

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**MAESTRIA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

TEMA:

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la provincia de Santa Elena.

AUTOR:

Pine Tobar, William Russell

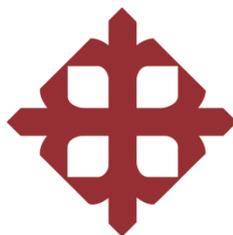
Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
**Magíster en Electricidad con mención en Energías
Renovables y Eficiencia Energética**

TUTOR:

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, MSc.

Guayaquil, Ecuador

09 de agosto del 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

MAESTRIA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGETICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Pine Tobar, William Russell**, como requerimiento para la obtención del Título de **Magíster en Electricidad con mención en Energías Renovables y Eficiencia Energética**.

TUTOR

f. _____

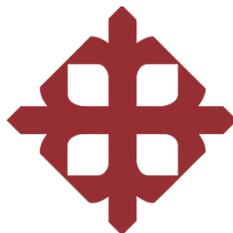
Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, M.Sc.

Guayaquil, a los 09 días del mes de agosto del año 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

MAESTRIA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGETICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Pine Tobar, William Russell**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena**, previo a la obtención del Título de **Magíster en Electricidad con mención en Energías Renovables y Eficiencia Energética**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

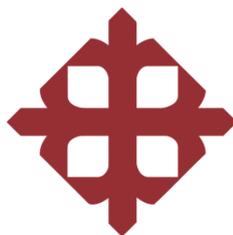
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 09 del mes de agosto del año 2022

EL AUTOR

f. _____

Pine Tobar, William Russell



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

MAESTRIA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGETICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Pine Tobar, William Russell**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 09 del mes de agosto del año 2022

EL AUTOR

f. _____

Pine Tobar, William Russell

REPORTE URKUND



Document Information

| | |
|-------------------|--|
| Analyzed document | TESIS DE MAESTRIA ING. W. PINE Rev. A.pdf (D137234674) |
| Submitted | 2022-05-19T19:19:00.0000000 |
| Submitted by | Celso Bayardo Bohorquez Escobar |
| Submitter email | celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec |
| Similarity | 1% |
| Analysis address | celso.bohorquez.ucsg@analysis.urkund.com |

Reporte Urkund del Trabajo de Titulación denominado “**Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena**” del Ingeniero Pine Tobar, William Russell. Una vez efectuado el análisis antiplagio el resultado indica 1% de coincidencia.

f.  _____

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, M.Sc.

AGRADECIMIENTO

Al terminar mi carrera de cuarto nivel, agradezco a Dios, por ser su voluntad seguir estudiando.

A la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, a su cuerpo de docentes y personal directivo de la promoción II de la maestría en Electricidad.

A mi tutor y director del programa de maestría, Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, M.Sc., por sus enseñanzas, colaboración, conocimiento y apoyo brindado; gracias a su amplia experiencia y predisposición antes y durante el desarrollo de mi trabajo de titulación.

A mi familia y amigos que han estado en todo momento presente cuando los he necesitado, brindándome el apoyo y las fuerzas necesarias para lograr mi objetivo académico.

Will

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico sobre todas las cosas a Dios, a sus palabras de esforzarme y ser muy valiente, a no temer, ni desmayarme, tampoco a desanimarme, porque él siempre estará conmigo (Josué 1:6-9), y hoy puedo decir Ebenezer, hasta aquí Dios me ha ayudado.

A mis padres (+), que a pesar de ya no estar más conmigo, siempre me ensaaron a luchar por mis sueños y metas, los extraño mucho.

A mis hermanos, que con su apoyo pusieron un grano de arena para que pueda hoy terminar mis estudios profesionales.

A mis hermanos en Cristo que, gracias a sus oraciones, me dieron las fortalezas de parte de Dios para seguir esforzándome más.

A mis amigos y compañeros de trabajo que aportaron con sus experiencia y conocimiento cuando busqué de ellos.

Will



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**MAESTRIA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGETICA**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
ING. BAYARDO BOHÓRQUEZ ESCOBAR, M.Sc.
TUTOR

f. _____
ING. BAYARDO BOHÓRQUEZ ESCOBAR, M.Sc.
DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Manuel Romero Paz, MSc.
REVISOR

f. _____
Ing. Diana Bohórquez Heras, MSc.
REVISOR

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------|
| AGRADECIMIENTO | vi |
| DEDICATORIA | vii |
| ÍNDICE GENERAL..... | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS | xiii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xiv |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | xvi |
| RESUMEN..... | xvii |
| ABSTRACT..... | xviii |
| CAPITULO 1 | 2 |
| DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 2 |
| 1.1 Introducción | 2 |
| 1.1.1 Justificativo..... | 3 |
| 1.1.2 Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.2 Objetivos..... | 4 |
| 1.3.1 Objetivo general | 4 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.3 Metodología aplicada..... | 4 |
| 1.4 Calidad de energía | 5 |
| 1.5 Regulaciones de voltaje..... | 6 |
| 1.6 Problemas en sistema eléctricos de potencia..... | 7 |
| 1.7 Sistema por unidad..... | 8 |
| 1.8 Compatibilidad Electromagnética | 10 |
| 1.9 Perturbaciones eléctricas | 11 |
| 1.10 Armónicos (THD)..... | 14 |
| 1.11 Transitorios eléctricos..... | 16 |
| 1.12 Sistemas Puesta a Tierra (SPT)..... | 17 |

| | |
|---|----|
| 1.13 Parpadeo (flicker) | 18 |
| 1.14 Variaciones de voltaje..... | 19 |
| 1.15 Caída de voltaje..... | 20 |
| 1.16 Desequilibrio de fase | 21 |
| 1.17 Ruido eléctrico..... | 23 |
| 1.18 Calidad de datos..... | 24 |
| 1.20 Interpretación de los datos | 25 |
| 1.21 Equipos usados en medición de la calidad de energía..... | 26 |
| 1.22 Parámetros a medir | 27 |
| 1.23 Seguridad en las mediciones..... | 28 |
| 1.24 Normativas internacionales | 28 |
| 1.25 Política nacional referente al sector eléctrico | 28 |
| 1.26 Ley orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica..... | 29 |
| 1.27 Ley orgánica de Eficiencia Energética..... | 29 |
| 1.28 Fuentes de energía eléctrica usadas en la industria..... | 30 |
| 1.29 La industria petrolera en el Ecuador (refinerías)..... | 30 |
| 1.30 Planta Cautivo, refinería La Libertad | 31 |
| 1.31 Centro de refinación de petróleo..... | 32 |
| CAPÍTULO 2..... | 35 |
| ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE PLANTA CAUTIVO | 35 |
| 2.1 Sistema eléctrico de Planta Cautivo | 35 |
| 2.2 Análisis de los perfiles de carga de la Planta Cautivo | 37 |
| 2.2.1 Perfil de carga, día uno | 37 |
| 2.2.2 Perfil de carga, día dos..... | 39 |
| 2.2.3 Perfil de carga, día tres | 40 |
| 2.2.4 Perfil de carga, día cuatro | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.5 Perfil de carga, día cinco | 42 |
| 2.2.6 Perfil de carga, día seis | 43 |
| 2.2.7 Perfil de carga, día siete | 44 |
| 2.3 Análisis de la red de respaldo de CNEL EP | 45 |
| 2.3.1 Históricos de mantenimiento del transformador trifásico de 1250 kVA..... | 46 |
| 2.3.2 Análisis del estado del transformador trifásico de 1250 kVA | 47 |
| 2.4 Análisis de la planilla de consumo de energía eléctrica..... | 49 |
| CAPÍTULO 3..... | 55 |
| MEDICIONES Y REGISTRO DE FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS | 55 |
| 3.1 Mediciones en campo..... | 55 |
| 3.1.1 Especificaciones técnicas del Analizador de Calidad de Energía | 56 |
| 3.1.2 Calibración del equipo | 58 |
| 3.1.3 Conexionado del Analizador de Calidad de Energía | 58 |
| 3.1.4 Mediciones primarias..... | 59 |
| 3.1.5 Mediciones de Corriente AC..... | 59 |
| 3.1.6 Mediciones de Voltaje AC | 60 |
| 3.2 Ubicación de los puntos a medir..... | 60 |
| 3.3 Metodología para las mediciones | 62 |
| 3.3 Instalación del equipo en los puntos de conexión (PCC)..... | 63 |
| 3.3.1 Instalación del Analizador de Calidad de Energía en PCC 1..... | 63 |
| 3.3.2 Instalación del Analizador de Calidad de Energía en el PCC 2.... | 66 |
| 3.3.3 Instalación del Analizador de Calidad de Energía en el PCC 3.... | 68 |
| 3.4 Monitoreo del equipo de mediciones | 71 |
| CAPÍTULO 4..... | 72 |
| EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE PLANTA CAUTIVO..... | 72 |
| 4.1 Procesamiento de datos | 72 |

| | |
|--|----|
| 4.1.2 Preparación de datos | 74 |
| 4.1.3 Clasificación de datos..... | 76 |
| 4.2 Validación de los datos (mediciones) | 77 |
| 4.3 Interpretación de datos validados | 78 |
| 4.4 Análisis de los datos | 78 |
| 4.5 Resultados de los PCC..... | 79 |
| 4.5.1 Resultados obtenidos en el PCC 1 | 79 |
| 4.5.2 Resultados obtenidos en el PCC 2..... | 81 |
| 4.5.3 Resultados obtenidos en el PCC 3..... | 82 |
| 4.6 Análisis de los resultados para cada PCC | 83 |
| 4.6.1 Análisis de los resultados en el PCC 1 | 84 |
| 4.6.2 Análisis de los resultados en el PCC 2..... | 86 |
| 4.6.3 Análisis de los resultados en el PCC 3..... | 89 |
| 4.7 Aportes al presente estudio de Calidad de Energía..... | 92 |
| Conclusiones | 94 |
| Recomendaciones | 95 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 96 |
| ANEXOS..... | 99 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1 Niveles de voltaje generados en Ecuador | 7 |
| Tabla 1.2 Categorías y características de las perturbaciones eléctricas en los sistemas de potencia | 13 |
| Tabla 1.3 Límites de distorsión armónica de voltaje y corriente. | 15 |
| Tabla 1.4 Listado de motores del CCM de planta Cautivo | 34 |
| Tabla 2.1 Perfil de carga del GE No. 5 de fecha 16 de enero del 2022 | 38 |
| Tabla 2.2 Horas acumuladas de operación de los grupos electrógenos GE No. 5 y GE No. 6. | 39 |
| Tabla 2.3 Perfil de carga del GE No. 6 de fecha 18 de enero del 2022 | 40 |
| Tabla 2.4 Perfil de carga del GE No. 6 de fecha 19 de enero del 2022. | 41 |
| Tabla 2.5 Perfil de carga del GE No. 6 de fecha 20 de enero del 2022. | 42 |
| Tabla 2.6 Perfil de carga del GE No. 6 de fecha 21 de enero del 2022. | 43 |
| Tabla 2.7 Perfil de carga del GE No. 6 de fecha 22 de enero del 2022. | 44 |
| Tabla 2.8 Valores máximos registrado en la central eléctrica de la planta Cautivo..... | 45 |
| Tabla 2.9 Resumen de pruebas realizadas al transformador de 1250 kVA .. | 47 |
| Tabla 3.1 Especificaciones técnicas del Analizador de Calidad de Energía . | 57 |
| Tabla 3.2 Valores nominales de placa del transformador de 1250 kVA de Planta Cautivo..... | 67 |
| Tabla 3.3 Características técnicas del Centro Control de Motores de planta Cautivo..... | 69 |
| Tabla 4.1 Resultado obtenidos de los datos recopilados en el PCC 1..... | 79 |
| Tabla 4.2 Resultado obtenidos de los datos recopilados en el PCC 2..... | 81 |
| Tabla 4.3 Resultado obtenidos de los datos recopilados en el PCC 3..... | 82 |
| Tabla 4.4 Análisis de los resultados de los registros en el PCC 1. | 84 |
| Tabla 4.5 Análisis de los resultados de los registros en el PCC 2. | 87 |
| Tabla 4.6 Análisis de los resultados de los registros en el PCC 3. | 89 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 Las ondas de voltaje, corriente y potencia en el tiempo. | 6 |
| Figura 1.2 Esquema unifilar de un sistema de potencia | 8 |
| Figura 1.3 Tipos de propagación de interferencia electromagnética..... | 11 |
| Figura 1.4 Representación gráfica del 3er y 5to armónico sobre el 1er armónico (onda fundamental) en el tiempo..... | 14 |
| Figura 1.5 Transitorio producido por la conmutación de un capacitor..... | 17 |
| Figura 1.6 Barra de conexión un Sistema Puesta a Tierra (SPT). | 18 |
| Figura 1.7 Parpadeo (flicker) producido por una falla en la carga..... | 19 |
| Figura 1.8 Variación de voltaje en un sistema eléctrico | 20 |
| Figura 1.9 Simulación de una caída de voltaje | 21 |
| Figura 1.10 Ejemplo de un sistema eléctrico desequilibrado | 23 |
| Figura 1.11 Imagen espectral del ruido de un sistema eléctrico | 24 |
| Figura 1.12 Datos erróneos levantados por un analizador de redes..... | 25 |
| Figura 1.13 Analizadores de Calidad de Energía..... | 26 |
| Figura 1.14 Diagrama de bloque de un Analizador de Calidad de Energía .. | 27 |
| Figura 1.15 Grupo electrógeno formado por un motor de combustión interna y un alternador de CA..... | 30 |
| Figura 1.16 Postal del Ing. Pine, sobre el primer pozo petrolero perforado en Ecuador. | 31 |
| Figura 1.17 Vista aérea de la planta Cautivo, tomada mediante un drone. .. | 32 |
| Figura 2.1 Unifilar gráfico del sistema de sincronización de la planta Cautivo. | 36 |
| Figura 2.2 Pantalla de monitoreo y control del operador de central eléctrica de planta Cautivo..... | 37 |
| Figura 2.3 Recorrido de la línea de CNEL EP hacia la planta Cautivo. | 46 |
| Figura 2.4 Resultados de las pruebas de relación de transformación de transformador del 1250 kVA de Planta Cautivo | 49 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.1 Diagrama equivalente simplificado del diagrama unifilar de planta Cautivo..... | 56 |
| Figura 3.2 Conexiones del Analizador de Calidad de Energía..... | 59 |
| Figura 3.3 Ubicación del PCC en un sistema eléctrico | 62 |
| Figura 3.4 Ubicación del primer PCC en el diagrama unifilar de la planta Cautivo..... | 65 |
| Figura 3.5 Colocación de los implementos de EPP e instalación de sensores de medición..... | 65 |
| Figura 3.6 Configuración del Analizador de Calidad de Energía con los datos nominales de la planta Cautivo. | 65 |
| Figura 4.7 Instalación de los sensores de voltaje y corriente en las barras del tablero de la central eléctrica. | 66 |
| Figura 3.8 Instalación y configuración de Analizador de Calidad de Energía en transformador de 1250 kVA de Planta Cautivo. | 68 |
| Figura 4.9 Instalación del Analizador de Calidad de Energía en el CCM de la planta Cautivo. | 70 |
| Figura 4.1 Diagrama de bloque de proceso de recolección de datos y su análisis..... | 73 |
| Figura 4.2 Captura de pantalla del software PowerLog durante la recopilación de los datos registrados..... | 74 |
| Figura 4.3 Formato establecido para la preparación de datos mediante el software PowerLog. | 75 |
| Figura 4.4 Registro de las mediciones realizadas en la central eléctrica de Planta Cautivo..... | 76 |
| Figura 4.5 Validación de los datos registrados por el Analizador de Calidad de Energía con respecto los datos del transformador de 1250 kVA. | 77 |
| Figura 4.6 Forma de onda distorsionada de corriente registrada el PCC 1. . | 94 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1.1 Valores por unidad de voltaje..... | 9 |
| Ecuación 1.2 Valores por unidad del voltaje L-N. | 9 |
| Ecuación 1.3 Valores por unidad en kilovoltios..... | 9 |
| Ecuación 1.4 Distorsión Armónica Total de voltaje | 15 |
| Ecuación 1.5 Distorsión Armónica Total de corriente | 16 |
| Ecuación 1.6 Porcentaje de desbalance de fase | 22 |
| Ecuación 2.1 Factor de multiplicación de los TC | 51 |
| Ecuación 2.2 Factor de multiplicación de los TP..... | 51 |
| Ecuación 2.3 Factor de multiplicación Medido | 51 |
| Ecuación 2.4 Cálculo de la energía consumida. | 52 |
| Ecuación 2.5 Coseno de theta | 52 |
| Ecuación 2.6 Cálculo del Coseno de theta | 52 |
| Ecuación 2.7 Calculo del Factor de Potencia | 53 |

RESUMEN

La calidad de energía va asociada en forma general a la eficiencia energética de un equipo, un edificio o una industria; el término calidad de energía según la IEEE Std. 1159, se refiere a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que ocurren en un determinado tiempo, en un sistema eléctrico y que influyen directamente en la forma de onda del voltaje y la corriente; cuando se usa la expresión fenómenos electromagnéticos, se hace referencia a los cambios “anormales” o eventos de naturaleza transitoria de corta o larga duración no deseados que se originan en las redes eléctricas, degradando y distorsionando la forma de onda sinusoidal. En diferentes textos técnicos y científicos, también se utiliza la expresión perturbaciones electromagnéticas; estas perturbaciones o fenómenos electromagnéticos son originados en las redes eléctricas del lado del consumidor, debido a la mayor utilización de equipos con cargas inductivas y al uso de aplicaciones de sistemas automatizados con electrónica de potencia, de ahí, el creciente interés en su estudio en los últimos tiempos, acompañado también del aumento de los problemas de funcionamiento de los equipos eléctricos, sobre todo por el auge de la cuarta revolución industrial y la optimización de recursos dentro de la industria; por otro lado, el consumidor final siempre desea obtener un suministro de energía eléctrica de alta calidad sin interferencia o perturbaciones por parte de las empresas eléctricas que brindan el servicio.

Palabras claves: calidad de energía, eficiencia energética, optimización de recursos, redes eléctricas, energía eléctrica.

ABSTRACT

Power quality is generally associated with the energy efficiency of a piece of equipment, a building or an industry; the term power quality according to IEEE Std. 1159, refers to a wide variety of electromagnetic phenomena that occur in a given time, in an electrical system and that directly influence the waveform of voltage and current; when the expression electromagnetic phenomena is used, it refers to "abnormal" changes or events of transient nature of undesired short and long duration that originate in electrical networks, degrading and distorting the sinusoidal waveform. In different technical and scientific texts, the expression electromagnetic disturbances is also used; these disturbances or electromagnetic phenomena are originated in the electrical networks on the consumer side, due to the increased use of equipment with inductive loads and the use of automated systems applications with power electronics, hence the growing interest in their study in recent times, also accompanied by the increase in the operating problems of electrical equipment, especially by the rise of the fourth industrial revolution and the optimization of resources within the industry; On the other hand, the final consumer always wants to obtain a high quality power supply without interference or disturbances from the electric companies that provide the service.

Key words: power quality, energy efficiency, resource optimization, power grids, electric power.

CAPITULO 1

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 Introducción

Los sistemas eléctricos están diseñados para operar en condiciones estables, sin embargo, si las condiciones estables de funcionamiento varían en el tiempo por cambios repentinos o secuencias de eventos el sistema eléctrico experimenta distorsiones; entonces se estaría hablando de condiciones inestables de funcionamiento.

Las distorsiones en los sistemas eléctricos se presentan en la forma de onda del voltaje y la corriente, y son objetos de análisis con el fin de interpretar el comportamiento del sistema eléctrico frente de los cambios en sus condiciones estables de funcionamiento provocados ya sea por la carga conectada al sistema o por eventos transitorios no asociados al sistema eléctrico.

Un sistema eléctrico que presenta distorsiones representa un peligro por la inestabilidad de la producción en una industria, además, de las pérdidas de activos por daños permanentes. El avance tecnológico de la industria a través del tiempo ha ido evolucionando e implementando cada día máquinas más complejas con menor sensibilidad a cambios o distorsiones eléctricas.

La industria petrolera a nivel global es una de las industrias de mayor demanda tecnológicas y consumo de energía representa, si bien es cierto el cambio de matriz energética a nivel mundial está enfocado al aumento de fuentes de energía renovable hasta el 2030, de acuerdo a la Organización de Naciones Unidas esta meta todavía está lejos de alcanzarse.

Entonces, contar con un sistema eléctrico en condiciones estable es imprescindible para el desarrollo tecnológico de una industria, de ahí la importancia del análisis de la calidad de energía que se consume.

1.1.1 Justificativo

La calidad de la energía eléctrica ha sido objeto de estudio y análisis durante años; mantener los niveles de voltaje y corriente estables, sin que existan fluctuaciones, permite la optimización y la continuidad del suministro eléctrico; debido a esto, los diferentes organismos energéticos a nivel internacional normalizan los parámetros eléctricos adecuados que deben conservarse.

Evitar incrementos innecesarios en la tarifa de la planilla eléctrica, pérdida en la producción por la paralización de maquinarias, pérdidas del fluido eléctrico, deterioro de los equipos, entre otros; de ahí, la importancia de mantener una adecuada condición de la calidad de energía eléctrica sin afectar el rendimiento de la producción.

Según el Banco Mundial, los países industrializados forman parte de los mayores consumidores de energía eléctrica a nivel global. La industria a lo largo de la historia (además de ser uno de los mayores consumidores de energía eléctrica), es uno de los mayores productores de perturbaciones en las redes debido a la cantidad de equipos con energía reactiva y armónicos producidos en sus redes eléctricas.

1.1.2 Planteamiento del problema

La planta Cautivo ubicada en la Refinería La Libertad, no dispone de un Estudio de Calidad de Energía que permita diagnosticar técnicamente el estado de su red de energía eléctrica, provistas por dos fuentes: la energía suministrada por la red de CNEL EP y la energía suministrada por sus propios grupos electrógenos.

1.2 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar un estudio de la Calidad de Energía Eléctrica de la planta Cautivo que permitan evaluar el estado del sistema eléctrico, a través del uso de un equipo Analizador de Calidad de Energía.

1.3.2 Objetivos específicos

- Describir el problema y la justificación del presente trabajo con el fin de obtener una mejor perspectiva (Capítulo 1).

- Efectuar un análisis de las principales fuentes de energía eléctrica utilizadas en la Planta Cautivo, a través de registros eléctricos, perfiles de carga e históricos, para conocer el estado actual de los consumos de energía eléctrica (Capítulo 2).

- Registrar los diferentes fenómenos electromagnéticos en los puntos de consumo de la planta Cautivo, mediante mediciones de campo, para poder analizarlos conforme lo recomienda la IEEE Std. 1159 (Capítulo 3).

- Evaluar el estado de las redes del sistema eléctrico de planta Cautivo, a través de los registros levantados por el Analizador de Calidad de Energía, con el fin de recomendar acciones que permitan optimizar los recursos (Capítulo 4).

1.3 Metodología aplicada

La estrategia de investigación aplicada para el presente trabajo fue de tipo cuantitativa; la parte teórica se basó en la recopilación de datos: entrevistas con los operadores, revisión de normativas técnicas, revisión de perfiles de carga, diagramas unifilares, características de los equipos, entre otras.

Los datos de campo se basaron en mediciones de las variables eléctricas en tiempo real, caracterización de los parámetros de los equipos objeto del presente estudio; además, del uso de herramientas informáticas, estadísticas, tendencias, formulaciones entre otras, para obtener los resultados esperados.

1.4 Calidad de energía

De acuerdo al Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos en su prácticas recomendadas en el estándar 1159, el término calidad de energía se refiere a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente en un momento dado y en un lugar determinado de la red eléctrica (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 12), lo indicado por la normativa quiere decir que, en un sistema eléctrico existen condiciones anormales que afectan la forma onda sinusoidal del voltaje y la corriente.

En el libro Análisis de Sistema de Potencia el autor indica que “puede suponerse que la forma de onda de voltaje en las barras de un sistema de potencia es puramente sinusoidal y de frecuencia constante, como se muestra en la figura 1.1, la forma de ondas de voltaje de color azul y la de onda de corriente de color roja en fase con la potencia de color naranja, la resultante graficadas en el tiempo” (Stevenson, 1996, pág. 6); sin embargo, si las condiciones de la forma de onda sinusoidal cambian o es distorsionada por efecto propio de la generación o debido a las cargas, todos los componentes que conforman el sistema de potencia se verán afectados.

Estos fenómenos de tipo electromagnéticos o condiciones anormales en la red eléctrica, ocasionan variaciones de corriente y voltaje en los circuitos eléctricos, pero pueden ser medidos a través de equipos especializados como un osciloscopio o analizadores de redes eléctricas, que además, registran también los fenómenos electromagnéticos de naturaleza transitoria (como los que ocurren en operaciones de conmutación), estos equipos también son utilizados para realizar las pruebas de impulso voltaje de estructuras aislantes,

perturbaciones ocasionadas por descargas atmosféricas, entre otras (Fink, 1996, págs. 3-73).

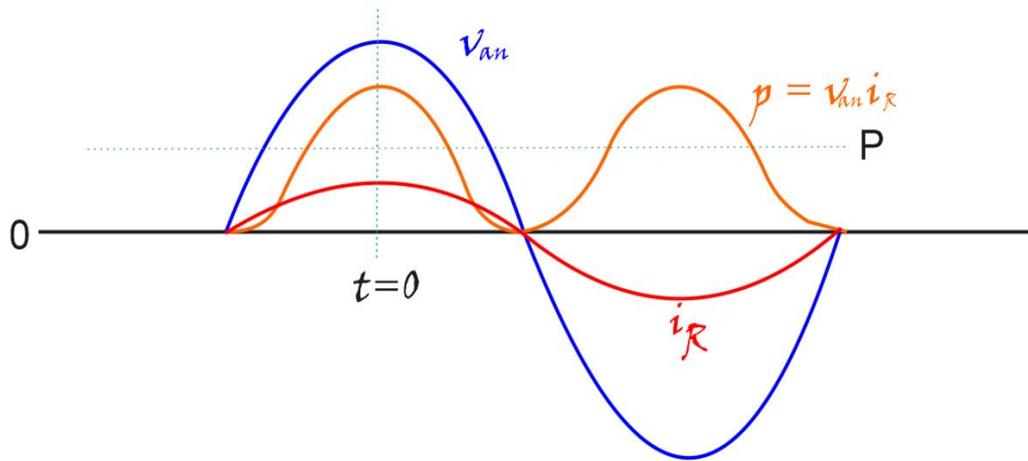


Figura 1.1 Las ondas de voltaje, corriente y potencia en el tiempo. (Stevenson, 1996, pág. 6)

1.5 Regulaciones de voltaje

Los entes encargados de mantener la regulación de los niveles de voltaje en las redes de transmisión y distribución ayudan a garantizar la estabilidad del sistema eléctrico. En este país la Arconel (Agencia de Regulación y Control de Electricidad actual Arcernnr) es el ente regulador y encargado de realizar los trabajos de regulación, su fin es de garantizar la operación normal y sin interrupciones del servicio eléctrico; en su portal web la agencia reguladora hace mención de lo anteriormente indicado: “regula y controla las actividades relacionadas con los Servicios Públicos de Energía Eléctrica y Alumbrado Público General” (www.gob.ec/arconel, 2022).

Cada año, la Arcernnr publica en su página web, el Plan Anual de Operaciones, el mismo que tiene como objetivo realizar las estadísticas del funcionamiento del sistema eléctrico a nivel nacional, así como también publica el Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano con información técnica, geográfica y económica referente al área eléctrica y en la que, indican los niveles de voltaje a nivel de generación en nuestro país; estos niveles de voltaje generados en el país se muestran en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Niveles de voltaje generados en Ecuador (Arcernnr, 2020, pág. 20)

| Tipo de empresa | Voltaje (kV) |
|-----------------|--------------|
| Generadora | 230 |
| | 138 |
| | 69 |
| | 22,8 |
| | 22 |
| | 13,8 |
| | 13,2 |
| Autogeneradora | 230 |
| | 69 |
| | 46 |
| | 34,5 |
| | 22 |
| | 13,2 |
| | 6,3 |
| Transmisora | 500 |
| | 230 |
| | 138 |
| Distribuidora | 138 |
| | 69 |
| | 46 |
| | 34,5 |
| | 22 |
| | 13,8 |

1.6 Problemas en sistema eléctricos de potencia

Los sistemas eléctricos de potencia están formados por un conjunto de equipos que se encargan de transformar, transportar y distribuir la energía eléctrica proveniente de una fuente de generación; sus componentes principales están conformados por generadores, líneas de transmisión, transformadores, subestaciones, etc., (Matulic, 2003, pág. 2), en la figura 1.2, se muestra un sistema integrado por una gran parte de estos componentes. Los mayores problemas que se producen en los sistemas eléctricos de potencia tienen que ver con la estabilidad del sistema eléctrico y están asociados a los equipos que forman parte del sistema.

“Los estudios de estabilidad que evalúan el impacto de disturbios en el comportamiento dinámico electromecánico de los sistemas de potencia, son de dos tipos: transitorios y de estado estable” (Stevenson, 1996, pág. 654).

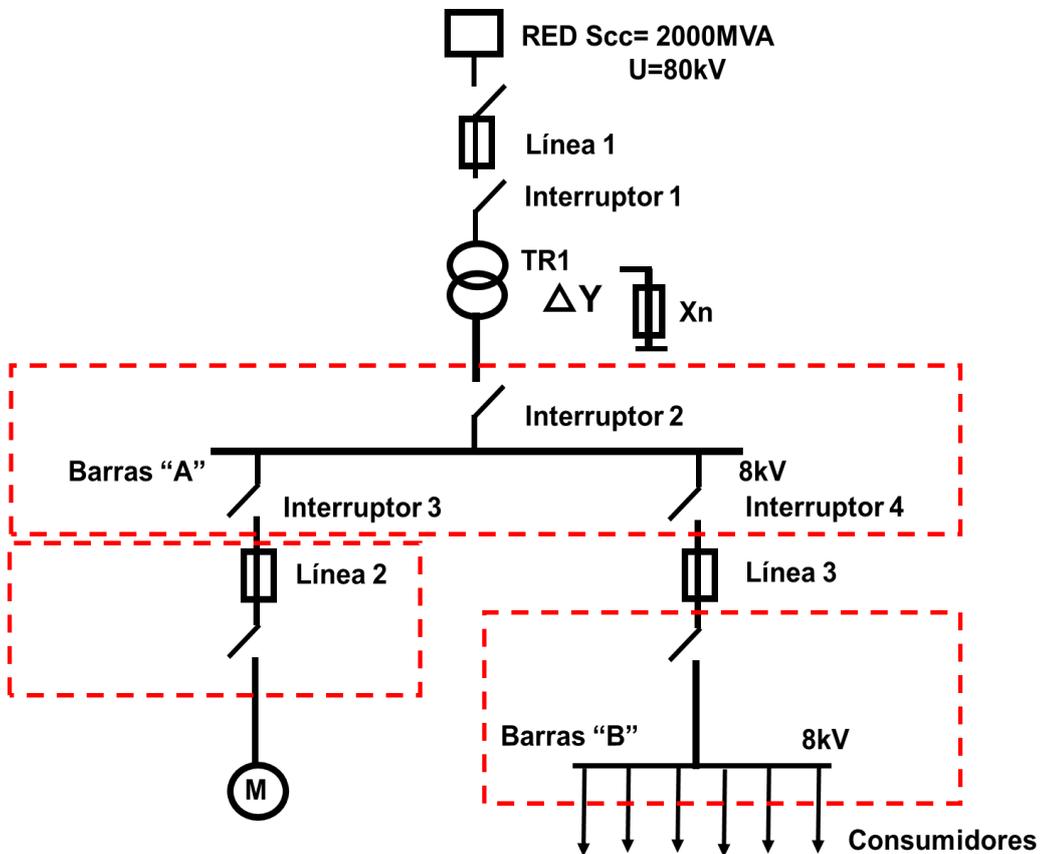


Figura 1.2 Esquema unifilar de un sistema de potencia (Mujal, 2002, pág. 159).

1.7 Sistema por unidad

“Las líneas de transmisión de potencia operan a niveles de kilovolt (kV), que es la unidad más conveniente para expresar sus voltajes y debido a que, se transmite una gran cantidad de potencia, las unidades de potencia y corriente más comunes son los kilowatts o megawatts y los kilovoltamperes o megavoltamperes; sin embargo, estas cantidades, al igual que los ohms, se expresan frecuentemente en porcentaje o por unidad de un valor base” (Stevenson, 1996).

Entonces, se define al sistema por unidad o el valor por unidad de una cantidad como la relación que existe en la cantidad medida y su valor base, y

el resultado es expresado en decimales; también se puede expresar el resultado en porcentual, sin embargo, la ventaja de expresarlo en por unidad es que, el resultado expresado en porcentual tiene que ser dividido entre 100 para obtener el resultado.

En el campo de la electricidad la cantidad base corresponde al cociente entre el valor eficaz (rms) y el valor nominal o base como se muestra en la ecuación 1.1; por ejemplo, para un voltaje línea a línea real de 108 kV., en un sistema trifásico balanceado, el voltaje línea neutro es $108/\sqrt{3} = 62,3 \text{ kV}$ (Stevenson, 1996, pág. 25), en la ecuación 1.2 el resultado se obtiene del cociente de los valores de voltaje rms y voltaje base:

Ecuación 1.1 Valores por unidad de voltaje.

$$\mathbf{Voltaje \textit{ por unidad} = \frac{Voltaje \textit{ rms}}{Voltaje \textit{ base}} \quad (1.1)}$$

Ecuación 1.2 Valores por unidad del voltaje L-N.

$$\mathbf{Voltaje \textit{ en por unidad} = \frac{108}{120} = \frac{62,3}{69,2} = \mathbf{0,90} \quad (1.2)}$$

Si el valor base es 120 kV, entonces se tiene la ecuación 1.3:

Ecuación 1.3 Valores por unidad en kilovoltios.

$$\mathbf{kV_{LN} \textit{ base} = \frac{120}{\sqrt{3}} = \mathbf{69,2 \textit{ kV}} \quad (1.3)}$$

El cociente entre el voltaje eficaz y el voltaje base es el valor por unidad, en este caso 0,90. Estos valores del ejemplo, anterior también se pueden expresar en kilovoltios; es importante indicar que un valor de voltaje base en un sistema trifásico es un voltaje línea a línea, y un valor dado en kilovoltampere o megavoltampere base es el valor trifásico total (Stevenson, 1996, pág. 25).

1.8 Compatibilidad Electromagnética

La compatibilidad electromagnética como indica Ferrer, “es la habilidad de un sistema para no causar interferencias electromagnéticas a otros equipos; por otra parte, se puede definir la interferencia electromagnética (EMI) como la emisión de energía electromagnética que degrada o perjudica la calidad de una señal o el funcionamiento de un sistema” (Ferrer Arnau, 2006, pág. 1); este concepto define a las interferencias electromagnéticas que se presentan en el sistema eléctrico como una perturbación que distorsiona la forma de onda en las redes eléctricas.

Hay dos fuentes que provocan las interferencias electromagnéticas, la primera es de origen natural provocado por efecto de las descargas atmosféricas y la segunda fuente es ocasionada por los dispositivos eléctricos que provocan descargas electrostáticas, pulsos electromagnéticos, equipos de comunicación, entre otros.

Las interferencias electromagnéticas (EMI) se propagan a través de cables de alimentación o señales, puesta a tierra o donde su frecuencia no supera los 30 Mhz, también lo hacen por acoplamiento capacitivo por efecto del campo eléctrico, por acoplamiento inductivo por efecto del campo magnético y de forma radiadas debido a la generación de ondas electromagnéticas (Ferrer Arnau, 2006, pág. 13).

En la figura 1.3, se describen los tipos de propagación de interferencias electromagnéticas (EMI) indicados en el párrafo anterior; los primeros tipos de interferencia electromagnética como ya se indicó, corresponde a interferencia electromagnéticas conducidas y son frecuente en cables de alimentación, de señales o de los Sistemas Puesta a Tierra, es decir, tienen un modo común y en aquellos en los cuales se presente un diferencial entre sus extremos.

Las interferencias electromagnéticas de tipo acople reactivo son ocasionadas por los inductores y capacitores, estas interferencias son frecuente en la industria con gran cantidad de cargas inductivas y en el área de las

telecomunicaciones, a diferencia de las interferencias electromagnéticas de tipo radiadas que son producidas por algunos equipos de comunicaciones con sistemas inalámbricos, equipos usados en la medicina, entre otros.

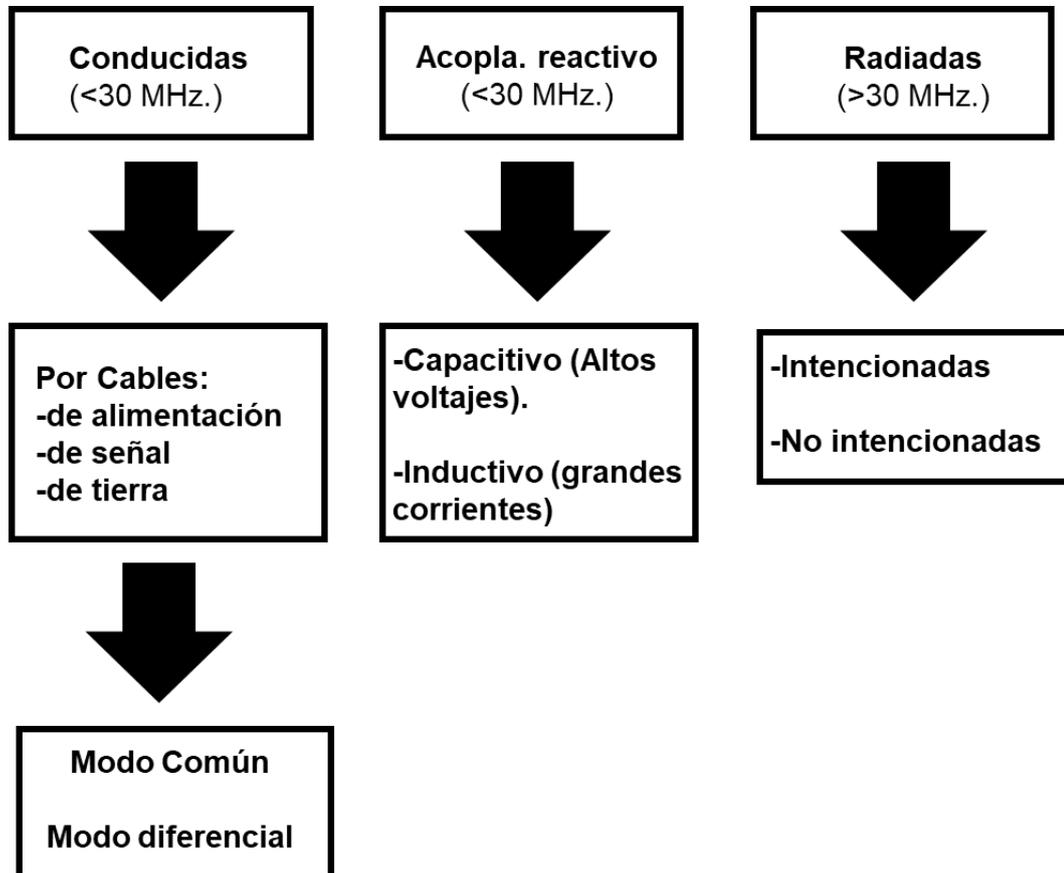


Figura 1.3 Tipos de propagación de interferencia electromagnética (EMI) (Ferrer Arnau, 2006, pág. 14).

1.9 Perturbaciones eléctricas

La forma onda de voltaje y corriente en un sistema eléctrico ideal debe tener la forma senoide pura y una frecuencia constante, sin embargo, en la práctica la forma de onda de voltaje y corriente presentan perturbaciones de diferentes tipos como: ruido, parpadeos (flicker), distorsión armónica, variación de frecuencia entre otros (Sánchez, 2006, págs. 25-29).

Las perturbaciones eléctricas en la calidad del suministro de energía eléctrica definidas por el estándar del IEEE, son clasificadas en siete categorías, las

cuales son de tipo: transitorios, interrupciones, aumento o disminución de voltaje, distorsión de la onda, fluctuaciones de voltaje, variación de frecuencia (Horsley, 2005, pág. 6).

Como se había indicado anteriormente, las perturbaciones en las redes eléctricas son todos aquellos eventos que pueda degradar o distorsionar la forma onda de voltaje y corriente, producir interrupciones momentáneas, de corto o largo tiempo y que, por consiguiente, afecta en el rendimiento de un equipo eléctrico.

“Algunas perturbaciones se originan en el lado del consumidor, otras en el lado de la compañía de electricidad; por ejemplo, la caída de un árbol sobre un conductor en media tensión ubicado en un poste, ocasiona una perturbación originada en el lado de la compañía que brinda el servicio eléctrico, en cambio un horno de arco eléctrico debido a su funcionamiento produce cambios de corriente violentos y aleatorios, que distorsionan la forma de onda del sistema de fundición” (Wildi, 2007, pág. 830).

“Los consumidores que se encuentran cercanos a una industria donde se utiliza el horno de arco eléctrico también se verán afectados, si están conectados a la misma red; esta contaminación en el sistema eléctrico se produce en este caso en el lado de un consumidor; un cliente plagado con luces intermitente conectado en una red eléctrica, es censado por la empresa eléctrica como fuente de perturbación” (Wildi, 2007, pág. 830).

En la tabla 1.2 se muestran las categorías, características y tiempo de duración de los fenómenos electromagnéticos; los fenómenos electromagnéticos de naturaleza transitoria son los más comunes y su tiempo son corto a diferencia de los fenómenos electromagnéticos que presentan mayor tiempo como son las variaciones de voltaje; en cambio los desbalances de voltaje y corriente pueden llegar hasta un 5% y 3% respectivamente de sus valores nominales.

Tabla 1.2 Categorías y características de las perturbaciones eléctricas en los sistemas de potencia (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, págs. 14, 15).

| Categoría | Típico contenido espectral | Típica duración | Típico magnitud de voltaje |
|--|--|--|--|
| 1.0 Transientes 1.1 Impulsivo 1.1.1 nanosegundo 1.1.2 microsegundo 1.1.3 milisegundo 1.2 Oscilatorio 1.2.1 Baja frecuencia 1.2.2 Media Frecuencia 1.2.3 Alta frecuencia | 5 ns rise 1 μ s rise 0.1 ms rise | < 50 ns 50 ns – 1 ms > 1 ms | 0–4 pu 0–8 pu 0–4 pu |
| 2.0 Media cuadrática de corta duración (rms) Variación 2.1 Instantánea 2.1.1 Huecos 2.1.2 Incremento 2.2 Momentáneo 2.2.1 Interrupción 2.2.2 Huecos 2.2.3 Incremento 2.2.4 Desbalance de voltaje 2.3 Temporal 2.3.1 Interrupción 2.3.2 Huecos 2.3.3 Incremento 2.3.4 Desbalance de voltaje | | 0.5–30 cycles 0.5–30 cycles 0.5 cycles – 3s 30 cycles – 3 s 30 cycles – 3 s 30 cycles – 3 s >3 s – 1 min >3 s – 1 min >3 s – 1 min >3 s – 1 min | 0.1–0.9 pu 1.1–1.8 pu < 0.1 pu 0.1–0.9 pu 1.1–1.4 pu 2%–15% < 0.1 pu 0.1–0.9 pu 1.1–1.2 pu 2%–15% |
| 3.0 Variaciones rms de larga duración 3.1 Interrupción sostenida 3.2 Bajo Voltaje 3.3 Sobre Voltaje 3.4 Sobre corriente | | > 1 min > 1 min > 1 min > 1 min | 0.0 pu 0.8–0.9 pu 1.1–1.2 pu |
| 4.0 Desbalance 4.1 Voltaje 4.2 Corriente | | Estado estable Estado estable | 0.5–5% 1.0–3.0% |
| 5.0 Distorsión de la onda 5.1 Compensación de CC 5.2 Armónicos 5.3 Interarmónicos 5.4 Muesca 5.5 Ruido | 0–9 kHz 0–9 kHz Banda ancha | Estado estable Estado estable Estado estable Estado estable Estado estable | 0–0.1% 0–20% 0–2% |
| 6.0 Fluctuación de voltaje | < 25 Hz | Intermitente | 0.1–7% 0.2–2 P _{st} |
| 7.0 Variaciones de la frecuencia de la energía | | < 10 s | \pm 0.10 Hz |

1.10 Armónicos (THD)

Los armónicos en los sistemas eléctricos son distorsiones de la forma de ondas sinusoidales de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos, debido al uso de cargas con impedancia no lineal, a materiales ferromagnéticos, y en general al uso de equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal (Naranjo, 2003, pág. 1).

La frecuencia fundamental y/o predominante en los sistemas eléctricos normalmente es 60 o 50 Hz; la IEEE indica que, los armónicos son frecuencias de múltiplo integral de la frecuencia fundamental (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 91); según esto, el segundo armónico tiene una frecuencia de 120 Hz (60×2), mientras que el tercer armónico tiene una frecuencia de 180 Hz (60×3) y así sucesivamente. En la figura 1.4, se muestran los armónicos que se forman en la onda sinusoidal, lo que ocasiona distorsiones en el sistema eléctrico.

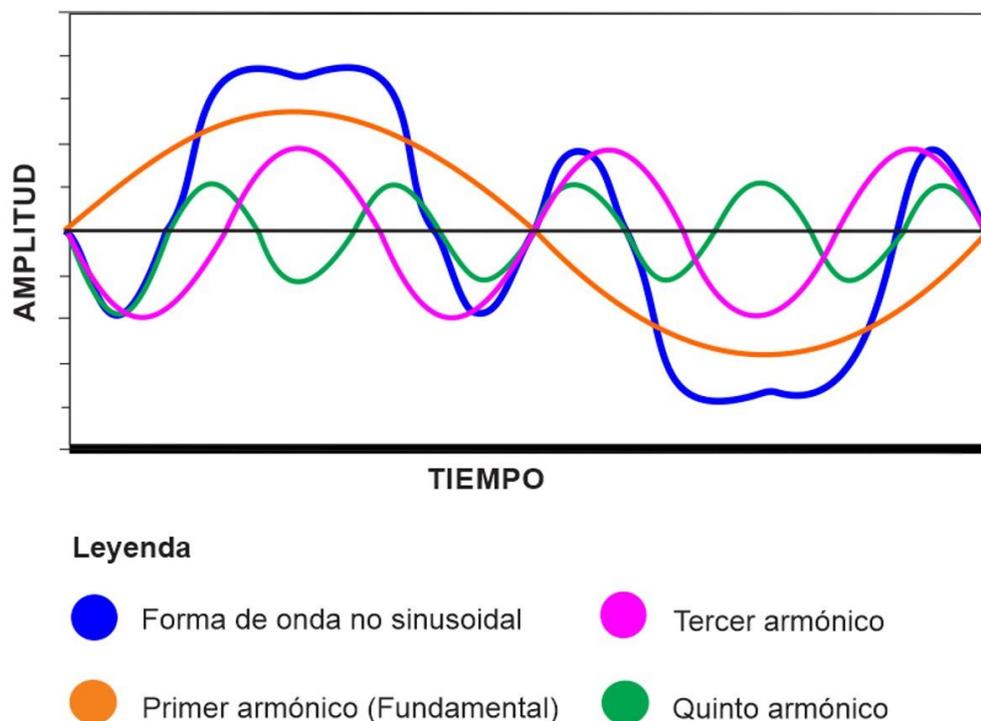


Figura 1.4 Representación gráfica del 3er y 5to armónico sobre el 1er armónico (onda fundamental) en el tiempo (www.inelinc.com, 2021).

Los límites establecidos de distorsión armónica (TDH), según la IEEE Std. 519, y mostrados en la tabla en 1.3, concuerdan con los límites establecidos por la normativa EN 60160.

Tabla 1.3 Límites de distorsión armónica de voltaje y corriente. (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2014, págs. 6, 7).

| LÍMITES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE | | | | | |
|--|-------------|--------------------------------|-------------|---|------|
| IEEE Std. 519 | | | | | |
| Voltaje en el PCC | | Individual armónico (%) | | Total de distorsión armónica THD (%) | |
| V ≤ 1.0 kV | | 5.0 | | 8.0 | |
| 1 kV < V ≤ 69 kV | | 3.0 | | 5.0 | |
| 69 kV < V ≤ 161 kV | | 1.5 | | 2.5 | |
| 161 kV < V | | 1.0 | | 1.5 | |
| LÍMITES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE | | | | | |
| IEEE Std. 519 | | | | | |
| Orden armónico individual (armónicos impares) | | | | | |
| I_{sc} / I_L | 11 ≤ h < 17 | 17 ≤ h < 23 | 23 ≤ h < 35 | 35 ≤ h ≤ 50 | TDD |
| < 20 | 2.0 | 1.5 | 0.6 | 0.3 | 5.0 |
| 20 < 50 | 3.5 | 2.5 | 1.0 | 0.5 | 8.0 |
| 50 < 100 | 4.5 | 4.0 | 1.5 | 0.7 | 12.0 |
| 100 < 1000 | 5.5 | 5.0 | 2.0 | 1.0 | 15.0 |
| > 1000 | 7.0 | 6.0 | 2.5 | 1.4 | 20.0 |

La desviación de la forma de onda distorsionada respecto de la forma de onda fundamental se puede estimar con la distorsión armónica total (THD); es así, que la THD de voltajes es el cociente del voltaje del orden de la armónica y el voltaje de la frecuencia fundamental, expresada en la ecuación 1.4; la THD de corriente es el cociente de la corriente del orden de la armónica y la corriente de la frecuencia fundamental, expresada en la ecuación 1.5; las dos ecuaciones son usadas para el análisis de la distorsión armónica.

Ecuación 1.4 Distorsión Armónica Total de voltaje (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010, pág. 9).

$$THD_V = \frac{V_H}{V_1} = \sqrt{\left(\frac{V}{V_1}\right)^2 - 1} \quad (1.4)$$

Ecuación 1.5 Distorsión Armónica Total de corriente (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010, pág. 9).

$$THD_I = \frac{I_H}{I_1} = \sqrt{\left(\frac{I}{I_1}\right)^2 - 1} \quad (1.5)$$

1.11 Transitorios eléctricos

Los transitorios eléctricos son eventos no deseados, corta duración; en diferentes normativas se utiliza la expresión sobretensión para describir a los transitorios, sin embargo, no es un término apropiado para referirse a ellos por la propia definición de sobretensión; en términos generales los transitorios se clasifican en dos categorías impulsivos y oscilatorios (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, págs. 15, 16).

Los transitorios de tipo impulsivos son causados principalmente por efecto de la naturaleza como los rayos de tormentas eléctricas, mientras que los transitorios de tipo oscilatorios son ocasionados cuando un voltaje o corriente cuyo valor instantáneo cambia con rapidez varias veces, normalmente decae dentro de un ciclo de la frecuencia fundamental (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, págs. 15, 16).

Además, los transitorios en los sistemas eléctricos también son originados por maniobras de cierre y apertura de interruptores en las subestaciones eléctricas, fallas simétricas o asimétricas, descargas eléctricas o la variación en la demanda de energía por los consumidores; estos transitorios pueden ocasionar daños en los dispositivos conectados en la red eléctrica (Expósito, 2002, pág. 389).

En la figura 1.5 se puede observar el efecto que causa en la forma de onda un evento transitorio ocasionado por la conmutación de un capacitor; en la forma de onda de voltaje se forman varios picos de corta duración; estos picos en la forma de onda del voltaje pueden causar daños severos a un equipo eléctrico.

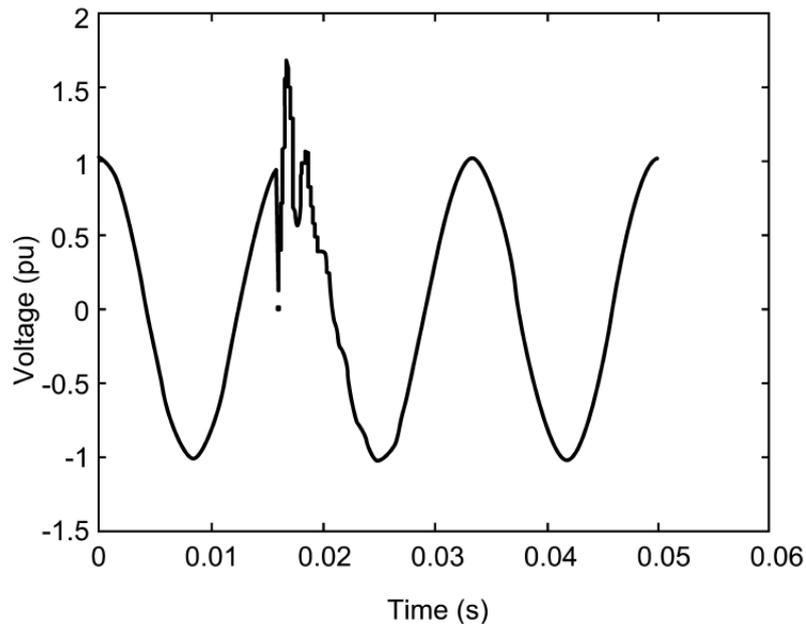


Figura 1.5 Transitorio producido por la conmutación de un capacitor (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 75*).

1.12 Sistemas Puesta a Tierra (SPT)

La puesta a tierra es la conexión intencional de un equipo al terreno o al suelo por medio de un electrodo con impedancia suficientemente baja con el fin de minimizar el daño del equipo debido a descargas eléctricas o atmosféricas; en síntesis, en un Sistema de Puesta a tierra se descargan todos los voltajes superpuestos, transitorios, picos o por efecto de la naturaleza para que no provoquen daños materiales o incluso pérdidas humanas (NFPA, 2016, pág. 18). La puesta a tierra se utiliza en las instalaciones con equipos eléctricos como una medida de seguridad.

Las puestas a tierra conforman parte de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT) además, ayudan a descargar la acumulación de cargas estáticas acumuladas en los equipos y dispositivos eléctricos, por eso es muy común ver estos sistemas instalados en las gasolineras, en la que un tanquero de combustible es conectado mediante un electrodo a una puesta a tierra y esta a su vez a una malla con baja impedancia; en la figura 1.6 se muestra una barra de un material conductor conectada a un Sistema de Puesta a Tierra usada típicamente en la industria; los registros de los valores de las puesta a tierra se miden en ohmios.



Figura 1.6 Barra de conexión un Sistema Puesta a Tierra (SPT).

1.13 Parpadeo (flicker)

El fenómeno de los parpadeos o flicker (en inglés) como indica Perez y Rivier está asociado a las oscilaciones en la amplitud del voltaje, provocado normalmente por cierto tipo de cargas como por ejemplo los hornos de arco eléctrico y los equipos electrónicos con tiristores, los cuales perjudican a otras cargas, por lo que, es un problema delicado de resolver, además, no depende de la empresa que suministra el servicio sino de las propias cargas conectadas a la red eléctrica (Expósito, 2002, pág. 21).

En el documento Fenómeno del parpadeo, Carrillo indica que “es visible el parpadeo observando el comportamiento de los sistemas de iluminación (lámparas de incandescencia y descargas, principalmente) ante las fluctuaciones en el voltaje de alimentación; estas fluctuaciones de voltaje son producidas por cambios bruscos en las cargas conectadas a la red eléctrica, tal y como sucede durante el funcionamiento normal de un horno de arco, motores con cargas pulsantes, máquinas de soldadura por arco” (Carrillo, 2007, pág. 1). En la figura 1.7 se aprecia la tendencia del parpadeo debido a la fluctuación por un fallo en la carga.



Figura 1.7 Parpadeo (flicker) producido por una falla en la carga (*IEEE Recommended Practice for the Analysis of Fluctuating Installations on Power Systems, 2015, pág. 19*).

1.14 Variaciones de voltaje

De acuerdo con la Regulación del Conelec No. 004/01, las variaciones de voltaje ocurren cuando el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal (Conelec, 2001, pág. 2). En la figura 1.8 se observa en la forma de onda que, en el transcurso de tiempo de 0,4 segundo se presenta una variación de voltaje; la amplitud de la forma de onda en ese instante de tiempo es mayor.

En un sistema eléctrico el principal objetivo es proporcionar a los usuarios conectados a la red un voltaje compatible con los equipos instalados; todos los equipos eléctricos están diseñados para trabajar a un nivel de voltaje de fábrica para lograr su óptima eficiencia y máxima duración, un nivel de voltaje mayor al nominal o de fábrica puede ocasionar daños severos.

Se puede decir que un sistema eléctrico llamado “ideal” proporciona un voltaje constante a todos los usuarios; este sistema eléctrico “ideal” también puede proporcionar un voltaje satisfactorio para todos los equipos conectados a la red, a través del uso más económico y disponible de reguladores de voltaje (Fink, 1996, págs. 10-119).

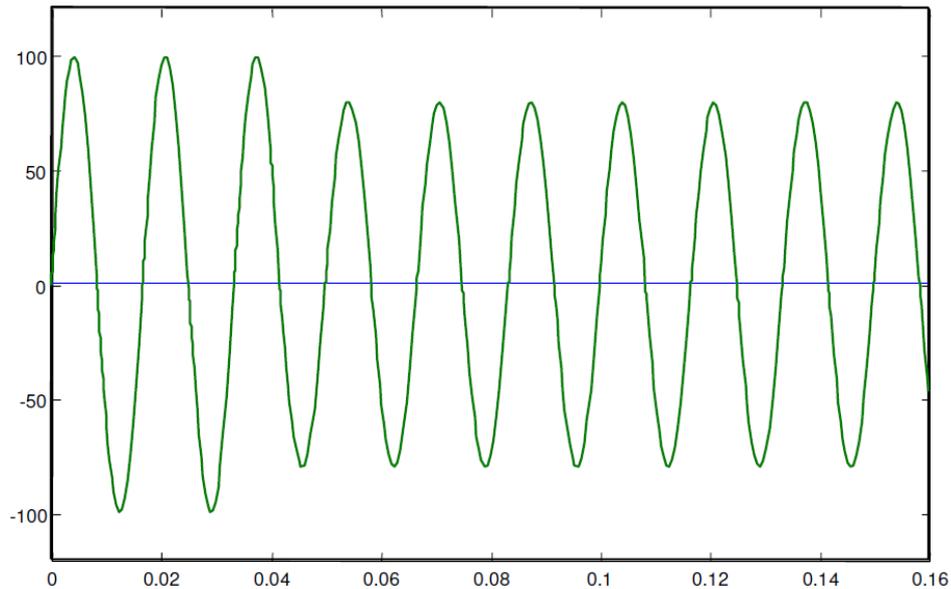


Figura 1.8 Variación de voltaje en un sistema eléctrico (*J. Arizpe, 2013 , pág. 39*).

1.15 Caída de voltaje

La caída de voltaje o también llamada “hueco” de voltaje, es la disminución de los valores de voltaje rms en relación de 0,1 y 0,9 valores por unidad y duración de 0,5 ciclos y 1 minuto. Si en el siguiente ejemplo: existe una caída de voltaje del 20% del valor nominal, entonces, esto se refiere a una caída del voltaje de 0,8 o 0,2 valores por unidad, en el siguiente párrafo se explica el ejemplo.

De acuerdo con la IEEE Std. 1159 “La terminología utilizada para describir la magnitud de una caída de voltaje suele ser confusa; siempre que sea posible, es recomendable especificar también el nivel de voltaje nominal o base, siendo así, siguiendo el ejemplo anterior una caída de voltaje de 20% da lugar a niveles de voltaje de 368 V., si el voltaje nominal es 460 V., o niveles de voltaje de 384 V., si el voltaje nominal es 480 V., (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 21).

Las caídas de voltajes están asociadas a problema o fallos en los sistemas eléctricos, también, por el arranque de motores de mayor potencia o la conmutación de cargas de gran consumo y que normalmente tienen un tiempo de restablecimiento 3 a 30 ciclos, como indica la IEEE; en la figura 1.9 se

visualiza la simulación de una caída de voltaje por una falla asimétrica (falla a tierra), la misma que tiene una duración de 80 milisegundos.

