

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
INGENIERÍA ELÉCTRICA

RESIDENCIA PROFESIONAL
ESTUDIO DE CALIDAD, AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA
ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CENTRAL DE AUTOBUSES
EXPRESOS AZULES “AEXA”.

RESIDENTE
LUIS ALEJANDRO CABRERA HERNÁNDEZ

ASESOR INTERNO
DR. RUBÉN HERRERA GALICIA

ASESOR EXTERNO
ING. HERNÁN AGUILAR PÉREZ

EMPRESA
GRUPO ALICO ALTA INGENIERÍA S.A. DE C.V.

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS. 30 DE ENERO DE 2020.

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES	7
1. Introducción	8
1.1 Antecedentes	8
1.2 Estado del arte	9
1.3 Descripción de la empresa	10
1.4 Problema a resolver	11
1.5 Objetivo	11
1.6 Metodología	11
1.7 Justificación	12
2. Fundamento teórico	14
2.1 Parámetros permisibles de la calidad de la energía	14
Definición de la calidad de la energía eléctrica.	15
2.2 Valores de referencia para condiciones en estado permanente	16
2.3 La importancia de la calidad de la energía eléctrica	19
2.4 Involucrados en la calidad de la energía eléctrica.	19
Malas prácticas u omisiones en el diseño de instalaciones y sistemas eléctricos	19
Malas prácticas de mantenimiento de equipos y sistemas eléctricos.	20
2.5 Normativas aplicables a la calidad de la energía	20
Comisión electrotécnica internacional (CEI 61000-4-30)	20
2.6 Intervalos de agregación para las medidas	20
2.7 Sistema de control de la calidad del suministro eléctrico (EN 50160)	22
3. Desarrollo	23
3.1 Instalación del analizador de redes FLUKE 435 serie ii	23
Método de conexión del analizador FLUKE 435-II	23
3.2 Instalación del analizador en el transformador de 150 KVA de la central de autobuses AEXA.	24
3.3 Estudio de calidad ahorro y uso eficiente de la energía en la Central de Autobuses Expresos Azules AEXA	26

Diagnostico energético nivel 1	26
Levantamiento de cargas.	26
Diagrama unifilar del Sistema Fotovoltaico	28
Diagrama Unifilar de la Central de Autobuses AEXA.....	29
3.4 Diagnóstico Energético Nivel 2.....	30
Descripción de los Centro de carga.	30
3.5 Carga Instalada en la Terminal AEXA.....	34
3.6 Análisis de Termografía en Tablero de Distribución Principal.....	36
3.7 Gráficas y Estudio de Voltaje.....	37
Voltaje Fundamental.	37
Voltaje RMS F-N.	40
Voltaje RMS F-F.	41
Factor cresta (FC).	43
3.8 Gráficas y estudio de Corriente	44
Corriente Fundamental.	44
Corriente Pico.....	45
Corriente RMS F-N.	47
Factor cresta (FC).	48
Voltaje en CD.....	49
Corriente en CD.....	50
Frecuencia.....	51
Desbalance de Voltaje en la Frecuencia.....	52
Desbalance de Corriente en la Frecuencia.....	53
3.9 POTENCIA	54
Potencia Activa (Watts).....	54
Potencia Aparente (VA)	55
Potencia Reactiva	56
3.10 Energía.....	57
Energía Activa (WH).....	57
Energía Aparente	58

Energía Reactiva.....	59
Energía de generación fotovoltaica	60
Factor de Potencia	61
3.11 Pérdidas de Energía	63
3.12 Armónicos	64
Armónicos en Voltaje.....	64
Armónicos en Corriente.....	65
4.13.-Flicker	66
3.15 Análisis de facturación	67
Análisis de facturación.	67
Comportamiento del Consumo de la Energía Eléctrica.	68
5.3.-Índices Energéticos	73
5.4.-Potenciales de Ahorro	75
4. Resultados, conclusión y discusión	76
4.1 Resultados.....	76
4.2 Conclusión.....	77
4.3 Discusión	77
Referencias Bibliografía.....	78
Anexos.....	80
Anexo A: Ficha técnica del inversor fotovoltaico SMA SUNNY BOY 7.7.	80
Anexo B: Ficha técnica de los paneles fotovoltaicos.	82
Anexo C: Análisis de la facturación de la terminal de autobuses AEXA.	83
Anexo D : Ficha tecnica de la camara termografica FLIR ONE PRO.	86
Anexo E: Certificado de calibración del equipo de medición FLUKE 432 serie II ANALIZADOR DE REDES.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Logotipo AEXA.....	10
Figura 1.2 Diagrama de bloques del proceso de estudio.....	11
Figura 1.3 Diagrama de bloques para la optimización de la energía.....	13

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87

Figura 2.1 Forma de onda sinusoidal de Voltaje trifásica.....	15
Figura 2.2 Características de la Forma de Onda Senoidal.....	16
Figura 2.3 Forma característica de un microcorte (Notche).....	17
Figura 3.1 Contenido del Analizador de Redes FLUKE 435-II.....	23
Figura 3.2 Conexión del analizador de redes FLUKE 435-II.....	24
Figura 3.3 Inspección física y ocular del área.....	24
Figura 3.4 Apertura del Transformador.....	25
Figura 3.5 Analizador de Redes FLUKE 435-II conectado y configurado.....	25
Figura 3.6 Parámetros instantáneos medidos por el analizador de redes FLUKE 435-II.....	26
Figura 3.7 Tablero I-LINE.....	27
Figura 3.8 Diagrama Unifilar del Sistema Fotovoltaico de la Central de Autobuses AEXA.....	28
Figura 3.9 Diagrama Unifilar de la Central de Autobuses AEXA.....	29
Figura 3.10 Termografía en Tablero I-line.....	36
Figura 3.11 Grafica de Voltaje Fundamental FN.....	37
Figura 3.12 Grafica Voltaje Pico.....	38
Figura 3.13 Grafica de voltaje RMS.....	40
Figura 3.14 Grafica de Voltaje RMS F-F.....	41
Figura 3.15 Grafica Factor Cresta.....	43
Figura 3.16 Corriente Fundamental F-N.....	44
Figura 3.17 Grafica Corriente Pico.....	45
Figura 3.18 Grafica de voltaje RMS.....	47
Figura 3.19 Grafica Factor Cresta.....	48
Figura 3.20 Grafica de voltaje CD.....	49
Figura 3.21 Grafica de Corriente CD.....	50
Figura 3.22 Grafica de Frecuencia.....	51
Figura 3.23 Frecuencia – Desequilibrio de Voltaje.....	52
Figura 3.24 Frecuencia – Desequilibrio de Corriente.....	53
Figura 3.25 Graficar de Potencia Activa Total.....	54
Figura 3.26 Grafica de Potencia Aparente Total.....	55
Figura 3.27 Grafica de Potencia Reactiva VAr (Total).....	56
Figura 3.28 Grafica de Energía Activa.....	57
Figura 3.29 Grafica de Energía Aparente.....	58
Figura 3.30 Grafica de Energía Reactiva.....	59
Figura 3.31 Grafica de Generación Fotovoltaica.....	60
Figura 3.32 Grafica del Factor de Potencia.....	62
Figura 3.33 Pérdidas de Energía.....	63
Figura 3.34 Espectro TDH en Voltaje.....	64
Figura 3.35 Espectro TDH en Corriente.....	65
Figura 3.36 Grafica de Flickers.....	66
Figura 3.37 Factura Autobuses Expresos Azul SA CV.....	68
Figura 3.38 Grafica Consumo - Demanda (KWh/KW).....	69
Figura 3.39 Comportamiento de la demanda facturable vs la Demanda media.....	70
Figura 3.40 Comportamiento del Factor de Demanda Facturable (%).....	71

Figura 3.41 Comportamiento del Factor de Carga.....	72
Figura 3.42 Factor de Potencia.....	73
Figura 3.43 Grafica de índices Energéticos.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Estándar IEEE-519-1992 “Distorsión armónica”.....	16
Tabla 2.2 Estándar IEEE-519-1992 “Profundidad de la muesca”.....	17
Tabla 2.3 IEEE-519-1992. Límites de distorsión de corriente para sistemas de distribución en general (desde 120 V hasta 69000 V).....	18
Tabla 2.4 IEEE-519-1992. Límites de distinción de corriente para sistemas de distribución en general (desde 69000 V hasta 161000 V).....	18
Tabla 2.5 Diferencia entre un equipo Clase A y B.....	21
Tabla 2.6 Límites para la EN50160.....	22
Tabla 3.1 Descripción de Centros de Carga.....	27
Tabla 3.2 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "N".....	30
Tabla 3.3 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "E".....	30
Tabla 3.4 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "C".....	31
Tabla 3.5 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "B".....	31
Tabla 3.6 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "A".....	32
Tabla 3.7 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "D".....	32
Tabla 3.8 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "F".....	32
Tabla 3.9 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "J".....	33
Tabla 3.10 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "H".....	33
Tabla 3.11 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "I-LINE".....	34
Tabla 3.12 Datos de Placa Motor de 15 HP.....	34
Tabla 3.13 Datos de Placa A.C. de 18,000 BTU.....	34
Tabla 3.14 Datos de Placa A.C. de 12,000 BTU.....	34
Tabla 3.15 Datos de Placa A.C. de 12,000 BTU.....	35
Tabla 3.16 Datos de Placa A.C. de 36,000 BTU.....	35
Tabla 3.17 Datos de Placa Luminaria Led.....	35
Tabla 3.18 Datos de Placa Luminaria Led.....	35
Tabla 3.19 Datos de Placa Compresor de 5 H.P.....	35
Tabla 3.20 Simbología.....	35
Tabla 3.21 Medición de Voltaje Fundamental.....	37
Tabla 3.22 Mediciones Voltaje Pico FN.....	39
Tabla 3.23 Mediciones de Voltaje RMS.....	40
Tabla 3.24 Medición de Voltaje RMS Fase – Fase.....	42
Tabla 3.25 Medición Factor Cresta.....	43
Tabla 3.26 Medición de Corriente Fundamental F-N.....	44
Tabla 3.27 Mediciones Corriente Pico FN.....	46

Tabla 3.28 Mediciones de Corriente RMS.....	47
Tabla 3.29 Medición Factor Cresta.....	49
Tabla 3.30 Mediciones de Voltaje CD.....	50
Tabla 3.31 Mediciones de Corriente CD.....	51
Tabla 3.32 Medición de la Frecuencia.....	52
Tabla 3.33 Desequilibrio de Frecuencia – Tensión.....	53
Tabla 3.34 Desequilibrio de Frecuencia – Corriente.....	54
Tabla 3.35 Medición de Potencia Activa.....	55
Tabla 3.36 Medición de Potencia Aparente Total.....	56
Tabla 3.37 Medición de Potencia Reactiva (VAr)	57
Tabla 3.38 Medición de Potencia Activa.....	58
Tabla 3.39 Medición de Energía Aparente.....	59
Tabla 3.40 Medición de la Energía Reactiva.....	60
Tabla 3.41 Medición de Generación Fotovoltaica.....	61
Tabla 3.42 Medición del Factor de Potencia.....	62
Tabla 3.43 Medición de Perdidas de Energía.....	63
Tabla 3.44 Medición de TDH en Voltaje.....	64
Tabla 3.45 Medición de TDH en Corriente.....	65
Tabla 3.46 Medición de Flickers.....	67
Tabla 3.47 Comportamiento del Consumo y Demanda.....	68
Tabla 3.48 Comportamiento de la Demanda media, Factor de Demanda, Factor de Carga y Factor de Potencia.....	70
Tabla 3.49 Comportamiento del Cargo/Bonificación, Energía Reactiva, Pago de Energía o total.....	73
Tabla 3.50 Índices Energéticos.....	74
Tabla 3.51 Datos de Índices Energéticos kWh/venta.....	75

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1 factor de incremento de pulsos.....	18
Ecuación 2.2 Ventana base de observación (200ms)	20
Ecuación 2.3 Intervalos muy cortos (3s).....	21
Ecuación 2.4 Intervalos cortos (10 min).....	21
Ecuación 2.5 Intervalos largos (2 h).....	21
Formula 3.1 Ecuación del efecto joule (potencia).....	36



1. Introducción

1.1 Antecedentes

Por las disposiciones de administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico nacional mayor conocido como código de red. El cual se refiere a los requerimientos técnicos mínimos para el desarrollo eficiente de los procesos como lo son la planeación, medición control operativo y el control físico. Como también el acceso y usos de la infraestructura eléctrica (interconexión de centrales y conexión de cargas).

Estos requerimiento técnicos mínimos se fijan de manera que el SEN (Sistema Eléctrico Nacional) alcance y mantenga una condición técnica en la opera sin violar los limites operativos y con suficientes márgenes de reserva de modo que pueda soportar la contingencia sencilla más severa sin violación de los imites operativos en post disturbios.

En las compañías generadoras de energía eléctrica suministran la electricidad con una forma de onda de tensión sinusoidal, tanto que los equipos y sistemas eléctricos están diseñados para operar correctamente. Sin embargo, las impedancias internas no son cero, las cargas no lineales y las perturbaciones en el sistema generan distorsión en la forma de onda de tensión que afecta a otros equipos conectados o al mismo sistema de alimentación.

No hay equipos o fuentes de alimentación que sean totalmente inmunes a la distorsión en la forma de onda de tensión. Basados principalmente en la experiencia de los niveles de distorsiones armónica que dan evidencia de mal funcionamiento o daño de equipos, los niveles de compatibilidad de distorsión armónica de tensión en baja tensión han sido determinados y están dados en los documentos como IEEE-519, IEC-61000-2-2, EN-50160.

Por otro lado también se tiene encueta la eficiencia energética, la reducción de potencias y energías demandadas al sistema eléctrico sin que afecte a las actividades normales realizadas en edificios, industrias o cualquier proceso de transformación.

Además, una instalación eléctricamente eficiente permite su optimización técnica y económica, es decir la reducción de costes técnicos y económicos de explotación. En definitiva, un estudio de calidad ahorro y eficiencia energética comporta tres puntos básicos: ayuda a la sostenibilidad del sistema y medio ambiente mediante la reducción de emisiones de CO2 al bajar la demanda de energía, mejorar la gestión técnica de las instalaciones aumentado su rendimiento y evitando paradas de procesos y averías, resultando en la reducción tanto en costos económico de la energía como el uso de las instalaciones.



1.2 Estado del arte

[1] HERNÁNDEZ, JEAN C.; PINTO, ÁNGEL D.; GONZÁLEZ, JAIME A.; PÉREZ-GARCÍA, NELSON A.; TORRES, JUAN M.; RENGEL, JOSÉ-EDUARDO en su trabajo “NUEVAS ESTRATEGIAS PARA UN PLAN DE USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA”. “Presentan ante los reales problemas causados por el consumo cada vez mayor de energía eléctrica, el estado inadecuado de los segmentos que conforman la red eléctrica y el impacto ambiental negativo de las tradicionales fuentes de generación de electricidad, en este artículo se propone un conjunto de estrategias para un nuevo plan de uso racional y eficiente de la energía eléctrica, aplicable a cualquier país y basado en la coexistencia de nuevas formas de generación de energía”.

[2] RAFAEL MUÑOZ GÓMEZ en su trabajo parara optar el título de Doctor Ingeniero “ANÁLISIS DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO, MEJORAS DE LOS ÍNDICES Y NIVELES DE CALIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA”. “Presenta la tesis que consta de ocho capítulos y un anexo. Se expone y analiza el problema y se profundiza sobre los objetivos a conseguir en la tesis doctoral. Dejando claro el fin a conseguir: un modelo técnico, teórico y matemático, financiero y económico, basado en el estudio y análisis del sector eléctrico, en referencia a la Calidad del Suministro. El objetivo de la tesis doctoral, es la contribuir a la mejora de los índices TIEPI y NIEPI de Calidad de Servicio, mediante tres parámetros fundamentales: el primero el técnico, el segundo el económico financiero y el tercero el administrativo”.

[3] DANIEL ALBERTO SAUCEDO MARTÍNEZ; JOSÉ LUIS TEXIS VILLAGRÁN en su trabajo para obtener el título de ingeniero electricista “factores que afectan la calidad de la energía y su solución”. “Presentan la regulación de voltaje y la eliminación de armónicas son los principales factores que se deben de tomar en cuenta para obtener una buena calidad de la energía, es claro que sin acciones correctivas las compañías suministradoras y usuarios experimentan un número creciente de fallas en sus sistemas y equipos, con los problemas subsecuentes, como perdida de producción y competitividad. En consecuencia el concepto -calidad de la energía- es cada vez más común y necesario, adquiriendo mayor importancia debido a la proliferación de equipos electrónicos sofisticados en todos los procesos de producción y domésticos siendo este último el que tiende a impactar considerablemente a las características principales del suministro de energía eléctrica”.

[4] KEVIN STEVE en su trabajo para obtener el título de ingeniero electricista “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE TENSIÓN EN EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA A LA LOCALIDAD DE PANTI, DISTRITO DE PARIAHUANCA”. “Presenta la formulación del problema el cual está centrado en determinar la calidad de la tensión que suministra la empresa concesionaria Electro centro S.A. a los pobladores de la

localidad de Panti. Además, en esta parte se muestra la caracterización del problema, objetivos de investigación, justificación y limitaciones del estudio”.

En este proyecto se realizó un estudio de calidad, ahorro y eficiencia energética para la central de autobuses expresos azules AEXA para brindar información relativa al estudio de calidad, ahorro y uso eficiente de la energía, para las disposiciones administración de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico nacional (CÓDIGO DE RED).

1.3 Descripción de la empresa

Autobuses AEXA empresa orgullosamente chiapaneca, ofrece el servicio de transporte de pasajeros dentro del estado de Chiapas. En su infraestructura, su instalación eléctrica está conformada por un transformador tipo pedestal de 150 kVA distribuido en un tablero principal tipo I-LINE, marca SQUARE D, catalogo LA400M81. El cual tiene un carga de 78,130.88 Watts de potencia y una corriente de 227.82 amperes. En el tablero principal cuenta con un sistema fotovoltaico interconectado a la red de 53,900.00 Watts de generación con una corriente de 153.24 amperes. Su sistema de emergencia (planta) de 50 kW modelo GS -50 de la marca IGSA.



Figura 1.1 Logotipo AEXA

La figura 1.1 representa el logotipo de la central de autobuses AEXA, ubicada en la

1.4 Problema a resolver

Se elabora este proyecto para brindar información relativa al estudio de calidad, ahorro y uso eficiente de la energía, para las disposiciones administración de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico nacional (CÓDIGO DE RED).

1.5 Objetivo

Al analizar y estudiar las condiciones de las instalaciones eléctricas de la Central de Autobuses Expresos Azules (AEXA) para conocer el nivel de distorsión que se inyecta a la red y poder encontrar propuestas de solución e intentar generar propuestas de eficiencia energética.

1.6 Metodología

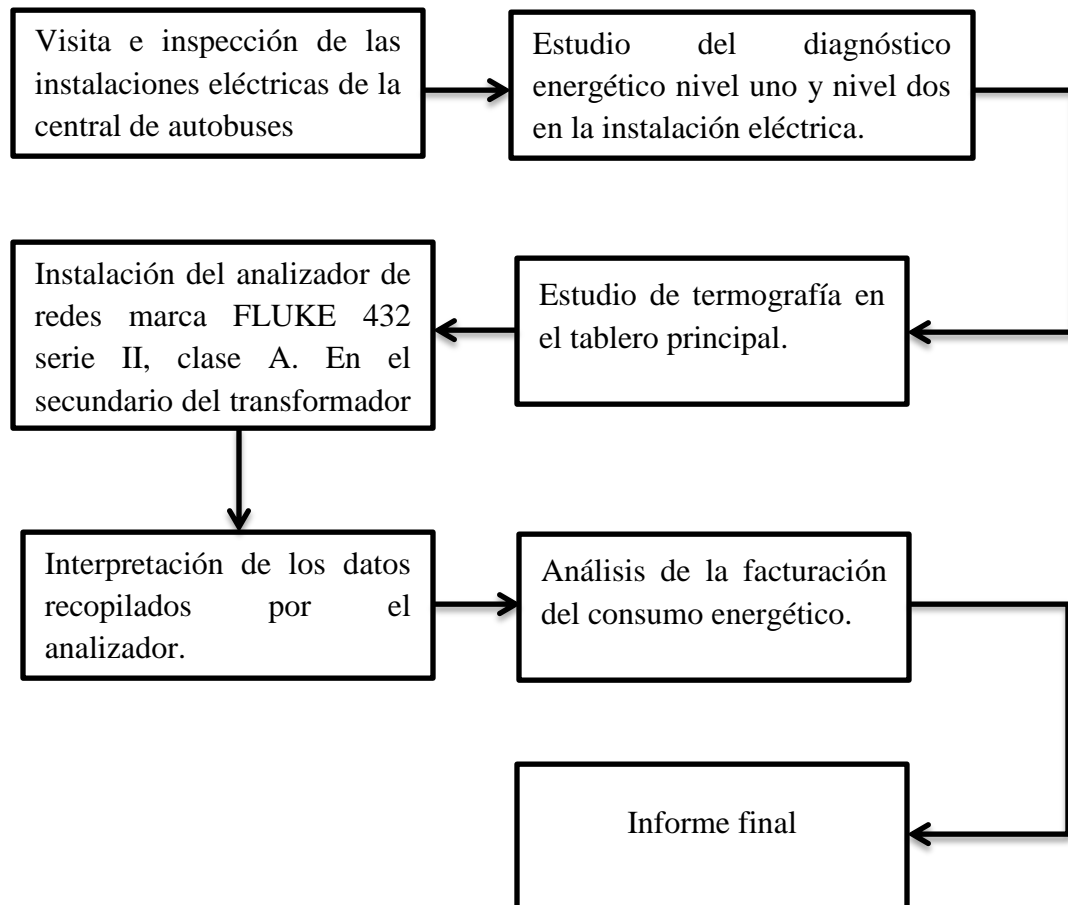


Figura 1.2 Diagrama de bloques del proceso de estudio



Para llevar a cabo el estudio de calidad, ahorro y uso eficiente de la energía en la central de autobuses expresos azules AEXA se realizan las siguientes actividades:

Visita e inspeccionar las instalaciones eléctricas de la central de autobuses. Durante la visita a la central se inspecciona las instalaciones eléctricas, así como los equipos instalados, se puede obtener datos de las áreas de oportunidad para implementar propuestas de ahorro y eficiencia energética sin afectar el proceso que la que realice la central de autobuses.

Estudio del diagnóstico energético nivel uno y nivel dos en la instalación eléctrica. Se tiene un acercamiento directamente con las cargas instaladas en la central, el cual se recopilan los datos que proporcionan las placas de los equipos, en el diagnóstico nivel dos se realizan mediciones en las cargas para comparar los parámetros (tensión, corriente) para su correcto funcionamiento.

Estudio de termografía en el tablero principal. Se realiza un estudio de termografía para determinar los puntos calientes en los conductores, interruptores y barras del tablero principal.

Instalación del analizador de redes marca FLUKE 432 serie II, clase A. En el secundario del transformador de 150kVA. La instalación del equipo de medición (analizador de red) en el lado secundario del transformador registrara los parámetros de voltaje, corriente, potencia, energía, factor de potencia, distorsión armónica en voltaje y en la corriente.

Interpretación de los datos recopilados por el analizador. Se aplican todas las normativas, especificaciones y resoluciones correspondientes para determinar los niveles de perturbaciones permisibles en la instalación eléctrica. Análisis de la facturación del consumo energético esto con el fin de obtener datos para precisar el comportamiento del consumo de energía eléctrica al pasar el tiempo, además de brindar información de la aportación de energía de su sistema fotovoltaico.

Una vez generado el estudio se obtiene un reporte detallado de todos los parámetros medidos, para poder implementar medidas de corrección si así lo requiere para la corrección de la perturbación y si son posibles implementar propuestas de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.

1.7 Justificación

Acciones básicas para alcanzar la eficiencia energética. Para optimizar el suministro de la energía eléctrica se requiere de la planificación de acciones las cuales se resumen en el siguiente esquema:

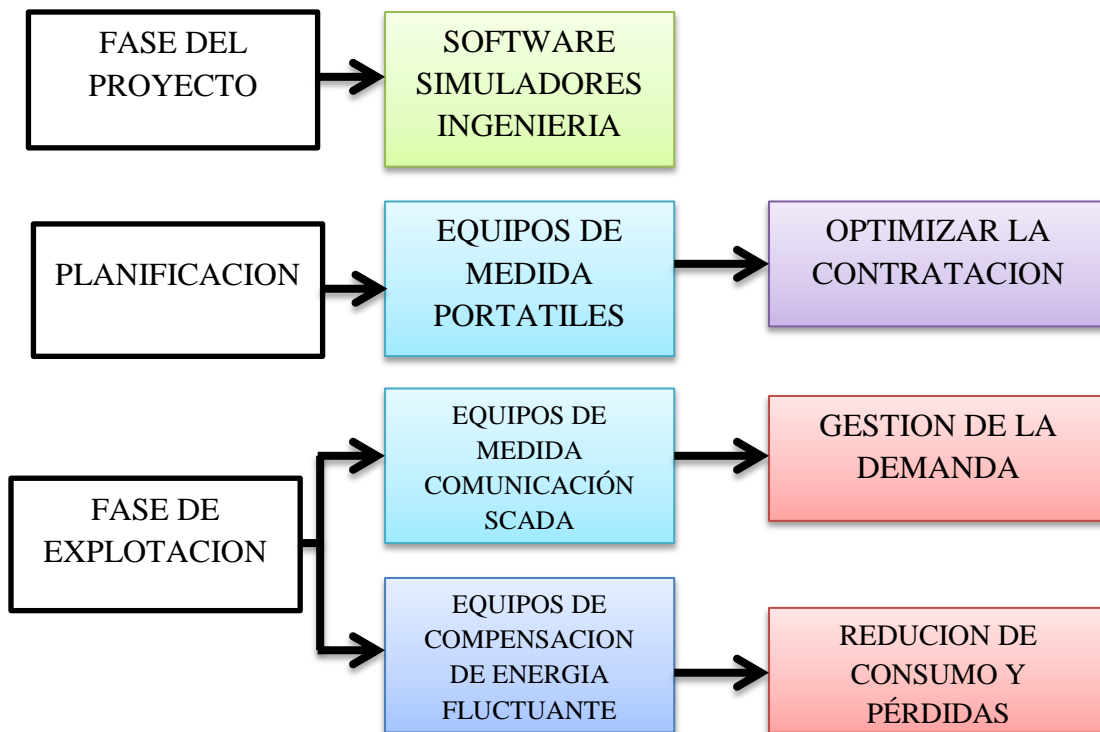


Figura 1.3 Diagrama de bloques para la optimización de la energía

La fase del proyecto. Se utilizan simuladores para estudiar su consumo facturado por la compañía de suministros básicos CFE, tratando de encontrar errores en su facturación y conocer como es el comportamiento que tiene su demanda de la empresa.

Planificación. En este punto trata del uso de equipos de medición, pueden ser medidores de energía de potencia o analizadores de redes, para poder observar el comportamiento del consumo, buscando la mejor propuesta para corregir las perturbaciones en el sistema eléctrico.

Fases de explotación. En este punto ya se debe contar con el estudio del comportamiento de la energía eléctrica en la empresa, y el estudio del proceso que realizan en la misma, con esto se puede proponer medidas de control, automatización y equipos de bajo consumo para aprovechar de manera eficiente la energía y reducir los costos en la facturación. Los equipos de compensación de energía fluctuante son las medidas que corrigen la “calidad de la energía” usando reactores para eliminar el contenido armónico y corregir el factor de potencia.

La importancia de un estudio de calidad, ahorro y uso eficiente de la energía, son solicitadas por medio del diario oficial, publicando La Resolución de requerimientos técnicos mínimos. La comisión reguladora de energía expide las disposiciones administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, Contacto@ittg.edu.mx

confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico nacional: Código de Red conforme dispone el artículo 12, fracción XXXVII de la ley de la industria eléctrica.

Conforme a la resolución Código de Red se pueden establecer las desviaciones máximas permisibles en las formas de onda de tensión y de corriente en el suministro y consumo de energía eléctrica, en el punto de acometida en el que la comisión federal de electricidad (CFE) participe. El análisis energético es una herramienta técnica que permite analizar y estudiar el uso de la energía eléctrica en una instalación, para evaluar el uso eficiente con el fin de encontrar áreas de oportunidad de ahorro energético y así implementar propuestas.

2. Fundamento teórico

2.1 Parámetros permisibles de la calidad de la energía

Las compañías generadoras de energía eléctrica suministran electricidad con una forma de onda de tensión sinusoidal y los equipos y los sistemas eléctricos de los usuarios están diseñados para operar correctamente. Sin embargo, debido a la impedancia interna de las fuentes generadoras no son cero, las cargas no lineales así como las corrientes transitorias por energización o fallas de equipos y/o sistemas de los usuarios o del sistema de distribución producen la distorsión de la forma de onda de tensión que puede afectar adversamente a otros equipos conectados al mismo sistema de alimentación.

No hay equipos o fuentes de alimentación que sean totalmente inmunes a la distorsión en la forma de onda de tensión. Basados principalmente en las experiencias de los niveles de distorsión armónica que evidencian de mal funcionamiento o daño de equipos, **los niveles de compatibilidad de distorsión armónica en baja tensión han sido determinados y están dados en documentos como IEEE-519, IEC-61000-2-2, EN-50160.**

Siempre que se habla de unidades de tensión o intensidad nos referimos a ellas en términos de valores RMS (valor medio cuadrático) debido a su efecto calorífico que puede definirse de la siguiente manera. El Ampere de corriente alterna es aquella corriente que, circulando a través de una resistencia óhmica determinada, desarrolla el mismo efecto calorífico que un Amper de corriente continua.

Sin embargo en términos de calidad de la energía es necesario **medir y vigilar** que el valor pico (factor cresta) **principalmente de la señal de tensión no sufra cambios importantes**, porque puede afectar la operación sobre todo de equipo electrónico sensible.

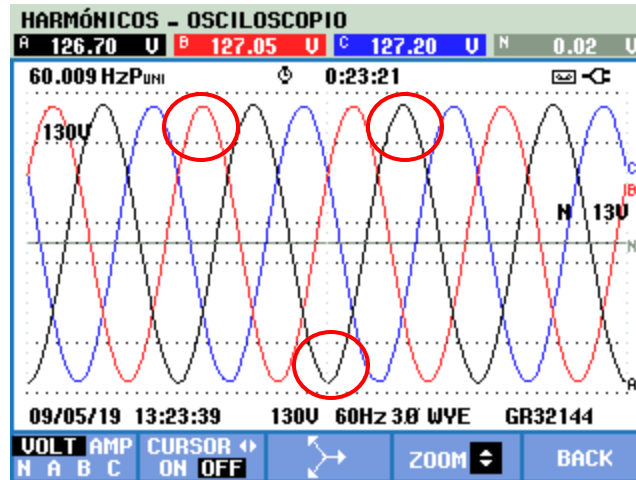


Figura 2.1 Forma de onda sinusoidal de Voltaje trifásica

En la figura 2.1 se puede observar cómo se distorsiona la onda de voltaje por el contenido armónico provocado por las cargas no lineales en la instalación eléctrica. En los círculos color rojo se muestran muescas y deformaciones en las ondas de voltaje.

Definición de la calidad de la energía eléctrica. Según la guía de calidad de la energía CFE L0000-70. Son características eléctricas de un punto determinado del sistema eléctrico, evaluadas con respecto a un conjunto de parámetros y de valores de referencia, relacionados a la compatibilidad electromagnética entre el suministrador y los clientes. Según en-50160. Calidad de energía es igual a la calidad en señal de tensión.

La tensión de suministro a cualquier equipo eléctrico debe conservar cuatro características principales, la amplitud de la onda sinusoidal debe de ser constante a tensión nominal, debe permanecer dentro de un margen de $\pm 2.5\%$ desde el circuito principal hasta cualquier circuito derivado idealmente, para variaciones de tensión de estado permanente.

La simetría de los ángulo de desfase debe ser de 120° eléctricos entre cada una de las tres fases, en tensión y corriente. El desbalance de la amplitud entre las tres fases de tensión debe ser inferior a 1%, con finalidad de que los motores trifásicos tomen corrientes perfectamente balanceadas.

