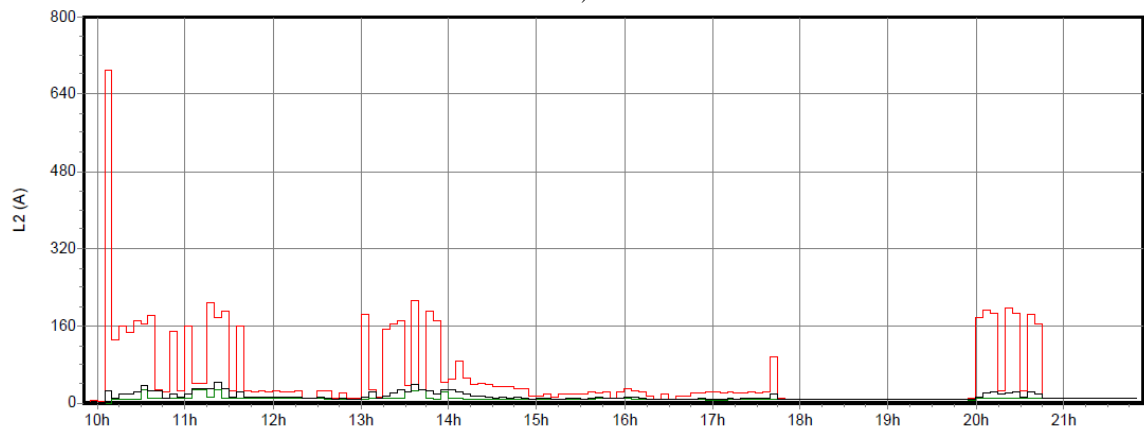


d)

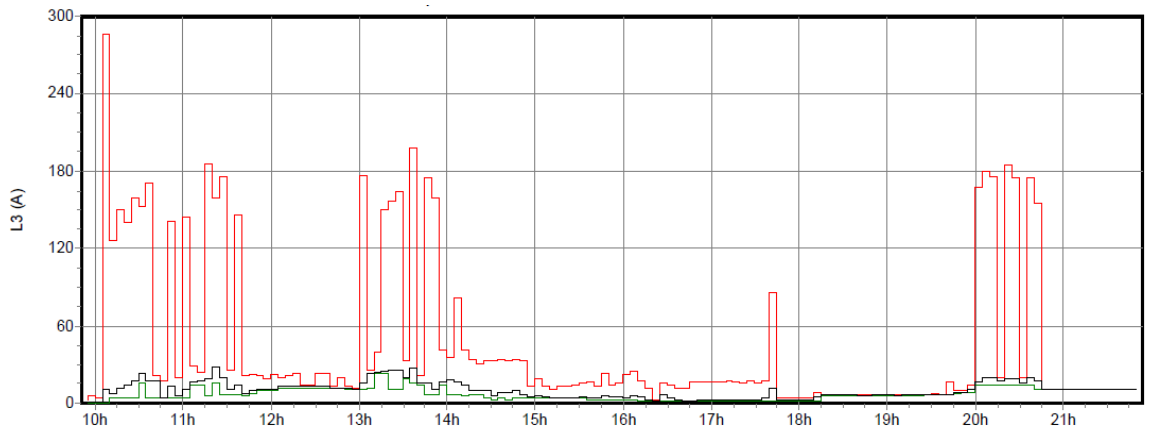
Fig. 4.29. Comportamiento del voltaje para las fases A, B, y C, referido de fase a neutro variando en el tiempo.



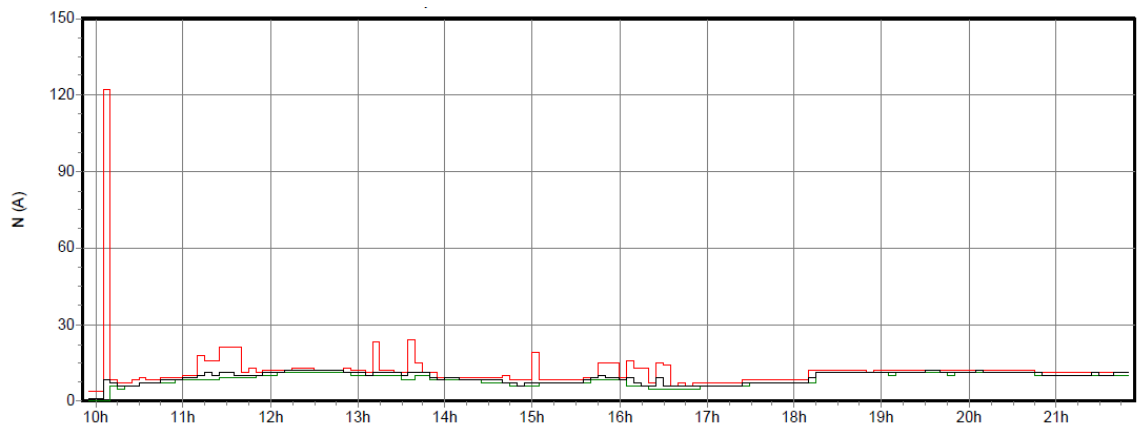
a)



b)



c)



d)

Fig. 4.30. Comportamiento de la corriente referida de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.

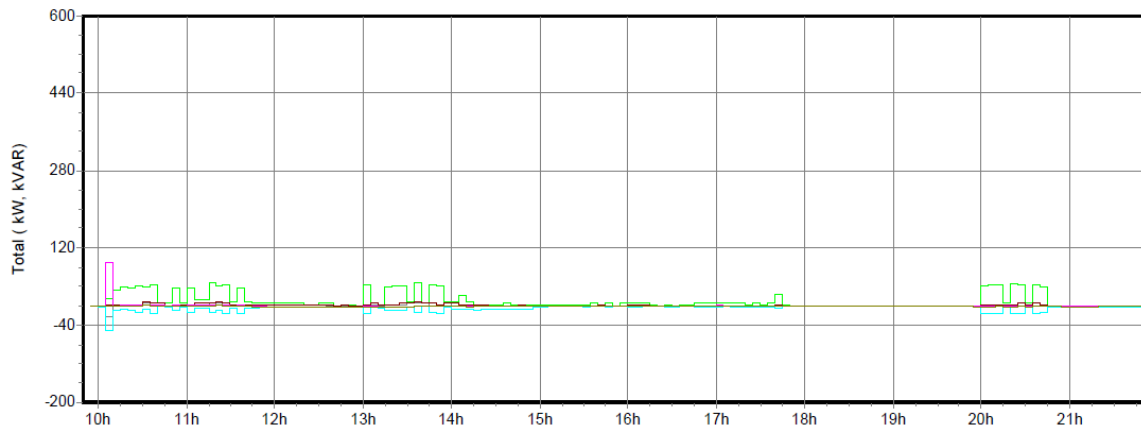
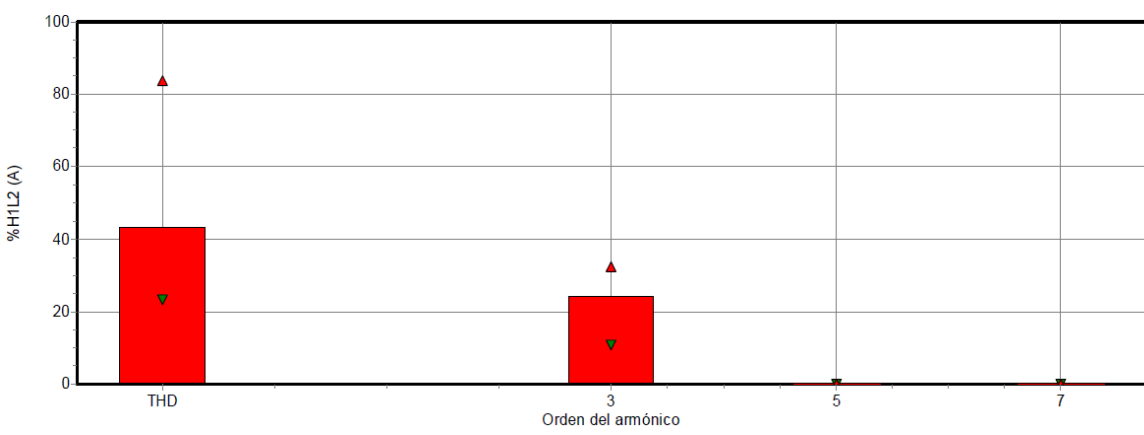
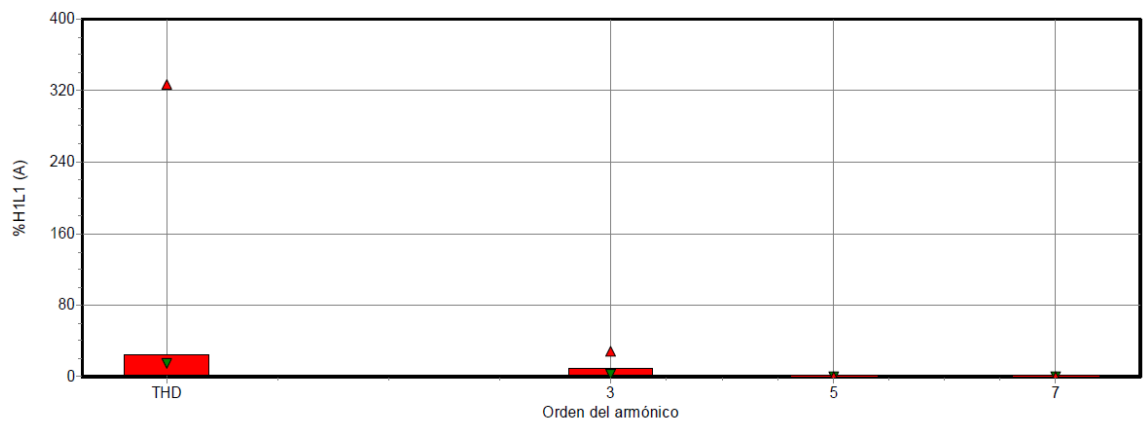


Fig. 4.31. Comportamiento de las potencias (kW), (kVAR).

Medición de armónicos individuales de corriente.

Tabla 4.25. Armónicos Individuales de Corriente, "F"

FASES	PROMEDIO %	MINIMO %	MAXIMO %
3ra fase1	0.118	0.0	2.10
3ra fase2	0.190	0.0	3.10
3ra fase3	0.167	0.0	2.80
5ta fase1	0.387	0.0	4.0
5ta fase2	0.268	0.0	3.6
5ta fase3	0.281	0.0	3.10
7ta fase1	0.201	0.0	2.20
7ta fase2	0.348	0.0	2-30
7ta fase3	0.412	0.0	3.0
9a fase1	0.016	0.0	0.40
9a fase2	0.046	0.0	0.50
9a fase3	0.006	0.0	0.20
11a fase1	0.64	0.0	0.50
11a fase2	0.065	0.0	0.60
11a fase3	0.043	0.0	0.30
13a fase1	0.014	0.0	0.20
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15a fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0



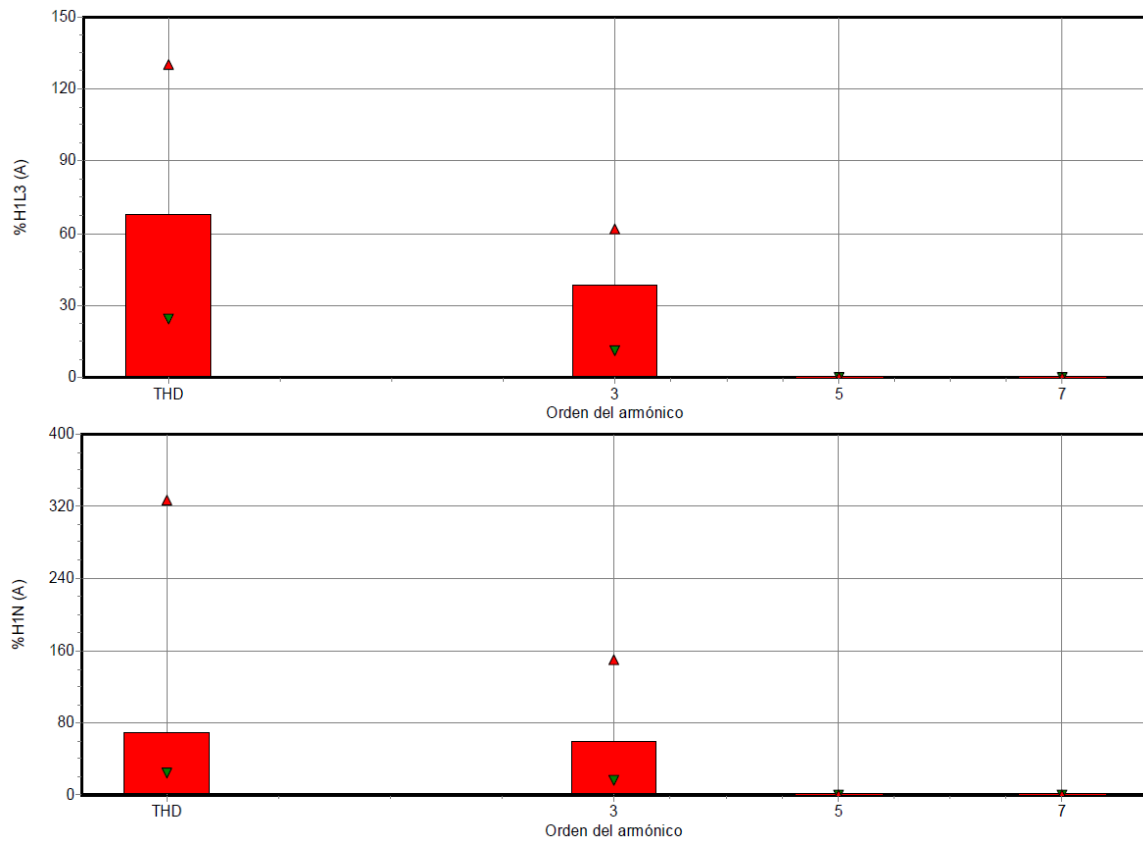


Fig. 4.32. Comportamiento de la distorsión armónica en corriente THDi

Distorsión armónica permisible en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.

Tabla 4.6. Distorsión armónica permisible en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.

$V_N < 69 \text{ kV}$						
I_{CC} / I_L	< 11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 - 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 - 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 - 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
$69 \text{ kV} < V_N < 161 \text{ kV}$						
<20	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20 - 50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50 - 100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100 - 1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.75	0.7	10.0

$V_N > 161 \text{ kV}$						
<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
P50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0

h es el orden de la armónica.

I_{cc} es la mayor corriente de cortocircuito en el PCC.

La tabla únicamente considera armónicas impares.

Con respecto a la aplicación de estos límites, se deben considerar las siguientes situaciones:

1. Para las armónicas pares, los límites son 25% de los valores especificados en la tabla.
2. Como habrá notado, para tensiones superiores a 69 kV, los límites son la mitad de sus respectivos valores para tensiones menores a 69 kV.
3. Independientemente de la relación I_{cc}/I_L , todos los equipos de generación de energía tienen como límite los valores dados en el primer renglón, es decir los valores de la fila de $I_{CC}/I_L < 20$.
4. No se permite la existencia de componentes de CD.
5. Los valores mostrados son los límites máximos permisibles bajo condiciones de operación. Durante la puesta en marcha o condiciones de operación inusual o anormal que duren menos de una hora, estos límites pueden excederse a 50%.
6. Para los sistemas que usen convertidores de más de seis pulsos, estos límites se incrementa según la razón en :

$$\sqrt{\frac{q}{6}}$$

Donde q es el número de pulsos

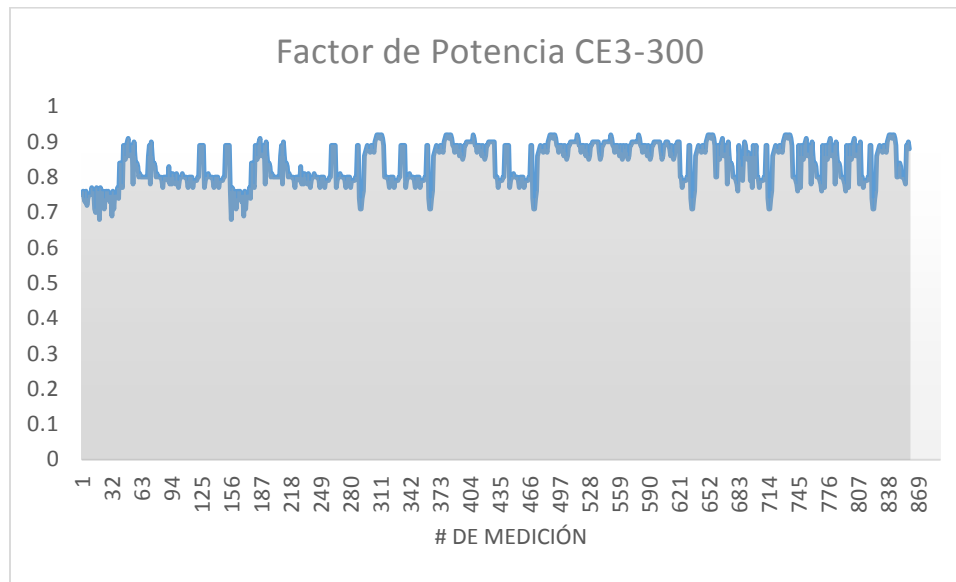


Fig. 4.33. Comportamiento del Factor de Potencia.

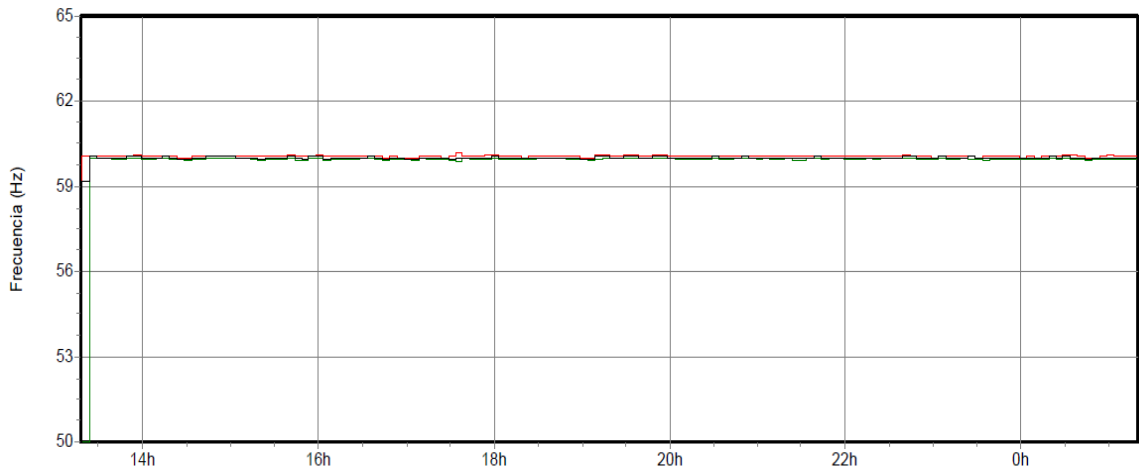


Fig. 4.34. Comportamiento de la Frecuencia.

Medición de armónicos individuales de voltaje.

Tabla 4.26. Armónicos Individuales de voltaje, "F"

FASES	PROMEDIO%	MINIMO%	MAXIMO%
3ra fase1	0.0	0.0	0.0
3ra fase2	0.0	0.0	0.0
3ra fase3	0.0	0.0	0.0
5ta fase1	0.648	0.0	1.60
5ta fase2	0.69	0.0	1.60
5ta fase3	0.773	0.0	1.7
7ta fase1	1.198	0.50	2.30
7ta fase2	1.093	0.100	2.20
7ta fase3	1.309	0.50	2.50
9a fase1	0.0	0.0	0.0
9a fase2	0.0	0.0	0.0
9a fase3	0.0	0.0	0.0
11a fase1	0.098	0.0	0.40
11a fase2	0.106	0.0	0.40
11a fase3	0.081	0.0	0.40
13a fase1	0.0	0.0	0.0
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15 fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0

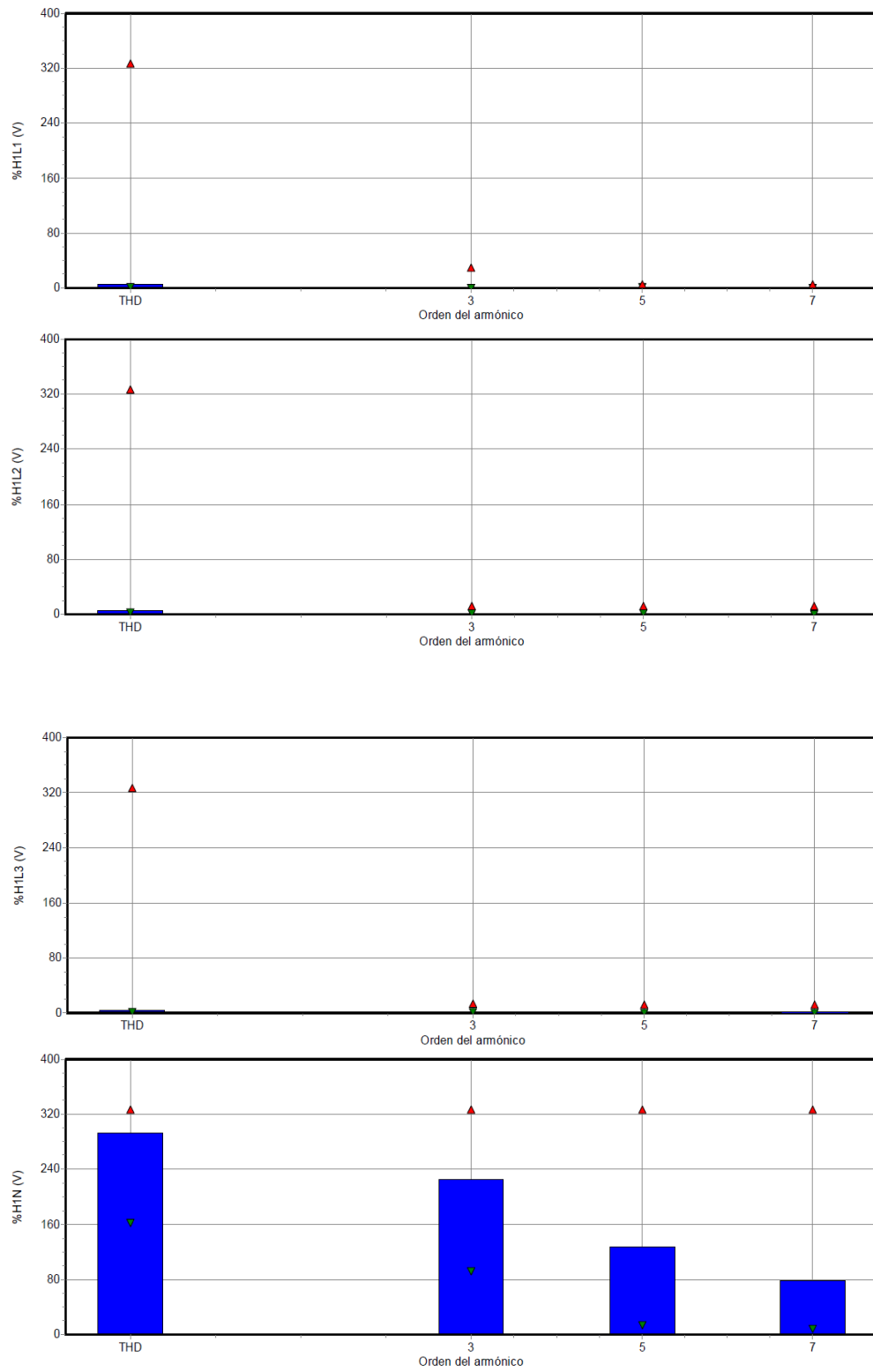


Fig. 4.35. Espectros de los voltajes armónicos medidos.