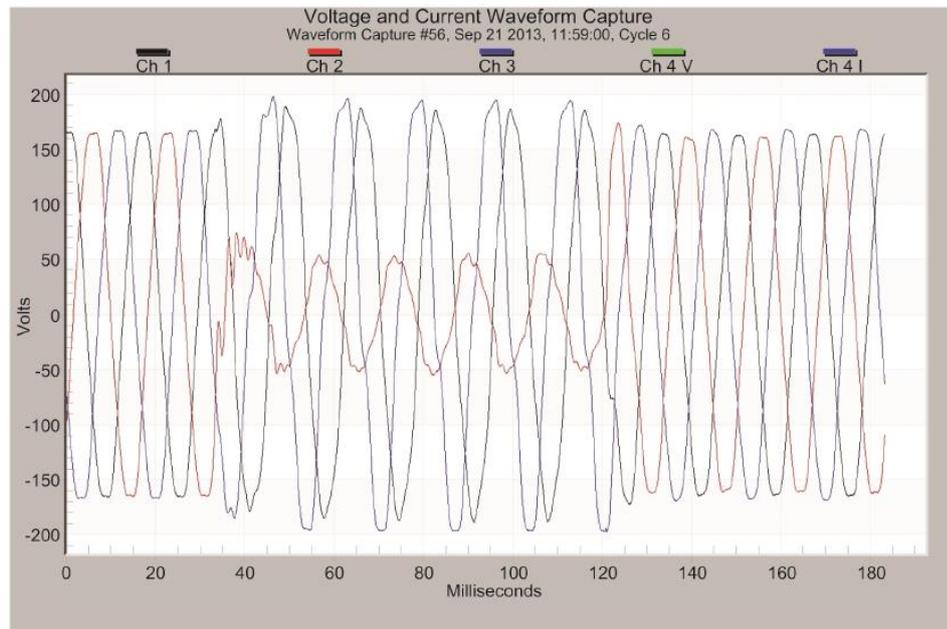


Figura 1.9 Simulación de una caída de voltaje (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 22).

1.16 Desequilibrio de fase

Según la IEEE, el desequilibrio (a veces llamado desbalance) en un sistema trifásico se define como la relación de la magnitud de la componente de secuencia negativa con respecto a la magnitud de la componente de secuencia positiva expresada en porcentaje, como se verá en la ecuación 1.6 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 25).

La anterior definición puede aplicarse tanto a la tensión como a la corriente; normalmente el desequilibrio de tensión de un servicio trifásico es inferior al 5%, en cambio el desequilibrio de corriente puede ser considerablemente mayor, especialmente cuando hay cargas monofásicas (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 25). Además, la IEEE indica que, matemáticamente el porcentaje de desequilibrio de fase es representado por el cociente entre el voltaje secuencia negativa y el voltaje secuencia positiva expresada en la ecuación 1.6.

Ecuación 1.6 Porcentaje de desbalance de fase (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019)

$$\%Desbalance = \frac{|V_{neg}|}{|V_{pos}|} \times 100\% \quad (1.6)$$

Los autores del documento “Desequilibrio y pérdidas en las instalaciones eléctricas”, publicado por la Universidad de Salamanca, realizaron un estudio de las pérdidas en sistemas eléctricos, llegando a la conclusión que “las mayores pérdidas por desequilibrio se producen en las proximidades de la carga y, principalmente en las instalaciones del abonado, a medida que las líneas alimentan simultáneamente receptores más diversos, los desequilibrios suelen compensarse; el reparto de carga de una instalación entre las fases del sistema deberá ser procurando que en todas las hipótesis de funcionamiento la intensidad sea la misma en las tres fases” (F. R. Quintela, 2000, pág. 10).

El desequilibrio en los sistemas trifásicos produce daños a equipos como, por ejemplo: mayor calentamiento en los devanados de los motores y transformadores, presencia de armónicos no característicos en los sistemas electrónicos (variadores de frecuencia, arrancadores suaves), entre otros (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010, pág. 23).

Los motores eléctricos de mayor eficiencia en la industria pueden ser más susceptibles a los problemas de desequilibrio o desbalanceo de voltaje, esto se debe a sus valores menores de reactancia de secuencia negativa (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010, pág. 23).

En la figura 1.10 se observan dos sistemas trifásicos, en la parte superior las tres fases de color roja, verde y negra se encuentran con la misma amplitud, mientras que, en el segundo sistema trifásico en la parte inferior, la fase de color roja es de mayor amplitud que las fases de color verde y negra, entonces se dice que, el sistema trifásico está desequilibrado.

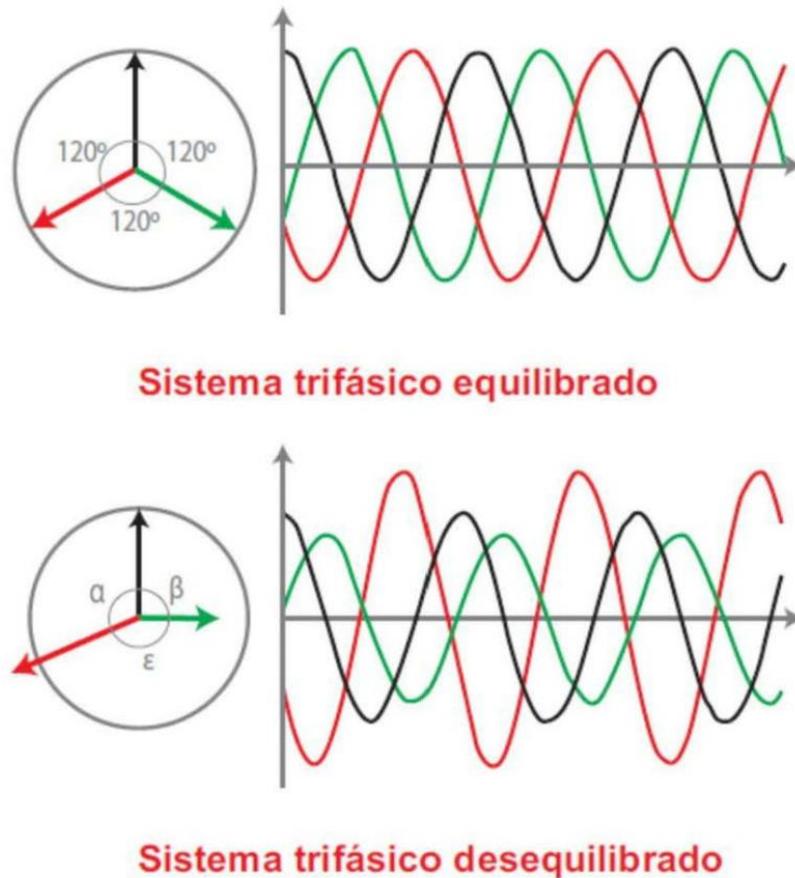


Figura 1.10 Ejemplo de un sistema eléctrico desequilibrado (www.mecfi.es, 2022).

1.17 Ruido eléctrico

El ruido es una señal eléctrica no deseada con un contenido espectral de banda ancha como se muestra en la figura 1.11, normalmente inferior a 200 kHz., y superpuesta al voltaje o a la corriente del sistema eléctrico, básicamente, el ruido consiste en cualquier distorsión no deseada de la señal de potencia que no puede clasificarse como distorsión armónica o transitoria (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 32).

Por ejemplo: un convertidor por tiristores (electrónica de potencia) genera ruido en las líneas de alimentación o cercanas al equipo; dos de las principales razones por la que se produce ruido en las líneas son: la discontinuidad (muesca), y la distorsión de la forma de onda, además, las interferencias electromagnéticas también son referencia de ruido de alta frecuencia (N. Mohan, 2009, págs. 133, 312).

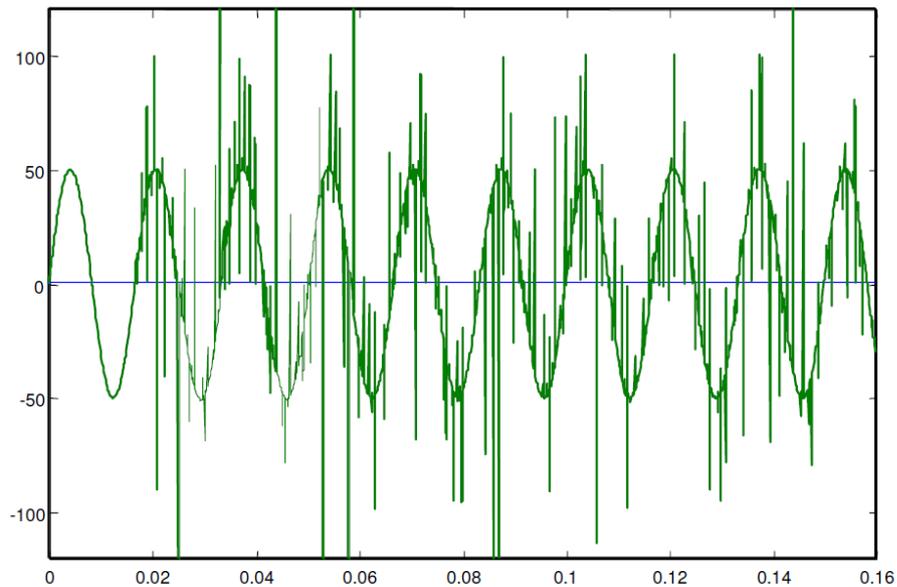


Figura 1.11 Imagen espectral del ruido de un sistema eléctrico (*J. Arizpe, 2013 , pág. 36*).

1.18 Calidad de datos

Lo peor de no obtener los datos que uno espera en un Estudio de Calidad de Energía o en una investigación que realice, es obtener datos que sean erróneos considerados buenos; a menudo estos tipos de datos erróneos se pasan por alto y se transmiten a los algoritmos, en donde pueden contribuir a errores muy significativos en los resultados finales (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 45).

Una de las causas de los datos defectuosos puede ser debido a errores humanos de configuración o conexión del equipo, así como también a fallos de hardware o también, a los errores en la formulación de los algoritmos, (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 45).

En la figura 1.12 se observan algunos errores comunes en la calidad de datos levantadas en un Estudio de Calidad de Energía y como se aprecia son muy visibles; en el análisis de los datos de la figura 1.12, debido a los errores, se pudiera interpretar que el sistema eléctrico presenta diferentes fallas. Los cortes de energía eléctrica no deseados en el equipo Analizador de Calidad

de Energía, además, de provocar la pérdida de datos puede ocasionar el daño del equipo o accidentes lamentables.

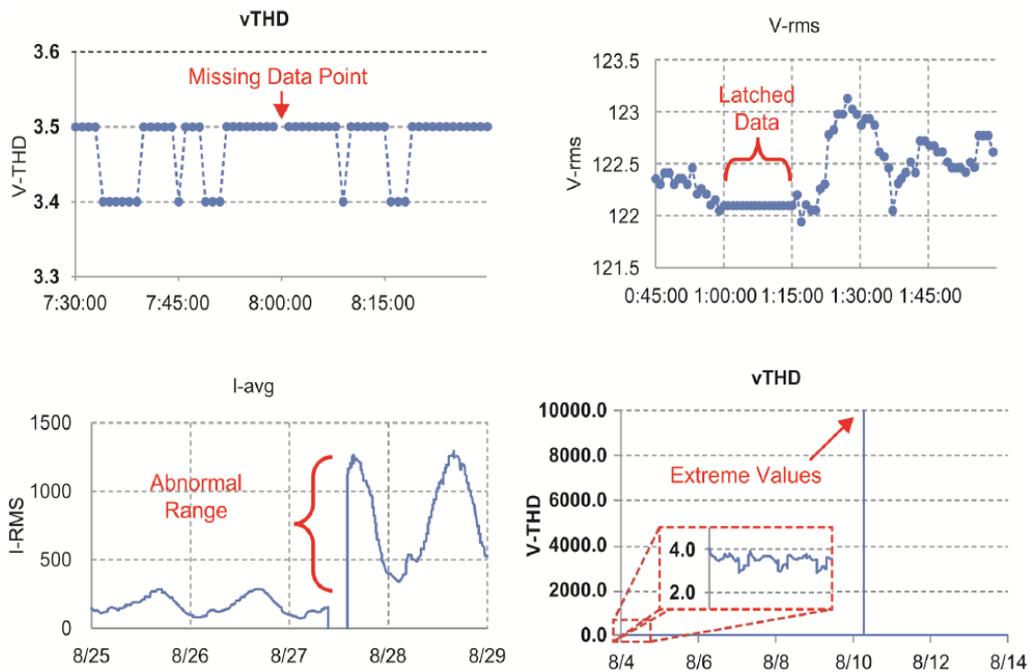


Figura 1.12 Datos erróneos levantados por un analizador de redes (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 45*).

1.20 Interpretación de los datos

La localización y solución de problemas relacionados con la mala calidad de energía eléctrica implica una serie de cuestiones, es así como, muchos de estos problemas se solucionan aplicando los siguientes métodos: evaluación cuidadosa de la carga conectada en el sistema, verificación del cableado de fuerza y control, y la conexión adecuada de una puesta a tierra del sistema eléctrico.

También, se debe tener en cuenta, la instalación de equipos supervisores de energía, características del sistema, e involucrar al proveedor local de energía para saber si hubo eventos coincidentes en su sistema eléctrico; sin embargo, no hay un método único para todos los problemas que se presentan en la red eléctrica y que son registrados por el equipo Analizador de Calidad de Energía, es por esto que, no hay que limitarse a diagnosticar un problema

observando una sola fuente de datos (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 63).

1.21 Equipos usados en medición de la calidad de energía

Los equipos utilizados para medición de calidad de energía pueden ser desde un multímetro hasta un sofisticado sistema de monitoreo instalados en el sistema eléctrico; el equipo correcto para las mediciones de la calidad de energía va a depender de las necesidades del usuario y de los que se quiere diagnosticar o investigar.

Por otro lado, se debe tener en cuenta la capacidad y limitaciones de los instrumentos de medición frente a las variaciones del sistema eléctrico; tomando en cuenta lo anteriormente indicado, para el presente trabajo se utilizará un equipo Analizador de Calidad de Energía que mida y registre las variables y los fenómenos electromagnéticos que se presenten.

Para el presente trabajo se utilizará un equipo Analizador de Calidad de Energía como el mostrado en la figura 1.13; según el fabricante el equipo realiza mediciones trifásicas y son ideales para solucionar problemas, registrar y crear informes detallados (www.fluke.com, s.f., págs. 3-1), es recomendable que los equipos que se vayan a utilizar para las mediciones eléctricas tienen que estar calibrados como lo indica la NFPA 70B.



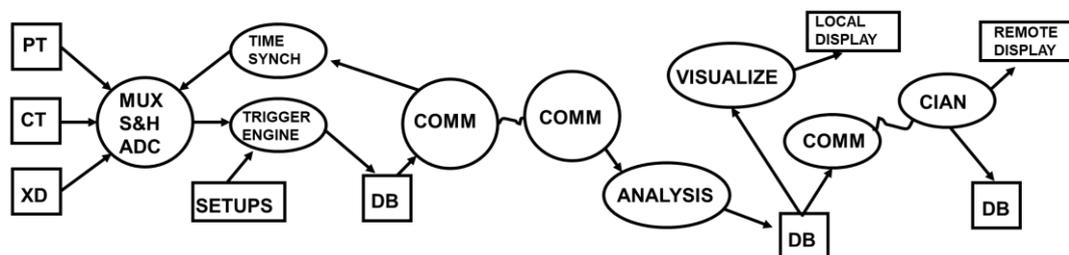
Figura 1.13 Analizadores de Calidad de Energía (www.fluke.com, s.f.).

1.22 Parámetros a medir

El autor del texto “Calidad de energía y sistemas eléctricos de potencia” indica que “las perturbaciones en la red de los sistemas eléctricos pueden ser clasificadas como la desviación en uno o más aspectos relacionados con el voltaje: amplitud, forma de onda, frecuencia y relación de fase” (J. Arizpe, 2013 , págs. 31, 32).

El objetivo de realizar las mediciones de calidad de energía es diagnosticar las incompatibilidades que existen entre la fuente de energía eléctrica y las cargas, evaluar el entorno del sistema eléctrico con el fin de obtener líneas base de calidad de energía, y también de predecir el rendimiento futuro de los equipos conectados al sistema eléctrico (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 36).

El voltaje y la corriente son los dos principales parámetros a los que, se le calcula su verdadero valor eficaz (rms – root mean square); sin embargo, los Analizadores de Calidad de Energía actuales, miden los voltajes y corriente del sistema y calculan con precisión el valor efectivo del voltaje y la corriente en su onda sinusoidal o distorsionada a través de algoritmos; para poder entender como realizan las mediciones, en la figura 1.14 se muestra un diagrama de bloque de un equipo Analizador de Calidad de Energía.



Leyenda:

PT – Transformador de potencial

CT – Transformador de corriente

XD – Transductor

MUX – Multiplexor

S&H - Muestreo y retención

ADC – Convertidor análogo a digital

DB – Base de datos

COMM – Comunicación

C/A/V – Comunicación/Análisis/Verificación

PQ – Calidad de Energía

Figura 1.14 Diagrama de bloque de un Analizador de Calidad de Energía (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 41).

1.23 Seguridad en las mediciones

La NFPA indica que los equipos usados para mediciones eléctricas deben tener una protección sensible y eficaz, capaz de detectar inmediatamente una anomalía y causar la separación del equipo, con el menor daño y la más mínima perturbación en el sistema; los elementos de protección del equipo de medición como fusibles, entre otros responden a condiciones anormales o fuera de rango (NFPA, 2016, pág. 37).

Cuando se van a manipular equipos que están energizados, el Código Nacional Eléctrico (NEC) recomienda la utilización de los equipos de protección personal (EPP) adecuados y en buenas condiciones, además del personal calificado y con conocimiento para realizar los procedimientos de conexionado y configuración (NFPA, 2017, pág. 43).

1.24 Normativas internacionales

En el campo la electricidad, es normal el uso de normativas publicadas de organismos nacionales e internacionales como el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) creado en el año 1984, quienes dedican sus esfuerzos en el desarrollo técnico de normativas o recomendaciones en la rama de la ingeniería, mediante las publicaciones de artículos científicos, entre otras (www.ieee.org, 2022).

Para el presente trabajo, se ha considerado como normativa base el estándar 1159 de la IEEE, en la que se recomiendan las prácticas para el monitoreo de la Calidad de la Energía Eléctrica.

1.25 Política nacional referente al sector eléctrico

Para el presente trabajo también se ha tomado en cuenta, dos leyes orgánicas nacionales asociadas el tema de calidad de energía y que son: la Ley orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica y la Ley de Eficiencia Energética.

El art. 1 de la Constitución de la República del Ecuador indica que Ecuador es un estado constitucional de derecho, esto quiere decir que, todas las personas naturales o jurídicas que se encuentran dentro del territorio ecuatoriano, están sujetos a leyes, códigos y normas establecidas por las diferentes instituciones del estado (Ecuador, 2008, pág. 8).

La Asamblea Nacional es el organismo de adecuar, formal y materialmente, las leyes y demás normas jurídicas a los derechos provistos en la Constitución de la República del Ecuador (Ecuador, 2008, pág. 8). Entre las leyes promulgadas por la Asamblea Nacional referentes al sector energético eléctrico están:

- Ley orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica
- Ley orgánica de Eficiencia Energética.

1.26 Ley orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica

El objetivo de la Ley orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica es garantizar que el servicio público de energía eléctrica cumpla con todos los principios indicados en la ley, además, también regula la participación de los sectores públicos y privados relacionado al sector de la energía eléctrica (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, 2015, pág. 5).

1.27 Ley orgánica de Eficiencia Energética

Promover el uso eficiente, racional y sostenibles de la energía eléctrica en todas sus formas es el objetivo de la Ley orgánica de Eficiencia Energética, y entre sus principios está la racionalización del consumo energético, mejoramiento de la productividad y la competitividad a través de la reducción de costos por el uso eficiente de la energía (Ley Orgánica de Eficiencia Energética, 2019, pág. 4).

Esta ley también abarca, la promoción de energías limpias, fomentar la cultura de eficiencia energética y transparentar la información hacia los consumidores (Ley Orgánica de Eficiencia Energética, 2019, pág. 4).

1.28 Fuentes de energía eléctrica usadas en la industria

Como se indicó anteriormente, los sistemas eléctricos de potencia parten desde la generación hasta la distribución; en el sector industrial las fuentes de energía eléctrica por lo general son de generación propia (generadores, paneles solares, grupos electrógenos, como los mostrados en la figura 1.15) o generación proveniente de la red pública.

Según las disposiciones de la Ley orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, el estado a través de las empresas eléctricas públicas garantiza el servicio público de energía eléctrica para los sectores públicos y privados (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, 2015, pág. 5).



Figura 1.15 Grupo electrógeno formado por un motor de combustión interna y un alternador de CA.

1.29 La industria petrolera en el Ecuador (refinerías)

Ecuador comenzó a vivir su era petrolera en el año 1911 con la perforación del primer pozo petrolero denominado Ancón 1 en la Península de Santa Elena, figura 1.16; a partir de esa fecha diferentes empresas dedicadas al

negocio del petróleo establecieron bases en el país; de igual forma la industrialización del petróleo ecuatoriano tiene su origen en la provincia de Santa Elena, es así, que entre los años 1909 y 1929 se desarrollaron en la península importante actividades industriales-petrolíferas.

Para el año 1940, Ecuador ya contaba con la primera refinería ubicada en la ciudad de La Libertad, con una producción de 7.000 barriles diarios de petróleo proveniente de Ancón y años siguientes la empresa Repetrol construye en la vía Cautivo otra refinería; estas refinerías luego de la reversión que se dio en el año 1989 pasaron a mano del estado y se integraron bajo una misma estructura administrativa y operativa que se denominó refinería La Libertad (Petroecuador, 2009, págs. 47, 48).



Figura 1.16 Postal del Ing. Pine, sobre el primer pozo petrolero perforado en Ecuador.

1.30 Planta Cautivo, refinería La Libertad

En la actualidad, la refinería La Libertad con sus tres plantas denominadas: Parsons, Universal y Cautivo tienen una producción de 45.000 barriles diario de crudo; la planta Cautivo como lo indica la EP Petroecuador tiene “la particularidad de ser una planta autónoma al tener su propio bunker, estación

de bomberos, islas de despachos de productos terminados, generación de vapor y energía eléctrica; además posee sus propios tanques de almacenamiento para petróleo y sus derivados, cuenta con tubería y área marítima propias para sus operaciones” (www.eppetroecuador.ec, 2022). Esta planta se encuentra ubicada a 1,5 Km en la vía a La Libertad – Ballenita, figura 1.17.



Figura 1.17 Vista aérea de la planta Cautivo, tomada mediante un dron.

1.31 Centro de refinación de petróleo

Desde sus inicios, los centros de refinación debido a la constante demanda de los combustibles han experimentado una expansión y cambios visibles, que van desde el aumento de las unidades de procesamiento, nuevos procesos tecnológicos como los catalíticos (FCC), mayor demanda de productos terminados y la explotación de nuevos pozos petroleros (Gary & Handwerk, 1980, pág. 6).

En las refinerías se calienta el petróleo (llamado también crudo), en hornos de grandes dimensiones y se carga a una torre de destilación que trabaja a presión atmosférica, posteriormente los gases provenientes de la torre de destilación son enfriados y separados en los diferentes productos como

gasolina, diésel, gas licuado de petróleo, entre otros. (Gary & Handwerk, 1980, pág. 6).

Antiguamente, en las refinerías era normal el uso de máquinas de combustión interna o de vapor, usadas para el transporte del petróleo o sus derivados; desde la segunda revolución industrial, se han sustituido las máquinas de combustión interna por motores eléctricos capaces de mover grandes cantidades de fluido a través de bombas centrífugas; sin embargo, el uso de motores eléctricos conlleva a un consumo de energía reactiva.

La potencia reactiva representa la energía que primero se almacena y luego se libera en el campo magnético de un inductor o en el campo eléctrico de un capacitor; por lo que, el ángulo de impedancia es positivo para cargas inductivas y negativo para cargas capacitivas (Chapman, 2012, pág. 38),

Es común el uso de sistemas de compensación de energía reactiva o banco de capacitores cuando se dispone de una gran cantidad de carga inductiva (motores, transformadores); en circuitos sinusoidales la potencia promedio suministrada a la carga se ve afectada por el ángulo de fase entre el voltaje y la corriente (Chapman, 2012, pág. 37).

Además de la energía reactiva que consumen los motores eléctricos, para el accionamiento de estas máquinas, se utilizan un sin número de equipos con electrónica de potencia que generan distorsión armónica (THD) en la red eléctrica; los accionamientos de los motores eléctricos por lo general se encuentran en tableros céntricos denominados Centro Control de Motores (CCM).

El uso de los Centro Control de Motores en la industria es frecuente debido a que, son procesos muy complejos en los que se necesitan una gran cantidad de motores acoplados para controlar las cargas independientes; en los Centros de Control de Motores se encuentran los dispositivos de protección contra sobrecargas y de cortocircuitos, por lo que, la NEC es deliberadamente

muy detallada respecto de la protección de los circuitos derivados del motor (Kosow, 1982, pág. 67).

En la tabla 1.4 están enlistados los motores eléctricos ubicados en la planta Cautivo con sus principales características técnicas, el accionamiento de los motores se encuentra en el Centro de Control de Motores de la planta y como se observa en la tabla 2.4, todos los motores son trifásicos, sin embargo, en el Centro Control de Motores también existen cargas monofásicas.

Tabla 1.4 Listado de motores del CCM de planta Cautivo.

| DESCRIPCION | FABRICANTE | HP | VOLTAJE | RPM | FASES |
|--|-----------------------|-------|-----------------|-----------|-------|
| MOTOR DE BOMBA DE CRUDO C1P1A | LEESON | 75 | 190/230 | 2970 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE CRUDO C1P1B | TECO WESTINHOUSE | 100 | 230/460 | 3560 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE GASOLINA T1 REF. C1P3A | U.S. ELECTRICAL MOTOR | 10 | 460 | 3485 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE GASOLINA T1 REF. C1P3B | U.S. ELECTRICAL MOTOR | 10 | 460 | 3485 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA FUEL OIL C1P4A | SIEMENS | 75 | 460 | 3545 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA FUEL OIL C1P4B | RELIANCE ELECTRIC | 75 | 460 | 3555 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE GASOLINA DESTILADA C1P5A | SIEMENS - DUTIMAX | 25 | 460 | 3525 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE KEREX C1P5B | SIEMENS - DUTIMAX | 25 | 460 | 3525 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE GASOLINA NAFTA C1P9B | ALLIS CHALMERS | 15 | 220/440 | 3500 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE GASOLINA NAFTA C1P9A | BALDOR RELIANCE | 10/15 | 230/460/190/380 | 3530/2940 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE KEREX C1P10 | GENERAL ELECTRIC | 5 | 230/460 | 3500 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE CRUDO T1 C1P11A | SIEMENS | 60 | 460 | 3545 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE CRUDO T1 C1P11B | SIEMENS | 60 | 460 | 3545 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE DIESEL LIVIANO C1P12 | GENERAL ELECTRIC | 7 1/2 | 230/460 | 3530 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE DIESEL PESADO C1P13 | GENERAL ELECTRIC | 7 1/2 | 230/460 | 3530 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE SLOP C1P14 | ALLIS CHALMERS | 5 | 220/240 | 3500 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE KEREX C1P15 | RELIANCE ELECTRIC | 3 | 460 | 3505 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE SODA C1P16 CALDERA | LEESON | 1/3 | 208-230/460 | 1725 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA INHIBIDORA DE CORROSIÓN C1P17 | LEESON | 1/3 | 115 | 1725 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA INHIBIDORA DE CORROSIÓN C1P17B | LEESON | 1/3 | 115 | 1725 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA INVECTORA DE AMONIACO C1P18 | LEESON | 1/2 | 208-230/460 | 1725 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA INVECTORA DE AMONIACO C1P18B | LEESON | 1/2 | 208-230/460 | 1725 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA C1P13B | SIEMENS | 10 | 460 | 3505 | 3 |
| MOTOR VENTILADOR ENFRIADOR DE GASOLINA C1E1001M | SIEMENS | 15 | 230/460 | 1750 | 3 |
| MOTOR VENTILADOR ENFRIADOR DE GASOLINA C1E2001 | SIEMENS | 20 | 230/460 | 1745 | 3 |
| MOTOR VENTILADOR ENFRIADOR DE DIESEL C1E302 | SIEMENS | 5 | 230/460 | 1730 | 3 |
| MOTOR BOMBA AGUA DE ENFRIAMIENTO W1P3001A | U.S. ELECTRICAL MOTOR | 50 | 230/460 | 1775 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO W1P3001B | WESTINGHOUSE | 100 | 440 | 1780 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO W1P3001C | ALLIS CHALMER | 100 | 220/440 | 1770 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE AGUA DE CALDERA P1A1 | RELIANCE ELECTRIC | 20 | 230/440 | 1760 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE AGUA DE CALDERA P1A2 | BALDOR | 20 | 230/440 | 1765 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE COMBUSTIBLE FUEL OIL CALDERAS P1R2 | LEESON | 15 | 230/440 | 1765 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE COMBUSTIBLE FUEL OIL CALDERAS P1R1 | SIEMENS | 15 | 230/440 | 1765 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE AGUA DEL DESALADOR | RELIANCE ELECTRIC | 7,5 | 460 | 1765 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE AGUA DEL DESALADOR | RELIANCE ELECTRIC | 10 | 230/460 | 3510 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE AGUA DEL DESALADOR | HUNDER WRITE LAB | 15 | 190/380 | 2925 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE TORRE DE ENFRIAMIENTO W1E3001 | LEESON | 20 | 230/460 | 1750 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA TORRE DE ENFRIAMIENTO W1E3002 | RELIANCE ELECTRIC | 20 | 230/460 | 1760 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA TORRE DE ENFRIAMIENTO W1E3003 | RELIANCE ELECTRIC | 20 | 230/460 | 1760 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA No. 1 RESERVORIO DE AGUA | EMERSON | 2 | 208-230/460 | 3450 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA No. 2 RESERVORIO DE AGUA | EMERSON | 2 | 208-230/460 | 3450 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA No. 1 AGUA A TORRE E2001 | CHALMER | 5 | 220/440 | 3500 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA No. 2 AGUA A TORRE E2001 | U.S. MOTORS | 5 | 230/460 | 3500 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA No. 1 DE AGUA | RELIANCE ELECTRIC | 20 | 230/460 | 1760 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA No. 2 DE AGUA | RELIANCE ELECTRIC | 20 | 230/460 | 1760 | 3 |
| MOTOR DE BOMBA DE SODA | DORINGER | 0,75 | 230/460 | 1750 | 3 |

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE PLANTA CAUTIVO

2.1 Sistema eléctrico de Planta Cautivo

La planta Cautivo es alimentada con energía eléctrica proveniente de dos grupos electrógenos denominados: GE No. 5 y GE No. 6, cada grupo electrógeno está conformado por un motor de combustión interna marca MTU, acoplado a un alternador marca Leroy Somer, de 1,2 MVA, 60 HZ, 480 V., y energía de respaldo proveniente por la red eléctrica de CNEL EP a través de un transformador trifásico tipo Pad Mounter marca Inatra de 1250 kVA, 60 Hz, relación de transformación 13,2 / 0,48 kV.

Los dos sistemas de alimentación de la planta Cautivo están conectados y sincronizados a través de un controlador de la marca ComAp a un sistema de barra común ubicada en la central eléctrica; de acuerdo con la lógica de control de la central eléctrica, el controlador puede realizar la sincronización de forma automática y/o manual.

El proceso de sincronización lo explica Casado en su libro Grupos Electrógenos y Centrales Eléctricas de Generación Distribuida: “para que se pueda realizar la sincronización entre un generador a una barra energizada deberá haber coincidencia de frecuencia, voltaje y secuencia de fase; una vez que el generador está sincronizado se cierra el interruptor principal de conexión a la barra y se finaliza el proceso de sincronización para comenzar el proceso de repartición de cargas llamada operación en paralelo, la repartición de carga y sincronización es realizada por un sistema de comandos automáticos programable” (Casado, 2009, pág. 400).

En la figura 2.1 se muestra el diagrama unifilar graficado del sistema de alimentación de la planta Cautivo, la sincronización la realiza el controlador en el tablero de barras de bajo voltaje (480 V, rectángulo rojo).

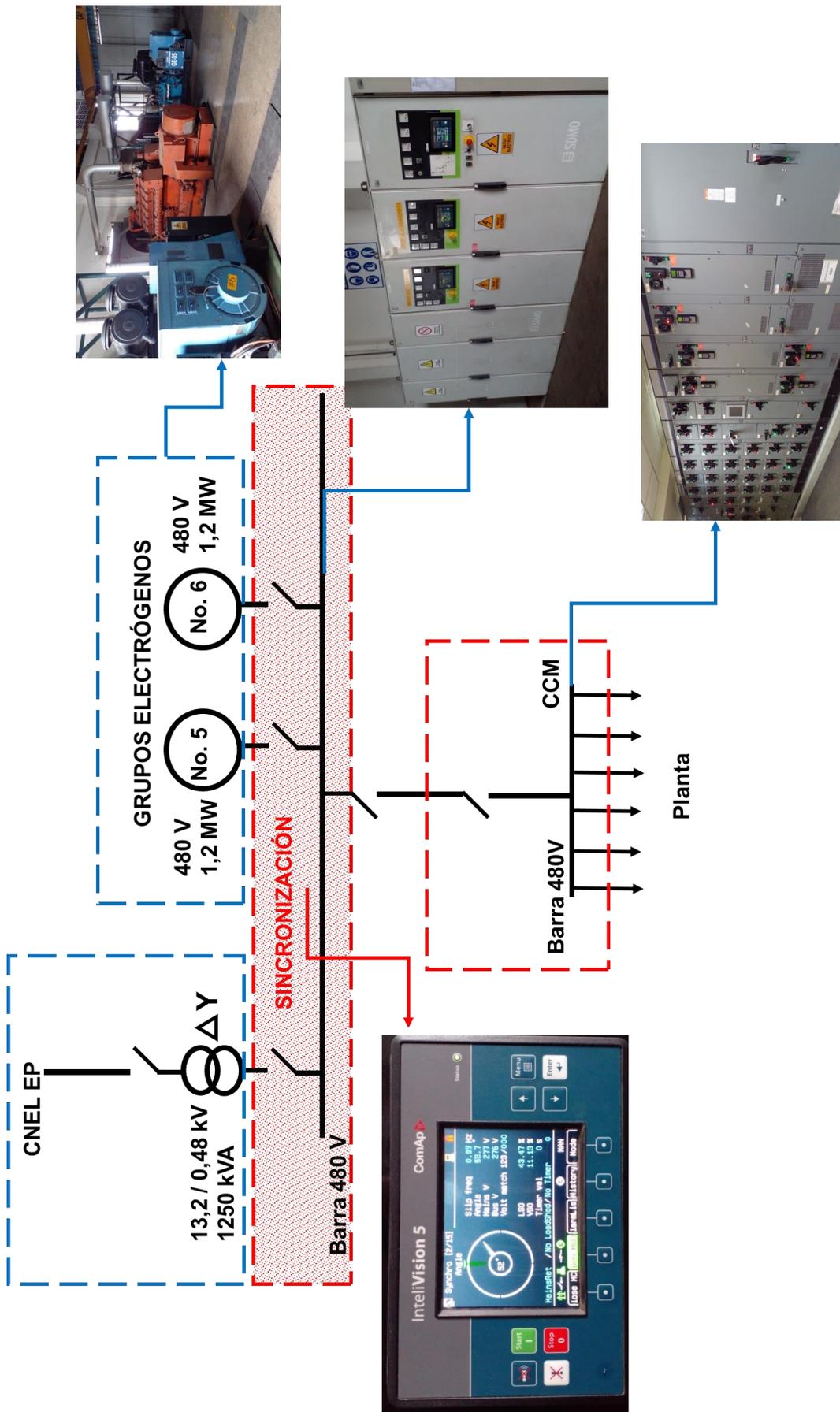


Figura 2.1 Unifilar gráfico del sistema de sincronización de la planta Cautivo.

El control de cierre y apertura de los interruptores de la central eléctrica, así como la sincronización y el proceso de repartición de carga la realiza el operador de forma remota en el cuarto de control, donde, además registra las variables eléctricas en los perfiles de carga figura 2.2.

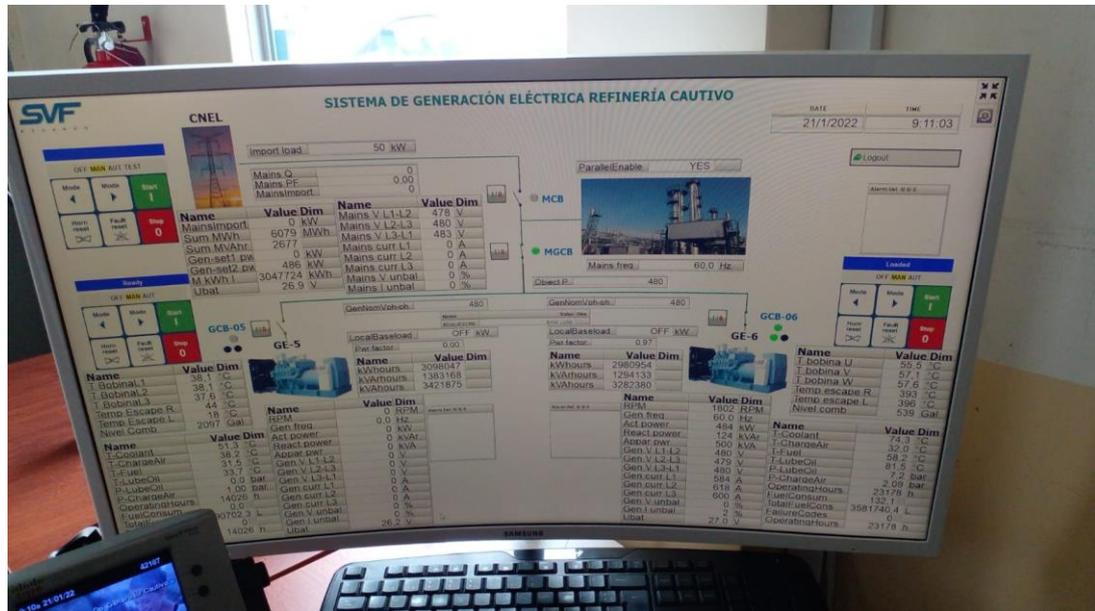


Figura 2.2 Pantalla de monitoreo y control del operador de central eléctrica de planta Cautivo.

1.2 Análisis de los perfiles de carga de la Planta Cautivo

Para el análisis de los perfiles de carga de la planta Cautivo, se han tomado en cuenta los registros levantados por el operador de la central eléctrica, una semana antes de la instalación del equipo Analizador de Calidad de Energía; los datos que registre del Analizador de Calidad de Energía se compararán con los datos levantados por el operador.

2.2.1 Perfil de carga, día uno

El primer perfil de carga analizado está mostrado en la tabla 2.1; los datos fueron levantados el sábado 15 de enero del 2022 hasta el domingo 16 de enero del 2022. El Grupo Electrónico que se encontraba en funcionamiento era el GE No. 5; sin estar sincronizado con la red eléctrica de CNEL EP.

En el perfil de carga de la tabla 2.1, se analizó, las lecturas de las variables de corriente y potencia del grupo electrógeno; por lo que, se llega a la conclusión que las lecturas mínimas de corriente y potencia activa y reactiva registrada fueron 585 A, 462 kW y 122 kVAR respectivamente, mientras que, las lecturas máximas de corriente y potencia activa y reactiva registrada fueron 753 A, 574 kW y 142 kVAR respectivamente.

Los datos de lectura máxima y mínima de corriente y potencia analizados nos ayudan a entender el comportamiento de las cargas y el consumo de corriente de la planta.

Tabla 2.1 Perfil de carga del GE No. 5 de fecha 16 de enero del 2022



EP PETROECUADOR
SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA - PLANTA CAUTIVO

| GRUPO ELECTROGENO No. 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-----------|------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------|----------------|---|--------------------|---------------|----------------|-----------------|----------------------|--------------------|------------------|
| HORA | TENS. VOLT. | INT. AMP. | POT. ACTIVA (KW) | POT. REACT. (KVAR) | ENERGIA ACTIVA (MWh) | ENERGIA REACTIVA (MVAR) | FREC. Hz | FACTOR POT. FP | TENSION BAT. (VOLT.) | TEMP. AGUA A.T. °C | TEMP. AIRE °C | TEMP. COMB. °C | TEMP. ACEITE °C | PRESION ACEITE (PSI) | PRESION AIRE (PSI) | NIVEL CC Tq. # 1 |
| 23h00 | 480 | 734 | 578 | 151 | 3.081.397 | 1.378.787 | 60 | 0,97 | 26,7 | 74,3 | 35,3 | 59,5 | 77,5 | 99 | 36 | 1.710 |
| 24h00 | 480 | 753 | 565 | 219 | 3.081.961 | 1.378.944 | 60 | 0,93 | 26,7 | 73,9 | 34,7 | 59,2 | 77,1 | 99 | 35 | 1.670 |
| 01h00 | 480 | 757 | 574 | 142 | 3.082.508 | 1.379.094 | 60 | 0,97 | 26,7 | 74,3 | 35,2 | 59,5 | 77,1 | 99 | 35 | 1.620 |
| 02h00 | 480 | 728 | 574 | 143 | 3.083.061 | 1.379.244 | 60 | 0,97 | 26,7 | 74,3 | 35,3 | 59,5 | 77,1 | 97 | 35 | 1.570 |
| 03h00 | 480 | 678 | 564 | 219 | 3.083.614 | 1.379.394 | 60 | 0,97 | 26,7 | 73,9 | 34,7 | 59,2 | 76,8 | 99 | 35 | 1.530 |
| 04h00 | 480 | 722 | 567 | 144 | 3.084.309 | 1.379.584 | 60 | 0,97 | 26,7 | 73,5 | 34,0 | 58,9 | 76,4 | 99 | 36 | 1.480 |
| 05h00 | 480 | 715 | 565 | 143 | 3.084.732 | 1.379.701 | 60 | 0,97 | 26,7 | 73,5 | 34,3 | 58,9 | 76,4 | 99 | 35 | 1.430 |
| 06h00 | 480 | 717 | 566 | 142 | 3.085.274 | 1.379.848 | 60 | 0,97 | 26,7 | 73,9 | 34,3 | 59,2 | 76,8 | 99 | 35 | 1.380 |
| 07h00 | 480 | 639 | 497 | 121 | 3.085.840 | 1.379.996 | 60 | 0,97 | 26,7 | 72,8 | 33,4 | 59,1 | 75,7 | 99 | 35 | 1.340 |
| 08h00 | 480 | 641 | 506 | 122 | 3.086.329 | 1.380.117 | 60 | 0,97 | 26,7 | 73,5 | 34,3 | 59,5 | 76,4 | 99 | 35 | 1.300 |
| 09h00 | 480 | 635 | 496 | 119 | 3.086.863 | 1.380.248 | 60 | 0,97 | 26,7 | 73,9 | 35,3 | 59,9 | 76,8 | 99 | 35 | 1.260 |
| 10h00 | 480 | 645 | 501 | 123 | 3.087.306 | 1.380.357 | 60 | 0,97 | 26,7 | 73,5 | 34,9 | 60,2 | 76,8 | 99 | 35 | 1.220 |
| 11h00 | 480 | 641 | 503 | 119 | 3.087.750 | 1.380.465 | 60 | 0,97 | 26,7 | 74,3 | 35,9 | 60,2 | 77,4 | 99 | 35 | |
| 12h00 | 480 | 645 | 511 | 122 | 3.088.304 | 1.380.603 | 60 | 0,97 | 26,7 | 74,2 | 35,3 | 60,5 | 77,1 | 99 | 35 | |
| 13h00 | 480 | 585 | 462 | 122 | 3.088.736 | 1.380.724 | 60 | 0,97 | 26,7 | 73,9 | 36,6 | 60,2 | 76,9 | 99 | 35 | 2.120 |
| 14h00 | 480 | 658 | 512 | 133 | 3.089.267 | 1.380.841 | 60 | 0,97 | 26,7 | 73,9 | 35,9 | 60,5 | 77,1 | 99 | 35 | |
| 15h00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16h00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17h00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18h00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19h00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20h00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21h00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22h00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO DE 23H00 - 07H00 | | | | | | | | | TURNO DE 07H00 - 15H00 | | | | | | | |
| 23H00.- PTA. OPERA CON G #5; G#6 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | | | 07H00.- PTA. OPERA CON G #5; G#6 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | |
| CARGA MAXIMA DIA ANTERIOR 615 KW A LAS 20H00 | | | | | | | | | 10H00.-LLENANDO DISEL TQ #1 ;VISOR 1220 gl. | | | | | | | |
| 06H00.- PTA. OPERA CON G #5; G#6 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | | | 13H00.-LLENA DISEL TQ #1 CON 900 gl; VISOR 2120 gl. | | | | | | | |
| GRUPO 5 HORAS 28420; MOTOR 12282 | | | | | | | | | 14H00.- PTA. OPERA CON G #5; G#6 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | |
| GRUPO 6 HORAS 20485; MOTOR 11227 | | | | | | | | | GRUPO 5 HORAS 28428; MOTOR 12290 | | | | | | | |
| 06H00.- CARGA GRUPO 5 564 KW | | | | | | | | | GRUPO 6 HORAS 20485; MOTOR 11227 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 12H00.- CARGA GRUPO 5 512 KW | | | | | | | |
| | | | | | | | | | NOTA: MAÑANA A LAS 03H00, SE CUMPLEN 250 HRS MPG G#5 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

2.2.2 Perfil de carga, día dos

El lunes 17 de enero del 2022, se realiza el cambio de Grupo Electrónico; sale de operación el GE No. 5 con 28.444 horas acumuladas de funcionamiento y entró en operación el GE No. 6 con 20.493 horas acumuladas de funcionamiento como se muestra en la tabla 2.2, los registros de potencia activa del GE No. 5 disminuyen mientras que los registros de potencia activa del GE No. 6 aumentan.

De acuerdo con los registros levantados, el cambio de operación del GE No. 5 por el GE No. 6 se lo realizó a las 06h00; a partir de esa hora el GE No. 6 asumió toda la carga de la planta que venía generando el GE No. 5; estos cambios de operación de equipo se deben sobre todo a temas de operación y mantenimiento. En este día, la lectura máxima de corriente registrada por el operador fue de 750 A, en horas de la media noche.

Tabla 2.2 Horas acumuladas de operación de los grupos eléctricos GE No. 5 y GE No. 6.

GENERACION ELÉCTRICA CAUTIVO

Lunes 17 de Enero / 2022

| HORA | GENERADOR # 5 KW | GENERADOR # 6 KW |
|-------|---------------------|---------------------|
| 24H00 | 583 | 0 |
| 02H00 | 567 | 0 |
| 04H00 | 567 | 0 |
| 06H00 | 556 | 0 |
| 08H00 | 0 | 515 |
| 10H00 | 0 | 514 |
| 12H00 | 0 | 519 |
| 14H00 | 0 | 528 |
| 16H00 | 0 | 0 |
| 18H00 | 0 | 0 |
| 20H00 | 0 | 0 |
| 22H00 | 0 | 0 |

| EQUIPO | HORAS DE OPERACIÓN | |
|--------|--------------------|----------|
| G. # 5 | 28.444 | OPERANDO |
| G. # 6 | 20.493 | STAND BY |

2.2.3 Perfil de carga, día tres

En la tabla 2.3, se muestran los datos registrados del tercer perfil de carga analizado; en horas de la noche se registraron las lecturas máximas de corriente y potencia activa y reactiva, 745 A, 535 kW y 145 kVAR respectivamente; en cambio al medio día se registraron las lecturas mínimas de corriente y potencia activa y reactiva, 564 A, 457 kW y 111 kVAR respectivamente.

Realizando el respectivo análisis del tercer perfil de carga, se evidencia una normal tendencia al aumento y disminución de la corriente y potencia activa y reactiva consumida por la planta en diferentes horas; sin embargo, el registro del factor de potencia no varía.

Tabla 2.3 Perfil de carga del GE No. 6 de fecha 18 de enero del 2022



SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA - PLANTA CAUTIVO
MEDIDAS ELECTRICAS Y MECANICAS DE GENERADORES MTU 1200 KW

| GRUPO ELECTROGENO No. 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|----------------|------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------|--|----------------------|--------------------|---------------|------------------|-----------------|----------------------|--------------------|------------------|
| HORA | TENS. VOLT. | INTENSID. AMP. | POT. ACTIVA (KW) | POT. REACT. (KVAR) | ENERGIA ACTIVA (MWh) | ENERGIA REACTIVA (MVAR) | FREC. Hz | FACTOR POT. FP | TENSION BAI. (VOLT.) | TEMP. AGUA A.T. °C | TEMP. AIRE °C | TEMP. COMBUST °C | TEMP. ACEITE °C | PRESION ACEITE (PSI) | PRESION AIRE (PSI) | NIVEL CC Tq No 1 |
| 23h00 | 480 | 643 | 524 | 139 | 2.938.029 | 1.282.761 | 60 | 0,97 | 26,9 | 75,3 | 33,1 | 58,9 | 82,9 | 104 | 35 | 1.525 |
| 24h00 | 480 | 736 | 573 | 219 | 2.938.573 | 1.282.909 | 60 | 0,93 | 26,9 | 75,3 | 33,1 | 58,6 | 82,6 | 104 | 35 | 1.480 |
| 01h00 | 480 | 631 | 512 | 133 | 2.939.115 | 1.283.055 | 60 | 0,97 | 26,9 | 74,8 | 32,9 | 58,5 | 82,2 | 104 | 35 | 1.435 |
| 02h00 | 480 | 689 | 560 | 144 | 2.939.655 | 1.283.201 | 60 | 0,97 | 26,9 | 74,6 | 32,7 | 58,6 | 82,2 | 104 | 35 | 1.390 |
| 03h00 | 480 | 687 | 566 | 144 | 2.940.195 | 1.283.346 | 60 | 0,97 | 26,9 | 75,0 | 33,1 | 58,5 | 82,6 | 104 | 35 | 1.345 |
| 04h00 | 480 | 693 | 560 | 145 | 2.940.732 | 1.283.489 | 60 | 0,97 | 26,9 | 74,6 | 32,7 | 58,4 | 81,8 | 104 | 35 | 1.300 |
| 05h00 | 480 | 635 | 516 | 137 | 2.941.264 | 1.283.631 | 60 | 0,97 | 26,9 | 74,6 | 32,4 | 58,3 | 82,2 | 104 | 32 | 1.255 |
| 06h00 | 480 | 660 | 531 | 139 | 2.941.798 | 1.283.773 | 60 | 0,97 | 26,9 | 74,6 | 32,4 | 58,2 | 82,2 | 104 | 35 | 1.210 |
| 07h00 | 480 | 625 | 508 | 123 | 2.942.315 | 1.283.909 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,1 | 31,8 | 58,6 | 81,4 | 104 | 32 | 1.170 |
| 08h00 | 479 | 645 | 520 | 137 | 2.942.803 | 1.284.034 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,6 | 32,4 | 59,0 | 81,8 | 104 | 32 | 1.130 |
| 09h00 | 478 | 639 | 513 | 131 | 2.943.297 | 1.284.161 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,6 | 32,4 | 59,2 | 81,8 | 104 | 31 | 1.090 |
| 10h00 | 479 | 623 | 506 | 129 | 2.943.793 | 1.284.289 | 60 | 0,97 | 26,8 | 74,3 | 31,8 | 58,9 | 81,8 | 104 | 33 | 1.050 |
| 11h00 | 479 | 568 | 458 | 119 | 2.944.290 | 1.284.418 | 60 | 0,97 | 26,7 | 74,6 | 33,1 | 59,5 | 81,8 | 104 | 29 | 1.010 |
| 12h00 | 479 | 625 | 505 | 121 | 2.944.781 | 1.284.542 | 60 | 0,97 | 26,7 | 75,0 | 34,7 | 60,2 | 82,2 | 104 | 29 | 975 |
| 13h00 | 480 | 564 | 457 | 111 | 2.945.267 | 1.284.662 | 60 | 0,97 | 26,9 | 75,0 | 34,9 | 60,5 | 81,9 | 104 | 32 | 940 |
| 14h00 | 479 | 641 | 518 | 132 | 2.945.760 | 1.284.786 | 60 | 0,97 | 26,9 | 75,0 | 34,3 | 60,5 | 82,2 | 104 | 32 | 900 |
| 15h00 | 480 | 697 | 541 | 138 | 2.946.307 | 1.284.926 | 60 | 0,97 | 27,1 | 75,3 | 32,7 | 60,3 | 82,6 | 104 | 32 | 855 |
| 16h00 | 480 | 614 | 525 | 133 | 2.946.787 | 1.285.049 | 60 | 0,97 | 27,1 | 75,7 | 33,8 | 60,9 | 82,9 | 104 | 32 | 810 |
| 17h00 | 480 | 631 | 535 | 143 | 2.947.373 | 1.285.203 | 60 | 0,97 | 27,1 | 75,3 | 35,3 | 61,2 | 82,6 | 104 | 32 | 765 |
| 18h00 | 480 | 676 | 532 | 138 | 2.947.818 | 1.285.319 | 60 | 0,97 | 27,1 | 74,6 | 32,8 | 60,5 | 81,8 | 104 | 32 | 715 |
| 19h00 | 480 | 687 | 577 | 148 | 2.948.427 | 1.285.480 | 60 | 0,97 | 27,1 | 75,3 | 33,1 | 60,2 | 82,6 | 104 | 32 | 665 |
| 20h00 | 480 | 678 | 529 | 167 | 2.948.940 | 1.285.622 | 60 | 0,97 | 27,1 | 75,3 | 32,8 | 59,5 | 82,9 | 104 | 32 | 620 |
| 21h00 | 480 | 745 | 535 | 145 | 2.949.496 | 1.285.775 | 60 | 0,97 | 27,1 | 75,7 | 33,4 | 59,9 | 82,9 | 104 | 32 | 570 |
| 22h00 | 480 | 744 | 588 | 157 | 2.950.042 | 1.285.925 | 60 | 0,97 | 27,1 | 75,7 | 33,7 | 59,9 | 82,9 | 104 | 32 | 520 |
| TURNO DE 23H00 - 07H00 | | | | | | | | TURNO DE 07H00 - 15H00 | | | | | | | | |
| 23H00.- PTA. OPERA CON G #6; G#5 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | | 07h00 Pta. operando con G. # 6, carga aprox. 508 Kw | | | | | | | | |
| CARGA MAXIMA DIA ANTERIOR 576 KW A LAS 22H00 | | | | | | | | G. # 5 Stand By | | | | | | | | |
| 06H00.- PTA. OPERA CON G #6; G#5 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | | CNEL solo emergente | | | | | | | | |
| GRUPO 5 HORAS 28444; MOTOR 12306 | | | | | | | | Consumo combustible Tq. # 1 | | | | | | | | |
| GRUPO 6 HORAS 20509; MOTOR 11251 | | | | | | | | 09h10 Tecnicos SVF Ingresan a realizar trabajos en intercooler motor # 5 | | | | | | | | |
| 06H00.- CARGA GRUPO 6 560 KW | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 14h50 Planta queda operando con G. # 6 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | HORAS OPERADAS: | | | | | | | | |
| | | | | | | | | G. # 6: 28.444 MOTOR: 12.306 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | G. # 6: 20.517 MOTOR: 11.259 | | | | | | | | |

2.2.4 Perfil de carga, día cuatro

En la tabla 2.4, se muestran el perfil de carga del cuarto día; desde las 23h00 del día 18 de enero hasta las 22h00 del día miércoles 19 de enero del 2022, las lecturas máximas de corriente y potencia activa y reactiva registrada fueron 762 A, 578 kW y 602 kVAR respectivamente, de acuerdo a estos valores, existe un excesivo aumento de potencia reactiva; se asume que el banco de capacitores salió fuera de operación, sin embargo, el factor de potencia registrado no varió (0,97).

Del análisis de las lecturas registradas por el operador de la planta en los perfiles de carga de los días tres y cuatro, se evidencia que existen errores durante el levantamiento de los datos, “a menudo los datos presentan errores durante el levantamiento afectando los resultados” (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 45).

Tabla 2.4 Perfil de carga del GE No. 6 de fecha 19 de enero del 2022.



SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA - PLANTA CAUTIVO
MEDIDAS ELECTRICAS Y MECANICAS DE GENERADORES MTU 1200 KW

| GRUPO ELECTROGENO No. 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|----------------|------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------|----------------|---|------------------|---------------|------------------|-----------------|----------------------|--------------------|------------------|
| HORA | TENS. VOLT. | INTENSID. AMP. | POT. ACTIVA (KW) | POT. REACT. (KVAR) | ENERGIA ACTIVA (MWh) | ENERGIA REACTIVA (MVAR) | FREC. Hz | FACTOR POT. FP | TENSION BAT. (VOLT.) | TEMP. AGUA A. °C | TEMP. AIRE °C | TEMP. COMBUST °C | TEMP. ACEITE °C | PRESION ACEITE (PSI) | PRESION AIRE (PSI) | NIVEL CC Tq No 1 |
| 23h00 | 480 | 715 | 579 | 152 | 2.950.601 | 1.286.078 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,1 | 33,1 | 59,9 | 82,6 | 103 | 36 | 495 |
| 24h00 | 480 | 701 | 569 | 154 | 2.951.159 | 1.286.230 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 33,4 | 59,9 | 82,9 | 103 | 36 | 450 |
| 01h00 | 480 | 643 | 521 | 136 | 2.951.708 | 1.286.381 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,3 | 32,1 | 57,8 | 81,8 | 104 | 35 | |
| 02h00 | 480 | 654 | 529 | 137 | 2.952.247 | 1.286.526 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 32,7 | 57,5 | 82,2 | 104 | 33 | |
| 03h00 | 480 | 697 | 563 | 147 | 2.952.785 | 1.286.671 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,3 | 32,1 | 57,5 | 81,8 | 104 | 35 | |
| 04h00 | 480 | 693 | 558 | 146 | 2.953.325 | 1.286.817 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,6 | 31,8 | 57,5 | 81,8 | 104 | 35 | |
| 05h00 | 480 | 695 | 561 | 144 | 2.953.864 | 1.286.962 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,3 | 31,7 | 57,1 | 81,5 | 104 | 35 | |
| 06h00 | 480 | 635 | 511 | 137 | 2.954.403 | 1.287.107 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,3 | 31,8 | 57,5 | 81,8 | 104 | 35 | |
| 07h00 | 480 | 568 | 459 | 114 | 2.954.910 | 1.287.239 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,6 | 31,8 | 58,1 | 81,5 | 104 | 32 | |
| 08h00 | 480 | 643 | 521 | 129 | 2.955.391 | 1.287.361 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 32,7 | 58,5 | 82,2 | 104 | 32 | 785 |
| 09h00 | 480 | 553 | 444 | 114 | 2.955.872 | 1.287.483 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,6 | 33,1 | 58,5 | 81,8 | 104 | 29 | 1.125 |
| 10h00 | 480 | 557 | 451 | 113 | 2.956.354 | 1.287.604 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 34,3 | 59,5 | 82,6 | 104 | 31 | 1.460 |
| 11h00 | 480 | 654 | 527 | 133 | 2.956.853 | 1.287.732 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 35,0 | 59,9 | 82,6 | 104 | 31 | 1.800 |
| 12h00 | 479 | 623 | 502 | 124 | 2.957.365 | 1.287.862 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,7 | 38,2 | 60,2 | 82,9 | 103 | 32 | 2.200 |
| 13h00 | 479 | 568 | 456 | 113 | 2.957.876 | 1.287.989 | 60 | 0,97 | 27,0 | 76,0 | 38,2 | 61,3 | 83,3 | 103 | 32 | |
| 14h00 | 479 | 662 | 538 | 141 | 2.958.393 | 1.288.120 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,7 | 38,2 | 61,6 | 83,3 | 103 | 32 | |
| 15h00 | 480 | 672 | 518 | 132 | 2.959.018 | 1.288.279 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 36,0 | 60,5 | 82,2 | 103 | 32 | |
| 16h00 | 480 | 678 | 524 | 133 | 2.959.511 | 1.288.406 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 35,9 | 60,9 | 82,6 | 103 | 32 | |
| 17h00 | 480 | 672 | 474 | 112 | 2.960.000 | 1.288.526 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,6 | 34,2 | 60,2 | 81,8 | 103 | 32 | |
| 18h00 | 480 | 688 | 522 | 127 | 2.960.552 | 1.288.666 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,3 | 33,1 | 59,9 | 81,8 | 103 | 32 | |
| 19h00 | 480 | 743 | 584 | 154 | 2.961.072 | 1.288.813 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 33,4 | 59,5 | 82,9 | 103 | 32 | |
| 20h00 | 480 | 752 | 589 | 162 | 2.961.656 | 1.288.974 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,7 | 33,4 | 59,5 | 83,3 | 103 | 32 | |
| 21h00 | 480 | 762 | 578 | 160 | 2.962.216 | 1.289.127 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,7 | 33,1 | 59,5 | 83,3 | 103 | 32 | |
| 22h00 | 480 | 694 | 533 | 160 | 2.962.769 | 1.289.279 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 33,1 | 59,2 | 82,6 | 103 | 32 | |
| TURNO DE 23H00 - 07H00 | | | | | | | | | TURNO DE 07H00 - 15H00 | | | | | | | |
| 23H00.- PTA. OPERA CON G #6; G#5 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | | | 07h00 Pta. operando con G. # 6, carga aprox. 459 Kw | | | | | | | |
| CARGA MAXIMA DIA ANTERIOR 588 KW A LAS 22H00 | | | | | | | | | G. # 5 Stand By CNEL solo emergente | | | | | | | |
| 04H06.- AUSENCIA DE CNEL SIN SEÑAL | | | | | | | | | Consumo combustible Tq. # 2 | | | | | | | |
| 06H00.- PTA. OPERA CON G #6; G#5 STAND BY Y CNEL SIN SEÑAL | | | | | | | | | Tq. # 1 llenando inicio 450 Gl | | | | | | | |
| GRUPO 5 HORAS 28444 ; MOTOR 12306 | | | | | | | | | 07h30 Se visualiza señal de CNEL | | | | | | | |
| GRUPO 6 HORAS 20533 ; MOTOR 11275 | | | | | | | | | 12h00 Tq. # 1 lleno con 2200 Gl | | | | | | | |
| 06H00.- CARGA GRUPO 6 546 KW | | | | | | | | | Tq. # 2 llenando inicio 1580 Gl | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 13h30 Tq. # 2 lleno con 2200 Gl | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 14h50 Planta queda operando con G. # 6 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | HORAS OPERADAS: | | | | | | | |
| | | | | | | | | | G. # 5: 28.444 MOTOR: 12.306 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | G. # 6: 20.541 MOTOR: 11.283 | | | | | | | |

2.2.5 Perfil de carga, día cinco

De acuerdo con los datos registrados el miércoles 19 de enero del 2022 en horario de 23h00 hasta las 22h00 del jueves 20 de enero del 2022; en la planta Cauvito estaba funcionando el Grupo No. 6; por lo que, el análisis del perfil de carga de la tabla 2.5, detalla los valores máximos y mínimos de corriente y potencia del grupo electrógeno en operación.

Las Lecturas mínimas de corriente y potencia activa y reactiva registrada a las 08h00 fueron 541 A, 436 kW y 107 kVAR respectivamente, mientras que las lecturas máximas de corriente y potencia activa y reactiva registrada a las 22h00 fueron de 765 A, 573 kW y 158 kVAR respectivamente. A partir de las 20h00 la corriente comienza a incrementarse hasta 1,3 veces respecto a la corriente en horas de la mañana.

Tabla 2.5 Perfil de carga del GE No. 6 de fecha 20 de enero del 2022.



SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA - PLANTA CAUVITO
MEDIDAS ELECTRICAS Y MECANICAS DE GENERADORES MTU 1200 KW

| GRUPO ELECTROGENO No. 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|----------------|------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------|----------------|---|--------------------|---------------|------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-----------------|
| HORA | TENS. VOLT. | INTENSID. AMP. | POT. ACTIVA (KW) | POT. REACT. (KVAR) | ENERGIA ACTIVA (MWh) | ENERGIA REACTIVA (MVAR) | FREC. Hz | FACTOR POT. FP | TENSION BAT. (VOLT.) | TEMP. AGUA.A.T. °C | TEMP. AIRE °C | TEMP. COMBUST °C | TEMP. ACEITE °C | PRESION ACEITE (PSI) | PRESION AIRE (PSI) | NIVEL C Tq No 1 |
| 23h00 | 480 | 689 | 559 | 146 | 2.963.300 | 1.289.422 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,6 | 32,2 | 59,2 | 82,2 | 104 | 35 | |
| 24h00 | 479 | 699 | 563 | 147 | 2.963.840 | 1.289.571 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 33,1 | 58,9 | 82,2 | 103 | 35 | |
| 01h00 | 480 | 627 | 507 | 137 | 2.964.377 | 1.289.720 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 33,1 | 59,2 | 82,2 | 104 | 32 | |
| 02h00 | 480 | 691 | 554 | 147 | 2.964.912 | 1.289.868 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,8 | 33,1 | 58,9 | 82,0 | 104 | 36 | |
| 03h00 | 480 | 662 | 535 | 143 | 2.965.445 | 1.290.014 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,6 | 32,7 | 58,9 | 81,8 | 104 | 34 | |
| 04h00 | 479 | 718 | 552 | 223 | 2.965.978 | 1.290.161 | 60 | 0,93 | 27,0 | 75,0 | 33,4 | 59,1 | 82,5 | 104 | 31 | |
| 05h00 | 480 | 614 | 495 | 127 | 2.966.507 | 1.290.304 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 33,4 | 59,2 | 82,2 | 103 | 34 | |
| 06h00 | 480 | 670 | 542 | 140 | 2.967.033 | 1.290.446 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,6 | 33,0 | 58,9 | 81,8 | 104 | 34 | |
| 07h00 | 480 | 562 | 461 | 114 | 2.967.533 | 1.290.575 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,1 | 31,9 | 59,2 | 81,1 | 104 | 30 | |
| 08h00 | 479 | 541 | 436 | 107 | 2.968.002 | 1.290.691 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 33,4 | 59,5 | 81,8 | 104 | 30 | |
| 09h00 | 484 | 593 | 487 | 141 | 2.968.473 | 1.290.807 | 60 | 0,96 | 27,0 | 75,0 | 33,4 | 59,9 | 82,1 | 104 | 30 | |
| 10h00 | 479 | 608 | 486 | 121 | 2.968.954 | 1.290.930 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 34,0 | 60,2 | 82,2 | 104 | 31 | |
| 11h00 | 479 | 618 | 502 | 126 | 2.969.439 | 1.291.053 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,6 | 35,3 | 60,5 | 82,6 | 104 | 29 | |
| 12h00 | 480 | 631 | 511 | 129 | 2.969.938 | 1.291.182 | 60 | 0,97 | 26,9 | 75,7 | 38,8 | 61,3 | 82,9 | 104 | 29 | |
| 13h00 | 480 | 635 | 516 | 129 | 2.970.436 | 1.291.308 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,7 | 38,5 | 61,6 | 82,9 | 103 | 32 | |
| 14h00 | 480 | 697 | 488 | 122 | 2.970.936 | 1.291.436 | 60 | 0,97 | 27,0 | 76,0 | 37,9 | 61,9 | 83,3 | 106 | 32 | |
| 15h00 | 480 | 689 | 510 | 135 | 2.971.443 | 1.291.567 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 35,9 | 61,6 | 82,6 | 106 | 32 | |
| 16h00 | 480 | 674 | 530 | 144 | 2.971.984 | 1.291.716 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 35,6 | 61,4 | 82,5 | 106 | 32 | |
| 17h00 | 480 | 670 | 518 | 142 | 2.972.486 | 1.291.851 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,5 | 32,5 | 60,7 | 81,8 | 106 | 32 | |
| 18h00 | 480 | 657 | 510 | 123 | 2.972.952 | 1.291.976 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,6 | 32,7 | 60,2 | 81,8 | 106 | 32 | |
| 19h00 | 480 | 679 | 567 | 144 | 2.973.479 | 1.292.114 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 32,1 | 59,9 | 82,6 | 106 | 32 | |
| 20h00 | 480 | 714 | 556 | 218 | 2.974.021 | 1.292.268 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 32,2 | 59,9 | 82,6 | 106 | 32 | |
| 21h00 | 480 | 719 | 564 | 224 | 2.974.623 | 1.292.435 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 32,4 | 59,5 | 82,2 | 106 | 32 | |
| 22h00 | 480 | 765 | 573 | 158 | 2.975.150 | 1.292.578 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 32,1 | 59,9 | 82,6 | 106 | 32 | |
| TURNO DE 23H00 - 07H00 | | | | | | | | | TURNO DE 07H00 - 15H00 | | | | | | | |
| 23H00.- PTA. OPERA CON G #6; G#5 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | | | 07h00 Pta. operando con G. # 6, carga aprox. 461 Kw | | | | | | | |
| CARGA MAXIMA DIA ANTERIOR 589 KW A LAS 20H00 | | | | | | | | | G. # 5 Stand By | | | | | | | |
| 06H00.- PTA. OPERA CON G #6;G#5 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | | | CNEL solo emergente | | | | | | | |
| GRUPO 5 HORAS 28444; MOTOR 12306 | | | | | | | | | Consumo combustible Tq. # 2 | | | | | | | |
| GRUPO 6 HORAS 20557; MOTOR 11299 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06H00.- CARGA GRUPO 6 489 KW | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 14h50 Planta queda operando con G. # 6 | | | | | | | |

2.2.6 Perfil de carga, día seis

El jueves 20 de enero del 2022 desde las 23h00 hasta las 14h00 del viernes 21 de enero del 2022, en la planta Cautivo se mantiene funcionando el Grupo No. 6; el análisis del perfil de carga de la tabla 2.6, detalla los valores máximos y mínimos de corriente y potencia activa y reactiva del grupo electrógeno en operación; las lecturas mínimas de corriente y potencia activa y reactiva registrada fueron 561 A, 433 kW y 120 kVAR respectivamente, sin embargo, las lecturas máximas de corriente y potencia activa y reactiva registradas fueron 707 A, 548 kW y 156 kVAR respectivamente.

De acuerdo al área de operaciones en el transcurso de ese día, se realizó el relevo de uno de los motores de las bombas; la entrada en operación de ese motor de relevo, aumentó la corriente, mientras que a las 12h00, se aprecia que los valores vuelven a los datos registrados a las 10h00.

Tabla 2.6 Perfil de carga del GE No. 6 de fecha 21 de enero del 2022.



SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA - PLANTA CAUTIVO
MEDIDAS ELECTRICAS Y MECANICAS DE GENERADORES MTU 1200 KW

| GRUPO ELECTROGENO No. 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|----------------|------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------|----------------|------------------------|--|---------------|----------------|-----------------|----------------------|--------------------|------------------|--|
| HORA | TENS. VOLT. | INTENSID. AMP. | POT. ACTIVA (KW) | POT. REACT. (KVAR) | ENERGIA ACTIVA (MWh) | ENERGIA REACTIVA (MVAR) | FREC. Hz | FACTOR POT. FP | TENSION BAT. (VOLT.) | TEMP. AGUA A.T. °C | TEMP. AIRE °C | TEMP. COMB. °C | TEMP. ACEITE °C | PRESION ACEITE (PSI) | PRESION AIRE (PSI) | NIVEL C. Tq No 1 | |
| 23h00 | 479 | 684 | 550 | 147 | 2.975.653 | 1.292.714 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 32,8 | 59,5 | 82,2 | 103 | 35 | | |
| 24h00 | 479 | 689 | 556 | 147 | 2.976.197 | 1.292.861 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 33,4 | 59,8 | 82,6 | 103 | 36 | | |
| 01h00 | 479 | 693 | 562 | 153 | 2.976.737 | 1.293.007 | 60 | 0,96 | 27,0 | 75,3 | 33,1 | 59,7 | 82,6 | 103 | 35 | | |
| 02h00 | 479 | 620 | 499 | 136 | 2.977.272 | 1.293.152 | 60 | 0,96 | 27,0 | 74,6 | 32,4 | 59,5 | 82,2 | 103 | 35 | | |
| 03h00 | 479 | 612 | 494 | 136 | 2.977.807 | 1.293.296 | 60 | 0,96 | 27,0 | 74,8 | 32,4 | 59,5 | 82,3 | 103 | 35 | | |
| 04h00 | 479 | 672 | 548 | 145 | 2.978.340 | 1.293.440 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 33,3 | 59,5 | 82,2 | 103 | 35 | | |
| 05h00 | 480 | 623 | 501 | 135 | 2.978.871 | 1.293.584 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,8 | 33,0 | 59,9 | 82,2 | 103 | 31 | | |
| 06h00 | 480 | 614 | 500 | 135 | 2.979.403 | 1.293.728 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 33,1 | 59,9 | 82,6 | 103 | 32 | 2.180 | |
| 07h00 | 480 | 619 | 482 | 127 | 2.979.916 | 1.293.863 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,1 | 31,8 | 57,8 | 81,1 | 103 | 32 | 2.140 | |
| 08h00 | 480 | 608 | 480 | 125 | 2.980.442 | 1.294.000 | 60 | 0,97 | 27,0 | 73,9 | 31,2 | 57,8 | 81,1 | 103 | 32 | 2.100 | |
| 09h00 | 480 | 561 | 433 | 120 | 2.980.930 | 1.294.127 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,3 | 32,1 | 58,2 | 81,5 | 103 | 32 | 2.060 | |
| 10h00 | 480 | 660 | 511 | 134 | 2.981.355 | 1.294.241 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 33,1 | 58,9 | 82,2 | 103 | 32 | 2.020 | |
| 11h00 | 480 | 707 | 548 | 156 | 2.981.844 | 1.294.373 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,7 | 34,0 | 59,1 | 82,9 | 103 | 32 | 1.980 | |
| 12h00 | 480 | 678 | 479 | 135 | 2.982.359 | 1.294.521 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 34,1 | 59,5 | 82,6 | 103 | 32 | 1.940 | |
| 13h00 | 480 | 696 | 535 | 149 | 2.982.917 | 1.294.678 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,7 | 34,8 | 59,5 | 82,7 | 103 | 32 | 1.900 | |
| 14h00 | 480 | 616 | 474 | 136 | 2.983.434 | 1.294.822 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 34,9 | 59,9 | 82,6 | 103 | 32 | 1.850 | |
| TURNO DE 23H00 - 07H00 | | | | | | | | | TURNO DE 07H00 - 15H00 | | | | | | | | |
| 23h00 | Pta. operando con G. # 6, carga aprox. 550 Kw | | | | | | | | | 07H00.- PTA. OPERA CON G #6; G#5 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | |
| | G. # 5 Stand By | | | | | | | | | 08H30.- LLENANDO DIESEL TQ. #2; VISOR 360 gl. | | | | | | | |
| | Carga maxima dia anterior 573 Kw - 22h00 | | | | | | | | | 09H10.- TLGO. LESTER MOSQUERA SUPERVISA AREA | | | | | | | |
| | CNEL solo emergente | | | | | | | | | 09H10.- COECHIR; W. PINE; WILMER. C. INGRESA A CCM CHECAR LAMPARAS | | | | | | | |
| | Consumo combustible Tq. # 2 | | | | | | | | | 10H20.- SVF. EMPIEZA TRABAJOS DE PINTURA CHIMENEA G#5 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 10H40.- EPP. LUIS VENTURA LLEVA 25Kg. DESECHOS CONTAMINADOS | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 14H00.- LLENA DIESEL TQ#2 CON 1800 gl; VISOR 2160 gl. | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 14H00.- PTA. OPERA CON G #6; G#5 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | |
| 06h50 | Planta queda operando con G. # 6 | | | | | | | | | GRUPO 5 HORAS 28444; MOTOR 12306 | | | | | | | |
| | HORAS OPERADAS: | | | | | | | | | GRUPO 6 HORAS 20589; MOTOR 11331 | | | | | | | |
| | G. # 5: 28.444 MOTOR: 12.306 | | | | | | | | | 14H00.- CARGA GRUPO 6 474 KW | | | | | | | |
| | G. # 6: 20.581 MOTOR: 11.323 | | | | | | | | | 14H00.- SVF. CONTINUA LIMPIEZA CHIMENEA G#5 | | | | | | | |

2.2.7 Perfil de carga, día siete

El viernes 21 de enero del 2022 desde las 23h00 hasta las 14h00 del sábado 22 de enero del 2022, la planta Cautivo sigue funcionando el Grupo Electrógeno No. 6, sin estar sincronizado CNEL EP; el análisis del perfil de carga de la tabla 2.7, detalla las máximas y mínimas lecturas de corriente y potencia activa y reactiva del grupo electrógeno en operación.

Las lecturas mínimas de corriente y potencia activa y reactiva registradas fueron 569 A, 488 kW y 132 kVAR respectivamente; las lecturas máximas de corriente y potencia activa y reactiva registrada fueron 724 A, 555 kW y 156 kVAR respectivamente; se aprecia un aumento de la corriente debido a la puesta en operación de algunos equipos en la planta.

Tabla 2.7 Perfil de carga del GE No. 6 de fecha 22 de enero del 2022.

| HORA | | TENS. VOLT. | INTENSID. AMP. | POT. ACTIVA (KW) | POT. REACT. (KVAR) | ENERGIA ACTIVA (MWh) | ENERGIA REACTIVA (MVAR) | FREC. Hz. | FACTOR POT. FP | TENSION BAT. (VOLT.) | TEMP. AGUA A.T. °C | TEMP. AIRE °C | TEMP. COMB. °C | TEMP. ACEITE °C | PRESION ACEITE (PSI) | PRESION AIRE (PSI) | NIVEL CC |
|------------------------|---|-------------|----------------|------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|--|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------|----------------------|--------------------|----------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Tq No 1 |
| 23h00 | | 480 | 722 | 579 | 167 | 2.988.161 | 1.296.149 | 60 | 0,96 | 26,9 | 75,3 | 34,0 | 59,2 | 82,6 | 103 | 35 | 1.440 |
| 24h00 | | 479 | 687 | 557 | 150 | 2.988.714 | 1.296.307 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 33,7 | 59,3 | 82,6 | 103 | 33 | 1.395 |
| 01h00 | | 479 | 699 | 561 | 159 | 2.989.252 | 1.296.457 | 60 | 0,96 | 27,0 | 74,6 | 33,1 | 59,1 | 81,8 | 103 | 35 | 1.350 |
| 02h00 | | 480 | 625 | 505 | 139 | 2.989.789 | 1.296.607 | 60 | 0,96 | 27,0 | 74,9 | 33,4 | 59,1 | 82,2 | 103 | 36 | 1.305 |
| 03h00 | | 479 | 625 | 510 | 142 | 2.990.324 | 1.296.757 | 60 | 0,96 | 27,0 | 74,6 | 33,1 | 58,9 | 81,8 | 103 | 33 | 1.260 |
| 04h00 | | 479 | 705 | 564 | 159 | 2.990.858 | 1.296.907 | 60 | 0,96 | 27,0 | 74,6 | 33,3 | 59,1 | 81,8 | 103 | 35 | 1.215 |
| 05h00 | | 479 | 724 | 555 | 156 | 2.991.393 | 1.297.057 | 60 | 0,96 | 27,0 | 74,6 | 32,8 | 58,5 | 81,8 | 103 | 32 | 1.175 |
| 06h00 | | 480 | 627 | 506 | 142 | 2.991.926 | 1.297.207 | 60 | 0,96 | 27,0 | 75,0 | 33,1 | 58,9 | 82,2 | 103 | 35 | 1.135 |
| 07h00 | | 480 | 639 | 498 | 137 | 2.992.447 | 1.297.349 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,3 | 32,1 | 58,9 | 81,1 | 103 | 35 | 1.100 |
| 08h00 | | 480 | 569 | 488 | 132 | 2.992.910 | 1.297.475 | 60 | 0,97 | 27,0 | 74,2 | 31,8 | 59,2 | 81,1 | 103 | 35 | 1.060 |
| 09h00 | | 480 | 598 | 459 | 140 | 2.993.387 | 1.297.607 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 32,4 | 59,9 | 81,8 | 103 | 35 | 1.000 |
| 10h00 | | 480 | 696 | 530 | 137 | 2.993.936 | 1.297.761 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,3 | 33,7 | 59,0 | 82,6 | 103 | 35 | |
| 11h00 | | 480 | 622 | 476 | 145 | 2.994.445 | 1.297.900 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,0 | 33,7 | 59,2 | 82,2 | 103 | 35 | |
| 12h00 | | 480 | 701 | 544 | 140 | 2.994.909 | 1.298.032 | 60 | 0,97 | 27,0 | 76,0 | 34,7 | 59,5 | 82,9 | 103 | 35 | |
| 13h00 | | 480 | 714 | 548 | 155 | 2.995.494 | 1.298.200 | 60 | 0,97 | 27,0 | 76,0 | 35,0 | 59,5 | 83,1 | 103 | 35 | 2.120 |
| 14h00 | | 480 | 703 | 540 | 149 | 2.995.971 | 1.298.336 | 60 | 0,97 | 27,0 | 75,7 | 35,3 | 59,9 | 82,9 | 103 | 35 | |
| 15h00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16h00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17h00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18h00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19h00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20h00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21h00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22h00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO DE 23H00 - 07H00 | | | | | | | | TURNO DE 07H00 - 15H00 | | | | | | | | | |
| 23h00 | Pta. operando con G. # 6, carga aprox. 579 Kw | | | | | | | | 07H00.- PTA. OPERA CON G #6; G#5 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | | |
| | G. # 5 Stand By | | | | | | | | 09H00.- COECHIR; W. PINE; J. CHAVEZ. COLOCAN ANALIZADOR DE ENERGIA EN BARRAS | | | | | | | | |
| | Carga maxima dia anterior 568 Kw - 20h00 | | | | | | | | 09H00.- LLENANDO DIESEL TQ. #1; VISOR 1000 gl. | | | | | | | | |
| | CNEL solo emergente | | | | | | | | 09H00.- TLGO. LESTER MOSQUERA SUPERVISA AREA | | | | | | | | |
| | Consumo combustible Tq. # 1 | | | | | | | | 13H00.- LLENA DIESEL TQ#1 CON 1120 gl; VISOR 2120 gl. | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 14H00.- PTA. OPERA CON G #6; G#5 Y CNEL EN VIGILANCIA | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | GRUPO 5 HORAS 28444; MOTOR 12306 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | GRUPO 6 HORAS 20613; MOTOR 11355 | | | | | | | | |
| 06h50 | Planta queda operando con G. # 6 | | | | | | | | 14H00.- CARGA GRUPO 6 540 KW | | | | | | | | |

Del análisis realizado a los perfiles de carga registrados durante la semana del 16 al 22 de enero del 2022 por el operador de la central eléctrica de planta Cautivo, se concluye que la máxima corriente registrada en toda la semana en la planta fue de 765 A y la máxima potencia activa registrada en toda la semana en la planta fue de 578 kW (tabla 2.8); Durante el tiempo de los registros de los perfiles de carga, no se realizó la sincronización entre la red de CNEL EP y los Grupos Electrógénos.

El factor de potencia registrado en la planta se mantuvo entre 0,96 y 0,97; sin embargo, la potencia reactiva en varias ocasiones registró un aumento considerado, de acuerdo en la NATSIM “el factor de potencia acumulado mensual del sistema eléctrico integral del Consumidor deberá tener un valor no menor al establecido en el Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad 0.92” (Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, 2012, pág. 45).

Tabla 2.8 Valores máximos registrado en la central eléctrica de la planta Cautivo.

| Fecha | Hora | Parámetros | | |
|-----------|-------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | | Corriente max. | Potencia activa max. | Potencia reactiva max. |
| 19/1/2022 | 21h00 | No se registró corriente máx. | 578 kW | No se registró potencia reactiva máx. |
| 20/1/2022 | 22h00 | 765 A | No se registró potencia activa máx. | 158 kVAr |

2.3 Análisis de la red de respaldo de CNEL EP

La planta Cautivo cuenta con energía de respaldo proveniente de la red de CNEL EP, a través de una línea de 13,2 kV, de aproximadamente 2,37 Km., que se conecta desde pórtico de la Empresa Eléctrica ubicada en la Avenida Eleodoro Solórzano en la ciudad de La Libertad, en la figura 2.3 se muestra la capturada de pantalla a través Google Map del recorrido de la línea. Además de alimentar la planta Cautivo, la línea que es alimentada por la red de CNEL

EP que tiene una derivación que alimenta una Estación de Bombeo de Refinería La Libertad y cargas monofásicas instaladas en el Campamento Cautivo perteneciente a EP Petroecuador. La red eléctrica proveniente de CNEL EP alimenta al transformador trifásico de 1250 kVA, instalado en el área de planta Eléctrica de la planta Cautivo.

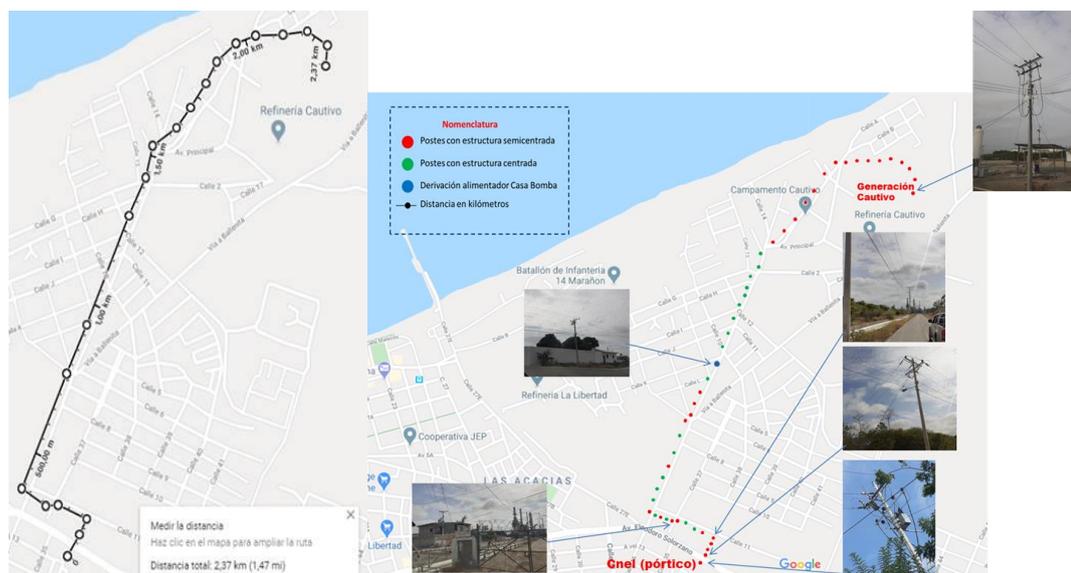


Figura 2.3 Recorrido de la línea de CNEL EP hacia la planta Cautivo. Imagen Google Map.

2.3.1 Históricos de mantenimiento del transformador trifásico de 1250 kVA

De acuerdo a datos del área de mantenimiento eléctrico de refinería La Libertad, en el año 2019 y 2021, dos empresas contratistas, realizaron el respectivo mantenimiento y pruebas eléctricas al transformador de 1250 kVA., de planta Cautivo; el primer mantenimiento fue realizado el 22 de octubre del 2019 y el segundo mantenimiento fue realizado el 25 de octubre del 2021, además, también se realizaron pruebas físico-químicas al aceite dieléctrico del transformador, los resultados del análisis se muestran en los anexos A y B respectivamente.

Otras de la prueba que se realizaron al transformador, es la prueba de rigidez dieléctrica, que permite medir la capacidad que tiene el aceite dieléctrico para no producir arcos eléctricos en su interior, también consta el análisis de

contenido de PCB's (bifenilo ploriclorado), que es un compuesto cancerígeno y dañino para el ambiente.

Los resultados en la prueba de rigidez dieléctrico, análisis de contenido de PCB's., entre otras, se muestran resumidas en la tabla 2.9; en lo que corresponde a la prueba de rigidez dieléctrica, el procedimiento para la prueba corresponde a aplicar un voltaje elevado mediante dos electrodos distanciados a 2 mm y 1 mm, conforme la ASTM 1816 y IEEE Std C57.106, a una muestra de aceite dieléctrico tomada del transformador, hasta que se produzca un arco eléctrico (ruptura dieléctrica); los valores de los niveles de voltaje que provocan la ruptura son registrados en una tabla para posteriormente compararlo con lo que indica la normativa.

Tabla 2.9 Resumen de pruebas realizadas al transformador de 1250 kVA

| PRUEBAS REALIZADAS AL TRANSFORMADOR DE 1250 KVA DE PLANTA CAUTIVO FECHA: 22/10/2019 | | | | | | | | | | |
|--|---------|--------------------|---------|---------|-----------|-------------|-----------------------------|------------------------------|----|--------------------------------|
| Pruebas de rigidez dieléctrica al aceite | | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | VALOR MEDIO | DESVIACIÓN ESTANDAR | DESVIACIÓN ESTANDAR RELATIVA | °C | OBSERVACIÓN |
| MUESTRA 1 1250 kVA | 12,9 kV | 13,2 kV | 12,0 kV | 14,0 kV | 12,9 kV | 13,0 kV | 0,7 kV | 5,50% | 28 | Color aceite Amarillo medio |
| Pruebas de contenido de PCB's | | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN | | CONTENIDO DE PCB's | | | RESULTADO | | OBSERVACIÓN | | | |
| MUESTRA 1 - 1250 kVA | | <50 ppm | | | NEGATIVO | | Color aceite Amarillo medio | | | |

| PRUEBAS REALIZADAS AL TRANSFORMADOR DE 1250 KVA DE PLANTA CAUTIVO FECHA: 25/10/2021 | | | | | |
|--|-----------------------------------|-------------------------------------|---|-----------|---------------|
| Análisis del aceite | | | | | |
| | Unidades | Método | Límites establecidos IEEE C57.106-2015 | Resultado | Incertidumbre |
| Contenido de agua | $\mu\text{g H}_2\text{O/g}$ (ppm) | PEE/SERT/01 Ref. ASTM D-1533 | Máximo 35 | 13,83 | + - 1,26 |
| Rigidez dielectrica | kV | PEE/SERT/13 Ref. ASTM D-1816 2MM | Mínimo 40 a 2mm Mínimo 23 a 1mm | 27,1 | + - 4,4 |
| Número de acidez | mg KOH/g | PEE/SERT/04 Ref. ASTM D-974 | Máximo 0,200 | 0,01 | + - 0,0005 |
| Tensión interfacial | mN/m (dinas/cm) | PEE/SERT/02 Ref. ASTM D-971 | Mínimo 25 | 40,69 | + - 0,69 |

2.3.2 Análisis del estado del transformador trifásico de 1250 kVA

De acuerdo con los anexos indicados en el anterior párrafo, en las pruebas realizadas el 22 de octubre del 2019 (anexo A), el valor promedio de rigidez dieléctrica fue de 13 kV., mientras que, las pruebas realizadas el 25 de octubre del 2021 (anexo B), el valor promedio de rigidez dieléctrica fue de 27.1 kV., (esto quiere decir, que, la ruptura de la rigidez dieléctrica se da, en los niveles de voltajes indicados en las dos pruebas),

La inconsistencia en los resultados de las dos pruebas es debido a que, en las pruebas realizadas del anexo A, el laboratorio que realizó las pruebas, entre sus observaciones indica que, “*pudo existir un incorrecto método de toma de prueba*”, lo que alteró los resultados analizados, es decir, en estas pruebas no son confiables sus resultados; en vista de esto, se consideran confiables las pruebas del anexo B, y en las que, muestra que los valores de rigidez dieléctrica están en rango aceptable.

Otras de las pruebas realizadas el 25 de octubre del 2021 y que también fueron facilitadas por el área de mantenimiento eléctrico de refinería La Libertad, fue la prueba de relación de transformación; estas pruebas se realizan para diagnosticar el estado de los devanados del transformador a través de inyección y mediciones de voltaje.

Según la normativa ecuatoriana (INEN), la prueba de relación de transformación son consideradas pruebas de rutinas y existen dos métodos para realizarlas, el primer método consiste en aplicar un voltaje al devanado primario y en cada uno de los Tap´s del transformador con el fin de verificar la relación de transformación en los devanados del secundario mediante un voltímetro y los cálculos correspondiente; en la actualidad existen equipos que realizan el cálculo (Norma Técnica Ecuatoriana, 2013, pág. 4).

El segundo método llamado TTR o Transformador de Patrón, consiste en comparar el voltaje del transformador bajo prueba, con el voltaje de un transformador patrón calibrado, cuya relación es ajustable en pequeños escalones (Norma Técnica Ecuatoriana, 2013, pág. 4).

En la figura 2.4, se observan los resultados del análisis de la prueba de relación de transformación, medido entre las conexiones del Tap´s del devanado primario (H_1 , H_2 y H_3) y las conexiones del devanado secundario (X_1 , X_2 , X_3 y X_0) del transformador trifásico de la planta Cautivo; los resultados de la prueba indican que en el Tap´s 3 existe una desviación de 0,03%; la normativa ecuatoriana indica que estos valores deben estar $\pm 0,5\%$ de la relación declarada (Norma Técnica Ecuatoriana, 2013, pág. 3).

| | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------|--|
|  | PLANTA CAUITVO | | | Anexo 6 |
| | RELACION TRANSFORMACION TRANSFORMADOR DE 1250 KVA | | | |
| EQUIPO DE PRUEBA | | | | |
| amec | SI | MODELO | DTR85 | TEST CERTIFICATE SI |
| OTRO | | MODELO | | TEST CERTIFICATE |
| INSTALACION | | | | |
| CARACTERISTICAS GENERAL DEL EQUIPO | | | | |
| MARCA | INATRA | | TEMPERATURA AMBIENTE | 30° C |
| TIPO | PANDMOUNTED | | % HR | 65% |
| No. SERIE | 091123541 | | ESTADO DEL TIEMPO | Soleado |
| VOLTAJE | 13860/480 | | | |
| MEDICION | | | | |
| TAP | MEDIDA H1-H3/X0-X3 | MEDIDA H1-H2/X0-X1 | MEDIDA H2-H3/X0-X2 | OBSERVACIONES |
| 1 | 50,007 | 50,024 | 50,009 | EL RANGO DE ERROR ESTA DENTRO DEL 0,5% |
| 2 | 48,854 | 48,842 | 48,839 | |
| 3 | 47,692 | 47,671 | 47,676 | |
| 4 | 46,521 | 46,505 | 46,506 | |
| 5 | 45,353 | 45,337 | 45,339 | |
| NOTAS | Al estar en el Tap 3 la desviacion es de 0,03% con lo que concuerda con lo teorico | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Realizado por :</p>  <p>JORGE LENIN PALACIOS CEVALLOS</p> <p>Ing. Jorge Palacios</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Aprobado por :</p>  <p>WILLIAM RUSSELL PINE TOBAR</p> <p>Ing. William Pine</p> </div> </div> | | | | |

Figura 2.4 Resultados de las pruebas de relación de transformación de transformador del 1250 kVA de Planta Cautivo.

2.4 Análisis de la planilla de consumo de energía eléctrica

El ente de control que regula el sector eléctrico en el Ecuador indica que “de acuerdo con el cumplimiento por lo dispuesto en la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, normativa expedida en el Tercer Suplemento del Registro Oficial N° 418 de 16 de enero de 2015, Título V Prestación del Servicio Público de Energía Eléctrica, Capítulo III Régimen Tarifario, Artículo 54 Precios sujetos a Regulación. Tarifas. - ...La ARCONEL, dentro del primer

semestre de cada año, determinará los costos de generación, transmisión, distribución y comercialización, y de alumbrado público general” (www.gob.ec/arconel, 2022).

La Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP EP) es la encargada a nivel de la costa y parte del oriente, de la distribución, comercialización y facturación del suministro de energía eléctrica entregada a los consumidores residenciales, industriales y comerciales.

De acuerdo a lo indicado en el Pliego Tarifario, la facturación la realizan a través de la planilla de consumo energético, en la cual se informa al consumidor los valores que deben cancelar por consumo del kilowatt hora, además, de otros haberes como son cuerpo de bomberos y servicio de recolección de basura que no forman parte de los ingresos de la empresa eléctrica, y que son valores establecidos de acuerdo a la provincia en la que se encuentran (Arconel, 2020, pág. 19).

A través de la página web institucional de la CNEL EP, se logró descargar con el registro único del contribuyente de la empresa EP Petroecuador, suministro 1484628-K, medidor No. 311922457-ITR-AT, la planilla del Anexo C, por el servicio de energía eléctrica de la línea de media tensión que alimenta a la planta Cautivo; de acuerdo al pliego tarifario corresponde a una tarifa para “consumidores de la categoría general de medio voltaje, cuyo voltaje de suministro en el punto de entrega es entre 600 voltios (V) y 40 kilovoltios (kV) (Arcernnr, 2021, pág. 12).

En la planilla del anexo C, indica que el tipo de tarifa es industrial demanda con registrador, los que significa que, según el pliego tarifario aquellos abonados que disponen de un registrador de demanda máxima deberán pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía (Arcernnr, 2021, pág. 13).

- Un cargo por potencia en USD/kW-mes por cada kW de demanda mensual facturable (indicada en el numeral 8.1) como mínimo de pago, independiente del consumo de energía (Arcernnr, 2021, pág. 13).
- Un cargo por energía en USD/kW, en función de la energía consumida (Arcernnr, 2021, pág. 13).

Además, los abonados con tarifa industrial tendrán un importe del 6%; este importe corresponde al consumo del mes, más los valores por comercialización.

El tipo de medición es indirecta, por lo que, el factor de medición de los transformadores de corriente (TC) y voltaje (TP) es 70/1 y 75/5 respectivamente; este factor se utiliza para multiplicar los datos de energía almacenados en el medidor con el objetivo de expresar el valor de la energía real en datos primarios (Cens Grupo-EPM, 2017, pág. 22); es decir, el número con el cual se multiplica la lectura del medidor, para este caso 1050, y es calculado en los instrumentos de medición (TC y TP) en la siguiente forma:

Ecuación 2.1 Factor de multiplicación de los TC (Cens Grupo-EPM, 2017).

$$FM_{tc} = I_{np} / I_{ns} \quad (2.1)$$

Ecuación 2.2 Factor de multiplicación de los TP (Cens Grupo-EPM, 2017).

$$FM_{tp} = V_{np} / V_{ns} \quad (2.2)$$

Ecuación 2.3 Factor de multiplicación Medido (Cens Grupo-EPM, 2017).

$$FM_{medido} = FM_{tc} \times FM_{tp} \quad (2.3)$$

En dónde;

FM_{tc} = Factor de multiplicación de los TC

FM_{tp} = Factor de multiplicación de los TP

FM_{medido} = Factor de multiplicación medido

V_{np} = Voltaje en el primario del TP

V_{ns} = Voltaje en el secundario del TP

I_{np} = corriente en el primario del TP

I_{ns} = corriente en el secundario del TP

En la planilla del anexo A, indica que la lectura actual de energía activa es de 17.141,00 y la lectura anterior 16.658,00; por lo que el consumo total es el resultado de la resta de las 2 lecturas por el factor de multiplicación, se tiene entonces:

Ecuación 2.4 Cálculo de la energía consumida.

$$(Lectura\ actual - lectura\ anterior) \times FM \quad (2.4)$$

$$(171.41,00 - 166.58,00) \times 1050 = 507.150,00\ kWh$$

En lo referente al factor de potencia de la planilla del anexo C, de acuerdo con lo indicado en el libro Análisis de Sistemas de Potencia (Stevenson, 1996, pág. 8), conociendo las potencias activa y reactiva, el factor de potencia se calcula con las siguientes expresiones matemáticas:

Ecuación 2.5 Coseno de theta

$$\cos \theta = \cos (\tan^{-1} Q / P) \quad (2.5)$$

El cálculo respectivo mediante la ecuación 2.6:

Ecuación 2.6 Cálculo del Coseno de theta

$$\cos \theta = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (2.6)$$

En donde, Q es la potencia reactiva expresada en VAR o kVAR y P es la potencia activa expresada en W o kW; de acuerdo a los datos de la planilla la potencia activa es de 507.150 kW y la potencia reactiva de 157.500 kVAR., se reemplazan los valores obteniéndose que el factor de potencia es igual a 0,95 (ecuación 2.8).

Ecuación 2.7 Cálculo del Factor de Potencia

$$\text{Cos } \theta = \text{Cos} (\tan^{-1} 157.500 \text{ kVAr} / 507.150 \text{ kW}) \quad (2.7)$$

$$\text{Cos } \theta = 0,95 \quad (2.8)$$

o en su defecto la ecuación 2.9 en donde el factor de potencia es el resultado del cociente entre la potencia activa sobre la sumatoria de la raíz cuadrada de la potencia activa y la potencia reactiva al cuadrado respectivamente; obteniéndose que el factor de potencia es igual a 0,95 (ecuación 2.10):

$$\text{Cos } \theta = \frac{507.150 \text{ kW}}{\sqrt{507.150 \text{ kW}^2 + 157.500 \text{ kVAr}^2}} \quad (2.9)$$

$$\text{Cos } \theta = 0,95 \quad (2.10)$$

Entonces, el factor de potencia indicado en la planilla es de 0,95, valor que concuerda con los cálculos realizados, esto se debe al banco de capacitores de 532 kVAR de 7 pasos (cada paso de 76 kVAR), instalado en la planta; por lo que, el rubro por la penalización FP es USD 0,00.

El factor de corrección como lo indica el Pliego Tarifario es la relación que ayuda a que el costo de cada kW de demanda pueda ser menor que el indicado en el pliego tarifario, la relación se la obtiene del registro de la demanda máxima en horas pico versus la demanda máxima en todos los horarios; el pliego tarifario indica que “en ningún caso este factor de corrección (FC), podrá ser menor que 0,60” (Arconel, 2016, pág. 17).

La demanda facturada en la planilla del servicio de energía eléctrica corresponde a la potencia instantánea registrada en intervalos de 15 minutos por los equipos de medición, y la comercialización (rubro indicado también en la planilla del servicio de energía eléctrica) es el costo que por pliego tarifario se factura al cliente como un mínimo y corresponden a los costos administrativos (para generar la factura).

Realizado el respectivo análisis de los perfiles de carga, la red de alimentación, el estado operativo del transformador trifásico de 1250 kVA y la planilla por el consumo de energía eléctrica, se cumple con el primer objetivo específico del presente trabajo.

CAPÍTULO 3

MEDICIONES Y REGISTRO DE FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS

3.1 Mediciones en campo

Antes de conectar e instalar un equipo de medición es importante conocer el sistema eléctrico; debido a esto, se hace imprescindible contar con el diagrama unifilar del sistema eléctrico. En el diagrama unifilar están identificadas las principales fuentes de alimentación de la planta, así como también, todos los componentes que conforman el sistema eléctrico; el conocimiento del sistema eléctrico facilita el trabajo al técnico que realiza las mediciones, brinda seguridad, ayuda a una conexión adecuada y en la interpretación de los datos (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 52).

En el anexo D, se encuentra el plano EC17030-49-E-OLD-1027-1 correspondiente al diagrama unifilar de la planta Cautivo, facilitado por el área de mantenimiento eléctrico de refinería La Libertad; este diagrama unifilar fue levantado hace 5 años. El diagrama unifilar de planta Cautivo parte del pórtico de la red de CNEL EP hacia el pórtico de entrada de 13,8 kV, que alimenta un seccionado padmounter tipo T y este último hasta el transformador trifásico de 1250 kVA; la alimentación de la red de CNEL EP alimenta el tablero principal que a su vez energizan la barra en común en la cual también están interconectados los dos grupos electrógenos de 1250 kW denominados GE No. 5 y GE No. 6 (alimentación principal).

La barra común es el lugar donde el controlador de la marca ComAp realiza de forma automática la sincronización entre las dos fuentes de alimentación (capítulo 3); en la figura 3.1 se realizó un diagrama equivalente simplificado del diagrama unifilar del anexo D, como lo indica Grainger y Stevenson, “un sistema balanceado trifásico siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico o por fase compuesto por una de las tres líneas y un neutro de retorno” (Stevenson, 1996, pág. 31)

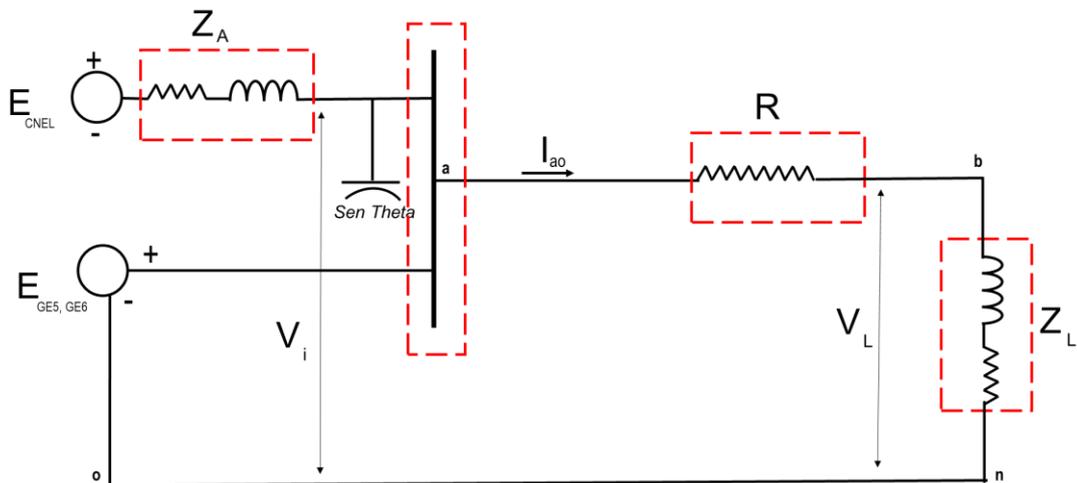


Figura 3.1 Diagrama equivalente simplificado del diagrama unifilar de planta Cautivo.

En donde E representa la fem generada por los grupos electrógenos y la alimentación proveniente de la red CNEL EP; las impedancias ($Z = R + jX$) están representadas por la letra Z; por lo que, Z_A representa la impedancia del transformador de 1250 kVA conectado a la red de CNEL EP, X las reactancias instaladas en el sistemas y Z_L la impedancia de la carga, R representa la resistencia del conductor, I_{a0} representa la corriente que circula del nodo “a” hasta el nodo “o”; V_L representa el voltaje a través de Z_L .

3.1.1 Especificaciones técnicas del Analizador de Calidad de Energía

El equipo analizador de Calidad de Energía usado para el presente trabajo es de la marca Fluke modelo 435, y según el fabricante, está equipado con las siguientes funciones:

- Medidor de Fluctuaciones
- Medidor de Armónicos
- Medidor de Potencia y energía
- Eficiencia de inversor de potencia
- Medición de Transitorios
- Parpadeo, onda de potencia, registrador de eventos, entre otras

Otras características técnicas del equipo se enumeran en la tabla 3.1:

Tabla 3.1 Especificaciones técnicas del Analizador de Calidad de Energía (www.fluke.com, s.f.).

| Especificaciones técnicas del Analizador de calidad de la energía eléctrica | | | |
|--|--|-------------------|---|
| Voltaje | | | |
| | Rango de medida | Resolución | Precisión |
| Vrms (CA + CC) | 1 V a 1000 V fase-neutro | 0,01 V | ± 0,1% de la tensión nominal |
| Voltaje de pico | 1 V pico a 1400 V pico | 1 V | 5% de la tensión nominal |
| Factor de cresta (CF) de tensión | 1,0 > 2,8 | 0,01 | ± 5% |
| Vrms½ | | 0,1 V | ± 0,2% de la tensión nominal |
| Corriente (precisión sin incluir precisión de sonda) | | | |
| A (CA + CC) | 5 A a 6000 A | 1 A | ± 0,5% ± 5 cuentas |
| Corriente de pico | 8400 A pico | 1 Arms | ± 5% |
| A½ | 5 A a 6000 A | 1 A | ± 1% ± 10 cuentas |
| A fund | 5 A a 6000 A | 1 A | ± 0,5% ± 5 cuentas |
| Frecuencia | | | |
| Hz | 51,00 Hz a 69,00 Hz | 0,001 Hz | ± 0,01 Hz |
| Energía | | | |
| kWh (kVAh, kvarh) | Según escala de la sonda de corriente y tensión nominal | | ± 1% ± 10 cuentas |
| Pérdida de energía | Según escala de la sonda de corriente y tensión nominal | | Precisión de ± 1% ± 10 cuentas sin resistencia de línea |
| Armónicos | | | |
| Orden de armónicos (n) | CC, grupos de 1 a 50: Grupos de armónicos según la norma IEC 61000-4-7 | | |
| Orden de interarmónicos (n) | Desactivado, grupos de 1 a 50: subgrupos de armónicos e interarmónicos de acuerdo con la norma IEC 61000-4-7 | | |
| % tensión | f (0,0% a 100%) | 0,10% | ± 0,1% ± n x 0,1% |
| | r (0,0% a 100%) | 0,10% | ± 0,1% ± n x 0,4% |
| | Absoluta (0,0 a 1000 V) | 0,1 V | ± 5% |
| | THD (0,0% a 100%) | 0,10% | ± 2,5% |
| % A | f (0,0% a 100%) | 0,10% | ± 0,1% ± n x 0,1% |
| | r (0,0% a 100%) | 0,10% | ± 0,1% ± n x 0,4% |
| | Absoluta (0,0 a 1000 V) | 0,1 A | ± 5% ± 5 cuentas |
| | THD (0,0% a 100%) | 0,10% | ± 2,5% |
| % W | f (0,0% a 100%) | 0,10% | ± n x 2% |
| | r (0,0% a 100%) | 0,10% | ± n x 2% |
| | Absoluta (Según escala de la sonda de corriente y tensión nominal) | | ± 5% ± n x 2% ± 10 cuentas |
| | THD (0,0% a 100%) | 0,10% | ± 5% |
| Ángulo de fase | -360° a +0° | 1° | ± n x 1° |
| Parpadeo | | | |
| Plt, Pst, Pst (1 min) Pinst | 0,00 a 20,00 | 0,01 | ± 5% |
| Desequilibrio | | | |
| % tensión | 0,0% a 20,0% | 0,10% | ± 0,1% |
| % A | 0,0% a 20,0% | 0,10% | ± 1% |
| Señalización de la red eléctrica | | | |
| Niveles de umbral | Los umbrales, límites y duración de la señalización son programables para dos frecuencias de señalización | | |
| Frecuencia de transmisión | 60 Hz a 3000 Hz | 0,1 Hz | |
| % V relativo | 0% a 100% | 0,10% | ± 0,4% |
| V3s absoluto (promedio de 3 segundos) | 0,0 V a 1000 V | 0,1 V | ± 5% de la tensión nominal |

3.1.2 Calibración del equipo

Como se indicaba en el capítulo 1.21, conforme a la NFPA 70B, los equipos para mediciones eléctricas deben estar calibrados. La normativa NETA, en su estándar de Especificaciones de pruebas aceptadas para sistemas y equipos de distribución de potencia eléctrica, indica en el punto 5.2 Calibración de Instrumentos de Prueba “se calibrarán los instrumentos de acuerdo con el cronograma de frecuencias, los instrumentos de campo máximo 6 meses para equipos análogos y máximo 12 meses para equipos digitales” (International Electrical Testing Association, 1995, pág. 11).

En el Anexo E, se encuentra el certificado de calibración emitido por el laboratorio de calibración y ensayo de Metrólogos Asociados del Ecuador en la ciudad de Quito; documento de fecha 13 de noviembre del 2021 y fecha de calibración 29 de octubre del 2021. Además, se encuentran los parámetros usados durante la calibración, los mismos que están dentro del rango de los valores nominales de la Planta Cautivo; haciendo del equipo Analizador de Calidad de Energía de la marca Fluke, modelo 435 Series II, apto para realizar las mediciones en la planta Cautivo.

3.1.3 Conexión del Analizador de Calidad de Energía

Para sistemas trifásicos, el fabricante indica el modo de las conexiones del equipo Analizador de Calidad de Energía, con las siguientes indicaciones: coloque las pinzas amperimétricas o TC, marcadas con una flecha (que indica la dirección de la corriente) alrededor de los conductores de las fases A(L1), B(L2), C(L3) y neutro del sistema; después, conecte las pinzas tipo lagarto para medir voltaje en sucesión de las pinzas amperimétricas, conectando primero la pinza a tierra y el neutro seguido A(L1), B(L2) y C(L3).

También, recomienda comprobar dos veces las conexiones y que se encuentren firmemente fijadas (pinza tipo lagarto) y completamente cerradas (pinzas amperimétricas), antes de encender el equipo y comenzar a registrar en la figura 3.2., se muestra la disposición de los elementos del equipo.

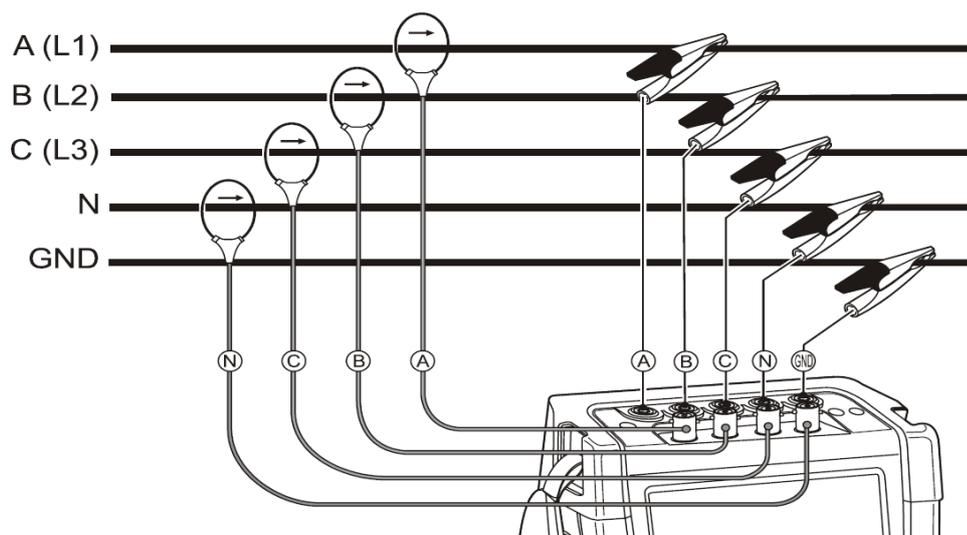


Figura 3.2 Conexiones del Analizador de Calidad de Energía (www.fluke.com, s.f., pág. 6.2).

3.1.4 Mediciones primarias

Como se indicó anteriormente, el voltaje y la corriente son los dos principales parámetros para medir cuando se trata de calidad de energía, según la IEEE, existen pocos medidores digitales que utilizan las detecciones medias y de pico, estos equipos a su vez, están calibrados para mostrar 1,11 veces el voltaje medio rectificado y 0,707 veces el voltaje de pico, lo que también puede ser inexacto en presencia de distorsiones en la red eléctrica (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 37).

3.1.5 Mediciones de Corriente AC

Para poder medir corriente, los equipos Analizadores de Calidad de Energía utilizan transformadores de corriente (TC); los transformadores de corriente están elaborados con sondas de medición de efecto Hall, además, poseen un ancho de banda limitado, sin embargo, existen en el mercado sondas de medición con ancho de banda igual o superior a 1MHz; esto debido a que, los límites de frecuencia más bajas, se producen por la saturación del núcleo y las frecuencias más altas se producen por las inductancias y capacitancias parasitas.

A la hora de seleccionar los TC para aplicaciones de control o medición de sistemas eléctricos, se debe tener en cuenta los siguientes parámetros: precisión de lectura, desplazamiento de fase (es decir, si el equipo es capaz de medir la relación de fase), sobreintensidad frente al rango nominal (en aplicaciones de corriente de fallo, debe ser capaz de medir sin recortes y por último medir el valor pico en comparación con el rms (valor eficaz), a escala completa para forma de onda distorsionadas (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, págs. 37, 38).

3.1.6 Mediciones de Voltaje AC

Un dato importante al realizar las mediciones de voltaje es que, los voltajes en la red eléctrica se encuentren dentro del rango de las especificaciones técnicas del equipo y que coincidan con los rangos de voltaje que se requiera medir, es por esto que muchos equipos están dimensionados para mediciones de 600 Vrms; cuando se necesite mediciones de rango de voltaje mayores (en kV), es necesario usar transformadores de potencial (TP) en algunos textos y normativas como la IEEE Std. C57.13, se los nombra transformadores de voltaje.

Las consideraciones al usar los transformadores de potencial son casi parecidas a las usadas en transformadores de corriente; otra característica que debe considerarse, es la respuesta de medición con el cable asociado al medidor, esto debido a que, el cable puede actuar como un filtro de paso y la impedancia de entrada del Analizador de Calidad de Energía puede alterarse significativamente y tener múltiples puntos de resonancias, con lo que se tendría mediciones erróneas (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 38).

3.2 Ubicación de los puntos a medir

La ubicación inicial para instalar un analizador de calidad de la energía dependerá del objeto del estudio; es decir, si el objetivo del estudio es diagnosticar un problema de rendimiento del equipo, el monitor debe

instalarse lo más cerca posible de la carga, si el objetivo del estudio es investigar la calidad general del suministro de una instalación, el monitor deberá instalarse en el secundario del transformador de entrada del servicio principal, que suele ser un equipo de servicio de clase 600 V de servicio (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 51).

Además, de hacer énfasis en los parámetros que deben ser tomados en cuenta para una adecuada adquisición de datos, manejo y configuración del equipo, también, existe un énfasis en la determinación de los puntos de acople o conexión común (PCC), correcta ubicación de los sensores y registradores de voltaje y corriente, y del equipo de Analizador de Calidad de Energía (Rojas, 2014, pág. 130).

De acuerdo con lo indicado en el estándar 519 de la IEEE, el punto de conexión común (PCC), se considera el sitio estratégico de conexión de la acometida principal o de donde parte la alimentación del servicio eléctrico; en el caso industrial, los transformadores son los PCC más cercanos (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2014, pág. 10), la figura 3.3, muestra lo indicado por la IEEE en el área industrial.

Para el presente trabajo se ha considerado los siguientes puntos de conexión comunes (PCCs) de la planta Cautivo, para realizar los registros de mediciones:

-Tablero de distribución de la central eléctrica. - donde se ubican las barras de conexión que distribuyen las diferentes acometidas y en donde se encuentra instalado el sistema de compensación de reactivos (banco de capacitores).

-Transformador trifásico de distribución tipo padmounter de 1250 kVA. – alimentado con energía proveniente de la red eléctrica de CNEL EP.

-Centro Control de Motores (CCM) de la planta. - donde están conectados la mayor cantidad de carga inductiva (motores).