La forma de onda debe ser perfectamente senoidal. La distorsión de tensión se limita a THD V: 5%, armónico individual: 3%. Factor de cresta 1.4142 para la tensión aun en presencia de cargas que demanden corriente no senoidal. A mayor impedancia de la fuente, mayor distorsión de tensión en presencia de armónicos. En la frecuencia de 60 ciclos por segundo debe tener desviaciones de estado estable que no supere el $\pm 1\%$ el 95% del tiempo.

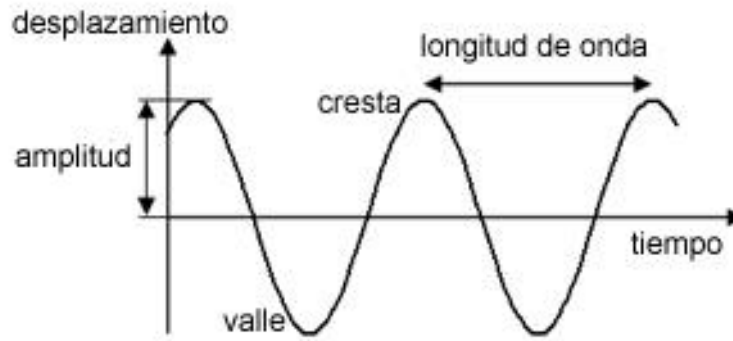


Figura 2.2 Características de la Forma de Onda Senoidal.

La onda sinusoidal está formada por la amplitud, desplazamiento, valle, cresta, longitud de onda y el tiempo, cuando una de las características de la onda tiene una perturbación se considera como mala calidad de la energía como se muestra en la figura 2.2.

2.2 Valores de referencia para condiciones en estado permanente

La calidad de energía vista desde tres perspectivas diferentes consta del suministrador de energía, el usuario, el fabricante de equipos y/o sistemas eléctricos. Para ello hay normas que establecen los valores de distorsión o perturbaciones que vigilar cada uno de los involucrados mencionados. La norma IEEE-519-1992 recomendaciones prácticas y requerimientos de la IEEE para el control de armónicos en sistemas eléctricos de potencia.

El estándar IEEE-519-1992 que da los límites de distorsión de tensión que deben ser utilizados como referencia de operación normal (condiciones que duran más de una hora) “en el peor de los casos”, para periodos cortos durante cortes o condiciones inusuales, los límites pueden exceder el 50%.

Tensión (kV)	Distorsión armónica individual en %	Distorsión armónica Total de Tensión en %
Menor de 69	3.0	5.0
De 69 a 161	1.5	2.5
Mayor de 161	1.0	1.5

Tabla 2.1 Estándar IEEE-519-1992 “Distorsión armónica”

La tabla 2.1 especifica el porcentaje de distorsión armónica individual y total permitida en los niveles de tensión en kilo Volts. Los límites para las muescas (notches) de conmutación, que muestra el estándar IEEE-519-1992, la profundidad de la muesca, factor de distorsión armónica total (THD) y el área de la muesca de voltaje, de línea a línea, para redes de baja tensión.

Profundidad de la muesca	Aplicaciones especiales	Sistemas en general	Sistemas dedicados
Profundidad muesca	10%	20%	50%
THD (tensión)	3%	5%	10%
Área de la muesca	16400	22800	36500

Tabla 2.2 Estándar IEEE-519-1992 “Profundidad de la muesca”

La profundidad de la muesca son los micro cortes producidos por los pulsos de conmutadores de los equipos electrónicos de potencia, la tabla 2.2 el porcentaje de la distorsión en la onda senoidal. Las aplicaciones especiales incluyen hospital y aeropuertos. Un sistema dedicado es exclusivamente dedicado a la carga del convertidor.

Área de la muesca en los puntos cercanos a la fuente de alimentación es proporcional a la impedancia de los sistemas en ese punto. El ancho de la muesca es el ángulo de comunicación entre semiconductores del rectificador.

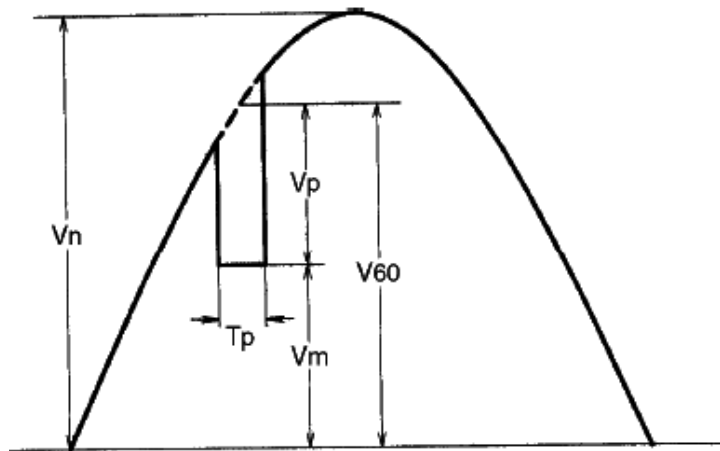


Figura 2.3 Forma característica de un microcorte (Notche)

Con el fin de mantener la distorsión armónica de tensión por debajo de los límites recomendados, es necesario limitar la emisión de corrientes armónicas que cada usuario puede inyectar a la compañía generadora de electricidad. Estos límites son aplicables al punto de conexión del usuario con la compañía generadora.

Impedancia relativa (Icc/IL)	Para armónicas impares en % (CAIMC)					Distorsión armónica total de corriente en % (DTC)
	H<11	11≤h≤17	17≤h≤23	23≤h≤35	h≥50	
(Icc/IL)<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20≤(Icc/IL)≤50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50≤(Icc/IL)≤100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100≤(Icc/IL)<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
(Icc/IL)≥1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20

Tabla 2.3 IEEE-519-1992. Límites de distorsión de corriente para sistemas de distribución en general (desde 120 V hasta 69000 V).

La impedancia relativa tiene como objetivo tener relación de la corriente de corto circuito en el punto de acometida a la carga. CAIM (componente de armónico individual máximo de corriente)

Impedancia relativa (Icc/IL)	Para armónicas impares en % (CAIMC)					Distorsión armónica total de corriente en % (DTC)
	H<11	11≤h≤17	17≤h≤23	23≤h≤35	h≥50	
(Icc/IL)<20	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20≤(Icc/IL)≤50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50≤(Icc/IL)≤100	5.0	2.25	2.0	0.5	0.25	6.0
100≤(Icc/IL)<1000	5.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
(Icc/IL)≥1000	7.5	3.5	3.0	1.25	0.7	10.0

Tabla 2.4 IEEE-519-1992. Límites de distinción de corriente para sistemas de distribución en general (desde 69000 V hasta 161000 V).

Componentes de CD no son permitidas. La impedancia relativa es la diferencia entre la corriente de corto circuito y la corriente máxima de carga demandada en el punto de conexión del usuario con la compañía suministradora. Estas tablas están referidas a armónicas generadas por rectificadores de 6 pulsos; para rectificadores de 12, 18 pulsos los límites pueden incrementar en un factor igual:

$$\sqrt{\frac{q}{6}} \quad (2.1)$$

Factor de ajuste del número de pulsos, se utiliza cuando los rectificadores son de diferentes números de pulso que no se encuentren referidas en la tabla 2.4 IEEE-519-1995. Límites de distorsión de corriente para sistemas de distribución en general (desde 69000 v hasta 161000 v).

Donde q= número de pulsos.

2.3 La importancia de la calidad de la energía eléctrica

La seguridad centra en la protección de las personas e instalaciones al prevenir riesgo de accidentes e incendios. Evitar interrupciones del servicio que afecten la producción y/o operación de equipos críticos, como es el caso de centros de atención a la salud, sistemas de telecomunicaciones, centro de datos, evita daño de equipos y/o sistemas eléctricos. Evitan mal funcionamiento de equipos y/o sistemas eléctricos, debido a interferencia. Y disminución de pérdidas en el sistema eléctrico. Como también evita parpadeos (flickers) de iluminación.

2.4 Involucrados en la calidad de la energía eléctrica.

Las compañías suministradoras están más involucradas ya que una mala regulación de tensión en la acometida con el usuario puede provocar un bajo voltaje, debido a sobrecargas de las redes eléctricas ya sea por exceso de abonados o robo de energía eléctrica.

Alto voltaje, debido a circuitos con variaciones importantes de carga, y en momentos de baja carga tiende a aumentar la tensión del circuito. Alto voltaje, debido a periodos de sobrecompensación de potencia reactiva, es decir, excesos de capacitores en líneas de media o alta tensión.

Los grandes usuarios de energía eléctrica tienden a conectarse en niveles de alta tensión, esto es, 69, 115 o hasta 230 kV; entre más alto es el nivel de tensión de conexión con el sistema eléctrico del proveedor, normalmente mejor calidad de energía y menos fluctuaciones de tensión tendrá el usuario.

Cortes de energía eléctrica ocasionadas por caídas de postes de energía por accidentes automovilísticos. Como también caída de ramas y/o arboles sobre las redes de media tensión. La inducción de eventos transitorios de tensión debidos a las caídas directa o por inducción de descargas atmosféricas sobre las redes de media tensión y/o conmutación de grandes unidades de capacitores o de líneas de distribución en la redes de media tensión.

Malas prácticas u omisiones en el diseño de instalaciones y sistemas eléctricos. La falta de protecciones adecuadas puede provocar fallas catastróficas y paros de planta. No considerar el tipo de carga que abra que alimentar en un sistema eléctrico tendrá el riesgo latente de disminución de la vida útil y/o falla de transformadores, conductores eléctricos y protecciones por sobre temperatura. Instalar bancos de capacitores sin protecciones contra corrientes armónicas provocara efectos de resonancia que terminaran por dañar los capacitores y afectar la operación de equipos electrónico sensible.

Malas prácticas de mantenimiento de equipos y sistemas eléctricos. La administración de nuevas cargas a un sistema eléctrico existente, en muchas ocasiones se realiza sin ningún orden o control, pasando por alto aspectos que impacta tanto en calidad de energía como en la seguridad de la instalación eléctrica; los errores con mayor frecuencia se pueden encontrar.

Falta de cálculos de carga y caídas de tensión. Se realizan empates entre conductores eléctricos de forma permanente con métodos provisionales, esto genera puntos calientes, riesgo de fallas de aislamiento e incendios. Falta de mantenimiento en la instalación eléctrica.

2.5 Normativas aplicables a la calidad de la energía

Las normas EN50160 y CEI 61000-4-30 describen en el punto de entrega al cliente (acometida), las características principales de la tensión suministrada por la red general de distribución en baja tensión y en media tensión en condiciones normales de operación en baja tensión (hasta 1 kV) y en media tensión (desde 1kV hasta 35 kV).

Se dan los límites de las características que todos los usuarios (clientes) tienen el derecho de esperar. El objetivo de esta norma es definir y describir los valores que caracteriza a la tensión de alimentación suministrada como simetría, amplitud, forma de onda y simetría, estas características varían por las modificaciones de la carga en la red, perturbaciones emitidas por determinados equipos y efectos por causas externas.

Comisión electrotécnica internacional (CEI 61000-4-30). Define los métodos de medida, y la interpretación de los resultados, de los parámetros que definen la calidad eléctrica en los sistemas de alimentación a 50 o 60 Hz. Se trata de definir métodos que permitan obtener resultados fiables, repetibles y comparables, independientemente de los instrumentos utilizados y de sus condiciones ambientales.

2.6 Intervalos de agregación para las medidas

Las medidas de tensión, armónicos, interarmónicos y desequilibrios se deben llevar a cabo ciclo a ciclo. A efectos de la medida, se deben promediar los resultados obtenidos a nivel ciclo durante un tiempo superior. La norma propone 4 intervalos de agregación:

Ventana base de observación (200ms): agregación de 10 ciclos.

$$U_{RMS_200ms} = \sqrt{\frac{1}{200ms} \int_{200ms} u^2(t) dt} \quad (2.2)$$

$$U_{RMS_3s} = \sqrt{\frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} U_{rms_200ms}^2} \quad (2.3)$$

$$U_{RMS_3s} = \sqrt{\frac{1}{200} \sum_{i=1}^{200} U_{rms_3s}^2} \quad (2.4)$$

$$U_{RMS_2h} = \sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} U_{rms_10min}^2} \quad (2.5)$$

En la ecuación 2.2 es la base de observación con duración de (200ms) con intervalos muy corto de (3s) y una agregación de 15 ventanas base. La ecuación 2.3 sus intervalos son muy cortos de (3s), con Intervalos cortos (10 min) y agregación de 200 intervalos muy cortos. En la ecuación 2. 4 los intervalos son cortos de (10 min), con intervalos largos de (2 h); y agregación de 12 intervalos. En la ecuación 2.5 los Intervalos son largos con duración de (2 h). Estas ecuaciones son propias del analizador de redes las cuales utiliza para poder graficar los parámetros en determinados en los periodos de tiempo programados en el equipo.

Para cada parámetro a medir, se establecen dos clases de requerimientos en la medida. **Clase A:** es el requerimiento de medidas más exigentes y se debe utilizar cuando sean necesarias medidas precisas. Es necesario para el cumplimiento de requerimientos de normas. **Clase B:** el nivel de exigencia de medida es menor. Resulta adecuado para realizar diagnósticos o hacer un seguimiento de calidad de energía en una instalación.

Parámetro	Medida	Clase A		Clase B
		Intervalo	Exactitud	Procedimiento (y exactitudes)
Frecuencia	Hz	10 s	±10mHz	A especificar por el fabricante
Tensión de alimentación	Vrms	10 ciclos	±0.1%	A especificar por el fabricante
Flickers	Plt	CEI 61000-4-15		A especificar por el fabricante
Huecos de tensión, sobretensiones, interrupciones	Vrms, t, T	Vrms ½ ciclo (10 ms)	±0.2%	Vrms ½ ciclo
Desequilibrio	% desec.	Método de las componentes simétricas		A especificar por el fabricante
Armónicos e interarmónicos	THD	CEI 61000-4-7		A especificar por el fabricante
Transmisión de señales	Vrms	Medidas de interarmónicos (para f>3kHz ver CEI 61000-3-8)		A especificar por el fabricante
Flagging	Aviso de pantalla	Requerimientos en las medidas frecuencia, tensión flickers, desequilibrio, armónicas e interarmónicos		No requerido
Sincronización horaria		A través de reloj externo, por GPS, etc.		A especificar por el fabricante

Tabla 2.5 Diferencia entre un equipo Clase A y B

En la tabla 2.5 se hacen comparaciones de las dos clases de equipos para hacer diagnósticos de calidad de la energía, en la clase A las especificaciones son más completas y normadas con

los estándares europeos y su margen de precisión es muy alto en comparación de los equipos de clase B.

2.7 Sistema de control de la calidad del suministro eléctrico (EN 50160)

La UNE-EN 50160 es una norma aprobada por CENELEC en 1.994. Tiene por título “Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución”, y define las características principales que debe tener la tensión suministrada por una red general de distribución en baja y media tensión, en condiciones normales de explotación, en el punto de entrega al cliente. “Schneider Electric. 08 de noviembre de 2018. ¿Qué es la UNE - EN50160? (<https://www.se.com/mx/es/faqs/FA134668/>)”

Perturbación	Medida	Límites	Intervalos de evaluación	Porcentaje dentro de los límites durante el intervalo
Frecuencia	Promedio de la frecuencia a cada ciclo durante 10 s	$\pm 1\%$ $+4\%/-6\%$	Al año	99,5% 100,0%
Variación de la tensión	Promedio de VAC en cada ciclo cada 10 min.	$\pm 10\%$ $\pm 10\%/-15\%$	Cada semana	99,5% 100,0%
Variaciones rápidas de tensión	Numero de eventos tipo escalón de tensión de hasta el 10% de U_N	Indicación 1		
Severidad del parpadeo	P_{IL} (2 horas)	< 1	Cada semana	95%
Huecos de tensión	Numero de eventos (con $U < 0,9U_N$)	Indicación 2	Al año	
Interrupciones breves de tensión	Número de eventos (con $U < 0,1U_N$ y $t < 3$ min)	Indicación 3	Al año	
Interrupciones largas de tensión	Número de eventos (con $U < 0,1U_N$ y $t > 3$ min)	Indicación 4	Al año	
Sobretensiones (50Hz)	Número de eventos (con $U > 1,1U_N$ y $t > 10$ ms)	Indicación 5		
Sobretensiones transitorias	Número de eventos (con $U > 1,1U_N$ y $t < 10$ ms)	Indicación 6		
Desequilibrios de la tensión	Promedio U_{inv}/U de cada ciclo durante 10 min	$< 2\%$	Cada semana	95%
Tensiones armónicas	Para cada armónico i, promedio de la U_i/U_N en cada ciclo durante 10 min	Ver tabla	Cada semana	95%
	Promedio del THD de la tensión referido a U_N en cada ciclo durante 10 min	$< 8\%$	Cada semana	95%
Tensiones interarmónicos	Por estudiar			
Transmisión de señales	Tensión eficaz de la señal de trasmitada promediado en 3 s	Ver tabla	Cada día	99%

Tabla 2.6 Límites para la EN50160

En la tabla 2.6 se explican los tipos de perturbación y los límites permisibles y el tiempo de estudio el cual se expresa en porcentajes de los límites establecidos durante el intervalo del tiempo del monitoreo.

3. Desarrollo

3.1 Instalación del analizador de redes FLUKE 435 serie ii

Una de las partes esenciales para poder instalar un equipo analizador de calidad de la energía es conocer todas las partes que lo conforman y saber cómo funciona cada parte del equipo para evitar accidentes y/o un registro de malas mediciones que conllevan a unos análisis erróneos.

Características del equipo. El equipo cuenta con un estuche de transporte, un analizador de calidad de la energía FLUKE 432 serie II, adaptador de red, pinzas de cocodrilo, cables de prueba y sondas de corriente CA 6000 a flexible.



Figura 3.1 Contenido del Analizador de Redes FLUKE 435-II

Es un instrumento capaz de mostrar datos de las señales eléctricas en formas de ondas, histogramas, graficas fasoriales, espectros de armónicos, etc. El analizador ofrece un conjunto potente y completo de medidas para comprobar sistemas de distribución eléctrica.

Modos de medida. Tensiones de fase, corrientes de fase, factor de cresta, armónicos en voltaje y corriente, parpadeo, fluctuaciones, frecuencia, desequilibrio, calculadora de perdida de energía, eficiencia de inversores de potencia, transmisión de señales, registrador, medición del factor de potencia y medidor de potencia y energía.

Método de conexión del analizador FLUKE 435-II. El analizador tiene 4 entradas BNC para pinzas amperimétricas y 5 entradas tipo banana para tensiones.

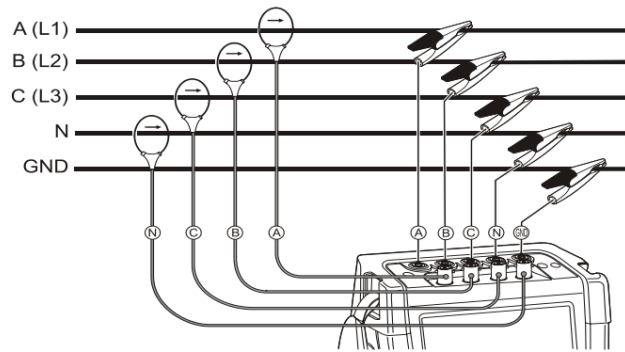


Figura 3.2 Conexión del analizador de redes FLUKE 435-II

Primero se ponen las pinzas amperimétricas alrededor de los conductores de fase A (L1), B (L2), C (L3) y N (neutro). Las pinzas están marcadas con una flecha que indica la polaridad de señal correcta. Después se realiza las conexiones de tensión: se comienza primero por la conexión a tierra y, después, en sucesión N (neutro), A (L1), B (L2) y C (L3). Comprobar la correcta conexión y fijación.

3.2 Instalación del analizador en el transformador de 150 KVA de la central de autobuses AEXA.

Se procede a inspeccionar el lugar donde se instalara el analizador en busca de riesgos para el operador y para el equipo de medición.



Figura. 3.3 Inspección física y ocular del área.

Una vez hecha la inspección se procede a abrir el transformador, y se hacen los preparativos correspondientes para la instalación del equipo analizador FLUKE 435 serie II.



Figura 3.4 Apertura del Transformador

Cuando el equipo es conectado en el dado secundario del transformador (baja tensión), este se configura en modo LOGGER (monitoreo). El cual registrara todos los parámetros de frecuencia, voltaje, corriente, potencia y energía.



Figura 3.5 Analizador de Redes FLUKE 435-II conectado y configurado.

El equipo permite visualizar todos los parámetros que registra de manera instantánea, mostrando los datos que se requieren conocer.



Figura 3.6 Parámetros instantáneos medidos por el analizador de redes FLUKE 435-II.

El equipo conectado en el transformador monitoreo alrededor de dos días, una hora y 27 minutos con 30 segundos. Información proporcionada una vez desconectado en analizador.

3.3 Estudio de calidad ahorro y uso eficiente de la energía en la Central de Autobuses Expresos Azules AEXA

Diagnostico energético nivel 1. En el diagnostico energético consiste en analizar la energía utilizada en el inmueble, se hicieron monitoreos instantáneos en todos los tableros de la instalación eléctrica de la terminal de autobuses AEXA.

Levantamiento de cargas. En la central de autobuses AEXA cuenta con las siguientes cargas en su subestación se cuenta con un transformador del tipo pedestal de la capacidad de 150 kVA 13200 – 7620/220 – 127 V. Arreglo delta-estrella.

Cuenta con un sistema fotovoltaico de la capacidad de 58.58 kW instalado, conformado por 7 inversores de la marca SMA monofásicos a tres hilos (fase partida) a 220V, modelo SUNNY BOY 7.7, con la capacidad máxima de 7 kW cada uno, los inversores están en distribuidos en dos arreglos de 3 inversores conectados en delta, y el séptimo de manera independiente. La concentración de energía generada es interconectada en el tablero principal de la instalación eléctrica, con la nomenclatura (tablero “P”, general) tipo I-LINE, marca SQUARE D CAT. LA400M81B.

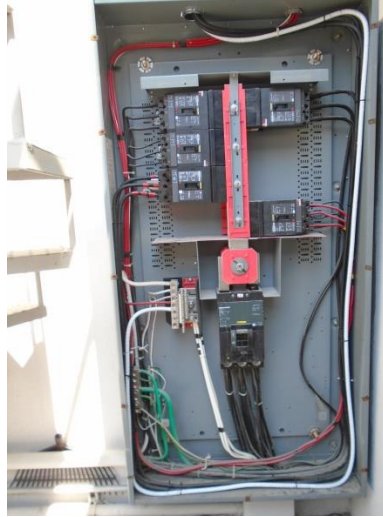


Figura 3.7 Tablero I-LINE.

El tablero general tipo I-LINE, marca Square D, Cat. LA400M81B, en este tablero se concentran todas las cargas de la centran el cual energiza a los siguientes tableros expuestos en la tabla 3.1.

Tablero	Centro de carga	Área / Carga
I-EMERGENCIA TABLERO “N” CAT: NQ0D303L21S, MCA. SQUARE D.	B	Gerencia
	A	Abordaje V.I.P.
	D	Alumbrado y servicios propios
	C	Taquillas
	G	Caseta de vigilancia
	F	Climas área V.I.P. y gerencia
		A.C. DE 18,000 BTU
		A.C. DE 12,000 BTU
		A.C. DE 12,000 BTU
		A.C. DE 36,000 BTU
I-NORMAL TABLERO “P”, GENERAL TIPO I- LINE, MCA: SQUARE D CAT: LA400M81B	P	ALUMBRADO
		ALUMBRADO
	J	Cuarto de maquinas
	E	Instalación de fuerza edificio de baños generales.
	M	Local comercio 1
		Motor de planta concentra de 15 H.P. Planta de emergencia de 50 kW modelo GS-50, MCA. IGSA
	H	Mantenimiento de autobuses

Tabla 3.1 Descripción de Centros de Carga

Diagrama unifilar del Sistema Fotovoltaico

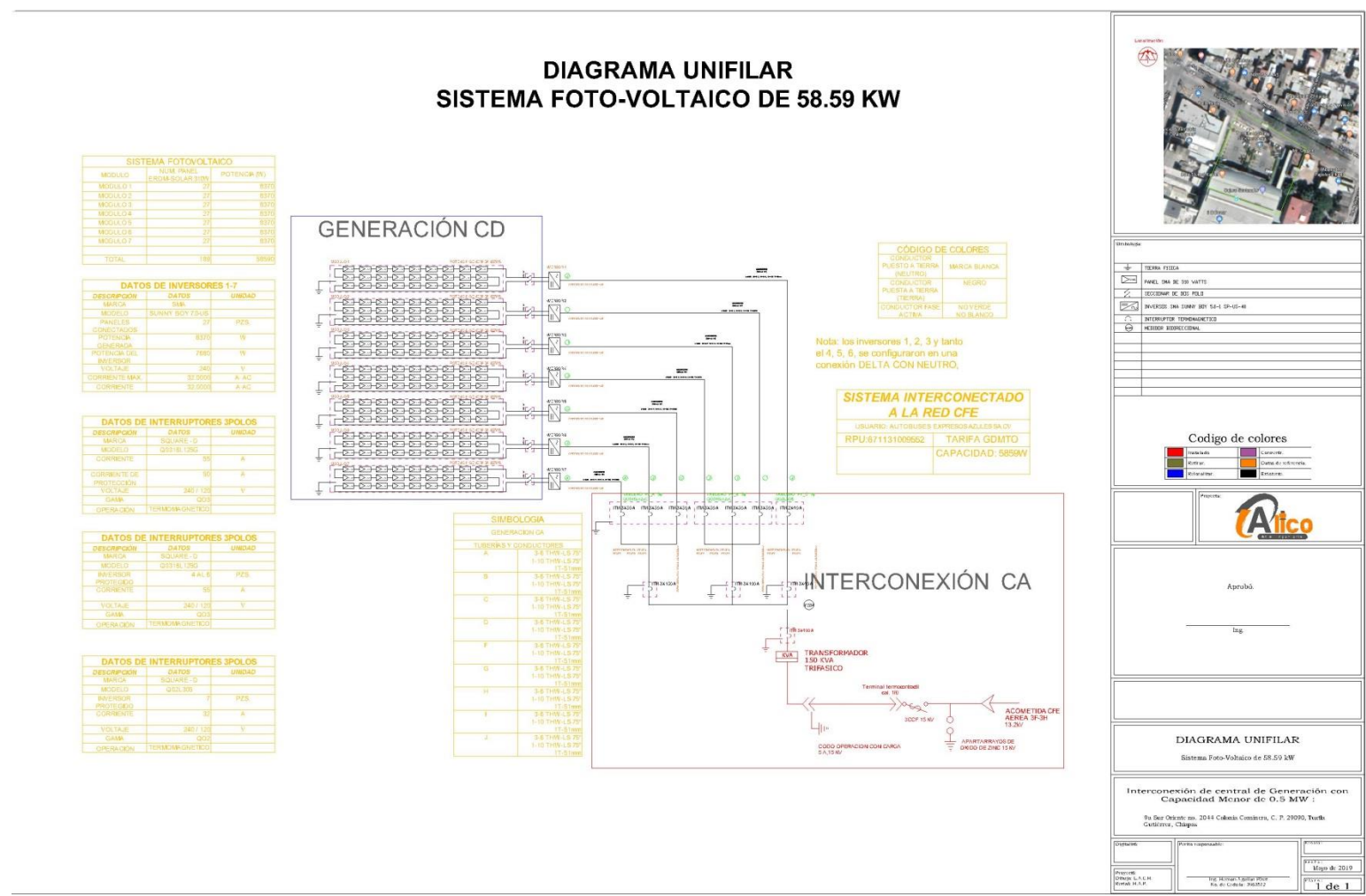


Figura 3.8 Diagrama Unifilar del Sistema Fotovoltaico de la Central de Autobuses AEXA

Diagrama Unifilar de la Central de Autobuses AEXA

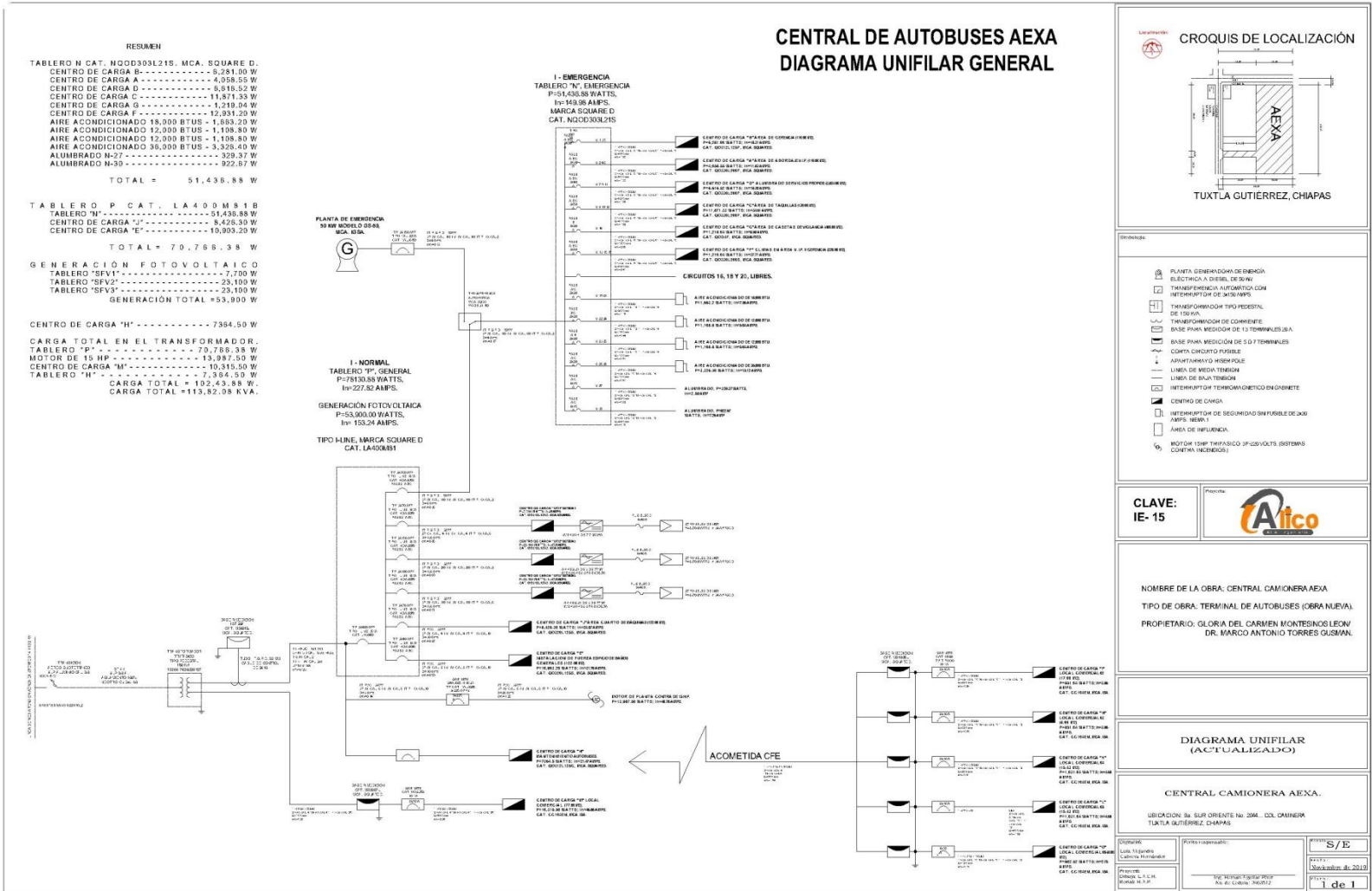


Figura 3.9 Diagrama Unifilar de la Central de Autobuses AEXA

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,
Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87

En la figura 3.7 se muestra el diagrama unifilar del sistema fotovoltaico el cual se muestra la forma de conexión como las características del sistema, en la figura 3.8 se refiere al diagrama unifilar de la instalación eléctrica de la central el cual muestra todos los tableros de control de todas las cargas instaladas.