Los límites de distorsión armónica de la tensión son establecidos de manera individual en porcentaje de la tensión nominal de conexión al sistema (V_N), mientras que en lo global está mediante el THD en porcentaje de V_N . Nótese que esta definición global, en lugar de utilizar el valor eficaz de la componente fundamental o el valor eficaz de la tensión distorsionada, utiliza a V_N . Estos valores se establecen en la tabla siguiente:

Tabla 4.8. Niveles de distorsión armónica permisible en la tensión por el estándar IEEE 519-1992.

V_N	<i>IHD</i> <i>Distorsión armónica individual</i>	<i>THD-V_N</i>
$\leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V_{\text{bus}} \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$> 161 \text{ kV}$	1.0	1.5

Estos límites deben ser acatados por ambas partes. La compañía suministradora tiene la obligación de vigilar que sus clientes permanezcan dentro de los rangos permitidos y de operar el sistema para entregar al usuario la tensión con los límites establecidos.

4.4.2 INFORME FINAL SOBRE VARIABLES ELECTRICAS PARA LA SUBESTACIÓN CE3-300

Tensión:

El equipo medido se encuentra dentro los de los estándares marcados, el desbalance de las fases no supera el 2% recomendado así como la regulación de tensión no excede el +/-10 %. Durante todo el monitoreo no se detectaron transitorios o anomalías de tensión que puedan afectar al sistema y a los equipos.

Corriente:

Los valores obtenidos de corriente maximos encuentran dentro de la capacidad del circuito, cercanos a un 10%. No se detectaron picos de corriente que pudieran disparar la protecciones eléctricas, sin embargo se encontraron ligeros desbalances en relación a las corrientes por fase, se recomienda realizar un balanceo de cargas en los circuitos.

Potencia:

Los valores máximos de potencia se encuentran dentro del 80% de la capacidad del transformador por lo que este aún se encuentra dentro de su operación normal. Se puede

aumentar la carga a este transformador revisando los ajustes de la protecciones eléctricas y las capacidades de los conductores.


Factor de potencia:

El factor de potencia presenta un valor promedio por arriba del permitido por CFE. Por lo que para esta subestación se tiene bonificaciones.

Armónicos:

Dentro del monitoreo realizado los resultados muestran que en la instalación a pesar de tener armónicos presentes (los mas representativos son la armónica 3, 5 y 7ª) 180 , 300 y 420 Hz. Estos armónicos son producidos por el tipo de equipo electronico con los que cuentan en el edificio.

Tabla 4.27. Datos de la subestación eléctrica no. 4.

<p>SUBESTACIÓN ELÉCTRICA #4 Potencia Aparente: 300 KVA Marca: Transformadores de Jardín Serie: Designación: CE4-300 Voltaje Primario: 13200/7620 Voltaje Secundario: 220/127 Impedancia: 3.5% Tap de Operación: 3 Corriente Primaria (Ip): 13.12 A Corriente Secundaria (Is): 789.47 A Corriente de Corto Circuito en Secundario (Iscs): 16501.6 Relación (Iscs)/(Is): 20.90</p>	
--	--

4.5. Edificio I

Cuenta con una superficial de alrededor de 2495.08 m2, ésta se conforma por 2 pisos. Cuenta con Cubículos, Áreas Administrativas, Salas de Conferencias Aulas y Laboratorios de Informática. (Fig. 4.36)



Fig. 44 Entrada Principal Edificio "I"

Para el caso de los equipos instalados en este edificio su periodo de utilización es de alrededor de 8 años, esto quiere decir que la mayoría de ellos todavía están en condiciones de ausencia de fatiga por el uso diario.

Con lo cual su fiabilidad es buena, además de que su construcción contempla aspectos de ventilación natural lo cual reduce el uso de A/C.

El edificio es ocupado por alrededor de 250 personas aproximadamente en todas sus áreas, administrativas y docentes, con horarios variados de 7:00 A.M a 10:30 P.M. de lunes a viernes. Y los días sábados con horarios de 7:00 A.M a 1:30 Hrs, para la práctica del idioma inglés.

La colocación del equipo para el monitoreo de los parámetros eléctricos se realizó en el tablero principal del edificio en el cual se conectan todas las cargas activas en el edificio. (Fig. 4.37)



Fig. 45 Equipo conectado en Edificio "I"

Tabla 33 Cuadro de cargas eléctricas, "I"

Equipo	Cantidad (Pza.)	Potencia Individual Consumida (W)	Potencia Consumida Total (W)
Teléfono	5	5	25
CPU	70	38.1	2,667
Multifuncional	3	1524	4,572
Enfriador de agua	3	711.2	2,133.6
Cañón	16	400	6,400
Iluminación	500	18	9,000
A/C 2 ton	2	3200	6,400
Impresoras	2	900	1,800
Reguladores	4	381	1,524
			34,521.6 Watts

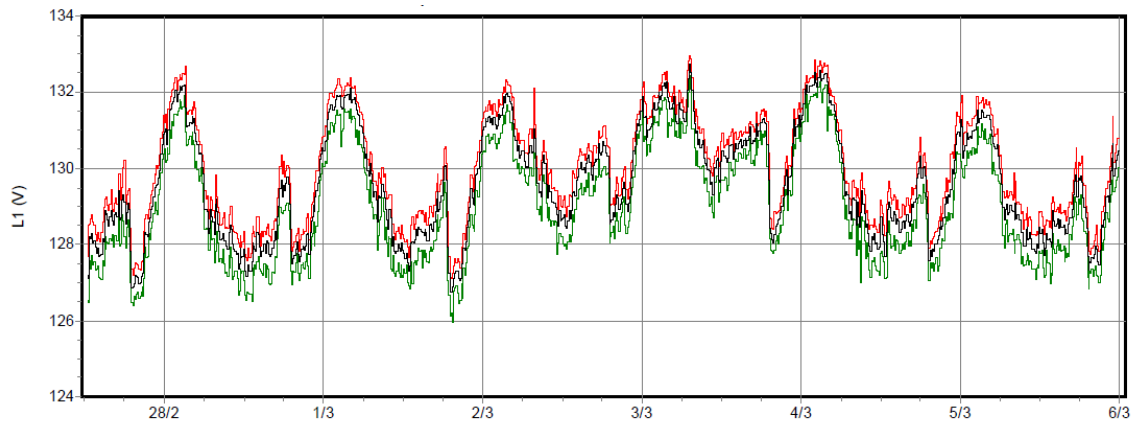
4.5.1. Análisis de Voltajes Edificio I

Tabla 34 Resumen de parámetros eléctricos Edificio "I"

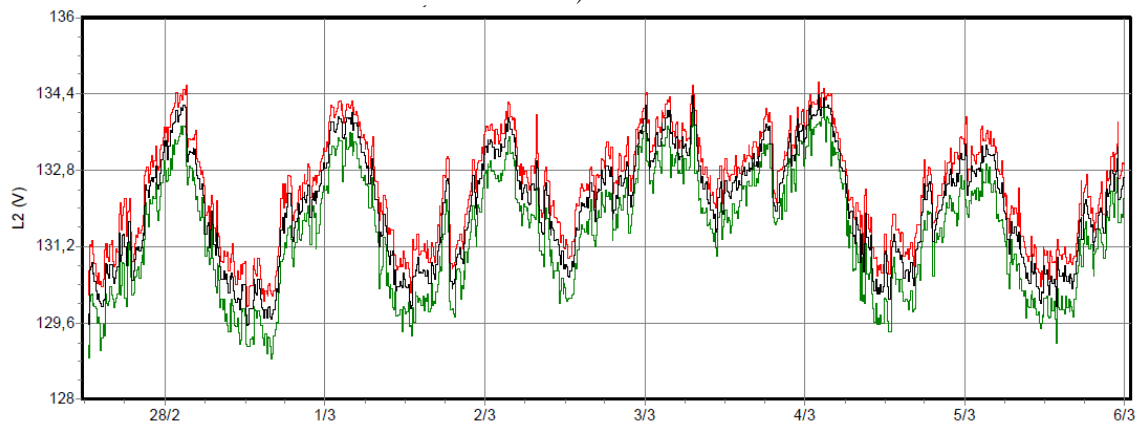
Sección	Punto de Medición	Valor	Voltaje (L-L) (Voltaje)			Voltaje (L-N) (Voltaje)			Corriente (Amperes)			
			AB	BC	CA	AN	BN	CN	A	B	C	N
"I"	Tablero de Distribución Principal	Min.	40.24	49.04	56.78	0	0	0	1.0	1.0	1.0	1.0
		Max.	132.74	134.39	134.53	132.74	134.39	134.53	46.0	25.0	34.0	19.0
		Prom.	129.43	131.87	131.99	129.43	65.93	65.99	11.9	7.5	8.2	4.81

Valor	kW	Frec. (Hz)	F.P	%THDV			%THDI			Disturbios y Observaciones
				A	B	C	A	B	C	
Min.	400	50	90	2,200	1,360	2,120	15,87	7,16	5,55	Se Midieron corrientes circulantes por el neutro, se sugiere revisar el sistema de tierras.
Max.	3,000.00	60.3	150	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	
Prom	1,608.51	60	165	3,837	2,939	3,510	41,40	45,00	39,34	

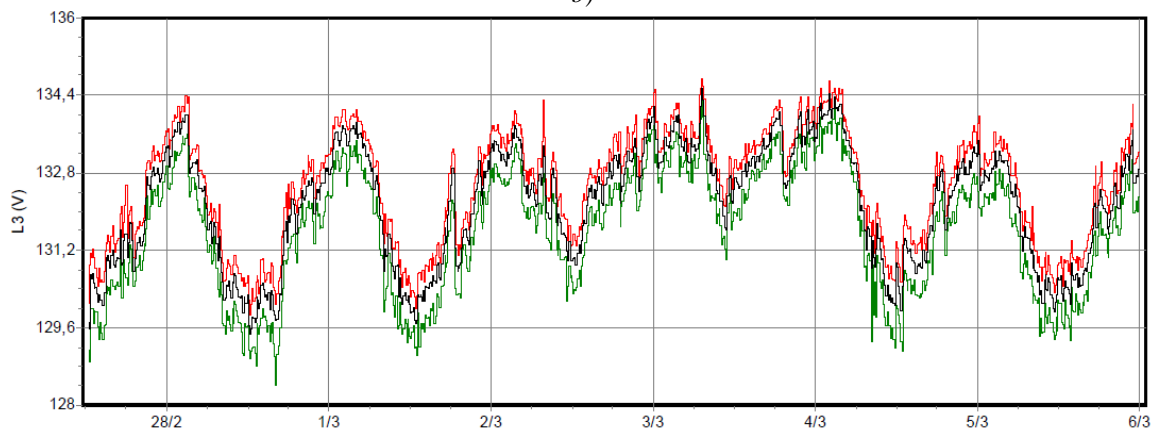
A continuación se muestra el comportamiento de voltajes para cada línea.



a)



b)



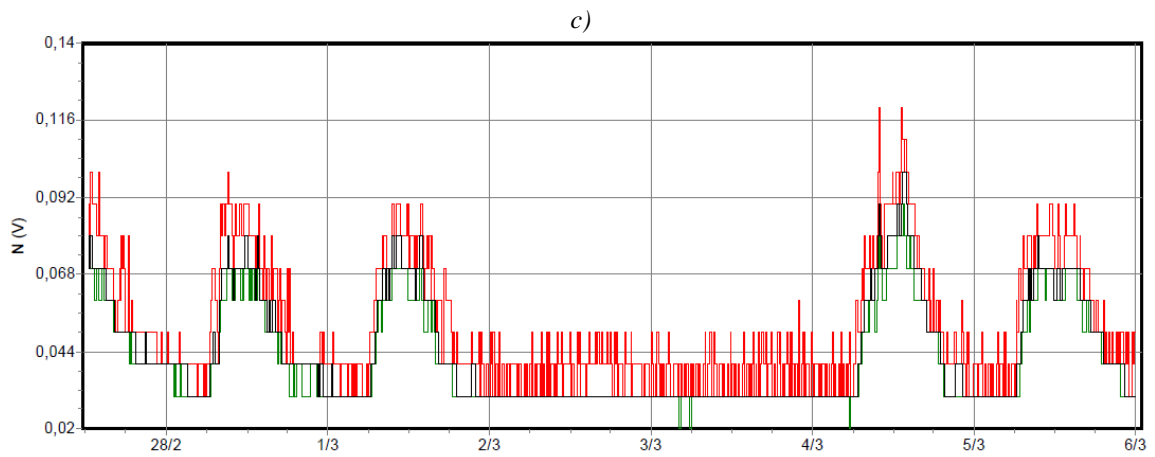
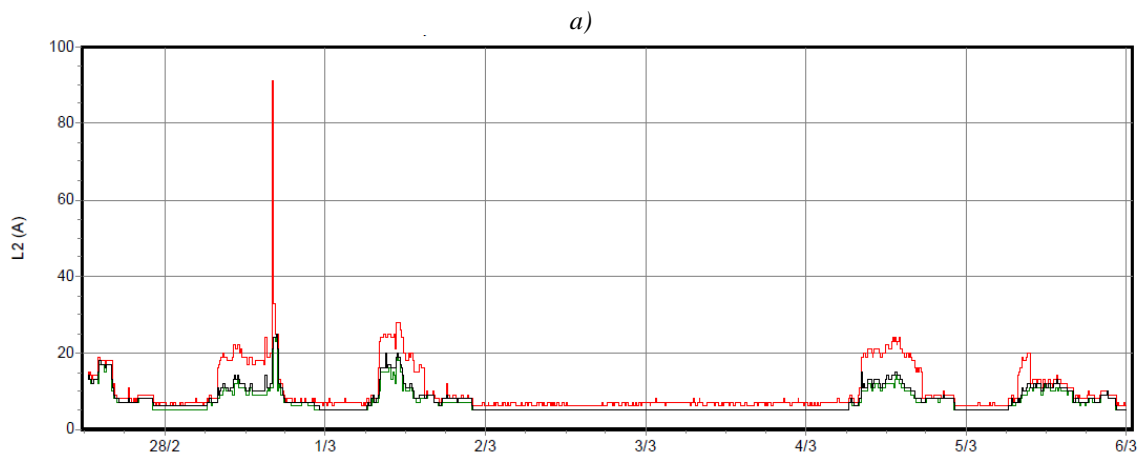
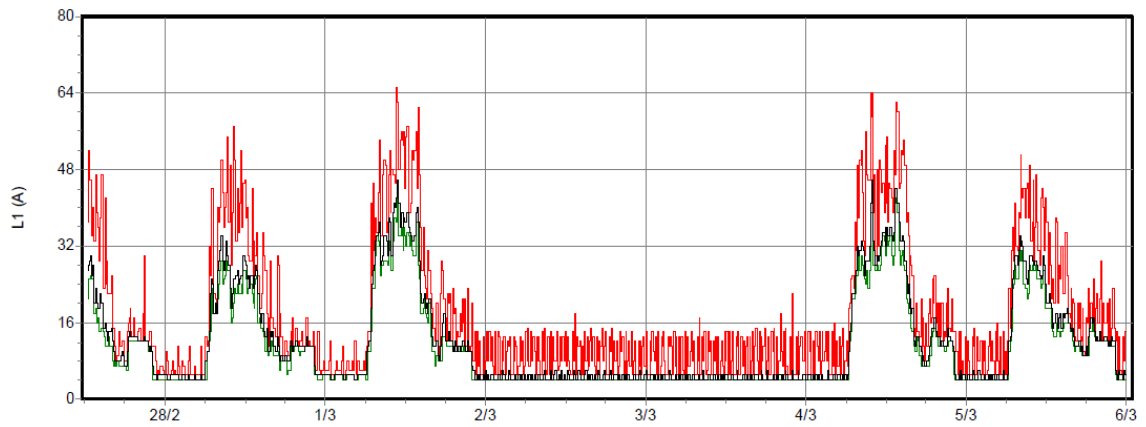


Fig. 46 Comportamiento del voltaje referido de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.



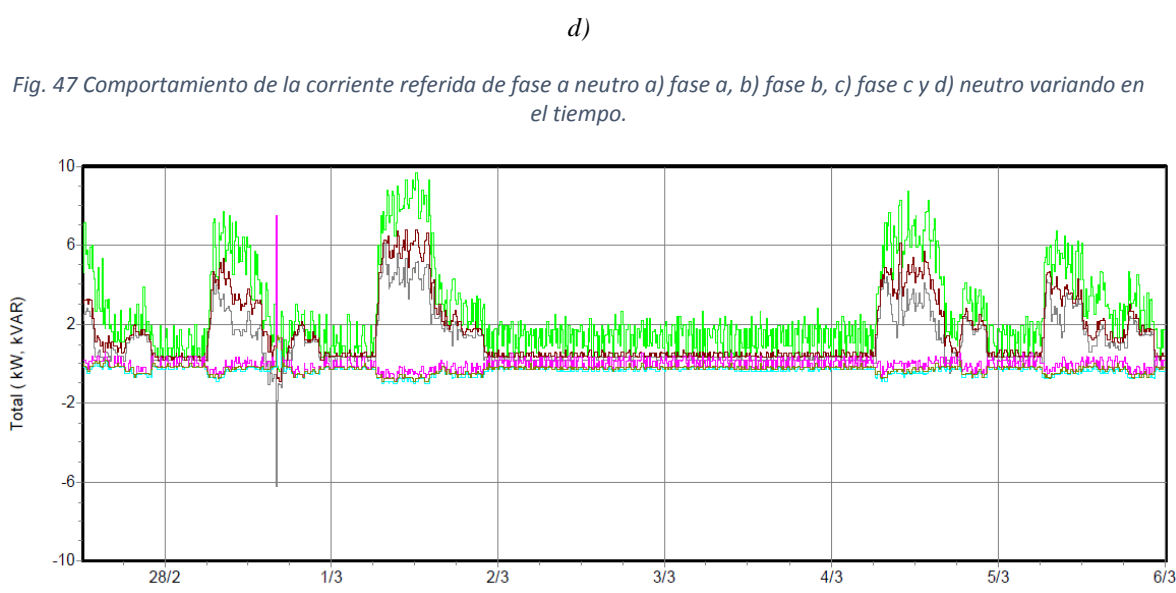
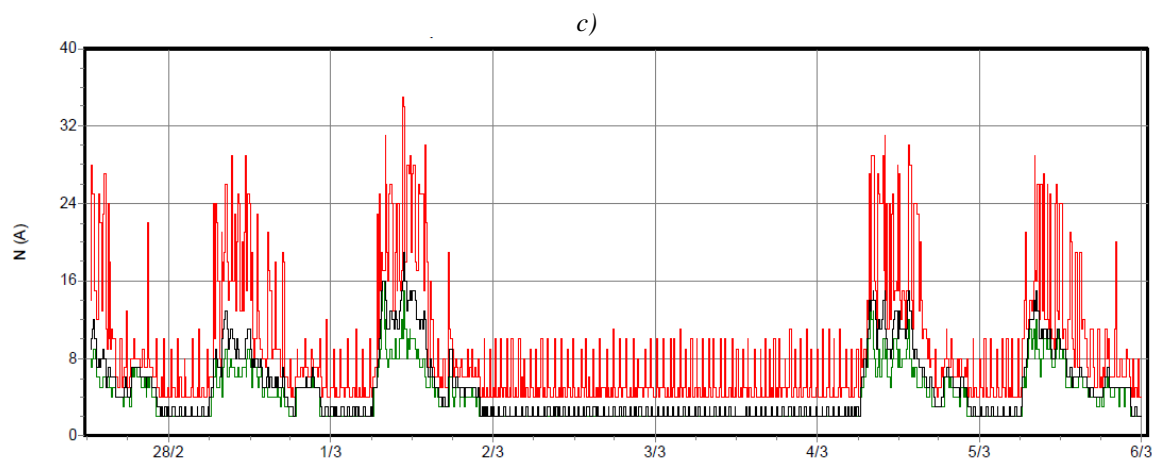
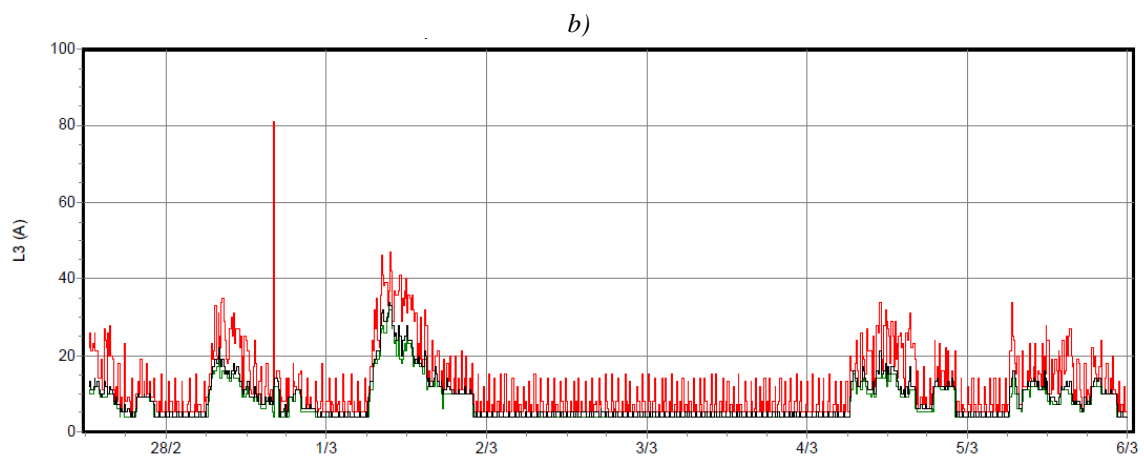


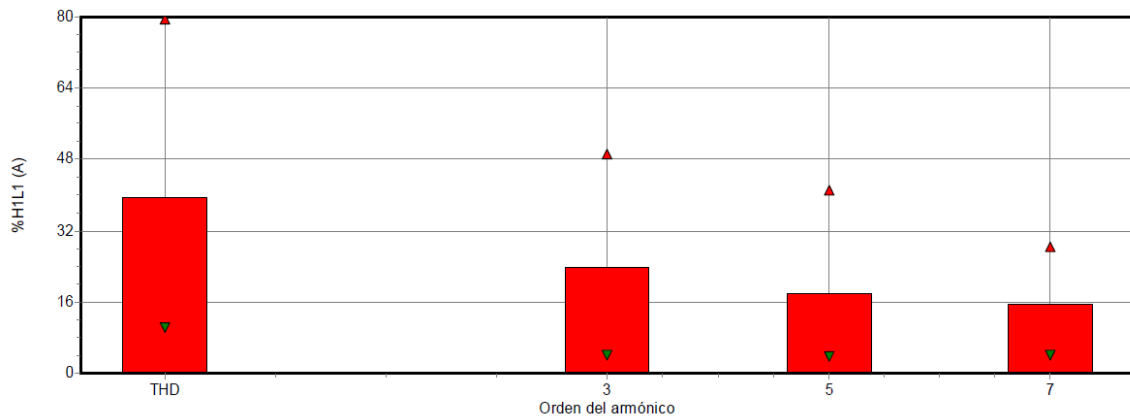
Fig. 47 Comportamiento de la corriente referida de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.