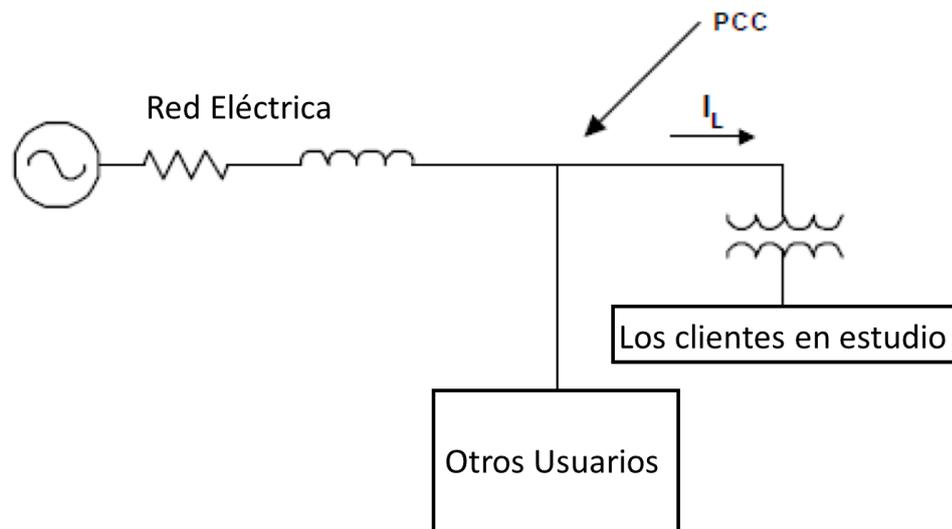


Figura 3.3 Ubicación del PCC en un sistema eléctrico (www.egr.unlv.edu/, s.f.).

3.3 Metodología para las mediciones

Para la instalación del Equipo Analizador de Calidad de Energía en cada uno de los PCCs indicados en el capítulo 3.2, se llevó a cabo las siguientes actividades:

- Calibración, configuración y conexión eléctrico del equipo Analizador de Calidad de Energía: En esta actividad se procedió con la configuración del tipo de conexión del sistema (en estrella o triángulo), ajuste de frecuencia y voltaje nominales, ajuste de los límites del equipo Analizador de Calidad de Energía, entre otros. En lo referente a la calibración del equipo en el anexo E se muestra el certificado de calibración.

- Tiempo de las mediciones: Para esta actividad se procedió según la cláusula 4.4 de las recomendaciones de la IEEE Std. 519; los valores de armónicos de corta y larga duración deben acumularse y calcularse en un periodo de uno a siete días respectivamente.

- Revisión de los PCC de conexiones del Analizador de Calidad de Energía: Para esta actividad se procedió con la visualización del diagrama fasorial con

el fin de verificar la secuencia de fase, el tipo de carga (inductiva o capacitiva) y el desfase entre las ondas sinusoidales de voltaje y corriente.

-Verificación de los valores eficaces y onda sinusoidal: Para esta actividad se procedió con la verificación de los valores eficaces (rms) de voltaje con respecto a los valores de voltaje nominales (generación o placa de transformador), y la verificación de las ondas sinusoidales de voltaje y corriente; además, se procedió con la obtención de los datos de mediciones en intervalos de 10 segundos de todos los parámetros medidos.

-Análisis de los resultados obtenidos en el equipo: Toda vez que se obtengan todos los datos en los PCCs, se procederá con el análisis sistemático de los resultados con lo que se podrá evaluar y diagnosticar la calidad de energía de la planta Cautivo.

3.3 Instalación del equipo en los puntos de conexión (PCC)

El equipo Analizador de Calidad de energía utilizado, es marca Fluke, modelo 435 Series II, calibrado el 29 de octubre del 2021 como lo indica el anexo E; el sistema eléctrico de la planta Cautivo es trifásico de 4 hilos - 480/227 V; las mayores cargas están conformadas por motores de inducción trifásicos con su sistema de arranque dentro de los Centros de Control de Motores, sistema de iluminación, centrales de Aires Acondicionados, UPS's de respaldo para los sistemas de control e instrumentación, sistema de compensación de carga reactiva, entre otras.

3.3.1 Instalación del Analizador de Calidad de Energía en PCC 1

El primer PCC para la medición, registro e instalación del equipo Analizador de Calidad de Energía, fue el tablero de distribución de la central eléctrica en la figura 3.4 del diagrama unifilar se muestra encerrado en círculo rojo el sitio que corresponde al PCC; para lo cual se siguió el procedimiento de seguridad industrial:

-Elaboración del correspondiente permiso de trabajo y el análisis de riesgo en el trabajo como se muestra en el anexo F, conforme al procedimiento de seguridad industrial al momento de realizar un trabajo en la planta.

-Colocación de los implementos de seguridad como son los Equipos de Protección Personal, conforme lo indica la NFPA 70E; características del equipo EPP: traje para protección de arco eléctrico con niveles de energía térmica de 40 cal/cm², guantes clase 0 (máximo voltaje 1000 VAC); en la figura 3.5 se observa al Ing. William Pine colocándose los EPP adecuados para realizar la instalación del equipo.

-Verificación de presencia de voltaje en la barra, mediante el uso de equipos de medición. Características del equipo de medición: Cat IV hasta 600V y categoría III hasta 1000 V con respecto a tierra (conforme IEC 61010-1), medición de valores eficaces (rms).

-Configuración del equipo con los datos del sistema eléctrico: fecha, hora, tiempo de medición (1 semana), conexión trifásica en Y con neutro aterrizado, frecuencia (60 Hz), voltaje 480V (línea-línea), selección de los parámetros a medir, figura 3.6.

-Instalación de los sensores de toma de lectura de voltaje y corriente en el sistema de barras lo que permitirá registros de línea a línea, línea a neutro, línea a tierra y neutro a tierra como se muestra en la figura 4.7; los sensores de corriente son aislados, lo que permite su manipulación con la barra energizada.

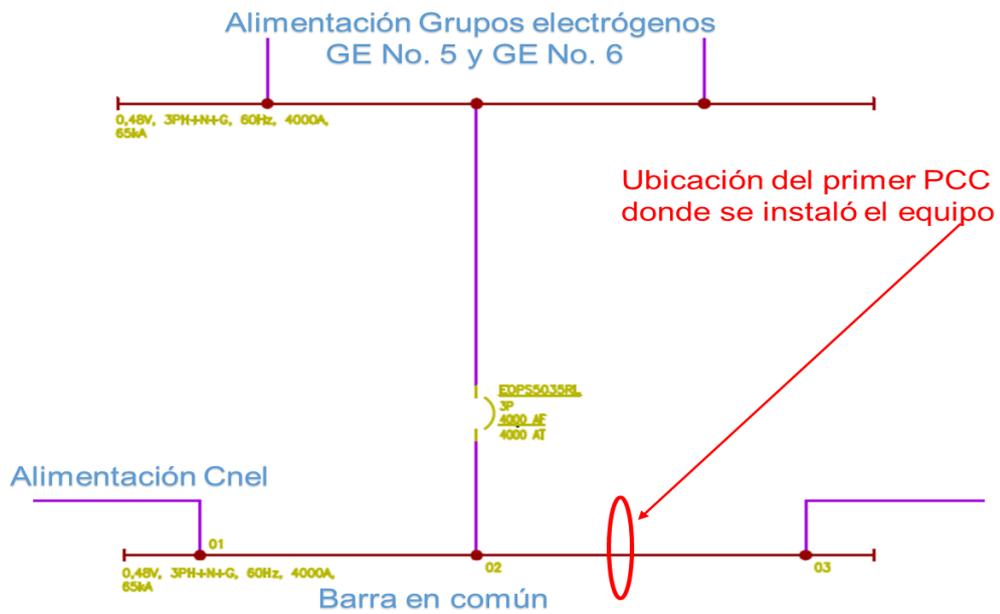


Figura 3.4 Ubicación del primer PCC en el diagrama unifilar de la planta Cautivo.

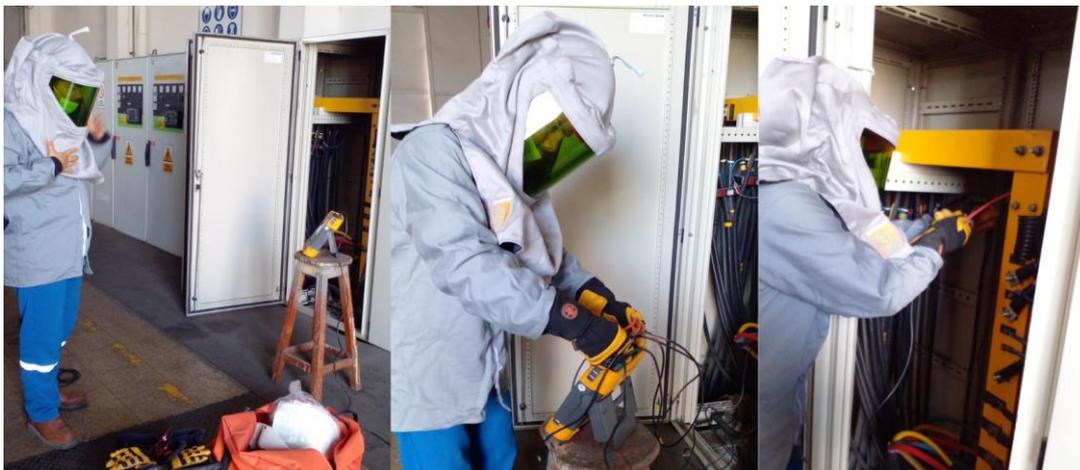


Figura 3.5 Colocación de los implementos de EPP e instalación de sensores de medición.

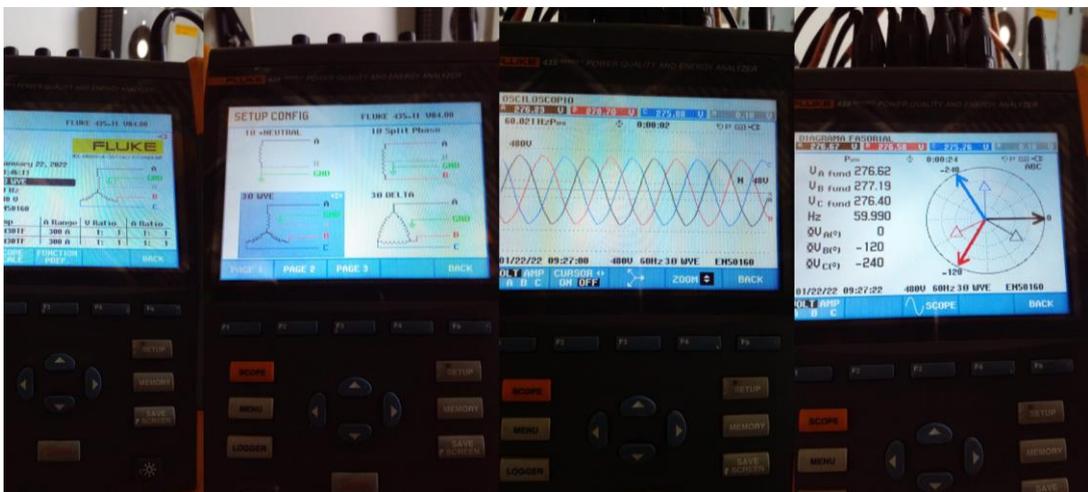


Figura 3.6 Configuración del Analizador de Calidad de Energía con los datos nominales de la planta Cautivo.

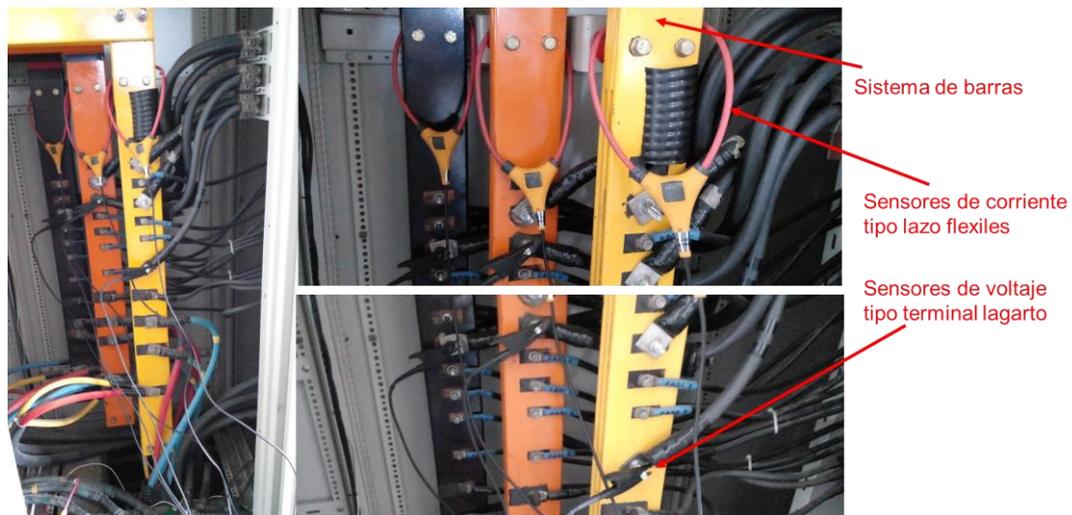


Figura 4.7 Instalación de los sensores de voltaje y corriente en las barras del tablero de la central eléctrica.

3.3.2 Instalación del Analizador de Calidad de Energía en el PCC 2

El segundo PCC para la instalación del equipo Analizador de Calidad de Energía es el transformador trifásico tipo padmounter de 1250 kVA, de 13,2 / 0,48 kV, conexión delta-estrella, voltaje de línea 480 V, voltaje de fase 277; como recomienda la IEEE Std. 1159 en la cláusula 7.3 el equipo Analizador de Calidad de Energía se lo instaló en el secundario del transformador; para lo cual se siguió el procedimiento de seguridad industrial:

-Elaboración del correspondiente permiso de trabajo y el análisis de riesgo de tarea como se muestra en el anexo G; documentos exigidos por el área de Seguridad Industrial antes de realizar un trabajo en la planta.

-Colocación de los implementos de seguridad Equipo Protección Personal, conforme lo indica la NFPA 70E; características del equipo EPP: traje para protección de arco eléctrico con niveles de energía térmica de 40 cal/cm², guantes clase 0 (máximo voltaje 1000 VAC).

-Verificación de presencia de voltaje en los terminales de salida del transformador, mediante el uso de equipos de medición. Las características del equipo de medición son: multímetro con pinza amperimétrica, Cat IV hasta

600 V y categoría III hasta 1000 V con respecto a tierra (conforme IEC 61010-1), medición de valores eficaces (rms), además se verificó la presencia de voltaje con medidores de voltaje sin contacto.

-Configuración del equipo Analizador de Calidad de Energía con los datos del sistema eléctricos: fecha, hora, tiempo de medición (1 semana), conexión trifásica en Y con neutro aterrizado de acuerdo con los valores nominales de placa del transformador, tabla 3.2, frecuencia (60 Hz, voltaje 480V (línea-línea), selección de los parámetros a medir.

Tabla 3.2 Valores nominales de placa del transformador de 1250 kVA de Planta Cautivo.

| TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 1250 kVA | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------|
| Marca | INATRA | Año de fabricación | 2011 |
| Tipo | ACEITE | Frecuencia Hz | 60 |
| Serie | 091123541 | Tensión secundario (V) | 480 |
| Norma | NTE INEN2120 | Corriente secundario (A) | 1503,52 |
| Potencia Nominal (kVA) | 1250 | Duración C.C. (s) | 2 |
| Fases | 3 | Aceite | MINERAL |
| Tensión primaria (kV) | 13,2 | Clase aislamiento | AO |
| Corriente primaria (A) | 54,67 | Conexión | Dy5 |
| Tensión C.C. % | 4,5 | Refrigeración | ONAN |
| <p>GRUPO DE CONEXIÓN</p> | | | |
| ALTA TENSIÓN | | BORNES H1 H2 H3 | |
| VOLTAJE (V) | TAP | Conexión | Diagrama |
| 13860 | 1 | 3 - 4 | |
| 13530 | 2 | 5 - 3 | |
| 13200 | 3 | 2 - 5 | |
| 12830 | 4 | 6 - 2 | |
| 12540 | 5 | 1 - 6 | |
| BAJA TENSIÓN | | BORNES X0 X1 X2 X3 | |
| 480 | 277 | | |

-Instalación de los sensores de voltaje y corriente en los terminales del secundario para mediciones de línea a línea, línea a neutro, línea a tierra y neutro a tierra; en la derecha de la figura 3.8 se observa el Ing. William Pine configurando el equipo Analizador de Calidad de Energía.

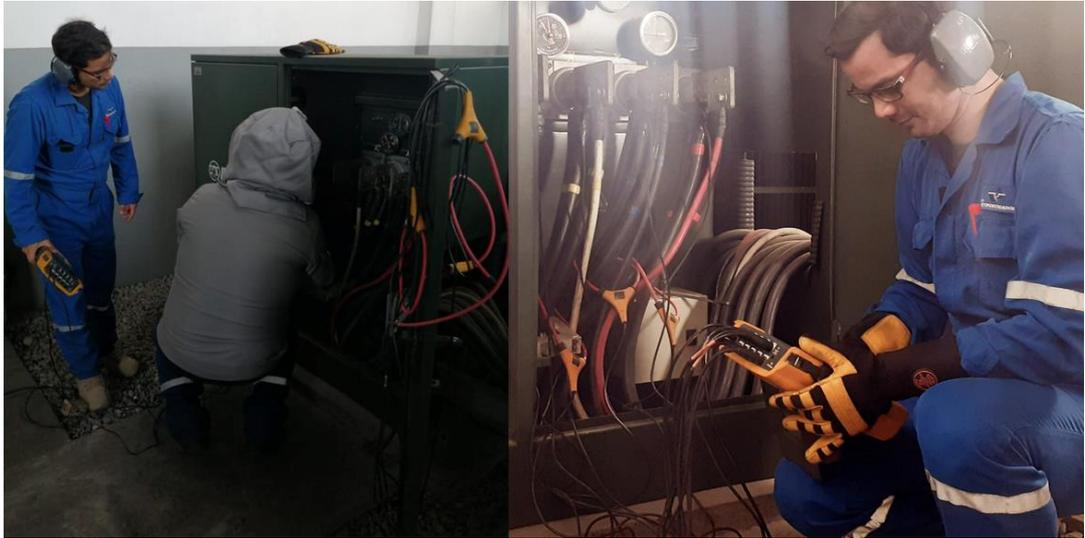


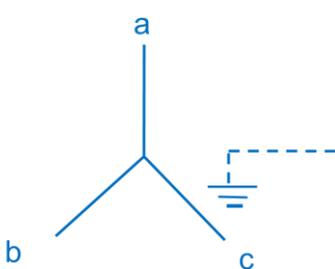
Figura 3.8 Instalación y configuración de Analizador de Calidad de Energía en transformador de 1250 kVA de Planta Cautivo.

3.3.3 Instalación del Analizador de Calidad de Energía en el PCC 3

Debido a que, el lugar donde se concentra la mayor cantidad de equipos con carga inductiva es el Centro Control de Motores (CCM) de la planta Cautivo, se consideró como tercer PCC para la instalación del equipo Analizador de Calidad de Energía; las características técnicas del Centro Control de Motores (CCM) se enumeran en la tabla 3.3.

En la tabla 4.3.3, se muestra la configuración de conexión del Analizador de Calidad de Energía en el Centro Control de Motores (CCM); durante la instalación de los transformadores de corriente y potencial del analizador en las barras del Centro Control de Motores (CCM) se observó 4 acometidas conectadas al interruptor principal, que corresponden a 3 acometidas por fase y acometida de puesta a tierra; la configuración se la realizó para un conector en estrella debido a que la alimentación principal es en estrella.

Tabla 3.3 Características técnicas del Centro Control de Motores de planta Cautivo.

| CENTRO CONTROL DE MOTORES PLANTA CAUTIVO | | | |
|--|---------------|--|-----------------|
| Marca | ALLEN BRADLEY | Modelo | CERTERLINE 2100 |
| Serie | SN R KDDM55/1 | Clase | M |
| Voltaje | 600 VAC | Corriente barra horizontal | 2000 |
| Fases | 3 | Corriente barra vertical | 300 |
| Tipo de comunicación | DEVICE NET | Corriente barra horizontal neutro | 1200 |
| Corriente de interruptor principal | 1200 | Corriente barra vertical neutro | N/A |
| Tipo de cerramiento | 1G NEMA | Certificación | UL |
| Número de secciones | 14 | Procedencia | USA |
| Conexión:  | | | |
| INTERRUPTOR PRINCIPAL | | | |
| Amperios Max. | 2000 | Número de polos | 3 |
| Corriente de cc expresada en kA | Volt kA | Icu (máxima corriente de cc en servicio en kA) | Ue Ics |
| | 240 125 | | 240 100 |
| | 480 65 | | 415 50 |
| | 600 50 | | 690 13 |
| Uimp (pico de voltaje en kV) | 8 | Icu (máxima corriente de cc en kA) | Ue Icu |
| | | | 240 135 |
| | | | 415 70 |
| | | | 690 25 |
| cc = Cortocircuito | | | |

-Elaboración del correspondiente permiso de trabajo y el análisis de riesgo de tarea como se muestra en el anexo H, conforme al procedimiento de seguridad industrial al momento de realizar trabajos en la planta. El equipo se lo instaló con la barra energizada debido a la operatividad de la planta.

-Colocación de los implementos de seguridad equipo de protección personal (EPP), conforme lo indica la NFPA 70E; características del equipo de protección personal: traje para protección de arco eléctrico con niveles de energía térmica de 40 cal/cm², guantes clase 0 (máximo voltaje 1000 VAC);

en la figura 3.9 se observa al Ing. William Pine usando los implementos de seguridad descritos.

-Verificación de presencia de voltaje en los terminales de salida del transformador trifásico, mediante el uso de equipos de medición. Características del equipo de medición: Cat IV hasta 600V y categoría III hasta 1000 V con respecto a tierra (conforme IEC 61010-1), medición de valores eficaces (rms).

-Configuración del equipo con los datos del sistema eléctrico: fecha, hora, tiempo de medición (1 semana), conexión trifásica en estrella más puesta a tierra y sin neutro; esta conexión se realiza de acuerdo a las características técnicas descritas en la tabla 3.3 del lugar donde se instalará el equipo Analizador de Calidad de Energía.

-Instalación de los sensores de voltaje y corriente en los terminales del secundario para mediciones de línea a línea, línea a neutro, línea a tierra y neutro a tierra; en la figura 3.9 se observa al Ing. William Pine, realizar la instalación y configuración del Analizador de Calidad de Energía.



Figura 4.9 Instalación del Analizador de Calidad de Energía en el CCM de la planta Cautivo.

3.4 Monitoreo del equipo de mediciones

La revisión periódica de las mediciones se hace necesario debido a los diferentes eventos o circunstancias externas que no tienen relación con el sistema eléctrico (como por ejemplo desconexión accidental del analizador, caída del lugar donde se lo instaló entre otras) que puedan ocurrir durante el tiempo que va a estar el Analizador de Calidad de Energía instalado; como se ha indicado una mala medición puede ocasionar datos errados.

La revisión periódica del Analizador de Calidad de Energía en el sitio de medición, además, de la comparación de los datos medidos en tiempo real con los demás equipos de medición instalados en el lugar de medición, nos ayuda a corroborar el buen funcionamiento del equipo y por consiguiente un mayor porcentaje de validez de las mediciones al finalizar el tiempo programado de los registros.

Se recomienda durante el tiempo que está midiendo el Analizador de Calidad de Energía, observar que los transformadores de corriente y potencial no se hayan movido de sus sitios, verificar que el conductor o la barra del tablero se encuentren dentro de la zona de la pinza amperimétrica, revisar la correcta conexión y guía de las sondas de medición y mantener aislado el sitio con cinta de precaución para establecer una zona segura.

Además, otras verificaciones visuales que también deben realizarse son: revisar si no ha ocurrido desconexión inintencionada del Analizador de Calidad de Energía, revisar los eventos que se presenten en el sistema eléctrico, verificar las simetrías de las mediciones, verificar que el área donde se encuentra el equipo midiendo se encuentre limpia y libre de obstáculos, verificar que no existan personas o animales cercanos que puedan manipular el equipo, entre otras.

Concluidas las mediciones de campo y registrados todos los fenómenos electromagnéticos en el Analizador de Calidad de Energía, se concluye con lo planteado en el segundo objetivo específico del presente trabajo.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE PLANTA CAUTIVO

4.1 Procesamiento de datos

Una vez realizadas todas las mediciones en los PCC indicados en el capítulo 3.2, y desinstalado el equipo Analizador de Calidad de Energía, la siguiente etapa fue el procesamiento de todos los datos registrados en “bruto” a través del software del equipo, para transformarlos en información fácil de analizar.

La diferencia entre datos e información según Dan de Valde es que, “los datos se refiere a lo que se recolecta a través de la aplicación de los instrumentos correspondientes a las técnicas seleccionadas; los datos constituyen lo “bruto”, lo que entra al proceso desde afuera sin haber sido “reducido”, “dispuesto”, “transformado”, “interpretado”, “concluido”, “verificado”, es decir, sin haber sido analizado, mientras que, la información no se recolecta, sino que se construye durante el procesamiento de datos y tendrá siempre una orientación (Van de Velde, 2006, pág. 4).

Existen algoritmos, pasos o etapas que ayudan con el procesamiento de datos, pero todo dependen del tipo de trabajo que se realiza, para nuestro caso, se han usado 4 etapas que ayudaran a procesar los datos, para luego analizarlos y procesarlos en información útil; estas etapas son:

- Recopilación de los datos
- Preparación de datos
- Clasificación de los datos
- Validación de los datos

En la figura 4.1, se muestra el diagrama de bloque para llegar a los resultados del presente trabajo, parte de ellos ya se han cumplido en los capítulos anteriores; se hace énfasis en la manipulación de los datos, la forma de llevar los datos hasta un análisis técnico y poder obtener los resultados esperados.



Figura 4.1 Diagrama de bloque de proceso de recolección de datos y su análisis, grafico realizado por el Ing. William Pine.

4.1.1 Recopilación de datos

Para poder comenzar a recopilar los registros de las mediciones, es necesario descargarlos del Analizador de Calidad de Energía, a través de la aplicación del fabricante del equipo; todos los registros de las variables de medición realizadas durante el periodo de medición se han guardado en la memoria del Analizador de Calidad de Energía.

El software del fabricante es incluido en la compra del equipo y debe ser instalado en un computador que tenga las características técnicas solicitadas, memoria, disco duro, entre otras, este software presenta una interfaz “amigable” y de fácil uso que se mostrada en la figura 4.2.

La importancia de la recopilación o recolección de datos es garantizar que los datos sean definidos y precisos, con lo que, se valida el proceso y las mediciones. Existen formatos para la recopilación de datos, que ayudan con la integridad y calidad de estos, siempre y cuando, si los datos recopilados

provenirían de terceras personas; para el presente trabajo no aplicaría este formato debido a que los datos fueron recopilados por el autor.

Los datos recopilados en cada una de las mediciones de los PCC, como se indicó fueron descargados mediante la aplicación del software PowerLog, creado por el fabricante del equipo, para posteriormente transferirlos y almacenarlos a un computador. En la figura 4.2, se observa la captura de pantalla de la interfaz de programa PowerLog 5.8.

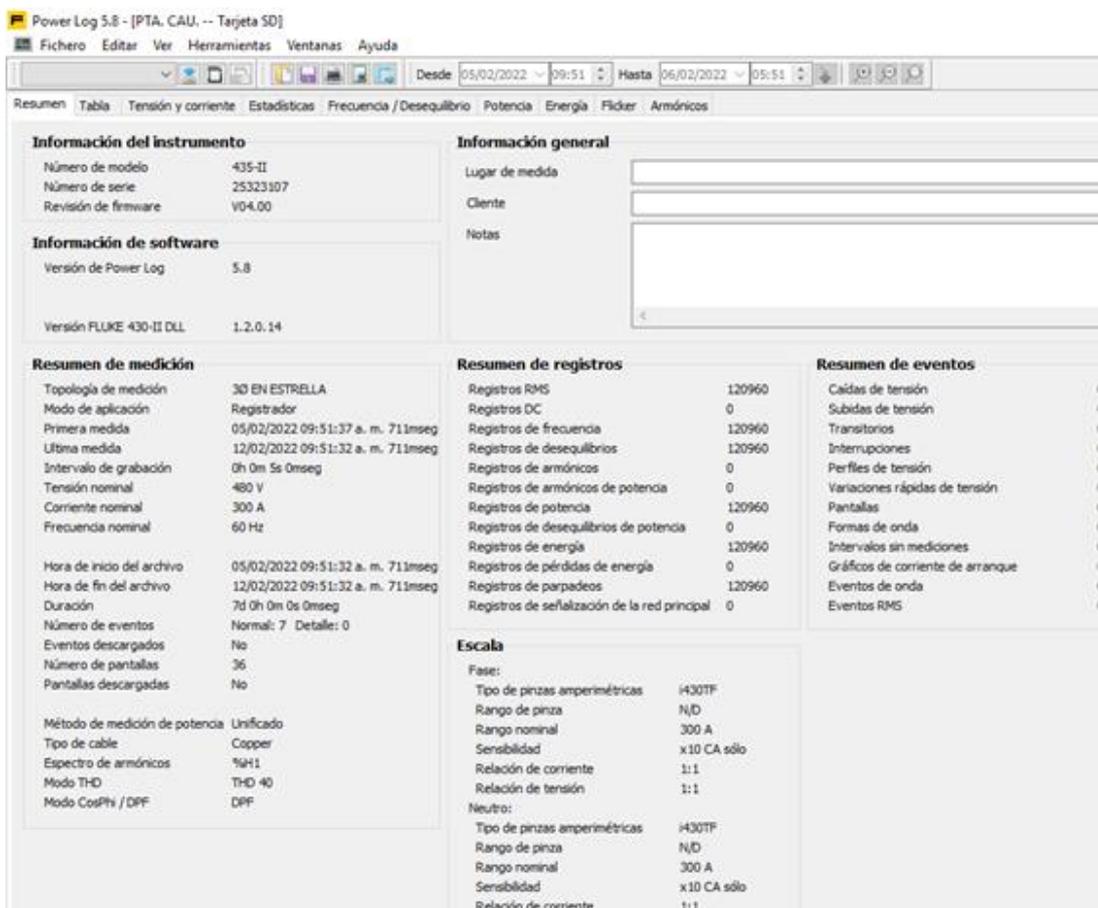


Figura 4.2 Captura de pantalla del software PowerLog durante la recopilación de los datos registrados.

4.1.2 Preparación de datos

Concluida la etapa de recopilación de datos, la siguiente etapa es la preparación de datos, esto se llevó a cabo a fin de que, los datos recopilados sean de fácil acceso, lectura y comprensión; la revisión y consolidación minuciosa de cada una de las mediciones realizadas es fundamental y valiosa para el correcto análisis de la información.

Los resultados, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo dependerán de los datos que los respaldan; existen estrategias que se aplican para la preparación de datos, que son: la accesibilidad, transparencia y la capacidad de repetición.

Los datos obtenidos a través del software PowerLog, fueron integrados y recopilados, con esto se obtuvo una base de datos que permitió prepararlos para un mayor entendimiento en un formato de lectura abierto (accesibilidad), que no permita su edición o manipulación (transparencia) como se muestra en la figura 4.3, los datos obtenidos del software son preparados en un formato establecido por el fabricante.

La información que resultó de la recopilación de datos es preparada a fin de asociarlos (capacidad de repetición); con esto se estaría cumpliendo los pasos para una adecuada preparación de los datos y en un siguiente paso los datos serán clasificados según correspondan.

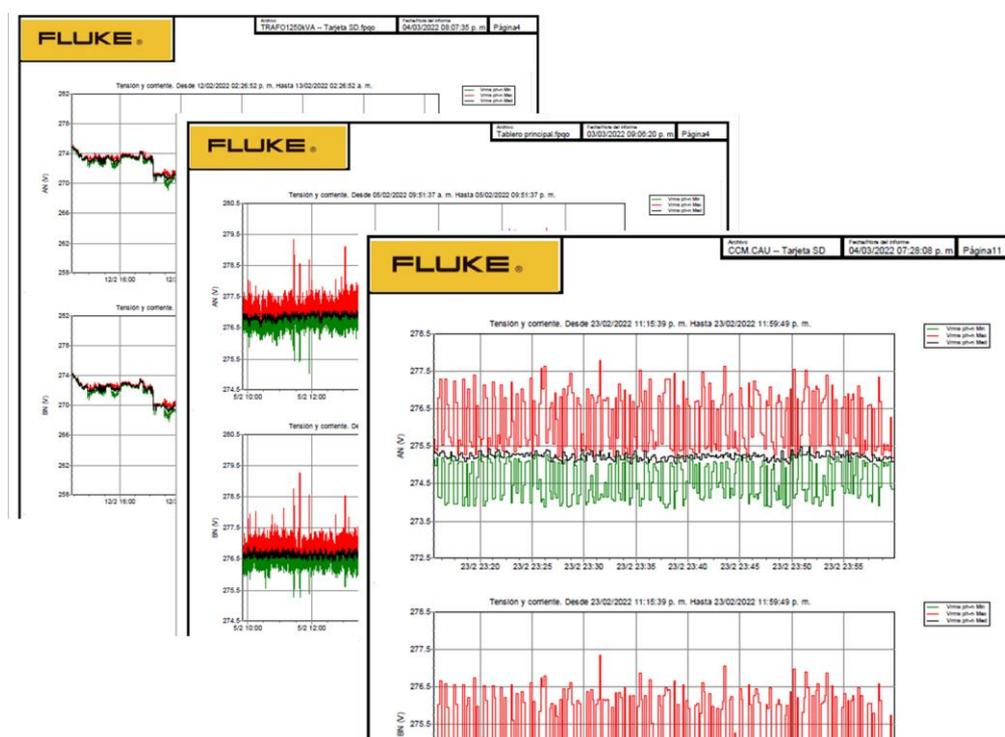


Figura 4.3 Formato establecido para la preparación de datos mediante el software PowerLog.

4.1.3 Clasificación de datos

Poder categorizar y estructurar los datos obtenidos a través de la recopilación y la preparación, ayudará a entender y comprender en un análisis técnico el comportamiento del sistema eléctrico, como por ejemplo clasificar los eventos ocurrido durante las mediciones, filtrar los límites de corriente, voltaje, obtener los promedios de las mediciones; es recomendable el uso de herramientas digitales que permitan realizar este trabajo.

Un ejemplo de lo anterior está en la figura 4.4, en donde se observa la disposición y clasificación de las variables eléctricas medidas de la central eléctrica de planta Cautivo y registradas en una hoja de Excel, con lo que, se hará más fácil la lectura de los datos; luego esta información será validada e interpretada para poder entrar al análisis y resultados de los datos registrados y cumplir con el objetivo principal del presente trabajo.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|----|----------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Fecha | Hora | Vrms ph-n AN M | Vrms ph-n AN M | Vrms ph-n AN M | Vrms ph-n BN M | Vrms ph-n BN M | Vrms ph-n BN M | Vrms ph-n CN M | Vrms ph-n CN M | Vrms ph-n CN M | Vrms ph-ph AB | Vrms ph-ph AB | Vrms ph-ph AB | Vrms ph-ph BC |
| 2 | 5/2/2022 | 09:51:37 a. m..711 | 276,5 | 276,78 | 277 | 276,36 | 276,68 | 276,9 | 276,38 | 276,54 | 276,94 | 478,06 | 478,78 | 479,16 | 479,56 |
| 3 | 5/2/2022 | 09:51:42 a. m..711 | 276,76 | 276,82 | 276,88 | 276,04 | 276,56 | 276,64 | 276,5 | 276,6 | 276,68 | 478,14 | 478,62 | 478,74 | 479,16 |
| 4 | 5/2/2022 | 09:51:47 a. m..711 | 276,42 | 276,84 | 277,26 | 276,02 | 276,52 | 276,92 | 275,98 | 276,48 | 276,92 | 478 | 478,64 | 479,42 | 478,72 |
| 5 | 5/2/2022 | 09:51:52 a. m..711 | 276,74 | 276,86 | 276,94 | 276,52 | 276,62 | 276,72 | 276,42 | 276,46 | 276,56 | 478,68 | 478,78 | 479,02 | 479,72 |
| 6 | 5/2/2022 | 09:51:57 a. m..711 | 276,78 | 276,88 | 276,92 | 276,28 | 276,56 | 276,62 | 276,44 | 276,54 | 276,6 | 478,2 | 478,68 | 478,78 | 479,64 |
| 7 | 5/2/2022 | 09:52:02 a. m..711 | 276,88 | 276,92 | 276,96 | 276,56 | 276,6 | 276,64 | 276,46 | 276,54 | 276,6 | 478,66 | 478,76 | 478,86 | 479,84 |
| 8 | 5/2/2022 | 09:52:07 a. m..711 | 276,66 | 276,96 | 277,5 | 276,08 | 276,54 | 276,9 | 276,24 | 276,54 | 277,24 | 477,84 | 478,78 | 479,58 | 479,18 |
| 9 | 5/2/2022 | 09:52:12 a. m..711 | 276,44 | 276,78 | 277,02 | 276,4 | 276,68 | 276,78 | 276,26 | 276,54 | 277,18 | 477,66 | 478,76 | 479,12 | 479,46 |
| 10 | 5/2/2022 | 09:52:17 a. m..711 | 276,52 | 276,82 | 277,64 | 276,04 | 276,56 | 277,32 | 276,3 | 276,6 | 277,46 | 477,76 | 478,6 | 479,96 | 479,24 |
| 11 | 5/2/2022 | 09:52:22 a. m..711 | 276,64 | 276,84 | 277,28 | 275,96 | 276,5 | 276,82 | 275,9 | 276,46 | 276,68 | 478,36 | 478,6 | 479,28 | 478,62 |
| 12 | 5/2/2022 | 09:52:27 a. m..711 | 276,58 | 276,84 | 276,96 | 276,48 | 276,62 | 276,7 | 276,2 | 276,46 | 276,52 | 478,44 | 478,74 | 478,88 | 479,56 |
| 13 | 5/2/2022 | 09:52:32 a. m..711 | 276,78 | 276,86 | 276,94 | 276,48 | 276,54 | 276,62 | 276,46 | 276,5 | 276,56 | 478,5 | 478,66 | 478,8 | 479,76 |
| 14 | 5/2/2022 | 09:52:37 a. m..711 | 276,72 | 276,84 | 276,9 | 276,24 | 276,52 | 276,58 | 276,4 | 276,48 | 276,54 | 478,16 | 478,62 | 478,74 | 479,5 |
| 15 | 5/2/2022 | 09:52:42 a. m..711 | 276,84 | 276,88 | 276,9 | 276,52 | 276,58 | 276,6 | 276,44 | 276,5 | 276,54 | 478,64 | 478,72 | 478,78 | 479,8 |
| 16 | 5/2/2022 | 09:52:47 a. m..711 | 276,44 | 276,92 | 277,54 | 276,02 | 276,6 | 277,22 | 276,18 | 276,54 | 277,22 | 477,7 | 478,84 | 479,92 | 479,12 |
| 17 | 5/2/2022 | 09:52:52 a. m..711 | 276,7 | 276,78 | 276,88 | 276,6 | 276,68 | 276,8 | 276,52 | 276,62 | 276,7 | 478,56 | 478,74 | 478,9 | 479,96 |
| 18 | 5/2/2022 | 09:52:57 a. m..711 | 276,76 | 276,86 | 276,92 | 276,38 | 276,64 | 276,72 | 276,5 | 276,6 | 276,64 | 478,36 | 478,78 | 478,9 | 479,72 |
| 19 | 5/2/2022 | 09:53:02 a. m..711 | 276,76 | 276,92 | 277,34 | 276 | 276,52 | 276,84 | 276,04 | 276,5 | 276,68 | 478,1 | 478,7 | 479,42 | 478,8 |
| 20 | 5/2/2022 | 09:53:07 a. m..711 | 276,48 | 276,8 | 276,94 | 276,44 | 276,62 | 276,68 | 276,26 | 276,48 | 276,62 | 478,24 | 478,7 | 478,86 | 479,64 |
| 21 | 5/2/2022 | 09:53:12 a. m..711 | 276,82 | 276,9 | 276,96 | 276,54 | 276,58 | 276,64 | 276,42 | 276,5 | 276,58 | 478,6 | 478,74 | 478,88 | 479,76 |
| 22 | 5/2/2022 | 09:53:17 a. m..711 | 276,7 | 276,86 | 277,3 | 276,2 | 276,56 | 276,96 | 276,4 | 276,52 | 276,94 | 478,08 | 478,66 | 479,38 | 479,5 |
| 23 | 5/2/2022 | 09:53:22 a. m..711 | 276,84 | 276,88 | 276,9 | 276,54 | 276,58 | 276,6 | 276,44 | 276,5 | 276,54 | 478,64 | 478,72 | 478,78 | 479,76 |
| 24 | 5/2/2022 | 09:53:27 a. m..711 | 276,34 | 276,9 | 277,48 | 275,98 | 276,58 | 276,84 | 276,22 | 276,5 | 277,22 | 477,58 | 478,78 | 479,56 | 479,08 |
| 25 | 5/2/2022 | 09:53:32 a. m..711 | 276,66 | 276,74 | 276,84 | 276,54 | 276,64 | 276,76 | 276,48 | 276,58 | 276,66 | 478,54 | 478,64 | 478,84 | 479,86 |

Figura 4.4 Registro de las mediciones realizadas en la central eléctrica de Planta Cautivo, tabla realizada por el Ing. William Pine.

4.2 Validación de los datos (mediciones)

Con los datos obtenidos durante los días de medición en los 3 puntos de conexión (PCC), se puede evaluar y analizar cuidadosamente la carga conectadas en el sistema eléctrico, la validación de las mediciones como lo indica la IEEE es una técnica para salvaguardar y garantizar que los datos levantados sean razonables en función de la configuración del sistema eléctrico.

Por lo que antes de interpretar o analizar los datos levantados, se realizó la comprobación y validez de las mediciones registradas, esto se logra mediante la comparación en tiempo real de las lecturas medidas en el Analizador de Calidad de Energía con respecto a las lecturas medidas por la central eléctrica (perfiles de carga) o medidores de parámetros instalados.

En la figura 4.5 se contrastan la configuración realizada al Analizador de Calidad de Energía cuando se lo instaló en el PCC 2, con los datos de placa del transformador trifásico de 1250 kVA., este procedimiento se realizó de la misma forma con los otros PCC; datos ingresados de forma erróneamente invalida toda la información y por consiguiente la confiabilidad del estudio.

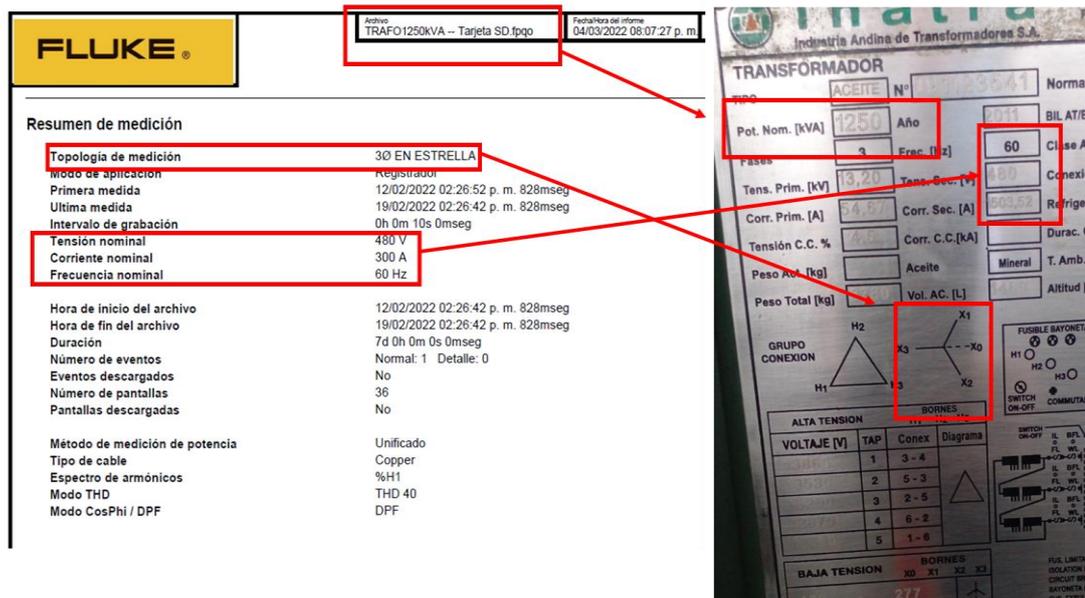


Figura 4.5 Validación de los datos registrados por el Analizador de Calidad de Energía con respecto los datos del transformador de 1250 kVA.

4.3 Interpretación de datos validados

Antes del análisis de los datos, con los que se puede llegar a las conclusiones y recomendaciones, la interpretación de los datos juega un papel importante; la IEEE indica que *“uno de los primeros pasos para interpretar los datos de un monitor de potencia es examinar la configuración y corroborarla con los parámetros del sistema de potencia monitorizado”*.

Las configuraciones que deben verificarse son: el tipo de sistema monofásico o trifásico, medición línea a neutro o de línea a línea, conexión estrella o triángulo, umbrales de medición como por ejemplo, tensión nominal, límites de transitorios, ubicación de equipo Analizador de Calidad de Energía y realizar un resumen preciso de los datos, revisar los intervalos de medición que pueden ser de minutos, días, semanas, generalmente debe ser de al menos un periodo específico” (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, pág. 64).

4.4 Análisis de los datos

Para realizar un buen análisis de los datos, es necesario conocer los límites o umbrales permitidos según la normativa vigente, estos límites permisibles fueron establecidos en el capítulo 2 del presente trabajo, sin embargo, durante el análisis que se realice, existirán ciertos parámetros o eventos que no se mencionarán debido a que no se presentaron durante los registros de mediciones, pero son observables en sistemas eléctricos de potencia más complejos o con mayor deficiencia.

Los datos registrados fueron analizados y comparados de acuerdo con los límites establecidos en las normativas vigentes como la norma europea EN 50160, IEEE Std. 519 y NFPA 70E. Para un mejor análisis, se evalúan los gráficos (histogramas y tendencias) que muestran cómo se ha comportado el sistema eléctrico durante los días que estuvo el equipo Analizador de Calidad de Energía registrando las mediciones.

Las medidas fueron registradas en un mínimo, medio y máximo de sus valores eficaces, esto ayuda a entender cuáles fueron los valores fuera de rango en determinado tiempo; además, poder observar las deficiencias o desbalances del sistema eléctrico.

4.5 Resultados de los PCC

Como se determinó en el capítulo 3, el equipo Analizador de Calidad de Energía se lo instaló en los PCC seleccionados como son:

- Tablero de distribución de la central eléctrica (anexo I).
- Transformador trifásico de distribución tipo padmounter de 1250 kVA (Anexo J).
- Centro Control de Motores (CCM) de la planta (Anexo K).

Y los resultados de los registros se muestran de forma individual tomando en cuenta los parámetros de medición configurados (conforme las características del sistema), niveles medidos (mínimo, medio y máximo), grafico de referencia (histograma o por tendencia) y el tipo de lectura (estadística y periódica).

4.5.1 Resultados obtenidos en el PCC 1

Los resultados del anexo I, muestran los registros obtenidos en el PCC 1 que corresponde al tablero de distribución de la central eléctrica, en la tabla 4.1 se describen con sus respectivos sub-anexos.

Tabla 4.1 Resultado obtenidos de los datos recopilados en el PCC 1.

| TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE LA CENTRAL ELÉCTRICA | | | | |
|--|---------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------|
| PARAMETROS ESTABLECIDOS | NIVELES DE MEDIDAS | GRÁFICO DE REFERENCIA | TIPO DE LECTURA | SUB-ANEXOS |
| Voltaje rms Fase-Neutro y Neutro-Tierra (200ms) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | I 1.1 |
| Corriente rms Fase y Neutro (200ms) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | I 1.2 |

| | | | | |
|---|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------|
| | | | | |
| Potencia Activa Total (W) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | I 1.3 |
| Potencia Reactiva Total (VAR) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | I 1.4 |
| Potencia Aparente Total (VA) y Factor de Potencia | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | I 1.5 |
| Frecuencia en 10s | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | I 1.6 |
| Desbalance de voltaje | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | I 1.7 |
| Desbalance de corriente | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | I 1.8 |
| Distorsión Armónica de voltaje (%) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | I 1.9 |
| Distorsión Armónica de corriente (%) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | I 1.10 |
| Eventos, Transientes, Parpadeo (flicker) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | I 1.11 |

4.5.2 Resultados obtenidos en el PCC 2

Los resultados del anexo J, muestran los registros obtenidos en el PCC 2 que corresponde al transformador trifásico de distribución tipo padmouter de 1250 kVA, en la tabla 4.2 se describen con su respectivos sub-anexos.

Tabla 4.2 Resultado obtenidos de los datos recopilados en el PCC 2.

| TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE DISTRIBUCIÓN TIPO PADMOUNTER DE 1250 KVA | | | | |
|--|---------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------|
| PARAMETROS ESTABLECIDOS | NIVELES DE MEDIDAS | GRÁFICO DE REFERENCIA | TIPO DE LECTURA | SUB-ANEXOS |
| Voltaje rms Fase-Neutro y Neutro-Tierra (200ms) | Mínimo - Medio - Máximo | Tendencia | Periodo | J 1.1 |
| Corriente rms Fase y Neutro (200ms) | Mínimo - Medio - Máximo | Tendencia | Periodo | J 1.2 |
| Potencia Activa Total (W) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma | Estadística | J 1.3 |
| Potencia Reactiva Total (VAR) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma | Estadística | J 1.4 |
| Potencia Aparente Total (VA) y factor de potencia | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | J 1.5 |
| Frecuencia en 10s | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | J 1.6 |
| Desbalance de voltaje | Mínimo - Medio - Máximo | Tendencia | Periodo | J 1.7 |

| | | | | |
|--|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------|
| | | | | |
| Distorsión Armónica de voltaje (%) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma | Estadística | J 1.8 |
| Distorsión Armónica de corriente (%) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma | Estadística | J 1.9 |
| Eventos, Transientes, Parpadeo (flicker) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | J 1.10 |

4.5.3 Resultados obtenidos en el PCC 3

Los resultados del anexo K, muestran los registros obtenidos en el PCC 3 que corresponde al Centro Control de Motores CCM, en la tabla 4.3 se describen con su respectivos sub-anexos.

Tabla 4.3 Resultado obtenidos de los datos recopilados en el PCC 3.

| CENTRO CONTROL DE MOTORES (CCM) DE PLANTA CAUTIVO | | | | |
|--|---------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------|
| PARAMETROS ESTABLECIDOS | NIVELES DE MEDIDAS | GRÁFICO DE REFERENCIA | TIPO DE LECTURA | SUB-ANEXOS |
| Voltaje rms Fase-Neutro y Neutro-Tierra (200ms) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | K 1.1 |
| Corriente rms Fase y Neutro (200ms) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | K 1.2 |
| Potencia Activa Total (W) | Mínimo - Medio - Máximo | Tendencia | Estadística / periodo | K 1.3 |
| Potencia Reactiva Total (VAR) | Mínimo - Medio - Máximo | Tendencia | Estadística / periodo | K 1.4 |

| | | | | |
|---|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------|
| Potencia Aparente Total (VA) y Factor de Potencia | Mínimo - Medio - Máximo | Tendencia | Estadística / periodo | K 1.5 |
| Frecuencia en 10s | Mínimo - Medio - Máximo | Tendencia | Estadística / periodo | K 1.6 |
| Desbalance de voltaje | Mínimo - Medio - Máximo | Tendencia | Estadística / periodo | K 1.7 |
| Desbalance de corriente | Mínimo - Medio - Máximo | Tendencia | Estadística / periodo | K 1.8 |
| Distorsión Armónica de voltaje (%) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | K 1.9 |
| Distorsión Armónica de corriente (%) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | K 1.10 |
| Eventos, Transientes, Parpadeo (flicker) | Mínimo - Medio - Máximo | Histograma / tendencia | Estadística / periodo | K 1.11 |

4.6 Análisis de los resultados para cada PCC

Para el análisis de los resultados registrados se tomaron en cuenta los límites indicados establecidos por las normativas, de forma individual e indicando el cumplimiento; los resultados de los registros se muestran de forma individual tomando en cuenta los parámetros de medición configurados (conforme las características del sistema), niveles medidos (mínimo, medio y máximo), grafico de referencia (histograma o por tendencia) y el tipo de lectura (estadística y periódica).

4.6.1 Análisis de los resultados en el PCC 1

De los resultados obtenidos en el capítulo 4.5.1, en la tabla 4.4, se realiza el siguiente análisis de los datos registrados por el Analizador de Calidad de Energía, en el lapso de medición de una semana conforme los indica la IEEE. Las lecturas de potencia activa, reactiva y aparente fue la total.

Tabla 4.4 Análisis de los resultados de los registros en el PCC 1.

| TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE LA CENTRAL ELÉCTRICA | | | |
|--|------------------------------|--|-------------------|
| PARAMETROS ESTABLECIDOS | GRÁFICO DE REFERENCIA | ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | SUB-ANEXOS |
| Voltaje rms Fase-Neutro y Neutro-Tierra (200ms) | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La lectura de voltaje en la tendencia registrada indican que los niveles de voltaje se encuentran dentro del rango $\pm 10\%$ del voltaje nominal. Valores dentro del rango establecido por la EN 50160. - La lectura de voltaje con respecto al neutro son < 2 Voltios (0,06 Voltios). Valores dentro del rango establecido por la NFPA 70B. - Los datos obtenidos indican que los voltajes sistema eléctrico se encuentra balanceado. | I 1.1 |
| Corriente rms Fase y Neutro (200ms) | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - El mayor consumo de corriente registrado fue de 922,5 Amperios. - La máxima corriente registrada en el neutro fue 12,2 Amperios. | I 1.2 |
| Potencia Activa Total (W) | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La máxima lectura de potencia activa registrada fue 596,66 kW. - La mínima lectura de potencia activa registrada fue 407,04 kW. | I 1.3 |

| | | | |
|---|------------------------|--|-------|
| Potencia Reactiva Total (VAR) | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La máxima lectura de demanda de potencia reactiva registrada fue 460,62 kVAR. - La mínima lectura de demanda de potencia reactiva registrada fue 274 kVAR. - El banco de capacitores se encuentra instalado y conectado en el tablero de distribución. | I 1.4 |
| Potencia Aparente Total (VA) y factor de potencia | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La máxima lectura de demanda de potencia aparente registrada fue 655,34 kVA. - La mínima lectura de demanda de potencia aparente registrada fue 491,86 kVA. - Factor de potencia total registrado fue de 0,88. | I 1.5 |
| Frecuencia en 10s | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La máxima lectura de frecuencia registrada fue 60.2 Hz. - La mínima lectura de frecuencia registrada fue 59.9 Hz. - Los valores registrados de frecuencia cumplen con lo indicado por la EN 50160. | I 1.6 |
| Desbalance de voltaje (secuencia negativa) | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La tendencia de la lectura de desbalance de voltaje en el periodo de tiempo de medición (95%) muestran que el límite de desbalance de voltaje fue <0,28%, cumpliendo con el límite de ± 5 %, indicado en la IEEE C84.1. | I 1.7 |
| Desbalance de corriente (secuencia cero) | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La tendencia de la lectura de desbalance de corriente en el periodo de tiempo de medición (95%) muestran que el límite de desbalance fue 0,6%, por lo que, cumple con la Norma NEMA MG-1. | I 1.8 |
| | Histograma / tendencia | | I 1.9 |

| | | | |
|--|------------------------|---|--------|
| Distorsión Armónica de voltaje (%) | | - Se registraron mediciones de THD de voltaje entre fase y neutro, por debajo de los límites permitidos del <8% | |
| Distorsión Armónica de corriente (%) | Histograma / tendencia | - Se registraron mediciones de TDH de corriente entre fase y neutro, por debajo de los límites permitidos del <8% | I 1.10 |
| Eventos, Transientes, Parpadeo (flicker) | Histograma / tendencia | <p>- Los Flicker de corta duración (Pst 1 min) de cada fase se ubican por de 1, llegando a picos de 1,05 para el 95 % del periodo de observación. Cumple con lo establecido por la EN 50160.</p> <p>- Se registró 7 eventos (transientes de corta duración) en la forma de onda de voltaje y corriente.</p> <p>- La forma de onda de voltaje y corriente es distorsionada por los transientes registrados; coincidentemente los transientes se presentaron a la 17:47; se presume que fue debido a los sistemas de iluminación.</p> <p>- Se registraron desbalance de corriente en dos de las tres fases; se presume por el funcionamiento de cargas monofásicas.</p> | I 1.11 |

4.6.2 Análisis de los resultados en el PCC 2

De los resultados obtenidos en el capítulo 4.5.2, en la tabla 4.5, se realiza el siguiente análisis de los datos registrados por el Analizador de Calidad de Energía, en el lapso de medición de una semana conforme los indica la IEEE. Cabe indicar que el PCC2 corresponde al transformador trifásico de 1250 kVA, el mismo que se encontraba con un consumo de energía muy bajo.

Tabla 4.5 Análisis de los resultados de los registros en el PCC 2.

| TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE DISTRIBUCIÓN TIPO PADMOUNTER DE 1250 KVA | | | |
|--|------------------------------|--|-------------------|
| PARAMETROS ESTABLECIDOS | GRÁFICO DE REFERENCIA | ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | SUB-ANEXOS |
| Voltaje rms Fase-Neutro y Neutro-Tierra (200ms) | Tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La lectura de voltaje en la tendencia registrada indican se presentaron picos de caída de voltaje; sin embargo, los niveles de voltaje continuos se encuentran dentro del rango $\pm 10\%$ del voltaje nominal. Valores dentro del rango establecido por la EN 50160. - La lectura de voltaje con respecto al neutro son < 2 Voltios (0,06 Voltios). Valores dentro del rango establecido por la NFPA 70B. - Los datos obtenidos indican que los voltajes del lado de baja del transformador trifásico están balanceados. | J 1.1 |
| Corriente rms Fase y Neutro (200ms) | Tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - El mayor consumo de corriente registrado fue 1.8 amperios, esto se debe al bajo consumo del transformador trifásico. - Cargas monofásicas se encontraban funcionando. | J 1.2 |
| Potencia Activa Total (W) | Histograma | <ul style="list-style-type: none"> - Las bajas lecturas registradas de la potencia activa, se debe a que el equipo estaba con poca carga. - La máxima lectura de potencia activa registrada fue 40 W. | J 1.3 |
| Potencia Reactiva Total (VAR) | Histograma | <ul style="list-style-type: none"> - Las bajas lecturas registradas de la potencia reactiva, se debe a que el equipo estaba con poca | J 1.4 |

| | | | |
|---|------------------------|---|-------|
| | | <p>carga.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La máxima lectura de potencia activa registrada fue 80 VAR. - Se deduce que las cargas que estaban funcionando durante los registros fueron de tipo inductivas. - El banco de capacitores se encuentra instalado y conectado en el tablero de distribución. | |
| Potencia Aparente Total (VA) y Factor de potencia | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - Las bajas lecturas registradas de la potencia aparente, se debe a que el equipo estaba con poca carga. - La máxima lectura de potencia activa registrada fue 500 VA. - Factor de potencia muy bajo de lo permitido, debido a que el - el banco de capacitores está instalado y conectado en el tablero de distribución. | J 1.5 |
| Frecuencia en 10s | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La máxima lectura de frecuencia registrada 60.12 Hz - La mínima lectura de frecuencia registrada 59.87 Hz - Los valores registrados de frecuencia cumplen con lo indicado por la EN 50160. | J 1.6 |
| Desbalance de voltaje (secuencia negativa) | Tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La tendencia muestra que en el periodo de tiempo de medición (95%) el porcentaje límite de desbalance de voltaje estuvo bajo los ± 5 %, por lo que, está dentro del rango de la IEEE C84.1. | J 1.7 |

| | | | |
|--|------------------------|--|--------|
| | | | |
| Distorsión Armónica de voltaje (%) | Histograma | - Se registraron mediciones de THD de voltaje entre fase y neutro, por debajo de los límites permitidos del <8% | J 1.18 |
| Distorsión Armónica de corriente (%) | Histograma | - Se registraron mediciones de TDH de corriente entre fase y neutro, por debajo de los límites permitidos del <8% | J 1.9 |
| Eventos, Transientes, Parpadeo (flicker) | Histograma / tendencia | - Los Flicker de corta duración (Pst 1 min) de cada fase se ubica por debajo de 1 para el 95 % del periodo de observación. Cumple con lo establecido por la EN 50160. - Se registró 1 evento (transiente de corta duración) en la forma de onda de voltaje. | J 1.10 |

4.6.3 Análisis de los resultados en el PCC 3

De los resultados obtenidos en el punto 4.5.3, en la tabla 4.6 se realiza el siguiente análisis de los datos registrados por el Analizador de Calidad de Energía, en el lapso de medición de una semana conforme los indica la IEEE; cabe indicar que el centro control de motores no dispone de neutro, por lo que las mediciones en voltaje se miden de fase a fase. Para cargas monofásicas y cargas de 220 voltios trifásicas como el sistema de iluminación o los tableros eléctricos auxiliares, se dispone de un transformador tipo seco ubicado en el interior del Centro Control de Motores.