3.4 Diagnóstico Energético Nivel 2

El diagnóstico uno trata en conocer de forma física el estado de las cargas en la instalación eléctrica. Se hace el estudio energético general en cada uno de los tableros de la instalación, se instala el equipo analizador de energía marca FLUKE 435 serie II por intervalos de 5 minutos, para hacer mediciones instantáneas de los parámetros de voltaje, corriente, potencia, energía, factor de potencia, distorsión armónica y frecuencia.

Descripción de los Centro de carga.

CENTRO DE CARGA "N"								
Área:		Centro de carga "EMERGENCIA"						
Observación:								
PARÁMETROS MEDIDOS								
Voltaje			Corriente			Potencia (W)		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
124.94	124.09	125.54	40.88	36.1	36.97	5097.55	4479.64	4641.21
TDH armónico			Frecuencia			Energía (Wh)		
V%		A%	Total			A	B	C
2.33		33.2	59.99			2548.77	2239.82	2320.60
Fecha:		11/09/2019	Periodo: 5 min			Hora:		10:16 a.m.

Tabla 3.2 Diagnóstico Energético N2; Centro De Carga "N".

En la tabla 3.2 el nivel de distorsión armónica en voltaje es de 2.33% comparando la tabla 2.2 estándares IEEE 519-1992. Profundidad de la muesca, en la referencia de sistemas generales al 5%, se encuentra por debajo del margen permitido.

CENTRO DE CARGA "E"								
Área:		Centro de carga "ORATORIO"						
Observación:								
PARÁMETROS MEDIDOS								
Voltaje			Corriente			Potencia (W)		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
125.39	124.74	123.87	4.66	7.73	9.09	584.31	964.24	1125.97
TDH armónico			Frecuencia			Energía (Wh)		
V%		A%	Total			A	B	C
2.25		80.36	60.01			292.15	482.12	562.98
Fecha:		11/09/2019	Periodo: 5 min			Hora:		10:35 a.m.

Tabla 3.3 Diagnóstico Energético N2; Centro De Carga "E".

En la tabla 3.3 el nivel de distorsión armónica en voltaje es de 2.25% comparando la tabla 2.2 estándares IEEE 519-1992. Profundidad de la muesca, en la referencia de sistemas generales al 5%, se encuentra por debajo del margen permitido.

CENTRO DE CARGA "C"								
Área:		Centro de carga "TAQUILLAS"						
Observación:								
PARÁMETROS MEDIDOS								
Voltaje			Corriente			Potencia (W)		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
123.86	123.55	123.98	5.81	14.16	8.86	719.62	1755.55	1098.46
TDH armónico			Frecuencia			Energía (Wh)		
V%		A%	Total			A	B	C
4.32		125.16	60.00			359.81	877.77	549.23
Fecha:		11/09/2019		Periodo: 5 min		Hora:		10:51 a.m.

Tabla 3.4 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "C".

En la tabla 3.3 el nivel de distorsión armónica en voltaje es de 4.32% comparando la tabla 2.2 estándares IEEE 519-1992. Profundidad de la muesca, en la referencia de sistemas generales al 5%, cuenta con un nivel alto de distorsión alcanzando el nivel máximo permisible.

CENTRO DE CARGA "B"								
Área:		Centro de carga "SALA DE ABORDAJE"						
Observación:								
PARÁMETROS MEDIDOS								
Voltaje			Corriente			Potencia (W)		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
123.99	125.6	123.04	1.77	0	5.99	219.46	0	737.00
TDH armónico			Frecuencia			Energía (Wh)		
V%		A%	Total			A	B	C
2.49		88.59	60.00			109.73	0	368.50
Fecha:		11/09/2019		Periodo: 5 min		Hora:		11:07 a.m.

Tabla 3.5 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "B".

En la tabla 3.5 el nivel de distorsión armónica en voltaje es de 2.49% comparando la tabla 2.2 estándares IEEE 519-1992. Profundidad de la muesca, en la referencia de sistemas generales al 5%, se encuentra por debajo del margen permitido.

CENTRO DE CARGA "A"								
Área:		Centro de carga "GERENCIA"						
Observación:								
PARÁMETROS MEDIDOS								
Voltaje			Corriente			Potencia (W)		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
124.65	122.51	125.82	1.69	5.04	0.34	210.65	617.45	42.77
TDH armónico			Frecuencia			Energía (Wh)		
V%		A%	Total			A	B	C
2.76		141.89	59.99			105.32	308.72	21.38
Fecha:	11/09/2019		Periodo: 5 min			Hora:	11:23 a.m.	

Tabla 3.6 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "A".

En la tabla 3.6 el nivel de distorsión armónica en voltaje es de 2.76% comparando la tabla 2.2 estándares IEEE 519-1992. Profundidad de la muesca, en la referencia de sistemas generales al 5%, se encuentra por debajo del margen permitido.

CENTRO DE CARGA "D"								
Área:		Centro de carga "CONTROL DE TRÁFICO"						
Observación:								
PARÁMETROS MEDIDOS								
Voltaje			Corriente			Potencia (W)		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
123.80	120.8	121.24	13.3	18.86	20.48	1646.54	2278.28	1612.49
TDH armónico			Frecuencia			Energía (Wh)		
V%		A%	Total			A	B	C
3.11		24.84	60.05			823.27	1139.14	806.24
Fecha:	11/09/2019		Periodo: 5 min			Hora:	11:39 a.m.	

Tabla 3.7 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "D".

En la tabla 3.7 el nivel de distorsión armónica en voltaje es de 3.11% comparando la tabla 2.2 estándares IEEE 519-1992. Profundidad de la muesca, en la referencia de sistemas generales al 5%, se encuentra por debajo del margen permitido.

CENTRO DE CARGA "F"								
Área:		Centro de carga "AIRES ACONDICIONADOS GERENCIA"						
Observación:								
PARÁMETROS MEDIDOS								
Voltaje			Corriente			Potencia (W)		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
122.76	121.39	123.32	16.22	16.61	11.6	1991.16	2016.28	1430.51
TDH armónico			Frecuencia			Energía (Wh)		
V%		A%	Total			A	B	C
2.17		27.49	60.00			995.58	1008.14	715.25
Fecha:	11/09/2019		Periodo: 5 min			Hora:	11:55 a.m.	

Tabla 3.8 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "F".

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87

En la tabla 3.8 el nivel de distorsión armónica en voltaje es de 2.17% comparando la tabla 2.2 estándares IEEE 519-1992. Profundidad de la muesca, en la referencia de sistemas generales al 5%, se encuentra por debajo del margen permitido.

CENTRO DE CARGA "J"								
Área:		Centro de carga "CUARTO DE MAQUINAS"						
Observación:		Las maquinas no estaba en operación cuando se hizo la medición.						
PARÁMETROS MEDIDOS								
Voltaje			Corriente			Potencia (W)		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
122.98	124.74	124.13	0.20	0.10	0.09	24.5	12.47	11.17
TDH armónico			Frecuencia			Energía (Wh)		
V%	A%		Total			A	B	C
2.14	67.75		59.98			12.25	6.23	5.58
Fecha:	11/09/2019		Periodo: 5 min			Hora:	12:09 a.m.	

Tabla 3.9 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "J".

En la tabla 3.9 el nivel de distorsión armónica en voltaje es de 2.14% comparando la tabla 2.2 estándares IEEE 519-1992. Profundidad de la muesca, en la referencia de sistemas generales al 5%, se encuentra por debajo del margen permitido.

CENTRO DE CARGA "H"								
Área:		Centro de carga "MANTENIMIENTO AUTOBUSES"						
Observación:								
PARÁMETROS MEDIDOS								
Voltaje			Corriente			Potencia (W)		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
122.66	124.96	123.13	4.99	3.77	6.07	612.07	471.09	747.39
TDH armónico			Frecuencia			Energía (Wh)		
V%	A%		Total			A	B	C
2.58	143.45		59.99			306.03	235.54	373.69
Fecha:	11/09/2019		Periodo: 5 min			Hora:	12:25 a.m.	

Tabla 3.10 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "H".

En la tabla 3.10 el nivel de distorsión armónica en voltaje es de 2.58% comparando la tabla 2.2 estándares IEEE 519-1992. Profundidad de la muesca, en la referencia de sistemas generales al 5%, se encuentra por debajo del margen permitido.

CENTRO DE CARGA "I-LINE"								
Área:			Centro de carga "I-NORMAL"					
Observación:								
PARÁMETROS MEDIDOS								
Voltaje			Corriente			Potencia (W)		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
125.41	127.76	127.12	31.00	42.20	33.52	3887.71	5391.47	4261.06
TDH armónico			Frecuencia			Energía (Wh)		
V%		A%	Total			A	B	C
2.23		67.74	60.00			1943.85	2695.73	2130.53
Fecha:		11/09/2019	Periodo: 5 min			Hora:		12:41 a.m.

Tabla 3.11 Diagnostico Energético N2; Centro De Carga "I-LINE".

En la tabla 3.11 el nivel de distorsión armónica en voltaje es de 2.23% comparando la tabla 2.2 estándares IEEE 519-1992. Profundidad de la muesca, en la referencia de sistemas generales al 5%, se encuentra por debajo del margen permitido.

Al observar las diferencias de la distinción armónica en todos los centros de carga de la central de autobuses, se hace énfasis en el centro de cargas con la nomenclatura "taquillas" con un 4.32% esto se debe a la concentración de cargas no lineales alimentados por ese tablero.

3.5 Carga Instalada en la Terminal AEXA

Se elabora la recolección de los datos de placa de las cargas instaladas en la terminal de AEXA, las cuales son recopiladas en las siguientes tablas.

DATOS DE PLACA		
Carga:	Motor 15 H.P	
Voltaje	Corriente	Potencia
220V 3φ	40.78 A	13,987.50 W

Tabla 3.12 Datos de Placa Motor de 15 HP.

DATOS DE PLACA		
Carga:	AIRE ACONDICIONADO DE 18,000 BTU	
Voltaje	Corriente	Potencia
220V 2φ	7.56 A	1,663.2 W

Tabla 3.13 Datos de Placa A.C. de 18,000 BTU.

DATOS DE PLACA		
Carga:	AIRE ACONDICIONADO DE 12,000 BTU	
Voltaje	Corriente	Potencia
220V 2φ	5.04 A	1,108.8 W

Tabla 3.14 Datos de Placa A.C. de 12,000 BTU.

DATOS DE PLACA		
Carga:	AIRE ACONDICIONADO DE 12,000 BTU	
Voltaje	Corriente	Potencia
220V 2 ϕ	5.04 A	1,108.8 W

Tabla 3.15 Datos de Placa A.C. de 12,000 BTU.

DATOS DE PLACA		
Carga:	AIRE ACONDICIONADO DE 36,000 BTU	
Voltaje	Corriente	Potencia
220V 2 ϕ	15.12 A	3,326.40 W

Tabla 3.16 Datos de Placa A.C. de 36,000 BTU.

DATOS DE PLACA		
Carga:	LUMINARIA LED	
Voltaje	Corriente	Potencia
127V 1 ϕ	2.59 A	329.37 W

Tabla 3.17 Datos de Placa Luminaria Led.

DATOS DE PLACA		
Carga:	LUMINARIA LED	
Voltaje	Corriente	Potencia
127V 1 ϕ	7.26 A	922.67 W

Tabla 3.18 Datos de Placa Luminaria Led.

DATOS DE PLACA		
Carga:	Compresor de 5 H.P.	
Voltaje	Corriente	Potencia
220V 3 ϕ	32.61 A	11,185.5 W

Tabla 3.19 Datos de Placa Compresor de 5 H.P.

Partiendo de la tabla 3.12 hasta la tabla 3.19, se muestran los datos de operación de las cargas instaladas en la central de autobuses AEXA, esta recopilación de información se realiza en campo y en el estudio de eficiencia energética se puede saber si su rendimiento del equipo es el adecuado, de lo contrario iniciar medidas que ayude a resolver que las cargas trabajen de forma plena y óptima.

SIMBOLOGÍA	
1 ϕ	Monofásico
2 ϕ	Polifásico
3 ϕ	Trifásico

Tabla 3.20 Simbología.

La tabla 3.20, sirve como referencia para identificar de manera más rápida si la carga es monofásica, polifásica o trifásica según sea el caso que le corresponda.

3.6 Análisis de Termografía en Tablero de Distribución Principal

Tablero I-Line. El estudio de termografía permite visualizar patrones de temperatura de los sistemas e instalaciones eléctricas. En este sentido, hay que tener en cuenta que una causa de fallo en los sistemas eléctricos es un exceso de temperatura provocado por distintos motivos. Como puede ser un alto contenido armónico, un mal dimensionamiento del conductor o una falla franca que no es capaz de ser detectado por las protecciones de los circuitos.

$$P = I^2 \cdot R \dots\dots\dots (3.1)$$

La ecuación 3.1 es la relación que tiene la ley de watt con la ley de Ohm y nos permite determinar la potencia disipada por un equipo eléctrico, para poder observar como la potencia se disipa es necesario contar con equipos de termografía que nos marcan los puntos precisos donde se desprende la mayor concentración de energía en calor.

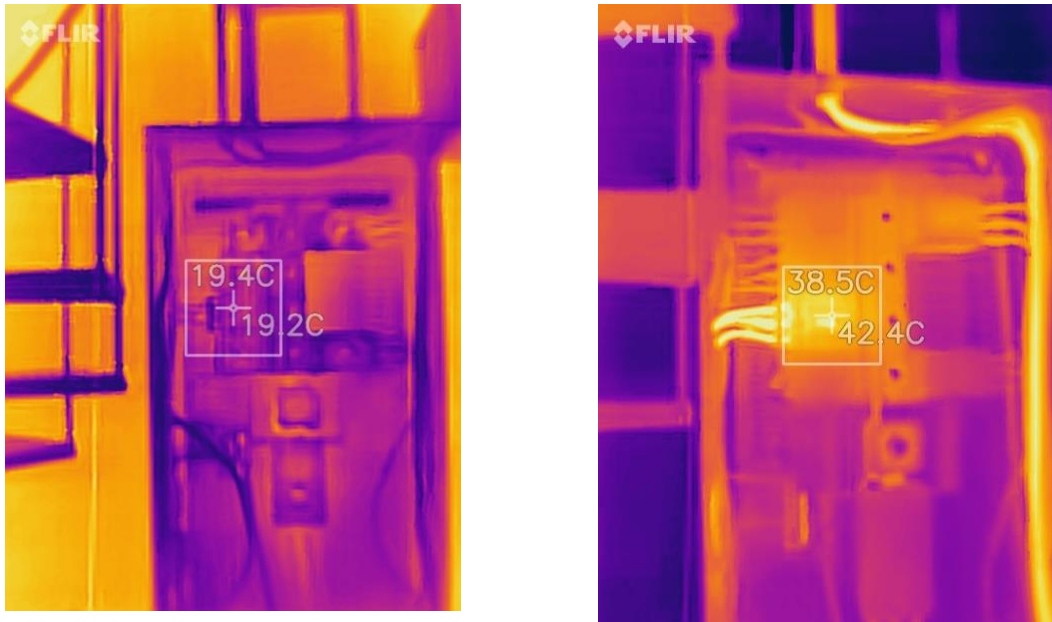


Figura 3.10 Termografía en Tablero I-line.

La temperatura del tablero I-Line se encuentra en parámetros óptimos, la temperatura aumenta en el interruptor termo magnético del sistema fotovoltaico a temperaturas de operación normal.

Se descartan puntos calientes por falso contacto, perdidas de energía por sobredimensionamiento del conductor o calentamiento por contaminación armónica en gran escala.

3.7 Gráficas y Estudio de Voltaje

Voltaje Fundamental. El análisis del voltaje se centra en el día 12 de septiembre de 2019 a las 0 horas con 0 minutos, hasta el día 13 de septiembre 2019 a las 0 horas con 0 minutos en la carga principal (transformador 150 KVA) de la instalación eléctrica de la central de autobuses AEXA.

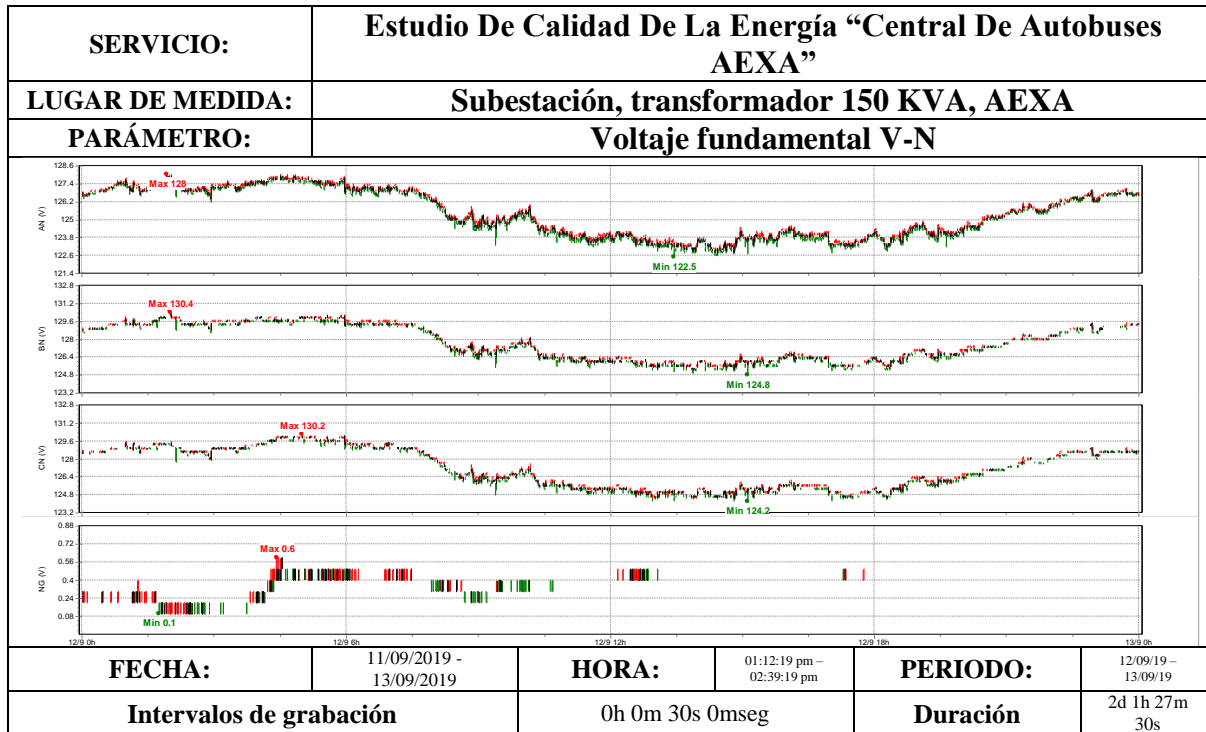


Figura 3.11 Grafica de Voltaje Fundamental FN.

En la figura 3.10 se observa el comportamiento del voltaje fundamental fase – neutro donde se ve una decreciente de la gráfica debido a la operación del sistema fotovoltaico interconectado al sistema eléctrico.

REGISTRO DE MEDICIONES			
Voltaje FUNDAMENTAL	SIMBOLOGÍA		
	Máximo (VN)	Mínimo (VN)	Media (VN)
Fase A - N	128.1	122.2	125.413
Fase B - N	130.7	124.5	127.764
Fase C - N	130.1	123.5	127.117
Neutro – Tierra	0.8	0	0.388
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s

Tabla 3.21 Medición de Voltaje Fundamental.

Se observa la instalación eléctrica cuenta con un sistema de generación fotovoltaica, el inicio de generación de los paneles inicia alrededor de la 8:00 a.m. el punto de mayor generación es a las 13:00 p.m. y dejan de producir a las 17:20 p.m. durante este periodo se puede ver en la gráfica de voltaje que hace una caída de 2.1 volts por fase.

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87

Desbalance de tensión fundamental

$$\text{Voltaje promedio} = \frac{125.413 + 123.764 + 127.117}{3} = 125.431 \text{ V}$$

$$\text{Desviación} = 127.764 - 125.431 = 2.33 \text{ V}$$

$$\text{Desbalance} = \frac{2.33 \text{ v}}{125.431 \text{ v}} \cdot 100 = 1.85\% \quad (3.2)$$

Con referencia a la especificación **CFE L0000-45 [5.4]** menciona que el desbalance de tensiones menores a 1 KV no debe superar el **3%**. La norma **IEC 61000-2-2[5]**, al igual que la norma **IEEE 1159**, recomienda que el índice de desbalance en el suministro eléctrico no deba de superar el **2%**. Por lo tanto el voltaje F-N de la Fundamental, se encuentra en los parámetros permisibles. Como lo representa la ecuación 3.2

Voltaje pico.

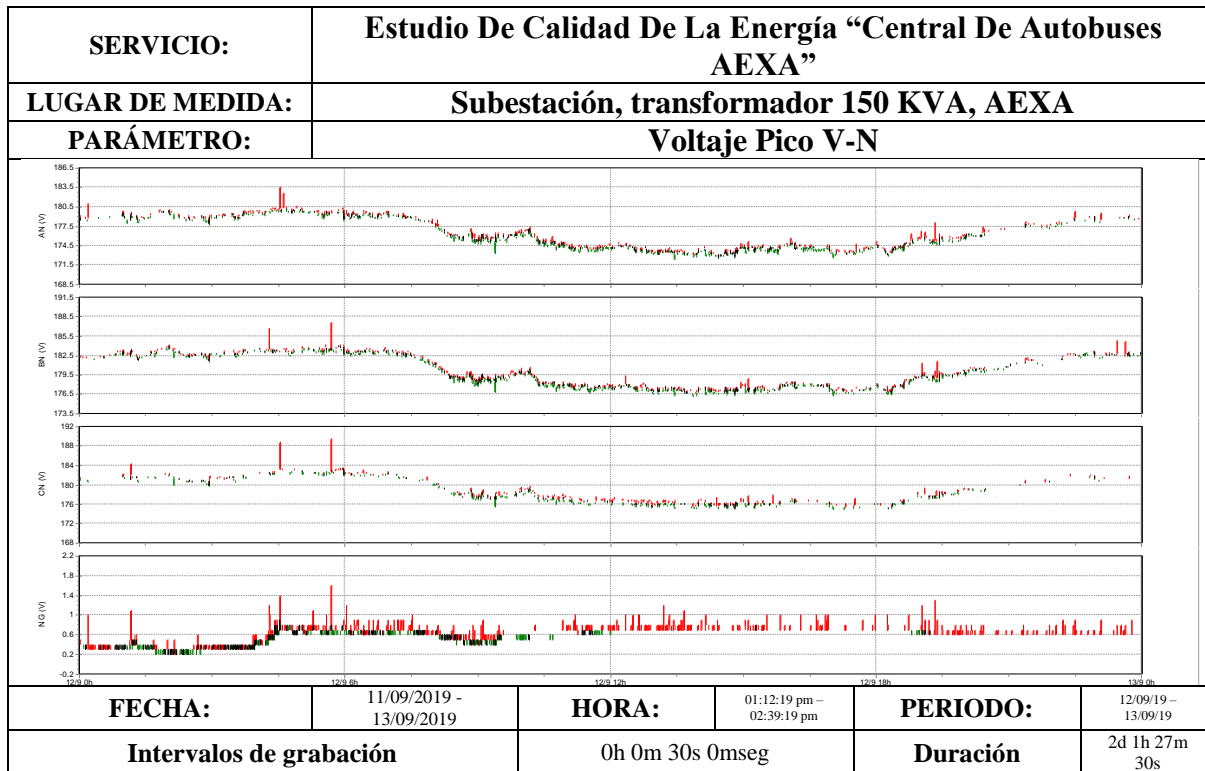


Figura 3.12 Grafica Voltaje Pico.

En la figura 3.11 en las gráficas de voltaje pico se puede observar perturbaciones de tensión denominadas SWELL (subidas de tensión), estas perturbaciones tienen una duración en el tiempo de con duración aproximada de 1 segundo, denominadas de corta duración por oscilar entre 0,5 – 30 ciclos. Según la IEEE 1159.

REGISTRO DE MEDICIONES			
Voltaje PICO	SIMBOLOGÍA		
	Máximo (VN)	Mínimo (VN)	Media (VN)
Fase A - N	180.7	172.1	176.743
Fase B - N	184.5	175.6	180.40
Fase C - N	183.4	173.8	179.11
Neutro – Tierra	1.1	0.1	0.595
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s

Tabla 3.22 Mediciones Voltaje Pico FN.

Los valores de medición del voltaje pico se observan elevaciones de tensión, como pulsaciones máximas de 1.70 volts de diferencia entre fases, por desconexión de las cargas.

Desbalance de tensión pico

$$\text{Voltaje promedio} = \frac{176.743 + 180.40 + 179.11}{3} = 178.751 \text{ V}$$

$$\text{Desviacion} = 180.40 - 178.751 = 1.65 \text{ V}$$

$$\text{Desbalance} = \frac{1.65 \text{ v}}{178.751 \text{ v}} \cdot 100 = 0.92\% \quad (3.3)$$

Con referencia a la especificación **CFE L0000-45 [5.4]** menciona que el desbalance de tensiones menores a 1 KV no debe superar el **3%**. La norma **IEC 61000-2-2[5]**, al igual que la norma **IEEE 1159**, recomienda que el índice de desbalance en el suministro eléctrico no deba de superar el **2%**. **Por lo tanto el voltaje F-N Pico, se encuentra en los parámetros permisibles.** Como hace referencia la ecuación 3.3.

Voltaje RMS F-N.

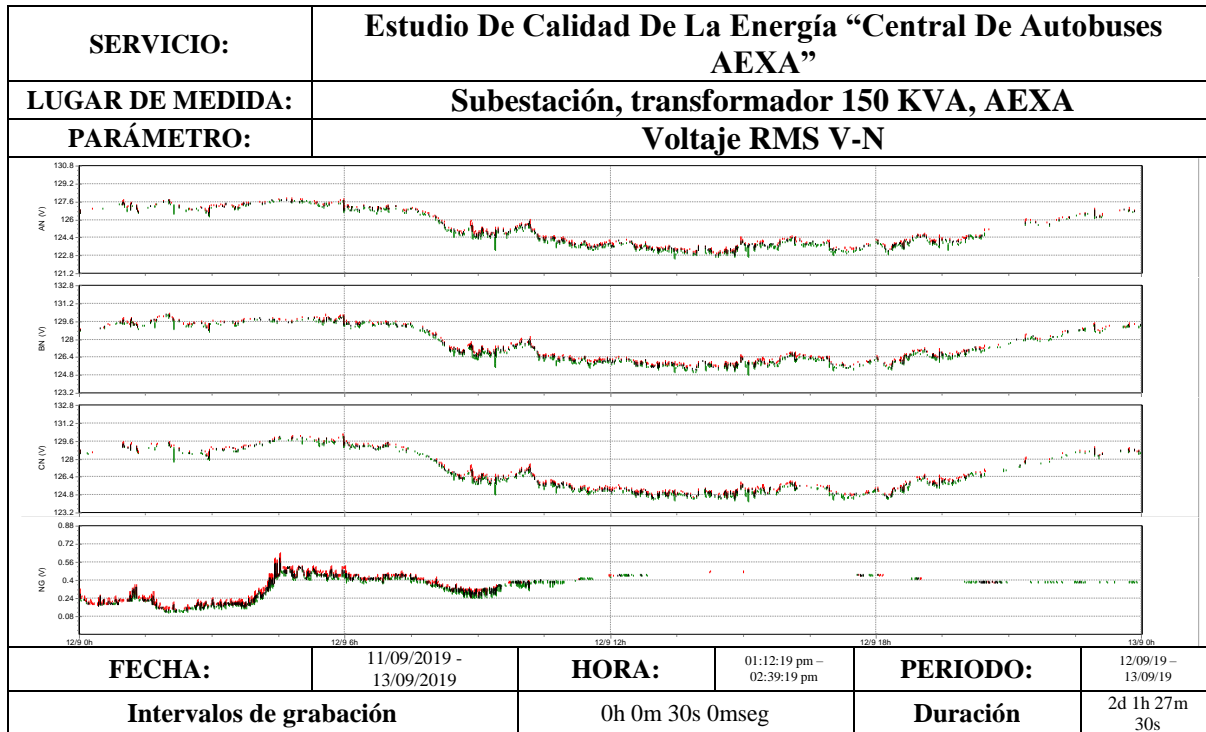


Figura 3.13 Grafica de voltaje RMS

La figura 3.12 se puede observar las perturbaciones en el sistema eléctrico en la tensión RMS denominadas SAG (huecos de tensión), en la gráfica de color verde, con duración en el tiempo aproximado de 1 segundo, denominados de corta duración por oscilar entre los 0,5 – 30 ciclos. Según la IEEE 1159.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Voltaje RMS FASE - NEUTRO	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (V RMS)	Mínimo (V RMS)	Media (V RMS)	95% Percentil (VRMS)
Fase A - N	128.13	122.25	125.416	127.7
Fase B - N	130.68	124.51	127.768	130
Fase C - N	130.12	123.46	127.12	124.6
Neutro – Tierra	0.75	0.02	0.382	0.48
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19		DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s

Tabla 3.23 Mediciones de Voltaje RMS

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.** El voltaje máximo en las fases tiene una diferencia de un volt.

Desbalance de tensión RMS

$$\text{Voltaje promedio} = \frac{125.416 + 127.768 + 127.120}{3} = 126.768 \text{ V}$$

$$\text{Desviacion} = 127.768 - 126.768 = 1 \text{ V}$$

$$\text{Desbalance} = \frac{1.65 \text{ v}}{178.751 \text{ v}} \cdot 100 = 0.55\% \quad (3.4)$$

Con referencia a la especificación **CFE L0000-45 [5.4]** menciona que el desbalance de tensiones menores a 1 KV no debe superar el **3%**. La norma **IEC 61000-2-2[5]**, al igual que la norma **IEEE 1159**, recomienda que el índice de desbalance en el suministro eléctrico no deba de superar el **2%**. Por lo tanto el voltaje F-N RMS, se encuentra en los parámetros permisibles. Como hace referencia la ecuación 3.4

Voltaje RMS F-F.