Fig. 48 Comportamiento de las potencias (kW), (kVAR).

Medición de armónicos individuales de corriente.

Tabla 35 Armónicos Individuales de Corriente, "I"

FASES	PROMEDIO %	MINIMO %	MAXIMO %
3ra fase1	0.118	0.0	2.10
3ra fase2	0.190	0.0	3.10
3ra fase3	0.167	0.0	2.80
5ta fase1	0.387	0.0	4.0
5ta fase2	0.268	0.0	3.6
5ta fase3	0.281	0.0	3.10
7ta fase1	0.201	0.0	2.20
7ta fase2	0.348	0.0	2-30
7ta fase3	0.412	0.0	3.0
9a fase1	0.016	0.0	0.40
9a fase2	0.046	0.0	0.50
9a fase3	0.006	0.0	0.20
11a fase1	0.64	0.0	0.50
11a fase2	0.065	0.0	0.60
11a fase3	0.043	0.0	0.30
13a fase1	0.014	0.0	0.20
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15a fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0



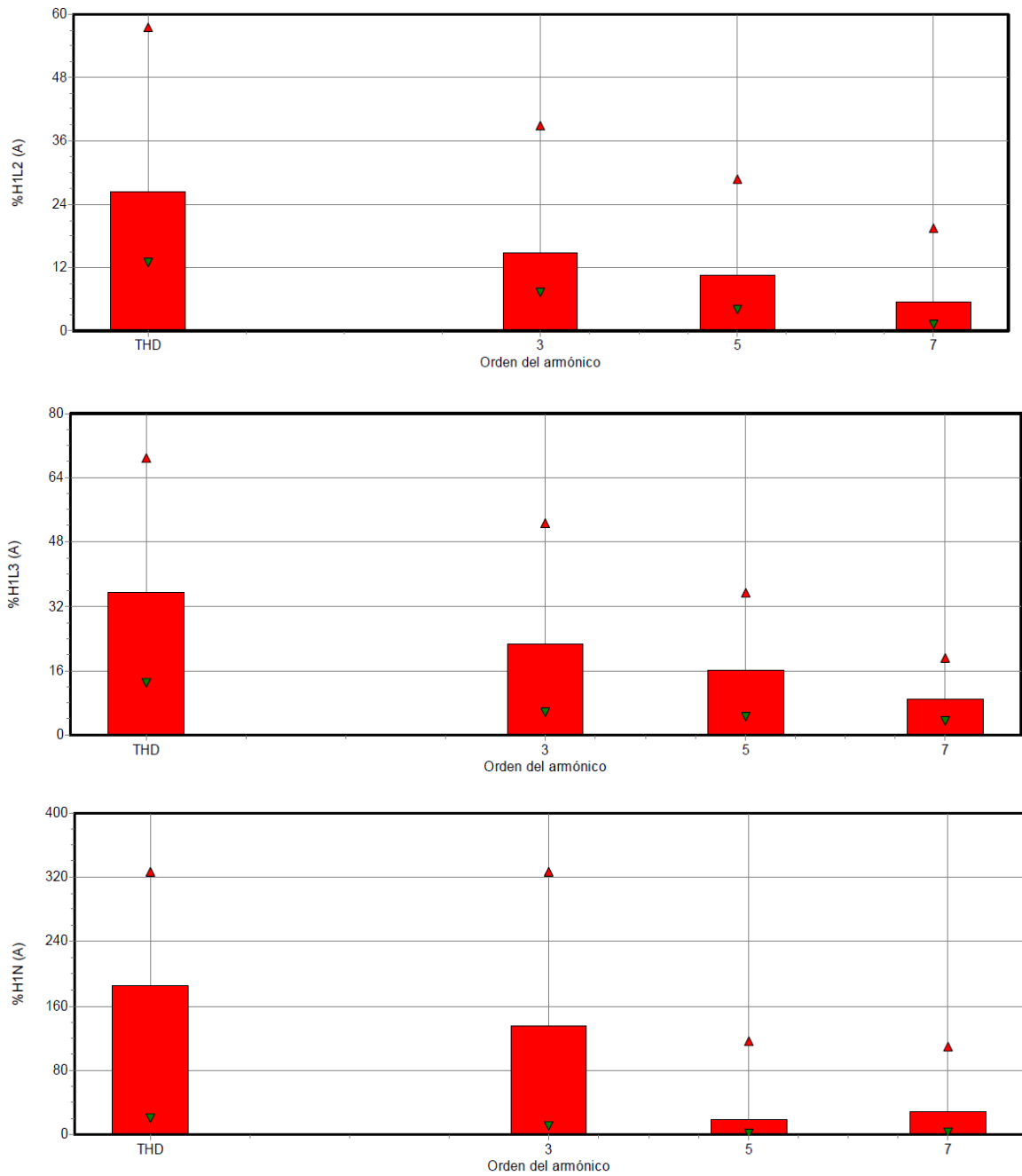


Fig. 49 Comportamiento de la distorsión armónica en corriente THDi

Para entender mejor este fenómeno de la distorsión armónica, a continuación, se presenta una tabla de distorsión armónica permisibles en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.

Tabla 16. Distorsión armónica permisible en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.

$V_N < 69 \text{ kV}$						
I_{cc} / I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 - 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 - 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 - 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
$69 \text{ kV} < V_N < 161 \text{ kV}$						
<20	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20 - 50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50 - 100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100 - 1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.75	0.7	10.0
$V_N > 161 \text{ kV}$						
<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
P50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0

h es el orden de la armónica.

I_{cc} es la mayor corriente de cortocircuito en el PCC.

La tabla únicamente considera armónicas impares.

Con respecto a la aplicación de estos límites, se deben considerar las siguientes situaciones:

1. Para las armónicas pares, los límites son 25% de los valores especificados en la tabla.
2. Como habrá notado, para tensiones superiores a 69 kV, los límites son la mitad de sus respectivos valores para tensiones menores a 69 kV.
3. Independientemente de la relación I_{cc}/I_L , todos los equipos de generación de energía tienen como límite los valores dados en el primer renglón, es decir los valores de la fila de $I_{cc}/I_L < 20$.
4. No se permite la existencia de componentes de CD.
5. Los valores mostrados son los límites máximos permisibles bajo condiciones de operación. Durante la puesta en marcha o condiciones de operación inusual o anormal que duren menos de una hora, estos límites pueden excederse a 50%.
6. Para los sistemas que usen convertidores de más de seis pulsos, estos límites se incrementa según la razón en :

$$\sqrt{\frac{q}{6}}$$

Donde q es el número de pulsos

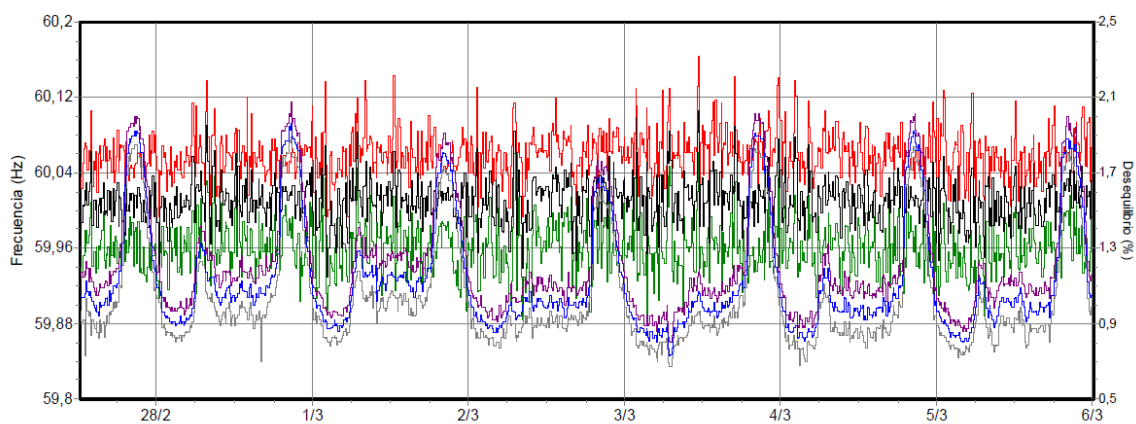


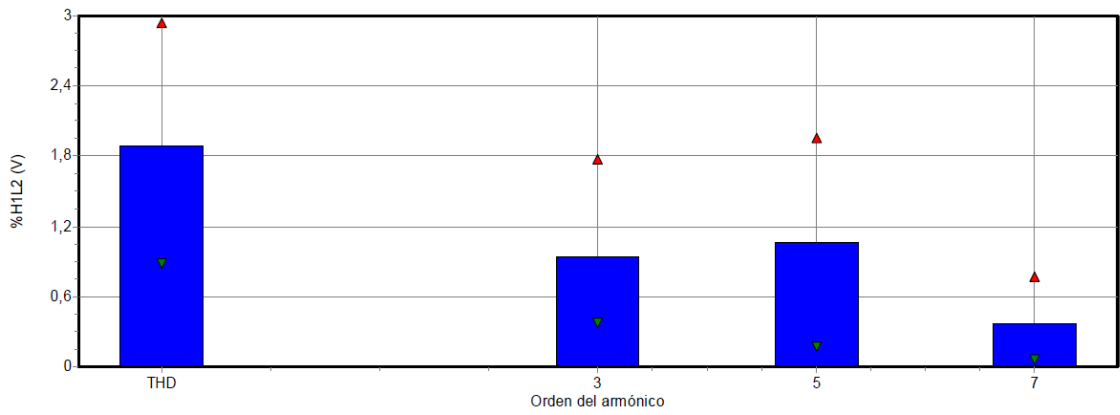
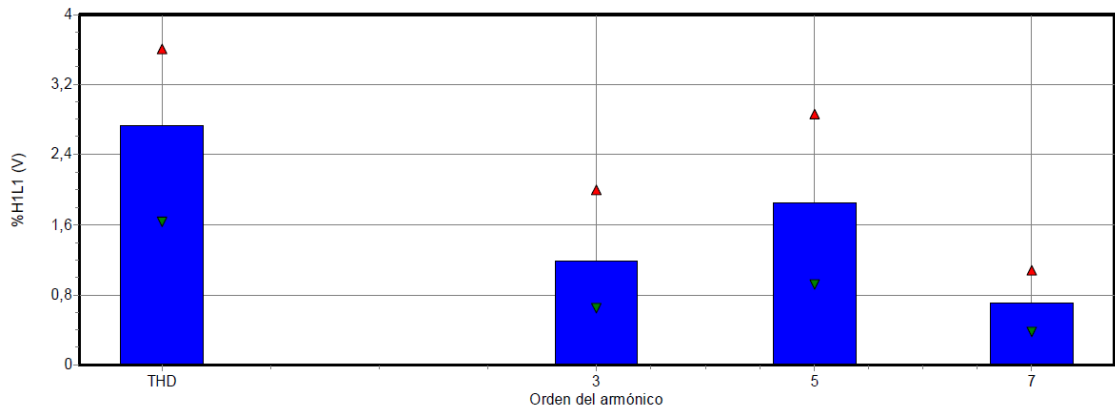
Fig. 50 Comportamiento de la Frecuencia.

Medición de armónicos individuales de voltaje

Tabla 36 Armónicos Individuales de voltaje, "I"

FASES	PROMEDIO%	MINIMO%	MAXIMO%
3ra fase1	0.0	0.0	0.0
3ra fase2	0.0	0.0	0.0
3ra fase3	0.0	0.0	0.0
5ta fase1	0.648	0.0	1.60
5ta fase2	0.69	0.0	1.60
5ta fase3	0.773	0.0	1.7
7ta fase1	1.198	0.50	2.30
7ta fase2	1.093	0.100	2.20
7ta fase3	1.309	0.50	2.50
9a fase1	0.0	0.0	0.0
9a fase2	0.0	0.0	0.0
9a fase3	0.0	0.0	0.0
11a fase1	0.098	0.0	0.40
11a fase2	0.106	0.0	0.40
11a fase3	0.081	0.0	0.40
13a fase1	0.0	0.0	0.0
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15 fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0

15a fase3	0.0	0.0	0.0
-----------	-----	-----	-----



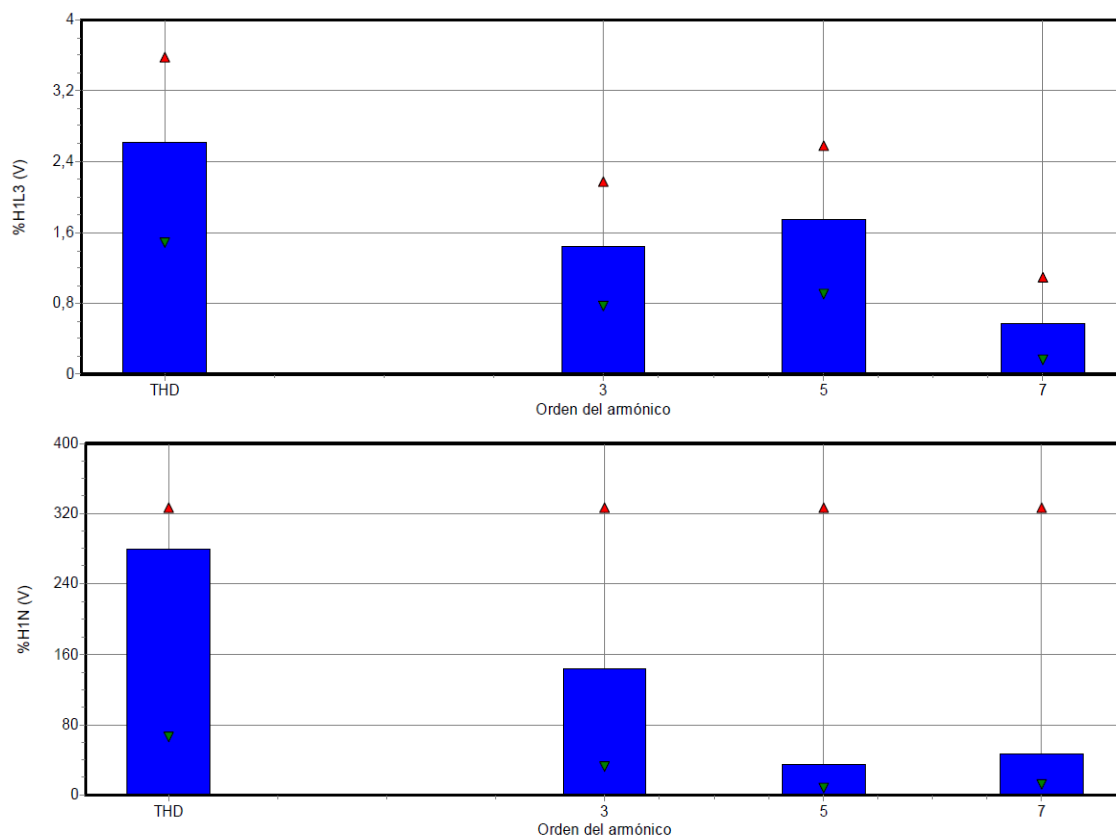


Fig. 51 Espectros de los voltajes armónicos medidos.

Los límites de distorsión armónica de la tensión son establecidos de manera individual en porcentaje de la tensión nominal de conexión al sistema (V_N), mientras que en lo global está mediante el THD en porcentaje de V_N . Nótese que esta definición global, en lugar de utilizar el valor eficaz de la componente fundamental o el valor eficaz de la tensión distorsionada, utiliza a V_N . Estos valores se establecen en la tabla 4.32.

Tabla 17. Niveles de distorsión armónica permisible en la tensión por el estándar IEEE 519-1992

V_N	<i>IHD</i> Distorsión armónica individual	<i>THD-V_N</i>
≤ 69 kV	3.0	5.0
69 kV < $V_{bus} \leq 161$ kV	1.5	2.5
> 161 kV	1.0	1.5

Estos límites deben ser acatados por ambas partes. La compañía suministradora tiene la obligación de vigilar que sus clientes permanezcan dentro de los rangos permitidos y de operar el sistema para entregar al usuario la tensión con los límites establecidos.

4.6. Edificio H

Cuenta con una superficial de alrededor de 135.34 m², ésta se conforma por 1 sola planta en la cual se albergan una sala de computo, enfermería, servicios bibliotecarios, servicios escolares y el área de consulta de libros en su mayoría. (Fig. 4.44)



Fig. 52 Entrada Principal Edificio "H"

La biblioteca (H) por ser un edificio donde gran parte del espacio es utilizado para la consulta de libros se espera que su carga conectada sea menor, además de que sus instalaciones eléctricas tienen una vida de servicio de alrededor de 10 años, no obstante, el diseño de las instalaciones eléctricas ha sufrido cambios debido a las necesidades de reubicar los espacios.

El edificio recibe una gran cantidad de personas, pero es muy variable el tiempo durante el cual los equipos de cómputo son utilizados, por otro lado, el equipo administrativo requiere de su computadora alrededor de 8 hrs. Diarias., Con horarios variados de 7:00 A.M a 10:30 P.M. de lunes a viernes.

También cuenta con equipos de A/C, derivado de la necesidad de hacer más confortable el espacio.

La colocación del equipo para el monitoreo de los parámetros eléctricos se realizó en el tablero principal del edificio en el cual se conectan todas las cargas activas en el edificio. (Fig.4.45)



Fig. 53 Equipo conectado en Edificio "H"

Tabla 37 Cuadro de Carga eléctricas, "H"

Equipo	Cantidad (Pza.)	Potencia Individual Consumida (W)	Potencia Consumida Total (W)
Teléfono	4	5	20
CPU	40	38.1	1,524
Multifuncional	3	1524	4,572
Enfriador de agua	2	711.2	1,422.4
Cañón	1	400	400
Iluminación	180	18	3,240
A/C 2 ton	2	2280	4,560
Impresoras Grandes	3	900	1,800
Reguladores	30	381	11,430
			28,968.4 Watts

Cabe señalar que la cantidad de equipos instalados es según la necesidad y el objetivo del edificio en cuestión.

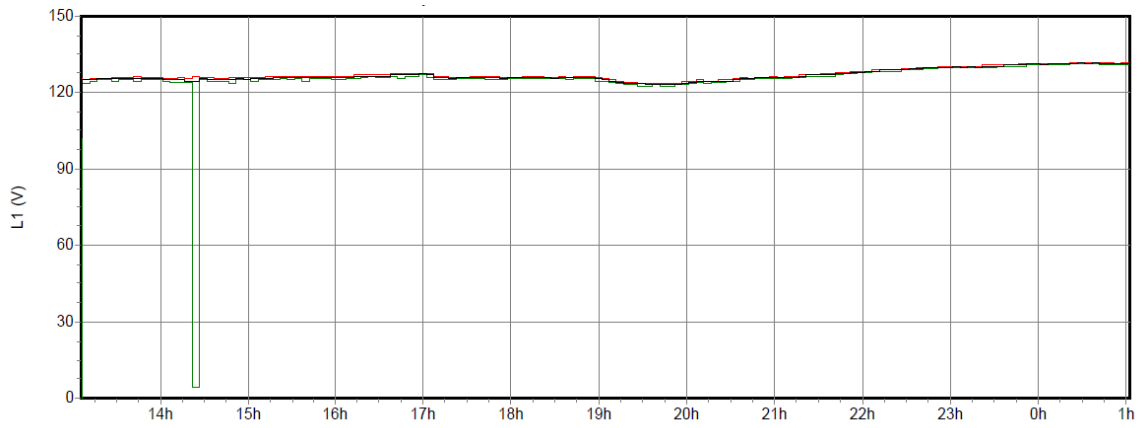
4.6.1. Análisis de Voltajes Edificio H

Tabla 38 Resumen de parámetros eléctricos Edificio "H"

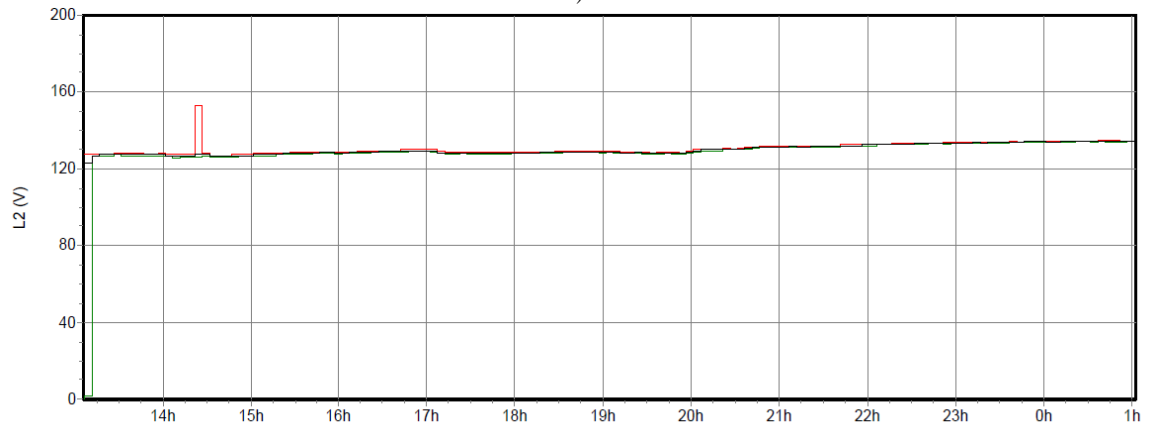
Sección	Punto de Medición	Valor	Voltaje (L-L) (Voltaje)			Voltaje (L-N) (Voltaje)			Corriente (Amperes)			
			AB	BC	CA	AN	BN	CN	A	B	C	N
"H"	Tablero de Distribución Principal	Min.	87,400	81,450	81,450	1,5	1,5	1,5	2	3	2	3
		Max.	136,550	136,550	136,130	133,490	136,550	136,130	46	65	63	41
		Prom.	129,698	131,298	129,633	66,213	67,879	67,814	12.7	19.3	17.1	14.1

Valor	kW	Frec. Hz.	F.P	%THDV			%THDI			Disturbios y Observaciones
				A	B	C	A	B	C	
Min.	400	50	90	2,200	1,360	2,120	15,87	7,16	5,55	Se Midieron corrientes circulantes por el neutro, se sugiere revisar el sistema de tierras. Además de que en las líneas se presenta un voltaje por debajo del 5%.
Max.	3,000.00	60.3	98	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	
Prom	1,608.51	60	150	3,837	2,939	3,510	41,40	45,00	39,34	