Tabla 4.6 Análisis de los resultados de los registros en el PCC 3.

| CENTRO CONTROL DE MOTORES (CCM) DE PLANTA CAUTIVO | | | |
|--|------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| PARAMETROS ESTABLECIDOS | GRÁFICO DE REFERENCIA | ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | SUB-ANEXO |

| | | | |
|---|------------------------|--|-------|
| Voltaje rms Fase-Fase (200ms) | Histograma / tendencia | <p>- La lectura de voltaje en la tendencia registrada indican que los niveles de voltaje se encuentran dentro del rango $\pm 10\%$ del voltaje nominal. Cumpliendo con lo indicado por la EN 50160.</p> <p>- Los datos obtenidos indican que los voltajes en el Centro Control de Motores se encuentran balanceado.</p> | K 1.1 |
| Corriente rms Fase y Neutro (200ms) | Histograma / tendencia | <p>- El mayor consumo de corriente registrado fue 706.6 Amperios, que representa más del 70% de la corriente consumida en la planta Cautivo.</p> | K 1.2 |
| Potencia Activa Total (W) | Tendencia | <p>- La máxima lectura de potencia activa registrada fue 504,01 kW.</p> <p>- La mínima lectura de potencia activa registrada fue 390,4 kW.</p> | K 1.3 |
| Potencia Reactiva Total (VAR) | Tendencia | <p>- La máxima lectura de demanda de potencia reactiva registrada fue 325,02 kVAR.</p> <p>- La mínima lectura de demanda de potencia reactiva registrada fue 265,96 kVAR.</p> | K 1.4 |
| Potencia Aparente Total (VA) y factor de potencia | Tendencia | <p>- La máxima lectura de demanda de potencia aparente registrada fue 590,3 kVA.</p> <p>- La mínima lectura de demanda de potencia aparente registrada fue 478,82 kVA.</p> <p>- Factor de potencia total registrado fue de 0,87.</p> | K 1.5 |

| | | | |
|--|------------------------|---|--------|
| Frecuencia en 10s | Tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La máxima lectura de frecuencia registrada fue 60.04 Hz - La mínima lectura de frecuencia registrada fue 59.96 Hz - Los valores registrados de frecuencia cumplen con lo indicado por la EN 50160. | K 1.6 |
| Desbalance de voltaje (secuencia negativa) | Tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La tendencia de la lectura de desbalance de voltaje en el periodo de tiempo de medición (95%) muestran que el límite de desbalance de voltaje fue <0,48%, cumpliendo con el límite de ± 5 %, indicado en la IEEE C84.1. | K 1.7 |
| Desbalance de corriente (secuencia cero) | Tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - La tendencia de la lectura de desbalance de corriente en el periodo de tiempo de medición (95%) muestran que el límite de desbalance fue 4,62%, por lo que, cumple con la Norma NEMA MG-1. | K 1.8 |
| Distorsión Armónica de voltaje (%) | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - Se registraron mediciones de THD de voltaje entre fase y neutro, por debajo de los límites permitidos del <8% | K 1.9 |
| Distorsión Armónica de corriente (%) | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - Se registraron mediciones de TDH de corriente entre fase y neutro, por debajo de los límites permitidos del <8% | K 1.10 |
| Eventos, Transientes, Parpadeo (flicker) | Histograma / tendencia | <ul style="list-style-type: none"> - Se presentaron múltiples Flicker de corta duración (Pst 1 min) en cada fase llegando a picos de 1,35 para el 95 %; los flicker registrados fueron en la forma de onda de la corriente; del periodo de observación se cumple con lo establecido por la EN 50160. - Se registró 8 eventos (transientes de corta duración y desbalance) en la forma de onda de voltaje y corriente. | K 1.11 |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>- La forma de onda de voltaje y corriente es distorsionada por los transientes registrados; coincidentemente los transientes se presentaron a la 17:47; se presume que fue debido a los sistemas de iluminación cuyos tableros de control y fuerza se encuentran instalados en el Centro Control de Motores.</p> <p>- Se registraron desbalance de corriente en dos de las tres fases; se observaron que varias cargas conectadas e instaladas en el Centro Control de Motores, era de tipo monofásica.</p> <p>-Los desbalances de corriente registrados en el Centro Control de Motores, son del mismo tipo de desbalance de corriente registrados en el tablero de distribución, por lo que, se presume que la fuente que ocasiona los desbalances de corriente se encuentren instalados en el CCM.</p> | |
|--|--|--|

4.7 Aportes al presente estudio de Calidad de Energía

El servicio eléctrico desempeña un papel importante dentro de la industria, mejorar la calidad de energía ayuda a una mejor eficiencia y optimización de los recursos; el aumento de cargas sensibles o con electrónica de potencia en un sistema eléctrico debe ser monitoreado periódicamente, debido a que degrada y distorsiona la forma de onda del voltaje y corriente.

Contar con un estudio de calidad de energía que permita ver los fenómenos electromagnéticos que se presentan en el sistema eléctrico, ayuda a entender el comportamiento del sistema cuando ocurren fallas imprevistas; estos

fenómenos electromagnéticos son de corta duración y cada fenómeno electromagnético tiene causas diferentes.

Cuando ocurren fallas o problemas en los sistemas eléctricos, son difíciles de diagnosticarlas e incluso ubicarlas, a menos que se cuente con monitoreo y registros de eventos en tiempo real, continuo y que, además, se puedan observar los eventos que ocurrieron como por ejemplo la forma de onda antes, durante y después del evento.

En la actualidad, las empresas eléctricas utilizan sistemas eléctricos medidores inteligentes que monitorean la calidad del consumo de energía eléctrica a lo largo de las redes eléctricas, este sistema de medición es conocido como redes inteligentes o Smart Grids, que, a diferencia de los sistemas habituales, detectan en menor tiempo las fallas en los sistemas, además, algunos disponen de equipos automatizados capaces de restaurar el problema presentado.

El presente estudio de calidad de energía a la planta Cautivo permitió observar los fenómenos electromagnéticos registrados para posteriormente analizarlos; un ejemplo de esto son las distorsiones que se presentaron en la forma de onda de corriente y voltaje, que fueron de naturaleza transitoria, de corta duración, dirección bipolar y unipolar (positiva y negativa), como la mostrada en la figura 4.6.

Estas distorsiones registradas de la forma de onda pueden ser originadas por múltiples causas y, a corto o largo plazo pueden causar daños a los equipos instalados en el sistema, y como lo indica la IEEE Std 1250 “la distorsión del voltaje en el sistema eléctrico puede provocar resonancias y sobrecargas a los equipos de corrección de factor de potencia” (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011, pág. 24).

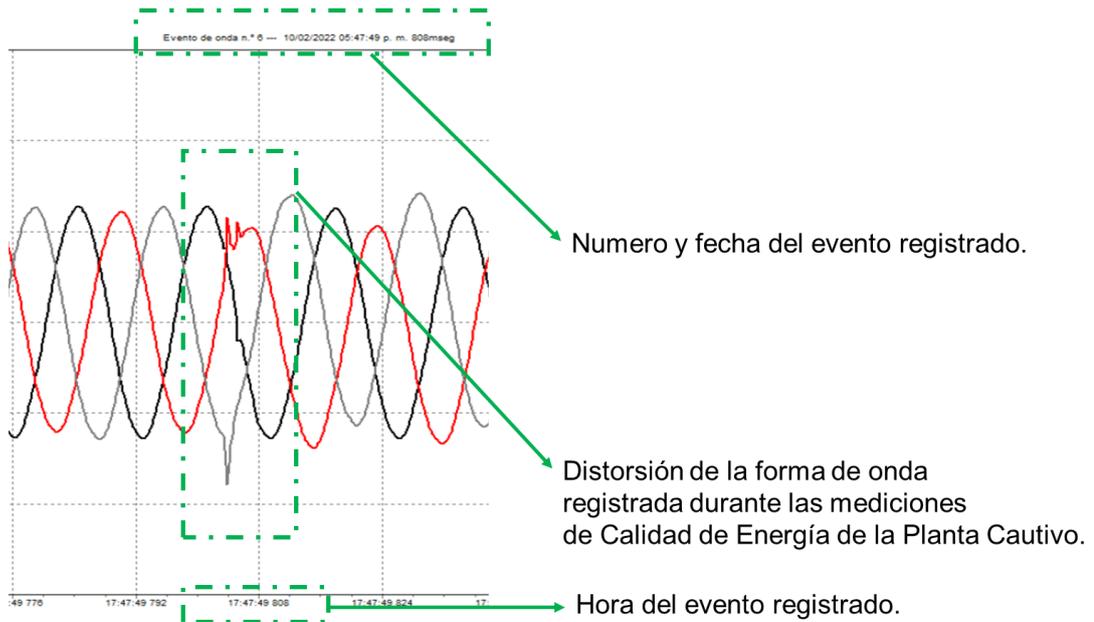


Figura 4.6 Forma de onda distorsionada de corriente registrada el PCC 1.

Por otra parte, este estudio de calidad de energía también aporta con información del comportamiento de las cargas, como el desbalance de corriente que puede provocar calentamiento en los devanados de los motores, armónicos en el sistema, entre otros daños, (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010, pág. 23).

Una vez procesada la información registrada y evaluado el sistema eléctrico de la Planta Cautivo de Refinería La Libertad, se concluye y se llegan a las conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones

Con respecto al voltaje y la corriente, se concluye que, de acuerdo al análisis de los registros de voltaje, el sistema eléctrico de la Planta Cautivo se encuentra balanceado en sus tres fases; sin embargo, durante el funcionamiento de ciertos equipos y en periodos de corta duración los registros demuestran que se presentaron desbalance de la forma de onda de la corriente.

Las mayores cantidades de cargas que representan el mayor consumo de energía en la planta Cautivo se encuentran instaladas en el Centro Control de Motores; el factor de potencia se encuentra en 0,89 lo que significa que el banco de capacitores instalado en el tablero principal está compensando la energía reactiva, por lo que se concluye que el factor de potencia se encuentra dentro del rango establecido por las normativas.

La mayor demanda eléctrica de la planta corresponde al 52% de la capacidad nominal de transformador trifásico (1250 kVA), la fuente principal de energía de la planta Cautivo son los dos grupos electrógenos, en caso de salir de operación uno o los dos grupos electrógenos, el transformador trifásico puede suplir la demanda; se concluye que, de acuerdo con los reportes de mantenimiento y las pruebas realizadas, el transformador se encuentra en óptimas condiciones operativas.

Por último, se concluye que de acuerdo con los resultados los niveles registrados de parpadeo de corta duración cumplen con lo establecido en la normativa EN 50160, sin embargo, se presentaron eventos de naturaleza transitoria indicados en el capítulo 5.7.

Las conclusiones indicadas en el presente estudio se realizaron con base a los análisis de los registros medidos por el analizador de calidad de energía y la información facilitada por el área de mantenimiento de Refinería La Libertad, por lo que se recomienda las siguientes acciones.

Recomendaciones

El actual diagrama unifilar de que dispone la Planta Cautivo fue levantado hace 5 años, en el transcurso de ese tiempo, se ha procedido a la instalación de nuevos equipos en la planta, además, se sustituyó el banco de capacitores por uno nuevo y se lo reubicó en el tablero principal (antes se encontraba a la salida del secundario del transformador de 1250 kVA) motivo por el cual las lecturas de factor de potencia en el transformador son bajas, por lo que, se

recomienda realiza una actualización del diagrama unifilar de la Planta Cautivo.

Entre los fenómenos electromagnéticos registrados por el analizador de calidad de energía se evidenció la presencia de transientes que distorsionan la forma de onda de voltaje y corriente; estos transientes ocurren en una hora en particular y se registraron en el tablero de distribución de la central eléctrica y en el Centro Control de Motores (CCM); en vista de estos, se recomienda realizar un análisis minucioso de las cargas instaladas en el CCM con el fin de identificar el equipo que los ocasiona.

Los registros levantados y analizados en el presente estudio demuestran que el sistema eléctrico de Planta Cautivo se encuentra en buenas condiciones operativas, sin embargo, de acuerdo a lo indicado por los operadores de la central de la Planta Cautivo, cuando entra en sincronización los grupos electrógenos con la energía proveniente de CNEL EP, se presentan fluctuaciones en los niveles de voltaje, lo que ocasiona fallas en los equipos de sincronización, por lo que, se recomienda realizar la revisión del sistema de sincronismo y la comprobación de un sistema puesta a tierra común.

BIBLIOGRAFÍA

Arcernnr. (2020). *Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano*. Quito.

Arcernnr. (2021). Pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica. Quito, Ecuador.

Arconel. (2016). Pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica. Quito, Ecuador.

Arconel. (2020). Pliego tarifario para las Empresas Eléctricas de Distribución. Quito, Ecuador.

- Carrillo, J. C. (2007). El fenómeno del parpadeo. *Universidad de Vigo*.
Obtenido de El fenómeno del parpadeo.
- Casado, O. (2009). *Grupos Electrónicos y Centrales Eléctricas de Generación Distribuida*. Barcelona: Fundación Comelecinca.
- Cens Grupo-EPM. (2017). *Selección y conexión de medidores de e energía y transformadores de medida del grupo EPM*.
- Chapman, S. J. (2012). *Máquinas Eléctricas, 5ta. Edición*. Mexico: McGraw-Hill.
- Conelec. (2001). *Codificación de Regulación Eléctrica*. Obtenido de <https://www.regulacioneolica.gob.ec>
- Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Montecristi, Manabí, Ecuador: Asamblea Nacional.
- Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil. (2012). Normas de Acometidas, cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro de electricidad. *NATSIM*. Guayaquil, Ecuador.
- European Norm. (2007). Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks. Brusela: European Union.
- Expósito, A. G. (2002). *Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica*. Sevilla: McGraw-Hill.
- F. R. Quintela, J. M. (2000). Desequilibrio y pérdidas en las instalaciones eléctricas. *Universidad de Salamanca*.
- Ferrer Arnau, L. J. (2006). Introducción a la compatibilidad electromagnética. *Mendeley*, 1.
- Fink, H. W. (1996). *Manual de Ingeniería Eléctrica*. Mexico: MacGraw-Hill.
- Gary, J. H., & Handwerk, G. E. (1980). *Refino del petróleo*. New York: Reverté.
- Horsley, J. S. (2005). *Los siete tipos de problemas en el suministro eléctrico*. Academia .
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2010). Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions. *IEEE Std 1459*. Nueva York, USA.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2011). Guide for Identifying and Improving Voltage Quality in Power Systems. *IEEE Std. 1250*. Nueva York, USA.

- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2014). Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. *IEEE Std 519*. New York, USA.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2015). IEEE Recommended Practice for the Analysis of Fluctuating Installations on Power Systems. *IEEE Std 1453*. New York, USA.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2019). Practice for Monitoring Electric Power Quality. *IEEE Std 1159*. New York, USA.
- International Electrical Testing Association. (1995). Pruebas aceptadas para sistemas y equipos de distribución de potencia eléctrica. Morrison, USA: Neta.
- J. Arizpe, S. N. (2013). Calidad de energía y sistemas eléctricos de potencia. *Multidisciplinas de la ingeniería*.
- Kosow, I. L. (1982). *Control de Máquinas Eléctricas*. Barcelona: Reverté.
- Ley Orgánica de Eficiencia Energética. (2019). *Ley Orgánica de Eficiencia Energética*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica. (2015). *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Matulic, I. (2003). Introducción a los Sistemas Eléctricos de Potencia. *Scielo*.
- Mujal, R. M. (2002). *Protección de Sistema Eléctrico de Potencia*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- N. Mohan, T. M. (2009). *Electrónica de Potencia: Convertidores, aplicaciones y diseño 3ra. Edición*. Mexico: McGraw-Hill.
- Naranjo, C. R. (2003). Análisis de Armónicos en Sistemas Eléctricos. *Google Académico*, 1.
- NFPA. (2016). *Práctica Recomendada para el Mantenimiento de Equipos Eléctricos*. Massachusetts: NFPA.
- NFPA. (2017). *National Electrical Code*. Massachusetts, USA: NFPA.
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2013). Transformadores de distribución. pruebas Eléctricas. Quito: Inen.
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2013). Transformadores, Relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular. Quito: Inen.
- Petroecuador. (2009). *El Petróleo en el Ecuador*. Quito: Tecnigrava.

- Rojas, H. R. (2014). Aspectos técnicos y normativos para el monitoreo y medición de armónicos. *Researchgate*, 129–146.
- Sánchez, V. (2006). Perturbaciones en la red eléctrica. *Caos Conciencia*, 25-29.
- Stevenson, J. J. (1996). *Análisis de Sistemas de Potencia*. Mexico: Mc.Graw-Hill.
- Van de Velde, H. &. (2006). Procesamiento de datos . *Facultad Regional Multidisciplinaria Estelí*.
- Wildi, T. (2007). *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia, 6ta. Edición*. Mexico: Pearson Educación.
- www.egr.unlv.edu/. (s.f.). *University of Nevada*. Obtenido de http://www.egr.unlv.edu/~eebag/IEEE_STD_519_1992vs2014.pdf
- www.eppetroecuador.ec. (2022). *Ep Petroecuador*. Obtenido de Ep Petroecuador: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=7619>
- www.fluke.com. (s.f.). *Analizador de energía y de calidad eléctrica Fluke 437 Serie II de 400 Hz*. Obtenido de <https://www.fluke.com>
- www.gob.ec/arconel. (2022). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*. Obtenido de <https://www.gob.ec/arconel>
- www.ieee.org. (2022). *IEEE Advancing technology for humanity*.
- www.inelinc.com. (2021). <https://inelinc.com/>.
- www.mecfi.es. (2022). *Desequilibrios en el sistema trifásico*. Obtenido de <https://mecfi.es/>.

ANEXOS



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

Informe técnico de las pruebas realizadas al transformador
trifásico de 1250 kVA., en el año 2019

ANEXO A

| | | | | |
|---|---|-----------------|----------------|---|
|  | SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y SOPORTE ESPECIALIZADO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE REFINERÍA LA LIBERTAD | | |  |
| | INFORME DEL MANTENIMIENTO AL CUARTO DE TABLEROS ELÉCTRICOS - CENTRAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA PLANTA CAUTIVO | | | |
| Departamento | Fecha | Revisión | Páginas | Reporte N° |
| Mantenimiento Eléctrico | 22/10/2019 | 0 | 9 de 17 | RL-SVF-MT-IF-001 |

- Retiro de las cámaras de arqueo e inspección, comprobación de que el cuerpo de la cámara se encuentra en buen estado.
- Inspección y limpieza de los contactos principales, comprobación de que los contactos se encuentran en buen estado.
- Limpieza de los mecanismos de los dispositivos y de la cuna o cubículo.
- Engrase de ciertas piezas mecánicas de los mecanismos de los dispositivos y de la cuna, utilizando la grasa Isoflex topas NCA 52.
- Circuitos auxiliares
 - Inspección de los disparadores de derivación MX y XF, comprobación del buen estado físico.
 - Revisión y limpieza del alambrado auxiliar.
 - Revisión y limpieza de los contactos de indicación (ON/OFF)
 - Revisión y limpieza del motor de carga de resorte o motor reductor “MCH”, comprobación del buen estado de la bobina, y demás componentes.
- Inspección de la condición de la unidad de disparo electrónico micrologic 2.0E.
- Ingreso del interruptor al cubículo del tablero.
- Verificación del esquema mecánico funcional, operación manual del mecanismo de operación. Cargue resortes, cierre y apertura.
- Verificación del esquema eléctrico funcional, local – remoto, cargue resortes, apertura y cierre.
- Verificación el funcionamiento normal en las diferentes posiciones (Abierto, extraído y cerrado).
- Prueba del control del interruptor. (acoplamiento y desacoplamiento mecánico).



Revisión y limpieza del Interruptor

6.3.4. Transformador de media tensión 1250kVA.

Se revisó el transformador, marca: Inatra; Tipo: Aceite; Serie No: 091123541; Norma: NTE INEN 2120; Potencia nominal: 1250kVA; Fases: 3; Frecuencia: 60Hz; Clase de aislamiento: AO; Tensión primaria: 13,20kV; Tensión secundaria: 480V; Conexión: Dy 5; Corriente primaria: 54,67A; Corriente secundaria: 1503,52; Refrigeración: ONAN; Tensión C.C.: 4,5%; Duración C.C.: 2s; Aceite: Mineral; Temperatura ambiente: 30°C; Peso total: 3780kg.; Volumen Aceite: 1460L.

Se realizaron las siguientes actividades:

- Inspección y limpieza del tanque, verificación de que no exista fuga de aceite, verificación del estado del radiador, verificación del estado de las puertas y pernos.

| | | | | |
|---|---|-----------------|----------------|---|
|  | SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y SOPORTE ESPECIALIZADO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE REFINERÍA LA LIBERTAD | | |  |
| | INFORME DEL MANTENIMIENTO AL CUARTO DE TABLEROS ELÉCTRICOS - CENTRAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA PLANTA CAUTIVO | | | |
| Departamento | Fecha | Revisión | Páginas | Reporte N° |
| Mantenimiento Eléctrico | 22/10/2019 | 0 | 10 de 17 | RL-SVF-MT-IF-001 |

- Revisión y limpieza de los terminales de media tensión H1, H2, H3, verificación de que los terminales se encuentren fijos y ajustados, verificación de estado de fusibles.
- Verificación que el TAP o cambiador de derivaciones se encuentra en la posición B, verificación de que no exista fuga de aceite por el eje o por el empate con el tanque.
- Revisión y limpieza de los conductores de media tensión, verificación del estado de los aisladores, verificación de que no exista fuga en ninguna parte de unión de los aisladores.
- Revisión y limpieza de los terminales de baja tensión X0, X1, X2, X3, verificación de que los terminales se encuentren fijos y ajustados, revisión de pernos.
- Revisión y limpieza de los conductores de baja tensión, revisión y limpieza de terminales de conexión.
- Limpieza de los conductores y de las canaletas de la zona externa del transformador.
- Inspección de los instrumentos de medición analógicos:
 - Revisión y limpieza del manómetro, verificación del estado del vidrio y punto de conexión.
 - Revisión y limpieza del visor de nivel de aceite, constatación de que el nivel de aceite se encuentra dentro de los límites superior e inferior, verificación del estado del vidrio y punto de conexión.
 - Revisión y limpieza del termómetro, verificación de que la temperatura se encuentre dentro los límites permitidos, verificación del estado del vidrio y punto de conexión.
- Verificación del estado del conductor de puesta a tierra, limpieza y revisión de la terminal, y revisión del ajuste del terminal del conductor al transformador.
- Extracción de las muestras de aceite para análisis de rigidez dieléctrica.



Limpieza externa e interna del transformador de 1250kVA, limpieza de cables.



Limpieza de cables y bandeja, e Inspección de instrumentos de medición analógicos

| | | | | |
|---|--|-----------------|----------------|---|
|  | SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y SOPORTE ESPECIALIZADO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE REFINERÍA LA LIBERTAD | | |  |
| | INFORME DEL MANTENIMIENTO AL CUARTO DE TABLEROS ELÉCTRICOS - CENTRAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA PLANTA CAUTIVO | | | |
| Departamento | Fecha | Revisión | Páginas | Reporte N° |
| Mantenimiento Eléctrico | 22/10/2019 | 0 | 11 de 17 | RL-SVF-MT-IF-001 |

6.3.4.1. Prueba de rigidez dieléctrica del aceite del transformador de 1250kVA

- Se usó un probador de rigidez dieléctrica de líquidos.
- Se utilizó el método de la norma ASTM D1816. Este método usa electrodos de forma semiesférica. La muestra de fluido circula continuamente en la celda de prueba durante toda la prueba. El ajuste de distancia de separación fue de 2 mm.
- Inspección de la cuba o copa y electrodos.
- Depósito del aceite dieléctrico en la cuba o copa, hasta un nivel que esté sobre la parte superior de los electrodos.
- Aplicación del voltaje de prueba hasta que se produzca el arco eléctrico.
- Se realizaron 5 pruebas, los valores registrados fueron 12.9kV, 13.2kV, 12.0kV, 14.0kV, 12.9kV, del cual se obtiene una media de 13.0kV, con una desviación estándar de 0.7kV, una desviación estándar relativa del 5.5%, datos tomados a una temperatura de 28°C, se observó que el color del aceite era amarillo medio.
- El valor medio registrado de la rigidez dieléctrica es de 13.0kV y es No Aceptable, siendo menor a los 27kV que se consideran como aceptables, y menor a los 35kV a 2 mm de separación que se establecen como satisfactorios en el estándar ASTM D1816.
- Los resultados obtenidos indican que la muestra de aceite presenta una coloración aceptable, pero con un nivel de rigidez dieléctrica bajo y un valor aceptable de desviación estándar relativa, motivo por el que se recomienda realizar la deshumectación y filtrado del aceite, y si este método no funciona deberá de ser sustituido el aceite, previo a un análisis físico-químico que evalúe el aceite como dieléctrico y no como lubricante.
- Se añade que se realizó la prueba cualitativa de contenido de PCB'S del aceite, siguiendo la norma D-3487, utilizando el método 9079 EPA SW-846, con el kit Dexsil, y según la norma D-3487 el contenido de PCB en aceite mineral debe de ser "No Detectable", el resultado de la prueba salió Negativo en contenido de PCB'S, lo que indica condiciones normales para uso y almacenamiento del aceite sin representar ningún riesgo.
- Los resultados de estos análisis se muestran en el informe de la prueba cualitativa de contenido de PCB'S del aceite y en el informe de la prueba de Rigidez dieléctrica del aceite.

6.3.4.2. Cámara de distribución trifásica padmounted de 4572kVA

Se limpió la cámara de distribución trifásica padmounted, marca: Ecuatran; Tipo: Aceite; Serie No: 0726707; Potencia nominal: 4572kVA; Fases: 3; Frecuencia: 60Hz; Tensión servicio: 13,2kV; Corriente entrada: 200A; Corriente salida: 100A; B.I.L: 95kV; Aceite: Mineral; Peso total: 550kg.; Volumen Aceite: 250L.

Se realizaron las siguientes actividades:

- Inspección y limpieza del tanque, verificación de que no exista fuga de aceite, verificación del estado de las puertas y pernos.
- Revisión y limpieza externa de los terminales de entrada de media tensión H1, H2, H3, verificación de que los terminales se encuentren fijos y ajustados, verificación de estado de fusibles.
- Revisión y limpieza de los conductores de entrada de media tensión, verificación de estado de aisladores, verificación de que no exista fuga de aceite en ninguna parte de unión de los aisladores.

PRUEBA CUALITATIVA DE CONTENIDO DE PCB'S DEL ACEITE

 NORMA D-3487
 MÉTODO 9079 EPA SW-846
 KIT DEXSIL

FECHA: 2019-10-23

CLIENTE: TESLA

| IDENTIFICACIÓN | CONTENIDO DE PCB'S | RESULTADO | EVIDENCIA DE LA PRUEBA | OBSERVACIÓN |
|---------------------------------------|--------------------|-----------|--|-----------------------------------|
| MUESTRA 1 1250KVA SN: 091123541 | <50 ppm | NEGATIVO |  | COLOR DE ACEITE AMARILLO MEDIO |

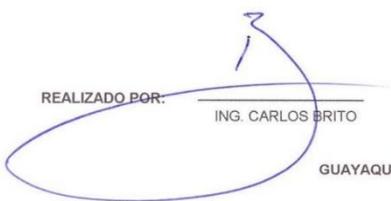
OBSERVACIONES:

SEGÚN LA NORMA D-3487 EL CONTENIDO DE PCB EN ACEITE MINERAL DEBE SER "NO DETECTABLE".

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- LA MUESTRA DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR, TIENE COMO RESULTADO "NEGATIVO" EN CONTENIDO DE PCB'S, LO QUE INDICA CONDICIONES NORMALES PARA USO Y ALMACENAMIENTO DEL ACEITE SIN REPRESENTAR NINGUN RIESGO.

REALIZADO POR:


 ING. CARLOS BRITO

GUAYAQUIL - ECUADOR

DIR.: KM. 10.5 VÍA DAULE // PBX: (593+4) 3702700 // E-MAIL: VENTAS@INATRA.COM // GUAYAQUIL - ECUADOR

inatra.com

PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE

**NORMA
ASTM D1816:2004
ELECTRODOS TIPO HONGO
DISTANCIA 2 mm**

FECHA: 2019-10-23

CLIENTE: TESLA

| IDENTIFICACIÓN | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | VALOR MEDIO | DESVIACIÓN ESTANDAR | DESVIACIÓN ESTÁNDAR RELATIVA | °C | OBSERVACIÓN |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|---------------------|------------------------------|----|-----------------------------------|
| MUESTRA 1 1250KVA SN: 091123541 | 12,9 KV | 13,2 KV | 12,0 KV | 14,0 KV | 12,9 KV | <u>13,0 KV</u> | <u>0,7 KV</u> | <u>5,5%</u> | 28 | COLOR DE ACEITE AMARILLO MEDIO |

**INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL VALOR MEDIO
PARA ACEITES EN SERVICIO**

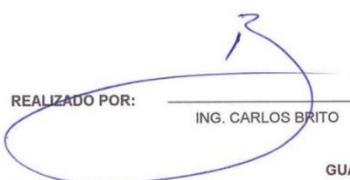
| |
|-------------------------|
| >=27 ACEPTADO |
| <27 DUDOSO |

OBSERVACIONES:

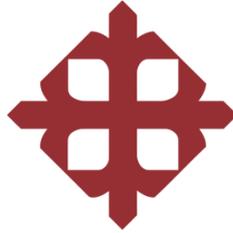
- LOS VALORES BAJOS DE DESVIACIÓN ESTANDAR RELATIVA, INDICAN UNA BUENA CAPTACIÓN O AUSENCIA DE IMPUREZAS EN EL ACEITE; SI FUERAN ALTOS, INDICARÍAN LA PRESENCIA DE SEDIMENTOS U OTRAS PARTÍCULAS QUE ALTERAN LA MEDICIÓN, TAL VEZ PRODUCTO DE UN INCORRECTO MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS.
- EL RESULTADO DE LA MUESTRA INDICA UN VALOR INFERIOR DE DESVIACIÓN ESTANDAR RELATIVA (<10%).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- EL RESULTADO DE LA MUESTRA DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR, PRESENTA; UN VALOR DE RIGIDEZ DIELECTRICA, MUY POR DEBAJO DEL NIVEL ACEPTABLE (>=27kV).
- LA MUESTRA PRESENTA UNA COLORACIÓN ACEPTABLE PERO CON UN NIVEL DE RIGIDÉZ DIELECTRICA BAJO Y UN VALOR ACEPTABLE DE DESVIACIÓN ESTANDAR RELATIVA, MOTIVO POR EL QUE SE RECOMIENDA REALIZAR LA DESHUMECTACIÓN Y FILTRADO DEL ACEITE.

REALIZADO POR: 
ING. CARLOS BRITO

GUAYAQUIL - ECUADOR



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

Informe técnico de las pruebas realizadas al transformador trifásico de 1250 kVA., en el año 2021

ANEXO B

| INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS | | | |
|--|---|---|----------------------|
| N° 1274 - 21 | | FECHA DE EMISIÓN: 25 de octubre de 2021 | |
| Cliente: Petroecuador - Refinería La Libertad | | Contacto: Ing. Jorge Palacios | |
| Dirección: La Libertad | | | |
| IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | | | |
| Fecha Recepción: 12 de octubre de 2021 | | Fecha Inicio de Análisis: 15 de octubre de 2021 | |
| Código Muestra: 1274 -21 | | Fecha Fin de Análisis: 22 de octubre de 2021 | |
| DATOS DEL TRANSFORMADOR **INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE** | | | |
| Equipo: Transformador | Serie: 091123541 | | |
| Ubicación: Cautivo | % de Carga: 50% | | |
| Fabricante: Inatra | Año Fabricación: 2011 | | |
| Potencia: 1250 kVA | Tensión: 13200/480 V | | |
| Volumen de aceite: 1460 L | Tipo de aceite: Aceite Mineral Aislante | | |
| Muestreo por el CLIENTE | SI | Muestreo por SERTINLAB según I/SERT/03 por: | - |
| Fecha Muestreo: 6 de octubre de 2021 | | T Muestra: 38 °C | % Saturación: 10% |
| Punto de Muestreo: - | | T Ambiente: 25 °C | H _R : 70% |
| Cond. Ambientales: | Presión: 546.6 mmHg | Temperatura: 20 °C | HR: 60% |

| RESULTADOS | | | | | | |
|------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|--|------------|---------------|
| ITEM | PRUEBAS REALIZADAS | UNIDADES | MÉTODO | PARAMETROS REFERENCIALES (**) | RESULTADOS | INCERTIDUMBRE |
| 1 | Color | Color ASTM | PEE/SERT/11 Ref.: ASTM D-1500 | - | < 1,0 | Cualitativa |
| 2 | Examen Visual | - | PEE/SERT/12 Ref.: ASTM D-1524 | - | - | Cualitativa |
| 3 | Gravedad Específica | adimensional | PEE/SERT/03 Ref.: ASTM D-1298 | - | 0.8936 | ± 0.0022 |
| 4 | Contenido de Agua | µg H ₂ O/g (ppm) | PEE/SERT/01 Ref.: ASTM D-1533 | Máximo: 35 | 13.83 | ± 1.26 |
| 5 | Rigidez Dieléctrica | kV | PEE/SERT/06 Ref.: ASTM D-877 | - | - | - |
| | | | PEE/SERT/13 ASTM D-1816 2 mm | Mínimo: 40 a 2 mm Mínimo: 23 a 1 mm | 27.1 | ± 4.4 |
| 6 | Punto de inflamación | °C | PEE/SERT/05 Ref.: ASTM D-92 | - | - | - |
| 7 | Viscosidad a 40 °C | mm ² /s (cSt) | PEE/SERT/08 Ref.: ASTM D-445 | - | - | - |
| 8 | Número de Acidez | mg KOH/g | PEE/SERT/04 Ref.: ASTM D-974 | Máximo: 0.200 | 0.01 | ± 0.0005 |
| 9 | Tensión Interfacial | mN/m (dinas/cm) | PEE/SERT/02 Ref.: ASTM D-971 | Mínimo: 25 | 40.69 | ± 0.69 |

(**) Límites establecidos en la norma IEEE C57.106-2015 para aceites minerales aislantes para uso continuo en equipos ≤ 69 kV.

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE
Las observaciones y recomendaciones que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación del SAE.
Observaciones y sugerencias técnicas informativas para el cliente:

Por el índice de calidad: - el aceite es: -

NOTAS:

- Los resultados se relacionan únicamente con los ítems sometidos a ensayo y aplican a la muestra tal y como se recibió en el laboratorio.
- Este Informe sirve únicamente para conocimiento de resultados y datos, no válido para uso legal sin firma.
- Se ha estimado la incertidumbre para los ensayos. De ser requerida, está disponible en el Laboratorio para cuando lo requiera el Cliente.
- El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente
- Resultados de ensayo de resultados de proveedores externo.**
- Cuando sea pertinente, una declaración de conformidad con los requisitos o especificaciones****
- Las interpretaciones están fuera del alcance acreditación
- Cuando el laboratorio sea requerido por organismos autorizados por la ley (Agencia de Regulación y Control Hidrocarbúrico) el organismo acreditador en caso de auditorías externas, o autorizado por las disposiciones contractuales para revelar información confidencial se notificará previamente por correo electrónico al cliente o a la persona interesada de la información proporcionada, salvo que este prohibido por ley

Realizado por:



Firmado electrónicamente por:
MILTON FABRICIO SARANGO VILLAGOMEZ

Ing. Milton Sarango
TÉCNICO ANALISTA

Revisado y Aprobado por:



Firmado electrónicamente por:
SONIA BEATRIZ ALVAREZ CARVALLO

Ing. Sonia Álvarez
GERENTE GENERAL

Propiedad de SERTINLAB S.A. prohibida su reproducción sin la autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

**** FIN DEL DOCUMENTO ****

- Los resultados contenidos en este informe corresponden a la muestra analizada bajo las condiciones de prueba
- Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin autorización previa escrita.

| SertinLab | | INFORME DE RESULTADOS DE CROMATOGRAFÍA DE GASES DISUELTOS EN ACEITE AISLANTE | | CÓDIGO: | FMC2102 |
|--|---|--|---|-----------------------|-------------------------------------|
| | | | | FECHA: | 2019-05-27 |
| | | | | VERSIÓN: | 13 |
| INFORME N° | 1274 - 21 | FECHA DE EMISIÓN: | 28 de octubre de 2021 | | |
| DATOS DEL LABORATORIO | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN: | Servicios técnicos y laboratorios para la industria SERTINLAB S.A | | CONTACTO: | Ing. Sonia Álvarez | |
| DIRECCIÓN: | Calle N71H Oe5-251 y Catón Cárdenas | | TELÉFONO: | 022490600 Ext-104 | |
| DATOS DEL CLIENTE | | | | | |
| CLIENTE: | Petroecuador - Refinería La Libertad | | CONTACTO: | Ing. Jorge Palacios | |
| DIRECCIÓN: | La Libertad | | | | |
| IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | | | | | |
| Fecha de Recepción: | 12 de octubre de 2021 | | Fecha de Análisis: | 21 de octubre de 2021 | |
| Código de la Muestra: | 1274 -21 | | | | |
| DATOS DEL TRANSFORMADOR **INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE** | | | | | |
| Equipo: | Transformador | Año de Fabricación: | 2011 | | |
| Ubicación: | STE Cautivo | Fabricante: | Inatra | | |
| Tensión: | 13200/480 V | Serie: | 091123541 | | |
| Potencia: | 1250 kVA | Vol. Aceite: | 1460 Lts | | |
| Equipo con carga: | 50 % | Temp. Aceite en equipo: | 38 °C | | |
| | | Observaciones: | Tamb: 25 °C | H ₂ : 70% | |
| CONDICIONES AMBIENTALES | | | | | |
| Presión Atm.: | 737.0 hPa | Temperatura: | 22 °C | Humedad: | 57% |
| Presión Atm.: | 552.8 mmHg | | | | |
| PARÁMETROS DE ANÁLISIS | | | | | |
| Vol. Muestra de Aceite: | 30 cm ³ | Presencia de burbujas: | NO | | |
| Porcentaje total de gases disueltos: | 18.4 % | MÉTODO ASTM: | ASTM D3612 - Método C (Modificado) | | |
| Gases No Combustibles: | 184071 ppm | MÉTODO INTERNO: | PEE/SERT/10 | | |
| Gases Combustibles (GC): | 263 ppm | | | | |
| GC = Cantidad de Gases Combustibles en ppm (IEEE C57.104-2008) | | | | | |
| GC < 720 ppm = Condición Normal | | 1921 ≤ GC < 4630 ppm = Generación GC en precaución | | | |
| 721 ≤ GC < 1920 ppm = Monitoreo Más frecuente | | GC ≥ 4630 ppm = Generación de GC en peligro | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| COMPONENTE | FÓRMULA | CONCENTRACIÓN (V/V) | RELACION DE GASES | | TRIÁNGULOS DE DUVAL |
| HIDROGENO | H ₂ | 2 ppm | CH ₄ / H ₂ | - | % CH ₄ : - |
| OXIGENO | O ₂ | 38111 ppm | C ₂ H ₆ / CH ₄ | - | % C ₂ H ₆ : - |
| NITROGENO | N ₂ | 144688 ppm | C ₂ H ₄ / C ₂ H ₆ | - | % C ₂ H ₄ : - |
| DIOXIDO DE CARBONO | CO ₂ | 1272 ppm | C ₂ H ₆ / C ₂ H ₄ | - | - |
| ACETILENO | C ₂ H ₂ | ND ppm | C ₂ H ₂ / C ₂ H ₆ | - | % CH ₄ : - |
| ETILENO | C ₂ H ₄ | ND ppm | C ₂ H ₂ / CH ₄ | - | % C ₂ H ₂ : - |
| ETANO | C ₂ H ₆ | ND ppm | CO / CO ₂ | 0.21 | % H ₂ : - |
| METANO | CH ₄ | ND ppm | O ₂ / N ₂ | 0.26 | - |
| MONOXIDO DE CARBONO | CO | 261 ppm | <i>Usar ambos criterios si la generación de GC no es normal</i> | | |
| ND = NO DETECTADO | | | | | |
| INTERPRETACIÓN: Diagnóstico y Recomendaciones: | | | | | |
| De acuerdo al método IEEE C57.104-2008 y a los niveles de seguridad recomendados por Morgan Schaffer, según los años de operación del transformador, la generación de gases combustibles se encuentra dentro de los rangos normales. Se recomienda realizar un nuevo análisis cromatográfico de control en un año. | | | | | |

NOTAS:

- Los resultados se relacionan únicamente con los ítems sometidos a ensayo y aplican a la muestra tal y como se recibió en el laboratorio.
- Este Informe sirve únicamente para conocimiento de resultados y datos, no válido para uso legal sin firma.
- Se ha estimado la incertidumbre para los ensayos. De ser requerida, está disponible en el Laboratorio para cuando lo requiera el Cliente.
- El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.

* Fuera del alcance de la validación.

Realizado por:

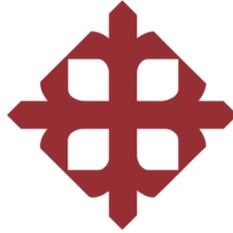
Téc. Sup. Norberto Macancela
TÉCNICO ANALISTA

Revisado y Aprobado por:

Ing. Sonia Álvarez
GERENTE GENERAL

Propiedad de SERTINLAB S.A. prohíbe su reproducción sin la autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
**** FIN DEL DOCUMENTO ****

- Los resultados contenidos en este informe corresponden a la muestra analizada bajo las condiciones de prueba.
- Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin autorización previa escrita.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

Planilla del Servicio de Energía Eléctrica

ANEXO C



Matriz: Km. 6 1/2 Ma a la Costa,
 Edificio GRACE Calles: piso 3
 Guayaquil - Ecuador
 Tel: (593) 3727319

Factura No. 063-999-002537959
 No Autorización 0609202101096889902000120939990025379590347058610
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión NORMAL
 Fecha de autorización 2021/SEP/06

No. de Control: 148462816-16
 Valor a pagar: 47.302.04

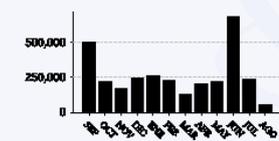
INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR Fecha de Emisión: 2021/SEP/06 Fecha de Vencimiento: 2021/SEP/23

SUMINISTRO: 1484628-K EP PETROECUADOR
 Código Único Eléctrico Nacional: 1601484628 Cédula / R.U.C.: 1768153530001
 Dirección servicio: TOTALIZADOR FAX 28 FRENTE AL PORTICO S/E LA LIBERTAD
 Plan/Geocódigo: 82 95-51-017-0010 Tarifa: INDUST.DEMANDA CON REGISTRADOR
 Provincia - Cantón - Parroquia: SANTA ELENA - LA LIBERTAD - LA LIBERTAD
 Dirección notificación: DOMICILIO

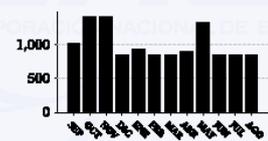
1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
 Medidor: 311922457-ITR-AT Desde: 2021/AGO/02 Hasta: 2021/SEP/02 Dias Facturados: 30 Tipo Consumo: TOMADA
 Factor de multiplicación: 1050 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 0,950 Penalización FP: 0,000 Constante: 1

| Descripción | LECTURAS | | | | Valores |
|-------------|----------|----------|---------|-------|-----------|
| | Actual | Anterior | Consumo | Unid. | |
| Eng. Activa | 17141.00 | 16658.00 | 507150 | kWh | 46,808.22 |
| E. Reactiva | 6071.00 | 5921.00 | 157500 | kWh | 0.00 |
| D. Cliente | 0.97 | 0.73 | 1018 | kWh | 0.00 |

Consumos



Demanda facturada



1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG

| | |
|--|-----------------|
| CONSUMO | 41,923.80 |
| DEMANDA | 4,881.01 |
| COMERCIALIZACION | 1.41 |
| SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): | 46808.22 |
| ALUMBRADO PÚBLICO: | 75.82 |
| SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): | 75.82 |

1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG

| | |
|--|------------------|
| SUBTOTAL OTROS: | 0.00 |
| TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): | 46,882.04 |

2. VALORES PENDIENTES

| CONCEPTO | VALOR |
|-------------------------------|-------|
| TOTAL VALORES PENDIENTES (2): | 0.00 |

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO

ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

| CONCEPTO | VALOR |
|--|-------|
| RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3): | 0.00 |

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO

| | |
|-------------------------|-------------|
| Cocción y calentamiento | 0.00 |
| Tarifa de dignidad | 0.00 |
| Total | 0.00 |

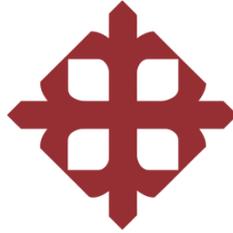


| TOTAL | |
|---|------------------|
| Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1) | 46,882.04 |
| Valores Pendientes (2) | 0.00 |
| Recaudación Terceros SE (3) | 0.00 |
| TOTAL SECTOR ELECTRICO (A) (1+2+3) | 46,882.04 |

Clave acceso



La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

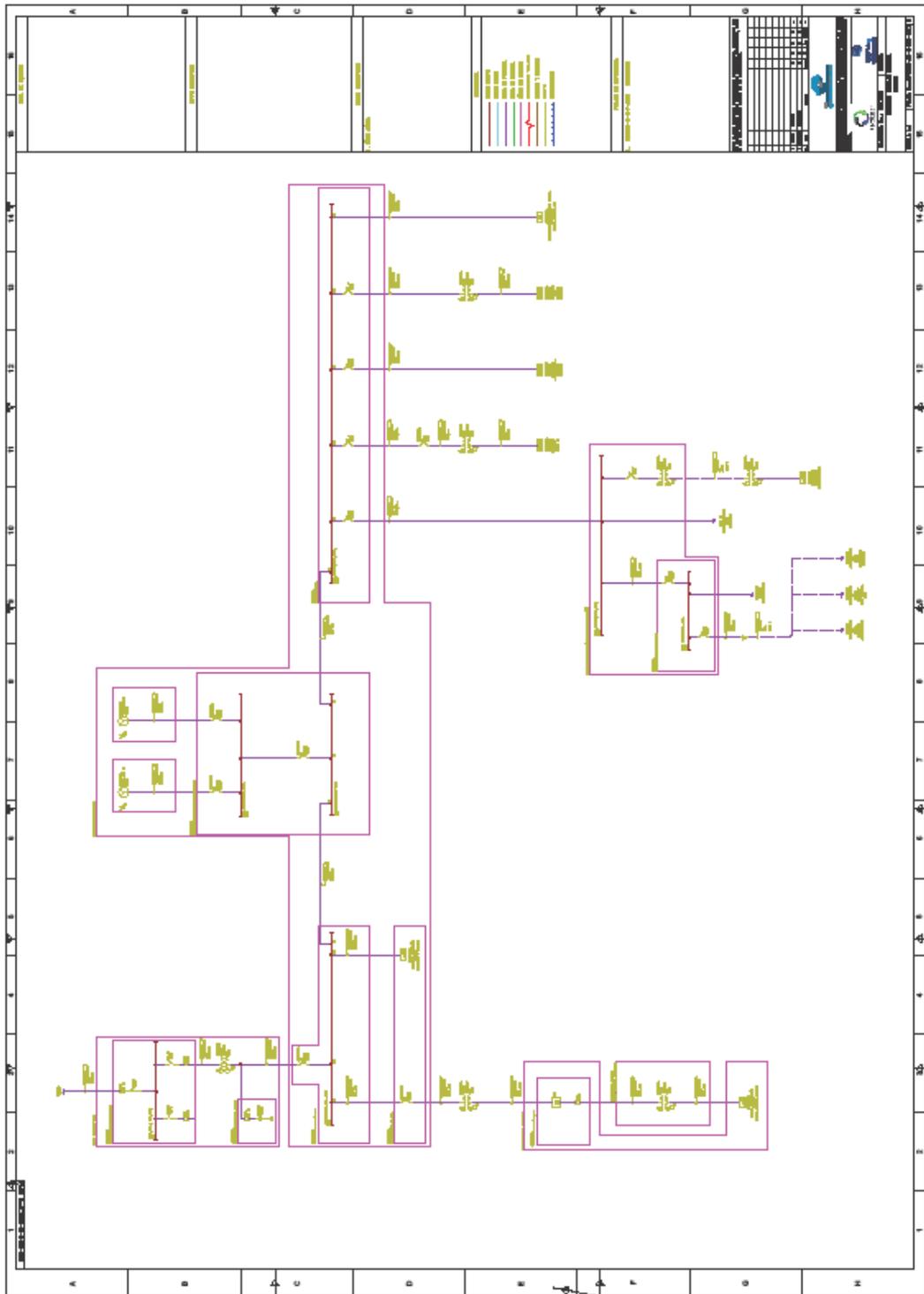


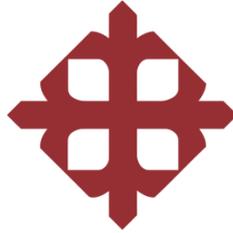
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

Diagrama Unifilar de la Planta Cautivo

ANEXO D





UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

Certificado de Calibración del Analizador
de Calidad de Energía

ANEXO E

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Número de Certificado: LMEL21697PQA

DATOS DEL CLIENTE

Nombre: EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD
Dirección: La Libertad, Cda. Las Acacias Av. El Bombero km 6,5 vía a La Costa.
Representante: _____
Teléfono: 095 978 5322

INSTRUMENTO BAJO PRUEBA

Descripción: POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER
Marca: FLUKE
Modelo: 435 SERIES II
Serie: 25323107
Código: 104643
Sonda Fluke i430-FLEXI-TF Serie: 240310068-261401, 240210277-261401, 240220060-261401, 240310067-261401
Fecha de recepción: 2021-10-28

PROCEDIMIENTO UTILIZADO: PR-LMEL-02

CONDICIONES AMBIENTALES

Lugar de Calibración: LABORATORIO
Temperatura ambiente: 20 °C ± 5 °C
Humedad Relativa: 50 %HR ± 20 %HR

FECHA DE CALIBRACIÓN

Inicio de Calibración: 2021-10-29
Fin de Calibración: 2021-10-29
Próxima Calibración: _____
Fecha de Emisión: 2021-11-03
Núm. de días de Calibración: 01 día

INSTRUMENTO PATRÓN UTILIZADO

| | | |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Descripción: | PRECISION MULTI PRODUCT CALIBRATOR | AMP AC/DC CLAMP COIL ADAPTER |
| Marca: | TRANSMILLE | TRANSMILLE |
| Modelo: | 3041A | EA002 |
| Serie: | L1395A16 | 111657A16 |
| Núm. Certificado: | LMEL21018PMC | 41083 |
| Fecha de Cal: | 2021-01-09 | 2021-02-19 |
| F. de próx. Cal: | 2022-01-09 | 2023-02-19 |

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CALIBRACIÓN

Todas las incertidumbres declaradas en este certificado de calibración son expresadas para un factor de cobertura $k=2$ (aproximadamente 95,45 % de probabilidad de cobertura, ó nivel de confianza asumiendo distribución normal) de acuerdo a la G.U.M. La calibración ha considerado entre otras las siguientes fuentes de incertidumbre: Instrumento Patrón, Sistema de Calibración, Repetibilidad y Resoluciones de las mediciones del instrumento bajo prueba.

Los resultados de este Certificado de Calibración son válidos únicamente para el instrumento indicado y bajo las condiciones de referencia declaradas.

Las mediciones realizadas por nuestro laboratorio se basan en patrones de referencia que mantienen trazabilidad a Laboratorios Nacionales y Laboratorios acreditados bajo la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2018, se utilizan procedimientos desarrollados por la Compañía METASDELECUADOR CÍA. LTDA.

Este certificado de calibración no debe ser copiado parcialmente, solo en su totalidad, con las firmas del personal responsable de la Compañía METASDELECUADOR CÍA. LTDA.

La trazabilidad del laboratorio de la Compañía METASDELECUADOR CÍA. LTDA. Está disponible para el cliente si lo requiere.

El intervalo de calibración (Intervalo de confirmación metrológica) del instrumento es responsabilidad del cliente.





CONTRIBUYENDO AL SISTEMA DE CALIDAD ECUATORIANO

MAGNITUDES ELÉCTRICAS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Número de Certificado: LMEL21697PQA

| Núm. | RANGO (IBP) | REFERENCIA PATRÓN | PROMEDIO (IBP) | CORRECCIÓN | U EXPANDIDA (±) k=2 |
|--|-----------------|-------------------|----------------|------------|---------------------|
| VOLTAJE FASE-NEUTRO (Configuración 3 Ø WYE) | | | | | |
| VOLTAJE DC (AN) | | | | | |
| 1 | 1 000 V | 99,9995 V | 100,10 V | -0,0955 V | 0,0068 V |
| 2 | 1 000 V | 500,0021 V | 500,07 V | -0,0629 V | 0,0077 V |
| 3 | 1 000 V | 900,0019 V | 899,86 V | 0,1469 V | 0,0078 V |
| 4 | 1 000 V | -900,0035 V | -899,75 V | -0,2585 V | 0,0082 V |
| VOLTAJE DC (BN) | | | | | |
| 5 | 1 000 V | 99,9995 V | 99,95 V | 0,0545 V | 0,0068 V |
| 6 | 1 000 V | 500,0021 V | 499,94 V | 0,0671 V | 0,0077 V |
| 7 | 1 000 V | 900,0019 V | 899,73 V | 0,2769 V | 0,0078 V |
| 8 | 1 000 V | -900,0035 V | -899,92 V | -0,0885 V | 0,0082 V |
| VOLTAJE DC (CN) | | | | | |
| 9 | 1 000 V | 99,9995 V | 99,92 V | 0,0845 V | 0,0068 V |
| 10 | 1 000 V | 500,0021 V | 499,83 V | 0,1771 V | 0,0077 V |
| 11 | 1 000 V | 900,0019 V | 899,62 V | 0,3869 V | 0,0078 V |
| 12 | 1 000 V | -900,0035 V | -899,94 V | -0,0685 V | 0,0082 V |
| VOLTAJE AC (AN) | | | | | |
| 13 | 1 000 V a 60 Hz | 100,002 V | 100,01 V | -0,003 V | 0,029 V |
| 14 | 1 000 V a 60 Hz | 499,991 V | 499,77 V | 0,22 V | 0,37 V |
| 15 | 1 000 V a 60 Hz | 899,941 V | 899,53 V | 0,42 V | 0,51 V |
| VOLTAJE AC (BN) | | | | | |
| 16 | 1 000 V a 60 Hz | 100,002 V | 100,01 V | -0,008 V | 0,029 V |
| 17 | 1 000 V a 60 Hz | 499,991 V | 499,81 V | 0,19 V | 0,37 V |
| 18 | 1 000 V a 60 Hz | 899,941 V | 899,56 V | 0,39 V | 0,51 V |
| VOLTAJE AC (CN) | | | | | |
| 19 | 1 000 V a 60 Hz | 100,002 V | 100,02 V | -0,018 V | 0,029 V |
| 20 | 1 000 V a 60 Hz | 499,991 V | 499,80 V | 0,20 V | 0,37 V |
| 21 | 1 000 V a 60 Hz | 899,941 V | 899,55 V | 0,40 V | 0,51 V |
| VOLTAJE FASE-FASE (Configuración 3 Ø DELTA) | | | | | |
| VOLTAJE DC (AB) | | | | | |
| 22 | 1 000 V | 99,9995 V | 100,10 V | -0,0955 V | 0,0068 V |
| 23 | 1 000 V | 500,0021 V | 500,07 V | -0,0679 V | 0,0069 V |
| 24 | 1 000 V | 900,0019 V | 899,87 V | 0,1369 V | 0,0078 V |
| 25 | 1 000 V | -900,0035 V | -899,69 V | -0,3185 V | 0,0082 V |
| VOLTAJE DC (BC) | | | | | |
| 26 | 1 000 V | 99,9995 V | 100,06 V | -0,0555 V | 0,0068 V |
| 27 | 1 000 V | 500,0021 V | 500,02 V | -0,0129 V | 0,0077 V |
| 28 | 1 000 V | 900,0019 V | 899,85 V | 0,1569 V | 0,0078 V |
| 29 | 1 000 V | -900,0035 V | -899,74 V | -0,2635 V | 0,0075 V |

Dirección: Av. Guayanay Ñan Oe3-121 y General Gallardo, (Sector Quitumbe), Telf: 023 660 700 / 097 9673068

e-mail: atencionalcliente@calibraciones-metas.com / www.calibraciones-metas.com

F-CAL-ATSG-01-2

Página: 2 de 4



CONTRIBUYENDO AL SISTEMA DE CALIDAD ECUATORIANO

MAGNITUDES ELÉCTRICAS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Número de Certificado: LMEL21697PQA

| Núm. | RANGO (IBP) | REFERENCIA PATRÓN | PROMEDIO (IBP) | CORRECCIÓN | U EXPANDIDA (±) k=2 |
|---|-----------------|-------------------|----------------|------------|---------------------|
| CORRIENTE AC FLUKE i430-FLEXI-TF Serie: 240310067-261401 (CANAL N) | | | | | |
| 59 | 6 000 A a 60 Hz | 100,00 A | 100,0 A | 0,00 A | 0,26 A |
| 60 | 6 000 A a 60 Hz | 500,00 A | 500,3 A | -0,3 A | 1,6 A |
| 61 | 6 000 A a 60 Hz | 1 000,00 A | 1 000,8 A | -0,8 A | 2,7 A |
| 62 | 6 000 A a 60 Hz | 1 500,00 A | 1 501,9 A | -1,9 A | 3,7 A |
| CORRIENTE FASE-FASE (Configuración 3 Ø DELTA) | | | | | |
| CORRIENTE AC FLUKE i430-FLEXI-TF Serie: 240310068-261401 (CANAL A) | | | | | |
| 63 | 6 000 A a 60 Hz | 100,00 A | 100,0 A | -0,01 A | 0,27 A |
| 64 | 6 000 A a 60 Hz | 500,00 A | 500,3 A | -0,3 A | 1,6 A |
| 65 | 6 000 A a 60 Hz | 1 000,00 A | 1 000,9 A | -0,9 A | 2,7 A |
| 66 | 6 000 A a 60 Hz | 1 500,00 A | 1 502,3 A | -2,3 A | 3,7 A |
| CORRIENTE AC FLUKE i430-FLEXI-TF Serie: 240210277-261401 (CANAL B) | | | | | |
| 67 | 6 000 A a 60 Hz | 100,00 A | 100,2 A | -0,21 A | 0,27 A |
| 68 | 6 000 A a 60 Hz | 500,00 A | 500,5 A | -0,5 A | 1,6 A |
| 69 | 6 000 A a 60 Hz | 1 000,00 A | 1 000,9 A | -0,9 A | 2,7 A |
| 70 | 6 000 A a 60 Hz | 1 500,00 A | 1 502,5 A | -2,5 A | 3,7 A |
| CORRIENTE AC FLUKE i430-FLEXI-TF Serie: 240220060-261401 (CANAL C) | | | | | |
| 71 | 6 000 A a 60 Hz | 100,00 A | 100,5 A | -0,51 A | 0,27 A |
| 72 | 6 000 A a 60 Hz | 500,00 A | 502,1 A | -2,1 A | 1,6 A |
| 73 | 6 000 A a 60 Hz | 1 000,00 A | 1 004,1 A | -4,1 A | 2,7 A |
| 74 | 6 000 A a 60 Hz | 1 500,00 A | 1 508,0 A | -8,0 A | 3,7 A |
| CORRIENTE AC FLUKE i430-FLEXI-TF Serie: 240310067-261401 (CANAL C) | | | | | |
| 75 | 6 000 A a 60 Hz | 100,00 A | 100,2 A | -0,21 A | 0,27 A |
| 76 | 6 000 A a 60 Hz | 500,00 A | 500,9 A | -0,9 A | 1,6 A |
| 77 | 6 000 A a 60 Hz | 1 000,00 A | 1 002,2 A | -2,2 A | 2,7 A |
| 78 | 6 000 A a 60 Hz | 1 500,00 A | 1 504,6 A | -4,6 A | 3,7 A |

| | | |
|--------------------------------------|--------|--|
| Declaración de la conformidad | | Regla de decisión: Corrección ≤ EMP (Exactitud). Los puntos que no cumplan con la regla de decisión serán marcados con (@). |
| Cliente | | |
| SI () | NO (X) | Legenda: EMP= Error máximo permitido IBP= Instrumento bajo prueba |

Calibrado:

Téc. José Inuca Ch.