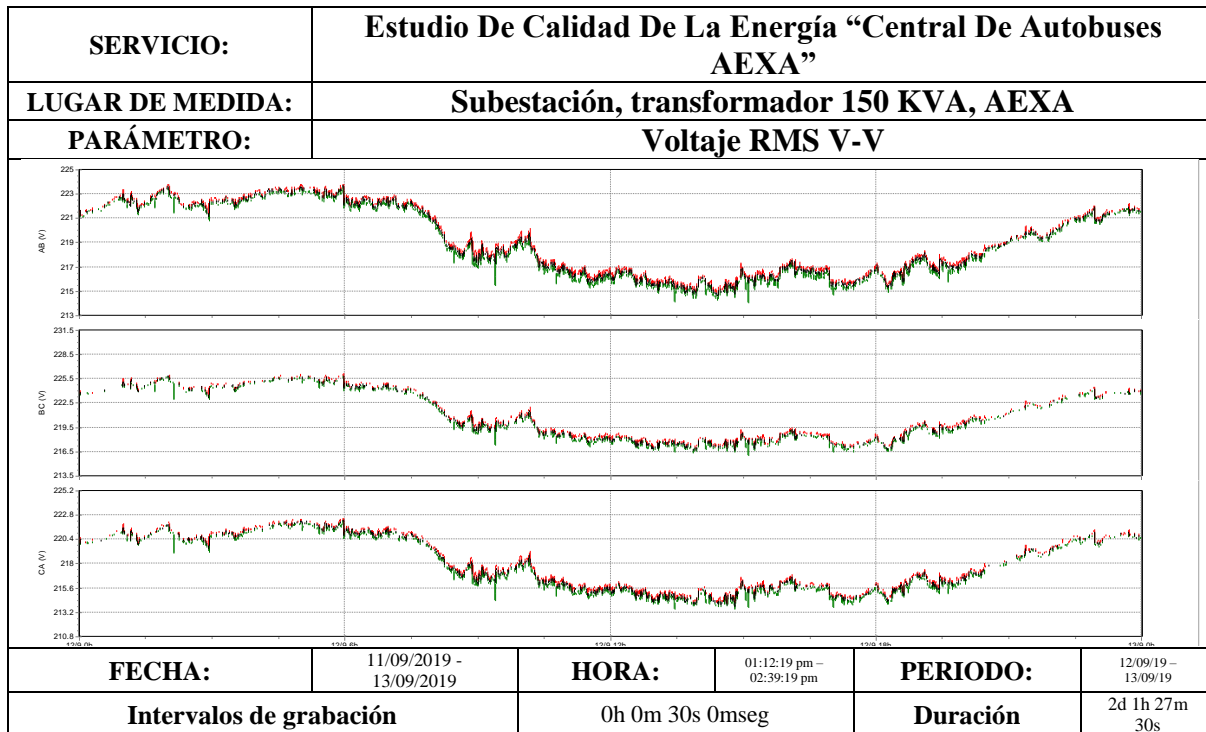


Figura 3.14 Grafica de Voltaje RMS F-F

En la figura 3.13 se observa la gráfica de voltaje RMS fase – fase, donde se puede observar las perturbación de los SAG de tensión predominando en la gráfica color verde, la duración aproximada es de 1 segundo, según la IEEE 1159 la denomina de corta duración por oscilar entre 0,5 – 30 ciclos.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Voltaje RMS FASE - FASE	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (V RMS)	Mínimo (V RMS)	Media (V RMS)	95% Percentil (VRMS)
Fase A - B	224.4	213.77	219.252	223.4
Fase B - C	226.28	215.06	227.273	225.7
Fase C - A	224.24	219.252	223.4	223.4
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.24 Medición de Voltaje RMS Fase – Fase

El **95% percentil** se establece por el periodo de medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 48 horas continuas.**

Desbalance de tensión RMS

$$\text{Voltaje promedio} = \frac{219.252 + 227.273 + 223.4}{3} = 223.308 \text{ V}$$

$$\text{Desviacion} = 227.273 - 223.308 = 3.965 \text{ V}$$

$$\text{Desbalance} = \frac{3.965v}{223.308 v} \cdot 100 = 1.77\% \quad (3.5)$$

Con referencia a la especificación **CFE L0000-45 [5.4]** menciona que el desbalance de tensiones menores a 1 KV no debe superar el **3%**. La norma **IEC 61000-2-2[5]**, al igual que la norma **IEEE 1159**, recomienda que el índice de desbalance en el suministro eléctrico no deba de superar el **2%**. Por lo tanto el voltaje F-F RMS, se encuentra en los parámetros permisibles. Como hace referencia la ecuación 3.5.

Factor cresta (FC). Es igual al voltaje pico dividido por el voltaje RMS. Este factor se asocia directamente al desgaste del equipo eléctrico.

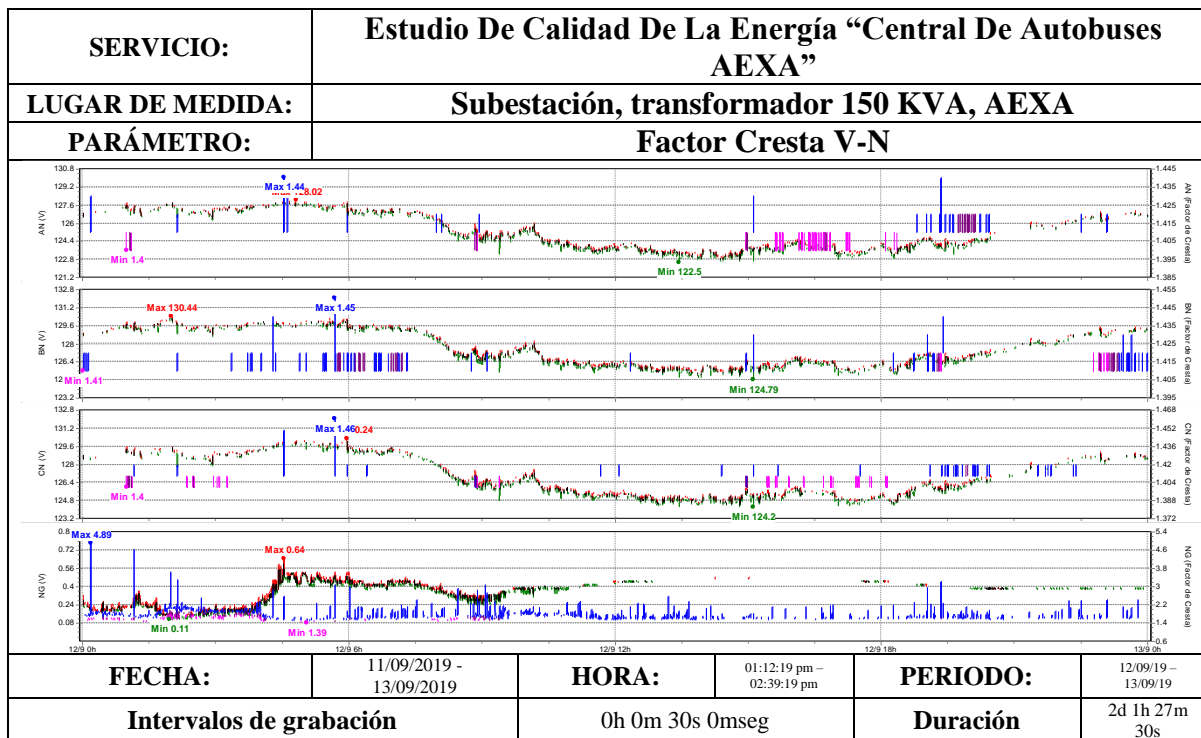


Figura 3.15 Grafica Factor Cresta

El factor cresta es un indicativo del nivel de la distinción armónica en el sistema eléctrico. El margen no debe de oscilar alrededor del 1.414, un resultado igual a 2 se tiene un alto contenido de armónico en el sistema.

REGISTRO DE MEDICIONES			
F.C.	SIMBOLOGÍA		
	MÁXIMO	MÍNIMO	MEDIA
FASE A-N	1.44	1.41	1.42
FASE B-N	1.45	1.41	1.43
FASE C-N	1.47	1.40	1.43
NUTRO - TIERRA	4.89	1.39	3.14
PERIODO:	11/09/19 - 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s

Tabla 3.25 Medición Factor Cresta

Al observar la tabla 3.25 se puede tener una comparación de desgaste en el transformador, ya que el contenido armónico es reducido este permanece bajo los valores permisibles que la IEEE 519 nos proporciona en contenido de la distorsión armónica.

3.8 Gráficas y estudio de Corriente

Corriente Fundamental. El análisis de corriente se centra en el día 12 de septiembre de 2019 a las 0 horas con 0 minutos, hasta el día 13 de septiembre 2019 a las 0 horas con 0 minutos en la carga principal (transformador 150 KVA) de la instalación eléctrica de la central de autobuses AEXA.

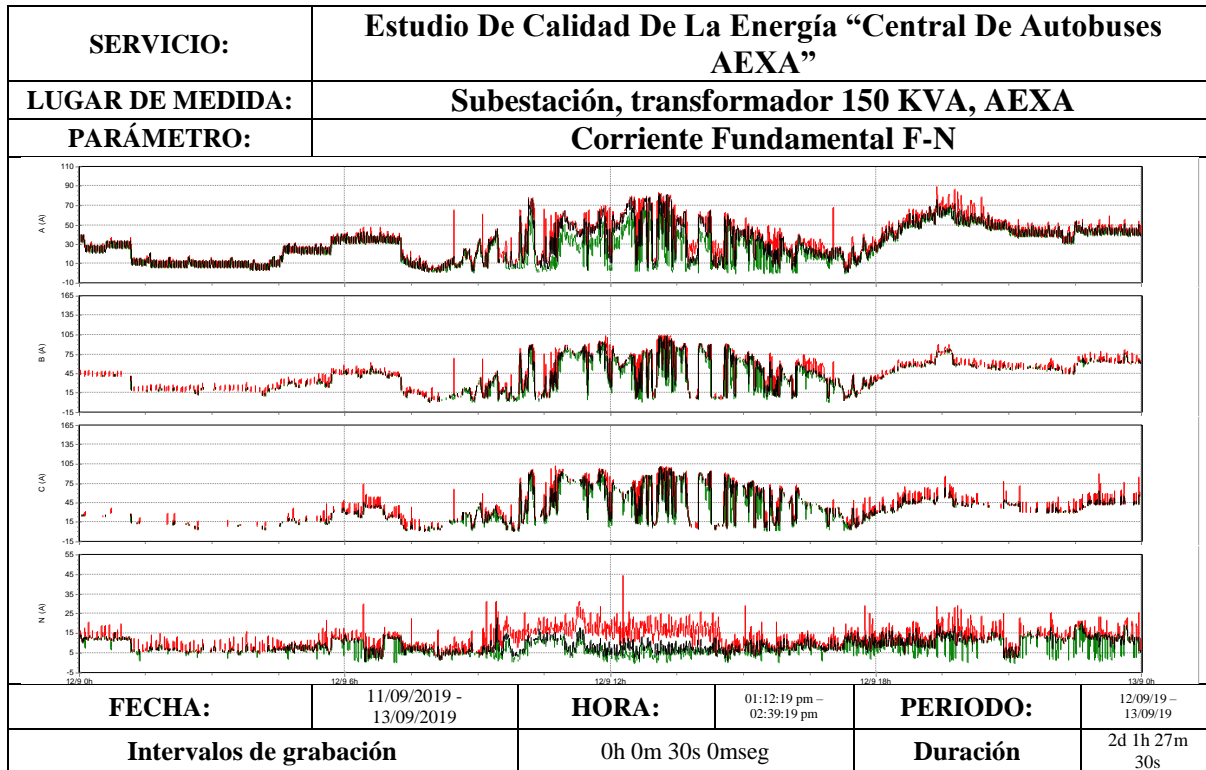


Figura 3.16 Corriente Fundamental F-N

En la figura 3.15 se puede observar como las cargas interactúan en la instalación, la gráfica de color rojo nos marca las corrientes máximas registradas, esto significa que se puede saber cuándo entra un determinado o conjunto de cargas de alto consumo, siendo los motores o compresores.

REGISTRO DE MEDICIONES			
Corriente FUNDAMENTAL	SIMBOLOGÍA		
	Máximo (A)	Mínimo (A)	Media (A)
Fase A	82.4	1.2	30.59
Fase B	104.2	0.8	41.00
Fase C	101.2	0.6	33.21
Neutro	23.2	0.4	9.19
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s

Tabla 3.26 Medición de Corriente Fundamental F-N

La instalación eléctrica cuenta con un sistema de generación fotovoltaica, el inicio de generación de los paneles inicia alrededor de la 8:00 a.m. el punto de mayor generación es a

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87

las 13:00 p.m. y dejan de producir a las 17:20 p.m. durante este periodo se puede ver en la gráfica de corriente aumenta aproximadamente 8 amperes por fase.

Desbalance de corriente fundamental

$$\text{Corriente promedio} = \frac{30.59 + 41 + 33.21}{3} = 34.93A$$

$$\text{Desviacion} = 41 - 34.93 = 6.07A$$

$$\text{Desbalance} = \frac{6.07 A}{34.93} \cdot 100 = 17.37\% \quad (3.6)$$

La norma IEC 61000-2-2, recomienda que el índice de desbalance en el suministro eléctrico no deba de superar el **40%**. Por lo tanto la corriente F-N de la Fundamental, se encuentra en los parámetros permisibles. Como hace referencia la ecuación 3.6.

Corriente Pico

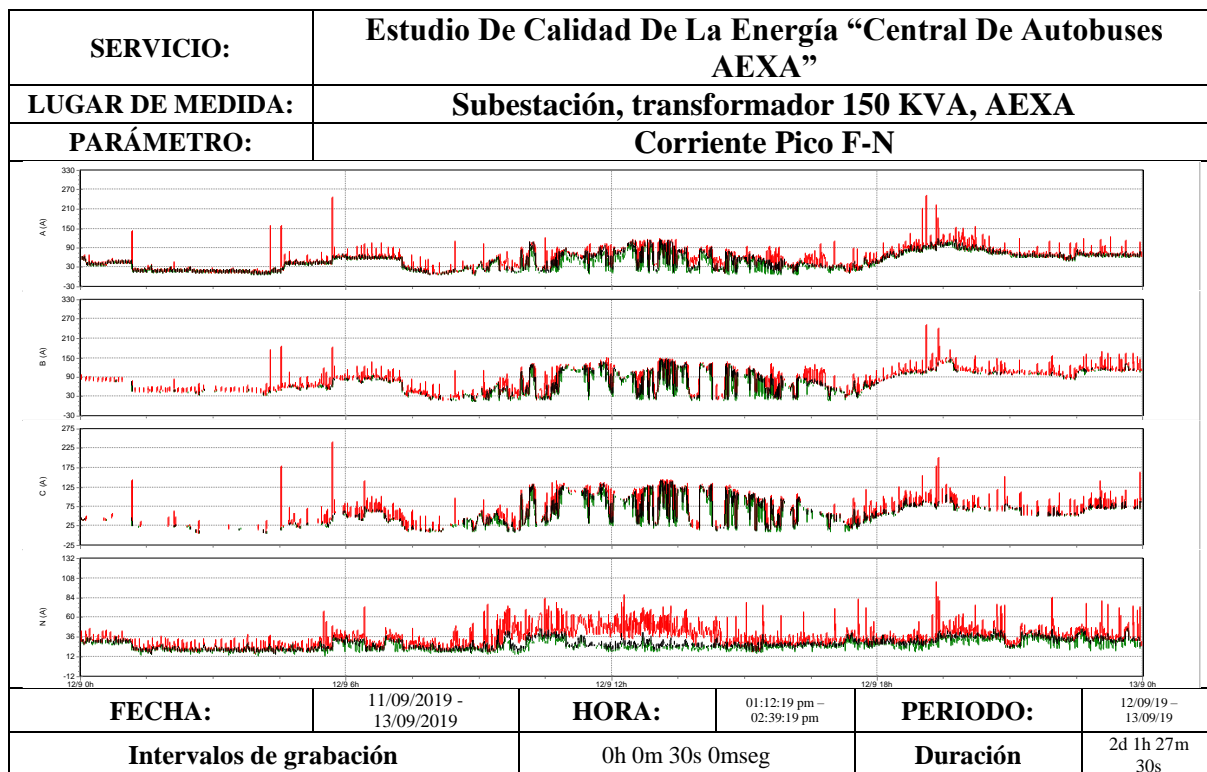


Figura 3.17 Grafica Corriente Pico

REGISTRO DE MEDICIONES			
Corriente PICO	SIMBOLOGÍA		
	Máximo (A)	Mínimo (A)	Media (A)
Fase A	120.4	7	49.62
Fase B	148	16.2	74.67
Fase C	142.8	6.6	52.97
Neutro	50.2	13.8	28.11
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s

Tabla 3.27 Mediciones Corriente Pico FN

En los valores de medición del voltaje pico se observan elevaciones de tensión, como pulsaciones máximas de 120.4 amperes de diferencia entre fases, por desconexión de las cargas.

Desbalance de corriente pico

$$\text{Corriente promedio} = \frac{49.62 + 52.97 + 74.67}{3} = 59.086 \text{ A}$$

$$\text{Desviacion} = 59.086 - 52.97 = 6.11 \text{ A}$$

$$\text{Desbalance} = \frac{6.11}{59.086} \cdot 100 = 10.34\% \quad (3.7)$$

La norma IEC 61000-2-2[5], recomienda que el índice de desbalance en el suministro eléctrico no deba de superar el **40%**. Por lo tanto el corriente F-N Pico, se encuentra en los parámetros permisibles. Como se expresa en la ecuación 3.7.

Corriente RMS F-N.

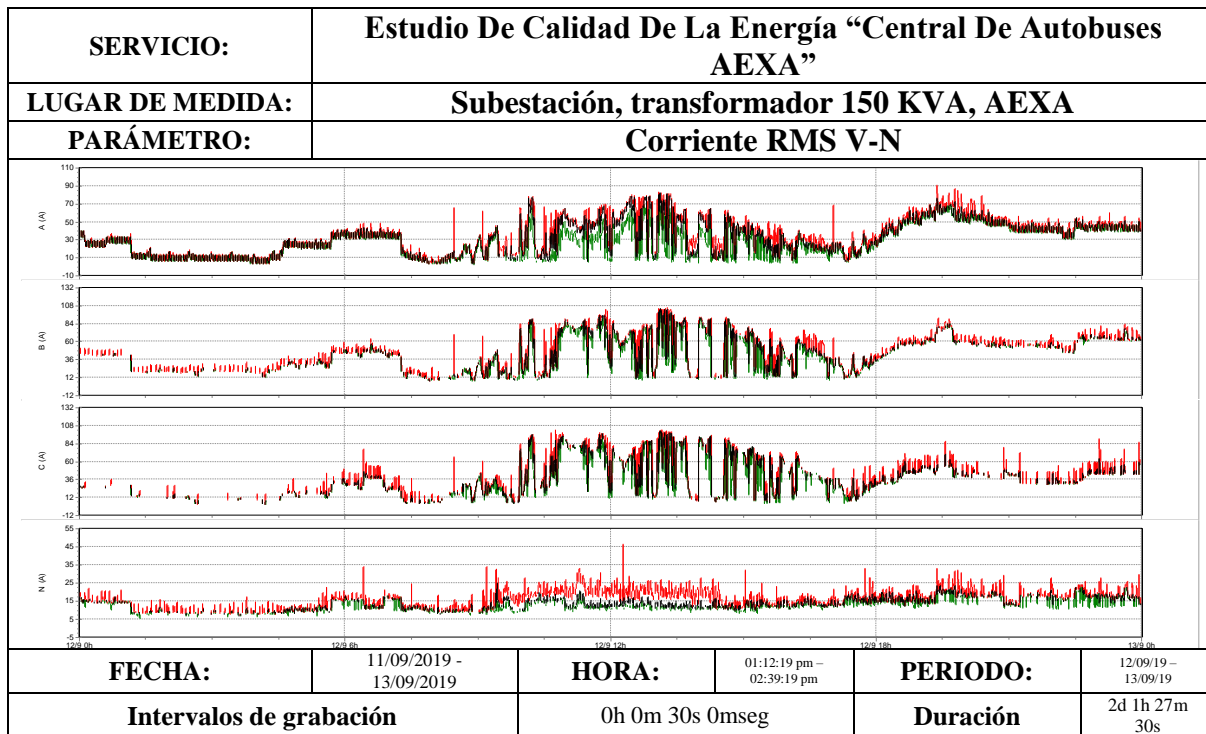


Figura 3.18 Grafica de voltaje RMS

En la figura 3.16 se nota que a diferencia de la tabla 3.15 las corrientes máximas aparecen en menor cantidad, remarcando que las gráficas fueron generadas de maneras simultaneas, en este caso donde se presentan lo picos de corriente es en el momento que los paneles solares están aportando energía a la red.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Corriente RMS FASE - NEUTRO	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (A RMS)	Mínimo (A RMS)	Media (A RMS)	95% Percentil (ARMS)
Fase A	85.5	3.1	31.00	58.9
Fase B	104.5	7.6	42.20	78.6
Fase C	101.2	3.3	33.52	76.4
Neutro	25	6.9	13.49	18.3
PERIODO:	11/09/19 - 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.28 Mediciones de Corriente RMS

El 95% percentil se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.**

Desbalance de corriente RMS

$$\text{Corriente promedio} = \frac{31 + 42.20 + 33.52}{3} = 35.57 \text{ A}$$

$$\text{Desviacion} = 42.20 - 35.57 = 6.63 \text{ A}$$

$$\text{Desbalance} = \frac{6.63 \text{ A}}{35.57} \cdot 100 = 18.63\% \quad (3.8)$$

La norma IEC 61000-2-2[5], recomienda que el índice de desbalance en el suministro eléctrico no deba de superar el **40%**. Por lo tanto el corriente F-N RMS, se encuentra en los parámetros permisibles. Como se expresa en la ecuación 3.8.

Factor cresta (FC). Es igual al corriente pico dividido por la corriente RMS. Este factor se asocia directamente al desgaste del equipo eléctrico.

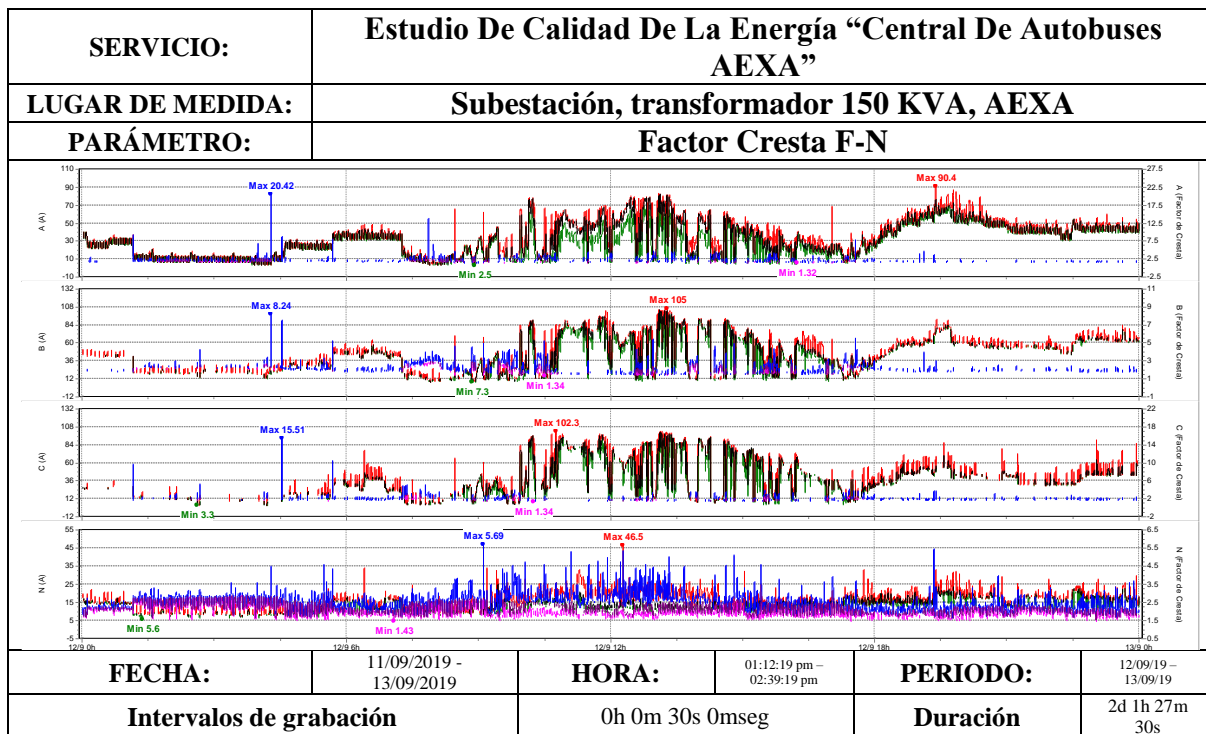


Figura 3.19 Grafica Factor Cresta

El factor cresta es un indicativo del nivel de la distinción armónica en el sistema eléctrico. El margen no debe de oscilar alrededor del 1.414, un resultado igual a 2 se tiene un alto contenido de armónico en el sistema.

REGISTRO DE MEDICIONES			
F.C.	SIMBOLOGÍA		
	MÁXIMO	MÍNIMO	MEDIA
FASE A	2.72	1.34	1.70
FASE B	3.07	1.41	1.89
FASE C	3.31	1.36	1.71
NUTRO	2.93	1.52	2.133
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s

Tabla 3.29 Medición Factor Cresta

El factor cresta se encuentra en los valores permisibles. Considerando un alto contenido armónico producto de las cargas no lineales en la instalación de la terminal, el cual este exige a los equipos a trabajar con esfuerzos por encima de los parámetros proporcionados por los fabricantes.

Voltaje en CD

La presencia en el voltaje o la corriente en CD, en el sistema eléctrico de CA, es el resultado de los disturbios geomagnéticos los cuales interfieren en la saturación del núcleo para su magnetización produciendo perdidas de eficiencia, o asimetría de convertidores de potencia por contenido armónico.

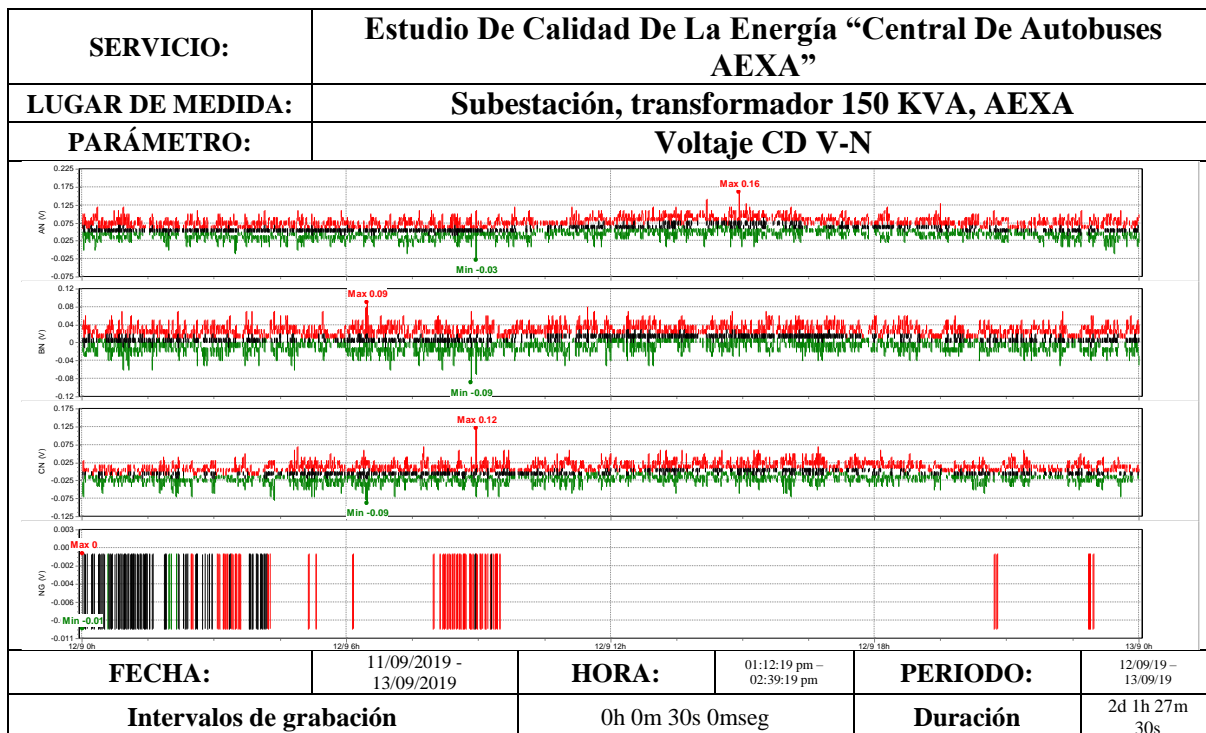


Figura 3.20 Grafica de voltaje CD

Al observar la figura 3.18 nos muestra un contenido mínimo de corriente directa, producto del contenido armónico en la tensión alterna, la corriente directa en esta grafica en particular tiene un comportamiento simétrico, teniendo tanto corriente positiva como

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87

corriente negativa, el efecto que la CD provoca es la distorsión de la onda sinusoidal achatando los valles de la senoide.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Voltaje CD FASE - NEUTRO	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (V)	Mínimo (V)	Media (V)	95% Percentil (VCD)
Fase A	0.09	0.03	0.06	0.07
Fase B	0.03	-0.01	0.01	0.02
Fase C	0.02	-0.02	-0.00	0.01
Neutro	0	-0.01	-0.00	-0.00
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19		DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s

Tabla 3.30 Mediciones de Voltaje CD

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.**

Corriente en CD

La presencia en el voltaje o la corriente en CD, en el sistema eléctrico de CA, es el resultado de los disturbios geomagnéticos los cuales interfieren en la saturación del núcleo para su magnetización produciendo perdidas de eficiencia, o asimetría de convertidores de potencia por contenido armónico.

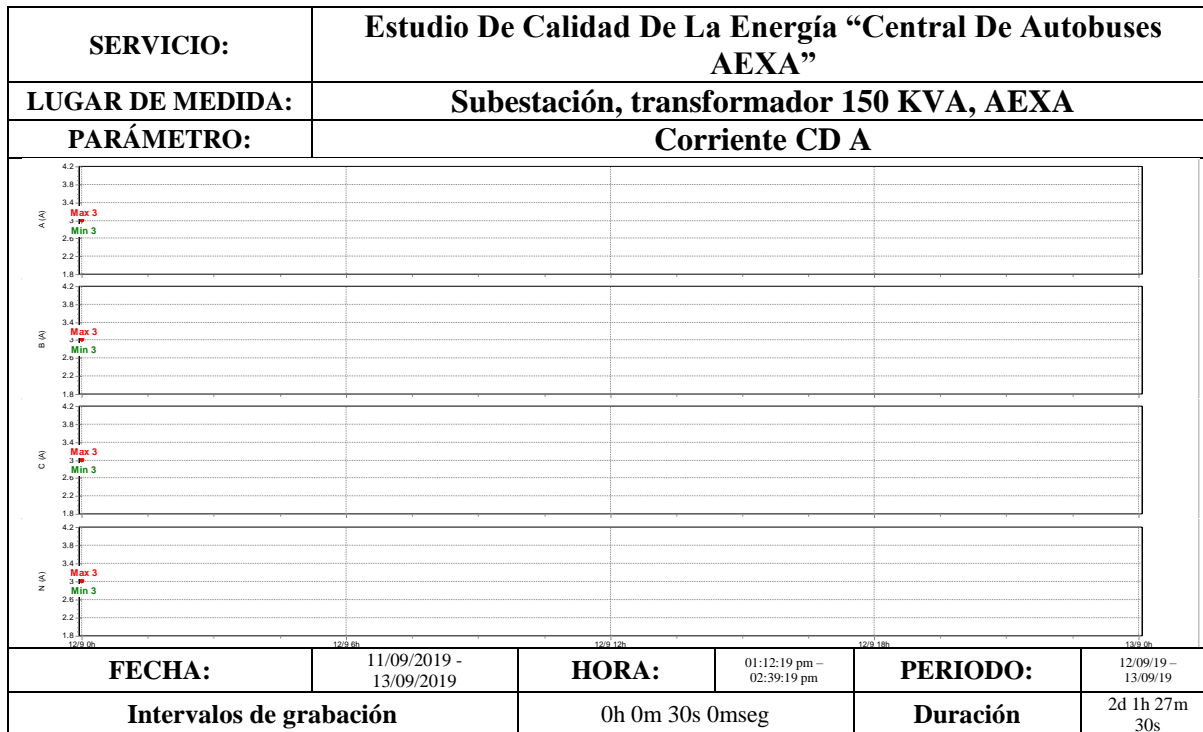


Figura 3.21 Grafica de Corriente CD

En la figura 3.19 no se registraron CD en la corriente del sistema eléctrico. La grafica nos muestra un valor nulo tanto en máximo, mínimo y media.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Corriente CD FASE - NEUTRO	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (V)	Mínimo (V)	Media (V)	95% Percentil (VCD)
Fase A	0	0	0	0
Fase B	0	0	0	0
Fase C	0	0	0	0
Neutro	0	0	0	0
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.31 Mediciones de Corriente CD

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.**

Observación: la presencia de armónicos en el voltaje y ausencia de amperaje en CD en el transformador de 150 KVA.

Frecuencia

Las desviaciones de estado estable no deben exceder +/- 1% el 95% del tiempo.