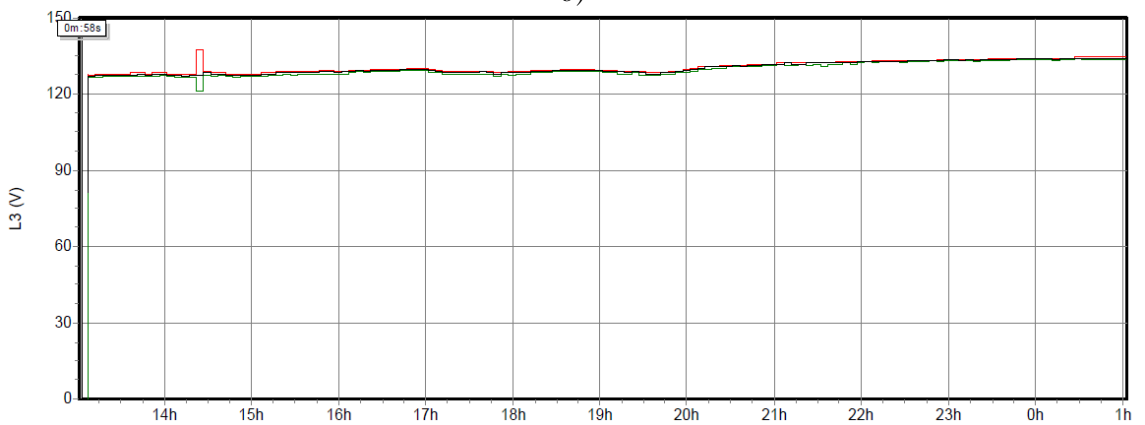
A continuación se muestra el comportamiento de voltajes para cada línea.



a)



b)



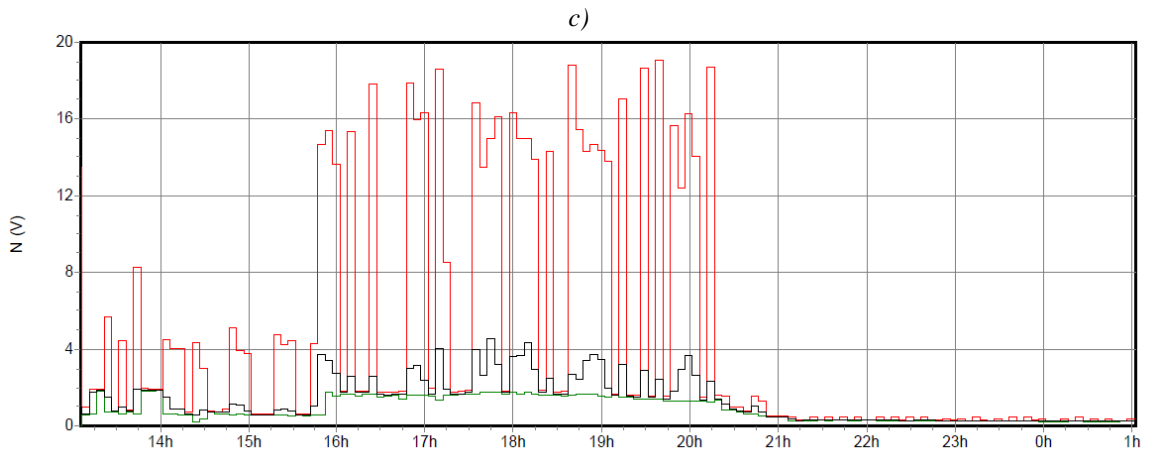
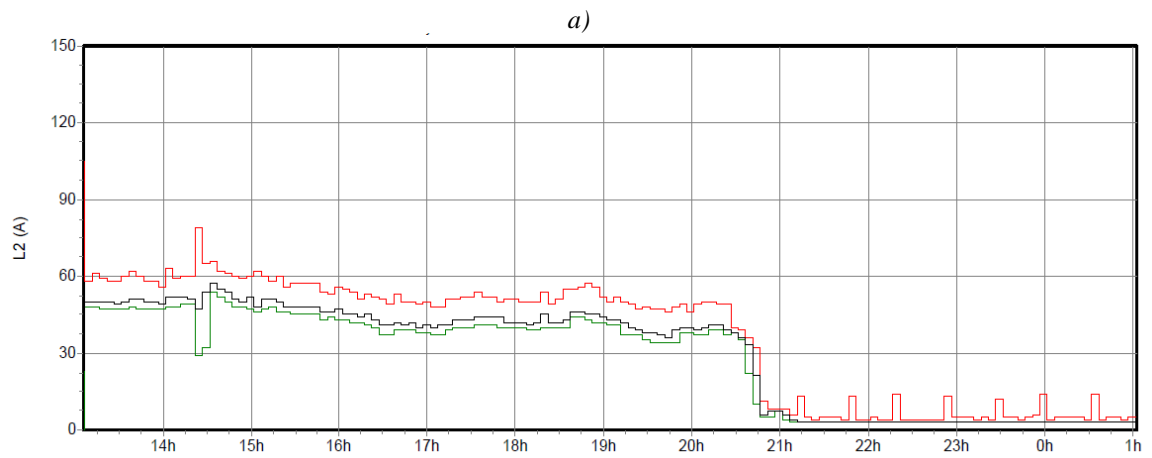
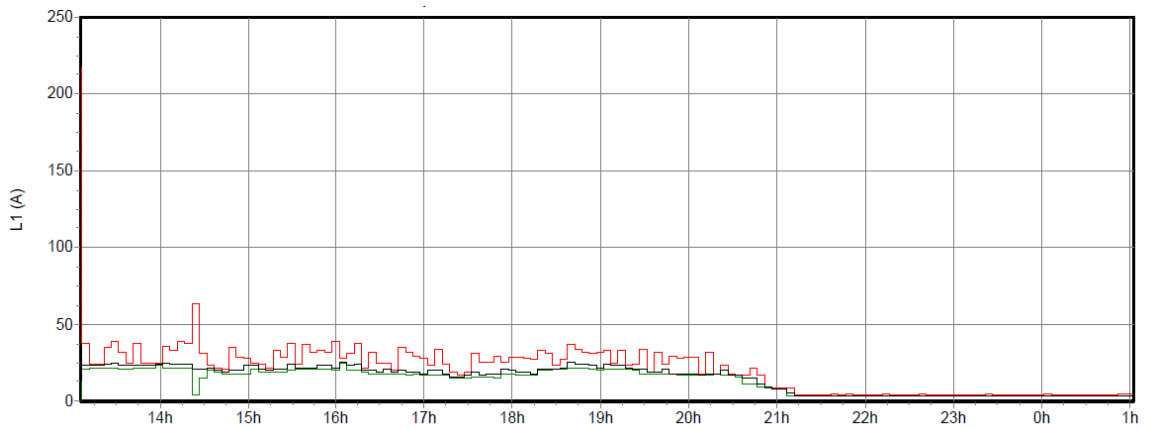
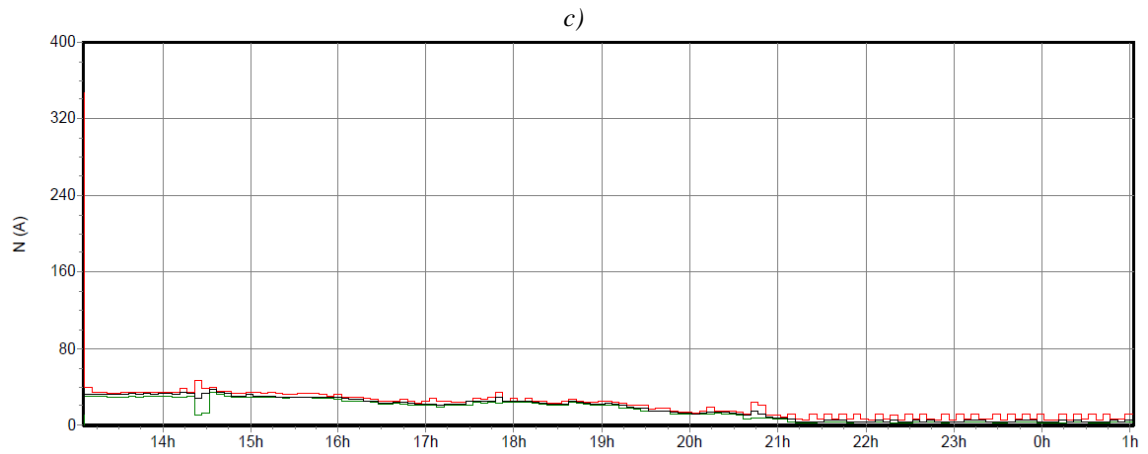
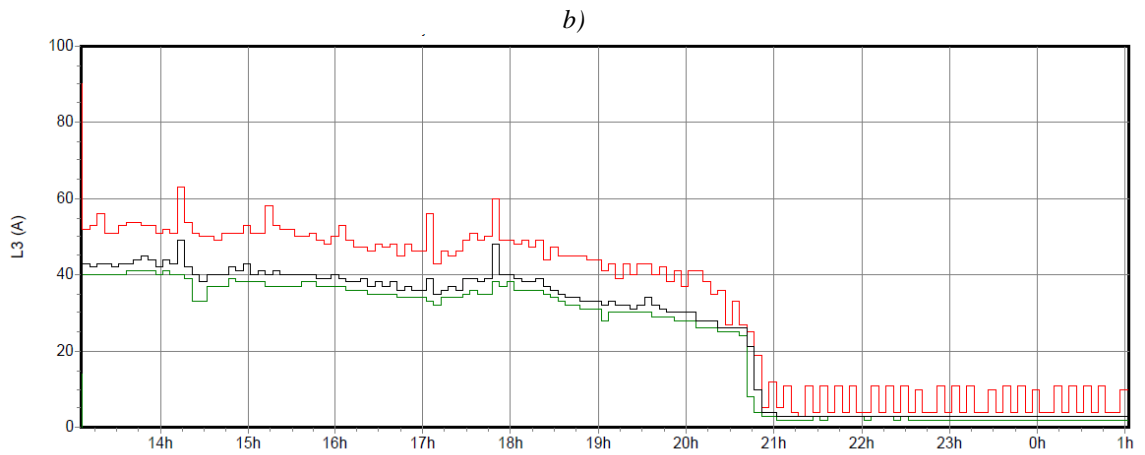


Fig. 54 Comportamiento del voltaje referido de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.





d)

Fig. 55 Comportamiento de la corriente referida de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.

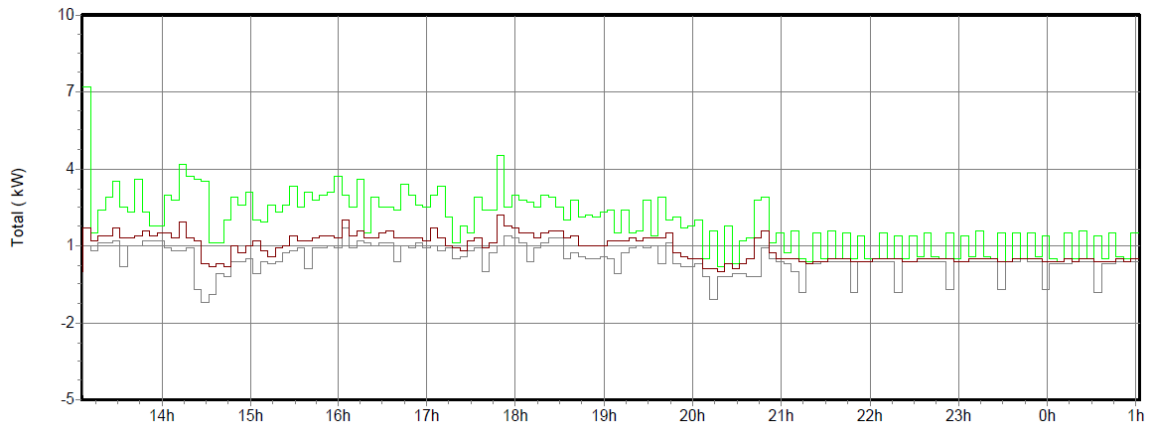
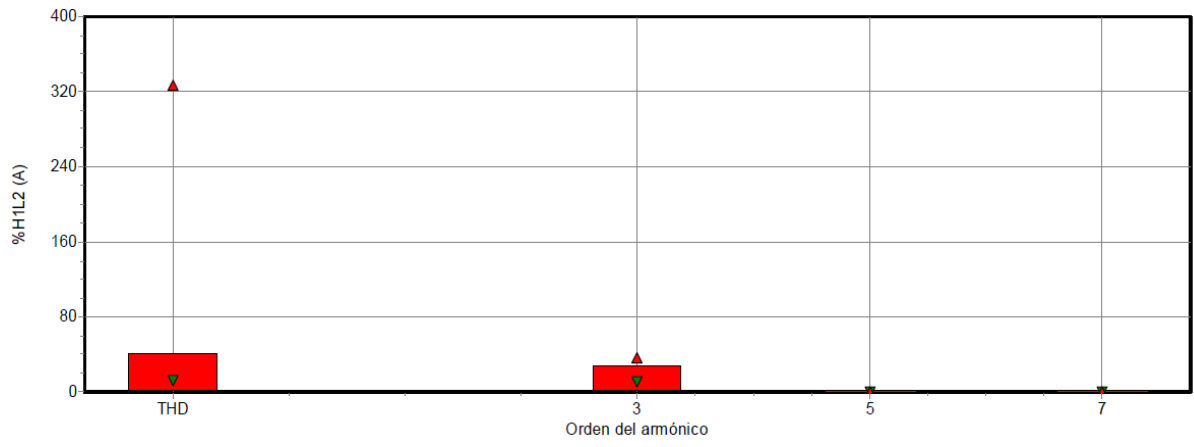
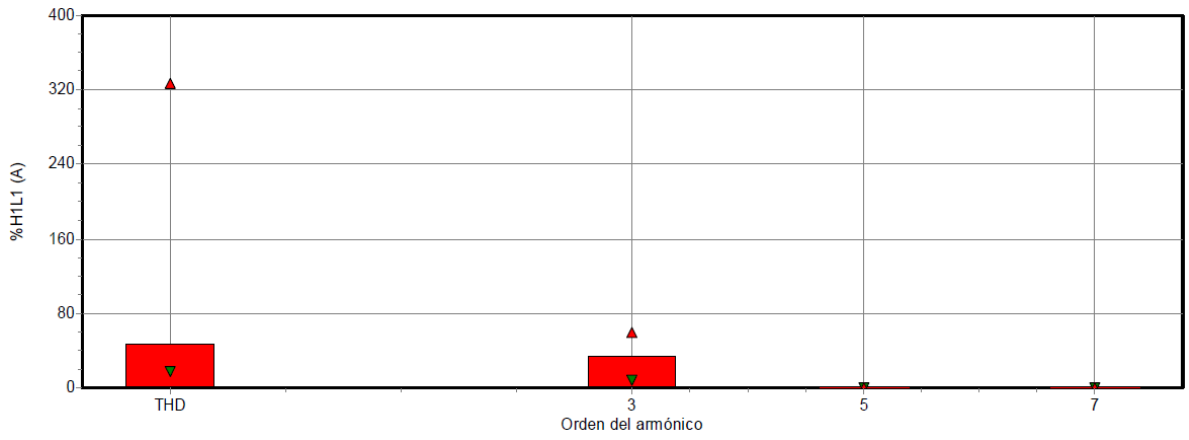


Fig. 56 Comportamiento de la potencia activa (kW).

Medición de armónicos individuales de corriente.

Tabla 39 Armónicos Individuales de Corriente, "H"

FASES	PROMEDIO %	MINIMO %	MAXIMO %
3ra fase1	0.118	0.0	2.10
3ra fase2	0.190	0.0	3.10
3ra fase3	0.167	0.0	2.80
5ta fase1	0.387	0.0	4.0
5ta fase2	0.268	0.0	3.6
5ta fase3	0.281	0.0	3.10
7ta fase1	0.201	0.0	2.20
7ta fase2	0.348	0.0	2-30
7ta fase3	0.412	0.0	3.0
9a fase1	0.016	0.0	0.40
9a fase2	0.046	0.0	0.50
9a fase3	0.006	0.0	0.20
11a fase1	0.64	0.0	0.50
11a fase2	0.065	0.0	0.60
11a fase3	0.043	0.0	0.30
13a fase1	0.014	0.0	0.20
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15a fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0



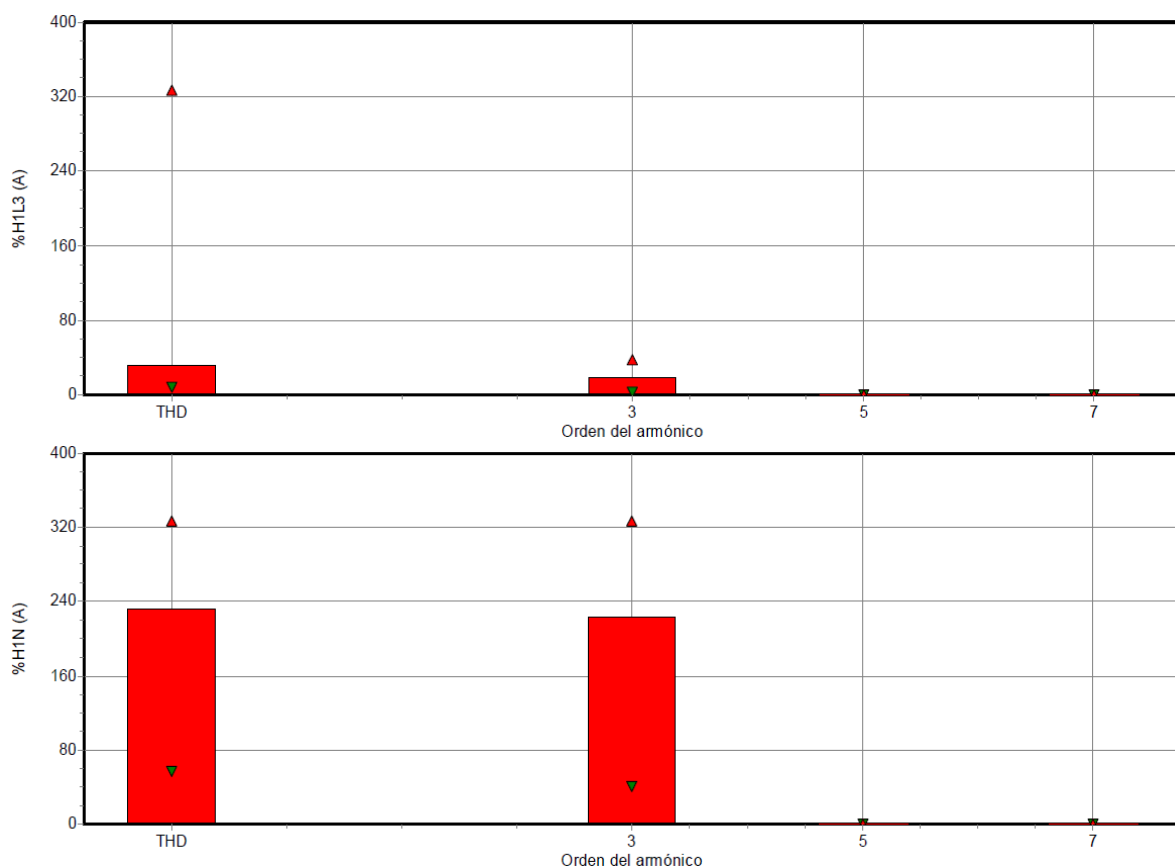


Fig. 57 Comportamiento de la distorsión armónica en corriente THDi

Para entender mejor este fenómeno de la distorsión armónica, a continuación, se presenta una tabla de distorsión armónica permisibles en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.

Tabla 16. Distorsión armónica permisible en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.

$V_N < 69 \text{ kV}$						
I_{cc} / I_L	< 11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 - 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 - 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 - 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
$69 \text{ kV} < V_N < 161 \text{ kV}$						
< 20	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20 - 50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50 - 100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100 - 1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5

>1000	7.5	3.5	3.0	1.75	0.7	10.0
$V_N > 161 \text{ kV}$						
<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
P50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0

h es el orden de la armónica.

I_{cc} es la mayor corriente de cortocircuito en el PCC.

La tabla únicamente considera armónicas impares.

Con respecto a la aplicación de estos límites, se deben considerar las siguientes situaciones:

1. Para las armónicas pares, los límites son 25% de los valores especificados en la tabla.
2. Como habrá notado, para tensiones superiores a 69 kV, los límites son la mitad de sus respectivos valores para tensiones menores a 69 kV.
3. Independientemente de la relación I_{cc}/I_L, todos los equipos de generación de energía tienen como límite los valores dados en el primer renglón, es decir los valores de la fila de I_{cc}/I_L < 20.
4. No se permite la existencia de componentes de CD.
5. Los valores mostrados son los límites máximos permisibles bajo condiciones de operación. Durante la puesta en marcha o condiciones de operación inusual o anormal que duren menos de una hora, estos límites pueden excederse a 50%.
6. Para los sistemas que usen convertidores de más de seis pulsos, estos límites se incrementa según la razón en :

$$\sqrt{\frac{q}{6}}$$

Donde q es el número de pulsos

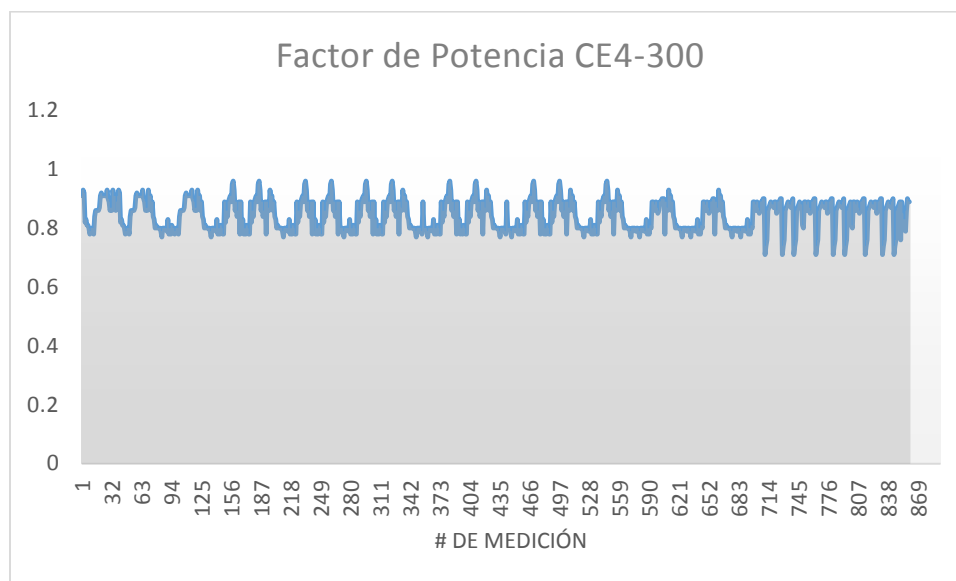


Fig. 58 Comportamiento del Factor de Potencia.