Técnico de Laboratorio TLB.



Aprobado:

Téc. Darwin Lalangui C.

Jefe de Área Técnica JAT.

Dirección: Av. Guayanay Ñan Oe3-121 y General Gallardo, (Sector Quitumbe), Telf: 023 660 700 / 097 9673068

e-mail: atencionalcliente@calibraciones-metas.com / www.calibraciones-metas.com

F-CAL-ATSG-01-2

Página: 4 de 4



CONTRIBUYENDO AL SISTEMA DE CALIDAD ECUATORIANO

MAGNITUDES ELÉCTRICAS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Número de Certificado: LMEL21697PQA

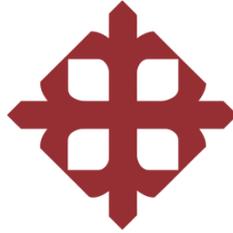
| Núm. | RANGO (IBP) | REFERENCIA PATRÓN | PROMEDIO (IBP) | CORRECCIÓN | U EXPANDIDA (±) k=2 |
|---|-----------------------|-------------------|----------------|------------|---------------------|
| VOLTAJE DC (CA) | | | | | |
| 30 | 1 000 V | 99,9995 V | 100,10 V | -0,0955 V | 0,0070 V |
| 31 | 1 000 V | 500,0021 V | 500,09 V | -0,0879 V | 0,0069 V |
| 32 | 1 000 V | 900,0019 V | 899,92 V | 0,0869 V | 0,0078 V |
| 33 | 1 000 V | -900,0035 V | -899,63 V | -0,3785 V | 0,0082 V |
| VOLTAJE AC (AB) | | | | | |
| 34 | 1 000 V a 60 Hz | 100,002 V | 100,00 V | 0,007 V | 0,029 V |
| 35 | 1 000 V a 60 Hz | 499,991 V | 499,76 V | 0,24 V | 0,37 V |
| 36 | 1 000 V a 60 Hz | 899,941 V | 899,54 V | 0,41 V | 0,51 V |
| VOLTAJE AC (BC) | | | | | |
| 37 | 1 000 V a 60 Hz | 100,002 V | 100,01 V | -0,008 V | 0,029 V |
| 38 | 1 000 V a 60 Hz | 499,991 V | 499,79 V | 0,21 V | 0,37 V |
| 39 | 1 000 V a 60 Hz | 899,941 V | 899,53 V | 0,42 V | 0,51 V |
| VOLTAJE AC (CA) | | | | | |
| 40 | 1 000 V a 60 Hz | 100,002 V | 100,02 V | -0,018 V | 0,029 V |
| 41 | 1 000 V a 60 Hz | 499,991 V | 499,81 V | 0,19 V | 0,37 V |
| 42 | 1 000 V a 60 Hz | 899,941 V | 899,59 V | 0,36 V | 0,51 V |
| FRECUENCIA (Configuración 3 Ø WYE) | | | | | |
| 43 | 42,5 Hz a 69 Hz / 5 V | 49,998 Hz | 49,999 Hz | -0,001 Hz | 0,091 Hz |
| 44 | 42,5 Hz a 69 Hz / 5 V | 59,998 Hz | 59,999 Hz | -0,001 Hz | 0,091 Hz |
| FRECUENCIA (Configuración 3 Ø DELTA) | | | | | |
| 45 | 42,5 Hz a 69 Hz / 5 V | 49,998 Hz | 49,999 Hz | -0,001 Hz | 0,091 Hz |
| 46 | 42,5 Hz a 69 Hz / 5 V | 59,998 Hz | 60,001 Hz | -0,003 Hz | 0,091 Hz |
| CORRIENTE FASE-NEUTRO (Configuración 3 Ø WYE) | | | | | |
| CORRIENTE AC FLUKE i430-FLEXI-TF Serie: 240310068-261401 (CANAL A) | | | | | |
| 47 | 6 000 A a 60 Hz | 100,00 A | 100,1 A | -0,07 A | 0,27 A |
| 48 | 6 000 A a 60 Hz | 500,00 A | 500,5 A | -0,5 A | 1,6 A |
| 49 | 6 000 A a 60 Hz | 1 000,00 A | 1 000,8 A | -0,8 A | 2,7 A |
| 50 | 6 000 A a 60 Hz | 1 500,00 A | 1 501,7 A | -1,7 A | 3,7 A |
| CORRIENTE AC FLUKE i430-FLEXI-TF Serie: 240210277-261401 (CANAL B) | | | | | |
| 51 | 6 000 A a 60 Hz | 100,00 A | 100,1 A | -0,07 A | 0,27 A |
| 52 | 6 000 A a 60 Hz | 500,00 A | 500,4 A | -0,4 A | 1,6 A |
| 53 | 6 000 A a 60 Hz | 1 000,00 A | 1 000,7 A | -0,6 A | 2,7 A |
| 54 | 6 000 A a 60 Hz | 1 500,00 A | 1 501,7 A | -1,7 A | 3,7 A |
| CORRIENTE AC FLUKE i430-FLEXI-TF Serie: 240220060-261401 (CANAL C) | | | | | |
| 55 | 6 000 A a 60 Hz | 100,00 A | 100,6 A | -0,57 A | 0,27 A |
| 56 | 6 000 A a 60 Hz | 500,00 A | 502,9 A | -2,9 A | 1,6 A |
| 57 | 6 000 A a 60 Hz | 1 000,00 A | 1 004,6 A | -4,6 A | 2,7 A |
| 58 | 6 000 A a 60 Hz | 1 500,00 A | 1 507,8 A | -7,8 A | 3,8 A |

Dirección: Av. Guayanay Ñan Oe3-121 y General Gallardo, (Sector Quitumbe), Telf: 023 660 700 / 097 9673068

e-mail: atencioncliente@calibraciones-metas.com / www.calibraciones-metas.com

F-CAL-ATSG-01-2

Página: 3 de 4



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

Permiso de trabajo y Análisis de riesgo de tarea para instalación del Analizador de Calidad de Energía en el PCC1

ANEXO F



14421

| 4.7 TRABAJO DE IZAJE | | 4.8 TRABAJO DE EXCAVACIÓN | |
|-----------------------------|--|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha llenado el Plan de izaje? | <input type="checkbox"/> NO | Excavación Manual _____ Grados |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha lista de verificación de inspección de grúas? | <input type="checkbox"/> NO | Excavación Mecánica _____ Grados |
| <input type="checkbox"/> NO | Ubicación de los paros de emergencia | <input type="checkbox"/> NO | Requiere entibamiento |
| <input type="checkbox"/> NO | Delimitación del área de izaje | <input type="checkbox"/> NO | Angulo del Talud |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Carga a levantar dentro del rango de operación? | <input type="checkbox"/> NO | Profundidad de Excavación _____ m |
| | Cap. Equipo _____ (Toneladas) | <input type="checkbox"/> NO | Ancho de la excavación _____ m |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Operador con Certificación? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Demarcación con cintas y letreros para día y noche? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Equipo y accesorios con Certificación? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se dispone de planos de instalaciones subterráneas? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha llenado la lista de verificación de preizaje? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Presencia de cables de suministro eléctrico? |
| | | <input type="checkbox"/> NO | ¿Trabajo en áreas públicas o vías? |
| | | <input type="checkbox"/> NO | ¿Presencia de construcciones adoñas? |
| | | <input type="checkbox"/> NO | ¿Hay ventilación natural en la excavación? |
| | | <input type="checkbox"/> NO | ¿Requiere personal para control de tránsito? |
| | | <input type="checkbox"/> NO | ¿Iluminación para trabajos nocturnos? |
| | | <input type="checkbox"/> NO | ¿Ropa de alta visibilidad? |
| | | <input type="checkbox"/> NO | ¿Accesos por escaleras o rampas? |

| 4.9 TRABAJO EN FRÍO | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se realiza trabajo en instalaciones de circulación de fluidos? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere línea de aire? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿El trabajo se realiza en equipos clase A? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere herramienta antichispa? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se realiza trabajo de trasvase de líquidos corrosivos o tóxicos? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere iluminación a prueba de explosión? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿El equipo está libre de productos tóxicos? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Válvulas bloqueadas? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Área limpia de combustible? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se colocaron juntas ciegas? |
| | | <input type="checkbox"/> NO | ¿El equipo debe estar fuera de operación? |
| | | <input type="checkbox"/> NO | ¿Limpieza con aire, agua o vapor? |
| | | <input type="checkbox"/> NO | ¿Herramientas manuales en buen estado? |
| | | <input type="checkbox"/> NO | ¿Herramientas eléctricas en buen estado? |

Equipo Clase A: los que contienen o han contenido productos tóxicos, inflamables o nocivos para la salud

| 5. PERSONAS AUTORIZADAS PARA LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO | | | |
|---|-------|--------|-------|
| NOMBRE | FIRMA | NOMBRE | FIRMA |
| 1. <u>William Vire Kober</u> | | 7.- | |
| 2. <u>Jose Chavez</u> | | 8.- | |
| 3. <u>Sharon Rn</u> | | 9.- | |
| 4.- | | 10.- | |
| 5.- | | 11.- | |
| 6.- | | 12.- | |

Con mi firma confirmo que he comprendido los riesgos del trabajo a realizar, estoy capacitado para hacerlo y que mantendré las medidas de seguridad definidas durante la duración de todo el trabajo

| 6. FIRMAS DE AUTORIZACIÓN | | | |
|---------------------------|-------|---------------------|-------|
| EJECUTANTE | | APROBADOR | |
| NOMBRE | FIRMA | NOMBRE | FIRMA |
| <u>William Vire</u> | | <u>Hester Pagan</u> | |

Para trabajos en locaciones remotas o áreas de derecho de vía, bastará con la firma del EJECUTANTE

35601
 H 35224
 2022-01-22
 09h00

Con mi firma confirmo que he revisado todos los puntos descritos en los numerales anteriores y que se encuentran adecuados para realizar el trabajo

| 7. VERIFICACIÓN POSTERIOR AL TRABAJO (Realizar hasta 30 min después de terminado el trabajo) | | 9. INFORMACIÓN DE EMERGENCIA | |
|--|---|--|---------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> SI | Equipos de trabajo retirados | <input checked="" type="checkbox"/> SI | ¿Se retiraron los bloqueos? |
| <input checked="" type="checkbox"/> SI | Condiciones de seguridad óptimas para reinicio de operaciones | <input checked="" type="checkbox"/> NO | ¿Se colocaron bloqueos a largo plazo? |
| <input checked="" type="checkbox"/> SI | Área de trabajo ordenada y limpia | No. Tarjeta a largo plazo | |
| <input checked="" type="checkbox"/> SI | No existe fuentes de ignición | Hora de verificación: | |
| | | | |

En caso de conatos de incendio, derrame de productos químicos proceder en función de las políticas impartidas por el Responsable de la Instalación.
 En caso de emergencias médicas activar Plan de Primeros Auxilios y Notificar a Salud Ocupacional

| 8. CANCELACIÓN DEL PERMISO DE TRABAJO | | | |
|---------------------------------------|-------|-----------------------|-------|
| EJECUTANTE | | APROBADOR / SSA | |
| NOMBRE | FIRMA | NOMBRE | FIRMA |
| <u>William Vire</u> | | <u>KLEVER NARVAEZ</u> | |

Motivo de la cancelación: _____ Trabajo concluido: SI NO
 Hora: _____

SI ALGUNA DE LAS CONDICIONES NO SE MANTIENEN ES NECESARIO LEVANTAR UN NUEVO PERMISO DE TRABAJO.



FORMATO: SSA.08.02.PR.01.FO.01 (V04)
ANÁLISIS DE RIESGO TAREA (A.R.T.)

Acta de Aprobación N° 00546 Fecha: 24/04/2019

PT #144 21. T
#35224
2022-01-22
09400

1. ANÁLISIS DE RIESGO TAREA (ART)

1.1 DATOS DE EJECUCIÓN

N° A.R.T. 1442

N° Orden de Trabajo / N° Contrato 2020044

FECHA DE ELABORACIÓN: 22/01/2022

EJECUTOR: EP PETROEQUADOR CONTRATISTA

NOMBRE DE LA CONTRATISTA:

SITIO OPERATIVO / ADMINISTRATIVO: REFINERÍA LA LIBERTAD

ÁREA / PLANTA: PLANTA CAUTIVO

EQUIPO:

TRABAJO A REALIZAR: INSTALACIÓN DE ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA Y GENERACIÓN ELÉCTRICA

1.2 Análisis del trabajo a realizar

| No. | I.- DESCRIPCIÓN DE TAREA | II.- IDENTIFICAR EL PELIGRO | III.- CONSECUENCIAS (RIESGOS) | IV.- MEDIDAS DE CONTROL |
|-----|---|---|---|--|
| 1 | INSPECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO, TRASLADO DE HERRAMIENTAS | CAIDA AL MISMO NIVEL | CAIDAS, RESBALONES, TROPEZONES, GOLPES. | 1. CONCENTRACIÓN EN EL TRABAJO. 2. USO DE EPP BÁSICO: GUANTES, DE BAJA TENSIÓN. |
| 2 | | | | |
| 3 | COMPROBACIÓN DE AUSENCIA DE VOLTAJE | FÍSICO: CONTACTO ELÉCTRICO DIRECTO O INDIRECTO. | QUEMADURAS POR CHOQUE ELÉCTRICO, ELECTROUCIÓN | 1. VERIFICAR EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (EXTENSIONES). 2. ENERGIZAR EQUIPOS Y QUITAR BLOQUEOS. 3. USO DE GUANTES DIELECTRICOS. |
| 4 | | | | |
| 5 | INSTALACIÓN DE ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA GENERACIÓN ELÉCTRICA. | FÍSICO: CONTACTO ELÉCTRICO DIRECTO O INDIRECTO. | QUEMADURAS POR CHOQUE ELÉCTRICO, ELECTROUCIÓN | 1. VERIFICAR EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (EXTENSIONES). 2. ENERGIZAR EQUIPOS Y QUITAR BLOQUEOS. |
| 6 | | MECÁNICO: GOLPES CON HERRAMIENTAS MANUALES OBJETOS INMOVILES | GOLPES, TRAUMATISMOS, CONTUSIONES. | 1. CONCENTRACIÓN EN EL TRABAJO. 2. USO DE EPP BÁSICO: GUANTES. 3. VERIFICAR ESTADO Y CONDICIONES DE HERRAMIENTAS. |
| 7 | | FÍSICO: CAIDAS DE PERSONAS DE MISMO NIVEL. | CAIDAS, RESBALONES, TROPEZONES, GOLPES. | 1. CONCENTRACIÓN EN EL TRABAJO. 2. USO DE EPP BÁSICO: GUANTES, DE BAJA TENSIÓN 3. USO DE VOLTIMETRO. |
| 8 | | | | |
| 9 | PRUEBAS DE ANALIZADOR | FÍSICO: CONTACTO ELÉCTRICO DIRECTO O INDIRECTO. | QUEMADURAS POR CHOQUE ELÉCTRICO, ELECTROUCIÓN | 1. VERIFICAR EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (EXTENSIONES). 2. ENERGIZAR EQUIPOS Y QUITAR BLOQUEOS. 3. USO DE GUANTES DIELECTRICOS. |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | LIMPIEZA DEL ÁREA DE TRABAJO | CAIDA AL MISMO NIVEL | CAIDAS, RESBALONES, TROPEZONES, GOLPES. | ORDEN Y LIMPIEZA EN EL ÁREA DE TRABAJO |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |

1.3 Equipos de seguridad y Elementos de Protección Individual Requeridos

a) Elementos Protección Individual

Casco Protección auditiva Protección Facial
 Guantes Calzado de seguridad Protección respiratoria
 Gafas Ropa de trabajo Otros

b) Equipos de seguridad

Señalización de seguridad
 Equipo de control de incendios
 Bloqueo y etiquetado de equipos

1.4 FIRMAS DE AUTORIZACIÓN

EJECUTANTE: *William Pine* (NOMBRE) *[Firma]* (FIRMA)
 RESPONSABLE DEL TRABAJO (solo Contratista)
 APROBADOR: *[Firma]* (NOMBRE) *[Firma]* (FIRMA)
 REVISOR DEL TRABAJO (solo Contratista)

PERMISO DE TRABAJO

¿SE REQUIERE?
 SI NO

VERIFICACIÓN DE ART POR CAMBIO DE TURNO

APROBADOR

Con mi firma confirmo que he revisado todos los puntos descritos en los números anteriores y que se encuentran adecuados para realizar el trabajo

2. TRABAJADORES INVOLUCRADOS EN LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO

| NOMBRE | CÉDULA | FIRMA | NOMBRE | CÉDULA | FIRMA |
|-----------------|----------|---------|--------|--------|-------|
| 1. William Pine | 09214067 | [Firma] | 6. | | |
| 2. Jose Chavez | 36222 | [Firma] | 7. | | |
| 3. Juana Lk | 09161005 | [Firma] | 8. | | |
| 4. | | | 9. | | |
| 5. | | | 10. | | |

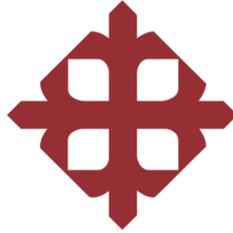
Con mi firma confirmo que he recibido la socialización de la información descrita en el numeral 1.2

INSTRUCCIONES GENERALES:

1. Las actividades operacionales que no cuenten con procedimientos específicos de trabajo o no sean rutinarias se deben elaborar un ART
 2. Previo a la realización de todo trabajo de Contratistas se debe disponer del ART aprobado.

3. Para trabajos de Contratistas, el Administrador/Fiscalizador del proyecto o su delegado, cumplirá las funciones del Revisor.
 4. El documento no es válido si no contienen todas las firmas correspondientes (tener en cuenta el son contratistas).
 5. Al inicio de cada jornada laboral el Ejecutante difundirá a todos los trabajadores, los riesgos asociados a las tareas descritas en el ART y las medidas de prevención requeridas, los trabajadores deberán firmar para validar el documento
 6. Este documento no debe tener tachaduras o emendaduras, en caso de adulteración de firmas o participante de las tareas, se aplicará las sanciones respectivas.

Impreso por duplicado / Original: Ejecutante / Copia: Aprobador / Copia: SSA
 Subgerencia de Seguridad, Salud y Ambiente



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

Permiso de trabajo y Análisis de riesgo de tarea para instalación del Analizador de Calidad de Energía en el PCC2

ANEXO G



FORMATO: SSA.03.02.PR.04.FO.01 (v04)
 PERMISO DE TRABAJO

Acta No.

N° PERMISO DE TRABAJO

14483

N° A.R.T. EVALUADO

14483

1.1 DATOS DE EJECUCIÓN

FECHA: 12/02/2022 HORA INICIO: 8:30 HORA DE FIN: 16:00 EJECUTOR: EP PETROECUADOR CONTRATISTA NOMBRE DE LA CONTRATISTA:

SITIO OPERATIVO: RLL

TRABAJO A REALIZAR: INSTALACIÓN DE ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA

ÁREA/PLANTA/EQUIPO: PLANTA CAUTIVO

1.2 EXTENSIÓN DEL PERMISO DE TRABAJO

| FECHA | HORA | FIRMA APROBADOR |
|-------|------|-----------------|
| | | |

Nota: Selección con: SI o No

2. TIPOS DE TRABAJO

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> SI Trabajo en Caliente | <input type="checkbox"/> NO Trabajo en Atmosferas Peligrosas o Inflamables |
| <input type="checkbox"/> SI Trabajos Eléctricos | <input type="checkbox"/> NO Trabajo de Izaje |
| <input type="checkbox"/> NO Trabajo en Altura | <input type="checkbox"/> NO Trabajos en Excavaciones |
| <input type="checkbox"/> NO Trabajos en espacios confinados | <input type="checkbox"/> NO Trabajos en Frio |
| <input type="checkbox"/> NO Otro (Especificar): | |

3. INFORMACIÓN DE GESTIÓN DE QUÍMICOS Y DESECHOS

| PELIGROSO | | NO PELIGROSO | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> NO Corrosivo | <input type="checkbox"/> NO Reactivo | <input type="checkbox"/> Reciclabre | <input type="checkbox"/> NO No reciclable |
| <input type="checkbox"/> NO Explosivo | <input type="checkbox"/> NO Tóxico | ESPECIALES | |
| <input type="checkbox"/> NO Inflamable | <input type="checkbox"/> NO Biológico | <input type="checkbox"/> NO Escombros | <input type="checkbox"/> NO Neumáticos |
| | | <input type="checkbox"/> NO Chatarra | <input type="checkbox"/> SI Electrónicos |

4. VERIFICACIÓN ANTES DE INICIAR EL TRABAJO

4.1 PRECAUCIONES GENERALES

| | |
|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Trabajos con equipos en operación? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Personal responsable del Área notificado? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Vías de escape identificadas y libres de obstáculos? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Área señalizada y protegida? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Personal recibió inducción de seguridad? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere Equipo de Rescate? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere Verificación de Atmosferas inflamables? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Personal competente en el trabajo a realizar? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere Equipos con tarjeta de bloqueo? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Los equipos de medición de gases están Calibrados? |

Uso de Elementos Protección Personal

| | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> SI Casco | <input type="checkbox"/> SI Protección auditiva |
| <input type="checkbox"/> SI Guantes | <input type="checkbox"/> SI Calzado punta de acero |
| <input type="checkbox"/> SI Gafas | <input type="checkbox"/> NO Pantalla Facial |
| <input type="checkbox"/> SI Mascarilla | <input type="checkbox"/> NO Arnés y líneas de vida |
| <input type="checkbox"/> NO Otros | |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere supervisión permanente? |

Monitoreo de atmósferas (Responsable SSA)

| HORA | OXIGENO 19.5-23.5% | L.E.L., < 0-5% | H2S < 1 ppm | CO < 25 ppm | OTRO: TWA* |
|------|--------------------|----------------|-------------|-------------|------------|
| | | | | | |

Nombre Firma

4.2 TRABAJO EN CALIENTE

| | |
|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Sistema contra incendios disponible y operativo? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Extintor de incendios disponible y operativo? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Equipos de soldadura en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Material combustible retirado o protegido? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Pisos humedecidos o protegidos (cuando aplica)? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Monitoreo de Atmosferas inflamables? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Canaletas, trincheras, ductos protegidos? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Pantallas y protecciones para chispas colocadas? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿El equipo está aislado con válvulas o juntas ciegas? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Áreas sin materiales combustibles? |

4.3 TRABAJOS ELÉCTRICOS

| | |
|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Trabajo con tensión? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Circuitos vivos protegidos o identificados? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Interruptores principales bloqueados y etiquetados? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Herramientas especiales disponibles y en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿EPP especiales disponibles y en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Técnico con certificación? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Equipo contra incendios Tipo C disponible? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Procedimiento de reconexión? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Equipo para medir corriente y voltaje disponible y en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Los equipos se encuentran conectados a tierra o con circuitos ICTF? |

4.4 TRABAJO EN ALTURA

| | |
|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha llenado la Lista de Chequeo de andamios? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha llenado la Lista de Chequeo de Escaleras? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha llenado la Lista de Chequeo del Arnés de Seguridad? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Personal tiene EPP de trabajo en altura? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Equipo de Protección personal certificado? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Procedimiento de trabajo en alturas? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Puntos de anclaje revisados? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Personal capacitado para trabajo en altura? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Equipos de izaje apropiados y en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha llenado la Lista de Chequeo de Elevadores Teleoscópicos? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se tiene la aprobación médica de trabajo peligroso? |

4.5 TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS Y/O ATMOSFERAS PELIGROSAS O INFLAMABLES

| | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Espacio confinado purgado y drenado? (líquido) | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere guardia en el exterior? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Espacio confinado ventilado? (gas) | <input type="checkbox"/> NO | ¿EPP de comunicación disponibles y en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Concentración de oxígeno entre 19,5 y 23,5%? (límites seguros) | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere equipo de respiración autónomo? (resul. monitoreo) |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Nivel de explosividad no mayor a 0% del L.E.L.? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Personal cuenta con equipo de respiración con filtros apropiados? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Concentración de gases tóxicos por debajo del TLV? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Iluminación disponible, a prueba de explosión y en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se determino la dirección del viento? Dirección: _____ | <input type="checkbox"/> NO | ¿El equipo está aislado con válvulas o juntas ciegas? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Señalización específica? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Equipos y herramientas a prueba de explosión? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Procedimiento de trabajo en espacios confinados? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se tiene la aprobación médica de trabajo peligroso? |

4.6 BLOQUEO Y ETIQUETADO

| | |
|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere bloqueo de equipos eléctricos? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere bloqueos mecánicos? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se colocaron los bloqueos? |

| # Tarjeta | Aislado por: | Firma |
|-----------|--------------|-------|
| | | |



| 4.7 TRABAJO DE IZAJE | | 4.8 TRABAJO DE EXCAVACIÓN | |
|-----------------------------|--|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha llenado el Plan de izaje? | <input type="checkbox"/> NO | Excavación Manual _____ Grados |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha lista de verificación de inspección de grúas? | <input type="checkbox"/> NO | Excavación Mecánica _____ Grados |
| <input type="checkbox"/> NO | Ubicación de los paros de emergencia | <input type="checkbox"/> NO | Requiere entibamiento |
| <input type="checkbox"/> NO | Delimitación del área de izaje | <input type="checkbox"/> NO | Angulo del Talud |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Carga a levantar dentro del rango de operación? | <input type="checkbox"/> NO | Profundidad de Excavación _____ m |
| | Cap. Equipo _____ (Toneladas) | <input type="checkbox"/> NO | Ancho de la excavación _____ m |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Operador con Certificación? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Demarcación con cintas y letreros para día y noche? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Equipo y accesorios con Certificación? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se dispone de planos de instalaciones subterráneas? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha llenado la lista de verificación de preizaje? | | |

| 4.9 TRABAJO EN FRÍO | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se realiza trabajo en instalaciones de circulación de fluidos? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere línea de aire? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿El trabajo se realiza en equipos clase A? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere herramienta antichispa? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se realiza trabajo de trasvase de líquidos corrosivos o tóxicos? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere iluminación a prueba de explosión? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿El equipo está libre de productos tóxicos? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Válvulas bloqueadas? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Área limpia de combustible? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se colocaron juntas ciegas? |

Equipo Clase A: los que contienen o han contenido productos tóxicos, inflamables o nocivos para la salud

5. PERSONAS AUTORIZADAS PARA LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO

| NOMBRE | FIRMA | NOMBRE | FIRMA |
|-------------------|-----------------------|-----------|-------|
| 1. ANASTACIO CRUZ | <i>Anastacio Cruz</i> | 7. _____ | _____ |
| 2. _____ | _____ | 8. _____ | _____ |
| 3. _____ | _____ | 9. _____ | _____ |
| 4. _____ | _____ | 10. _____ | _____ |
| 5. _____ | _____ | 11. _____ | _____ |
| 6. _____ | _____ | 12. _____ | _____ |

Con mi firma confirmo que he comprendido los riesgos del trabajo a realizar, estoy capacitado para hacerlo y que mantendré las medidas de seguridad definidas durante la duración de todo el trabajo

6. FIRMAS DE AUTORIZACIÓN

| EJECUTANTE | APROBADOR |
|--|---|
| NOMBRE: <i>Enrique P...</i> FIRMA: <i>[Firma]</i> | NOMBRE: <i>Bepo Quintero</i> FIRMA: <i>[Firma]</i> |

Para trabajos en locaciones remotas o áreas de derecho de vía, bastará con la firma del EJECUTANTE

Con mi firma confirmo que he revisado todos los puntos descritos en los numerales anteriores y que se encuentran adecuados para realizar el trabajo

| | | |
|--|--|--|
| 7. VERIFICACIÓN POSTERIOR AL TRABAJO (Realizar hasta 30 min después de terminado el trabajo) <input checked="" type="checkbox"/> Equipos de trabajo retirados <input checked="" type="checkbox"/> Condiciones de seguridad óptimas para reinicio de operaciones <input checked="" type="checkbox"/> Área de trabajo ordenada y limpia <input checked="" type="checkbox"/> No existe fuentes de ignición EJECUTANTE: <i>[Firma]</i> NOMBRE: _____ FIRMA: _____ | <input type="checkbox"/> ¿Se retiraron los bloqueos? <input type="checkbox"/> ¿Se colocaron bloqueos a largo plazo? No. Tarjeta a largo plazo: _____ Hora de verificación: _____ APROBADOR: <i>[Firma]</i> NOMBRE: _____ FIRMA: _____ | 9. INFORMACIÓN DE EMERGENCIA En caso de conatos de incendio, derrame de productos químicos proceder en función de las políticas impartidas por el Responsable de la instalación. En caso de emergencias médicas activar Plan de Primeros Auxilios y Notificar a Salud Ocupacional |
| 8. CANCELACIÓN DEL PERMISO DE TRABAJO EJECUTANTE: _____ APROBADOR / SSA: _____ NOMBRE: _____ FIRMA: _____ NOMBRE: _____ FIRMA: _____ Motivo de la cancelación: _____ Trabajo concluido: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Hora: _____ | | 10. VALIDEZ DEL PERMISO DE TRABAJO Este permiso es válido únicamente: Para las personas, horario, fecha y trabajo a realizar Si se requiere dar continuidad al trabajo descrito por un periodo de tiempo de 8 a 12 horas, de acuerdo a la instalación, de hasta un total de 12 horas incluyendo la revalidación, con el mismo personal y en la misma fecha, se debe cumplir con lo siguiente: -Tener el permiso de trabajo inicial -Verificar que las condiciones de seguridad no hayan sido alteradas -El personal sea el mismo con el que se abrió el P.T. -Realizar el monitoreo de atmósferas nuevamente. -Las Herramientas sean las mismas con las que se solicitó el PT SI ALGUNA DE LAS CONDICIONES NO SE MANTIENEN ES NECESARIO LEVANTAR UN NUEVO PERMISO DE TRABAJO. |



FORMATO: SSA.08.02.PR.01.FO.01 (V04)
ANÁLISIS DE RIESGO TAREA (A.R.T.)

Acta de Aprobación N° 00546 Fecha: 24/04/2019

33458
77-14483
C/E

1. ANÁLISIS DE RIESGO TAREA (ART)

1.1 DATOS DE EJECUCIÓN

FECHA DE ELABORACIÓN: 12/02/2022
EJECUTOR: EP PETROECUADOR CONTRATISTA
N° A.R.T. 14483 N° Orden de Trabajo / N° Contrato

SITIO OPERATIVO / ADMINISTRATIVO: REFINERÍA LA LIBERTAD ÁREA / PLANTA: PLANTA CAUTIVO EQUIPO:

TRABAJO A REALIZAR: INSTALACIÓN DE ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA EN TRANSFORMADOR DE 1250 KVA.

1.2 Análisis del trabajo a realizar

| No. | I.- DESCRIPCIÓN DE TAREA | II.- IDENTIFICAR EL PELIGRO | III.- CONSECUENCIAS (RIESGOS) | IV.- MEDIDAS DE CONTROL |
|-----|---|---|--|--|
| 1 | INSPECCIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO. | MECÁNICO: CAIDAS DE PERSONAS AL MISMO NIVEL. | CAIDAS, RESBALONES, TROPEZONES, GOLPES. | 1. RESPETAR SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD. 2. CAMINAR POR ZONAS SEGURAS. 3. PRECAUCIÓN Y EVITAR DESNIVELES SITIO DE TRABAJO. |
| 2 | | | | |
| 3 | COMPROBACIÓN DE AUSENCIA DE VOLTAJE | FÍSICO: CONTACTO ELÉCTRICO DIRECTO O INDIRECTO. | QUEMADURAS POR CHOQUE ELÉCTRICO, ELECTROUCIÓN | 1. VERIFICAR EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (EXTENSIONES). 2. ENERGIZAR EQUIPOS Y QUITAR BLOQUEOS. 3. USO DE GUANTES DIELECTRICOS. |
| 4 | | | | |
| 5 | INSTALACIÓN DE ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA | MECÁNICO: GOLPES CON HERRAMIENTAS MANUALES Y OBJETOS INMOVILES | GOLPES, TRAUMATISMOS, CONTUSIONES, CORTES | 1. CONCENTRACIÓN EN EL TRABAJO. 2. USO DE EPP BÁSICO: GUANTES. 3. VERIFICAR ESTADO Y CONDICIONES DE HERRAMIENTAS. |
| 6 | | ERGONÓMICO: SOBRE ESFUERZO FÍSICO, POSTURAS FORZADAS, MOVIMIENTOS REPETITIVOS. | DOLOR LUMBAR, DOLOR DE ESPALDA, FATIGA CORPORAL. | 1. PAUSAS ACTIVAS DE TRABAJO. 2. EJERCICIOS DE RELAJACIÓN ANTIESTRES. 3. ADOPTAR POSTURAS CORRECTAS DE TRABAJO. |
| 7 | | | | |
| 8 | PRUEBAS DEL ANALIZADOR DE ENERGÍA | FÍSICO: CONTACTO ELÉCTRICO DIRECTO O INDIRECTO. | QUEMADURAS POR CHOQUE ELÉCTRICO, ELECTROUCIÓN | 1. VERIFICAR EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (EXTENSIONES). 2. ENERGIZAR EQUIPOS Y QUITAR BLOQUEOS. 3. USO DE GUANTES DIELECTRICOS. |
| 9 | | | | |
| 10 | LIMPIEZA DE ÁREA DE TRABAJO | MECÁNICO: CAIDAS DE PERSONAS AL MISMO NIVEL. | CAIDAS, RESBALONES, TROPEZONES, GOLPES | ORDEN Y LIMPIEZA EN ÁREAS DE TRABAJO. |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |

1.3 Equipos de seguridad y Elementos de Protección Individual Requeridos

a) Elementos Protección Individual

SI Casco NO Protección auditiva NO Protección Facial
 SI Guantes SI Calzado de seguridad SI Protección respiratoria
 NO Gafas SI Ropa de trabajo NO Otros

b) Equipos de seguridad

SI Señalización de seguridad
 SI Equipo de control de incendios
 NO Bloqueo y etiquetado de equipos

1.4 FIRMAS DE AUTORIZACION

EJECUTANTE: [Firma] NOMBRE: [Nombre] FIRMA: [Firma]
RESPONSABLE DEL TRABAJO (solo Contratista)
APROBADOR: [Firma] NOMBRE: [Nombre] FIRMA: [Firma]
REVISOR DEL TRABAJO (solo Contratista): [Firma] NOMBRE: [Nombre] FIRMA: [Firma]

PERMISO DE TRABAJO ¿SE REQUIERE? SI No
VERIFICACIÓN DE ART POR CAMBIO DE TURNO APROBADOR: [Firma] NOMBRE: [Nombre] FIRMA: [Firma]

Con mi firma confirmo que he revisado todos los puntos descritos en los numerales anteriores y que se encuentran adecuados para realizar el trabajo

2. TRABAJADORES INVOLUCRADOS EN LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO

| NOMBRE | CÉDULA | FIRMA | NOMBRE | CÉDULA | FIRMA |
|-------------------|--------|---------|--------|--------|-------|
| 1. ANASTASIO CRUZ | 35057 | [Firma] | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Con mi firma confirmo que he recibido la socialización de la información descrita en el numeral 1.2

INSTRUCCIONES GENERALES:

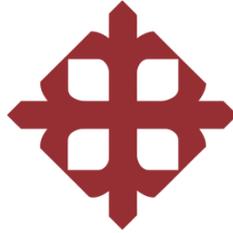
En un ART cada paso básico del trabajo se identifican peligros y riesgos potenciales para determinar la forma más segura de hacer el trabajo.

- Las actividades operacionales que no cuenten con procedimientos específicos de trabajo o no sean rutinarias se deben elaborar un ART
- Previo a la realización de todo trabajo de Contratistas se debe disponer del ART aprobado.

3. Para trabajos de Contratistas, el Administrador/Fiscalizador del proyecto o su delegado, cumplirá las funciones del Revisor:

- El documento no es válido si no contienen todas las firmas correspondientes (tener en cuenta al son contratista).
- Al inicio de cada jornada laboral el Ejecutante difundirá a todos los trabajadores, los riesgos asociados a las tareas descritas en el ART y las medidas de prevención requeridas, los trabajadores deberán firmar para validar el documento
- Este documento no debe tener tachaduras o enmendaduras, en caso de adulteración de firmas o participante de las tareas, se aplicará las sanciones respectivas.

Imprimir por duplicado / Original: Ejecutante / Copia: Aprobador / Copia: SSA
Subgerencia de Seguridad, Salud y Ambiente



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

Permiso de trabajo y Análisis de riesgo de tarea para instalación del Analizador de Calidad de Energía en el PCC3

ANEXO H



FORMATO: SSA.08.02.PR.04.FO.01 (v04)
PERMISO DE TRABAJO

Acta No.

N° PERMISO DE TRABAJO

14520

N° A.R.T. EVALUADO

14520

1.1 DATOS DE EJECUCIÓN

FECHA: 22/02/2022 HORA INICIO: 8:30 HORA DE FIN: 16:00 EJECUTOR: EP PETROECUADOR CONTRATISTA NOMBRE DE LA CONTRATISTA:

SITIO OPERATIVO: RLL

TRABAJO A REALIZAR: INSTALACIÓN DE ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA EN CCM

ÁREA/PLANTA/EQUIPO: PLANTA CAUTIVO

1.2 EXTENSIÓN DEL PERMISO DE TRABAJO

FECHA HORA FIRMA APROBADOR

Nota: Seleccione con: SI o No

2. TIPOS DE TRABAJO

| | | |
|--|---|--|
| | <input type="checkbox"/> SI Trabajo en Caliente | <input type="checkbox"/> NO Trabajo en Atmosferas Peligrosas o Inflamables |
| | <input type="checkbox"/> SI Trabajos Eléctricos | <input type="checkbox"/> NO Trabajo de Izaje |
| | <input type="checkbox"/> NO Trabajo en Altura | <input type="checkbox"/> NO Trabajos en Excavaciones |
| | <input type="checkbox"/> NO Trabajos en espacios confinados | <input type="checkbox"/> NO Trabajos en Frío |
| | <input type="checkbox"/> NO Otro (Especificar): | |

3. INFORMACIÓN DE GESTIÓN DE QUÍMICOS Y DESECHOS

| PELIGROSO | | NO PELIGROSO | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> NO Corrosivo | <input type="checkbox"/> NO Reactivo | <input type="checkbox"/> Reciclabre | <input type="checkbox"/> NO No reciclable |
| <input type="checkbox"/> NO Explosivo | <input type="checkbox"/> NO Tóxico | ESPECIALES | |
| <input type="checkbox"/> NO Inflamable | <input type="checkbox"/> NO Biológico | <input type="checkbox"/> NO Escombros | <input type="checkbox"/> NO Neumáticos |
| | | <input type="checkbox"/> NO Chatarra | <input type="checkbox"/> SI Electrónicos |

4. VERIFICACIÓN ANTES DE INICIAR EL TRABAJO

4.1 PRECAUCIONES GENERALES

| | |
|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Trabajos con equipos en operación? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Personal responsable del Área notificado? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Vías de escape identificadas y libres de obstáculos? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Área señalizada y protegida? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Personal recibió inducción de seguridad? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere Equipo de Rescate? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere Verificación de Atmosferas inflamables? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Personal competente en el trabajo a realizar? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere Equipos con tarjeta de bloqueo? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Los equipos de medición de gases están Calibrados? |

Uso de Elementos Protección Personal

| | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| <input type="checkbox"/> SI | Casco | <input type="checkbox"/> SI | Protección auditiva |
| <input type="checkbox"/> SI | Guantes | <input type="checkbox"/> SI | Calzado punta de acero |
| <input type="checkbox"/> SI | Gafas | <input type="checkbox"/> NO | Pantalla Facial |
| <input type="checkbox"/> SI | Mascarilla | <input type="checkbox"/> NO | Arnés y línea de vida |
| <input type="checkbox"/> NO | Otros | | |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere supervisión permanente? | | |

Monitoreo de atmósferas (Responsable SSA)

| HORA | OXIGENO 19.5-23.5% | L.E.L. < 0.5% | H2S < 1 ppm | CO < 25 ppm | OTRO: TDA: |
|------|-----------------------|------------------|----------------|----------------|---------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Nombre Firma

Nombre Firma

Persona asignada a la Supervisión

Responsable de la medición

4.2 TRABAJO EN CALIENTE

| | |
|-----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Sistema contra incendios disponible y operativo? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Extintor de incendios disponible y operativo? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Equipos de soldadura en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Material combustible retirado o protegido? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Pisos humedecidos o protegidos (cuando aplica)? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Monitoreo de Atmosferas inflamables? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Canaletas, trincheras, ductos protegidos? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Pantallas y protecciones para chispas colocadas? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿El equipo está aislado con válvulas o juntas ciegas? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Áreas sin materiales combustibles? |

4.3 TRABAJOS ELÉCTRICOS

| | |
|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Trabajo con tensión? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Circuitos vivos protegidos o identificados? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Interruptores principales bloqueados y etiquetados? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Herramientas especiales disponibles y en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿EPP especiales disponibles y en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Técnico con certificación? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Equipo contra incendios Tipo C disponible? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Procedimiento de reconexión? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Equipo para medir corriente y voltaje disponible y en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> SI | ¿Los equipos se encuentran conectados a tierra o con circuitos ICFT? |

4.4 TRABAJO EN ALTURA

| | |
|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha llenado la Lista de Chequeo de andamios? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha llenado la Lista de Chequeo de Escaleras? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha llenado la Lista de Chequeo del Arnés de Seguridad? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Personal tiene EPP de trabajo en altura? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Equipo de Protección personal certificado? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Procedimiento de trabajo en alturas? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Puntos de anclaje revisados? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Personal capacitado para trabajo en altura? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Equipos de izaje apropiados y en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se ha llenado la Lista de Chequeo de Elevadores Telescópicos? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se tiene el aprobación médica de trabajo peligroso? |

4.5 TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS Y/O ATMOSFERAS PELIGROSAS O INFLAMABLES

| | | | |
|-----------------------------|--|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Espacio confinado purgado y drenado? (líquido) | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere guardia en el exterior? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Espacio confinado ventilado? (gas) | <input type="checkbox"/> NO | ¿Equipos de comunicación disponibles y en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Concentración de oxígeno entre 19,5 y 23,5% (límites seguros) | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere equipo de respiración autónomo? (resul. monitoreo) |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Nivel de explosividad no mayor a 0% del L.E.L.? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Personal cuenta con equipo de respiración con filtros apropiados? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Concentración de gases tóxicos por debajo del TLV? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Iluminación disponible, a prueba de explosión y en buen estado? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se determino la dirección del viento? Dirección: _____ | <input type="checkbox"/> NO | ¿El equipo está aislado con válvulas o juntas ciegas? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Señalización específica? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Equipos y herramientas a prueba de explosión? |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Procedimiento de trabajo en espacios confinados? | <input type="checkbox"/> NO | ¿Se tiene el aprobación médica de trabajo peligroso? |

4.6 BLOQUEO Y ETIQUETADO

| | | |
|-----------------------------|---|-------|
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere bloqueo de equipos eléctricos? | |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se requiere bloques mecánicos? | |
| <input type="checkbox"/> NO | ¿Se colocaron los bloques? | |
| # Tarjeta | Aislado por: | Firma |
| | | |
| | | |
| | | |



4.7 TRABAJO DE IZAJE

- NO ¿Se ha llenado el Plan de izaje?
- NO ¿Se ha lista de verificación de inspección de grúas?
- NO Ubicación de los paros de emergencia
- NO Delimitación del área de izaje
- NO ¿Carga a levantar dentro del rango de operación?
- Cap. Equipo _____ (Toneladas)
- NO ¿Operador con Certificación?
- NO ¿Equipo y accesorios con Certificación?
- NO ¿Se ha llenado la lista de verificación de preizaje?

4.8 TRABAJO DE EXCAVACIÓN

- NO Excavación Manual _____ Grados
- NO Excavación Mecánica _____ Grados
- NO Requiere entibamiento
- NO Angulo del Talud
- NO Profundidad de Excavación _____ m
- NO Ancho de la excavación _____ m
- NO ¿Demarcación con cintas y letreros para día y noche?
- NO ¿Se dispone de planos de instalaciones subterráneas?

- NO Presencia de cables de suministro eléctrico?
- NO ¿Trabajo en áreas públicas o vías?
- NO ¿Presencia de construcciones aledañas?
- NO ¿Hay ventilación natural en la excavación?
- NO ¿Requiere personal para control de tránsito?
- NO ¿Iluminación para trabajos nocturnos?
- NO ¿Ropa de alta visibilidad?
- NO ¿Accesos por escaleras o rampas?

4.9 TRABAJO EN FRÍO

- NO ¿Se realiza trabajo en instalaciones de circulación de fluidos?
- NO ¿El trabajo se realiza en equipos clase A?
- NO ¿Se realiza trabajo de trasvase de líquidos corrosivos o tóxicos?
- NO ¿El equipo está libre de productos tóxicos?
- NO ¿Área limpia de combustible?

- NO ¿Se requiere línea de aire?
- NO ¿Se requiere herramienta antichispa?
- NO ¿Se requiere iluminación a prueba de explosión?
- NO ¿Válvulas bloqueadas?
- NO ¿Se colocaron juntas ciegas?

- NO ¿El equipo debe estar fuera de operación?
- NO ¿Limpieza con aire, agua o vapor?
- NO ¿Herramientas manuales en buen estado?
- NO ¿Herramientas eléctricas en buen estado?

Equipo Clase A: los que contienen o han contenido productos tóxicos, inflamables o nocivos para la salud

5. PERSONAS AUTORIZADAS PARA LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO

| NOMBRE | FIRMA | NOMBRE | FIRMA |
|-----------|-------|------------|-------|
| 1.- _____ | _____ | 7.- _____ | _____ |
| 2.- _____ | _____ | 8.- _____ | _____ |
| 3.- _____ | _____ | 9.- _____ | _____ |
| 4.- _____ | _____ | 10.- _____ | _____ |
| 5.- _____ | _____ | 11.- _____ | _____ |
| 6.- _____ | _____ | 12.- _____ | _____ |

Con mi firma confirmo que he comprendido los riesgos del trabajo a realizar, estoy capacitado para hacerlo y que mantendré las medidas de seguridad definidas durante la duración de todo el trabajo

6. FIRMAS DE AUTORIZACIÓN

| | | | |
|----------------------|----------------|---------------------|----------------|
| EJECUTANTE | FIRMA | APROBADOR | FIRMA |
| NOMBRE | NOMBRE | NOMBRE | NOMBRE |
| <i>William Pinos</i> | <i>[Firma]</i> | <i>Jose M. Vera</i> | <i>[Firma]</i> |

Para trabajos en locaciones remotas o áreas de derecho de vía, bastará con la firma del EJECUTANTE.

Con mi firma confirmo que he revisado todos los puntos descritos en los numerales anteriores y que se encuentran adecuados para realizar el trabajo

7. VERIFICACIÓN POSTERIOR AL TRABAJO (Realizar hasta 30 min después de terminado el trabajo)

- Equipos de trabajo retirados
- Condiciones de seguridad óptimas para reinicio de operaciones
- Área de trabajo ordenada y limpia
- No existe fuentes de ignición
- ¿Se retiraron los bloqueos?
- ¿Se colocaron bloqueos a largo plazo?
- No. Tarjeta a largo plazo: _____
- Hora de verificación: _____

| | | | |
|----------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| EJECUTANTE | FIRMA | APROBADOR | FIRMA |
| NOMBRE | NOMBRE | NOMBRE | NOMBRE |
| <i>William Pinos</i> | <i>[Firma]</i> | <i>KLEVER NAZAREZ</i> | <i>[Firma]</i> |

8. CANCELACIÓN DEL PERMISO DE TRABAJO

| | | | |
|------------|--------|-----------------|--------|
| EJECUTANTE | FIRMA | APROBADOR / SSA | FIRMA |
| NOMBRE | NOMBRE | NOMBRE | NOMBRE |
| _____ | _____ | _____ | _____ |

Motivo de la cancelación: _____ Trabajo concluido SI NO

Hora: _____

9. INFORMACIÓN DE EMERGENCIA

En caso de conatos de incendio, derrame de productos químicos proceder en función de las políticas impartidas por el Responsable de la Instalación.
 En caso de emergencias médicas activar Plan de Primeros Auxilios y Notificar a Salud Ocupacional

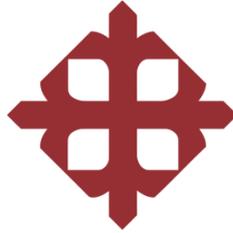
10. VALIDEZ DEL PERMISO DE TRABAJO

Este permiso es válido únicamente:
 Para las personas, horario, fecha y trabajo a realizar

Si se requiere dar continuidad al trabajo descrito por un periodo de tiempo de 8 a 12 horas, de acuerdo a la instalación, de hasta un total de 12 horas incluyendo la revalidación, con el mismo personal y en la misma fecha, se debe cumplir con lo siguiente:

- Tener el permiso de trabajo inicial
- Verificar que las condiciones de seguridad no hayan sido alteradas
- El personal sea el mismo con el que se abrió el P.T.
- Realizar el monitoreo de atmósferas nuevamente.
- Las Herramientas sean las mismas con las que se solicitó el PT

SI ALGUNA DE LAS CONDICIONES NO SE MANTIENEN ES NECESARIO LEVANTAR UN NUEVO PERMISO DE TRABAJO.

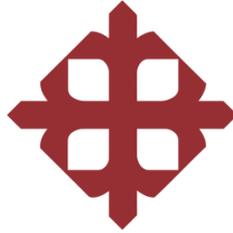


UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

Registro de lectura en el PCC 1

ANEXO I



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 1: Lecturas de Voltaje

ANEXO I 1.1

Resumen

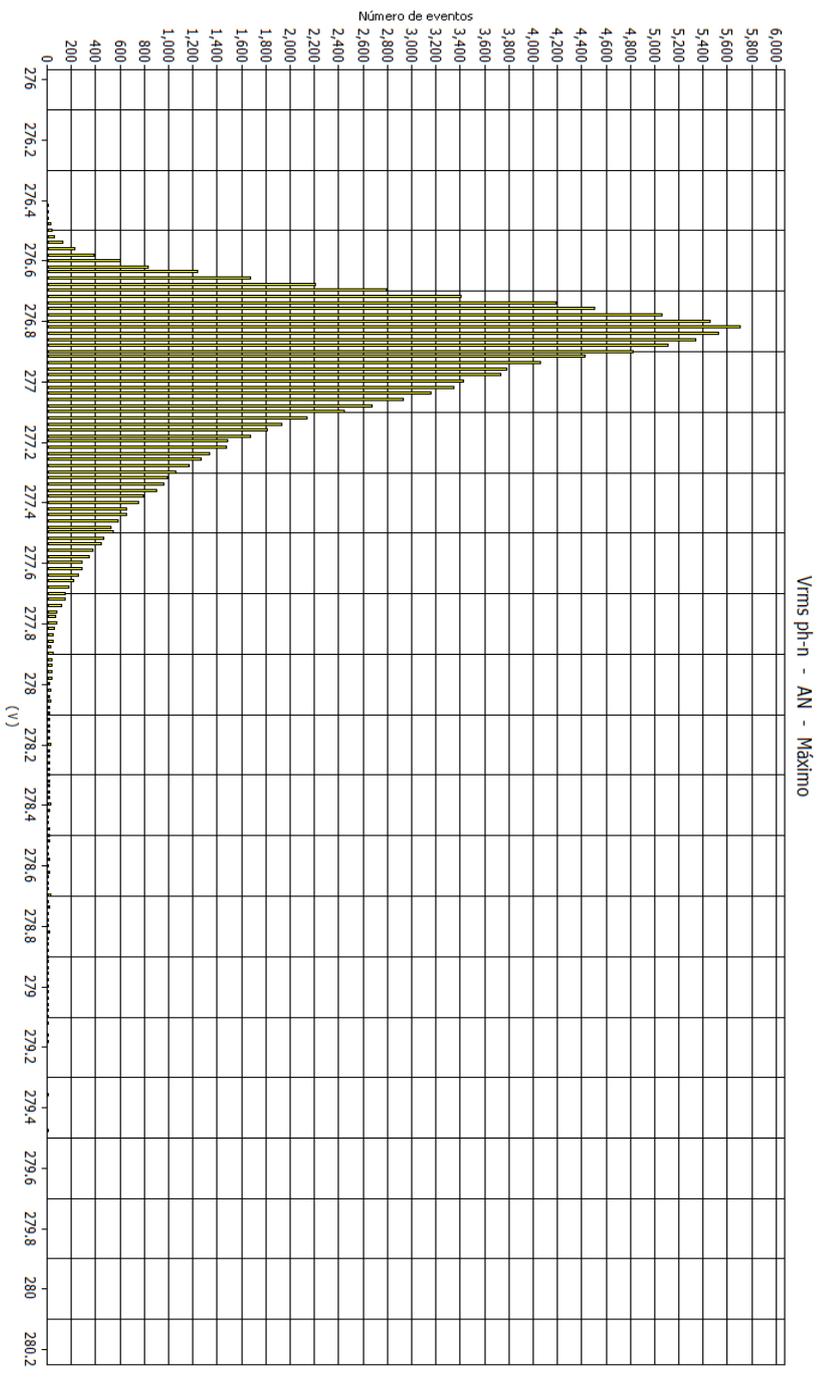
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 279.88 V |
| En | 10/02/2022 10:02:42 a. m. |
| Valor mínimo | 276.34 V |
| En | 09/02/2022 02:08:12 p. m. |
| U (Med) | 276.978 V |
| S | 0.273261 V |
| 5% percentil | 276.7 V |
| 95% percentil | 277.5 V |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 10/02/2022 10:02:42 a. m. | 279.88 |
| 05/02/2022 07:24:42 p. m. | 279.7 |
| 05/02/2022 06:14:37 p. m. | 279.68 |
| 05/02/2022 06:24:42 p. m. | 279.64 |
| 05/02/2022 06:34:02 p. m. | 279.56 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 09/02/2022 02:08:12 p. m. | 276.34 |
| 09/02/2022 02:08:22 p. m. | 276.38 |
| 11/02/2022 10:57:32 a. m. | 276.42 |
| 09/02/2022 02:40:43 p. m. | 276.42 |
| 09/02/2022 02:38:12 p. m. | 276.42 |



Resumen

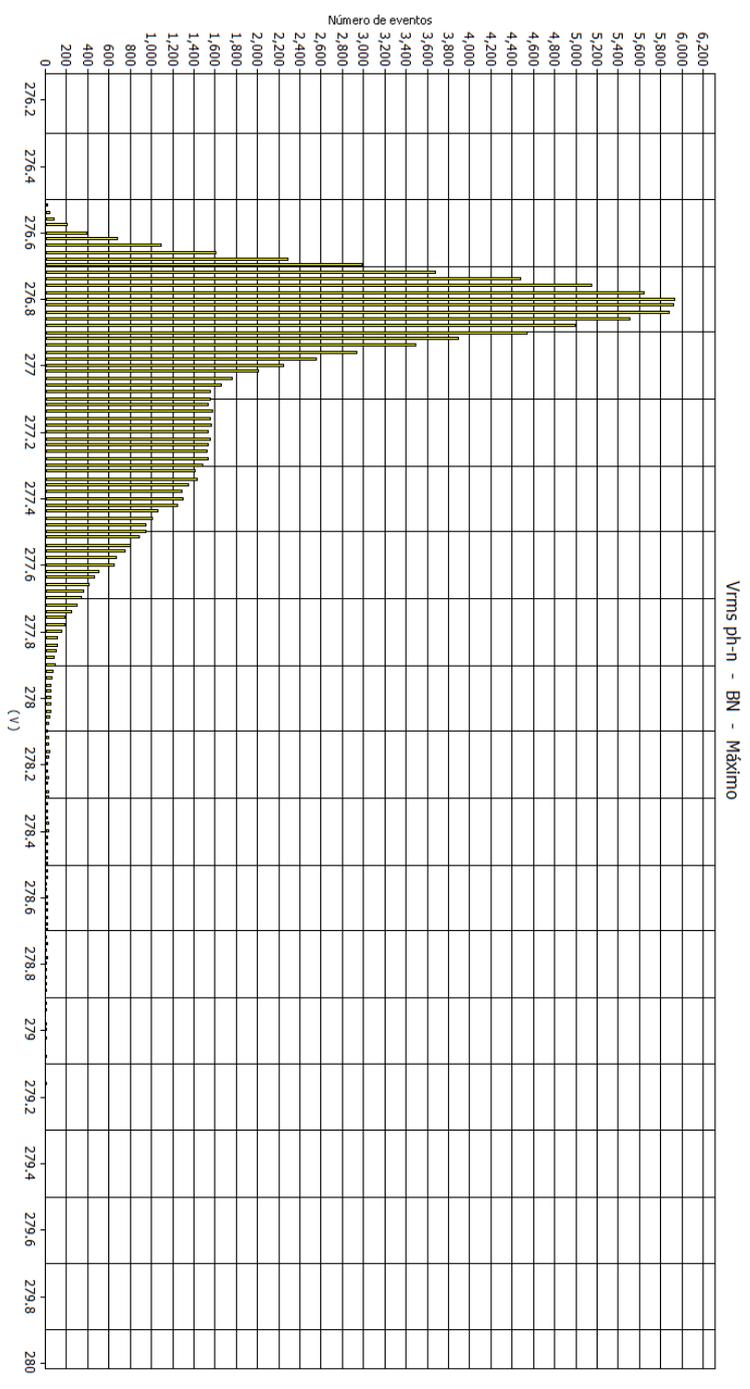
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 279.68 V |
| En | 05/02/2022 06:10:42 p. m. |
| Valor mínimo | 276.46 V |
| En | 05/02/2022 12:42:27 p. m. |
| μ (Med) | 277.013 V |
| s | 0.308011 V |
| 5% percentil | 276.7 V |
| 95% percentil | 277.6 V |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 05/02/2022 06:10:42 p. m. | 279.68 |
| 05/02/2022 06:34:02 p. m. | 279.54 |
| 10/02/2022 02:20:12 a. m. | 279.48 |
| 09/02/2022 10:03:52 p. m. | 279.48 |
| 05/02/2022 06:28:52 p. m. | 279.4 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 06/02/2022 09:11:47 a. m. | 276.46 |
| 05/02/2022 12:42:27 p. m. | 276.46 |
| 11/02/2022 09:32:22 p. m. | 276.5 |
| 11/02/2022 06:41:02 p. m. | 276.5 |
| 06/02/2022 09:35:52 a. m. | 276.5 |