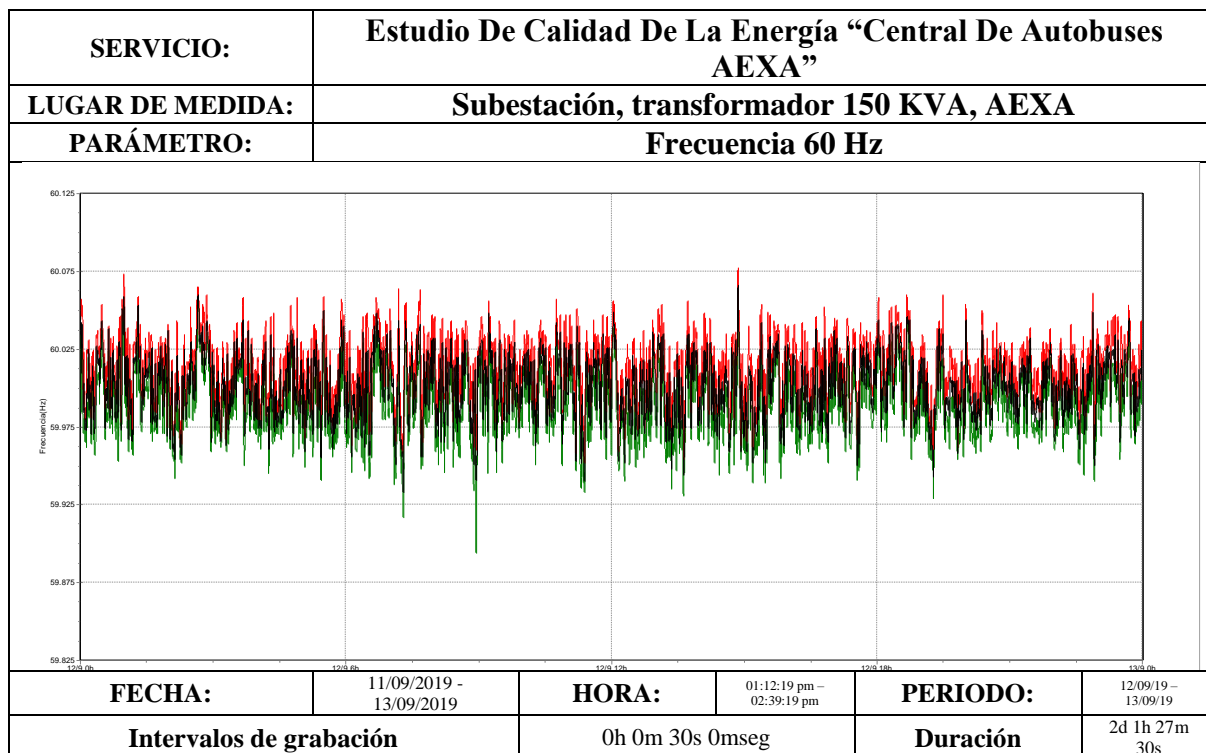


Figura 3.22 Grafica de Frecuencia

La figura 3.20 nos muestra el comportamiento de la frecuencia y nos podemos percatar que las oscilaciones permanece constante, pero al observar el horario se puede ver que la frecuencia a la hora de la desconexión del sistema fotovoltaico esta se vuelve reduce los picos máximos.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Frecuencia	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (Hz)	Mínimo (Hz)	Media (Hz)	95% Percentil (Hz)
Variación	60.08	59.92	60.00	60.3
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19		DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s

Tabla 3.32 Medición de la Frecuencia

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.**

La especificación de CFE L0000-70 hace mención que la frecuencia fundamental es la misma que la frecuencia del sistema. **En el apartado 5 perturbaciones permisibles de los parámetros de energía eléctrica por proceso y por tensión. En la tabla 1.** Parámetros de calidad de la energía marca el margen de **variación de frecuencia de +/- 0.5%** por periodos de tiempo de 10 minutos. La frecuencia se encuentra en los valores permisibles.

Desbalance de Voltaje en la Frecuencia

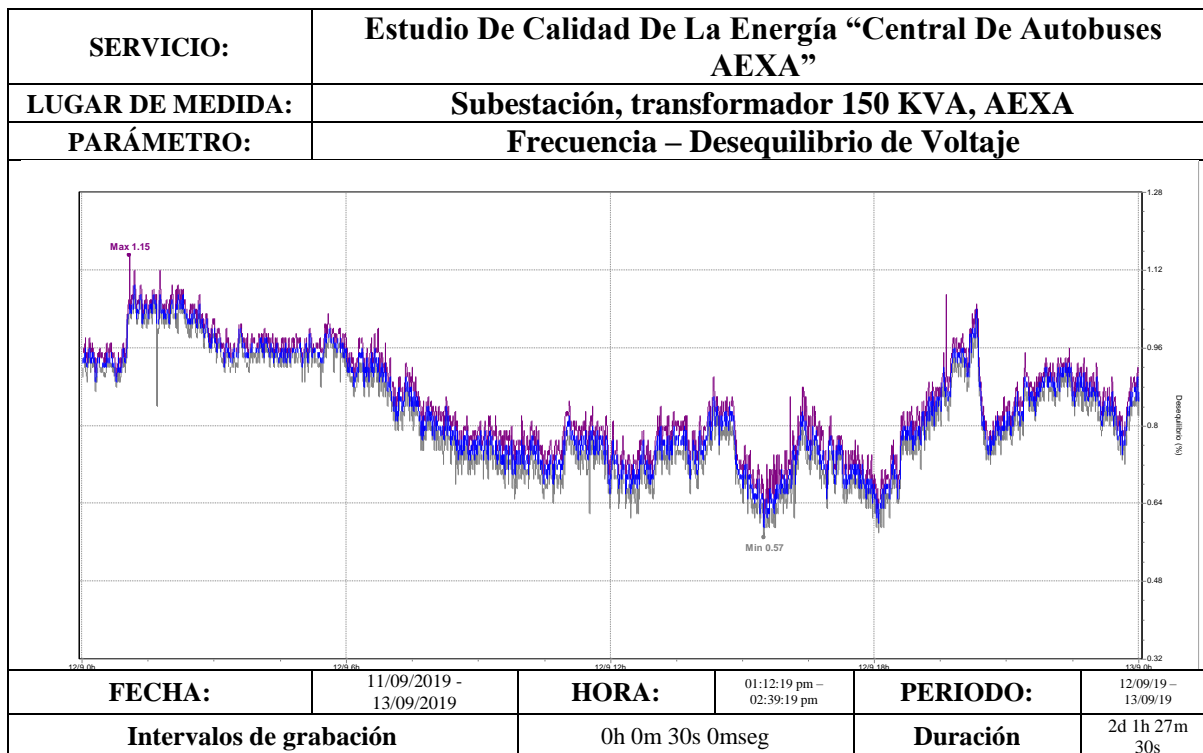


Figura 3.23 Frecuencia – Desequilibrio de Voltaje

En la figura 3.21 se puede observar el desequilibrio de voltaje, el cual es un factor que altera a las cargas por el ángulo de desplazamiento de las fases. Cuando el sistema fotovoltaico entra en operación se observa un comportamiento no constante dando como respuesta variaciones en la frecuencia.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Desequilibrio	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (%)	Mínimo (%)	Media (%)	95% Percentil (%)
V-N	1.09	0.59	0.82	1
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.33 Desequilibrio de Frecuencia – Tensión

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.**

Desbalance de Corriente en la Frecuencia

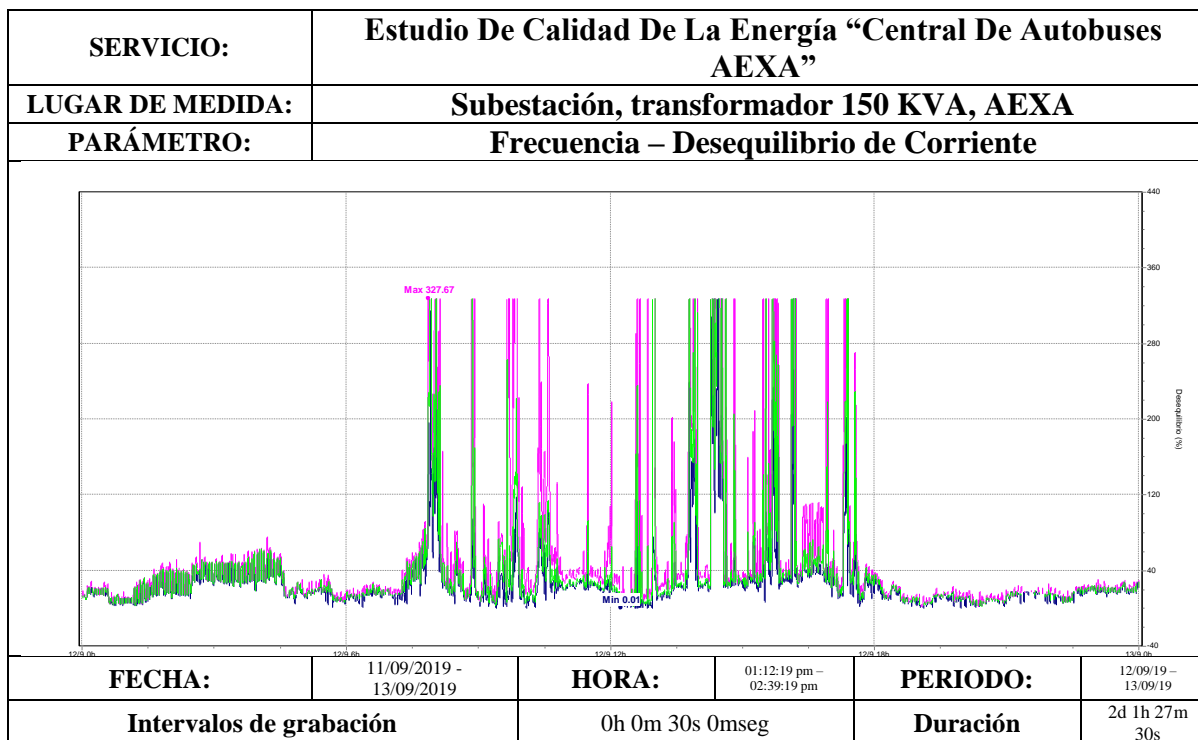


Figura 3.24 Frecuencia – Desequilibrio de Corriente

En la figura 3.22 se puede observar el desequilibrio de corriente, Cuando el sistema fotovoltaico entra en operación se observa un comportamiento no constante dando como respuesta picos y variaciones en la frecuencia de la corriente.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Desequilibrio	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (%)	Mínimo (%)	Media (%)	95% Percentil (%)
F-N	327.62	0.92	31.82	77.3
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.34 Desequilibrio de Frecuencia – Corriente

El 95% percentil se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.**

En la Figura 3.22. Nos muestra que el desequilibrio en corriente sin el sistema fotovoltaico activo, oscila alrededor de 35.74%. En las horas máximas de producción del sistema fotovoltaico el desequilibrio aumenta con un valor de 117.62% aproximadamente.

3.9 POTENCIA

Potencia Activa (Watts)

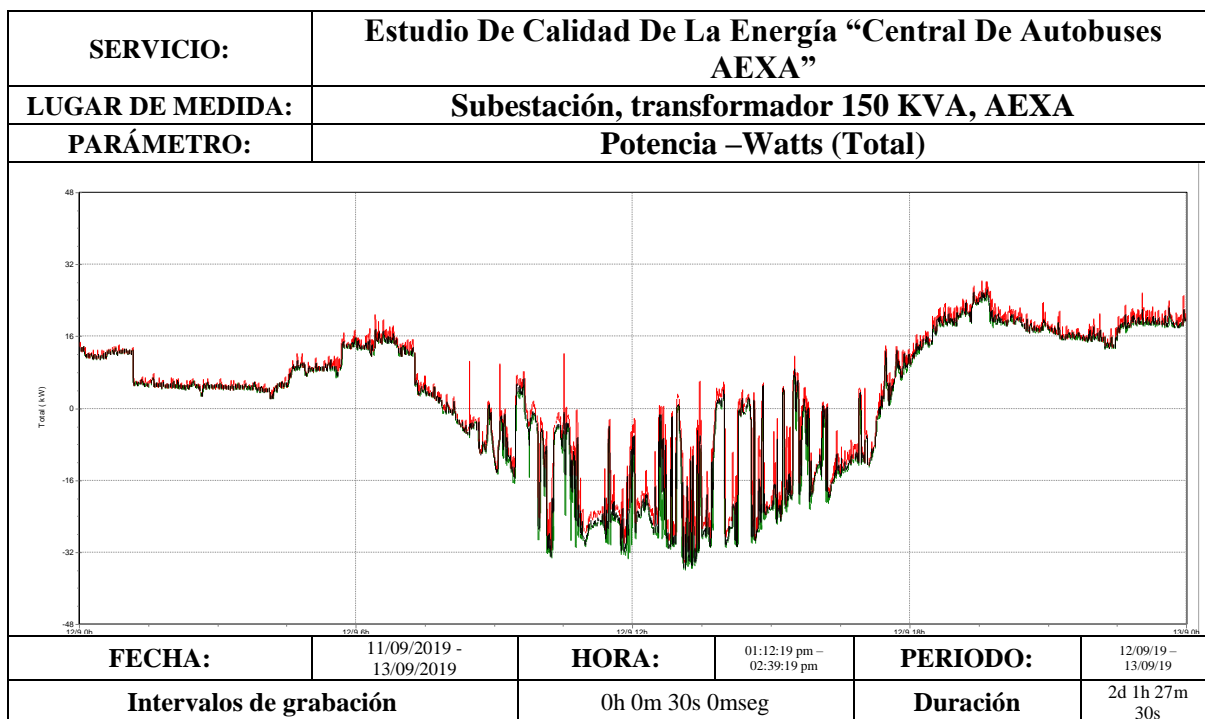


Figura 3.25 Graficar de Potencia Activa Total

En la figura 3.23 se presenta la gráfica de potencia activa, cuando el sistema fotovoltaico se encuentra en operación la potencia activa se registra como un valor negativo como resultado del comportamiento de los inversores, ya que estos son capaces de entregar energía activa este libera el consumo de la red de CFE.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Potencia Activa	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (W)	Mínimo (W)	Media (W)	95% Percentil (W)
Fase A	9360	-10150	1351.97	6620
Fase B	10550	-1380	1376.91	7900
Fase C	8550	-12560	153.60	5780
TOTAL	26490	-35760	2882.25	19830
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.35 Medición de Potencia Activa

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos**. En la gráfica es posible observar el comportamiento de la potencia activa que suministra el sistema fotovoltaico, cuando el SFV no genera la suficiente potencia, el suministrador de energía aporta la potencia requerida hacia las cargas. El sistema fotovoltaico aporó al sistema eléctrico una potencia activa aproximada de 12.55 KW totales, el 12 de septiembre del 2019.

Potencia Aparente (VA)

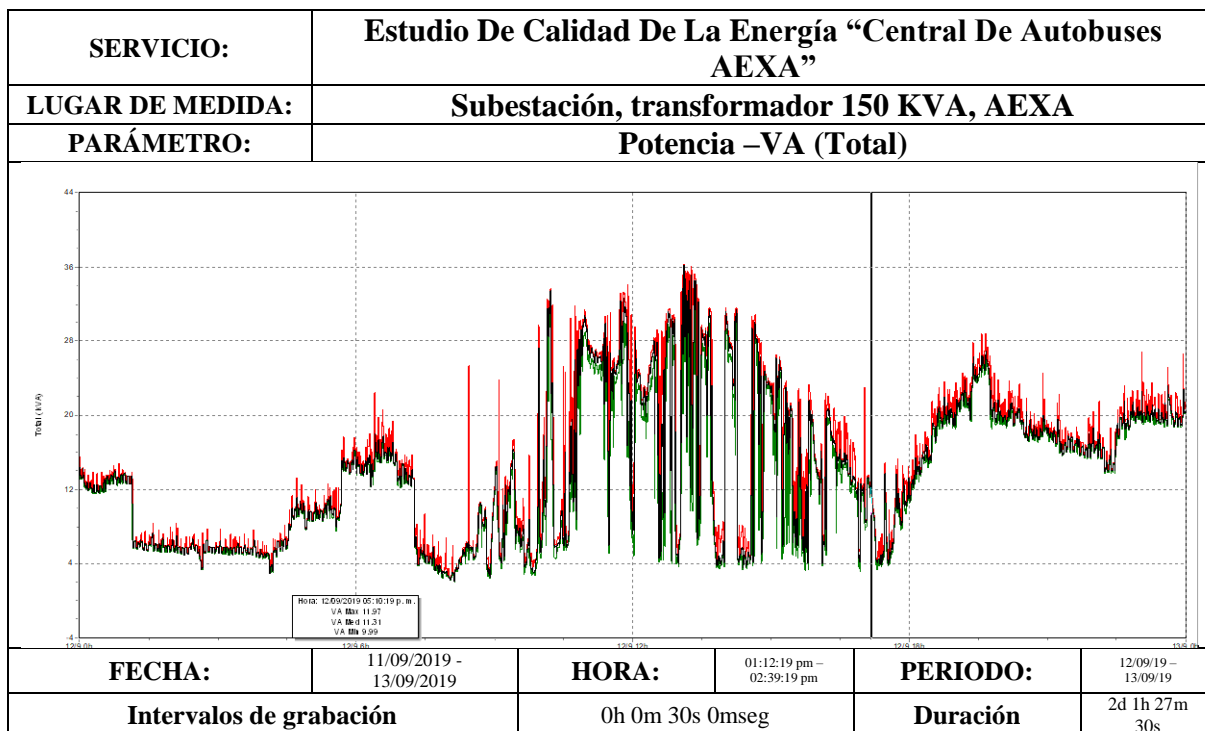


Figura 3.26 Grafica de Potencia Aparente Total

La potencia aparente como se refleja en la figura 3.24 es la potencia total que se consumió en la instalación y suma la potencia que el sistema fotovoltaico aporta a la red.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Potencia Aparente	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (VA)	Mínimo (VA)	Media (VA)	95% Percentil (VA)
Fase A	10180	390	3860.29	7300
Fase B	13160	970	5365.28	9900
Fase C	12650	430	4220.68	9510
TOTAL	36120	2130	13765.2	26130
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.36 Medición de Potencia Aparente Total

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.** El sistema fotovoltaico no altera la Potencia Aparente (VA) Total.

Potencia Reactiva

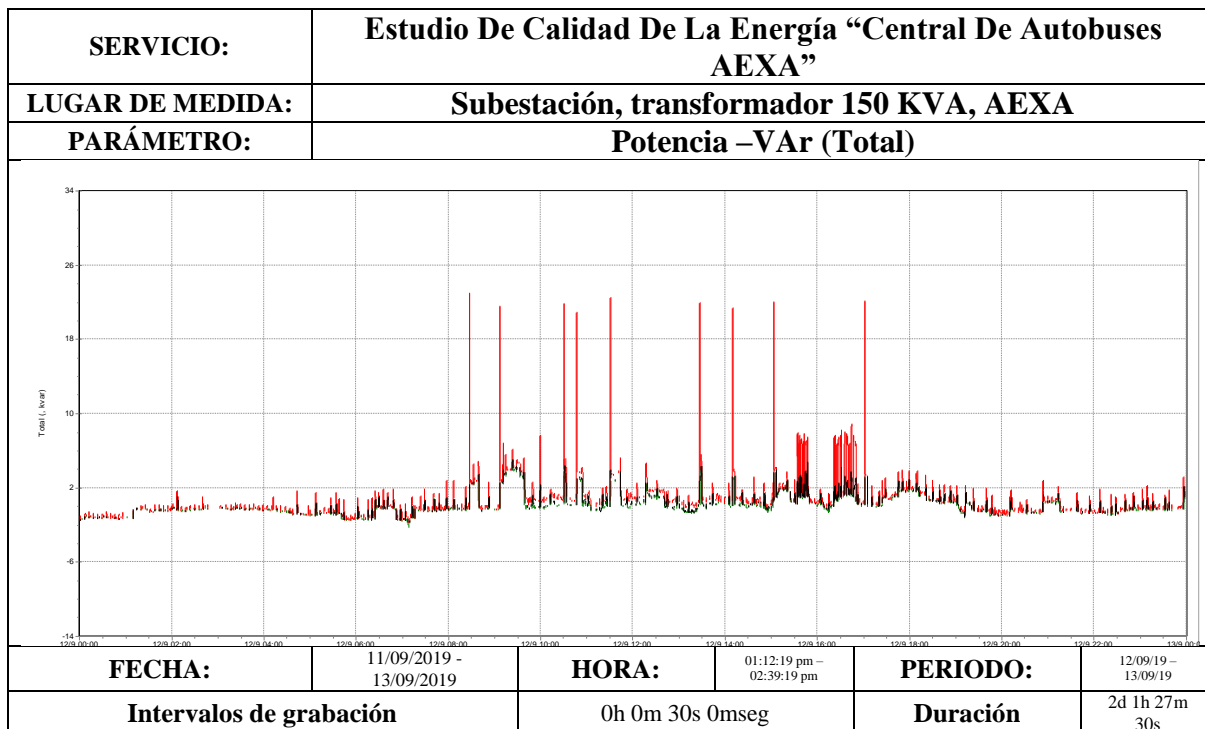


Figura 3.27 Grafica de Potencia Reactiva VAr (Total)

En la gráfica de potencia Var de la figura 3.25 se puede observar que el inversor aporta potencia reactiva en un 20% de su producción corriente activa, la potencia reactiva que el inversor no es útil para las cargas, si no es útil para el mismo inversor que ayuda a la estabilidad en la generación de la energía activa.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Potencia Aparente	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (VAr)	Mínimo (VAr)	Media (VAr)	95% Percentil (VAr)
Fase A	2390	-530	226.11	1370
Fase B	4080	-1680	118.767	2290
Fase C	2630	-2210	23.356	1430
TOTAL	6780	-1890	363.92	3360
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.37 Medición de Potencia Reactiva (VAr)

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.** En la gráfica se puede observar como el sistema fotovoltaico aporta potencia reactiva iniciado alrededor de la 8:00 a.m. el punto de mayor generación es a las 13:00 p.m. y dejan de producir potencia reactiva a las 17:20 p.m. El sistema fotovoltaico aporta 247.27 Var (Potencia Reactiva) a la instalación eléctrica.

3.10 Energía

Energía Activa (WH)

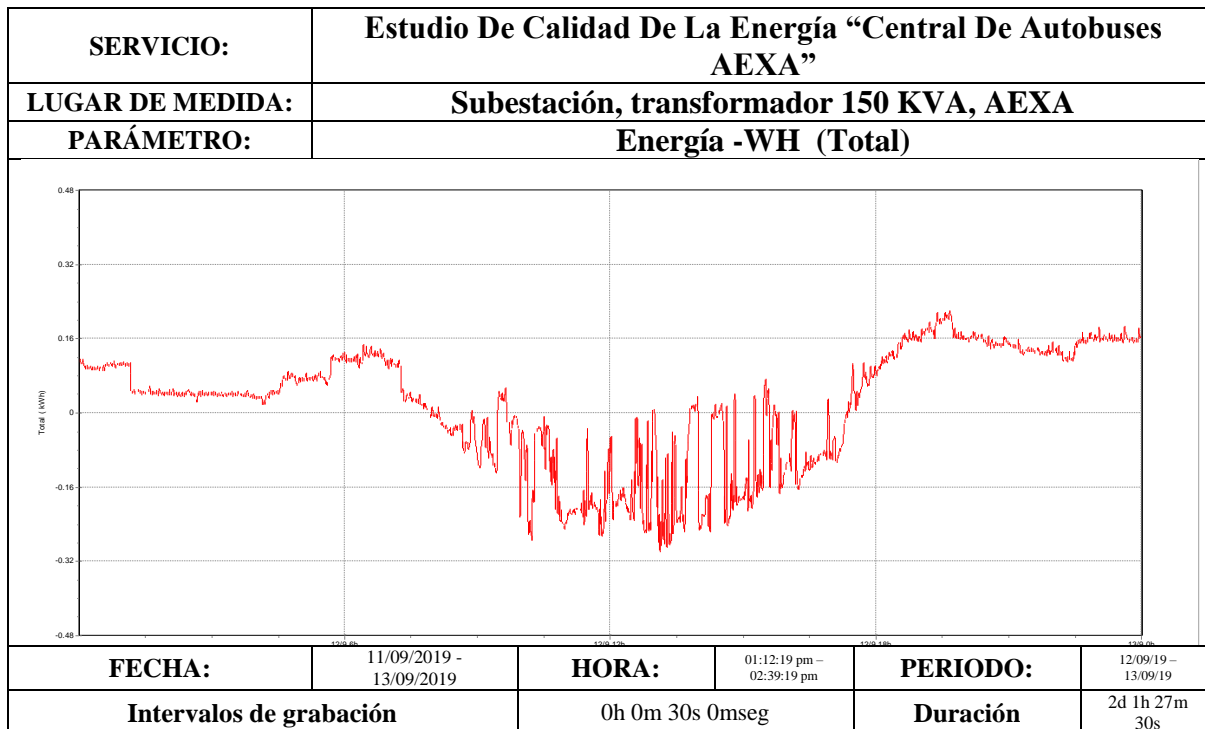


Figura 3.28 Grafica de Energía Activa

En la figura 3.26 se puede observar la energía activa, al compararla con la gráfica 3.23 en la potencia activa ya que el comportamiento es el mismo, cuando el sistema fotovoltaico entra en operación la energía activa en ese periodo de tiempo se registra con valor negativo.

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87

REGISTRO DE MEDICIONES				
Energía Activa	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (Wh)	Mínimo (Wh)	Media (Wh)	95% Percentil (Wh)
Fase A	88719	-2489	50401.4	86440
Fase B	104746	-6195	56863	102000
Fase C	48853	-6583	24721.5	46230
TOTAL	239214	-15112	131986	232500
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.38 Medición de Potencia Activa

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.**

En la gráfica se puede observar el momento en el que el sistema fotovoltaico aporta energía de generación activa, **sustituyendo 125.50 kW del sistema eléctrico** (Subestación, Transformador de 150KVA). El sistema fotovoltaico inicia a generar energía a partir de las 08:00 a.m. hasta las 17:20 p.m.

Energía Aparente

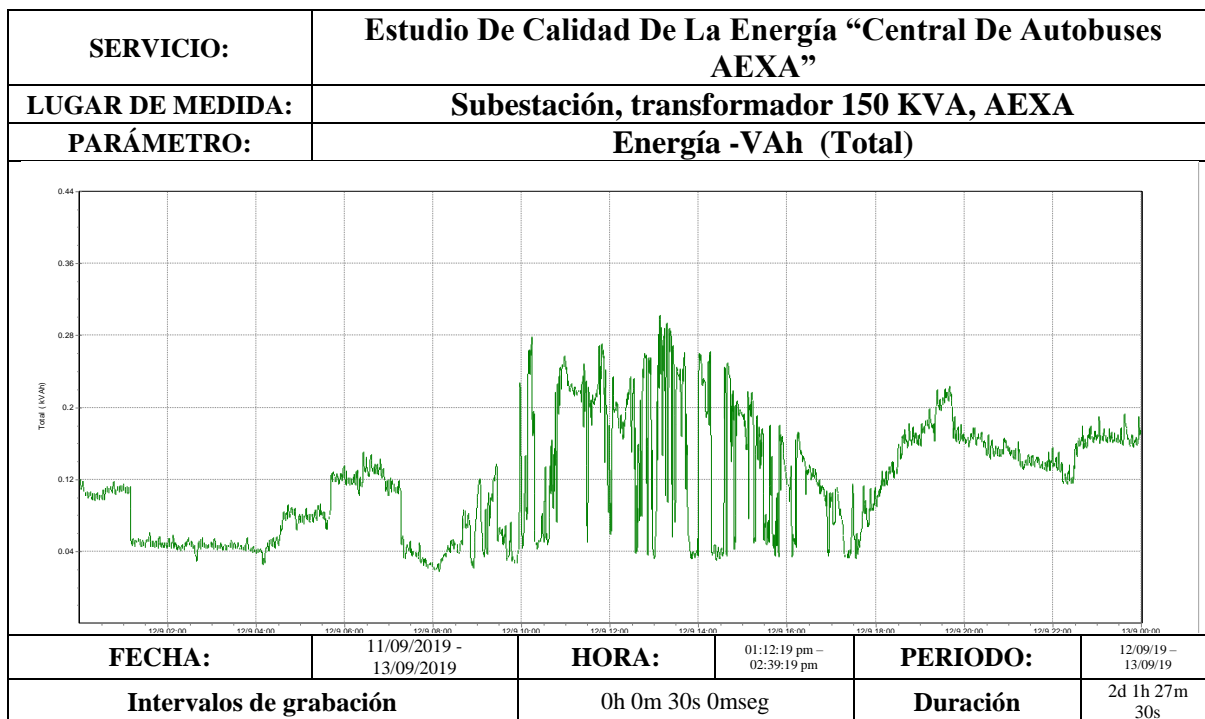


Figura 3.29 Grafica de Energía Aparente

En la figura 3.27 se puede observar la energía aparente, al compararla con la gráfica 3.24 en la potencia aparente ya que el comportamiento es el mismo, cuando el sistema fotovoltaico entra en operación la energía aparente suma todas las energías tanto consumida como de generación.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Energía Activa	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (VAh)	Mínimo (VAh)	Media (VAh)	95% Percentil (VArh)
Fase A	190910	69	96377.3	178500
Fase B	265320	86	129844	246000
Fase C	208713	87	99304.8	191000
TOTAL	680719	242	332828	630200
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.39 Medición de Energía Aparente

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.** La energía aparente en la generación del sistema fotovoltaico y el sistema eléctrico es de **143.6 KVA.**

Energía Reactiva

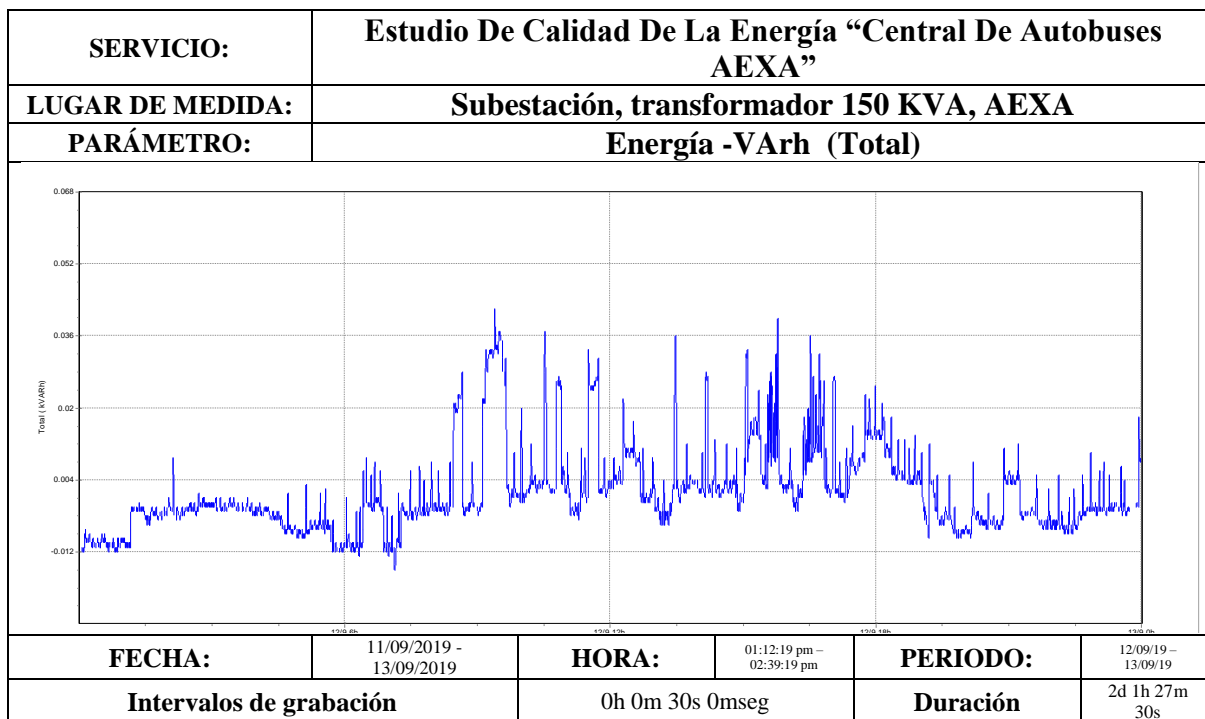


Figura 3.30 Grafica de Energía Reactiva

En la figura 3.28 se puede observar la energía reactiva que demanda las cargas y el sistema fotovoltaico.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Energía Activa	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (VArh)	Mínimo (VArh)	Media (VArh)	95% Percentil (VArh)
Fase A	11177	5	5086.92	8165
Fase B	5861	-1	2337.99	4520
Fase C	5384	4	2823.77	4573
TOTAL	17986	2	8444.87	13320
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.40 Medición de la Energía Reactiva

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.** La energía aparente en la generación del sistema fotovoltaico y el sistema eléctrico es de **8.081 KVArh.**

Energía de generación fotovoltaica

La central de autobuses AEXA cuenta con un sistema fotovoltaico. El sistema consta de 189 paneles solares de 310 W, haciendo un total de 58.59 KW de potencia de generación. Siete inversores monofásicos a tres hilos de 7.7 KW a 220 Volts. Se conectaron 27 módulos FV por cada inversor.