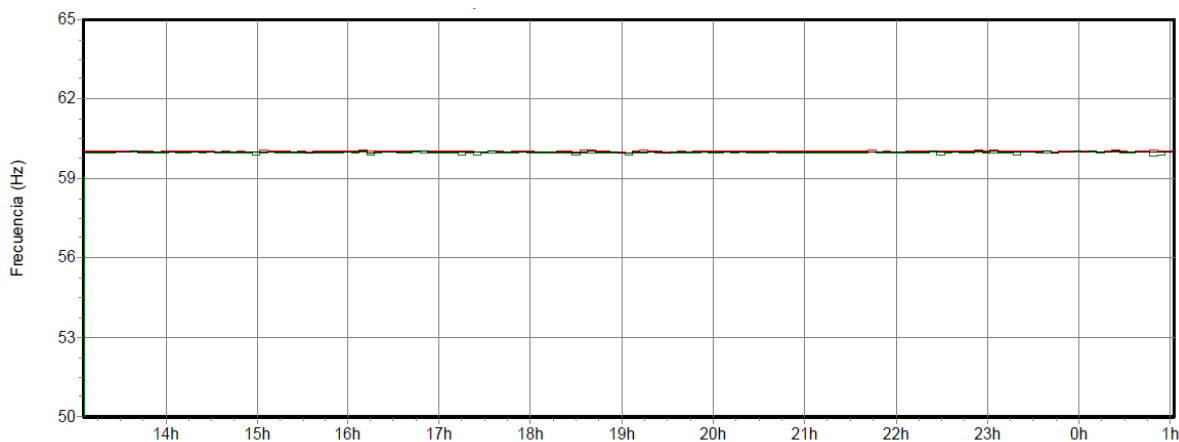


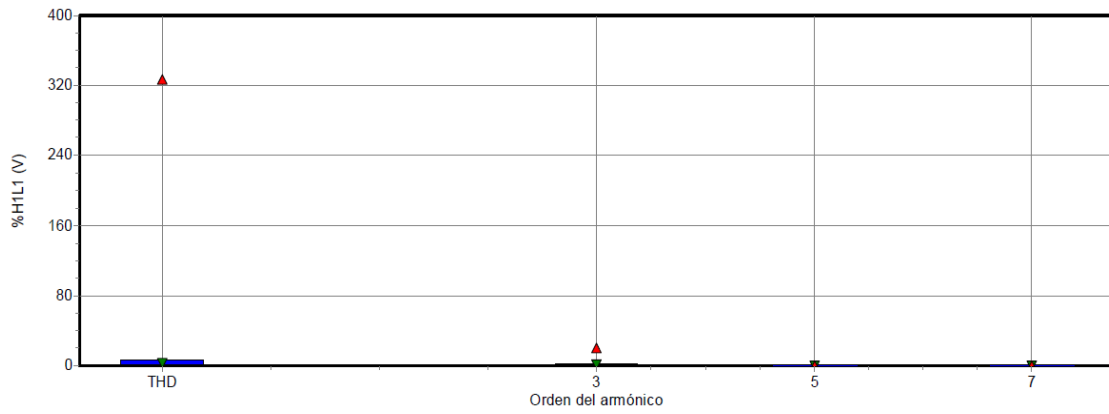
Fig. 59 Comportamiento de la Frecuencia.

Medición de armónicos individuales de voltaje.

Tabla 40 Armónicos Individuales de voltaje, "H"

FASES	PROMEDIO%	MINIMO%	MAXIMO%
3ra fase1	0.0	0.0	0.0
3ra fase2	0.0	0.0	0.0
3ra fase3	0.0	0.0	0.0
5ta fase1	0.648	0.0	1.60
5ta fase2	0.69	0.0	1.60
5ta fase3	0.773	0.0	1.7
7ta fase1	1.198	0.50	2.30
7ta fase2	1.093	0.100	2.20

7a fase3	1.309	0.50	2.50
9a fase1	0.0	0.0	0.0
9a fase2	0.0	0.0	0.0
9a fase3	0.0	0.0	0.0
11a fase1	0.098	0.0	0.40
11a fase2	0.106	0.0	0.40
11a fase3	0.081	0.0	0.40
13a fase1	0.0	0.0	0.0
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15a fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0



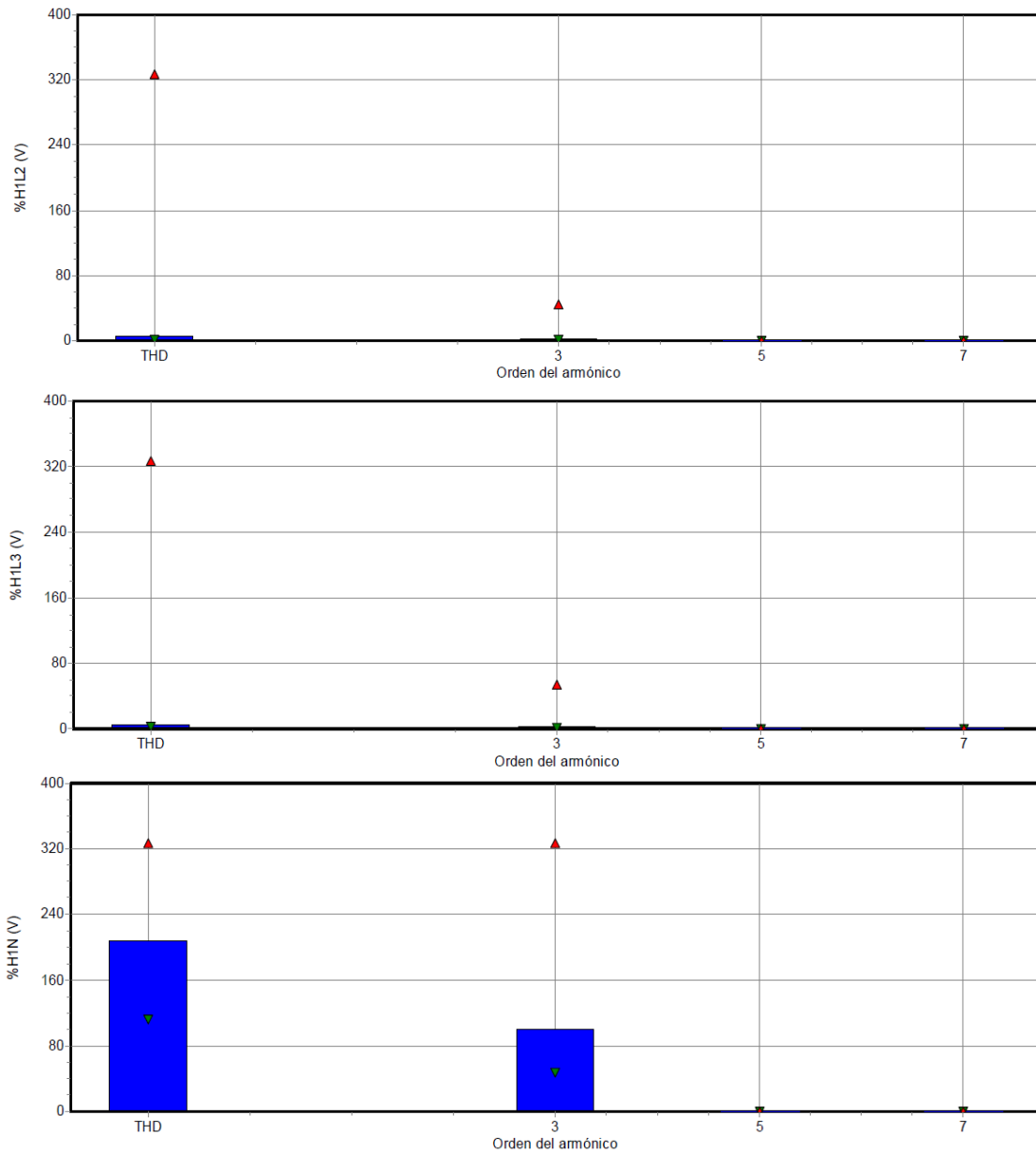


Fig. 60 Espectros de los voltajes armónicos medidos.

Los límites de distorsión armónica de la tensión son establecidos de manera individual en porcentaje de la tensión nominal de conexión al sistema (V_N), mientras que en lo global está mediante el THD en porcentaje de V_N . Nótese que esta definición global, en lugar de utilizar el valor eficaz de la componente fundamental o el valor eficaz de la tensión distorsionada, utiliza a V_N . Estos valores se establecen en la tabla 4.8.

Tabla 16. Niveles de distorsión armónica permisible en la tensión por el estándar IEEE 519-1992.

V_N	IHD	THD- V_N
-------	-----	------------

	<i>Distorsión armónica individual</i>	
≤ 69 kV	3.0	5.0
69 kV < V_{bus} ≤ 161 kV	1.5	2.5
> 161 kV	1.0	1.5

Estos límites deben ser acatados por ambas partes. La compañía suministradora tiene la obligación de vigilar que sus clientes permanezcan dentro de los rangos permitidos y de operar el sistema para entregar al usuario la tensión con los límites establecidos.

4.6.2 INFORME FINAL SOBRE VARIABLES ELECTRICAS PARA LA SUBESTACIÓN CE4-300

INFORME FINAL

Tensión:

El equipo medido se encuentra dentro los de los estándares marcados, el desbalance de las fases no supera el 2% recomendado así como la regulación de tensión no excede el +/-10 %. Durante todo el monitoreo no se detectaron transitorios o anomalías de tensión que puedan afectar al sistema y a los equipos.

Corriente:

Los valores máximos de corriente se encuentran dentro de la capacidad del circuito, cercanos al 15%. No se detectaron picos de corriente que pudieran disparar la protecciones eléctricas, sin embargo se tienen desbalances considerables en relación a las corrientes por fase, se recomienda realizar un balanceo de cargas en los circuitos.

Potencia:

Los valores máximos de potencia se encuentran dentro del 80% de la capacidad del transformador por lo que este aún se encuentra dentro de su operación normal. Se puede aumentar la carga a este transformador revisando los ajustes de la protecciones eléctricas y las capacidades de los conductores.

Factor de potencia:

El factor de potencia presenta un valor promedio por arriba del permitido por CFE. Por lo que para esta subestación se tiene bonificaciones.

Armónicos:

Dentro del monitoreo realizado los resultados muestran que en la instalación a pesar de tener armónicos presentes (los mas representativos son la armónica 3, 5 y 7^a) 180, 300 y 420Hz. Estos armónicos son producidos por el tipo de equipo con los que cuentan en el edificio.

Fig. 61 Datos de la subestación eléctrica no. 5.

<p>SUBESTACIÓN ELÉCTRICA #5 Potencia Aparente: 225 KVA Marca: Zetrak Serie: Designación: CE5-225 Voltaje Primario: 13200/7620 Voltaje Secundario: 220/127 Impedancia: 3.5% Tap de Operación: 3 Corriente Primaria (Ip):9.85 A Corriente Secundaria (Is):591.17 A Corriente de Corto Circuito en Secundario (Iscs) 16890 A Relación (Iscs)/(Is):28.57</p>	
--	--

4.7. Edificio de Medios “E”

Cuenta con una superficial total de alrededor de 1367.95 m², ésta se conforma por 2 áreas, una de ellas conocida como Set de Televisión con un área aproximada de 285.55 m² en donde se realiza la grabación de pequeñas prácticas de programas de televisión, video comerciales, la otra zona de este edificio tienen una superficie aproximadamente 1082.4 m² donde se alojan cubículos de laboratorios, 2 laboratorios de informática un área de diseño gráfico de la parte administrativa y una cámara de gessel, además de contar con una sala de video conferencias y un cuarto obscuro.(Fig. 4.53)



Fig. 62 Entrada Principal Edificio "E"

El uso de este edificio muy diferido en cuanto a los horarios, pero por ser un edificio donde se cuenta con laboratorios de cómputo, merece un análisis para conocer sus condiciones de consumo de energía eléctrica.

Su construcción tiene alrededor de 7 años, relativamente nuevo, igual que muchos edificios su diagrama eléctrico ha sufrido modificaciones, por necesidades de reubicación de espacios.

El edificio recibe una gran cantidad de personas, pero es muy variable el tiempo durante el cual los equipos de cómputo son utilizados, por otro lado el equipo administrativo requiere de su computadora alrededor de 8 hrs, a la semana, Con horarios variados de 7:00 A.M a 10:30 P.M. de lunes a viernes.

También cuenta con equipos de A/C, derivado de la necesidad de hacer más confortables los espacios de laboratorios de computo.

La colocación del equipo para el monitoreo de los parámetros eléctricos se realizó en el tablero principal del edificio en el cual se conectan todas las cargas activas en el edificio. (Fig.4.54)



Fig. 63 Equipo conectado en Edificio "E"

Tabla 41 Cuadro de cargas eléctricas "E"

Equipo	Cantidad (Pza.)	Potencia Individual Consumida (W)	Potencia Consumida Total (W)
Teléfono	3	5	15
CPU	150	38.1	5,715
Multifuncional	2	1524	3,048
Enfriador de agua	2	711.2	1,422.4
Cañón	3	400	1,200
Iluminación	200	18	3,600
A/C 2 ton	2	3200	6,400
Reguladores	10	381	3,810

A/C Industrial	1	38,700	38,700
			63,910.4 Watts

A continuación, se muestra una tabla con la ubicación y el tipo de A/C, que se encuentran instalados y funcionando en el edificio. (Fig.4.55)

Tabla 42 Cargas eléctricas de equipos de A/C, "E"

Tipo de Aire	Cantidad (Pza.)	Capacidad (Ton.)	Potencia (W)	Nivel
Mini Split	1	2	2280	Planta Baja
Mini Split	1	1	1160	Planta Baja
A/C Industrial	1	5	5250	Set Televisión



Fig. 64 Equipo A/C 5 Toneladas

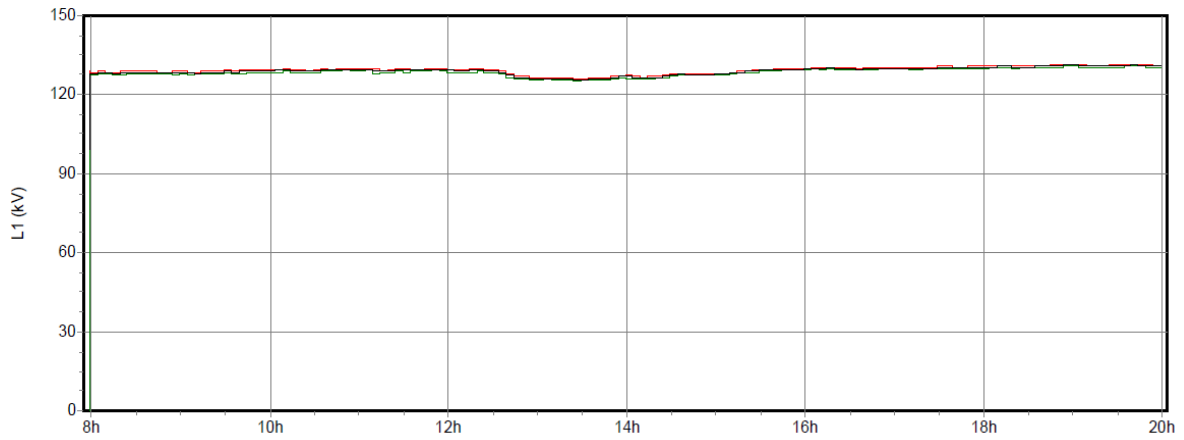
4.7.1. Análisis de Voltajes Edificio de Medios “E”

Tabla 43 Resumen de parámetros eléctricos Edificio de Medios "E"

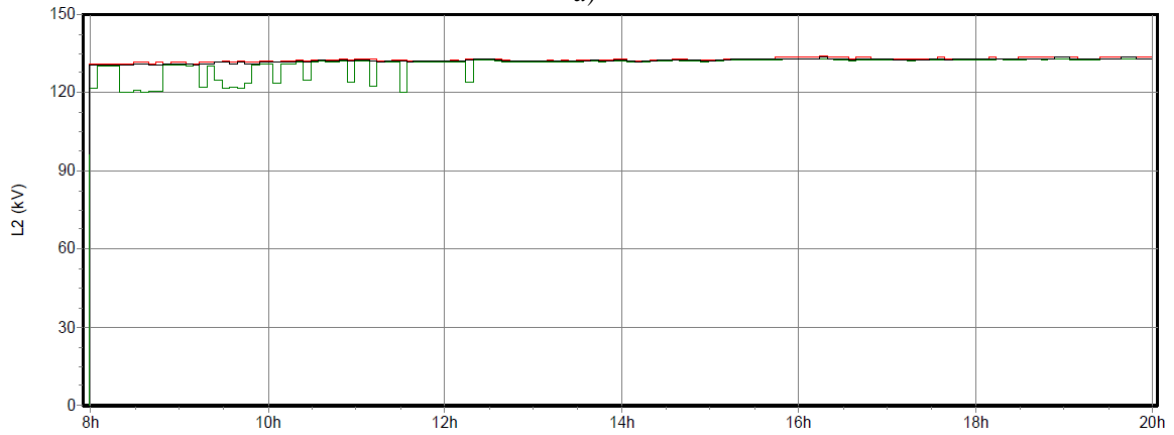
Sección	Punto de Medición	Valor	Voltaje (L-L) (Voltaje)			Voltaje (L-N) (Voltaje)			Corriente (Amperaje)			
			AB	BC	CA	AN	BN	CN	A	B	C	N
“E”	Tablero de Distribución Principal	Min.	120,2	81,4	81,4	1,5	1,5	1,5	2	3	2	3
		Max.	133,4	136,5	136,1	133,4	136,5	136,1	46	65	63	41
		Prom.	126.8	108.9	108.7	67.45	69	68.8	24	34	32.5	22

Valor	kW	Frec. (Hz)	F.P	%THDV			%THDI			Disturbios y Observaciones
				A	B	C	A	B	C	
Min.	400	50	90	2,200	1,360	2,120	15,87	7,16	5,55	
Max.	3,000.00	60.3	98	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	
Prom	1,608.51	60	150	3,837	2,939	3,510	41,40	45,00	39,34	

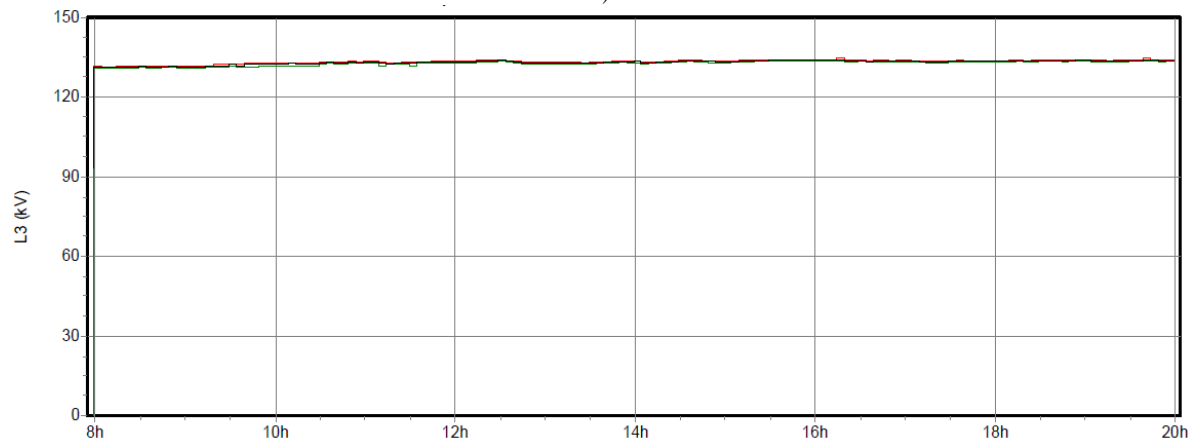
A continuación se muestra el comportamiento de voltajes para cada línea.

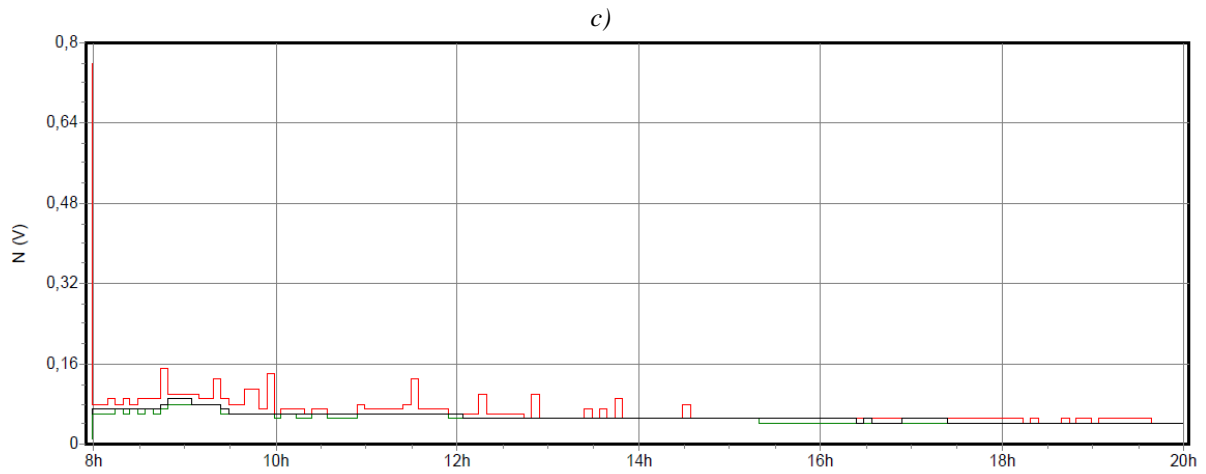


a)



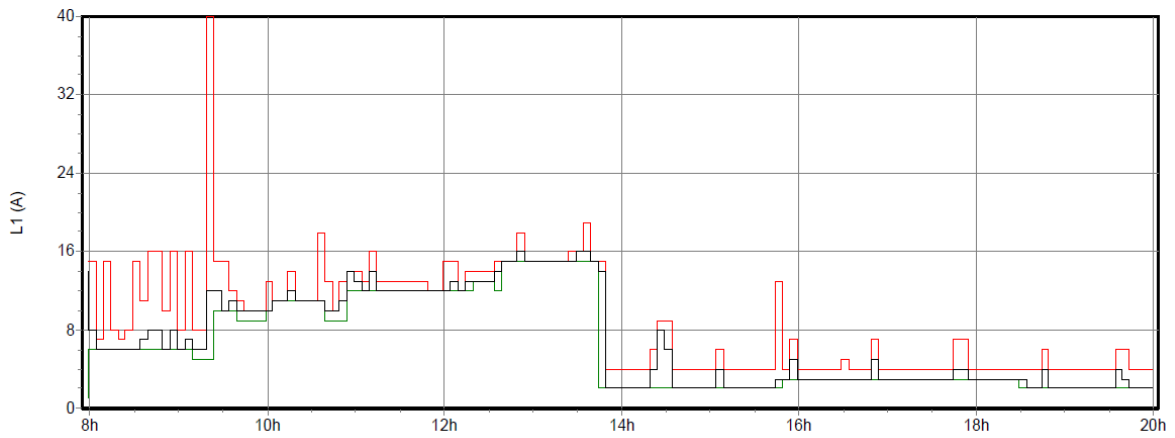
b)