Resumen

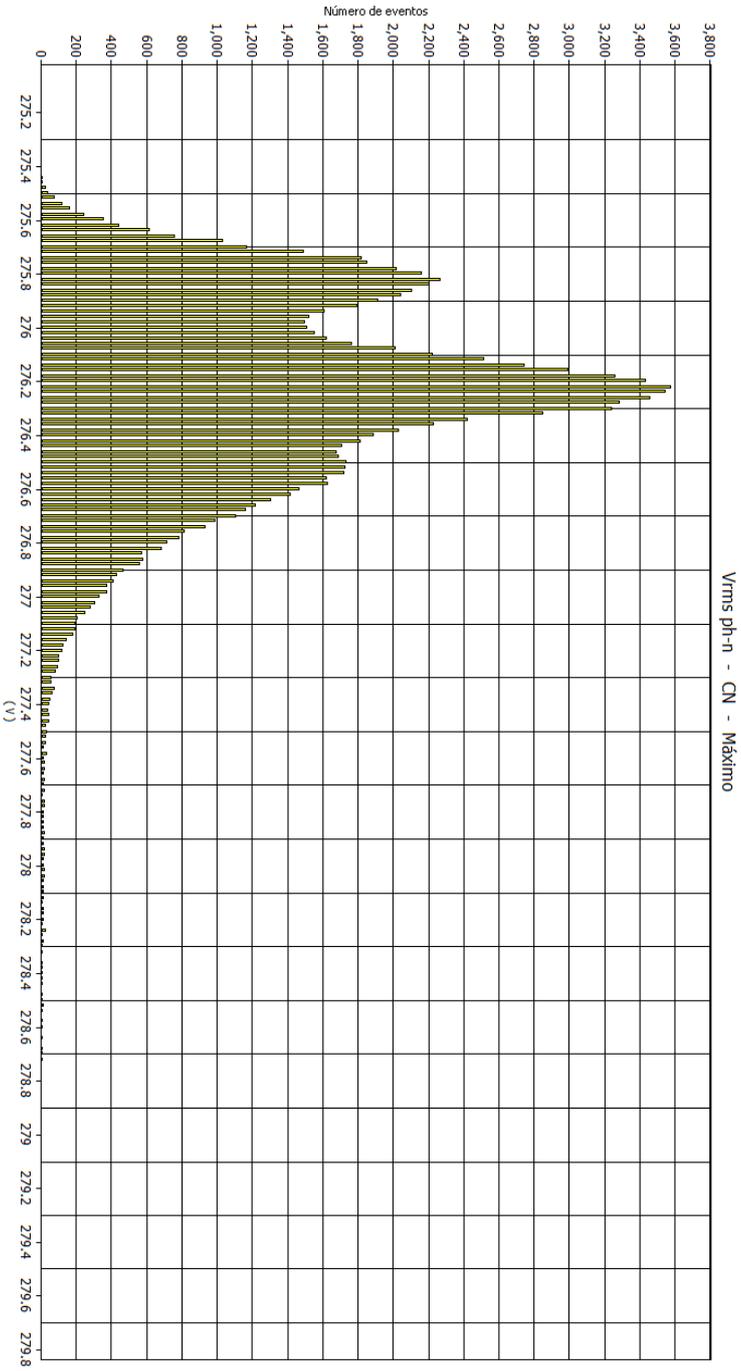
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 279.42 V |
| En | 05/02/2022 06:34:02 p. m. |
| Valor mínimo | 275.44 V |
| En | 08/02/2022 07:41:17 p. m. |
| μ (Med) | 276.253 V |
| s | 0.374822 V |
| 5% percentil | 275.7 V |
| 95% percentil | 276.9 V |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

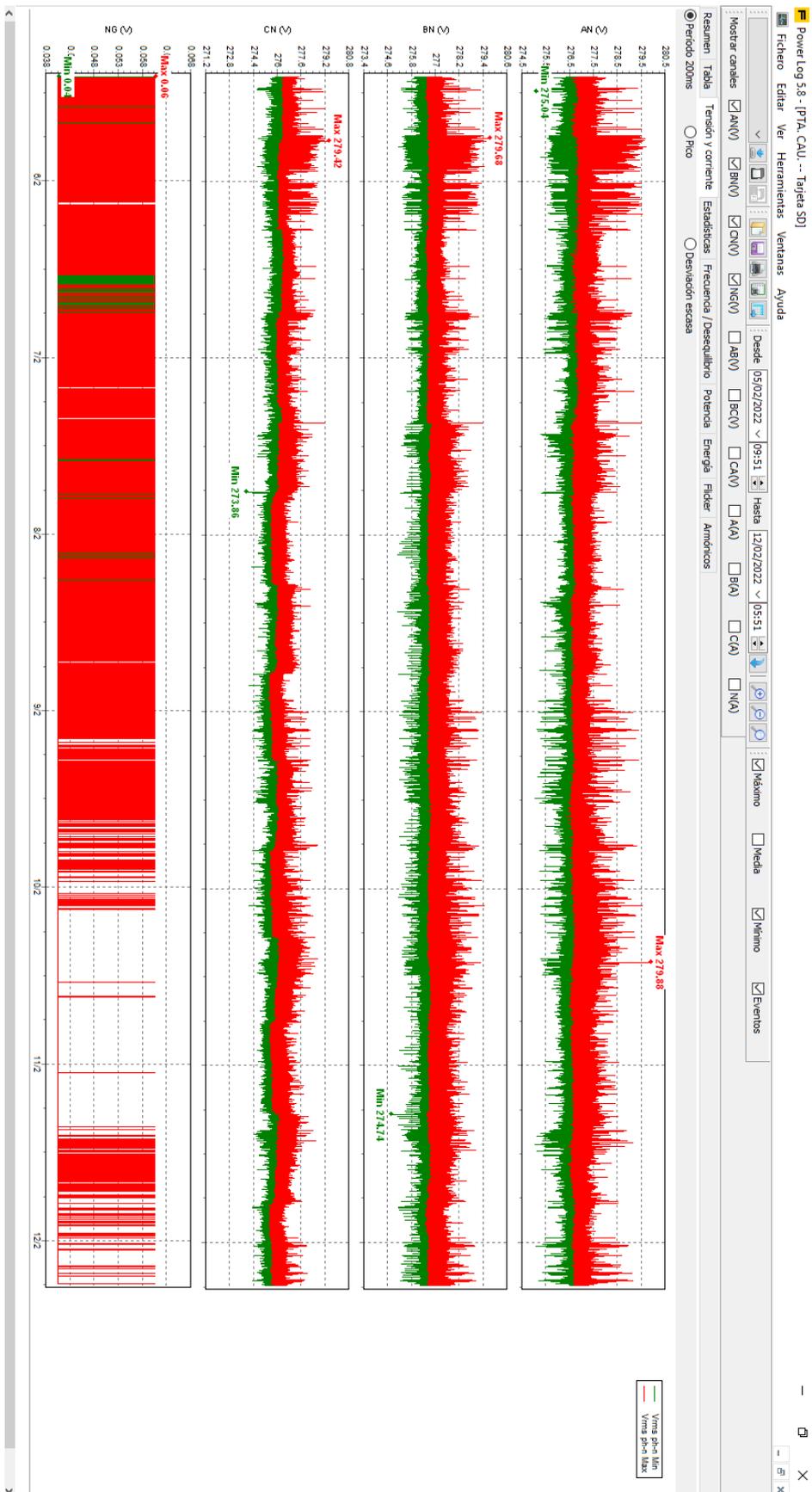
Valores extremos superiores

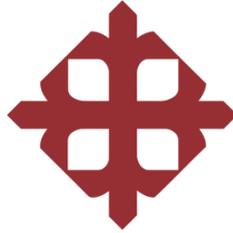
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 05/02/2022 06:34:02 p. m. | 279.42 |
| 05/02/2022 06:14:37 p. m. | 279.2 |
| 05/02/2022 06:24:42 p. m. | 279.18 |
| 07/02/2022 08:50:42 a. m. | 279.14 |
| 05/02/2022 02:07:22 p. m. | 279.14 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 11/02/2022 08:15:22 p. m. | 275.44 |
| 11/02/2022 06:57:27 p. m. | 275.44 |
| 08/02/2022 10:14:52 p. m. | 275.44 |
| 08/02/2022 09:54:52 p. m. | 275.44 |
| 08/02/2022 07:48:37 p. m. | 275.44 |







UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 1: Lecturas de Corriente

ANEXO I 1.2

Resumen

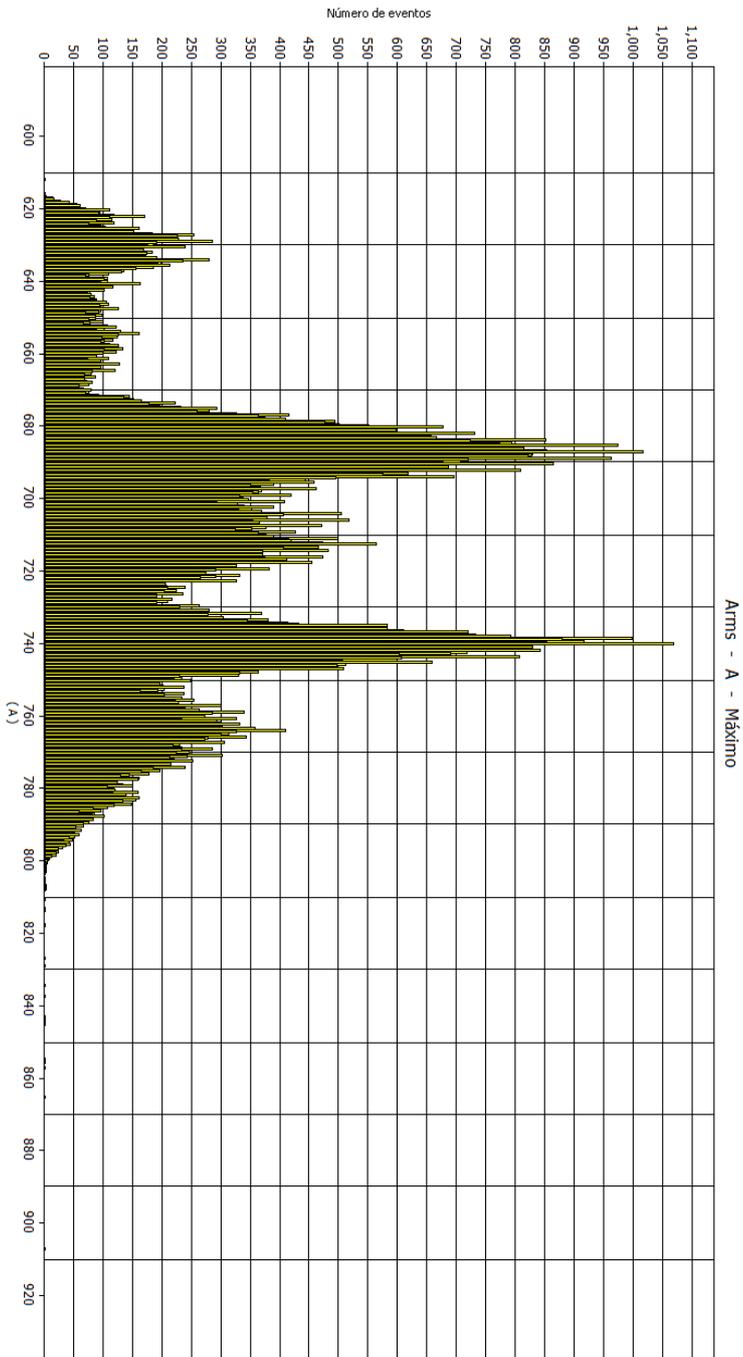
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 907.4 A |
| En | 08/02/2022 07:10:37 p. m. |
| Valor mínimo | 611.9 A |
| En | 09/02/2022 01:25:32 p. m. |
| μ (Med) | 711.832 A |
| s | 39.6103 A |
| 5% percentil | 634.9 A |
| 95% percentil | 773.6 A |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 907.4 |
| 09/02/2022 10:47:12 a. m. | 865.4 |
| 09/02/2022 08:37:07 p. m. | 857.2 |
| 08/02/2022 08:25:42 p. m. | 855.9 |
| 07/02/2022 06:20:57 p. m. | 855.1 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|----------|
| 05/02/2022 01:25:32 p. m. | 611.9 |
| 05/02/2022 01:25:37 p. m. | 612.1 |
| 06/02/2022 12:37:37 p. m. | 615.9 |
| 06/02/2022 10:49:12 a. m. | 615.9999 |
| 06/02/2022 10:47:57 a. m. | 615.3 |



Resumen

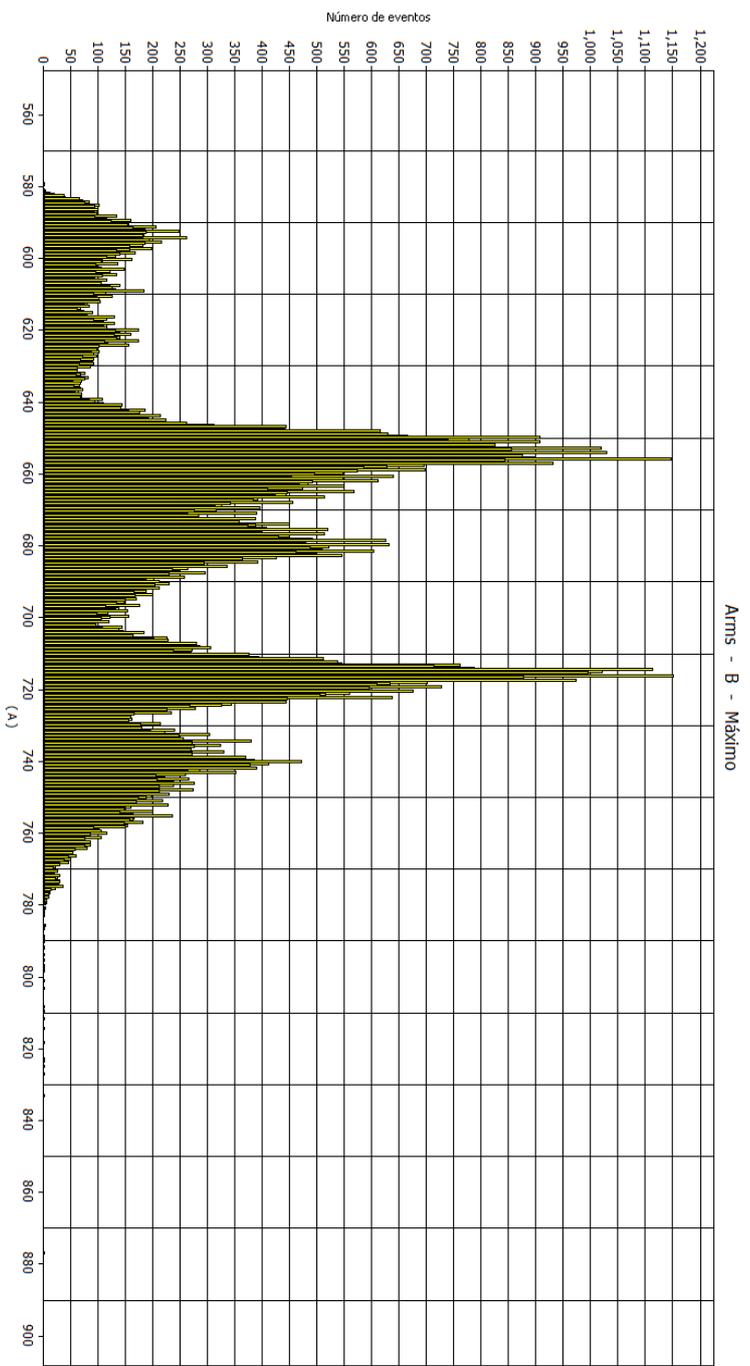
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 877.1 A |
| En | 08/02/2022 07:10:37 P. m. |
| Valor mínimo | 579.1 A |
| En | 05/02/2022 01:25:32 P. m. |
| μ (Med) | 682.867 A |
| s | 43.1 A |
| 5% percentil | 600.9 A |
| 95% percentil | 749.3 A |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 08/02/2022 07:10:37 P. m. | 877.1 |
| 09/02/2022 08:37:07 P. m. | 833.4 |
| 08/02/2022 08:25:42 P. m. | 827.3 |
| 07/02/2022 06:20:57 P. m. | 825.2 |
| 09/02/2022 06:54:22 P. m. | 823.3 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 05/02/2022 01:25:32 P. m. | 579.1 |
| 05/02/2022 01:25:37 P. m. | 579.7 |
| 06/02/2022 10:56:02 a. m. | 581.2 |
| 06/02/2022 12:23:32 P. m. | 581.3 |
| 06/02/2022 10:56:07 a. m. | 581.4 |



Resumen

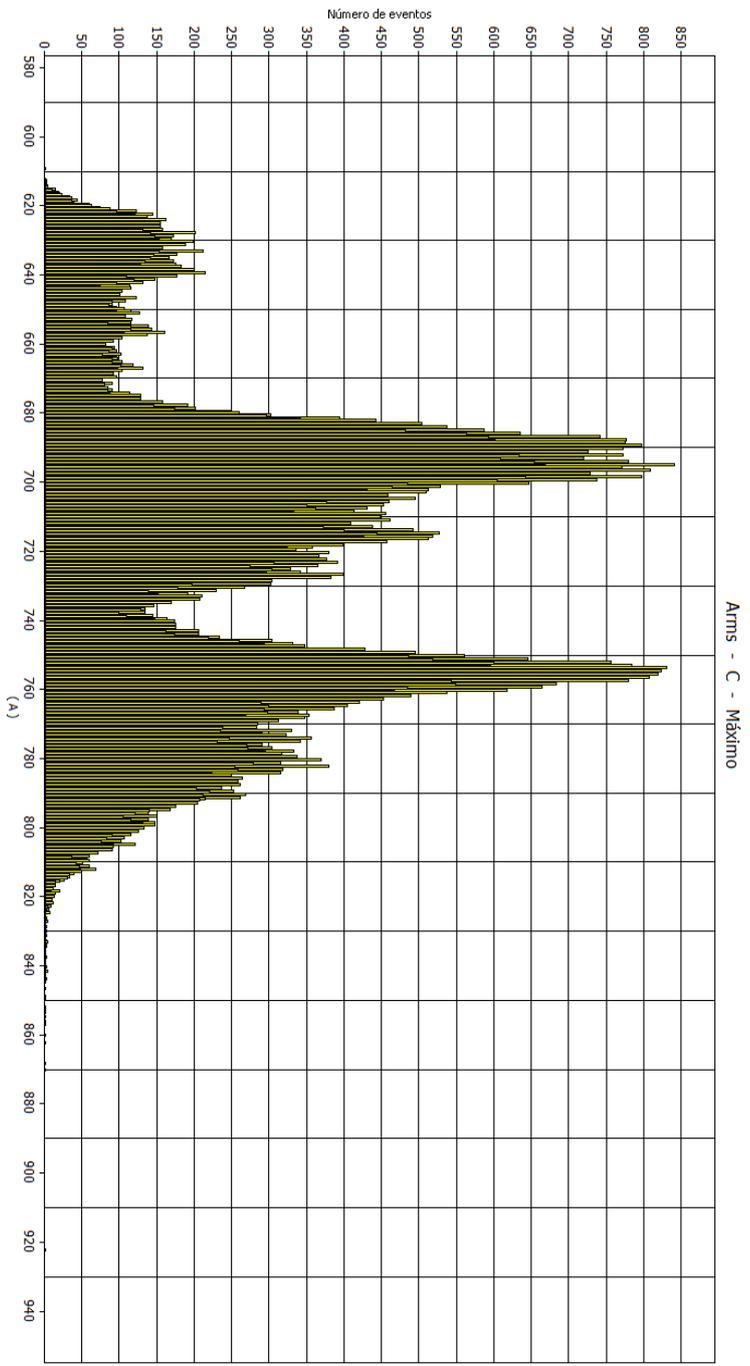
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 922.5 A |
| En | 08/02/2022 07:10:37 p. m. |
| Valor mínimo | 609.2 A |
| En | 05/02/2022 01:25:32 p. m. |
| L (Med) | 721.633 A |
| s | 44.9001 A |
| 5% percentil | 637.8 A |
| 95% percentil | 790.9 A |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|----------|
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 922.4999 |
| 09/02/2022 08:37:07 p. m. | 870.2 |
| 08/02/2022 08:25:42 p. m. | 868.6 |
| 09/02/2022 06:54:22 p. m. | 862.4 |
| 09/02/2022 10:47:12 a. m. | 860.2 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|----------|
| 05/02/2022 01:25:32 p. m. | 609.2 |
| 05/02/2022 01:25:37 p. m. | 609.4999 |
| 06/02/2022 12:23:27 p. m. | 612.4 |
| 06/02/2022 12:00:57 p. m. | 612.9999 |
| 06/02/2022 12:24:02 p. m. | 613.1 |



Resumen

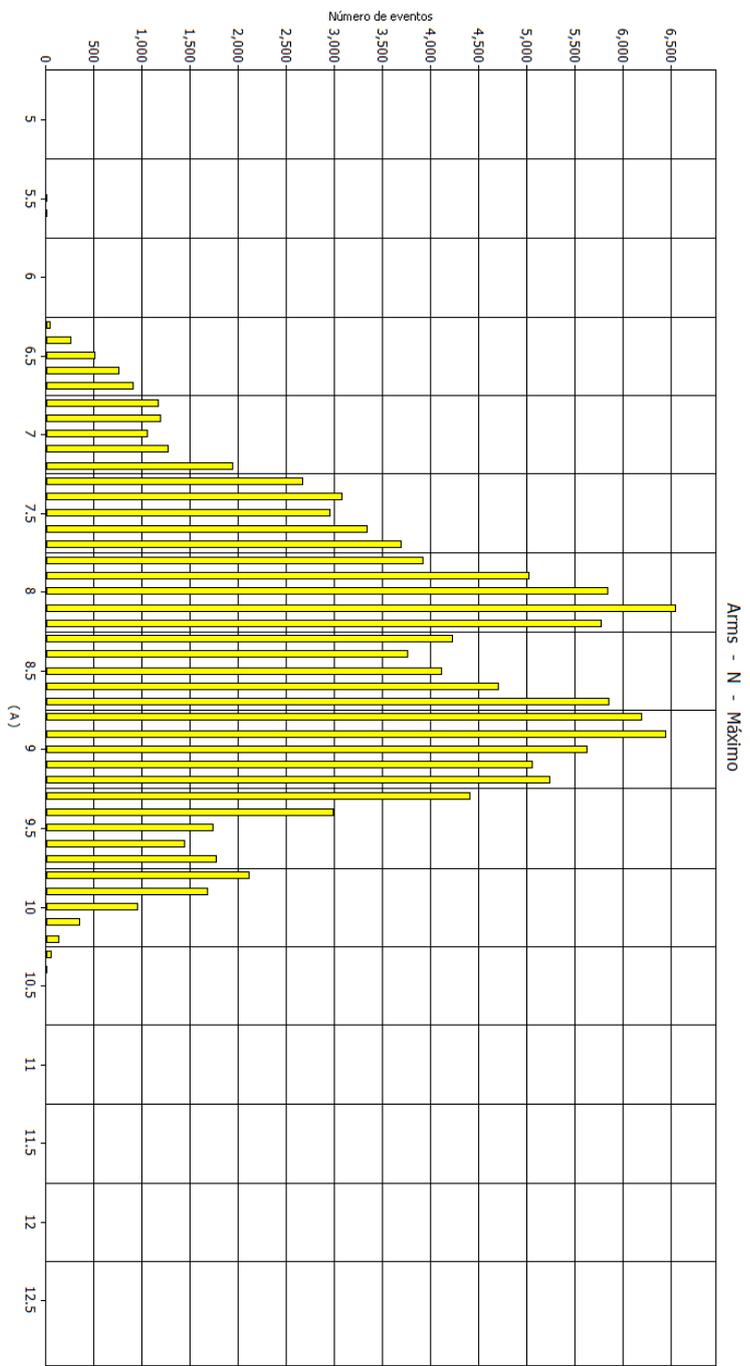
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 12.2 A |
| En | 09/02/2022 02:58:02 p. m. |
| Valor mínimo | 5.4 A |
| En | 05/02/2022 09:44:57 p. m. |
| I (Med) | 8.42039 A |
| s | 0.728861 A |
| 5% percentil | 7.1 A |
| 95% percentil | 9.7 A |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

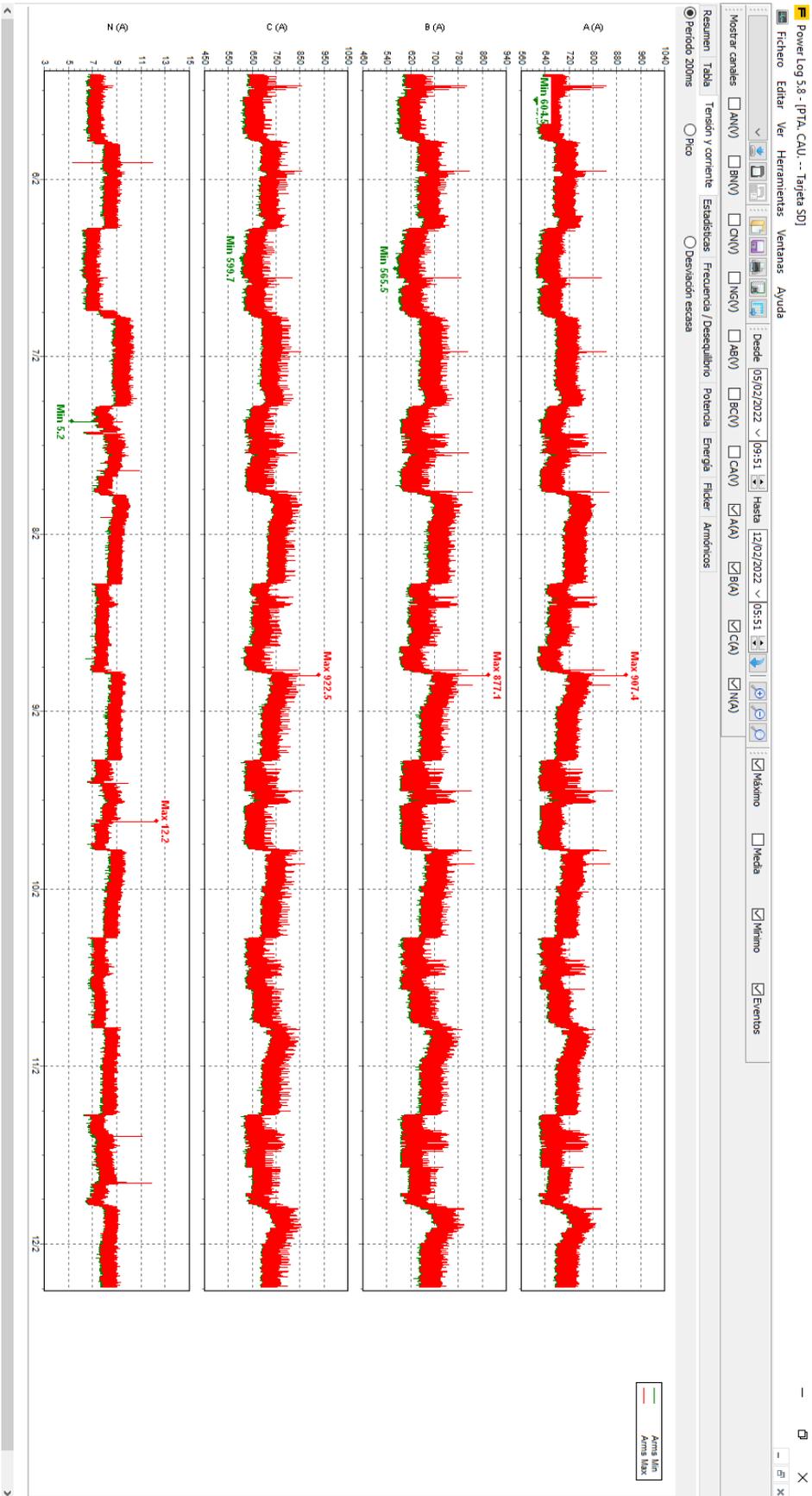
Valores extremos superiores

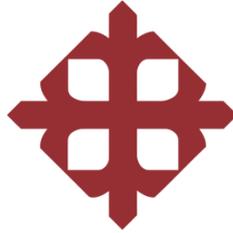
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 09/02/2022 02:58:02 p. m. | 12.2 |
| 05/02/2022 09:45:42 p. m. | 12 |
| 11/02/2022 03:45:02 p. m. | 11.9 |
| 11/02/2022 09:26:32 a. m. | 11.1 |
| 07/02/2022 03:27:32 p. m. | 10.9 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 05/02/2022 09:45:32 p. m. | 5.4 |
| 05/02/2022 09:44:57 p. m. | 5.4 |
| 05/02/2022 09:45:27 p. m. | 5.5 |
| 05/02/2022 09:45:02 p. m. | 5.5 |
| 05/02/2022 09:44:52 p. m. | 5.5 |







UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 1: Lecturas de Potencia Activa

ANEXO I 1.3

Resumen

| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 196960 W |
| En | 08/02/2022 07:10:37 p. m. |
| Valor mínimo | 138420 W |
| En | 05/02/2022 01:25:32 p. m. |
| P (Med) | 166275 W |
| s | 11053 W |
| 5% percentil | 144663 W |
| 95% percentil | 182965 W |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

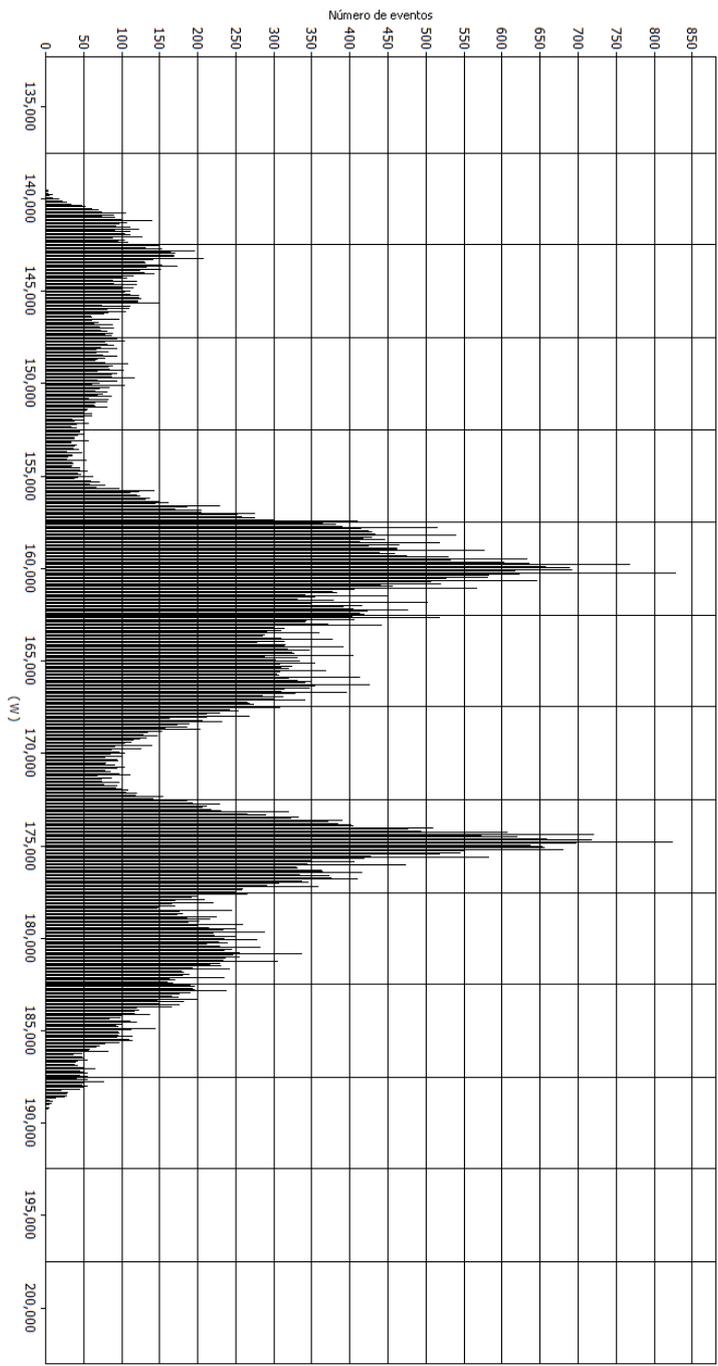
Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 196960 |
| 09/02/2022 08:57:07 p. m. | 191820 |
| 08/02/2022 08:25:42 p. m. | 191720 |
| 07/02/2022 08:03:07 p. m. | 191320 |
| 11/02/2022 09:32:37 p. m. | 190780 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 05/02/2022 01:25:32 p. m. | 138420 |
| 05/02/2022 01:25:37 p. m. | 138480 |
| 06/02/2022 10:49:07 a. m. | 139180 |
| 06/02/2022 10:49:12 a. m. | 139260 |
| 05/02/2022 01:25:02 p. m. | 139900 |

Potencia Activa - AN - Máximo



Resumen

| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 194340 W |
| En | 08/02/2022 07:10:37 p. m. |
| Valor mínimo | 132360 W |
| En | 05/02/2022 01:25:32 p. m. |
| u (Med) | 162690 W |
| s | 12298 W |
| 5% percentil | 139263 W |
| 95% percentil | 180963 W |
| % [95% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

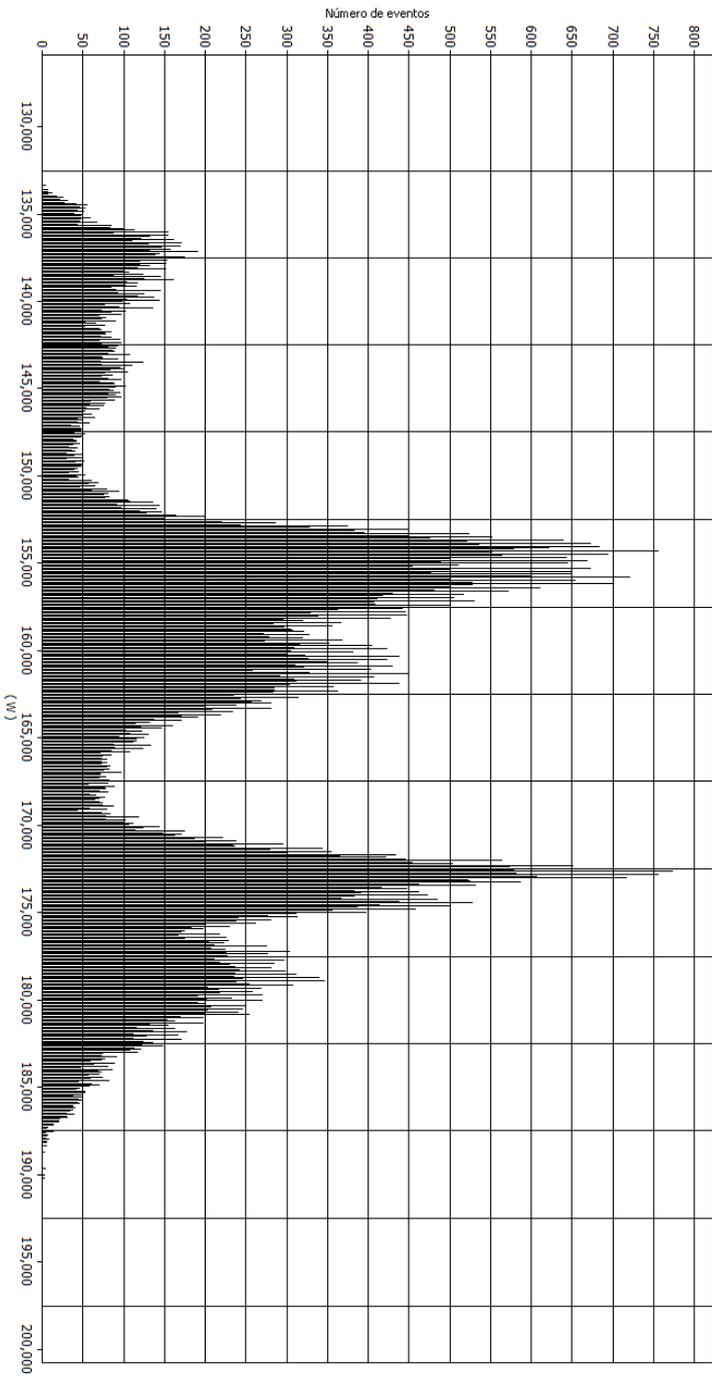
Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|----------------------------|--------|
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 194340 |
| 11/02/2022 09:42:32 p. m. | 193420 |
| 07/02/2022 08:03:07 p. m. | 193340 |
| 11/02/2022 09:32:37 p. m. | 193180 |
| 10/02/2022 07:10:132 p. m. | 193120 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 05/02/2022 01:25:32 p. m. | 132360 |
| 05/02/2022 01:25:37 p. m. | 132660 |
| 06/02/2022 12:24:02 p. m. | 133300 |
| 06/02/2022 12:24:32 p. m. | 133380 |
| 06/02/2022 12:23:32 p. m. | 133390 |

Potencia Activa - BN - Máximo



Resumen

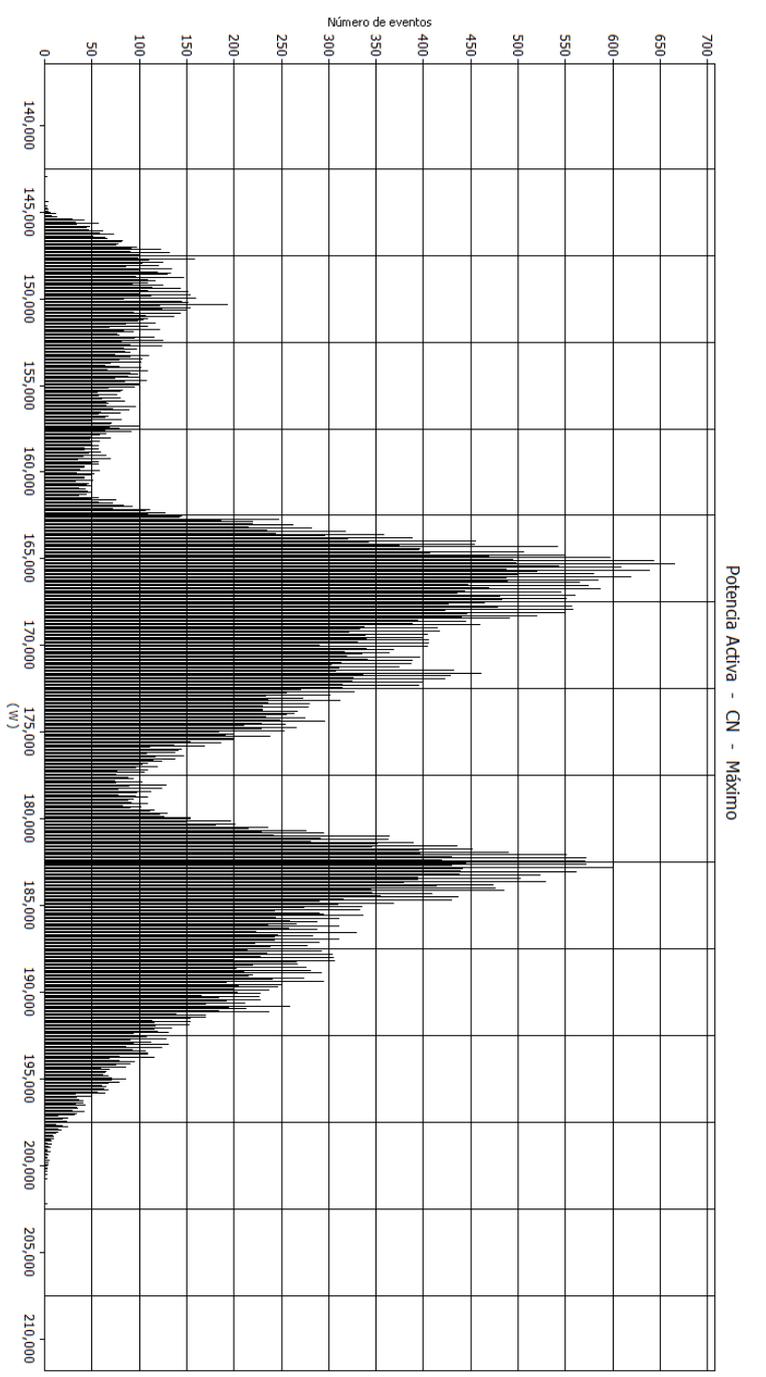
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 205360 W |
| En | 08/02/2022 07:10:37 p. m. |
| Valor mínimo | 142960 W |
| En | 05/02/2022 01:25:32 p. m. |
| μ (Med) | 173426 W |
| σ | 11889.6 W |
| 5% percentil | 1.50725 W |
| 95% percentil | 1.912E5 W |
| % B5% - 10% | 0% |
| % B9% - 10% | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|----------------------------|--------|
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 205360 |
| 07/02/2022 08:03:07 p. m. | 204320 |
| 11/02/2022 09:42:32 p. m. | 204000 |
| 10/02/2022 07:10:132 p. m. | 203660 |
| 08/02/2022 06:57:02 p. m. | 202220 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 05/02/2022 01:25:32 p. m. | 142960 |
| 05/02/2022 01:35:37 p. m. | 143000 |
| 06/02/2022 12:23:27 p. m. | 144440 |
| 08/02/2022 05:05:17 p. m. | 144460 |
| 06/02/2022 12:37:37 p. m. | 144480 |



Resumen

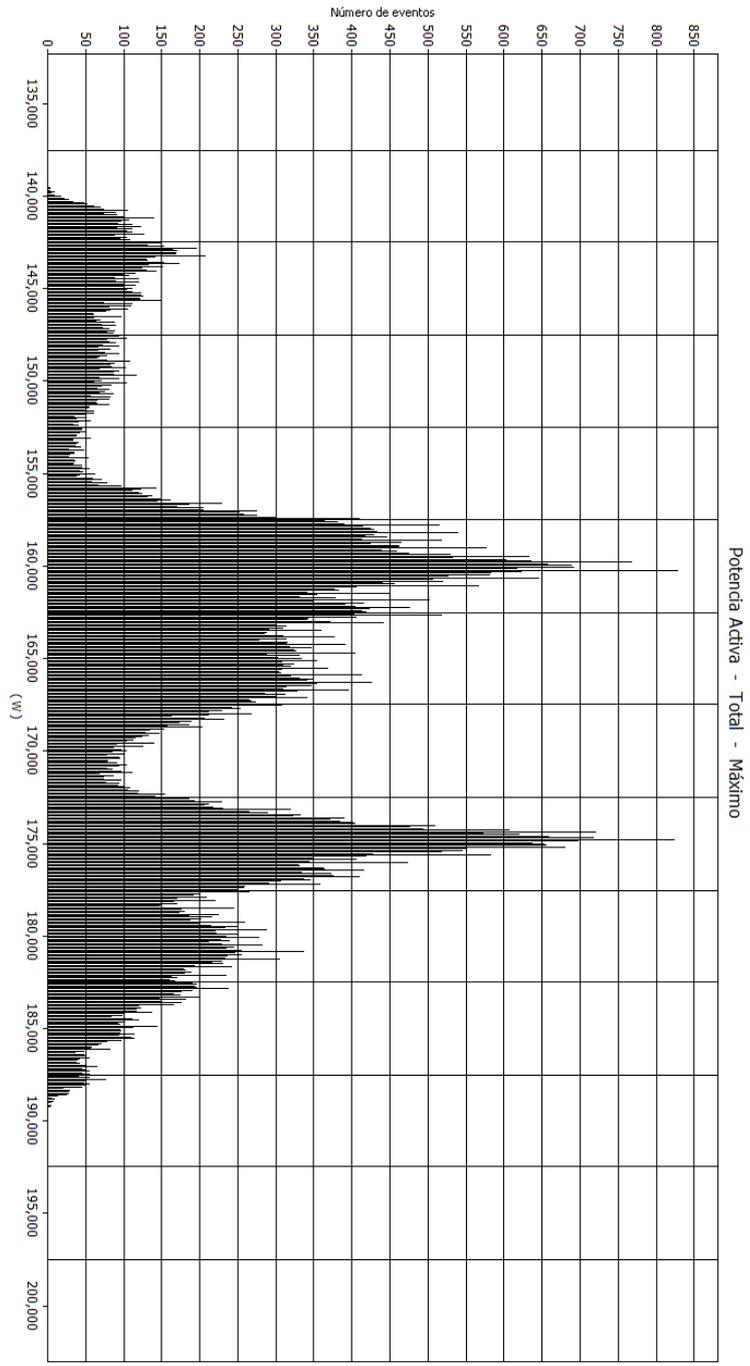
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 196960 W |
| En | 08/02/2022 07:10:37 p. m. |
| Valor mínimo | 138420 W |
| En | 05/02/2022 01:25:32 p. m. |
| μ (Med) | 166275 W |
| s | 11053 W |
| 5% Percentil | 144685 W |
| 95% Percentil | 182985 W |
| % [89% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

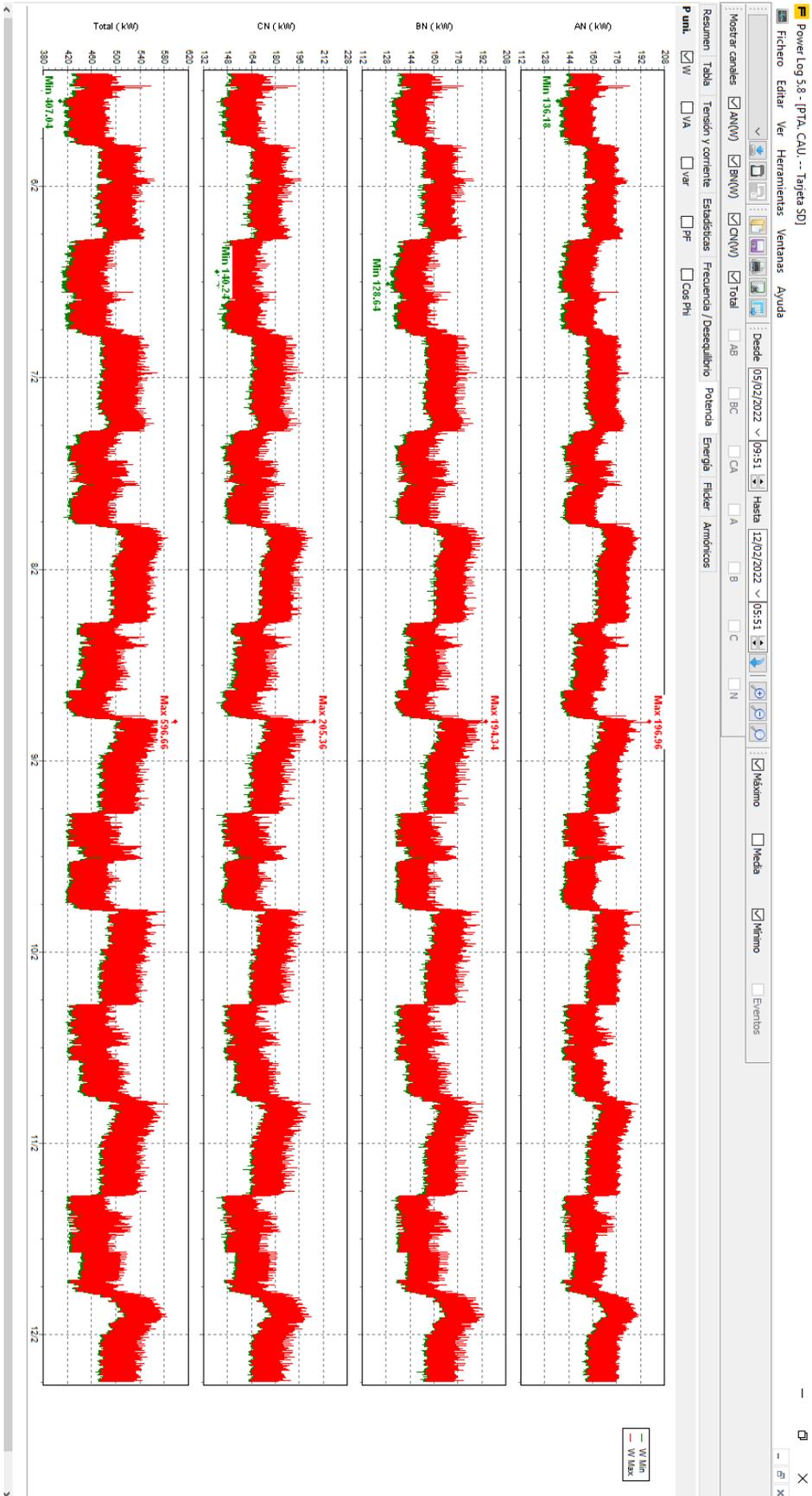
Valores extremos superiores

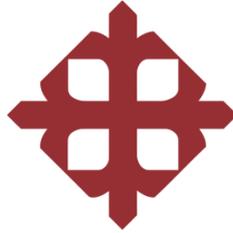
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 196960 |
| 09/02/2022 08:37:07 p. m. | 191820 |
| 08/02/2022 08:25:42 p. m. | 191720 |
| 07/02/2022 08:03:07 p. m. | 191320 |
| 11/02/2022 09:32:37 p. m. | 190780 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 05/02/2022 01:25:32 p. m. | 138420 |
| 05/02/2022 01:25:37 p. m. | 138480 |
| 06/02/2022 10:49:07 a. m. | 139180 |
| 06/02/2022 10:49:12 a. m. | 139260 |
| 05/02/2022 01:25:02 p. m. | 139300 |







UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 1: Lecturas de Potencia Reactiva

ANEXO I 1.4

Resumen

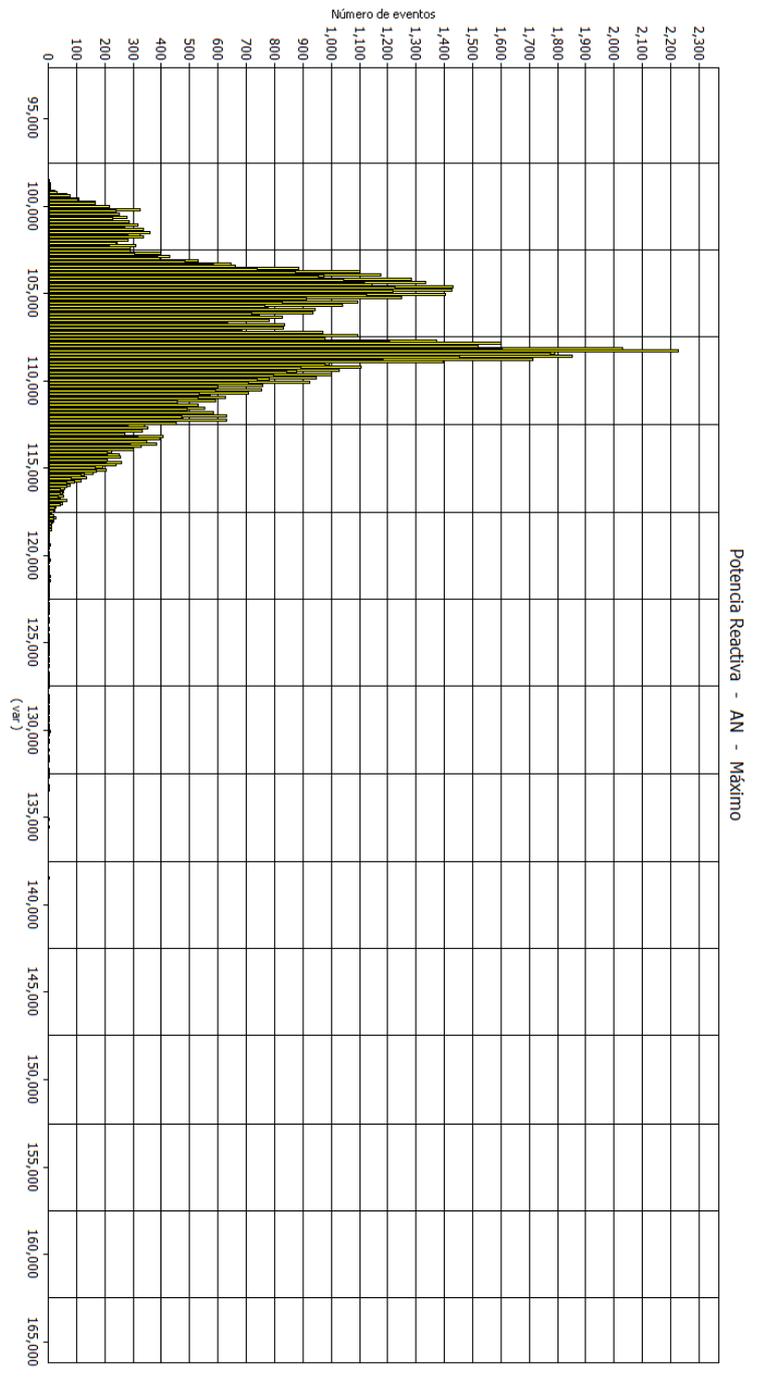
| | |
|----------------|--------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a.m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:37 a.m. |
| Valor máximo | 159800 var |
| En | 09/02/2022 10:47:12 a.m. |
| Valor mínimo | 98540 var |
| En | 05/02/2022 06:30:57 p.m. |
| U (Med) | 107583 var |
| s | 3678,63 var |
| 5% percentil | 1.017E5 var |
| 95% percentil | 1.138E5 var |
| % [89% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|--------------------------|--------|
| 09/02/2022 10:47:12 a.m. | 159800 |
| 05/02/2022 10:56:32 p.m. | 157940 |
| 08/02/2022 07:10:37 p.m. | 156760 |
| 05/02/2022 11:26:22 a.m. | 150660 |
| 06/02/2022 11:20:12 p.m. | 158320 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|--------------------------|-------|
| 05/02/2022 06:30:57 p.m. | 98540 |
| 05/02/2022 06:31:07 p.m. | 98560 |
| 06/02/2022 06:09:37 p.m. | 98720 |
| 06/02/2022 06:10:12 p.m. | 98760 |
| 06/02/2022 06:08:07 p.m. | 98760 |



Resumen

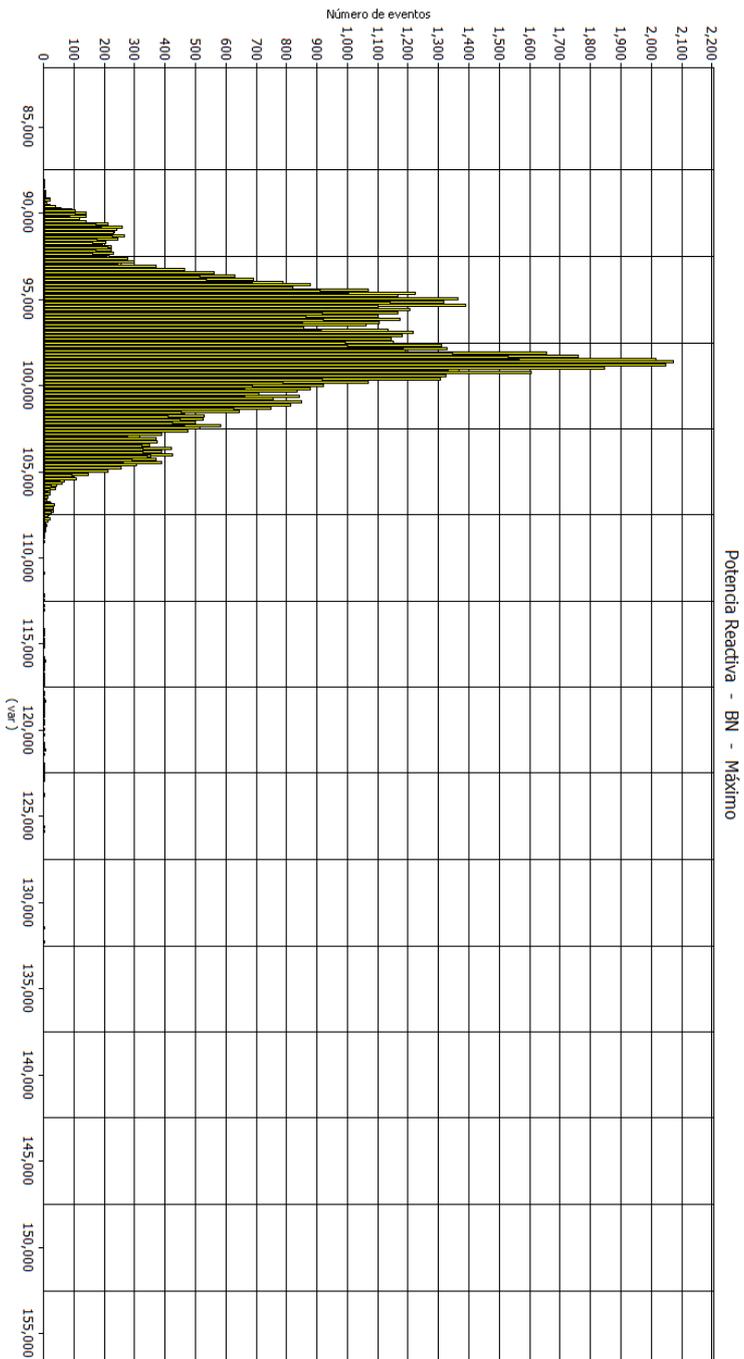
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 150200 var |
| Valor mínimo | 88100 var |
| En | 05/02/2022 10:47:12 a. m. |
| LI (Med) | 97960.2 var |
| S | 3417.7 var |
| 5% percentil | 9.262E+var |
| 95% percentil | 1.038E5 var |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 09/02/2022 10:47:12 a. m. | 150200 |
| 05/02/2022 10:56:32 p. m. | 147120 |
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 145080 |
| 07/02/2022 01:01:52 p. m. | 144120 |
| 05/02/2022 11:38:02 a. m. | 143940 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 05/02/2022 06:28:17 p. m. | 88100 |
| 05/02/2022 06:28:47 p. m. | 88120 |
| 05/02/2022 06:28:37 p. m. | 88120 |
| 05/02/2022 06:29:12 p. m. | 88200 |
| 05/02/2022 06:28:32 p. m. | 88200 |