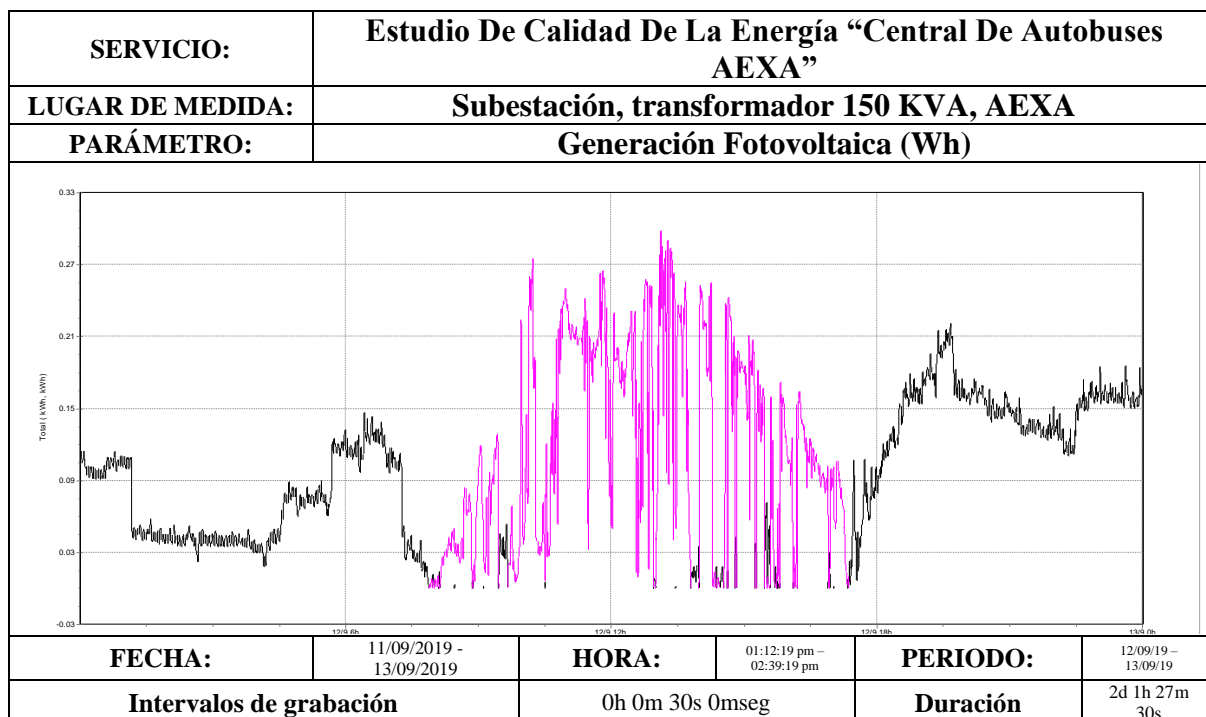


Figura 3.31 Grafica de Generación Fotovoltaica

En la figura 3.29 se puede observar las dos energías activas, en el sistema eléctrico, la gráfica de color negra representa la energía consumida por la red, y la gráfica de color

rosado representa la energía consumida por el sistema fotovoltaico llamado adelante – atrás respectivamente. El analizador de redes para poder medir las energías este trabaja como un medidor bidireccional.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Energía Generada	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (Wh)	Mínimo (Wh)	Media (Wh)	95% Percentil (Wh)
Wh Adelante	125542	0	71795	124600
Wh Atrás	58654	69	21393.6	47910
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

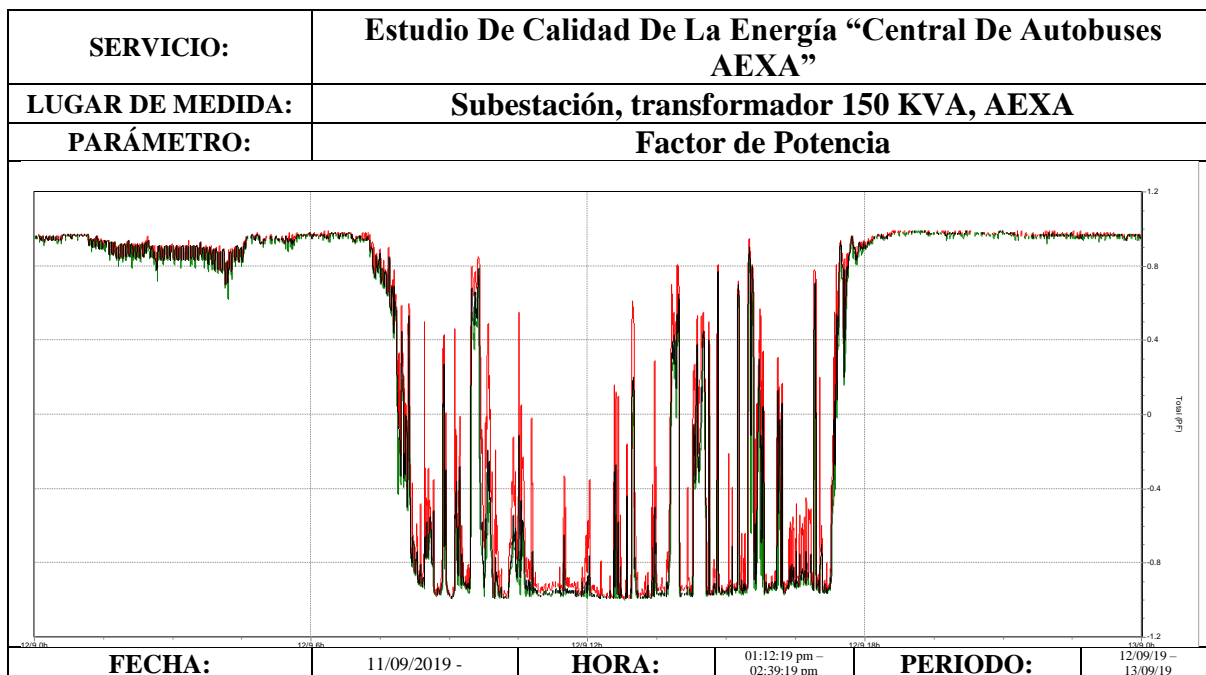
Tabla 3.41 Medición de Generación Fotovoltaica

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.** La energía Wh Atrás es la producida por el sistema fotovoltaico, el sistema inicia a generar a las 08:00 a.m. hasta las 17:20 p.m. la energía generada el día 12 de septiembre de 2019 fue de 130.82 KWh, la potencia generada fue de 12.82 KW.

Con referencia a la potencia instalada solo se generó el **21.88% Total**. El sistema fotovoltaico tiene una **pérdida de potencia del 78.11%**. Estas condiciones se deben por **la falta de mantenimiento de los paneles y la irradiación solar diaria.**

Factor de Potencia

El Factor de potencia mide la eficiencia de su consumo eléctrico, a la hora de convertirlo en potencia útil, como luz, calor o movimiento mecánico.



	13/09/2019		
Intervalos de grabación		0h 0m 30s 0mseg	Duración
			2d 1h 27m 30s

Figura 3.32 Grafica del Factor de Potencia

El factor de potencia tiene un comportamiento particular, cuando el sistema fotovoltaico entra en operación actúa como un banco de capacitores, el F.P. que los inversores generan no son para las cargas, el factor de potencia lo usa el mismo inversor para poder estabilizar y generar la energía activa.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Factor de Potencia	SIMBOLOGÍA			
	Máximo	Mínimo	Media	95% Percentil
Fase A	1	-1	0.84	0.99
Fase B	0.99	-0.99	0.36	0.98
Fase C	1	-1	0.31	0.99
TOTAL	0.99	-0.99	0.34	0.98
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.42 Medición del Factor de Potencia

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.** El Factor de potencia del sistema eléctrico es de **98%**, cuando el sistema fotovoltaico entra en operación, los inversores de compensación SMA SUNNY BOY 7.7, actúan como un banco de capacitores llevando el factor de potencia al cuadrante negativo. Una vez que el sistema fotovoltaico deja de general, el F.P. se restablece en el cuadrante positivo. El factor de potencia se encuentra en los valores permisibles que marca la especificación de CFE L0000-45.

3.11 Pérdidas de Energía

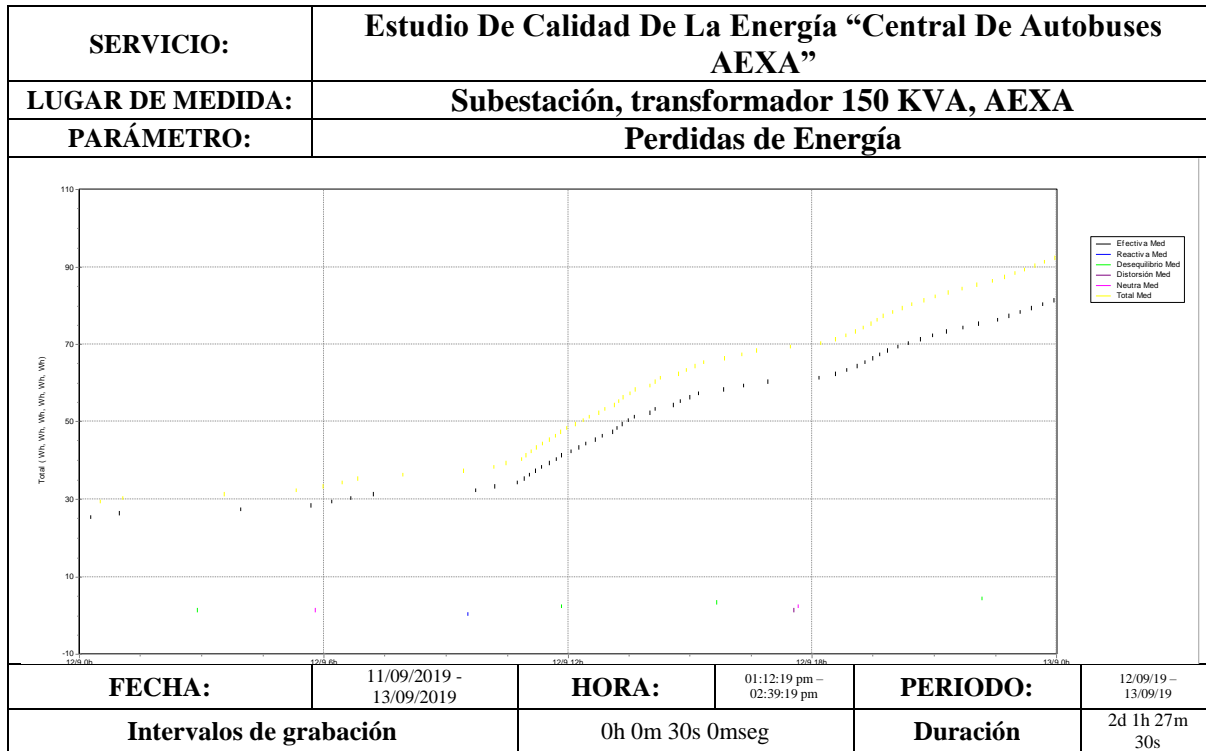


Figura 3.33 Pérdidas de Energía

El equipo de medición FLUKE 432 serie II, nos permite tener mediciones de pérdida de la energía como se observa en la figura 3.31, las pérdidas de energía se miden en la energía activa (grafica negra), reactiva (grafica azul), desequilibrio (grafica verde), armónicos (grafica purpura), neutro (grafica magenta) y genera una gráfica con la sumatoria total (grafica amarilla).

REGISTRO DE MEDICIONES				
Perdidas de Energía	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (Wh)	Mínimo (Wh)	Media (Wh)	95% Percentil (Wh)
Activa	109	0	51.31	97
Reactiva	1	0	0.5887	1
Desequilibrio	7	0	3.121	6
Armónico	3	0	1.303	2
Neutro	5	0	2.252	4
TOTAL	124	0	58.61	111
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19		DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s

Tabla 3.43 Medición de Pérdidas de Energía

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.**

3.12 Armónicos

Las cargas no lineales tales como: rectificadores, inversores, variadores de velocidad, etc.; absorben de la red corrientes periódicas no sinusoidales. Estas corrientes están formadas por un componente fundamental de frecuencia 60 Hz, más una serie de corrientes superpuestas de frecuencias, múltiplos de la fundamental, que denominamos ARMÓNICOS ELÉCTRICOS, que generan costes técnicos y económicos importantes.

Armónicos en Voltaje

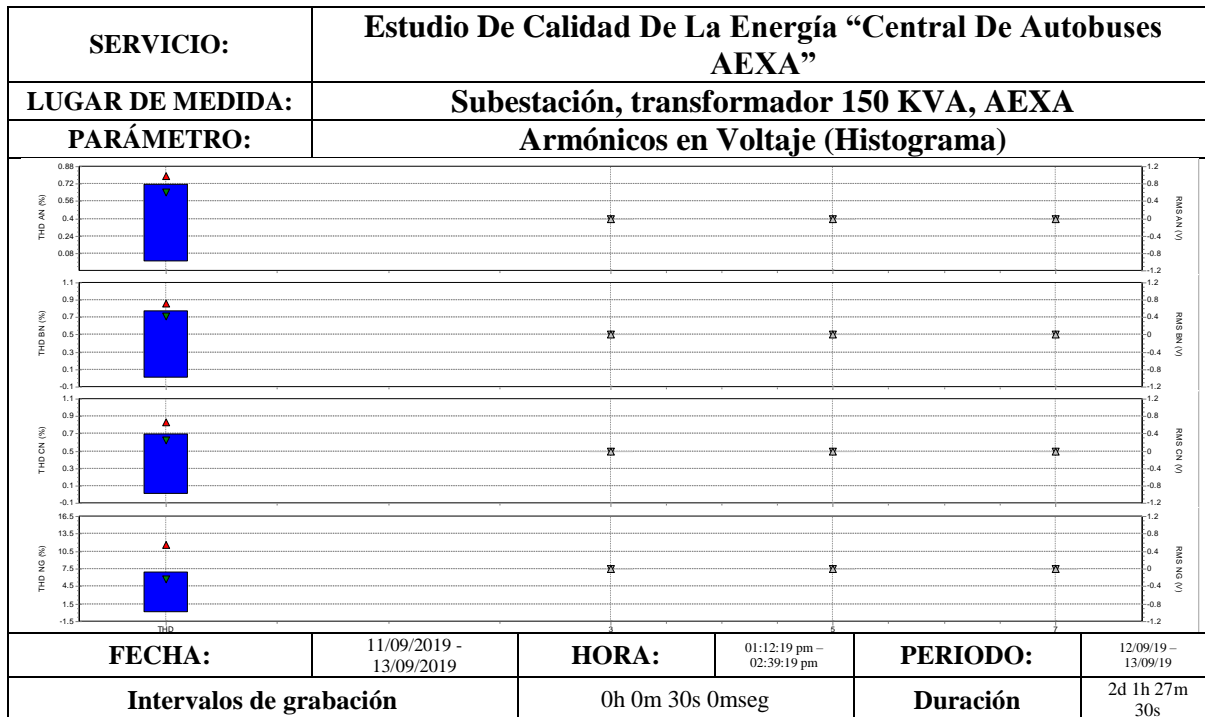


Figura 3.34 Espectro TDH en Voltaje

En la figura 3.32 se muestra el espectro TDH en voltaje TOTAL, que se representan en las gráficas azules y detalladas en la tabla 3.44, donde se muestran los valores registrados.

REGISTRO DE MEDICIONES				
THD Voltaje	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (%)	Mínimo (%)	Media (%)	95% Percentil (%)
Fase A	0.94	0.59	0.73	0.85
Fase B	0.98	0.64	0.79	0.91
Fase C	0.89	0.6	0.72	0.83
Neutro	327.67	40.97	116.03	210
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19		DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s

Tabla 3.44 Medición de TDH en Voltaje

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.** La distorsión armónico total (THD) promedio es de

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87

0.74% respecto al valor RMS de la fundamental, en la especificación de CFE L0000-45; en la tabla 2 límites máximos de distorsión armónica total en tensión y CAIMT en el punto de acometida es de 6%. (Valor CAIMT 0.060%), con base a la especificación de CFE L0000-45 [4.11].

CAIMT = contenido armónico individual máximo en tensión

Armónicos en Corriente

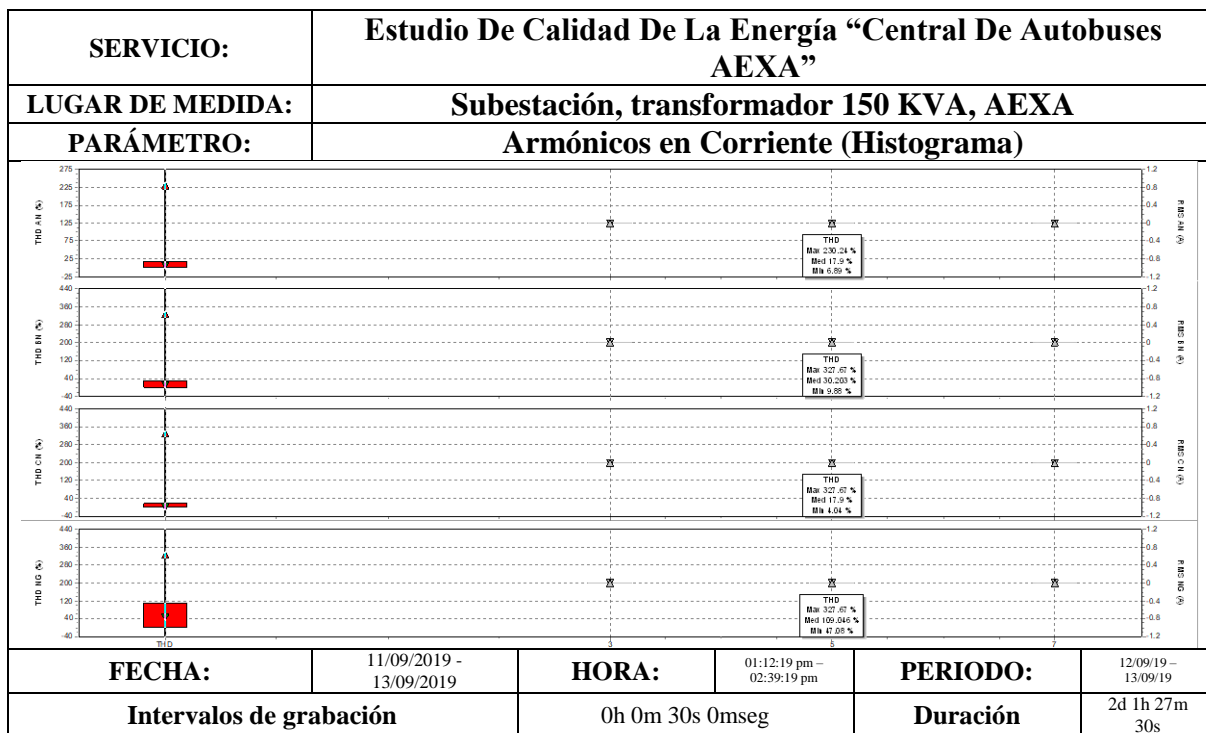


Figura 3.35 Espectro TDH en Corriente

En la figura 3.33 se muestra el espectro TDH en corriente TOTAL, que se representan en las gráficas rojas y detalladas en la tabla 3.45, donde se muestran los valores registrados.

REGISTRO DE MEDICIONES				
THD Corriente	SIMBOLOGÍA			
	Máximo (%)	Mínimo (%)	Media (%)	95% Percentil (%)
Fase A	327.67	3.55	18.79	45.38
Fase B	327.67	8.63	31.35	87.08
Fase C	327.67	3.72	17.60	56.49
Neutro	327.67	3.72	17.60	56.49
PERIODO:	11/09/19 - 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.45 Medición de TDH en Corriente

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.** La distorsión armónico total (THD) promedio es de

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87

22.58% respecto al valor RMS de la fundamental de la corriente, el THDI% genera la distorsión de la onda de voltaje. (Valores DACT=1.84% DATD=2.57%), con base a la especificación de CFE L0000-45 [4.10].

La distorsión armónica en Voltaje permisible esta en los límites aceptados por la especificación de CFE L0000-45. La distorsión total de demanda en corriente (DATC) permisible es del 8%.

CAIMC = *contenido armónico individual máximo en corriente.*

4.13.-Flicker

Los Flicker se les conocen como variaciones de luminiscencia de lámparas debidos a fluctuaciones de la envolvente de tensión.

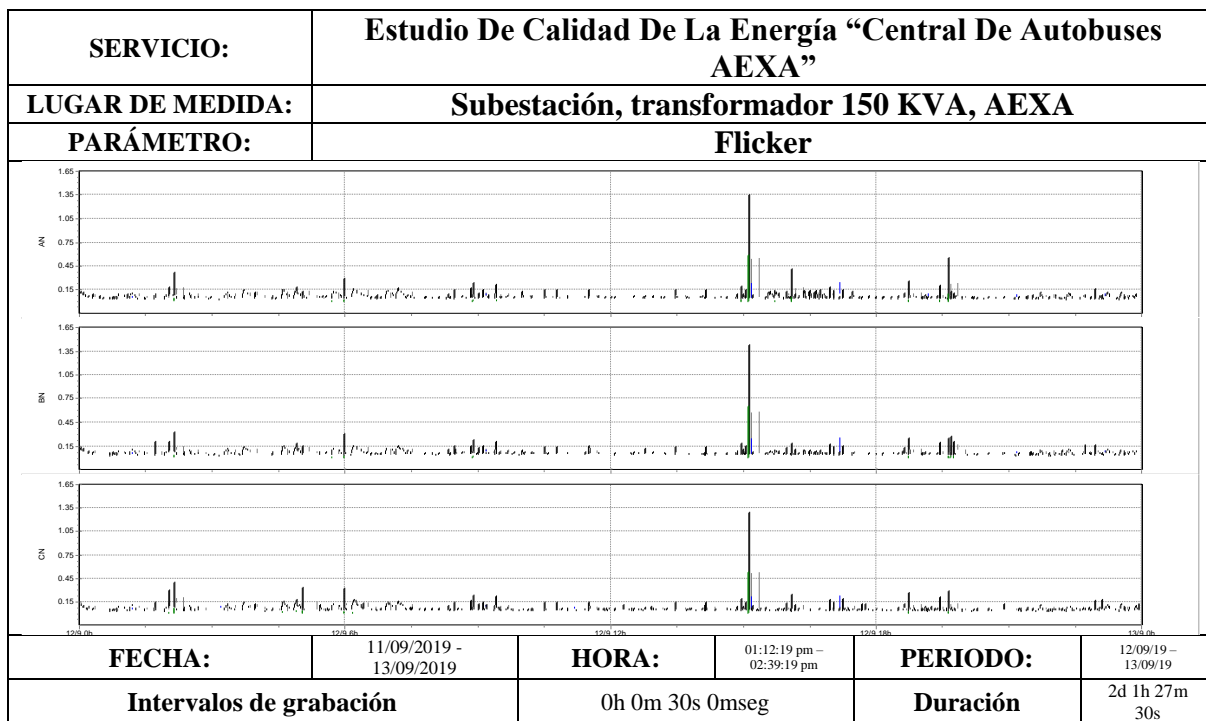


Figura 3.36 Grafica de Flickers.

Los Flicker o como normalmente se conocen “parpadeo Eléctrico”, es producido por la conexión o desconexión de cargas, y estas se reflejan en un fenómeno visual presente en las luminarias. En la figura 3.34 se puede observar que las variaciones de tensión son permanentes hasta que el punto más alto y de mayor duración se hace presente en el periodo de la desconexión del sistema fotovoltaico y se comienzan a usar las luminarias de la central de autobuses. En la tabla 3.46 se dan detalle de los valores medidos.

REGISTRO DE MEDICIONES				
Flicker	SIMBOLOGÍA			
	Máximo	Mínimo	Media	95% Percentil
Pst	0.607	0	0.085	0.145
Pst 1min	1.519	0	0.068	0.137
Plt	0.259	0	0.294	0.200
PInst	0.760	0	0.004	0.02
PERIODO:	11/09/19 – 13/09/19	DURACIÓN:	2d 1h 27m 30s	

Tabla 3.46 Medición de Flickers.

El **95% percentil** se establece por el periodo de la medida, programada en el equipo (analizador FLUKE 435 serie II), **de 30 segundos por el tiempo de monitoreo de 49 horas y 27 minutos con 30 segundos.** Según con la especificado en **CFE L0000-45, tabla 1. Límites de variaciones de tensión**, menciona que los parámetros permitidos en **Pst debe de ser menor igual a 1, en Plt el limites es menor igual a 0.65.** En los parámetros de Pst y Plt en la medición, se encuentran en los valores permisibles como lo marca la especificación CFE L0000-45 [Tabla 1].

3.15 Análisis de facturación

Análisis de facturación. El análisis energético consiste en presentar en forma de graficas las principales variables como son el consumo y la demanda, el factor de potencia, factor de carga y factor demanda. El monto de cargos y bonificaciones, el monto de la facturación y la producción total de la empresa.

El análisis de la facturación eléctrica se realiza con el fin de identificar si existe la posibilidad de realizar: Reducción en la demanda eléctrica máxima, Consumo de energía eléctrica, Optimizar el factor de potencia, Mejorar el factor de carga y demanda, Encontrar errores en la toma de lecturas, Potenciales de ahorro a través de índices energéticos, Disminución de la factura eléctrica y Condición general de la situación en uso de energía

Es necesario que se recopile la información de las facturas de energía eléctrica y producción.

El análisis energético consiste en presentar en forma gráfica las principales variables como son: el consumo y la demanda, el factor de potencia, factor de carga y factor de demanda, el monto de recargos y bonificaciones, el monto de la facturación y producción total de la empresa.

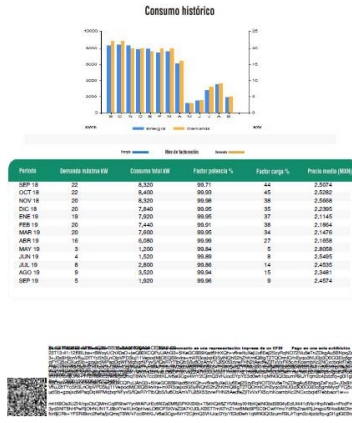
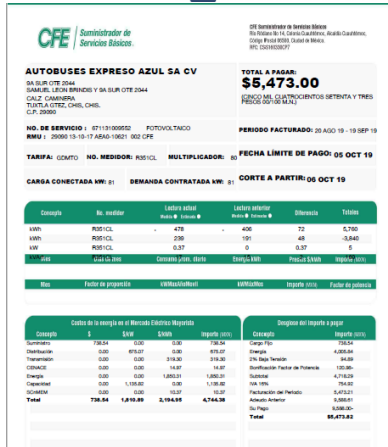


Figura 3.37 Factura Autobuses Expresos Azul SA CV.

Es indispensable contar por lo menos con las facturas de un año para poder estudiar cómo ha sido el crecimiento y el comportamiento de la energía eléctrica y poder tener referencias que comparar con las mediciones que se realizan con el analizador de redes.

Comportamiento del Consumo de la Energía Eléctrica. Con la corrección de la facturación de los meses de marzo a septiembre. Se estudia el comportamiento del consumo y demanda de la facturación en un año.

COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA			
EMPRESA:		AUTOBUSES EXPRESOS AZULES SA CV	
TARIFA:		GDMTO	
REGION:		SURESTE	
DEMANDA CONTRATADA :		81	KW
PERIODO (MES - AÑO)		CONSUMO (kW)	DEMANDA (kW)
Septiembre	2018	8320	22
Octubre	2018	8400	22
Noviembre	2018	8320	20
Diciembre	2018	7840	20
Enero	2019	7920	19
Febrero	2019	7440	20
Marzo	2019	7600	20
Abril	2019	6080	16
Mayo	2019	1200	3
Junio	2019	1520	4
Julio	2019	2800	8
Agosto	2019	3520	9
Septiembre	2019	1920	5
TOTAL		72880	188
PROMEDIO		5606.1538	14.4615

Tabla 3.47 Comportamiento del Consumo y Demanda.

En la tabla 3.47 se concentra la información de un año del consumo y la demanda de la central de autobuses AEXA, información proporcionada por la facturación mensual.

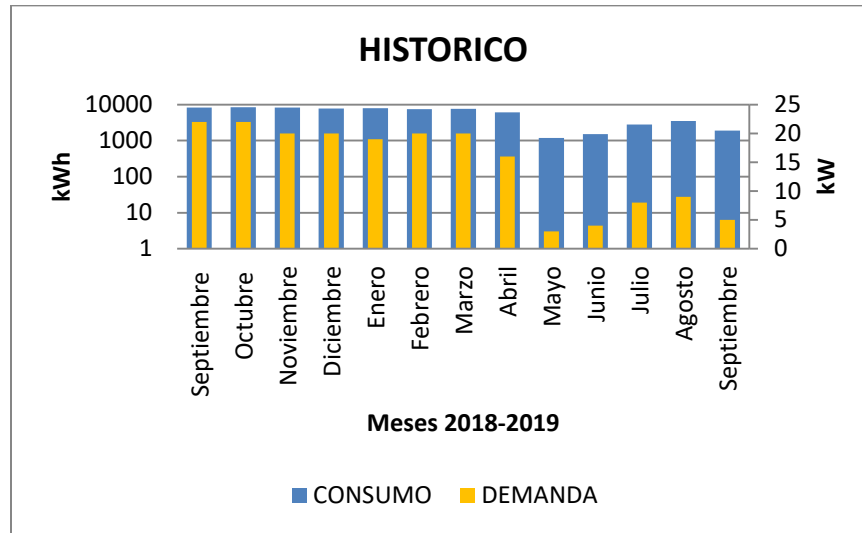


Figura 3.38 Grafica Consumo - Demanda (KWh/KW)

La figura 3.36 se analiza el comportamiento de la demanda y del consumo de la central, cuando la demanda reduce de manera drástica en el mes de mayo, se debe a la puesta en marcha del sistema fotovoltaico. Se analiza el comportamiento de la Demanda media, Factor de Demanda, Factor de Carga y Factor de Potencia.

COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA					
EMPRESA:		AUTOBUSES EXPRESOS AZULES SA CV			
TARIFA:		GDMTO			
REGION:		SURESTE			
DEMANDA CONTRATADA :		81	KW		
PERIODO		DEMANDA MEDIA	FACTOR DE DEM. FACTOR DE CARGA		FACTOR DE POTENCIA
(MES - AÑO)		(kW)	(%)	(%)	(%)
Septiembre	2018	11.6	0.53	0.44	0.9971
Octubre	2018	11.7	0.53	0.45	0.9993
Noviembre	2018	11.6	0.58	0.38	0.9998
Diciembre	2018	10.9	0.54	0.35	0.9995
Enero	2019	11.0	0.58	0.37	0.9995
Febrero	2019	10.3	0.52	0.38	0.9991
Marzo	2019	10.6	0.53	0.34	0.9995
Abril	2019	8.4	0.53	0.27	0.9999
Mayo	2019	1.7	0.56	0.05	0.9984
Junio	2019	2.1	0.53	0.08	0.9989
Julio	2019	3.9	0.49	0.14	0.9986
Agosto	2019	4.9	0.54	0.17	0.9994
Septiembre	2019	2.7	0.53	0.09	0.9996
TOTAL		101.2			

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87

PROMEDIO	7.7863	0.5365	0.27	0.9991
----------	--------	--------	------	--------

HORAS DE OPERACIÓN DE LUNES A VIERNES	24
HORAS DE OPERACIÓN SABADOS	24
HORAS DE OPERACIÓN DOMINGOS	24
HORAS PROMEDIO AL MES:	720

Tabla 3.48 Comportamiento de la Demanda media, Factor de Demanda, Factor de Carga y Factor de Potencia.