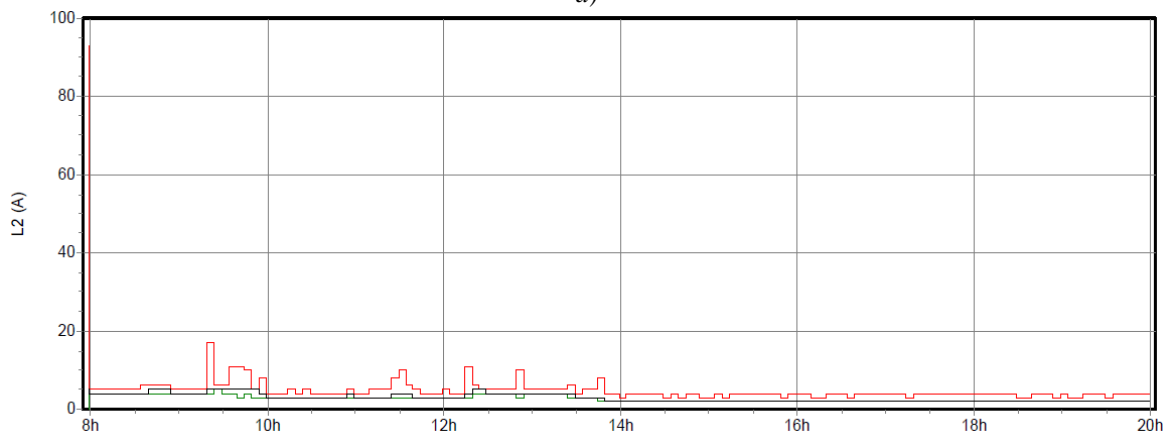


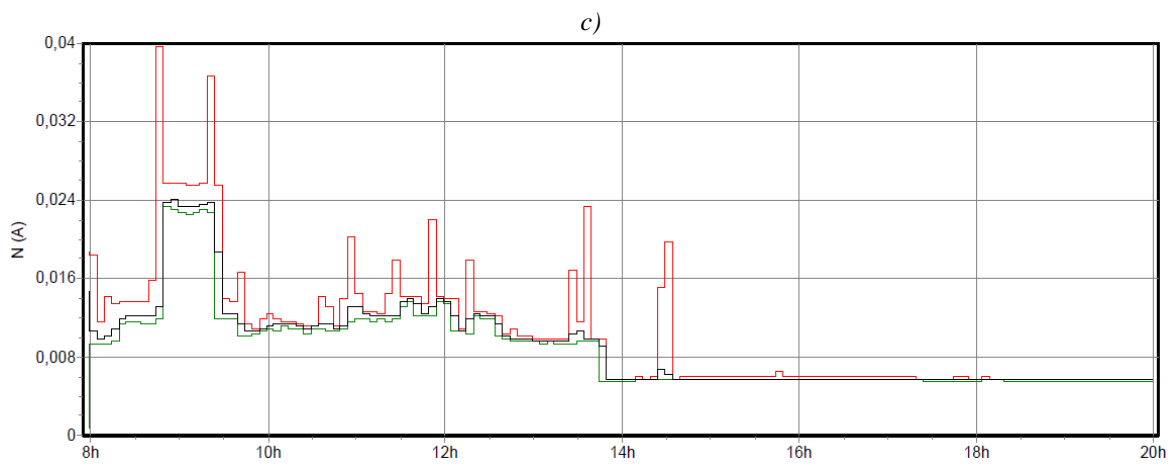
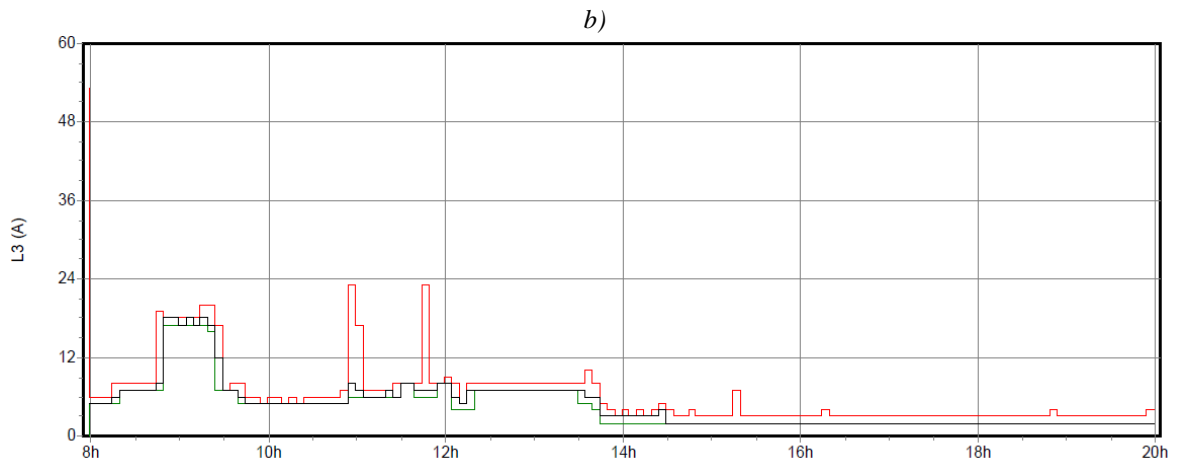
d)

Fig. 65 Comportamiento del voltaje referido de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.



a)





d)

Fig. 66 Comportamiento de la corriente referida de fase a neutro a) fase a, b) fase b, c) fase c y d) neutro variando en el tiempo.

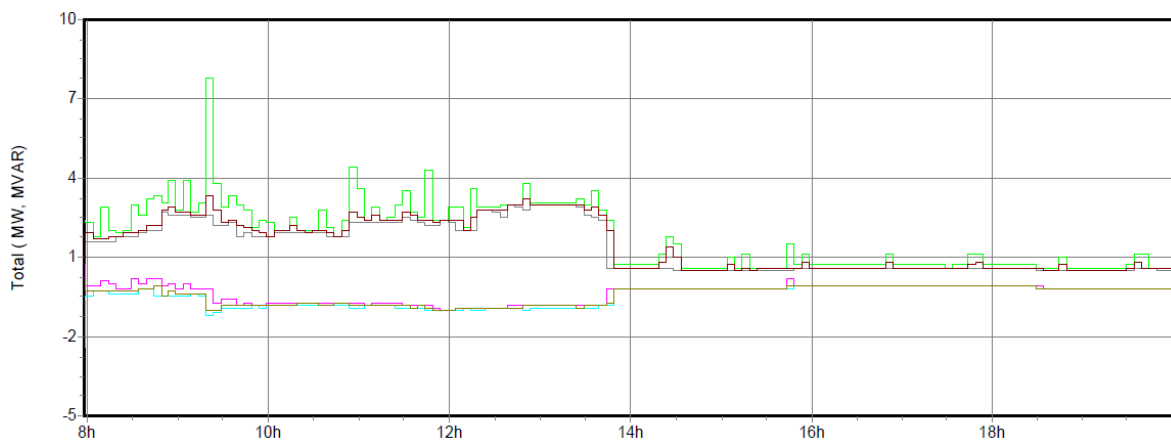


Fig. 67 Comportamiento de las potencias en MW, MVAR.

Medición de armónicos individuales de corriente.

Tabla 44 Armónicos Individuales de Corriente, "E"

FASES	PROMEDIO %	MINIMO %	MAXIMO %
3ra fase1	0.118	0.0	2.10
3ra fase2	0.190	0.0	3.10
3ra fase3	0.167	0.0	2.80
5ta fase1	0.387	0.0	4.0
5ta fase2	0.268	0.0	3.6
5ta fase3	0.281	0.0	3.10
7ta fase1	0.201	0.0	2.20
7ta fase2	0.348	0.0	2-30
7ta fase3	0.412	0.0	3.0
9a fase1	0.016	0.0	0.40
9a fase2	0.046	0.0	0.50
9a fase3	0.006	0.0	0.20
11a fase1	0.64	0.0	0.50
11a fase2	0.065	0.0	0.60
11a fase3	0.043	0.0	0.30
13a fase1	0.014	0.0	0.20
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15a fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0

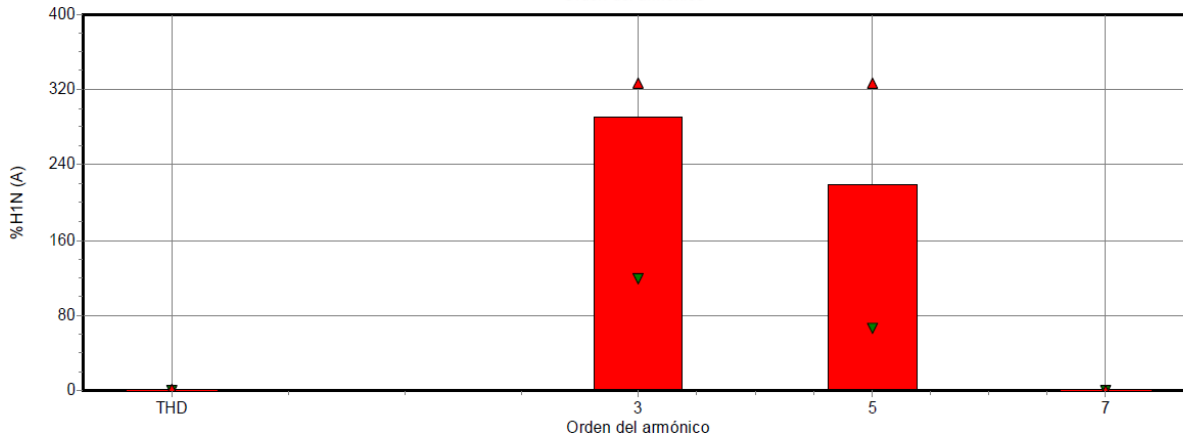
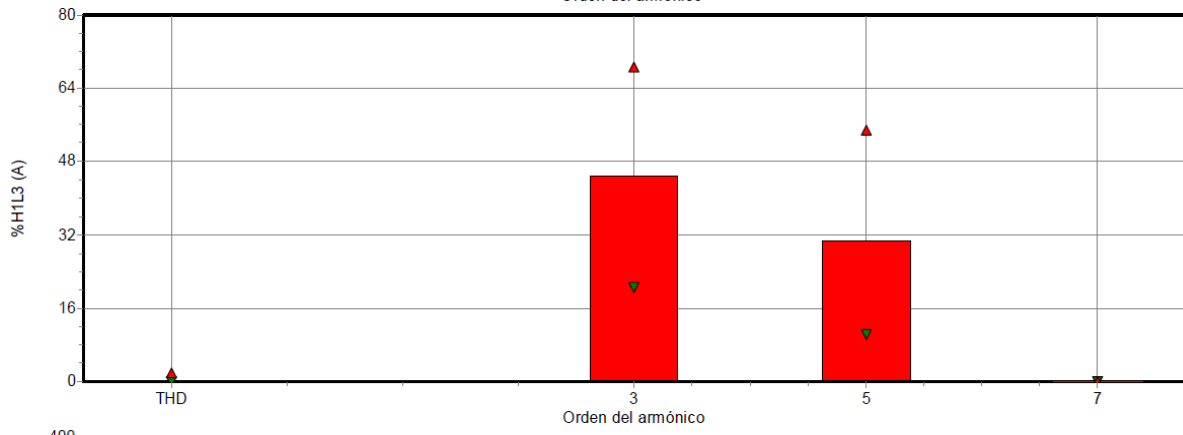
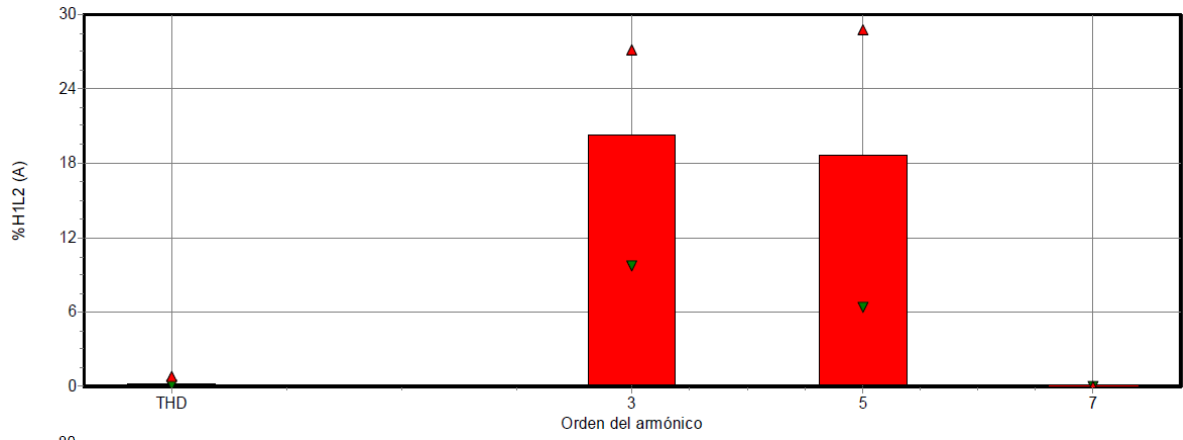
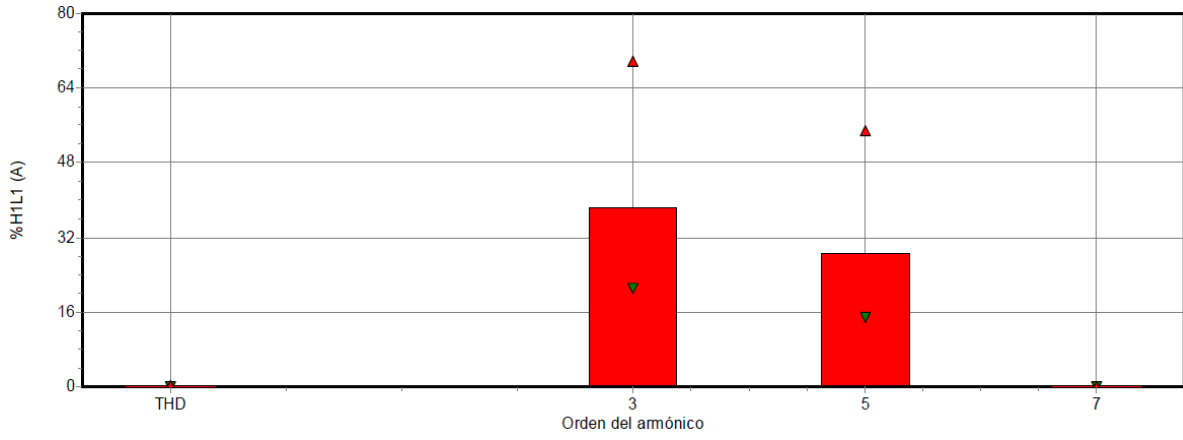


Fig. 68 Comportamiento de la distorsión armónica en corriente THDi

Para entender mejor este fenómeno de la distorsión armónica, a continuación, se presenta una tabla de distorsión armónica permisibles en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.

Tabla 16. Distorsión armónica permisible en la corriente por el estándar IEEE-519-1992.

$V_N < 69 \text{ kV}$						
I_{CC} / I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 - 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 - 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 - 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
$69 \text{ kV} < V_N < 161 \text{ kV}$						
<20	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20 - 50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50 - 100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100 - 1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.75	0.7	10.0
$V_N > 161 \text{ kV}$						
<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
P50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0

h es el orden de la armónica.

I_{cc} es la mayor corriente de cortocircuito en el PCC.

La tabla únicamente considera armónicas impares.

Con respecto a la aplicación de estos límites, se deben considerar las siguientes situaciones:

1. Para las armónicas pares, los límites son 25% de los valores especificados en la tabla.
2. Como habrá notado, para tensiones superiores a 69 kV, los límites son la mitad de sus respectivos valores para tensiones menores a 69 kV.
3. Independientemente de la relación I_{cc}/I_L , todos los equipos de generación de energía tienen como límite los valores dados en el primer renglón, es decir los valores de la fila de $I_{cc}/I_L < 20$.
4. No se permite la existencia de componentes de CD.
5. Los valores mostrados son los límites máximos permisibles bajo condiciones de operación. Durante la puesta en marcha o condiciones de operación inusual o anormal que duren menos de una hora, estos límites pueden excederse a 50%.
6. Para los sistemas que usen convertidores de más de seis pulsos, estos límites se incrementa según la razón en :

$$\sqrt{\frac{q}{6}}$$

Donde q es el número de pulsos

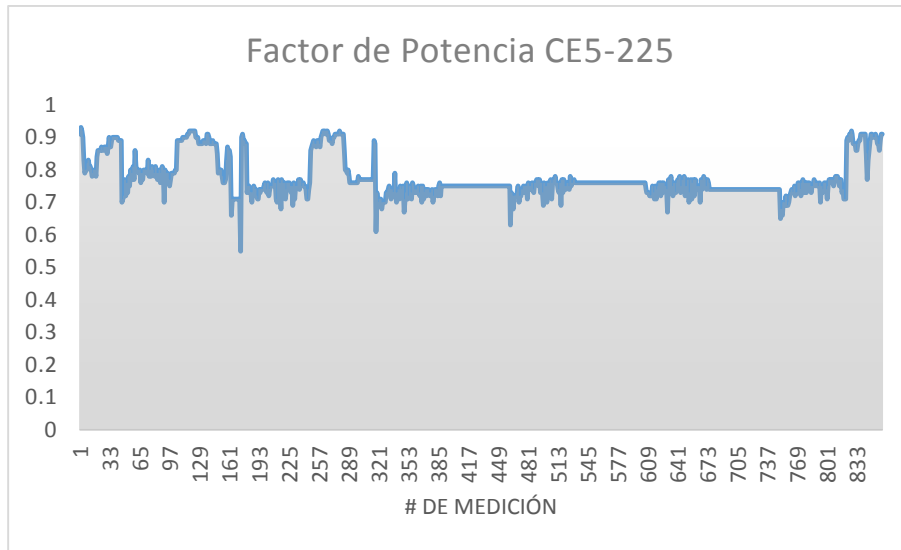


Fig. 69 Comportamiento del Factor de Potencia.

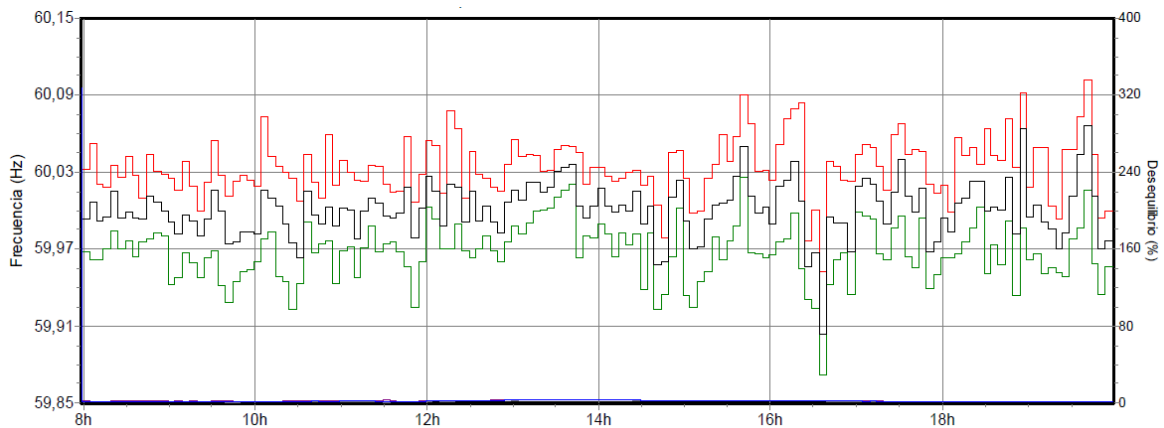


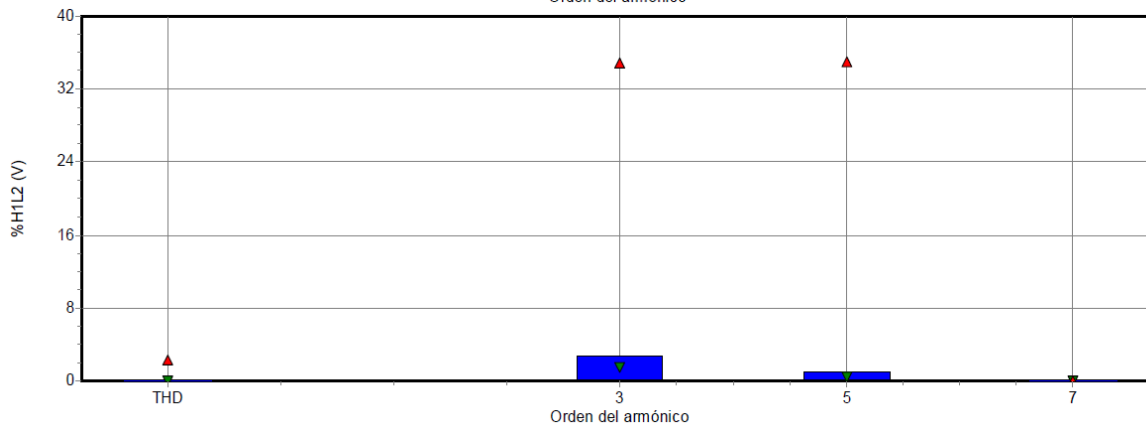
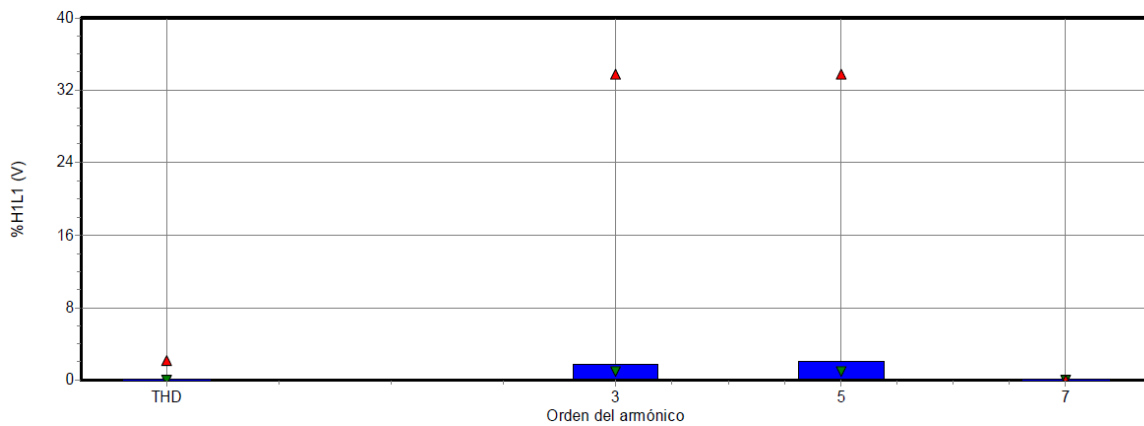
Fig. 70 Comportamiento de la Frecuencia

Medición de armónicos individuales de voltaje

Tabla 45 Armónicos Individuales de voltaje, "E"

FASES	PROMEDIO%	MINIMO%	MAXIMO%
3ra fase1	0.0	0.0	0.0
3ra fase2	0.0	0.0	0.0
3ra fase3	0.0	0.0	0.0

5ta fase1	0.648	0.0	1.60
5ta fase2	0.69	0.0	1.60
5ta fase3	0.773	0.0	1.7
7ta fase1	1.198	0.50	2.30
7ta fase2	1.093	0.100	2.20
7ta fase3	1.309	0.50	2.50
9a fase1	0.0	0.0	0.0
9a fase2	0.0	0.0	0.0
9a fase3	0.0	0.0	0.0
11a fase1	0.098	0.0	0.40
11a fase2	0.106	0.0	0.40
11a fase3	0.081	0.0	0.40
13a fase1	0.0	0.0	0.0
13a fase2	0.0	0.0	0.0
13a fase3	0.0	0.0	0.0
15 fase1	0.0	0.0	0.0
15a fase2	0.0	0.0	0.0
15a fase3	0.0	0.0	0.0



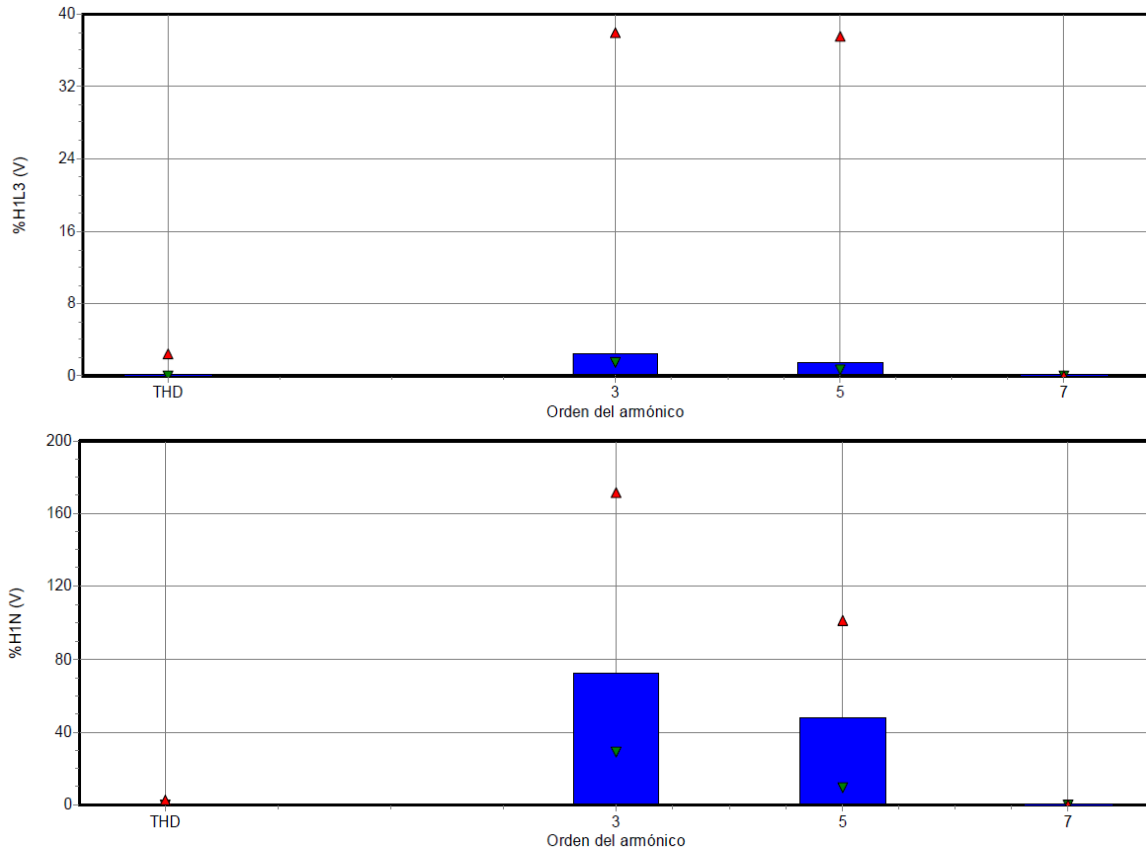


Fig. 71 Espectros de los voltajes armónicos medidos.

Los límites de distorsión armónica de la tensión son establecidos de manera individual en porcentaje de la tensión nominal de conexión al sistema (V_N), mientras que en lo global está mediante el THD en porcentaje de V_N . Nótese que esta definición global, en lugar de utilizar el valor eficaz de la componente fundamental o el valor eficaz de la tensión distorsionada, utiliza a V_N . Estos valores se establecen en la tabla 4.8.

Tabla 17. Niveles de distorsión armónica permisible en la tensión por el estándar IEEE 519-1992.

V_N	<i>IHD</i> Distorsión armónica individual	<i>THD</i> - V_N
≤ 69 kV	3.0	5.0
69 kV < $V_{bus} \leq 161$ kV	1.5	2.5
> 161 kV	1.0	1.5

Estos límites deben ser acatados por ambas partes. La compañía suministradora tiene la obligación de vigilar que sus clientes permanezcan dentro de los rangos permitidos y de operar el sistema para entregar al usuario la tensión con los límites establecidos.

4.7.2 INFORME FINAL SOBRE VARIABLES ELECTRICAS PARA LA SUBESTACIÓN CE5-225

INFORME FINAL

Tensión:

El equipo medido se encuentra dentro los de los estándares marcados, el desbalance de las fases no supera el 2% recomendado así como la regulación de tensión no excede el +/-10 %. Durante todo el monitoreo no se detectaron transitorios o anomalías de tensión que puedan afectar al sistema y a los equipos.

Corriente:

Los valores máximos de corriente se encuentran dentro de la capacidad del circuito, aproximandose al 12%. No se detectaron picos de corriente que pudieran disparar la protecciones eléctricas, sin embargo se tiene un ligero desbalanceo en relación a las corrientes por fase, se recomienda realizar un balanceo de cargas en los circuitos.

Potencia:

Los valores máximos de potencia se encuentran dentro del 80% de la capacidad del transformador por lo que este aún se encuentra dentro de su operación normal. Se puede aumentar la carga a este transformador revisando los ajustes de la protecciones eléctricas y las capacidades de los conductores.

Factor de potencia:

El factor de potencia presenta un valor promedio por arriba del permitido por CFE. Por lo que para esta subestación se tiene bonificaciones.

Armónicos:

Dentro del monitoreo realizado los resultados muestran que en la instalación a pesar de tener armónicos presentes (los mas representativos son la armónica 3, 5 y 7^a) 180, 300 y 420Hz. Estos armónicos son producidos por el tipo de equipo con el que se trabaja en el edificio.

4.8 Propuestas enfocadas al ahorro de energía eléctrica en la UTSJR.

Se realizaron reuniones con el personal de mantenimiento de la UTSJR, para darles a conocer la información obtenida sobre la situación en la calidad de la energía, en esta reunión también se les propuso implementar algunas medidas para contribuir al ahorro de energía, dentro de las cuales se destacan las siguientes:

1. Sustitución de Sistemas de Iluminación
2. Reducir el uso de equipo de bombeo de agua.
3. Utilizar tecnología de control de iluminación (sensores).
4. Seccionado de circuitos eléctricos y colocación de apagadores.
5. Utilización de Impermeabilizante con un alto nivel de IRS.
6. Utilización de Lámparas Solares.
7. Implementar un sistema fotovoltaico.

Dentro de las propuestas se menciona la implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red, con este sistema nosotros garantizamos la reducción del consumo de energía eléctrica a CFE arriba del 90%, derivado de la magnitud de la inversión este proyecto sigue aun en discusión sobre su aprobación pero se hará mención de los avances obtenidos hasta el día de hoy.

Para mostrar el impacto y avance de cada una de estas acciones se dividieron en dos categorías, que corresponden a la inversión que se tiene que realizar para la puesta en marcha de estas medidas, comenzaremos por las medidas donde su inversión más que económica también se muestra la importancia de concientizar al personal que conadyuara a su correcto desarrollo y aplicación.

Para las acciones donde el periodo de retorno es mayor a 2 años, se someterán a un análisis más detallado por parte del área administrativa de la UTSJR.

Comenzaremos con las medidas donde el periodo de retorno es inferior a 2 años.

4.8.1 Sustitución de Sistemas de Iluminación


A. Reemplazo de Lámparas Fluorescentes en áreas de uso común.

Realizando un análisis el personal de mantenimiento mostró principal preocupación por realizar la sustitución en 3 áreas donde ellos mencionan que la sustitución será inmediata.

- a) Edificio de Cafetería (B)
- b) Edificio J (pasillo)
- c) Edificio de Mantenimiento (M)

A continuación mostramos (tabla 6.43) los consumos en kWh antes de la sustitución:




Tabla 46 Tabla de Consumos antes de nuestra propuesta.

Edificio	No. Lamparas (Pzas.)	Consumo Individual (W)	Total (kWh)	Fotografia
B (Cafeteria)	56	32	1,792	
Edificio J (Pasillo)	38	55	2,090	
M	76	32	2432	
<p>Las toneladas métricas de dióxido de carbono que se emiten al medio ambiente para generar esta potencia eléctrica son 166.29</p> <p>Para contrarrestar el daño se necesitan sembrar 498 árboles.</p>			<p>6,314</p>	

Acontinuación mostramos los resultados obtenidos con la implementación de la propuesta.

Gracias a estas acciones tomadas se logro una reducción en el consumo de un 30% para estas areas.(Ver Tabla 47)

Tabla 47 Tabla de consumo después de aplicar nuestras propuestas.

Edificio	No. Lamparas (Pzas.)	Consumo Individual (W)	Total (kWh)	Fotografia
B (Cafeteria)	28	23	0.644	
Edificio J (Pasillo)	38	23	0.874	
M	19	23	0.437	

Las toneladas métricas de dióxido de carbono que se emiten al medio ambiente para generar esta potencia eléctrica son 51.49

Para contrarrestar el daño se necesitan sembrar 154 árboles.

1,955



Continuando con el ahorro de energía en la UTSJR se propuso la utilización de iluminación del tipo LED en el interior de las aulas.

Actualmente se utilizan sistemas de iluminación que continúan utilizando lámparas de 39W autobalastadas.

Para el análisis de este sistema utilizaremos el edificio J que alberca el mayor número de aulas de clases y cuenta con instalaciones donde se utilizan sistemas de iluminación obsoletos como lo son las lámparas fluorescentes de 39W T12.

Dentro de los salones se ubican 6 gabinetes con 2 balastos de 2x39W y 4 Lámparas de 39W T12.(Ver Fig. 72)



Fig. 72 Sistema Actual de iluminación en salones

Para el análisis de este consumo se contempla un periodo de utilización de alrededor de 5 horas al día. Con lo cual el consumo por salón es de 4.68 kWh, multiplicado por los 19 salones nos da un total de **88.92 kWh**, solo en los salones.

Nuestra propuesta contempla la Utilización de iluminación del tipo LED con las siguientes características:

- Tubo Led T8
- Consumo: 18W
- Lúmenes: 1980
- Eficiencia: 90%
- Voltaje: 90-265V

Con la puesta en marcha de esta propuesta se contemplan dos tubos LED por gabinete, por lo tanto el total de lámparas por salón es de 18 Tubos con un consumo de 0.324 kWh, aplicado a todas las aulas del edificio el consumo es de 6.156 kWh.

Esta medida muestra un ahorro en consumo de energía en las aulas será aproximado al 93%.

Por cuestiones presupuestales esta alternativa se encuentra en mesa de discusión sobre su periodo de aplicación.

Basados en la norma NOM-025-STPS-2008 se evaluaron los niveles de iluminación dentro de los salones y se encontraron valores por arriba de los 650 Luxes, se desarrolló un plan para realizar una reducción paulatina de la cantidad de lámparas por gabinete, dejando solo 2 lámparas por gabinete aplicando esta medida los niveles de iluminación son cercanos a los 360 Luxes, estando dentro de la Norma antes mencionada.(Fig. 4.64)



Fig. 73 Alternativa de reducción de consumo de energía en salones, sin afectar el nivel de iluminación.

Una medida mas de apoyo para el ahorro de energia es el reemplazo de acrilico difusor tipo panel, que se utiliza en todas las luminarias, actualmente estos paneles se encuentran sucios y amarillos, resultado de los periodos prolongados de utilización, esta es una medida de acción muy rapida y que no requiere una inversión mayor.(Fig. 4.65)



Fig. 74 Acrílico difusor sucio y amarillo.

Duarante las actividades laborales en el interior de esta institución nos percatamos que el tipo de construcción permite el ingreso de luz natural en la mayor parte del día, pero desafortunadamente no se tienen una cultura de utilización de esta eneregia. Gran parte de estas entradas naturales de luz estan bloqueadas por persianas, obligando a que se utilice

energía eléctrica, cuando con el simple acto de recorrer estas persianas se podría omitir el uso de energía eléctrica para iluminación de áreas internas. En la Fig. 4.66; se muestra el cambio que se generaría si estas persianas permitieran el ingreso de luz solar.



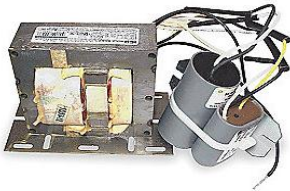

Fig. 75 Utilización de luz natural para iluminación de áreas de estancia común.

4.8.2 Utilizar focos ahorradores de 65 watts para iluminación exterior.

El propósito de esta medida es el reducir el uso de balastos con voltaje de 220v, además de evitar el uso de tecnología obsoleta como lo son las lámparas de vapor de sodio, mercurio y en algunos casos aditivos metálicos.

La propuesta es la utilización de lámparas ahorradoras de 65W, y la eliminación de balastos, así como el cambio de voltaje de 220 a 127V.

Tabla 48 Comparativos de consumo en iluminación Exterior.

ANTES DE IMPLEMENTAR LA PROPUESTA					
Equipo	Voltaje	Consumo individual en kWh	Cantidad	Consumo total en kWh	Fotografía
Balastro	220	0.07	65	4.55	
Lámpara	220	0.4	65	26	
PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA					

Lampara	127	0.065	65	4.225	
----------------	-----	-------	----	-------	---

En la UTSJR se cuenta con un total de lamparas de exterior de 65 postes con una altura promedio de 2.50m.

La utilización para labores de vigilancia es de un periodo aproximado de 8 horas.

El consumo en kWh antes de la implementación de esta medida es de 30.55 kWh por 8 horas de trabajo.

Con la implementación de esta medida actualmente (concluida 2015), el consumo en watts para la iluminación exterior es de 4.225 kWh.

El ahorro con la aplicación de esta medida es aproximada al 86% del consumo de energia destinada para la iluminación exterior de los edificios.

4.8.3 Reducir el uso de equipo de bombeo de agua.

La UTSJR para el suministro de agua potable cuenta con una infraestructura que se enlista acontinuación:

Cisterna receptora de 100,000 Ltrs.

Cisterna reguladora de 40,000 Ltrs.

Banco de bombas de bombeo 3/4 Hp. (Fig. 76)

Tanque elevado altura aproximada 12m.

La universidad tecnologica realiza la contratación de este servicio por un proveedor externo el cual entrega por mes alredeodr de 62 pipas de 25,000 Ltrs.



Fig. 76 Bombas Hidráulicas, 3/4 Hp.

Con este sistema la universidad asegura el abasto de agua al interior de sus instalaciones.

Al realizar un recorrido y en base a datos que nos proporciona el area de mantenimiento nos percatamos que el uso y funcionamiento de las bombas hidraulicas es muy constante.

Para cubrir las necesidades de este liquido en las distintas areas de la UTSJR, las bombas trabajan alrededor de 12 horas por dia, tomando en cuenta que las bombas no se apagan por la noche.

Tabla 49 Consumo de energía eléctrica en área de bombas antes de realizar propuestas.

Equipo	Alimentación	Potencia W	Total kWh
Bomba #1 (Siemens)	127	1,066	12.792
Bomba #2 (weg)	127	1,066	12.792
			25,584

Se propuso como medidas inmediatas el no utilizar las bombas por las noches, si existiera alguna fuga en un sanitario o valvula, el agua se derramaria y por lo tanto las bombas estaran utilizandose sin ningun sentido.

Una medida de ahorro mas es la utilización de mingitorios secos al interior de los edificios, actualmente se utilizan sistemas donde se utiliza un liquido como medio de transporte para otro liquido.



Fig. 77 Mingitorios secos instalados.

Esta propuesta se inicio en el 2014 y en el 2015 se concluyo con lo cual ahora los mingitorios de toda la institucion son del tipo seco.(Fig. 77)

Para apoyar esta nueva cultura de cuidado del agua, se propuso la colocacion de sistemas dual en los sanitarios los cuales funcionan con 2 botones uno para liquidos, con el cual solo permite la salida de la mitad del liquido existente en el deposito y un boton para solidos en el cual el 100% del liquido sale del deposito principal.



Fig. 78 Sistema Dual en WC.

De igual forma este sistema ya se encuentra instalado y funcionando en todos los sanitarios de la UTSJR.(Fig. 78)

Por ultimo en este concepto de uso racional del agua se sustituyeron las valvulas tradicionales instaladas en los lavamanos de los sanitarios, por valvulas ahorradoras. (Fig. 79)



Fig. 79 Válvulas Ahorradoras Instaladas.

La utilización de mingitorios secos, sistemas dual y las valvulas ahorradoras en lavavos, son medidas enfocadas a reducir el uso de las bombas con lo cual se reduce el consumo de energia. Estas medidas antes mencionadas ya fueron implementadas y actualmente el consumo de agua es menor, y se refleja en la disminucion de pago por concepto de acarreo

de agua. Además de que el personal de mantenimiento trabaja arduamente para eliminar las fugas de este líquido.

A continuación mostramos una tabla con el consumo en kWh de los motores para bombeo de agua después de estos cambios realizados.

Las horas promedio de funcionamiento de las bombas después de la aplicación de las mejoras es de 5 horas al día, tomando en cuenta que se encienden a las 6:00 am y se apagan a las 22:30 hrs. El sistema cuenta con un electrónivel por lo cual el sistema es parcialmente autónomo.

Tabla 50 Consumo de energía eléctrica en área de bombas después de aplicar las propuestas.

Equipo	Alimentación	Potencia kW	Total kWh
Bomba #1 (Siemens)	127	5,33	26,65
Bomba #2 (weg)	127	5,33	26,65
			53.3

Con esta medida se obtuvo un ahorro del 48% en consumo de energía eléctrica, para el uso del equipo de bombeo del agua.

Cabe mencionar que estos cambios influyeron directamente en otro rubro vital para la institución como lo es el agua, es por eso que su implementación fue rápida y de un alto impacto.

4.8.4 Utilizar tecnología de control de iluminación (sensores).

El uso de la domotica en la institución es muy importante es por eso que una propuesta para controlar el encendido y apagado de luces en áreas donde el flujo de personas es muy variado, son los sensores de movimiento, los cuales se propone se instalen en los sanitarios. (Fig. 4.71)

Actualmente el consumo de energía eléctrica por iluminación de sanitarios tienen una duración de 8Hrs. Permanecen encendidas a partir de las 6:00 am y se apagan aproximadamente a las 9:00 am. Después se encienden nuevamente a las 18:00 y se apagan a las 23:00 hrs. Este procedimiento es repetitivo en todos los edificios y laboratorios de la institución.

Tomando en cuenta el tiempo de utilización y lámparas de 39W.

Obtenemos que por cada 8 Hrs de uso el consumo es de 2.49 kWh.

Al instalar estos equipos el uso de la iluminación en sanitarios se reduce a 4 Hrs de uso continuo por lo tanto el consumo es de 1.96 kWh.

Mostrando un ahorro de energía eléctrica aproximado al 86%.



Fig. 80 Sensores de Movimiento Instalados.

4.8.5 Seccionado de circuitos eléctricos y colocación de apagadores.

Una medida mas de aplicación inmediata fue el seccionar e identificar circuitos electricos.

Un alto consumo de energia electrica al interior de los edificios es en la iluminacion de areas comunes como entradas principales, pasillos, baños, etc. Se detecto que los usuarios no apagaban las luces por que no se tenia un switch accesible para encender o apagar esta iluminacion.

La manera de controlar era desde el tablero de distribución, personal de mantenimiento encendia las luces a las 6:30 am y permanecian encendidas hasta las 10:00 pm.

Para corregir este problema se propuso la colocacion y señalización de apagadores accesibles para los alumnos y personal de la UTSJR, ademas de seccionar areas de iluminacion electrica.

Se propuso la colocacion de información para ayudar a que las personas tomen conciencia y ayuden al uso responsable y racional de la energia.

Una propuesta es la mostrada en la Fig. 81, la cual debe ser colocada en apagadores de areas comunes para que las personas puedan apagar o encender la iluminacion solo cuando lo consideren necesario.



Fig. 81 Propuesta de Etiquetas para colocar en apagadores.

Ademas se solicito a recurso humanos emitir un correo electronico invitando a la comunidad universitaria para que al termino de sus actividades se apaguen y desconecten los reguladores asi disminuir el consumo por concepto de energia electrica.

Un problema que se detecto era el que los apagadores para las areas comunes estaban localizados en areas fuera del alcance de los usuarios, ademas de que los circuitos no estaban seccionados, con un interruptor encendias alrededor de 30 lamparas, es por eso que se solicito el colocar apagadores en areas accesibles y dividir los circuitos.



Fig. 82 Implementación de apagadores accesibles y seccionados de circuitos.

4.8.6- Utilización de impermeabilizante fotosensible.

En proyectos para certificación ecológica como lo es LEED, un aspecto a considerar es el nivel de reflectividad de la impermeabilización, en ese sentido el color de manto con mayor reflectividad es el color blanco, por lo que se recomienda utilizar impermeabilizantes de color blanco en las azoteas de la institución.

Con esta medida se pretende reducir el incremento de la temperatura en el interior de los edificios, en la mayoría de los edificios se cuenta con un impermeabilizante del tipo prefabricado en presentación de rollo y en color rojo.

Para lograr este cambio se solicitó a personal de mantenimiento utilizar impermeabilizantes en las áreas a reparar, con lo cual se lograría la sustitución paulatinamente sin realizar una gran inversión.



Fig. 83 Aplicación de impermeabilizante color blanco.

4.8.6 Implementación de un sistema fotovoltaico.

Derivado de las propuestas antes mencionadas, surgió la inquietud por parte de nuestras autoridades de proponer un proyecto para la utilización de energía solar como fuente principal de energía para la UTSJR.

Es por eso que contactamos a una empresa seria y con gran experiencia en el área, para que nos realizaran un proyecto para un sistema fotovoltaico interconectado a la red, el cual titulamos “Proyecto para el Ahorro de Energía y Sustentabilidad “, a continuación, se muestra el Resumen técnico que obtuvimos de la empresa.

Tomando un consumo mensual de 30 kWh al mes, se obtuvo el dato de 360,000 kWh, durante un año, este dato se envió para que se tome como potencia máxima requerida por la institución.

En base a estas necesidades la empresa CONVERMEX, emitió lo siguiente:

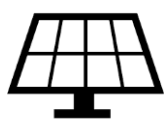
Precio y condiciones generales de venta.

Precio total del Proyecto: \$ 410,940.00 USD + IVA. (1.52 USD/Wp), con módulos marca **Solarworld**, fabricados en Estados Unidos.

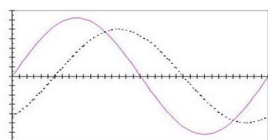
4.8.6.1 Resumen Técnico.

Tabla 51 Tabla de Resumen Técnico "Proyecto para el Ahorro de Energía y Sustentabilidad".

"Proyecto para el Ahorro de Energía y Sustentabilidad"		
Tamaño del Sistema	269.6	kW
Generación diaria promedio	1,216	kWh
Generación anual calculada	443,840	kWh
Insolación local (Horizontal)	5.5	kWh/m ²
Emisiones anuales evitadas de CO ₂	244.1	Toneladas
Número de Módulos	946	Piezas
Potencia de cada panel solar	285	W
Marca de Módulos	Solar World	
Certificación de Módulos	IEC 61215:2005, IEC61730:2004 y UL1703 PV, ISO9001, OHSAS18001, ISO14001, Aplicación Clase A, Seguridad Clase II, Tipo fuego C.	
Procedencia de los Módulos	Fabricado en Estados Unidos	
Inversor marca	Fronius	
Procedencia del Inversor	Austria	
Fases	Trifásico	
Potencia nominal del inversor	24.0	kW
Número de Inversores	10	Piezas
Potencia combinada de inversores	240.0	kW
Eficiencia del inversor	97% Max.	
Voltaje de entrada inversor	De 500 a 800	V CD
Voltaje de salida Inversor	480	V CA
Área aproximada del arreglo	2,091	m ²
Estructura	Aluminio	
Anclaje	A piso firme nivelado (no rocoso) mediante tornillos de acero.	