En el comportamiento de la demanda media, factor de demanda, factor de carga y factor de potencia, como se expresa en la tabla 3.48. Al hacer un total y promediar la información se tiene que estudiar el comportamiento del proceso de la central, el cual se requiere conocer los días y horas de operación al mes.

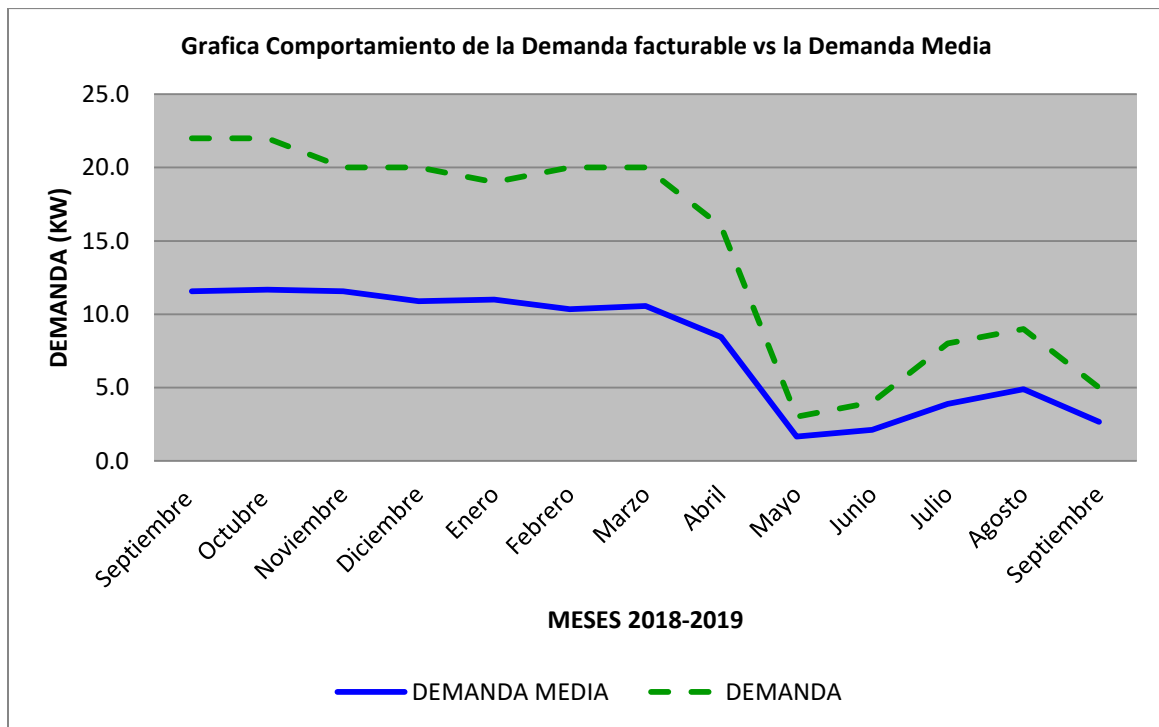


Figura 3.39 Comportamiento de la demanda facturable vs la Demanda media.

La grafica de la figura 3.37 comportamiento de la demanda facturable vs la demanda media, se genera para una comparación de la demanda facturada y la demanda media de los meses del año estudiado.

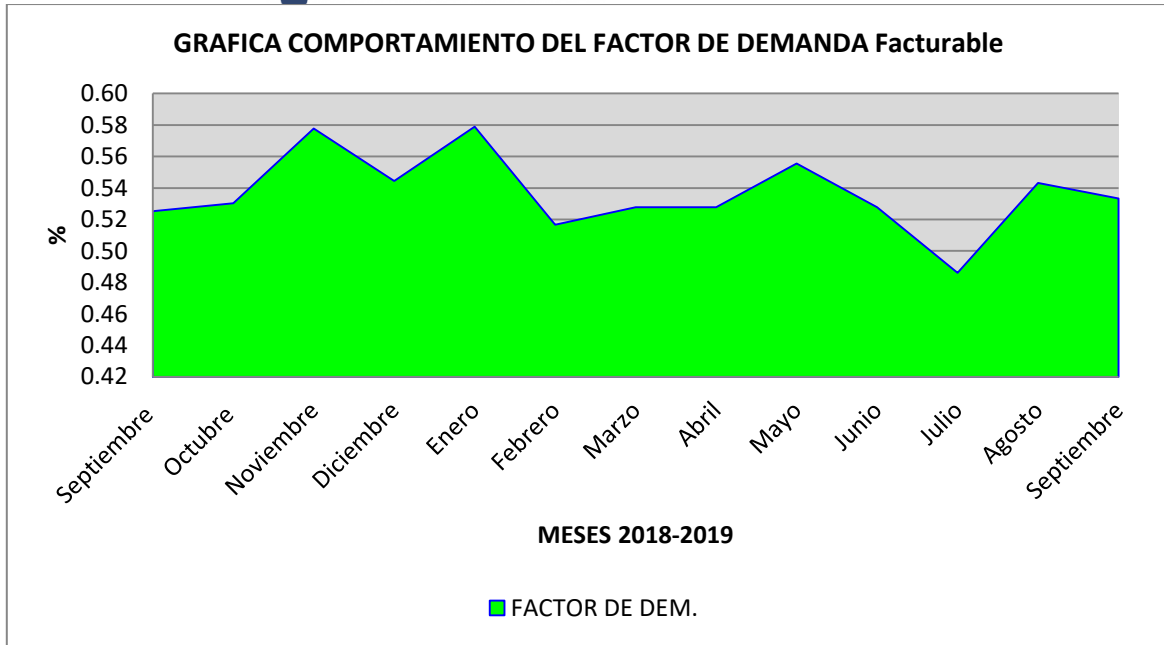


Figura 3.40 Comportamiento del Factor de Demanda Facturable (%)

En la grafica del comportamiento de la demanda facturable figura 3.38 nos ayuda a observar de manera porcentual la disminucion de la demanda en los meses del año estudiado, observando el decremeto a favor fue el mes de mayo.

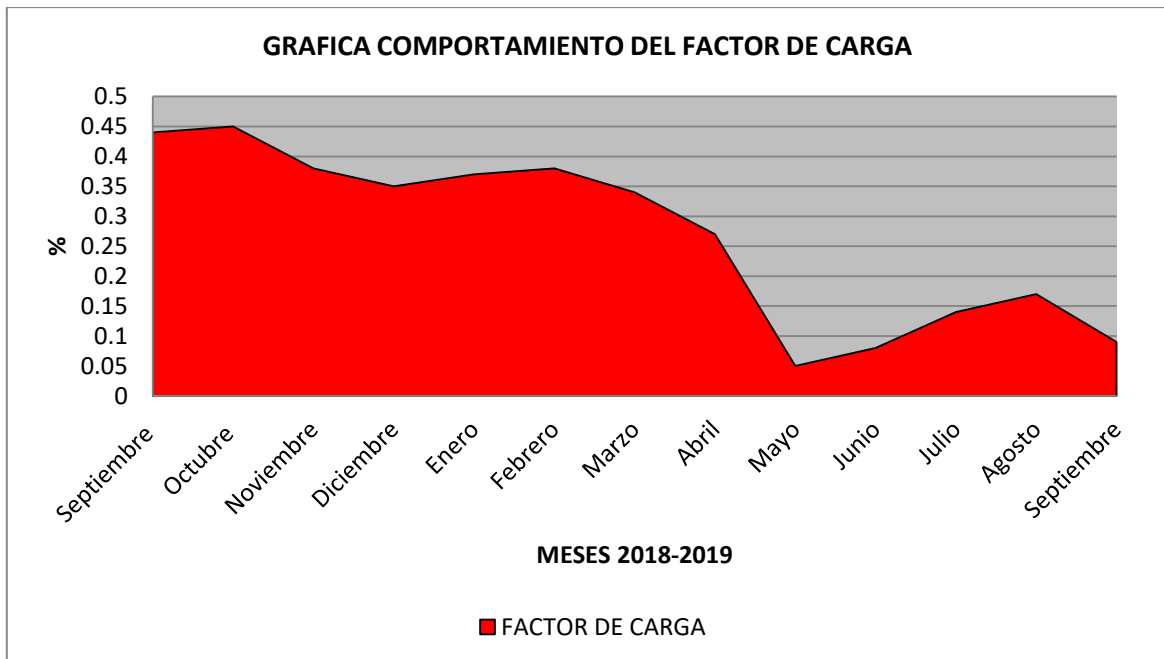


Figura 3.41 Comportamiento del Factor de Carga

Para el comportamiento del factor de carga que muestra la figura 3.39 es la carga promedio dividida por la carga máxima en un periodo de tiempo, para conocer la eficiencia de la energía consumida. El cual se reduce el mes de mayo por la aportación de energía que el sistema fotovoltaico aporta al sistema.

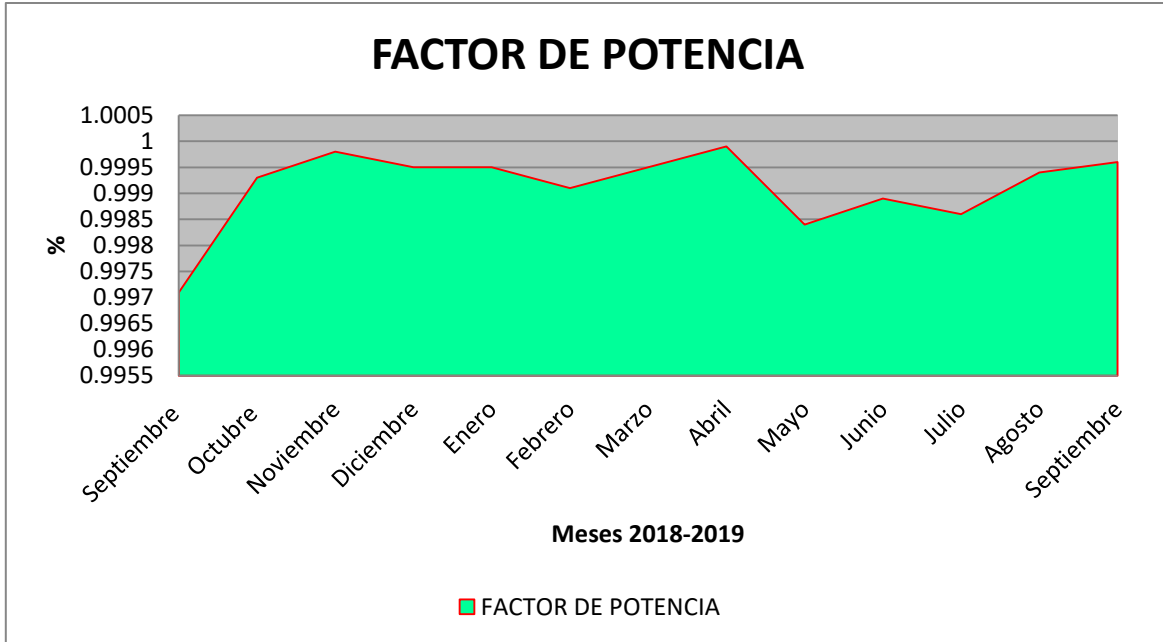


Figura 3.42 Factor de Potencia

El factor de potencia facturado mostrado en la figura 3.40 se encuentran en el límite apropiado estando oscilando por el 99% alcanzando la bonificación que la CFE aplica como descuento en la factura mensual del 2.5% en la factura mensual.

Se analiza el Cargo/Bonificación, energía reactiva, pago de energía y el pago total.

COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA					
EMPRESA:		AUTOBUSES EXPRESOS AZULES SA CV			
TARIFA:		GDMTO			
REGION:		SURESTE			
DEMANDA CONTRATADA :		81	KW		
PERIODO		CARGO/BONIFIC.	ENERGIA REACTIVA	PAGO DE ENERGIA	PAGO TOTAL
(MES - AÑO)		(\$)	(KVArh)	(\$)	(\$)
Septiembre	2018	0.0	0.00	0	0.00
Octubre	2018	-544.53	320	3399.64	24635.09
Noviembre	2018	-547.59	160	3418.69	24773.10
Diciembre	2018	-450.19	240	2810.65	20367.00
Enero	2019	-429.41	240	2680.85	19426.45
Febrero	2019	-417.10	320	5284.89	38296.33
Marzo	2019	-418.51	240	2612.89	18933.98
Abril	2019	-337.64	80	2108.08	15275.95
Mayo	2019	-86.33	320	539.11	3906.56
Junio	2019	-99.36	240	620.43	4495.87
Julio	2019	-176.15	320	1099.85	7969.96
Agosto	2019	-211.92	240	1323.23	9588.61
Septiembre	2019	-120.98	160	755.39	5473.82
TOTAL		-3839.71	2880.00	26653.70	193142.72
PROMEDIO		-319.98	240.00	2221.14	16095.23

Tabla 3.49 Comportamiento del Cargo/Bonificación, Energía Reactiva, Pago de Energía o total.

En la tabla 3.49 se elabora un comparativo de los costos de la energía eléctrica facturada por mes, y las bonificaciones o los sobrecargos aplicados, generando un precio promedio por mes.

5.3.-Índices Energéticos

Los índices son utilizados para determinar la eficiencia energética de las operaciones, así como para identificar el potencial de ahorro económico. Son solo una referencia de como los sistemas consumidores de energía deben funcionar. Relación entre la producción y consumo de energía eléctrica en un mismo periodo como la comparación histórica durante un año (mínimo), determinar intervalos de eficiencia (máximos y mínimos), Permite establecer metas de eficiencia y detectar fallas en la operación o información.

Se presenta la tabla 3.50 de los índices energéticos, donde se estudia la producción (la venta de boletos de viajero), consumo total (KWh/mes), factura eléctrica (\$), costos unitarios de energía (\$/KWh) y el índice energético (KWh/producción).

INDICES ENERGETICOS						
EMPRESA:		AUTOBUSES EXPRESOS AZULES SA CV				
TARIFA:		GDMTO				
REGION:		SURESTE				
DEMANDA CONTRATADA :		81	KW			
PERIODO		PRODUCCION	CONSUMO TOTAL	FACT. ELEC.	COSTO UNITARIO	INDICE ENERGETICO
(MES - AÑO)		(VENTA)	(kWh/MES)	(\$)	(\$/KWh)	(KWh/VENTA)
Octubre	2018	2096.4	8400	24635.09	2.5282	4.0069
Noviembre	2018	2329.0	8320	24773.1	2.5668	3.5723
Diciembre	2018	1680.0	7840	20367	2.2395	4.6667
Enero	2019	1512.0	7920	19426.45	2.1145	5.2381
Febrero	2019	2329.0	7440	38296.33	2.1864	3.1945
Marzo	2019	2096.0	7600	18933.98	2.1417	3.6260
Abril	2019	1500.0	6080	15275.95	2.1658	4.0533
Mayo	2019	2296.0	1200	3906.56	2.8058	0.5226
Junio	2019	2090.0	1520	4495.87	2.5495	0.7273
Julio	2019	1680.0	2800	7969.96	2.4535	1.6667
Agosto	2019	1680.0	3520	9588.61	2.3481	2.0952
Septiembre	2019	2329.0	1920	5473.82	2.4574	0.8244
PROMEDIO		1968.12	5380	16095.23	2.38	2.8495

Tabla 3.50 Índices Energéticos

GRAFICA DE INDICES ENERGETICOS

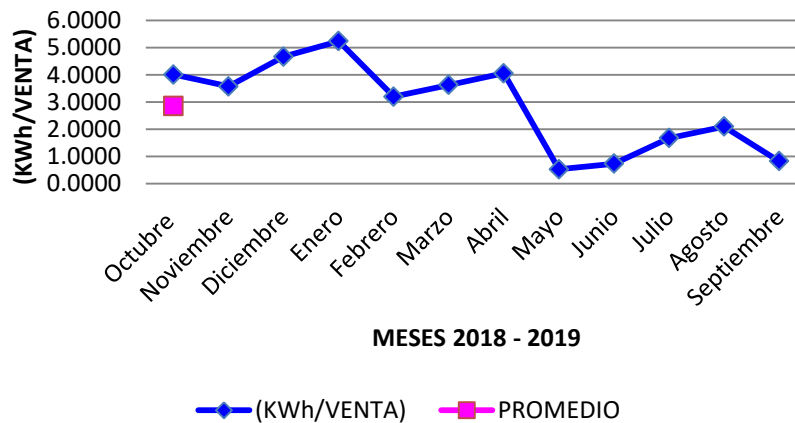


Figura 3.43 Grafica de índices Energéticos

DATOS INDICES ENERGETICOS	
VALORES	(kWh/VENTA)
MAXIMO	5.2381
MINIMO	0.5226
PROM. GRAL.	2.8495
PROM. MAX.	5
PROM. MIN.	1

Tabla 3.51 Datos de Índices Energéticos kWh/venta

La figura 3.41 de índices energéticos y la tabla 3.52 se utiliza para desarrollar el consumo de energía y compararlo con la venta de los boletos, para intentar optimizar la gestión de energía eléctrica en términos de costos. Con los índices energéticos se puede visualizar los potenciales de ahorro.

5.4.-Potenciales de Ahorro

El consumo de energía / Venta:

$$5 - 1 = 4 \left(\frac{kWh}{Ventas} \right) \quad (5.1)$$

En consumo de energía mensual:

$$4 \left(\frac{kWh}{Ventas} \right) * 1968.12(ventas) = 7872.48 \left(\frac{kWh}{mes} \right) \quad (5.2)$$

Económico mensual: (14.5 %)

$$7872.48 \left(\frac{kWh}{mes} \right) * 2.18 \left(\frac{\$/kWh} \right) = 17,162.00 \left(\frac{\$/mes} \right) \quad (5.3)$$

Ahorro con el sistema fotovoltaico:

Generación diaria promedio: **130.82 kWh**

Generación mensual promedio: **3924.60 (kWh / mes)**

Económico mensual promedio con fotovoltaico: (73.4%)

$$7872.48 \left(\frac{kWh}{mes} \right) - 3924.60 \left(\frac{kWh}{mes} \right) = 3,947.88 \left(\frac{kWh}{mes} \right) \quad (5.4)$$

$$3,947.88 \left(\frac{kWh}{mes} \right) * 2.18 \left(\frac{\$/kWh} \right) = 8,606.37 \left(\frac{\$/mes} \right) \quad (5.5)$$

El potencial de ahorro es del **73.4%** en la facturación **con el uso del sistema fotovoltaico**, con el cálculo de generación diaria, aproximando el costo del cálculo económico mensual promedio. **Se puede tener un ahorro aproximado del 14.5% implementando medidas de eficiencia energética en la instalación eléctrica.**

4. Resultados, conclusión y discusión

4.1 Resultados

Se realizó un estudio de calidad de la energía, para determinar los niveles de distorsión en la onda sinusoidal y conocer la aportación del sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE suministrador de servicios básicos. De acuerdo al monitoreo realizado con el equipo analizador de potencia marca FLUKE 435 serie II. Se concluye que el comportamiento en cuanto al consumo y a la demanda es congruente con los registros históricos, que se observan en el aviso recibo del servicio en cuestión, determinando que el incremento en el pago mensual obedece básicamente a los ajustes a las tarifas que la comisión reguladora de energía (CREE), ha venido realizando de manera mensual.

De acuerdo a la metodología y técnica empleada para llevar a cabo el monitoreo de la calidad de la energía el cual consiste en:

Obtención del aviso recibo de la energía eléctrica, Inspección física del lugar y objetos, Observación, análisis y comprobación de los datos que arroje el monitoreo de la calidad de la energía, siendo la comparación de datos inspeccionados con los conocimientos científicos de la ingeniería eléctrica y pericia, aplicación de la ley federal de la metrología y normalización y su reglamento, aplicación de la norma oficial mexicana NOM-001- SEDE-2012 y La norma oficial mexicana NOM-008- SCFI-1993. Como también la norma oficial mexicana NOM-0092-STPS-2011.

Con las norma internacionales como la EN50160, la especificación de CFE L0000-45 (perturbaciones permisibles en la forma de onda de la tensión y corriente del suministro de energía eléctrica), Especificación IEEE519 (prácticas recomendadas y requerimientos para el control de armónicas en el sistema eléctricos de potencia).

Uso de las disposiciones administrativas de carácter general contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del servicio eléctrico nacional: CÓDIGO DE RED, conforme dispone el artículo 12. FRAC.XXXVII de la ley de la industria eléctrica, concluyéndose lo siguiente. De acuerdo al monitoreo realizado, se determina que la central de autobuses expresos azules AEXA presenta **BUENA CALIDAD DE LA ENERGIA**, como puede desprenderse de las gráficas mostradas en páginas anteriores.

4.2 Conclusión

En este trabajo se realizó un estudio de la calidad de la energía en la central de autobuses expresos azules AEXA. Con el propósito de conocer el comportamiento del sistema eléctrico con un sistema de generación fotovoltaica interconectada en la red, los resultados obtenidos son de gran utilidad para lograr optimizar de la mejor manera el uso eficiente de la energía, aprovechando los beneficios monetarios que trae como consecuencia.

Se recomienda ampliamente a pequeñas y grandes empresas que tengan un alto consumo de energía, adquirir las nuevas tecnologías de generación limpia y sustentable como equipos de bajo consumo y de gran eficiencia para reducir costos en la facturación y lograr así el ahorro energético, esto es posible con la planeación de mejoras tanto de producción, como la optimización de las instalaciones eléctricas.

Para lograr este estudio de calidad se debe tener como objetivo principal ser un indicador del estado de salud de una instalación eléctrica, para poder garantizar el correcto funcionamiento de los equipos. De esto desprende la seguridad de las cargas, permitiendo conocer los niveles de consumo eléctrico de las mismas, evitando saturaciones por sobre carga.

Cuando se estudia el ahorro energético, se debe elaborar un plan para lograr gestionar la energía que una empresa demanda, para conocer si el costo de las facturas es “normal o excesivo” con el fin de poder desconectar cargas o cambiar los procesos a horarios donde el costo es menor.

Los estudios de calidad de la energía nos permiten a través de una recopilación de información ayudando a tener un panorama del comportamiento de la energía en un sistema eléctrico, mitigando fallas y solucionando los problemas que generan las pérdidas de energía como por ejemplo gastos de dinero, gastos en reparaciones y desgaste prematuro de los equipos.

4.3 Discusión

Es importante mencionar que con fecha 8 de abril del 2016, se publicó en el diario oficial de la federación la resolución NUMERO RES/151/2016 por la que la comisión reguladora de energía expide las disposiciones administrativas de carácter general que contiene los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico del sistema nacional: código de red, conforme dispone el artículo 12 frac. XXXVII de la ley de la industria eléctrica.

Este código de red en su capítulo 1 alcance y aplicación del MANUAL REGULATORIO DE REQUERIMIENTOS TECNICOS PARA LA CONEXIÓN DE CENTROS DE CARGA, establece que: “los centros de carga que emane o se relacionan a las actividades de suministro (calificado, básico o último recurso), usuarios calificados con generación de

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87

intermediación, que estén conectados en alta-media tensión cumplirán con todos los requerimientos de este manual en un plazo que no podrá extender por más de 3 años, debiendo presentar a la comisión regulatoria de energía (CREE), un plan de trabajo detallando las acciones que serán implementadas, considerando los tiempos y prácticas prudentes de la industria eléctrica, para asegurar el cumplimiento de lo establecido en este manual. En caso de prevalecer el incumplimiento a los requerimientos en el manual, se aplicarán sanciones de conformidad con la normativa vigente. Con el plazo que se vence el próximo 9 de abril de 2019.

Referencias Bibliografía

- [1] CIRCUTOR (2016) Alfaomega. *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*. Josep Balcells, Jordi Autonell, Vicente Barra, Joan Brossa, Francesc Fornieles, Bernat García, Joan Ros Jordi Serra.
- [2] (2018). *Calidad de la energía síntesis de la teoría a la praxis*. José Manuel Fregoso Flores.
- [3] (2017). *UF0150: Replanteo y funcionamiento de las instalaciones solares fotovoltaicas*. IC editorial. Ramón Guerrero Pérez.
- [4] (2009). *Guía CFE L0000-70. Calidad de la energía: características y límites de las perturbaciones de los parámetros de la energía eléctrica*.
- [5] CIRCUTOR (2008). *Guía técnica de eficiencia energética eléctrica*.
- [6] TSM_IEC_IM (2015). *Trina solar, Manuela de Instalación fotovoltaica*.
- [7] JOHNNY DUVAN M. S. & YANDRI JAVIER C. C. (2014). *Estudio y análisis de calidad de la energía enfocado en nivel de armónicos en el sistema eléctrico de la subestación enfriadora 1 de HOLCIM ecuador planta de Guayaquil*. Proyecto para la obtención del título de ingeniería eléctrica, Escuela Politécnica SALECIANA. Guayaquil, Ecuador.
- [8] GONZALO DARACHOF F. & JUAN CARLOS D. N. (2016). *Análisis de calidad de potencia mediante sistema de adquisición de datos*. Proyecto para optar el título de ingeniero eléctrico. Facultad de ingeniería BIO BIO, depto. Ingeniería eléctrica y electrónica. Concepción, Chile.
- [9] ING. OSCAR ROSALES P. (1995). *Estudió de frecuencias armónicas*. Proyecto de tesis para optar el grado de maestría en ciencias de la ingeniería eléctrica con especialidad en potencia eléctrica. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Nuevo León.

- [10] (2005). *Especificación CFE L0000-45*. Desviaciones permisibles en la forma de onda de tensión y corriente en el suministro y consumo de la energía eléctrica.
- [11] (2008). *IEC 61000-4-30-2008*. ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC), PART 4-30: TESTING AND MENSUREMENT TECHNIQUES – POWER QUALITY MENSUREMENT METHODS.
- [12] FLUKE (2009). *Introducción a los principios de la termografía*.
- [13] FLUKE (2015). *Termografía fácil: guía para el éxito*. Artículo técnico.
- [14] FLUKE (2008). *Reducción de costes gracias al análisis de la eficiencia energética*. Artículo técnico.
- [15] FLUKE (2014). *Calidad de la energía y pérdidas de energía en el cableado*. Artículo técnico
- [16] (1992). *IEEE-519.1992*. IEEE RECOMMENDED PRACTICES AND REQUIREMENTS FOR HARMONIC CONTROL IN ELECTRICAL POWER SYSTEM.
- [17] (2016). *Manual de interconexión de centrales de generación con capacidad menor a 0.5 MW*.
- [18] ACUERDO Núm.151/2016 (2016). *Disposición administrativa de carácter general que contiene los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico del sistema nacional: CÓDIGO DE RED*

Anexos

Anexo A: Ficha técnica del inversor fotovoltaico SMA SUNNY BOY 7.7.

SUNNY BOY
3.0-US / 3.8-US / 5.0-US / 6.0-US / 7.0-US / 7.7-US

583.0-15P-US-40 / 583.0-15P-US-40 / 583.0-15P-US-40 / 583.0-15P-US-40
586.0-15P-US-40 / 587.0-15P-US-40 / 587.0-15P-US-40 / 587.0-15P-US-40

CONFORME A LA CERTIFICACIÓN UL 1741 SA
INVERSOR INTERACTIVO CON SOPORTE
PARA LA GESTIÓN DE LA RED ELÉCTRICA

Mejoras que añaden valor

- Mayor integración con la solución Power+ de SMA permite un uso óptimo de la plataforma (MIPE)
- La primera fuente de poder segura (SPS)* del mundo ofrece ahora hasta 2000W
- Una completa gestión de la red garantiza una solución adecuada

Trabajo reducido

- El nuevo asistente de instalación con acceso directo a través de un dispositivo móvil inteligente minimiza el tiempo en el campo
- El sistema DC Disconnect integrado simplifica el sentido de los equipos y acelera la instalación

Flexibilidad inigualable

- La tecnología propia de SMA OptiTrac™ Global Peak mitiga las sombras con facilidad
- Los múltiples MPPTs independientes albergan cientos de posibilidades de conexión de sartas solares

Mantenimiento sin problemas

- El concepto de carcasa en dos piezas permite un mantenimiento sencillo y rápido
- La tecnología AFCI mejorada reduce las desconexiones erróneas del Sistema de protección a la vez que mejora la sensibilidad en arcos eléctricos.

Especificaciones técnicas	Sunny Boy 6.0-US		Sunny Boy 7.0-US		Sunny Boy 7.7-US	
	208 V	240 V	208 V	240 V	208 V	240 V
Entrada [DC]						
Potencia de DC máx. aprovechable	5400 W	6200 W	6900 W	7200 W	6900 W	7950 W
Tensión DC máx.	600 V					
Rango de tensión del MPPT calculado	220 - 480 V		245 - 480 V		270 - 480 V	
Rango de tensión de funcionamiento del MPPT	100 - 550 V					
Tensión de DC mín./tensión de entrada inicial	100 V / 125 V					
Corriente de entrada de funcionamiento máx. por MPPT	10 A					
Corriente máxima de corto circuito para el MPPT	18 A					
Número de rastreadores del MPPT/cortos por rastreador del MPPT	3 / 1					
Salida [AC]						
Potencia nominal de AC	5200 W	6000 W	6660 W	7000 W	6660 W	7680 W
Potencia máx. aparente de AC	5200 VA	6000 VA	6660 VA	7000 VA	6660 VA	7680 VA
Tensión nominal/ajustable	208 V / ●	240 V / ●	208 V / ●	240 V / ●	208 V / ●	240 V / ●
Rango de tensión AC	183 - 229 V	211 - 264 V	183 - 229 V	211 - 264 V	183 - 229 V	211 - 264 V
Frecuencia de red AC	60 Hz / 50 Hz					
Corriente máx. de salida	25,0 A	25,0 A	32,0 A	29,2 A	32,0 A	32,0 A
Factor de potencia (cos φ)	1					
Fases de salida/Conexiones de cables	1 / 2					
Armónicas	< 4 %					
Rendimiento						
Eficiencia máx.	97,2 %	97,6 %	97,1 %	97,5 %	97,1 %	97,5 %
Eficiencia CEC	96,5 %	97 %	96,5 %	97 %	96,5 %	97 %
Dispositivos de protección						
Dispositivo DC Disconnect	●					
Protección contra polarización de DC inversa	●					
Monitoreo de las fallas a tierra/Monitoreo de la red	●					
Protección contra cortocircuitos de AC	●					
Unidad de seguimiento sensible a la corriente residual en todos los polos [RCMU]	●					
Sistema de detección e interrupción de arcos voltaicos (AFCI)	●					
Clase de protección/Categoría de sobretensión	I / IV					
Datos generales						
Dimensiones (ancho/alto/fondo) en mm [in]	535 x 730 x 198 (21,1 x 28,5 x 7,8)					
Dimensiones del embalaje (ancho/alto/fondo) en mm [in]	600 x 800 x 300 (23,6 x 31,5 x 11,8)					
Peso / Peso del embalaje	26 kg (57 lb) / 30 kg (66 lb)					
Rango de temperatura de funcionamiento	- 25°C ...+60°C					
Emisión de ruidos [típica]	36 dB(A)		45 dB(A)			
Autocorsumo en potencia nominal por la noche	< 5 W					
Topología	Transformersless					
Sistema de refrigeración	Convección				Ventilador	
Características						
Puertos ethernet	2					
Fuente de Poder Segura (Secure Power Supply)	● *					
Pantalla (2 x 16 caracteres)	●					
Interfaz: Ethernet/WLAN	● / ●					
Módulo de sensores/Antena WLAN externa	○ / ○					
Garantía: 10/15/20 años	●/○/○					
Certificados y autorizaciones	UL 1741, UL 1998, UL 16998, IEEE1547, FCC Part 15 (Class A & B), CAN/CSA V22.2 107.1-1					
● Características estándar ○ Características opcionales -- No disponible Datos en condiciones nominales						
AVISO: Los inversores de EE. UU. se suministran con tapaderas grises. * No compatible con la funcionalidad Shutdown de la solución Power+						
Denominación	SB6.0-15P-US-40		SB7.0-15P-US-40		SB7.7-15P-US-40	

Anexo B: Ficha técnica de los paneles fotovoltaicos.