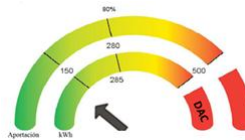
Potencia del Sistema
269.6 kWp



Potencia del sistema CA.
240.0 kW



Generación diaria
1,216 kWh



Ahorro Anual
443,840 kWh



CO₂ evitado al año
244.1 Ton.

Con estos datos entregados por la empresa CONVERMEX, el panorama de aplicación es más amplio, por el monto de inversión para este proyecto se continúa en la búsqueda de recursos para lograr que esta propuesta se materialice, la institución busca aplicar recursos propios así como de programas subsidiados con recursos gubernamentales como lo son la SAGARPA, FIDE, etc.

El objetivo de la UTSJR, con la aplicación de este sistema es la reducción de emisiones de CO₂ al medio ambiente además de convertirse en la primera institución de la región donde la generación de la energía eléctrica consumida es 90% proveniente de energías renovables. Apoyando al medio ambiente y promoviendo en los alumnos de toda la institución en especial la carrera de Energías Renovables, la aplicación correcta de los distintos tipos de energías alternativas.

CONCLUSIONES

Como se mencionó el objetivo de este trabajo fue lograr una reducción significativa de la facturación eléctrica mensual.

Este objetivo se lograría con la correcta aplicación de medidas y acciones encaminadas al uso eficiente de la energía, como se mostró existe una posible reducción del 20%, esta meta es difícil de conseguir, pero nosotros estimamos el un porcentaje de ahorro entre el 6% y 10 %, a continuación mostramos una tabla con los valores de Demanda Media VS Demanda Facturable para el año 2015. Los cuales son consumos después de aplicadas las acciones que se propusieron para el ahorro de energía.

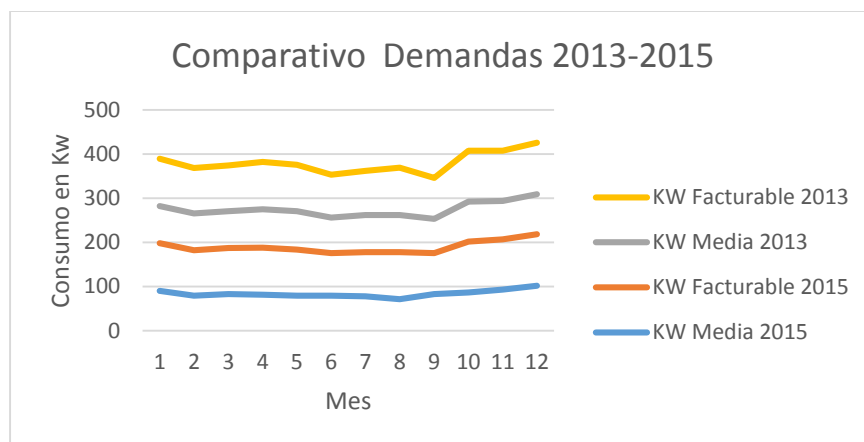


Fig. 84 Demanda Media Vs Demanda Facturable 2013-2015.

En la Fig.84, se observa el comportamiento de los consumos en demandas medias y demandas facturables, donde es clara la reducción que se consiguió con la correcta aplicación de las acciones encaminadas a un ahorro y uso eficiente de la energía con lo cual se logró un ahorro de 14.78 %, reflejado para la UTSJR en un ahorro de \$ 13,567.09 M.N anuales, por lo tanto nuestro objetivo se concluyó satisfactoriamente logrando rebasar un poco la meta.

Sin embargo, el trabajo no termina, continuaremos fomentando la cultura en las personas para el ahorro y uso eficiente de la energía, buscamos impactarlos de tal forma que no solo fomenten el ahorro de energía al interior de la institución, sino que se lleven esa semilla a su círculo social y la siembren para así engrandecer y dar a conocer esta cultura que contribuye a mejorar nuestro entorno y nuestra calidad de vida.

Es importante mencionar que durante la ejecución de nuestro proyecto uno de los problemas más graves fue el de concientización de las personas, a la gran mayoría le cuesta mucho

trabajo apagar sus equipos al término de su jornada, lo consideran una pérdida de tiempo. Es por eso que aun seguiremos trabajando con platicas, conferencias en caminadas al uso eficiente de la energía eléctrica no solo en nuestros lugares de trabajo.

Gracias

GLOSARIO

Incentivar: Estimular a alguien o algo mediante un reconocimiento.

Priorizar: Otorgar preferencia a algo alguien.

Política: Hábil para tratar a la gente o dirigir un asunto.

Eficiencia: Capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función.

Diagramas de Sankey: Es un tipo específico de diagrama de flujo, en el que la anchura de las flechas se muestra proporcional a la cantidad de flujo.

Método Pinch: Es una metodología para optimizar la recuperación energética en un proceso químico industrial, minimizando la inversión de capital.

Auditoria: Inspección o verificación de la contabilidad de una empresa o una entidad, realizada por un auditor con el fin de comprobar si sus cuentas reflejan el patrimonio, la situación financiera y los resultados obtenidos por dicha empresa o entidad en un determinado ejercicio.

Exhaustiva: Que agota la materia de que se trata o es muy completo.

Coadyuvar: Contribuir o ayudar a la consecución de una cosa.

Sensibilización: La sensibilización dentro de la formación del ser humano ayuda a comprender las interrelaciones que subyacen en la vida social, a no ser indiferentes y actuar en búsqueda de posibilidades de cambio social que garanticen la materialización de los valores.

Eficacia: Capacidad de alcanzar el efecto que espera o se desea tras la realización de una acción.

Benchmarking: proceso sistemático y continuo para evaluar comparativamente los productos, servicios y procesos de trabajo en organizaciones.

Tarifa: es el precio que pagan los usuarios o consumidores de un servicio público al Estado o al concesionario a cambio de la prestación del servicio.

Demanda Facturable: Demanda Máxima Medida Sostenida por 15 Minutos.

Energía Consumida: Consumo en cada horario: punta, intermedio y base.

Demanda: es una medida de la tasa promedio del consumo eléctrico de sus instalaciones en intervalos de 15 minutos.

Cualitativa: Es aquella donde se estudia la calidad de las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema.

Cuantitativa: Permite examinar los datos de manera numérica.

Arquitectónico: Técnica de proyectar y diseñar edificios, otras estructuras y espacios que forman el entorno humano.

Diagrama Unifilar: Representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella.

Layout: Cuadrícula imaginaria que divide en espacios o campos la página que se diseña para facilitar la distribución de elementos como textos o gráficos en la misma.

Homologación: Igualación o comparación de una cosa con otra por tener ambas en común características referidas a su naturaleza, función o clase.

Amperímetro: Instrumento para medir la intensidad de una corriente eléctrica.

Subestación: Son las encargadas de transformar la energía eléctrica mediante uno o más transformadores.

Transformador: Aparato que sirve para transformar la tensión de una corriente eléctrica alterna sin modificar su potencia.

Reflectividad: Fracción de radiación incidente reflejada por una superficie.

SIGLAS

SENER	Secretaría de Energía
UTSJR	Universidad Tecnológica de San Juan del Río
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CFE	Comisión Federal de Electricidad
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
PRONASE	Programa Nacional para el aprovechamiento Sustentable de la Energía
SIE	Sistema de Información Energética
INEGI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
AIE	Agencia Internacional de Energía
NOM	Norma Oficial Mexicana
NMX	Normas Mexicanas
NRF	Normas de Referencia
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica


ABREVIATURAS

DAP	Derecho de Alumbrado Público
A	Amperios
AC	Corriente Alterna
A/C	Aire Acondicionado
DC	Corriente Directa
FP	Factor de Potencia
Hz	Hertz
KWh	kilo Watt hora
KW	kilo Watts
S	Segundo
V	Voltaje, Tensión
VAC	Voltaje de Corriente Alterna
VDC	Voltaje de Corriente Directa
Vn	Voltaje nominal
GEI	Gases de Efecto Invernadero
DAII	Distorsión Armónica Individual de Corriente
PIB	Producto Interno Bruto
SGEn	Sistemas de Gestión de la Energía
PHVA	Planear/Hacer/Verificar/Actuar
IDEn	Indicadores de Desempeño Energético
USEn	Usos Significativos de la Energía
FRI y FRB	Factores de reducción que tendrán los siguientes valores dependiendo de la región tarifaria
DP	Demanda Máxima Medida en el Periodo de Punta
DI	Demanda Máxima Medida en el Periodo Intermedio
DB	Demanda en Base

DPI	Demanda Máxima Medida en los Periodos de Punta e Intermedio
Kva	Kilo, Volt. Ampere
DAEE	Diagnóstico para Ahorro de Energía Eléctrica
CCM	Cuarto de Control de Motores
KVAr	Unidades de Potencia Reactiva
KVARh	
AE	Ahorro de Energía
TIR	Tasa Interna de Retorno
VPN	Valor Presente Neto

ANEXOS

Anexo 1: Procedimiento Control Operativo Consumo de Energía (SG-A-MS05)

	Procedimiento: Control Operativo Consumo de Energía	Fecha de emisión: 23-Oct-15
	Código: SG-A-MS05	Revisión: 00 Hoja 1 de 3

1. Objetivo.

Establecer las actividades y lineamientos para el control operativo del consumo de Energía en la Universidad Tecnológica de San Juan del Río.

2. Alcance.

Aplica para todos los procesos y actividades que consumen energía en la UTSJR.

3. Definiciones/Siglas

ASPECTO AMBIENTAL	Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente
IMPACTO AMBIENTAL	Cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.
TRANSFORMADOR	Dispositivo eléctrico que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica de uno o más circuitos, a uno o más circuitos a la misma frecuencia, usualmente aumentado o disminuyendo los valores de tensión y corriente eléctricas.
UTSJR	Universidad Tecnológica de San Juan Del Río.

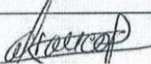

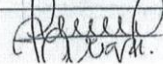
4. Interacción con otros procedimientos


5. Información del proceso

Proceso al que pertenece:

Interacción con otros procesos:

INSUMOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> Programación de actividades. Recibo de luz. 	<ul style="list-style-type: none"> Programación de actividades. Verificación del consumo de energía Ahorro y uso eficiente de la energía Inventario de equipos de consumo de energía Subestaciones y transformadores de energía 	<ul style="list-style-type: none"> Uso eficiente de la Energía. Ahorro de la Energía.

Responsable de la implementación: M. en C. Alejandro Franco Pérez	Revisó: M. en A. Brenda Rojo Gonzalez	Autorizó: M. en C. Raquel Arciga Pedraza
Área: Director de Mantenimiento y Servicios Generales	Área: Coordinación del SGI	Área: Coordinación del SGI
Firma: 	Firma: 	Firma: 


	Procedimiento: Control Operativo Consumo de Energía	Fecha de emisión: 23-Oct-15 Revisión: 00 Hoja 2 de 3
	Código: SG-A-MS05	

6. Actividades.

No. Actividad	Responsable	Descripción de la Actividad
Programación de actividades		
6.1	Dirección de mantenimiento y Servicios Generales	Elabora a final de año programa de actividades para la evaluación y uso eficiente del consumo de energía, en base al inventario de equipos que consumen energía FMS05-SGA. El programa debe contener: área, edificio, equipo o luminaria, fecha de verificación y responsable de evaluar, actividad a realizar, objetivo y alcance.
Verificación del consumo de energía		
6.2	Dirección de mantenimiento y Servicios Generales	De acuerdo al programa de evaluación y uso eficiente del consumo de energía, realiza la verificación correspondiente y registra los resultados del consumo de energía en el formato Consumo de energía FMS06-SGA. Para la evaluación de luminarias, debe considerar lo establecido en la NOM-025-STPS-2008.
Ahorro y uso eficiente de la energía		
6.3	Dirección de mantenimiento y Servicios Generales	De acuerdo al programa de evaluación y uso eficiente del consumo de energía, realiza lo indicado y elabora un informe de resultados a fin de año.
6.4	Dirección de mantenimiento y Servicios Generales	En base a los resultados obtenidos de las actividades de la evaluación y uso eficiente del consumo de energía realiza un informe de resultados para considerar en la programación de actividades del siguiente año.
Inventario de equipos de consumo de energía		
6.5	Dirección de mantenimiento y Servicios Generales	En base a los resultados obtenidos de las actividades de la evaluación y uso eficiente del consumo de energía actualiza el inventario de equipos que consumen energía FMS05-SGA.
Mantenimiento de subestación y transformadores de energía		
6.6	Jefe de Mantenimiento e Infraestructura	Realiza y supervisa el PMP (Plan de Mantenimiento Preventivo anual) a subestaciones y transformadores, realizado por un proveedor certificado.
6.7	Jefe de Mantenimiento e Infraestructura	Recibe del proveedor un reporte tanto del mantenimiento como del análisis a la muestra suministrada.

7. Seguimiento y medición.

Consumo de energía

	Procedimiento: Control Operativo Consumo de Energía	Fecha de emisión: 23-Oct-15 Revisión: 00 Hoja 3 de 3
	Código: SG-A-MS05	

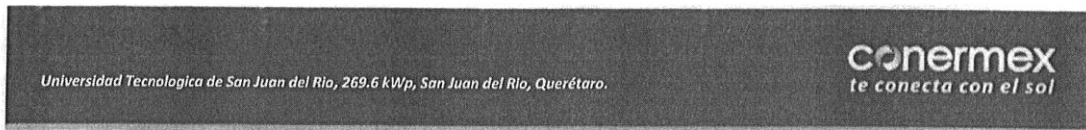
Programa de evaluación y uso eficiente del consumo de energía

8. Documentos de referencia o complementarios.

NOM-025-STPS-2008.

NOM-002-SEDE-2010.

Anexo 2: Resumen Técnico “Proyecto para el ahorro de Energía y Sustentabilidad” para la UTSJR.



2. Precio y condiciones generales de venta.

Precio total del proyecto: **\$410,940.00 USD + IVA. (1.52 USD/Wp)** – Con módulos marca **SolarWorld**, fabricados en **fabricado en Estados Unidos**

- Tiempo de entrega del sistema operando: **18 a 20 semanas**
- Vigencia de la oferta: **30 días**
- Precios en dólares americanos vigentes al momento de embarque.
- Pago en dólares americanos o en Moneda Nacional al tipo de cambio oficial el día del pago.
- Se requiere orden de compra por el cliente o contrato firmado para formalizar y procesar el pedido.
- El tiempo de entrega empieza a correr desde el momento en que reciba el anticipo acordado.
- Aplican Términos y Condiciones de la empresa.

3. Resumen técnico.

Tamaño del sistema:	269.6	kW
Generación diaria promedio:	1,216	kWh
Generación anual calculada:	443,840	kWh
Insolación local (horizontal):	5.5	kWh/m ²
Emissiones anuales evitadas de CO ₂ :	244.1	Toneladas
Número de Módulos:	946	Piezas
Potencia de cada panel solar:	285	W
Marca de Módulos:	SolarWorld	
Certificación de módulos:	IEC 61215:2005, IEC 61730: 2004 y UL 1703 PV, ISO9001, OHSAS18001, ISO14001, Aplicación Clase A, Seguridad Clase II, Tipo fuego C	
Procedencia de los módulos:	fabricado en Estados Unidos	
Inversor marca:	Fronius	
Procedencia del inversor	Austria	
Fases:	Trifásico	
Potencia nominal del inversor:	24.0	kW
Número de inversores:	10	Piezas
Potencia combinada de inversores	240.0	kW
Eficiencia del inversor	97% max.	
Voltaje de entrada inversor:	de 500 a 800	V CD
Voltaje de salida inversores	480	V CA
Área aproximada del arreglo:	2,091	m ²
Estructura:	aluminio	
Anclaje:	a anclaje a piso firme nivelada (no rocosa) mediante tornillos de acero	



Conermex, S.A. de C.V. Roberto Fulton No. 19. Tlalnepantla, Estado de México. C.P. 54090
Tel.: (55) 5364-5130, Ventas: 01-800-363-7441, info@conermex.com.mx, www.conermex.com.mx

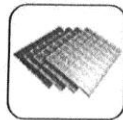
3

4. Beneficios obtenidos.

Los sistemas solares fotovoltaicos de conexión a la red eléctrica son utilizados como medio para generar electricidad en forma autónoma, inyectando la energía producida a la red del sistema eléctrico nacional. Los proyectos de esta naturaleza se enmarcan dentro de la necesidad de reducir de una forma importante las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Este tipo de instalaciones producen energía a partir de fuentes de energía renovables, por lo que son energías "limpias" y no contaminantes por lo que evitan una influencia negativa sobre el medio ambiente y hacen posible el desarrollo sostenible. Contribuyen a la reducción de emisiones de partículas contaminantes a la atmósfera como Azufre, CO₂, CO, Plomo, etc., ya que introducen a la red nacional energía limpia producida con radiación solar y evitan la generación de electricidad de fuentes de derivados de petróleo y otros combustibles fósiles, en cuyos procesos se generan residuos y subproductos altamente contaminantes y nocivos para el medio ambiente.

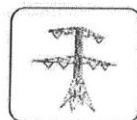
Servicio suministrado	<ul style="list-style-type: none"> • Suministro eléctrico capaz de entregar diariamente 1,216 kWh de energía al sistema, en función de la insolación. • Operación completamente automática. • Ahorro anual de energía estimado de 443,840 kWh (primer año). • Demostración de tecnologías renovables a los visitantes del sitio • Reducción de la carga térmica (en su caso) gracias al sombreado que producen los paneles solares.
Vida útil del sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Vida útil del inversor estimada en 20 años • Vida útil de los paneles solares superior a 25 años • Mínimo mantenimiento: limpieza a los paneles solares dos veces por año
Efecto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • La energía eléctrica generada por medio del Sol equivale a disminuir aproximadamente 244.1 toneladas anuales de emisiones de CO₂ de generación convencional.
Garantías	<ul style="list-style-type: none"> • 2 años de garantía en todos los componentes y en la operación del sistema, en sitio. • 5 años de garantía estándar en inversores, con opción a contrato de garantía por hasta 20 años. • 25 años de garantía en la potencia de los paneles solares*.
Beneficios Fiscales	<ul style="list-style-type: none"> • De acuerdo a la Ley del ISR, el proyecto es 100% deducible de impuestos en el mismo ejercicio fiscal.



Vida Útil
+ 25 años



Garantía y revisión
en el país



Precio fijo de la
energía



Deducibilidad
100%



Instalación eléctrica
garantizada

BIBLIOGRAFÍA

- [1] IEEE "Recommended Practices and Requirements for Harmonic control in Electrical Power System", Std. 519-1992.
- [2] IEEE Task Force on Harmonics Modeling and Simulation, "Test System for Harmonics Modeling and Simulation", IEEE PE-260-PWRD-0-11, pp 1-7 1997.
- [3] IEEE Task Force on Harmonics Modeling and Simulation, "Modeling and Simulation of the Propagation of Harmonics in Electrical Power Network, Part 1 & Part 2", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11 no. 1 pp. 425-475 January 1996.
- [4] IEEE Tutorial Course Power System Harmonic 1984.
- [5] IEEE "Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants", Std. 141-1993.
- [6] IEEE, "Recommended Practice for Industrial and Comercial Power Sysvtem Analysis", Std. 399-1990.
- [7] IEEE "Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Comercial Power Systems (ANSI)", Std 242-1986.
- [8] M. Madrigal "Notas del Curso Análisis y Modelado de Sistemas Eléctricos bajo Condiciones no Senoidales" I.T.M FEB-JUL 2000.
- [9] M. Madrigal "Comportamiento de Potencias, Fp, Valores rms y Factores de Distorsión Armónica en Sistemas no Senoidales". Rvp '97 Tomo 1, pp 384-388.
- [10] M. F. Mcgranaghan R. C. Dugan, H. W. Beaty "Electrical Power Systems Quality" Mc. Graw-Hill, 1996.
- [11] M. Macías, E. Vázquez, H.J. Altuve. "Análisis Armónico en Sistemas Eléctricos Industriales" RVP'96 Tomo 1, pp. 358-363, Acapulco Gro. México.
- [12] Especificación CFE L000045 2001.
- [13] Comisión para el Ahorro de Energía (2008). Documento Introductorio al estudio: Eficiencia energética en América del Norte, evolución y perspectivas. Recuperado en marzo 17,2008, en CONAE, <http://www.conae.gob.mx>
- [14] Krenz, J.H (1985). Uso racional de la energía: El gran desafío contemporáneo. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Aragón.
- [15] Martínez, E. (2003) ¿Qué es un sistema de gestión ambiental? Futuros. 1,1. Recuperado en marzo 1,2008 de Futuros, http://www.revistafuturos.info/futuros_3/gestion_amb.htm.

[16] Márquez Anguiano, J.A. (2001). Marco de referencia para el diseño de estrategias tendientes a fortalecer la participación ciudadana de los estados en materia ambiental. *Revista Mexicana de Legislación Ambiental*. 2(5), 51-61.

[17] *Revista Electrónica Latinoamericana en Desarrollo Sustentable*. (2005). Negocios de paneles solares en México. Recuperado en abril 5,2008 de Vinculando.org, http://vinculando.org/mercado/paneles_solares.html

[18] Secretaría de Energía. (2008). Sector eléctrico nacional: precios medios de energía eléctrica. Recuperado en marzo 1,2008 de SENER, <http://www.sener.gob.mx>

[19] U.S. Department of Energy. El ahorro de energía: Sugerencias para ahorrar energía y dinero. Recuperado en enero 17, 2008, de U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, <http://www.eere.energy.gov/>

[20] Woodside, G. & Aurricho, P. (2001). Auditoria de sistemas de gestión ambiental: Introducción a la norma ISO 14001. Madrid, España: Mc Graw Hill.

AGRADECIMIENTOS

Durante mi desarrollo académico he contado con bastante apoyo, este espacio sería insuficiente para demostrar mi agradecimiento por todo su apoyo.

Principalmente quiero agradecer a dios, aunque en este año me mostro una etapa de la vida que no me había tocado vivir. Él siempre ha sido mi guía y mejor amigo, todo lo que él decide para mi sé que lo hace para fortalecerme cada día más.

Sé que donde quiera que ahora se encuentren me observan y me guían por el buen camino, gracias por haberme mostrado que las cosas no son imposibles, si de verdad deseas lograrlo. Siempre los recordare.

✠ María Epifanía Patiño Centeno. – (1938-2013)

✠ Paula Laja Ramírez. – (1925-2014)

✠ Antonio Ángeles Sánchez.- (1927-2015)

Este trabajo también se concluyó satisfactoriamente con el apoyo de mi familia, sé que no somos una familia ejemplo pero con su apoyo incondicional, me basto para seguir adelante.

A mi pareja por su paciencia y orientación en todos esos momentos donde no encontraba salida siempre estuviste ahí, Gracias, eres un pilar muy importante en mi formación académica y personal, sin ti no sería lo que hasta hoy he conseguido.

A todos mis amigos que con sus bromas me ayudaron a demostrarme que soy capaz de lograr todo lo que me propongo.

Gracias.