ERDM-SOLAR™

290-300 Watts Panel Solar Monocrystalino

Características Principales

- Garantía módulo reforzado
- Estructura reforzada
- Ídeal p/los sistemas montados en tierra

Inversión Segura

Las paneles ERDM-SOLAR™ son fabricados con células Monocrystalinas con potencias de 290 a 300 W/p. Estos paneles son laminados con células bifaciales de 156mm x 156mm y están diseñados para sistemas aislados o de interconexión a la red.

Celdas de alta calidad son encapsuladas en polycéfin, cubierto por vidrio templado y bajo nivel de hierro. La parte trasera del panel está protegida por TEFALON como fondo base, el cual es resistente a la radiación UV. El laminado es montado en un marco de aluminio anodizado para asegurar la máxima protección. Las cajas y conectores son MCA.

La combinación de componentes de alta calidad y el proceso de producción automatizado empleado por ERDM-SOLAR asegura una calidad superior. Un mínimo de mano de obra no automatizada durante las etapas de producción de materiales delicados garantiza una constancia en su funcionamiento.

Versión No. 1
Última revisión: Mayo del 2017

Características Eléctricas

Características	ERDM 290W HE	ERDM 290W HE	ERDM 300W HE
Voltaje en Circuito Abierto (V _{oc})	41.75V	41.77V	42.5V
Voltaje de Operación Óptimo (V _{mpp})	34.85V	34.87V	35.58V
Corriente de Cortocircuito (I _{sc})	5A	5.01 A	5.02 A
Corriente de Operación Óptima (I _{mpp})	5.43A	5.45 A	5.47 A
Potencia Máxima en STC (P _{max})	290W	295 W	300 W
Temperatura de Operación (°C)	-40 a 80	-40 a 80	-40 a 80
Máximo Voltaje del Sistema	1800 V	1800 V	1800 V
Máximo Valor del Fusible	20 A	20 A	20 A
Tolerancia de Potencia	+/-3 %	+/-3 %	+/-3 %
Eficiencia	17.68%	17.98%	18.29%

STC: Irradiación 1000W/m², Temperatura del Módulo 25°C, Air Mass 1.5

Características Mecánicas

Célula solar	Monocrystalina
Nº de celdas	60 (6 x 10)
Dimensiones	1640mm x 1000mm x 45mm
Peso aprox.	22 Kg
Cristal frontal	Cristal Templado de 4mm
Marco	Aluminio Anodizado
Caja de conexión	Juntales Box for PV Module

Coefficientes de Temperatura

Coefficiente de temperatura de potencia (P _{max})	-0.45 %/°C
Coefficiente de temperatura de voltaje (V _{oc})	-0.34 %/°C
Coefficiente de temperatura de corriente (I _{sc})	0.35 %/°C

Curvas IV









www.alcione.mx

soluciones.alcione.mx

Tel: (777) 101 11 17

Anexo C: Análisis de la facturación de la terminal de autobuses AEXA.



1a. Poniente Norte No. 1245; Tuxtla Gutierrez, Chiapas.
alico_ingenieria@hotmail.com
(01 961) 1451059; (045) 9615794459
facebook.com/alico

AUTOBUSES EXPRESOS AZULES SA CV		TOTAL A PAGAR:	
9A SUR OTE 2044 SAMUEL LEON BRINDIS Y 9A SUR OTE 2044 CALZ CAMINERA TUXTLA GTEZ, CHIS, CHIS. C.P. 29090		\$ 5,510.39	
RPU:	671131009552	FOTOVOLTAICO	PERIODO DE FACTURACION
RMU:	29090 13-10-17 EAEA0-10621 002 CFE		20-ago-19 19-sep-19

TARIFA:	GDMTO	NO. MEDIDOR	R351CL	MULTIPLICADOR	80
		2			

CARGA CONECTADA kW:	81	DEMANDA CONTRATADA	81
		Kw:	

CONCEPTO	NO. MEDIDOR	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	DIFERENCIA	TOTALES	
kWh	R351CL	478	406	72	5760	
kWh	R351CL	239	191	48	3840	SFV
kW	R351CL	0.37	0	0.37	30	
KVArh	R351CL	17	15	2	160	

DIVISION SURESTE						
CATEGORIAS			TARIFAS REGULADAS			
CAT. TARIFARIA	UNIDADES	TRANSMISION	DISTRIBUCION	CENACE	OSSB	SCnMEM
	\$/MES				748.78	
GDMTO	\$/kWh	0.1663		0.0078		0.0054
	\$/kW		136.54			

CATEGORIAS		CARGOS VARIABLES ago-19		CARGOS VARIABLES sep-19	
CAT. TARIFARIA	UNIDADES	ENERGIA	CAPASIDAD	ENERGIA	CAPASIDAD
	\$/MES				
GDMTO	\$/kWh	0.997		0.956	
	\$/kW		233.11		228.10
		DIAS	Kwh	F.P.	
		30	1920	99.65	
					CARGO/BONI
					2.4

ago-19	DIAS MES	30	0.3333	SUB-TOTA
	DIAS OPERACIÓN.	10		
SUMINISTRO	748.78		0.3289	\$ 246.31
DISTRIBUCION	136.54		5	\$ 227.57
TRANSMICION	0.1663		640	\$ 106.43
CENACE	0.0078		640	\$ 4.99
ENERGIA	0.956		640	\$ 611.84
CAPACIDAD	228.10		5	\$ 380.17
SCnMEM	0.0054		640	\$ 3.46
	1114.56	365.78	60.96	

-6

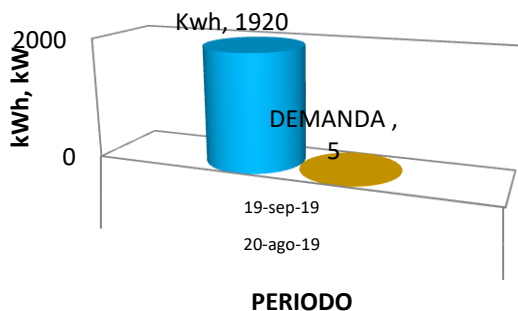
DEMANDA
5

F.C. CALCULADO
0.09

F.C
0.55

sep-19	DIAS MES	31	0.6452	SUB-TOTA	TOTAL
	DIAS OPERACIÓN.	20			
SUMINISTRO	748.78		0.6579	492.62	\$ 738.93
DISTRIBUCION	136.54		5	440.45	\$ 668.02
TRANSMICION	0.1663		1280	212.86	\$ 319.30
CENACE	0.0078		1280	9.98	\$ 14.98
ENERGIA	0.997		1280	1276.16	\$ 1,888.00
CAPACIDAD	233.11		5	751.97	\$ 1,132.13
SCnMEM	0.0054		1280	6.91	\$ 10.37
	1119.61	1.50	0.25		

CONSUMO, DEMANDA DEL MES



ENERGIA	\$ 4,771.72
2% MED	\$ 95.43
SUBTOTAL	\$ 4,867.15
CAR/BONI F.P. \$	-\$ 116.81
FACTURA NETA	\$ 4,750.34
I.V.A	\$ 760.05
TOTAL NUEVO	\$ 5,510.39

IMPORTE	\$ 5,473.00
DIFERENCIA	\$ 37.39

Con forme a lo especificado en el **ANEXO UNICO DEL ACUERDO Núm. A/06/2018. CFE "METODOLOGIA PARA DETERMINAR EL CALCULO Y AJUSTES DE LAS TARIFAS FINALES DEL SUMINISTRO BÁSICO."** En el apartado 3. PARAMETROS VARIABLES, **3.3.1 FACTOR DE CARGA.**

- El Factor de Carga es la relación entre la carga promedio en un tiempo determinado y la carga máxima registrada en el mismo periodo de una categoría tarifaria.
- Los Factores de Carga que se utilizan para determinar los cargos de capacidad son, para GDMTO:

Tabla 2. Factor de carga

Categoría de tarifa	Factor de Carga
GDMTO	0.55

Fuente: CFE

AUTOBUSES EXPRESO AZUL SA CV				TOTAL A PAGAR:		
9A SUR OTE 2044 SAMUEL LEON BRINDIS Y 9A SUR OTE 2044 CALZ CAMINERA TUXTLA GTEZ, CHIS, CHIS. C.P. 29090				\$5,473.00 (CINCO MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y TRES PESOS 00/100 M.N.)		
NO. DE SERVICIO : 671131009552 FOTOVOLTAICO				PERIODO FACTURADO: 20 AGO 19 - 19 SEP 19		
RMU : 29090 13-10-17 AEA0-10621 002 CFE						
TARIFA: GDMTO	NO. MEDIDOR: R351CL	MULTIPLICADOR: 80	FECHA LIMITE DE PAGO: 05 OCT 19			
CARGA CONECTADA KW: 81			DEMANDA CONTRATADA KW: 81		CORTE A PARTIR: 06 OCT 19	
Costos de la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista					Desglose del Importe a pagar	
Concepto	\$	\$/kW	\$/kWh	Importe (MXN)	Concepto	Importe (MXN)
Suministro	738.54	0.00	0.00	738.54	Cargo Fijo	738.54
Distribución	0.00	675.07	0.00	675.07	Energía	4,005.84
Transmisión	0.00	0.00	319.30	319.30	2% Baja Tensión	94.89
GENACE	0.00	0.00	14.97	14.97	Bonificación Factor de Potencia	120.98-
Energía	0.00	0.00	1,850.31	1,850.31	Subtotal	4,718.29
Capacidad	0.00	1,135.82	0.00	1,135.82	IVA 16%	754.92
SCnMEM	0.00	0.00	10.37	10.37	Facturación del Periodo	5,473.21
Total	738.54	1,810.89	2,194.95	4,744.38	Adeudo Anterior	9,588.61
					Su Pago	9,588.00-
					Total	\$5,473.82

Anexo D : Ficha tecnica de la camara termografica FLIR ONE PRO.



FLIR ONE PRO

El FLIR ONE Pro lo da la capacidad de encontrar los problemas invisibles con más rapidez que nunca. Al combinar un sensor térmico de la más alta resolución capaz de medir temperaturas de hasta 400 °C (752 °F) con potentes herramientas de medición y la capacidad de generación de informes, el FLIR ONE Pro trabajará tan duro como usted. El revolucionario procesamiento de imágenes VividIR™ le permite ver más detalles y darlos a sus clientes pruebas de que resolvió el problema que los afectaba ya desde la primera vez. El diseño actualizado incluye el revolucionario conector ajustable OneFit™ que se adapta a su teléfono, sin sacarlo de la funda protectora compatible. La aplicación FLIR ONE mejorada le permite medir varias temperaturas o regiones de interés de una vez y transmitir a su smartwatch para ver remotamente. Ya sea que esté inspeccionando paneles eléctricos, buscando problemas de climatización o tratando de encontrar daños causados por el agua, el nuevo FLIR ONE Pro es una herramienta sin la cual no debe estar el profesional serio.

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES VividIR

Véalo y resuélvalo: el más nítido rendimiento de la termografía móvil le permite detectar problemas con precisión y exactitud, y luego documentar su reparación para el cliente.

- La más avanzada mejora de la resolución de la imagen destaca los detalles térmicos que necesita para encontrar rápido los problemas.
- Con una resolución térmica de 160 x 120, FLIR ONE Pro usa la microcámara térmica de más alta resolución de FLIR y puede medir temperaturas tan altas como 400 °C (752 °F).
- FLIR MSX® estampa los bordes visibles de la cámara HD de 1440 x 1080 en las imágenes térmicas para crear una imagen más nítida y más fácil de comprender.

CONECTOR OneFit

Deje puesta la funda: contar con el conector ajustable significa que no tendrá que elegir entre disponer de la visión térmica y proteger su dispositivo si utiliza fundas compatibles.

- Longitud de ajuste del conector USB-C y del conector Lightning de hasta 4 mm adicionales.
- Conectores reversibles para Android y iOS.
- Ajusta el FLIR ONE a su dispositivo móvil al tiempo que mantiene seguro el teléfono.

APLICACIÓN QUE TRABAJA FUERTE

Trabaja como un profesional: las características concebidas para el trabajo incluyen capacidades avanzadas para una solución de problemas y una funcionalidad más profesional.

- Usa varias mediciones puntuales en tiempo real y áreas de interés.
- Accede a consejos y trazo térmico en tiempo real en la aplicación FLIR ONE seguidos por la generación de informes profesional mediante FLIR Tools.
- Usa en esquinas y rincones y en áreas de difícil acceso al conectarse a su Apple Watch o su smartwatch Android.

Especificaciones

Aspectos generales	
Certificaciones	MI (versión iOS), RoHS, CE/FC, CE/RC, UN3823
Temperatura de funcionamiento	De 0 °C a 35 °C (de 32 °F a 95 °F), carga de batería de 0 °C a 35 °C (de 32 °F a 95 °F)
Temperatura de almacenamiento	De -20 °C a 60 °C (de -4 °F a 140 °F)
Tamaño	60 mm An x 24 mm Al x 14 mm P (2.7" x 1.2" x 0.6")
Peso	26.5 g
Colores	Cable desde 1.8 m (5.9 pies)
Vistas	
Cámara visual y cámara térmica con MSX	
Sensor térmico	Tamaño de píxel 12µm, de 8 a 14 µm de rango espectral
Resolución térmica	160 x 120 píxeles
Resolución visual	1440 x 1080
ISO/NTSC	50° x 1° / 43° x 1°
Frecuencia de imagen	0.7Hz
Enfoque	Eléctrico / Infrarrojo
Rendimiento	
Rango dinámico de cámara	De -20 °C a 400 °C (de -4 °F a 752 °F)
Exactitud	±2 °C (±4 °F) a ±5%, normal Porcentaje de la diferencia entre la temperatura ambiente y de la cámara. Se aplica a 60 segundos tras el inicio cuando la unidad está entre 15 y 25 °C (59 °F a 77 °F) y la cámara está entre 5 y 220 °C (41 °F a 248 °F).
Sensibilidad térmica (NETD)	150 mK
Ajustes de sensibilidad	Mín: 25 %, normal: 50 %, ambiente: 50 %, brillante: 20% (a temperatura de fondo refrigerada de 22 °C (72 °F))
Dilatación	Automática/Manual
Almacenamiento	
Duración de la batería	Aproximadamente 1h
Demora para cargar la batería	40 min
Interfaces	
Vídeo	Lighting macro (iOS), USB C macro (Android)
Carga	USB-Cableo (S-VT-A)
Aplicación	
Visualización/captura de vídeo e imagen fija	Grabado como 1440 x 1080
Formatos de archivo	Foto - jpeg/RAW Vídeo - MP4 (formato de archivo MOV (iOS), M4V (Android))
Modos de captura	Videos, foto, temporizador
Paleta de color	Grn (blanco caliente), rojo (caliente), azul (frío), negro, amarillo, contraste, brillo, lava y viento.
Medidor puntual	Desactivado/ °C / °F. Resolución 0.1 °C / 0.1 °F
Distancia MSX regulable	0.2 m - Infrarrojo
Monitor de carga de la batería	0 - 100 %

FLIR Portland
Corporate Headquarters
Flir Systems, Inc.
27700 SW Parkway Ave.
Wilsonville, OR 97070
USA
P#: +1 800 477 5087

FLIR Commercial Systems
Avenida de Arzobispo, 15- 2º
26104 Alcobendas (Madrid)
España
Tel.: +34 91 672 40 27
Fax: +34 91 652 87 46
E-mail: flir@flir.com

FLIR Commercial Systems
Luxemburgstraat 2
2020 Meer
Belgium
Tel.: +32 (0) 2665 5100
Fax: +32 (0) 2665 5524
E-mail: flir@flir.com

www.flir.com
NASDAQ: FLIR

Los equipos descritos en este documento están sujetos a regulaciones de exportación de EE. UU. y pueden requerir una licencia para su exportación. Cuando prohibidas las desviaciones, consulte a la ley de EE. UU. Las imágenes utilizadas tienen una función meramente informativa. Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso. ©2017 FLIR Systems, Inc. Todos los derechos reservados. 06/16/17
17-1166-05M-FLIRDSa_Pte_ES

Anexo E: Certificado de calibración del equipo de medición FLUKE 432 serie II ANALIZADOR DE REDES.



PÁGINAS 3/4

CERTIFICADO: CEMMEX-E-1114/2017

CONDICIONES DE CALIBRACION	
TEMPERATURA AMBIENTE:	22.6 °C ± 1°C
HUMEDAD RELATIVA:	53 % ± 5% H.R.
PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:	CEMMEX-PC-04 CEMMEX-PC-07
METODO DE MEDICION:	DIRECTO

DATOS DE CALIBRACION TENSION ELECTRICA ALTERNA
FRECUENCIA 60 Hz

VALOR DE REFERENCIA	VALOR BAJO CALIBRACION CANAL A	VALOR BAJO CALIBRACION CANAL B	VALOR BAJO CALIBRACION CANAL C	ERROR RELATIVO	± INCERT. EXPANDIDA
V	V	V	V	(%)	(%)
110.0	109.97	109.98	109.97	-0.02	0.079
220.0	219.96	219.96	219.95	-0.02	0.060

DATOS DE CALIBRACION CORRIENTE ELECTRICA ALTERNA FRECUENCIA 60 Hz

CANAL A NEGRO : SONDA DE CORRIENTE MODELO: i430-FLEXI-TF SERIE: 261610207-282178

CANAL B ROJA : SONDA DE CORRIENTE MODELO: i430-FLEXI-TF SERIE: 261700034-282178

CANAL C AZUL : SONDA DE CORRIENTE MODELO: i430-FLEXI-TF SERIE: 261610122-282178

VALOR DE REFERENCIA EQUIVALENTE	VALOR BAJO CALIBRACION CANAL A	VALOR BAJO CALIBRACION CANAL B	VALOR BAJO CALIBRACION CANAL C	ERROR RELATIVO	± INCERT. EXPANDIDA
A	A	A	A	(%)	(%)
50.0	50.3	50.2	50.1	0.40	0.9
100.0	100.7	100.3	100.2	0.40	0.8
200.0	201.1	200.4	200.2	0.28	0.9
300.0	301.4	300.5	300.3	0.24	0.8
400.0	402.0	400.8	400.3	0.26	0.7
500.0	502.5	501.0	500.4	0.26	0.7

CANAL N: SONDA DE CORRIENTE MODELO: i430-FLEXI-TF SERIE: 261700115-282178

VALOR DE REFERENCIA EQUIVALENTE	VALOR BAJO CALIBRACION CANAL N	VALOR BAJO CALIBRACION CANAL N	VALOR BAJO CALIBRACION CANAL N	ERROR RELATIVO	± INCERT. EXPANDIDA
A	A	A	A	(%)	(%)
50.0	50.0	50.0	50.0	0.00	0.83
100.0	100.3	100.3	100.3	0.30	0.63
200.0	200.4	200.4	200.4	0.20	0.78
300.0	300.6	300.6	300.6	0.20	0.67
400.0	400.7	400.7	400.7	0.17	0.61
500.0	501.0	501.0	501.0	0.20	0.57

ESTE CERTIFICADO ES VALIDO SOLO EN SU FORMA ORIGINAL Y SOLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE ESTE CERTIFICADO SON VALIDOS BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE CALIBRACION.

CENTRO DE METROLOGIA ESPECIALIZADA DE MEXICO, S.A. DE C.V.

AV. DE LOS DEPORTES No.9, COL. LAS ARBOLEDAS, C.P. 52950, ATIZAPAN DE ZARAGOZA, EDO. DE MEX.

TEL: 58617907 email. cemmexlogistica@gmail.com

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87



PAGINAS 4/4

CERTIFICADO: CEMMEX-E-1114/2017

CONDICIONES DE CALIBRACION		
TEMPERATURA AMBIENTE:	22.6 °C ± 1°C	PROCEDIMIENTO CEMMEX-PC-04 DE CALIBRACIÓN: CEMMEX-PC-07
HUMEDAD RELATIVA:	53 % ± 5% H.R.	METODO DE MEDICION: DIRECTO

POTENCIA ACTIVA F.P.=1 FRECUENCIA 60 Hz
CORRIENTE ELECTRICA ALTERNA FRECUENCIA 60 Hz 1 mV / A
CANAL A NEGRO : SONDA DE CORRIENTE MODELO: i430-FLEXI-TF SERIE: 261610207-282178
CANAL B ROJA : SONDA DE CORRIENTE MODELO: i430-FLEXI-TF SERIE: 261700034-282178
CANAL C AZUL : SONDA DE CORRIENTE MODELO: i430-FLEXI-TF SERIE: 261610122-282178

VALOR GENERADO	VALOR DE REFERENCIA	VALOR BAJO CALIBRACION	VALOR BAJO CALIBRACION	VALOR BAJO CALIBRACION	ERROR RELATIVO	± INCERT. EXPANDIDA
		CANAL A	CANAL B	CANAL C		
110V	kW	kW	kW	kW	(%)	(%)
50	5.50	5.53	5.51	5.50	0.24	0.57
100	11.00	11.06	11.03	11.01	0.30	0.56
200	22.00	22.11	22.04	22.01	0.24	0.56
300	33.00	33.16	33.06	33.02	0.24	0.56
400	44.00	44.18	44.06	44.02	0.20	0.56
500	55.00	55.24	55.10	55.02	0.22	0.56

POTENCIA ACTIVA F.P.=1 FRECUENCIA 60 Hz

VALOR GENERADO	VALOR DE REFERENCIA	VALOR BAJO CALIBRACION	VALOR BAJO CALIBRACION	VALOR BAJO CALIBRACION	ERROR RELATIVO	± INCERT. EXPANDIDA
		CANAL A	CANAL B	CANAL C		
220V	kW	kW	kW	kW	(%)	(%)
50	11.00	11.07	11.03	11.00	0.30	0.56
100	22.00	22.13	22.06	22.02	0.32	0.56
200	44.00	44.23	44.09	44.01	0.25	0.56
300	66.00	66.30	66.12	66.03	0.23	0.56
400	88.00	88.40	88.17	88.04	0.23	0.56
500	110.00	110.50	110.19	110.05	0.22	0.56

ESTE CERTIFICADO ES VALIDO SOLO EN SU FORMA ORIGINAL Y SOLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU TOTALIDAD.
LOS RESULTADOS DE ESTE CERTIFICADO SON VALIDOS BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE CALIBRACIÓN.
CENTRO DE METROLOGIA ESPECIALIZADA DE MEXICO, S.A. DE C.V.
AV. DE LOS DEPORTES No.9, COL. LAS ARBOLEDAS, C.P. 52950, ATIZAPAN DE ZARAGOZA, EDO. DE MEX.
TEL: 58617907 email. cemmexlogistica@gmail.com



Número de acreditación N° E-71.
Acreditado a partir de 2012-07-02

centro de
METROLOGIA
Especializada de México

Certificado de Calibración

No. de Certificado: CEMMEX-E-404-2017 Certified number	
Cliente Customer	Nombre: HERNAN AGUILAR PEREZ Customer's name
	Domicilio: CALLE 1A PONIENTE NORTE NO. 1245, COL. CENTRO C.P. 29000 TUXTLA GUTIERREZ CHIAPAS Address
Instrumento Instrument	Descripción: MULTIMETRO DIGITAL TIPO GANCHO Description
	Modelo: 376 FC Model/ type
	Marca: FLUKE Manufacturer
	No. de serie: 35470103WS Serial number
	Identificación: 35470103WS
MAGNITUD: Quantity	Especificaciones de exactitud: accuracy specifications 1,0%LECT + 5DIG. RESISTENCIA ELECTRICA 1,5% LECT + 5DIG. TENSION ELECTRICA ALTERNA 2 %± 5 dígitos(10–100Hz) CORRIENTE ELECTRICA ALTERNA 1,0% LECT + 5DIG. TENSION ELECTRICA CONTINUA 2%LECT + 3 DIG. CORRIENTE ELECTRICA CONTINUA
FECHA DE EMISION: emission date	2017 MARZO 07
FECHA DE RECEPCION: receipt date	2017 FEBRERO 28
	FECHA DE CALIBRACION: 2017 MARZO 07 Calibration date
Aprobó: Approved by	Calibrated by
ERNESTO ANDRADE JIMENEZ DIRECTOR GENERAL	JAVIER ANDRADE PEREZ METROLOGO
PAGINA: 1/5	

ESTE CERTIFICADO ES VALIDO SOLO EN SU FORMA ORIGINAL Y SOLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU TOTALIDAD.
LOS RESULTADOS DE ESTE CERTIFICADO SON VALIDOS BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE CALIBRACIÓN.
CENTRO DE METROLOGIA ESPECIALIZADA DE MEXICO, S.A. DE C.V.
AV. DE LOS DEPORTES No.9, COL. LAS ARBOLEDAS, C.P. 52950, ATIZAPAN DE ZARAGOZA, EDO. DE MEX.
TEL: 58617907 email. cemmexlogistica@gmail.com



PAGINAS 2/5

CERTIFICADO: CEMMEX-E-404-2017

DATOS DEL PATRON DE REFERENCIA CON TRAZABILIDAD A PATRONES PRIMARIOS DEL CENAM

<p>DESCRIPCION: CALIBRADOR MULTIFUNCIONES MARCA: FLUKE MODELO: 5500A</p> <p>SERIE: 6850016</p> <p>INCERTIDUMBRE BASICA: tension electrica alterna +/- 0,025% tension electrica continua +/- 40 µV / V resistencia electrica +/- 84 µΩ / Ω corriente electrica alterna +/- 0,061% corriente electrica continua +/- 84 µA / A</p>	<p>IDENTIFICACION: CEMMEX-E-001 CALIBRADO POR: CANHEFERN TRAZABILIDAD: CENAM</p> <p>VIGENCIA DE CALIBRACION: 2018 ENERO 11</p>
<p>DESCRIPCION: TOROIDE MARCA: FLUKE MODELO: COIL/5500A SERIE: S/S</p>	<p>IDENTIFICACION: ACCESORIO CALIBRADO POR: NO REQUIERE</p>

OBSERVACIONES: EL EQUIPO NO REQUIRIO AJUSTE

Las calibraciones se llevan a cabo bajo condiciones ambientales controladas y adecuadas a las especificaciones de exactitud de los instrumentos. CEMMEX utiliza procedimientos de calibración internos elaborados bajo principios físicos reconocidos, el personal esta capacitado y calificado para realizar las calibraciones utilizando patrones de referencia con trazabilidad a patrones primarios nacionales mantenidos por el CENAM.

Se intercomparó el instrumento previamente temperizado, por metodo directo con el patrón de referencia, los resultados son un promedio de 3 mediciones efectuadas por punto de calibración, aplicando las consideraciones necesarias.

Estas mediciones son trazables a los patrones nacionales mantenidos por el CENAM, los cuales son intercomparados periodicamente con patrones nacionales de otros países y, en su caso, con el patrón internacional.

Los valores reportados de incertidumbre corresponden a un factor de cobertura de 2 para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.

Los sistemas de calibración de Cemmex, S.A. de C.V. cumplen con los requerimientos de la Norma ISO / IEC 17025: 2005 y la NMX-EC-17025-IMNC-2006 La incertidumbre se calculo de acuerdo a la NMX-CH-140-IMNC-2002

Es responsabilidad del usuario el recalibrar el instrumento en intervalos de tiempo apropiados.

El Centro de Metrología Especializada de Mexico, S.A. de C.V. cuenta con el acreditamiento ante la EMA, N° E-71.

ESTE CERTIFICADO ES VALIDO SOLO EN SU FORMA ORIGINAL Y SOLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE ESTE CERTIFICADO SON VALIDOS BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE CALIBRACIÓN.

CENTRO DE METROLOGIA ESPECIALIZADA DE MEXICO, S.A. DE C.V.

AV. DE LOS DEPORTES No.9, COL. LAS ARBOLEDAS, C.P. 52950, ATIZAPAN DE ZARAGOZA, EDO. DE MEX.

TEL: 58617907 email. cemmexlogistica@gmail.com

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87



PAGINA 3/5

CERTIFICADO: CEMMEX-E-404-2017

CONDICIONES DE CALIBRACION	
TEMPERATURA AMBIENTE: 23.8 °C ± 1°C	PROCEDIMIENTO CEMMEX-PC-01
HUMEDAD RELATIVA: 40 % ± 5% H.R.	DE CALIBRACIÓN: CEMMEX-PC-03 CEMMEX-PC-04

DATOS DE CALIBRACIÓN: COMO SE ENCONTRO MAGNITUD TENSION ELECTRICA ALTERNA

INTERVALO	VALOR DE REFERENCIA	VALOR BAJO CALIBRACION	ERROR RELATIVO (%)	± INCERT. EXPANDIDA (%)
60 Hz	V	V	(%)	(%)
600 V	120.0	119.8	-0.17	0.075
	300.0	299.9	-0.03	0.056
	600.0	599.8	-0.03	0.064

DATOS DE CALIBRACIÓN: COMO SE ENCONTRO MAGNITUD CORRIENTE ELECTRICA ALTERNA

INTERVALO	VALOR DE REFERENCIA	VALOR BAJO CALIBRACION	ERROR RELATIVO (%)	± INCERT. EXPANDIDA (%)
60 Hz	A	A	(%)	(%)
1000 A	50.0	49.7	-0.60	0.83
	100.0	99.7	-0.30	0.63
	200.0	199.8	-0.10	0.78
	300.0	299.8	-0.07	0.67
	400.0	399.7	-0.08	0.61
	500.0	499.8	-0.04	0.57

ESTE CERTIFICADO ES VALIDO SOLO EN SU FORMA ORIGINAL Y SOLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU TOTALIDAD.
LOS RESULTADOS DE ESTE CERTIFICADO SON VALIDOS BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE CALIBRACIÓN.
CENTRO DE METROLOGÍA ESPECIALIZADA DE MEXICO, S.A. DE C.V.
AV. DE LOS DEPORTES No.9, COL. LAS ARBOLEDAS, C.P. 52950, ATIZAPAN DE ZARAGOZA, EDO. DE MEX.
TEL: 58617907 email. cemmexlogistica@gmail.com



PAGINA 4/5

CERTIFICADO: CEMMEX-E-404-2017

CONDICIONES DE CALIBRACION	
TEMPERATURA AMBIENTE: 23.8 °C ± 1°C	PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN: CEMMEX-PC-01 CEMMEX-PC-03 CEMMEX-PC-04
HUMEDAD RELATIVA: 40 % ± 5% H.R.	

DATOS DE CALIBRACIÓN: COMO SE ENCONTRO MAGNITUD TENSION ELECTRICA CONTINUA

INTERVALO	VALOR DE REFERENCIA	VALOR BAJO CALIBRACION	ERROR RELATIVO (%)	± INCERT. EXPANDIDA (%)
	V	V	(%)	(%)
	120.0	119.9	-0.08	0.050
600 V	300.0	300.0	0.00	0.021
	600.0	600.0	0.00	0.012

MAGNITUD CORRIENTE ELECTRICA CONTINUA

INTERVALO	VALOR DE REFERENCIA	VALOR BAJO CALIBRACION	ERROR RELATIVO (%)	± INCERT. EXPANDIDA (%)
	A	A	(%)	(%)
	50.0	49.9	-0.20	0.63
1000 A	100.0	99.8	-0.20	0.51
	200.0	199.7	-0.15	0.58
	300.0	299.6	-0.13	0.52
	400.0	399.6	-0.10	0.48
	500.0	499.5	-0.10	0.47

ESTE CERTIFICADO ES VALIDO SOLO EN SU FORMA ORIGINAL Y SOLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU TOTALIDAD.
LOS RESULTADOS DE ESTE CERTIFICADO SON VALIDOS BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE CALIBRACIÓN.
CENTRO DE METROLOGIA ESPECIALIZADA DE MEXICO, S.A. DE C.V.
AV. DE LOS DEPORTES No.9, COL. LAS ARBOLEDAS, C.P. 52950, ATIZAPAN DE ZARAGOZA, EDO. DE MEX.
TEL: 58617907 email. cemmexlogistica@gmail.com

Contacto@ittg.edu.mx

Carretera Panamericana Km.1080, C.P.29050, Apartado Postal: 599,

Tel. (961) 61 5 04 61 Fax: (961) 61 5 16 87