Resumen

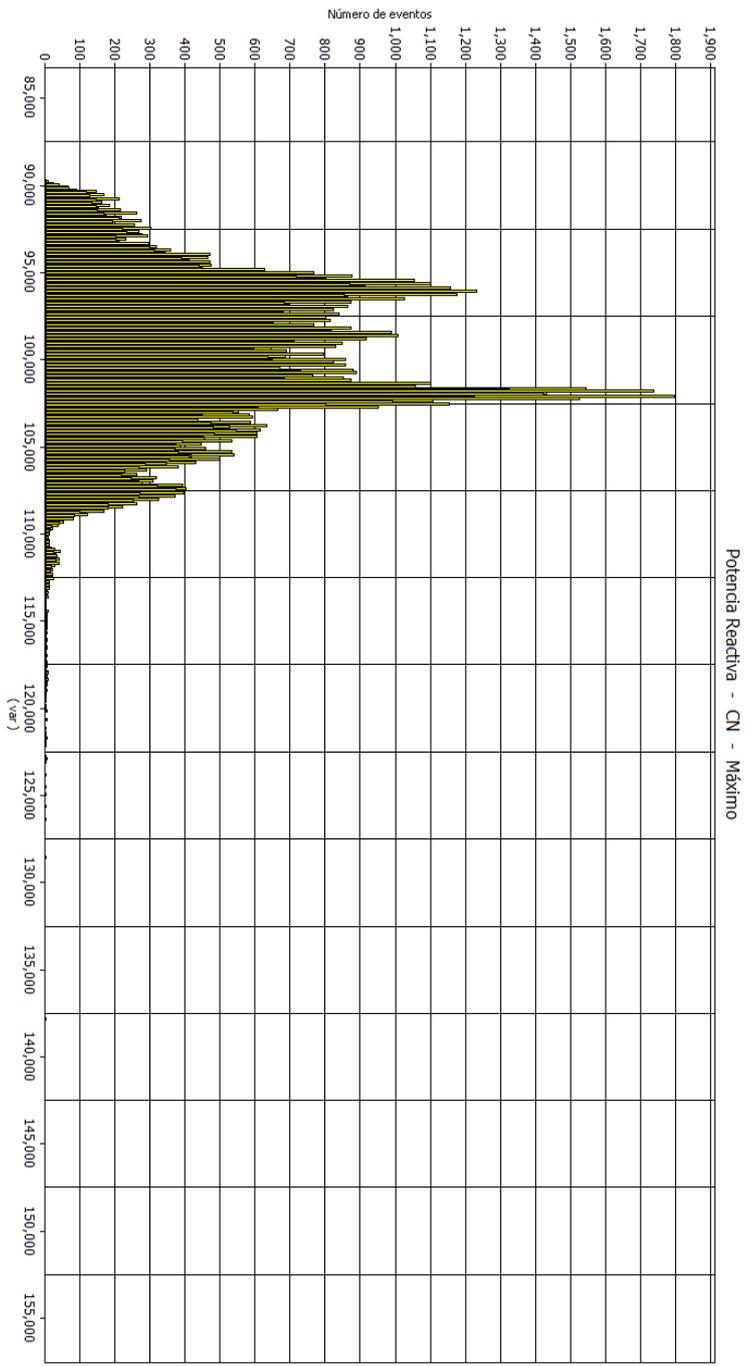
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 151120 var |
| En | 05/02/2022 10:56:32 p. m. |
| Valor mínimo | 89720 var |
| En | 05/02/2022 04:58:17 p. m. |
| u (Med) | 99959,5 var |
| s | 443,63 var |
| 5% percentil | 9,292E+var |
| 95% percentil | 1,074E3 var |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 05/02/2022 10:56:32 p. m. | 151120 |
| 09/02/2022 10:47:12 a. m. | 150600 |
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 150320 |
| 06/02/2022 11:20:12 p. m. | 146700 |
| 05/02/2022 11:26:22 a. m. | 145440 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 05/02/2022 04:58:17 p. m. | 89720 |
| 05/02/2022 04:58:57 p. m. | 89760 |
| 05/02/2022 05:23:07 p. m. | 89820 |
| 05/02/2022 04:58:22 p. m. | 89820 |
| 06/02/2022 12:25:37 p. m. | 89840 |



Resumen

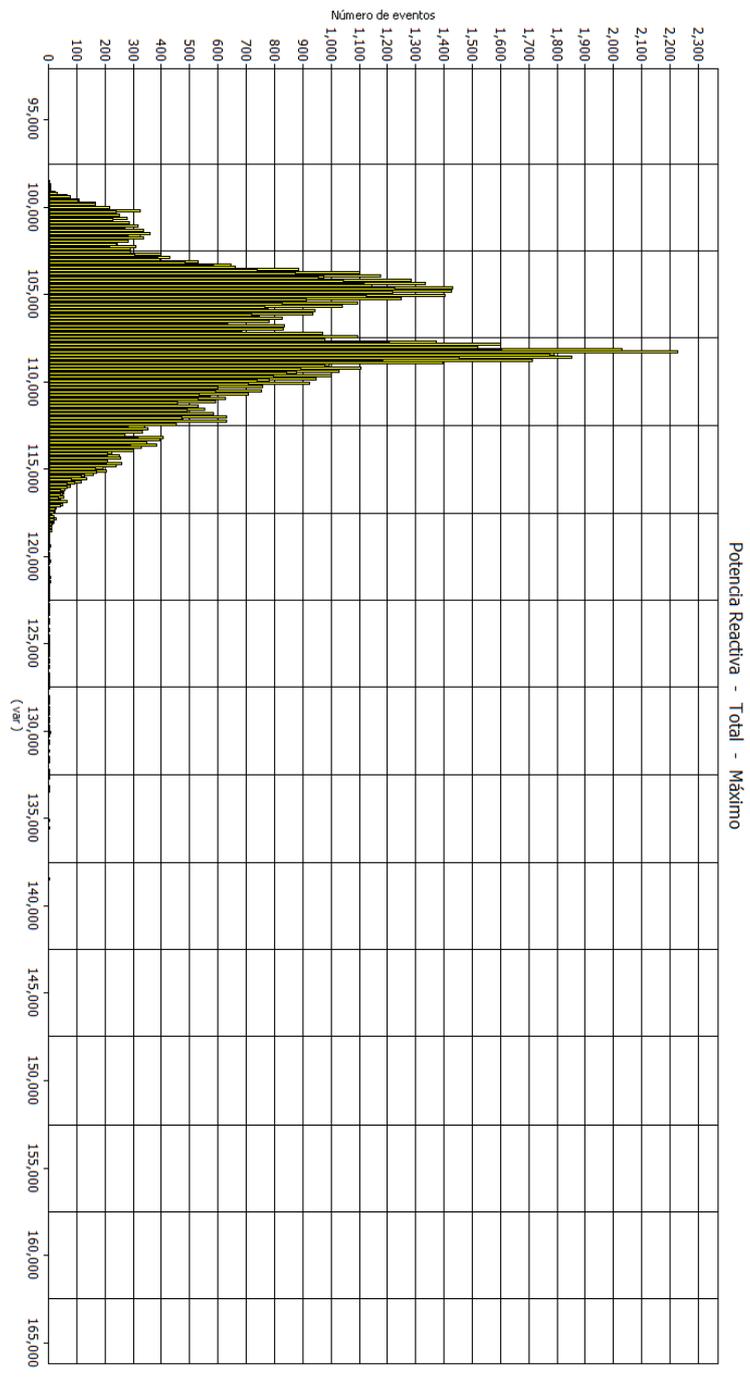
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 159800 var |
| En | 09/02/2022 10:47:12 a. m. |
| Valor mínimo | 98540 var |
| En | 05/02/2022 06:30:57 p. m. |
| μ (Med) | 107583 var |
| s | 3678.63 var |
| 5% percentil | 1.017E5 var |
| 95% percentil | 1.138E5 var |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

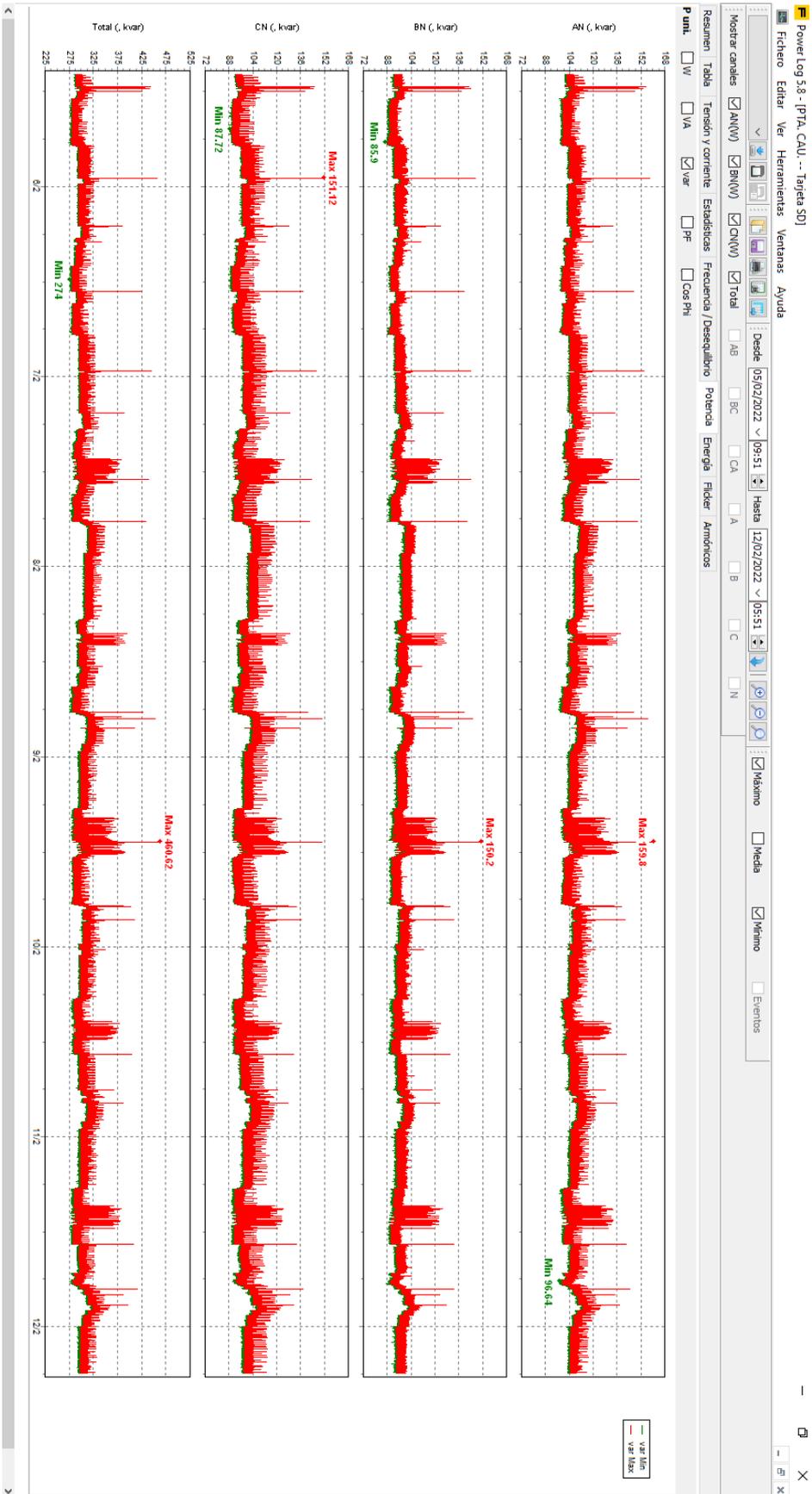
Valores extremos superiores

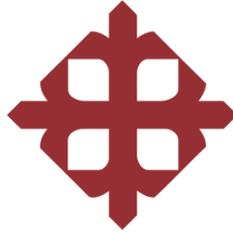
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 09/02/2022 10:47:12 a. m. | 159800 |
| 05/02/2022 10:56:32 p. m. | 157940 |
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 156760 |
| 05/02/2022 11:26:22 a. m. | 155060 |
| 06/02/2022 11:20:12 p. m. | 153830 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 05/02/2022 06:30:57 p. m. | 98540 |
| 05/02/2022 06:31:07 p. m. | 98560 |
| 06/02/2022 06:09:37 p. m. | 98720 |
| 06/02/2022 06:10:12 p. m. | 98760 |
| 06/02/2022 06:08:07 p. m. | 98760 |







UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 1: Lecturas de Potencia Aparente y Factor de Potencia

ANEXO I 1.5

Resumen

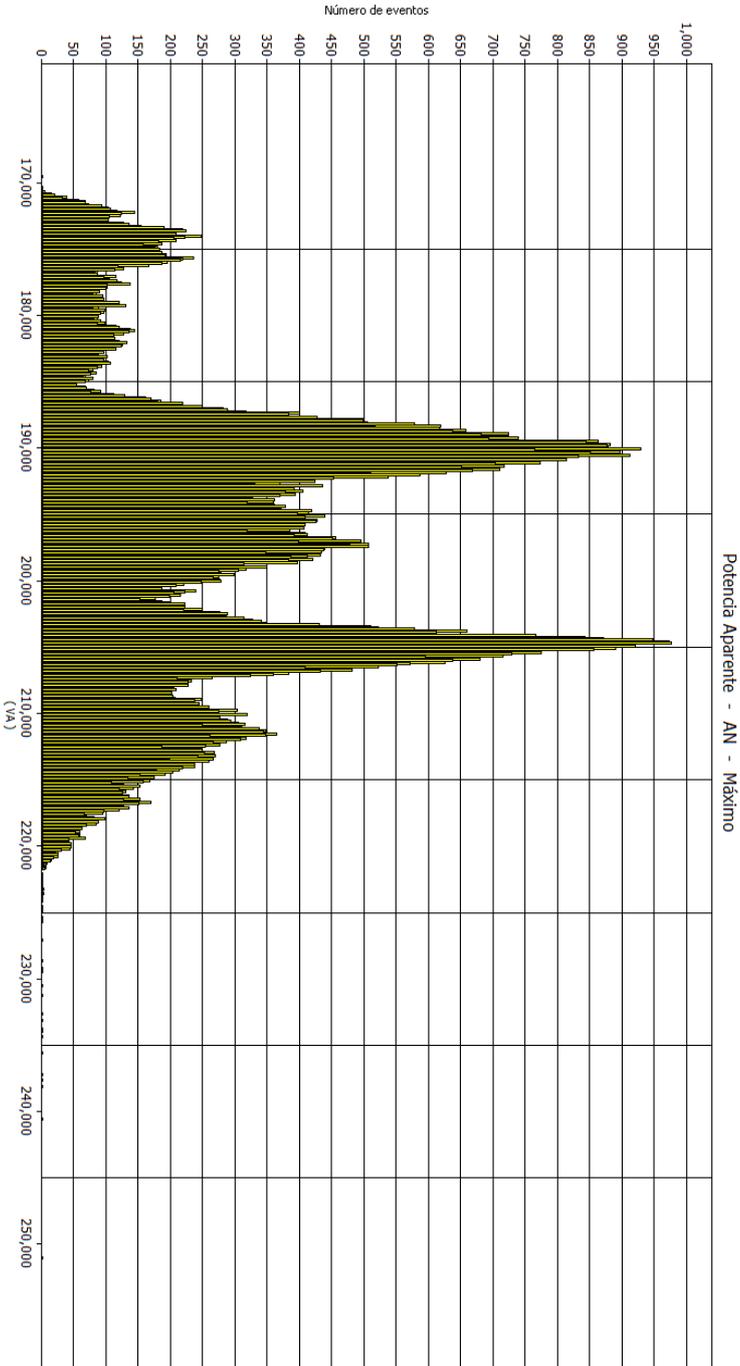
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 251100 VA |
| Valor mínimo | 08/02/2022 07:10:37 p. m. |
| En | 169520 VA |
| Valor mínimo | 05/02/2022 01:28:32 p. m. |
| En | 192019 VA |
| μ (Med) | 10988.6 VA |
| s | 10988.6 VA |
| 5% percentil | 1.758E3 VA |
| 95% percentil | 2.141E5 VA |
| % [95% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 251100 |
| 09/02/2022 10:47:12 a. m. | 240680 |
| 08/02/2022 08:25:42 p. m. | 238200 |
| 09/02/2022 08:37:07 p. m. | 237680 |
| 07/02/2022 06:20:57 p. m. | 237220 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 05/02/2022 01:28:32 p. m. | 169520 |
| 05/02/2022 01:28:37 p. m. | 169560 |
| 06/02/2022 12:37:37 p. m. | 170380 |
| 06/02/2022 10:49:12 a. m. | 170500 |
| 06/02/2022 10:47:57 a. m. | 170540 |



Resumen

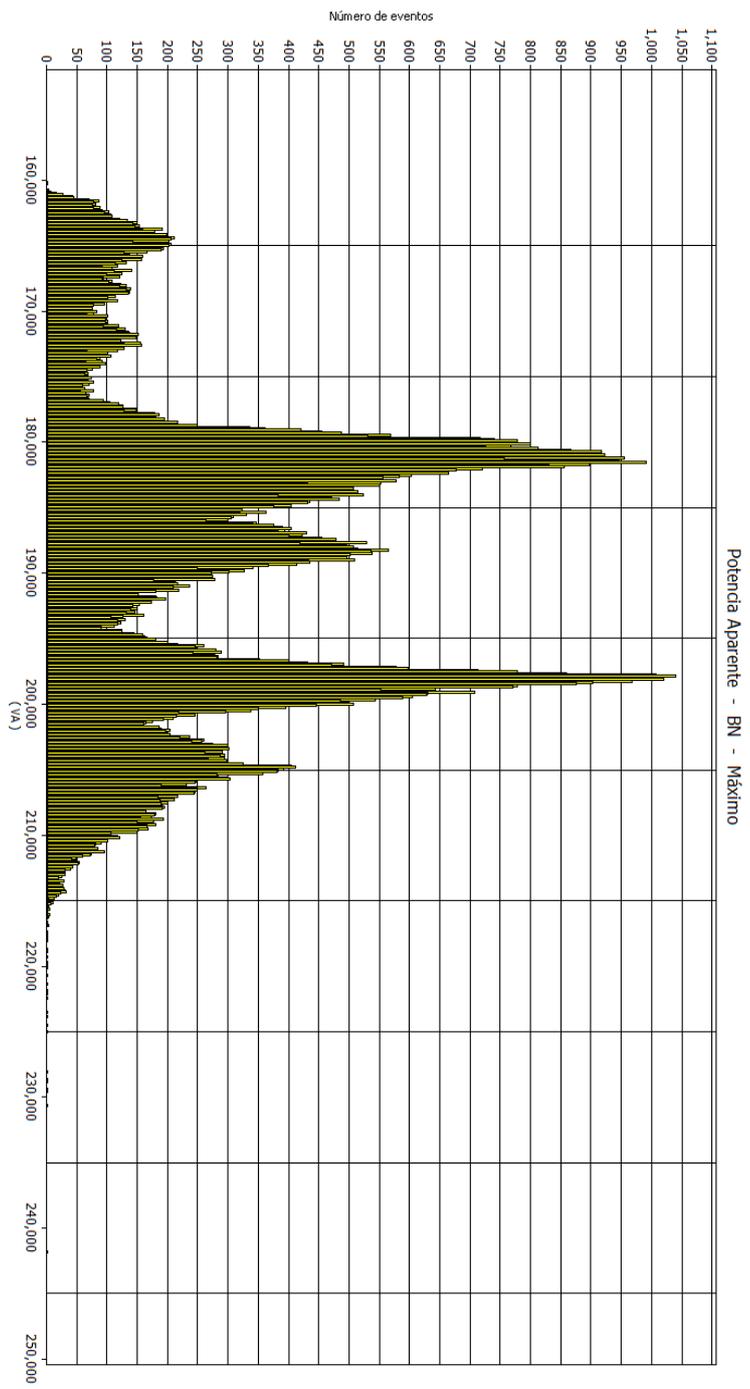
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 241880 VA |
| En | 08/02/2022 07:10:37 p. m. |
| Valor mínimo | 160180 VA |
| En | 05/02/2022 01:25:32 p. m. |
| μ (Med) | 189016 VA |
| s | 119145 VA |
| 5% percentil | 166463 VA |
| 95% percentil | 207465 VA |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 241880 |
| 09/02/2022 08:37:07 p. m. | 230660 |
| 08/02/2022 08:25:42 p. m. | 229640 |
| 09/02/2022 06:54:22 p. m. | 229440 |
| 09/02/2022 10:47:12 a. m. | 228880 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 05/02/2022 01:25:32 p. m. | 160180 |
| 03/02/2022 01:25:37 p. m. | 160360 |
| 06/02/2022 10:56:02 a. m. | 160800 |
| 06/02/2022 12:23:32 p. m. | 160820 |
| 06/02/2022 10:56:07 a. m. | 160840 |



Resumen

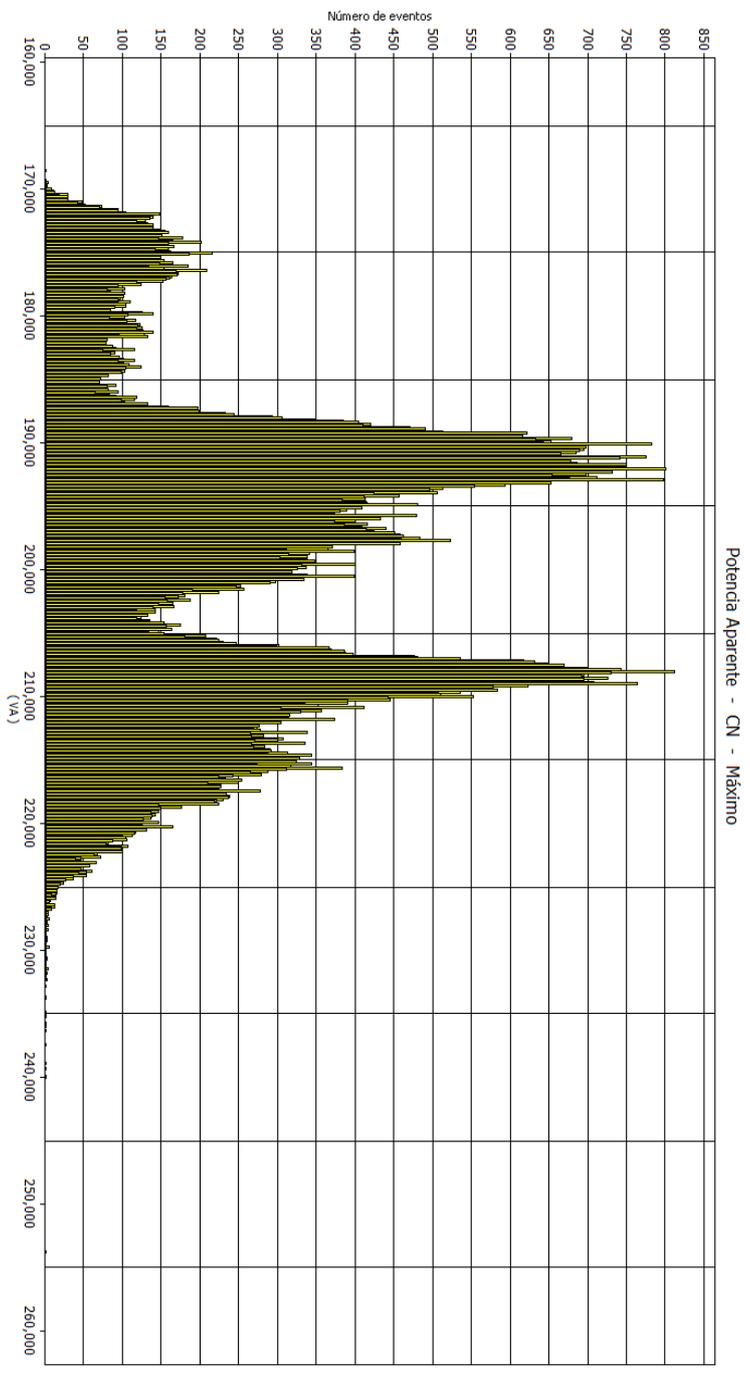
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 253840 VA |
| En | 08/02/2022 07:10:37 p. m. |
| Valor mínimo | 168950 VA |
| En | 05/02/2022 01:25:32 p. m. |
| U (Med) | 199.189 VA |
| S | 12351.7 VA |
| 5% percentil | 1.76265 VA |
| 95% percentil | 2.1885 VA |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 253840 |
| 09/02/2022 08:37:07 p. m. | 240040 |
| 08/02/2022 08:25:42 p. m. | 239950 |
| 09/02/2022 10:47:12 a. m. | 239950 |
| 09/02/2022 06:54:22 p. m. | 238990 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 05/02/2022 01:25:37 p. m. | 168950 |
| 05/02/2022 01:25:32 p. m. | 168950 |
| 06/02/2022 12:23:27 p. m. | 169940 |
| 06/02/2022 12:01:02 p. m. | 169940 |
| 06/02/2022 12:24:02 p. m. | 169950 |



Resumen

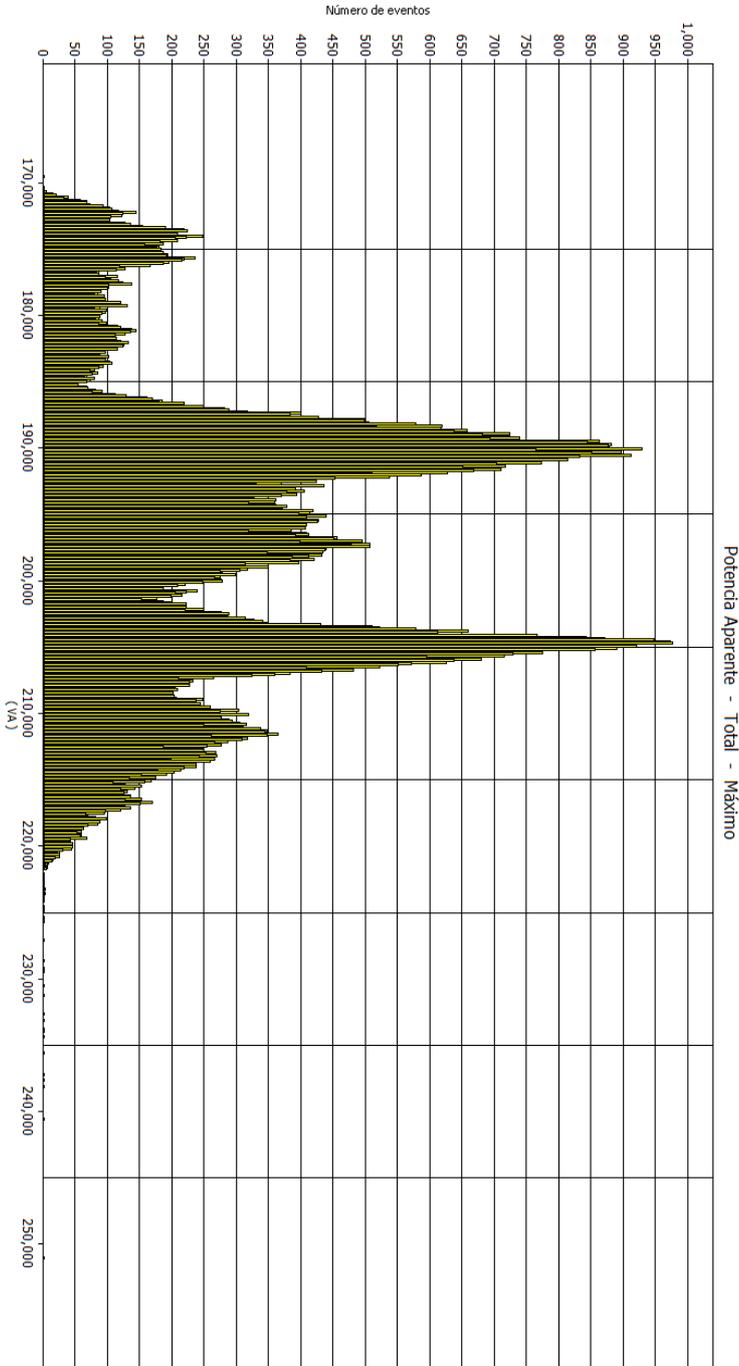
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 251100 VA |
| En | 08/02/2022 07:10:37 p. m. |
| Valor mínimo | 169520 VA |
| En | 05/02/2022 01:25:32 p. m. |
| μ (Med) | 197019 VA |
| σ | 10958,6 VA |
| 5% percentil | 1,75865 VA |
| 95% percentil | 2,141E5 VA |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

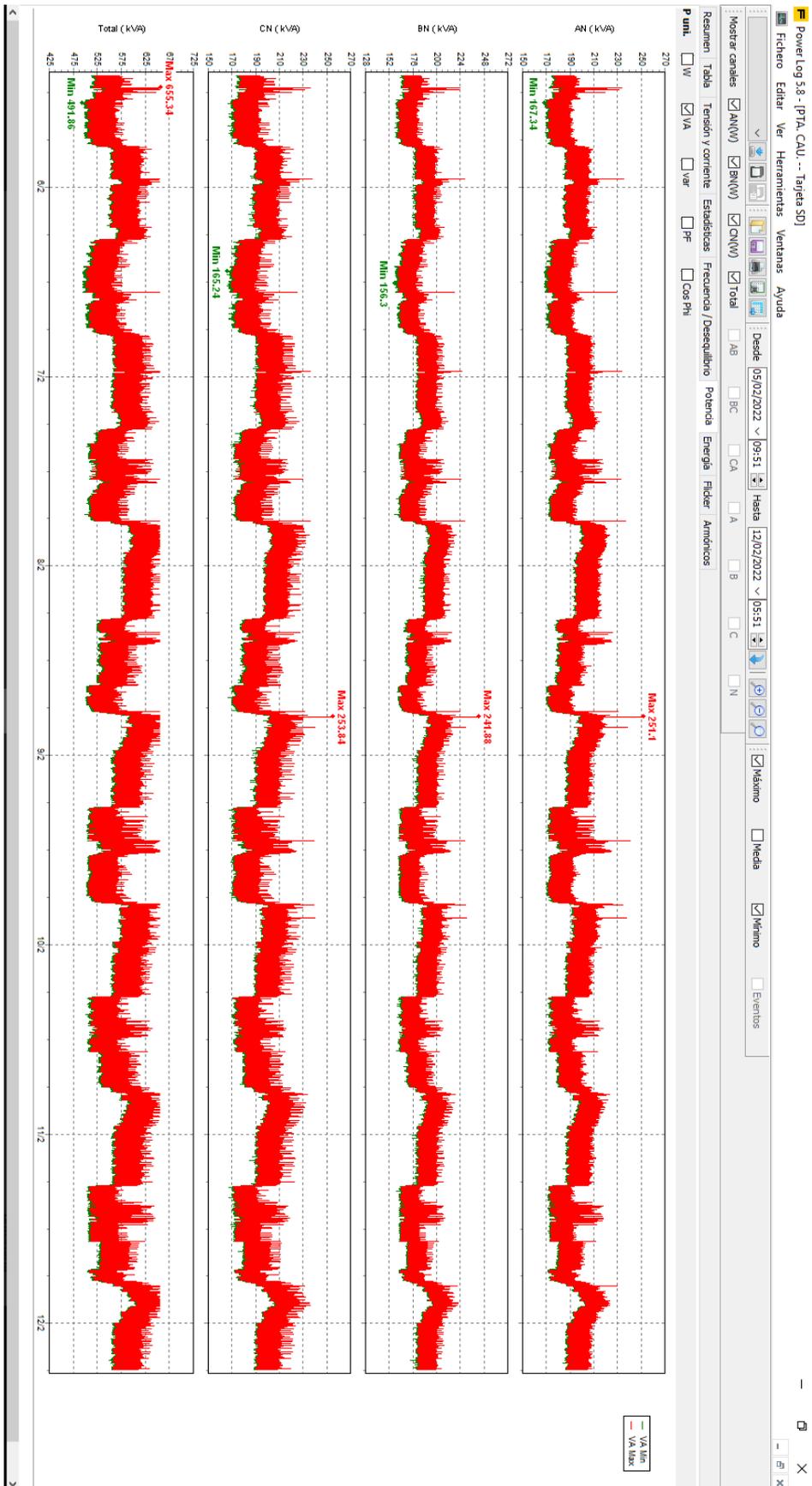
Valores extremos superiores

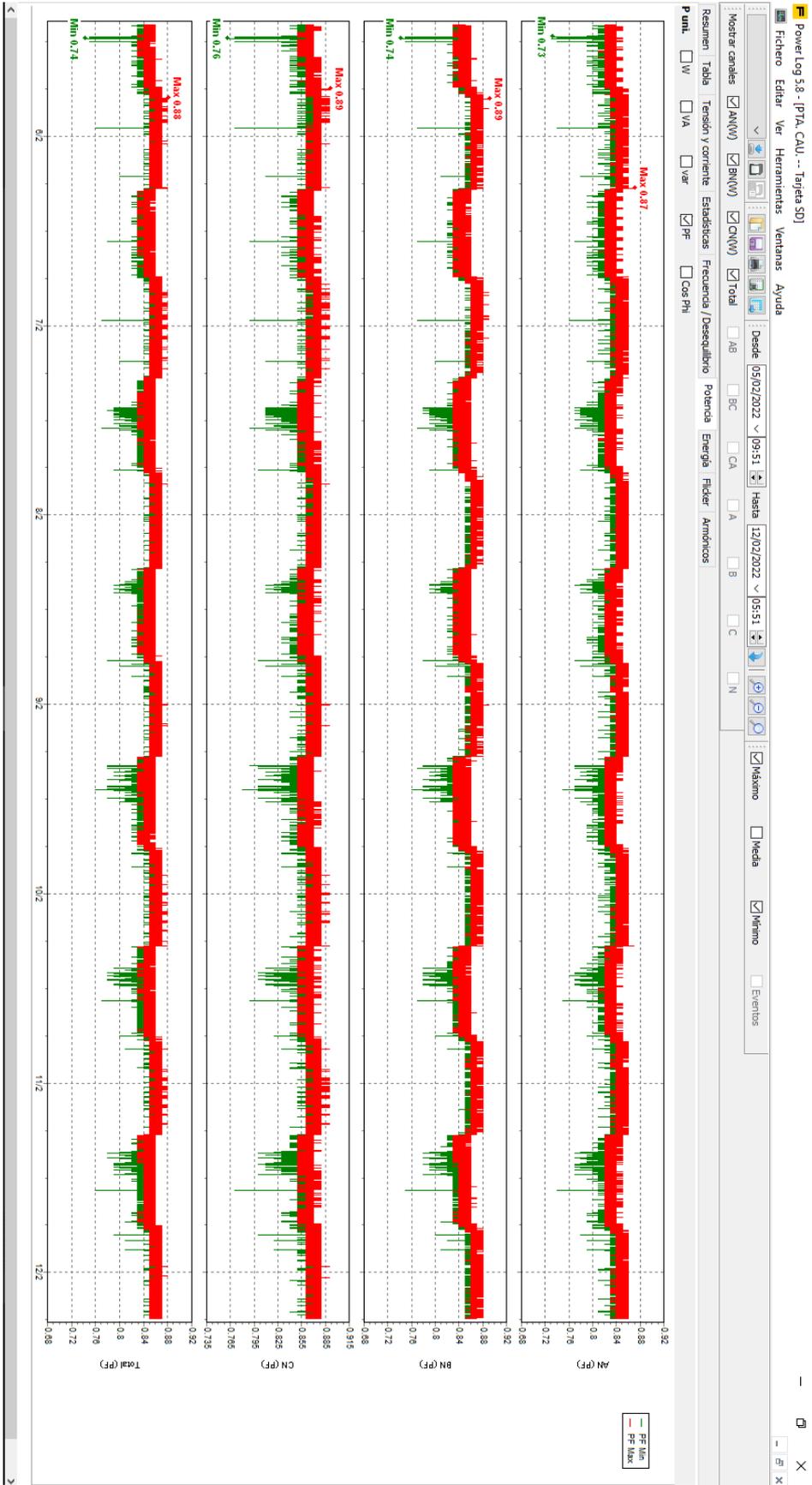
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 08/02/2022 07:10:37 p. m. | 251100 |
| 09/02/2022 10:47:12 a. m. | 240680 |
| 08/02/2022 08:25:42 p. m. | 238200 |
| 09/02/2022 08:37:07 p. m. | 237680 |
| 07/02/2022 06:20:57 p. m. | 237220 |

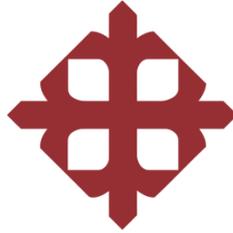
Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 05/02/2022 01:25:32 p. m. | 169520 |
| 05/02/2022 01:25:37 p. m. | 169560 |
| 06/02/2022 12:37:37 p. m. | 170380 |
| 06/02/2022 10:49:12 a. m. | 170500 |
| 06/02/2022 10:47:57 a. m. | 170540 |









UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 1: Lecturas de Frecuencia

ANEXO I 1.6

Resumen

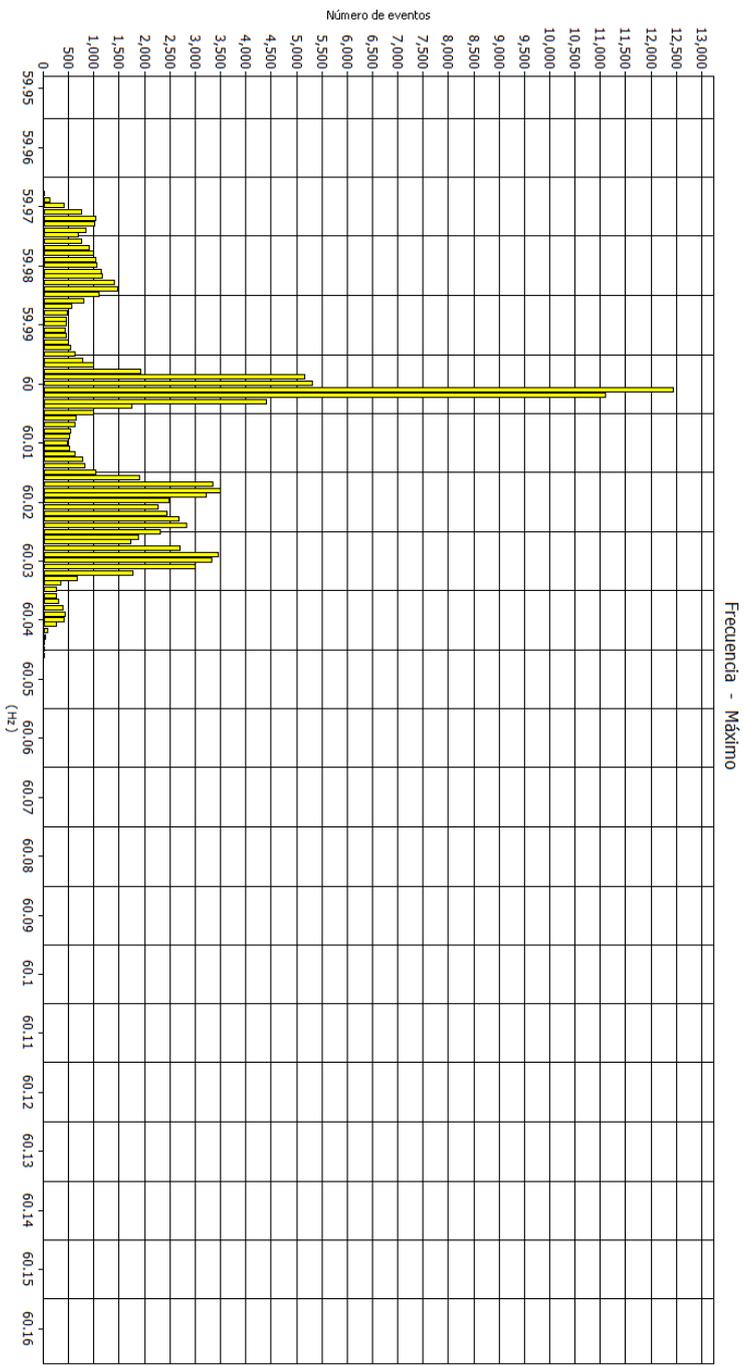
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 60.147 Hz |
| En | 07/02/2022 08:50:57 a. m. |
| Valor mínimo | 59.967 Hz |
| En | 10/02/2022 10:10:42 a. m. |
| μ (Med) | 60.0076 Hz |
| s | 0.0167499 Hz |
| 5% percentil | 59.98 Hz |
| 95% percentil | 60.03 Hz |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

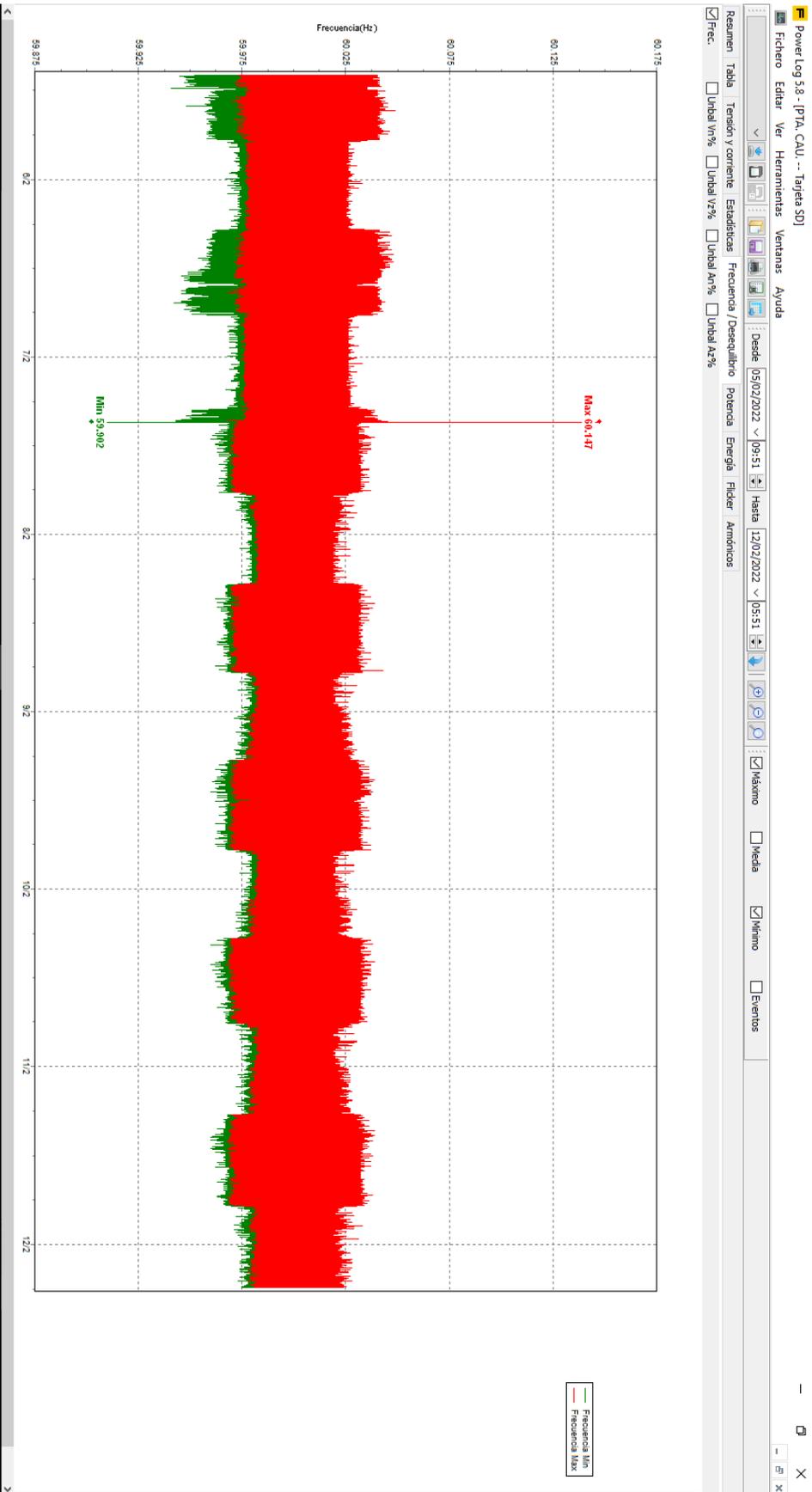
Valores extremos superiores

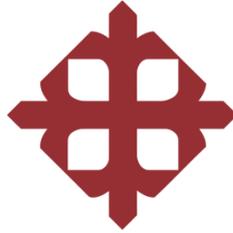
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 07/02/2022 08:50:57 a. m. | 60.147 |
| 07/02/2022 08:50:52 a. m. | 60.142 |
| 07/02/2022 08:50:47 a. m. | 60.101 |
| 07/02/2022 08:51:02 a. m. | 60.086 |
| 07/02/2022 08:51:37 a. m. | 60.077 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 12/02/2022 08:08:42 a. m. | 59.967 |
| 12/02/2022 07:11:32 a. m. | 59.967 |
| 10/02/2022 10:10:42 a. m. | 59.967 |
| 12/02/2022 09:46:52 a. m. | 59.968 |
| 12/02/2022 09:30:37 a. m. | 59.968 |







UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 1: Lecturas de Desbalance de Voltaje

ANEXO I 1.7

Resumen

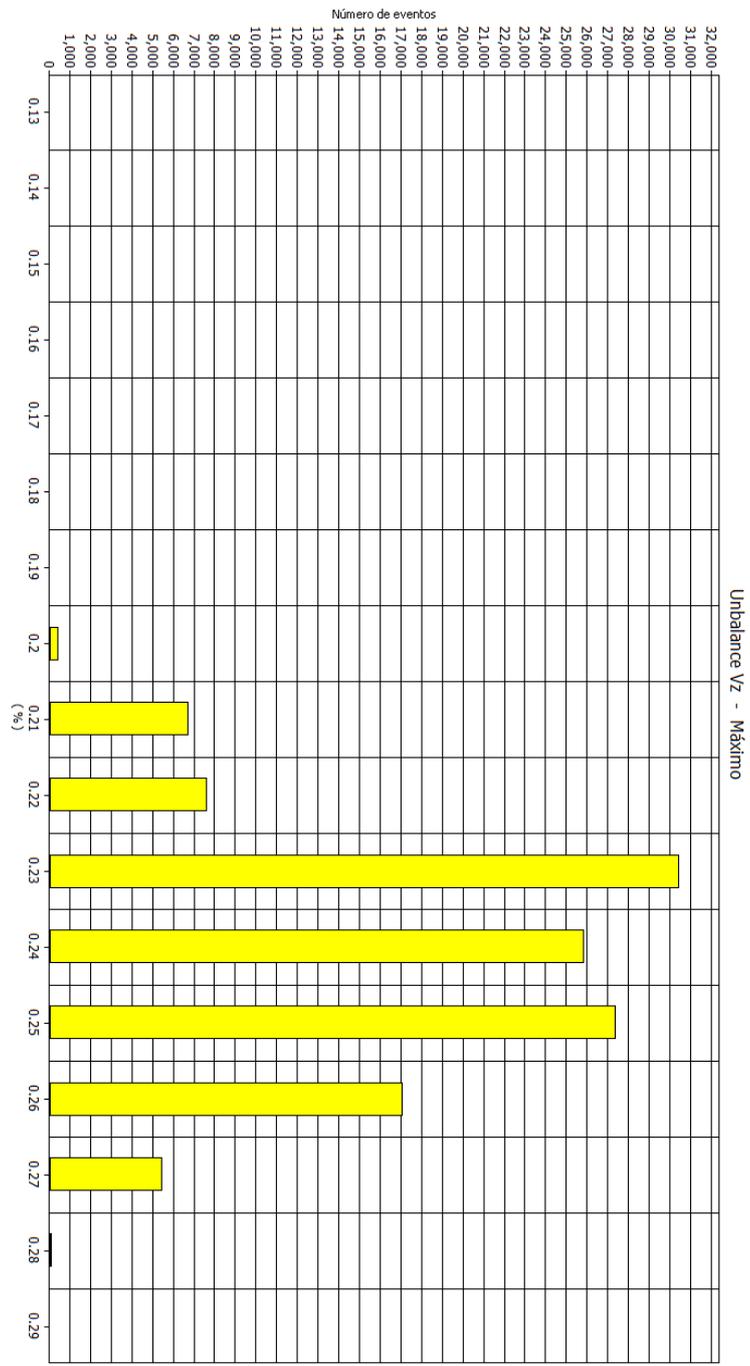
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 0.28 % |
| En | 06/02/2022 11:23:12 p. m. |
| Valor mínimo | 0.14 % |
| En | 07/02/2022 08:50:57 a. m. |
| μ (Med) | 0.240866 % |
| s | 0.0150443 % |
| 5% percentil | 0.21 % |
| 95% percentil | 0.26 % |
| % [85% - 10%] | 0 % |
| % [90% - 10%] | 0 % |

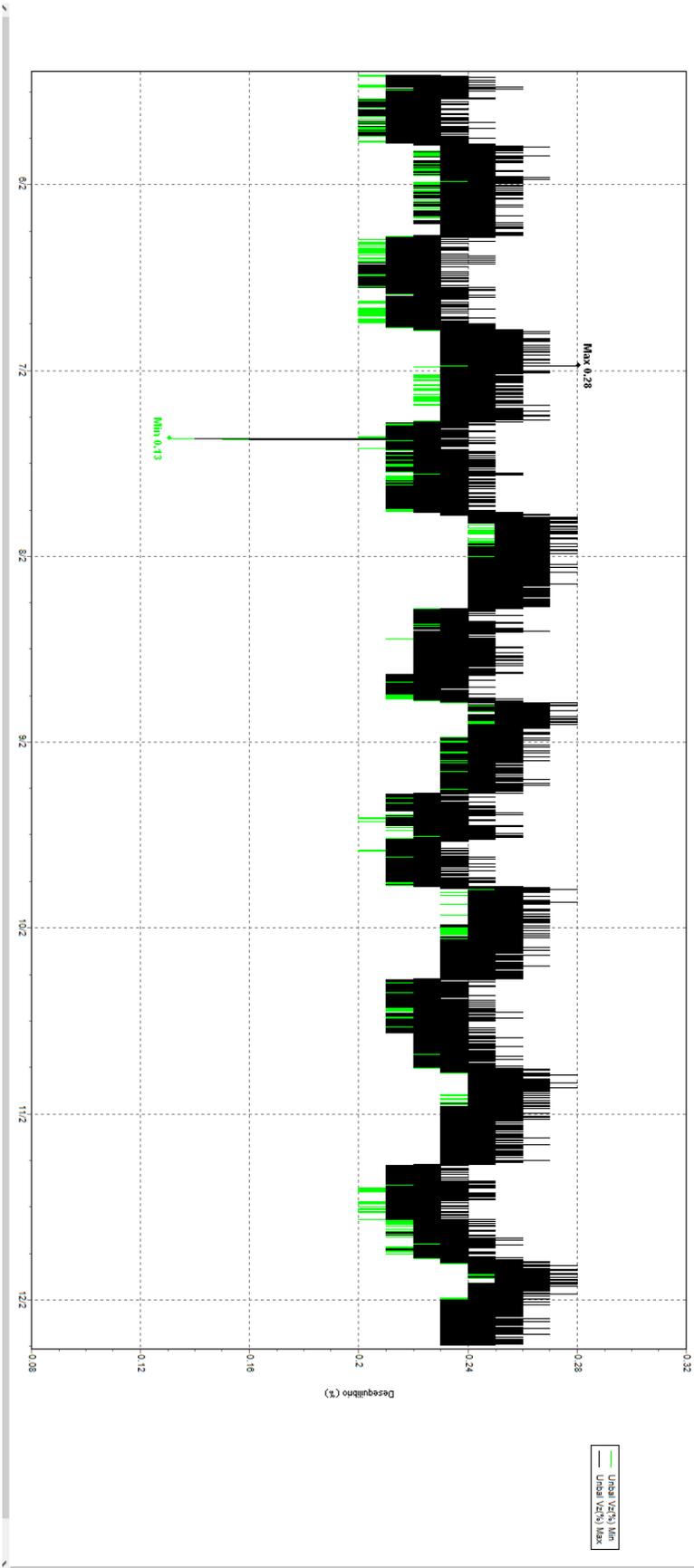
Valores extremos superiores

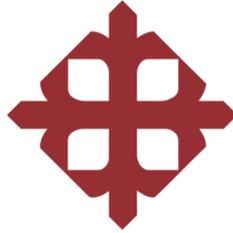
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 11/02/2022 11:16:02 p. m. | 0.28 |
| 11/02/2022 10:12:02 p. m. | 0.28 |
| 11/02/2022 10:02:37 p. m. | 0.28 |
| 11/02/2022 10:02:32 p. m. | 0.28 |
| 11/02/2022 09:52:32 p. m. | 0.28 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 07/02/2022 08:51:02 a. m. | 0.14 |
| 07/02/2022 08:50:57 a. m. | 0.14 |
| 07/02/2022 08:51:17 a. m. | 0.16 |
| 07/02/2022 08:51:12 a. m. | 0.16 |
| 07/02/2022 08:51:07 a. m. | 0.16 |







UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 1: Lecturas de Desbalance de Corriente

ANEXO I 1.8

Resumen

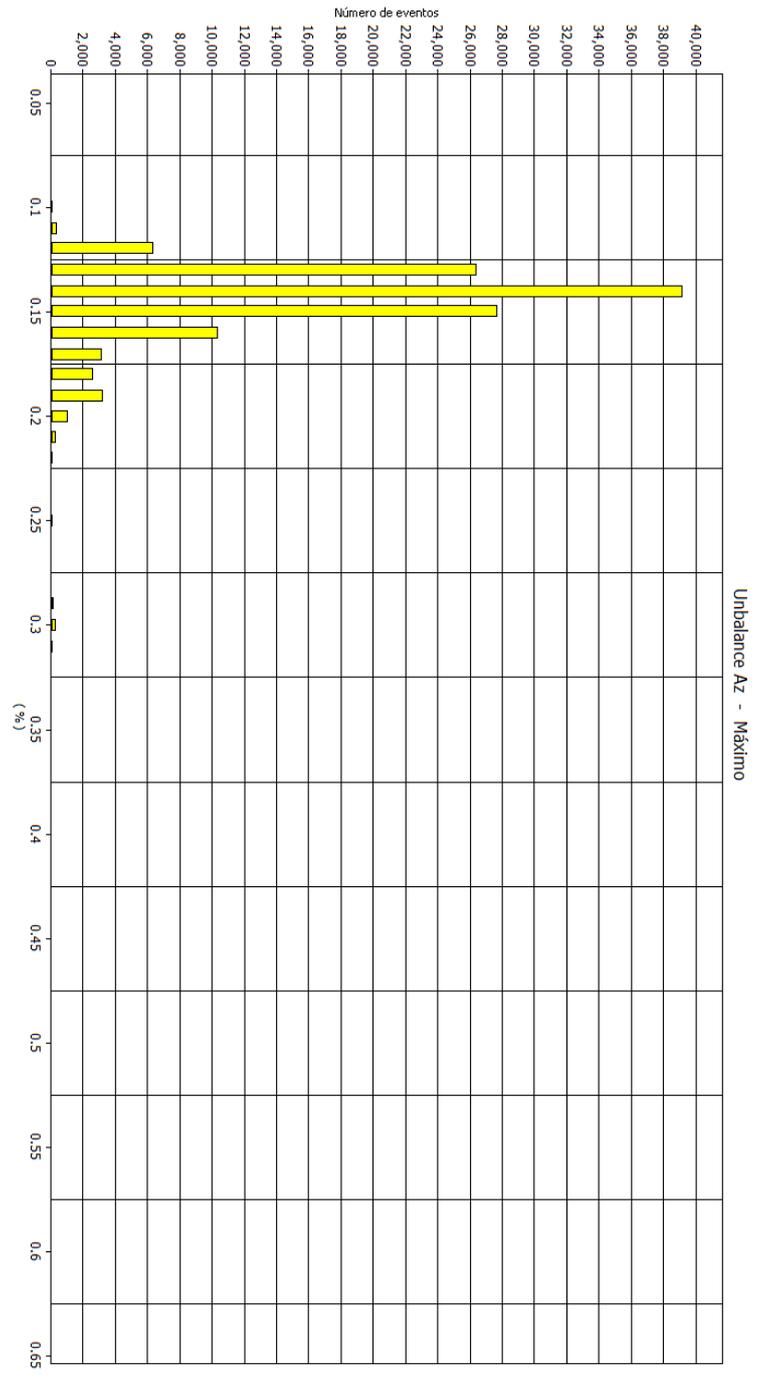
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 0.6 % |
| En | 09/02/2022 09:44:22 a. m. |
| Valor mínimo | 0.09 % |
| En | 07/02/2022 06:38:17 a. m. |
| μ (Med) | 0.145 % |
| σ | 0.0389311 % |
| 5% percentil | 0.12 % |
| 95% percentil | 0.18 % |
| % [85% - 110%] | 0 % |
| % [90% - 110%] | 0 % |

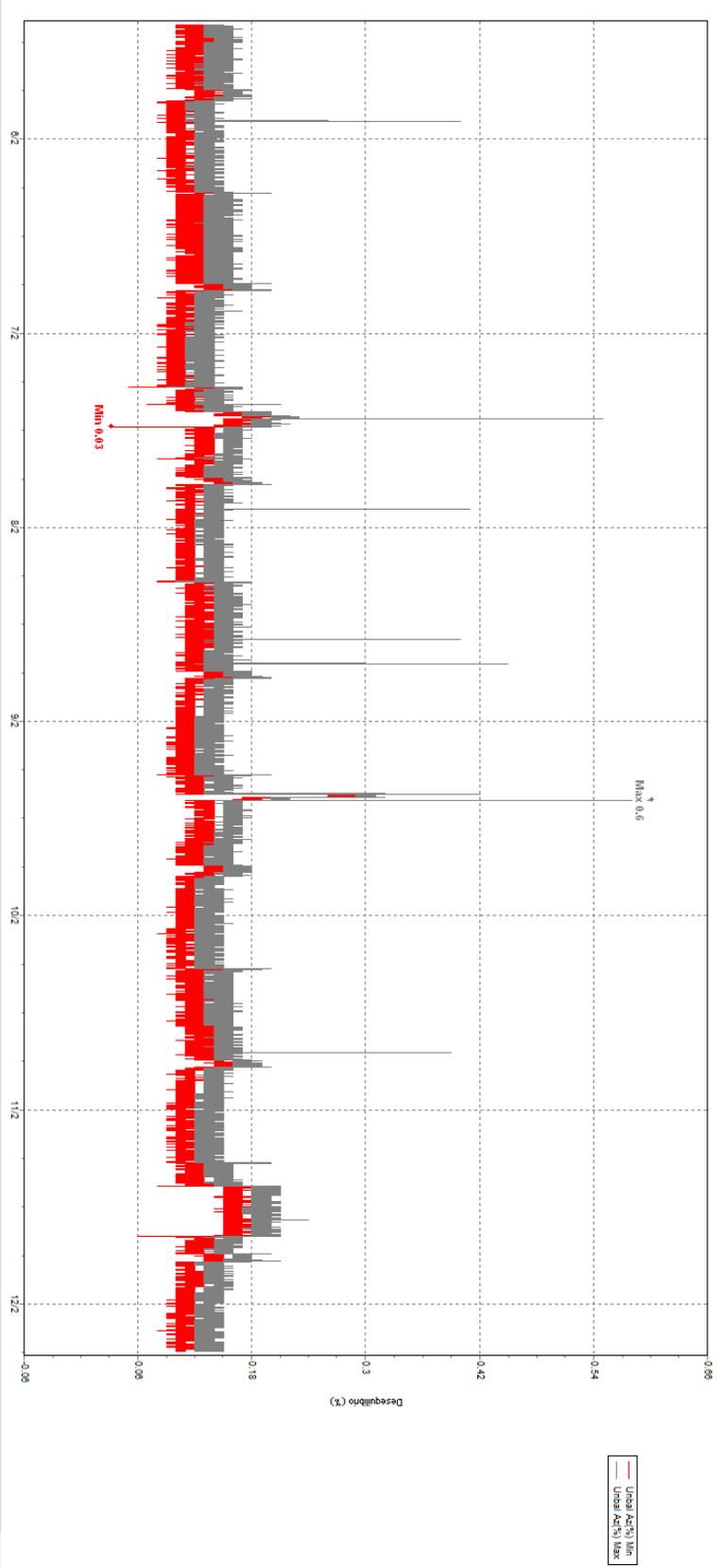
Valores extremos superiores

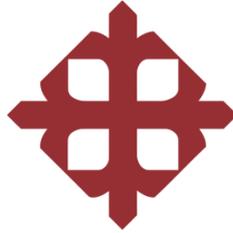
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 09/02/2022 09:44:22 a. m. | 0.6 |
| 09/02/2022 09:42:52 a. m. | 0.56 |
| 07/02/2022 10:31:42 a. m. | 0.55 |
| 09/02/2022 09:44:42 a. m. | 0.53 |
| 08/02/2022 04:55:07 p. m. | 0.45 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 12/02/2022 06:45:32 a. m. | 0.09 |
| 12/02/2022 06:44:57 a. m. | 0.09 |
| 12/02/2022 06:44:22 a. m. | 0.09 |
| 12/02/2022 06:41:32 a. m. | 0.09 |
| 12/02/2022 06:40:57 a. m. | 0.09 |







UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 1: Lecturas de Distorsión Armónica de Voltaje

ANEXO I 1.9

Resumen

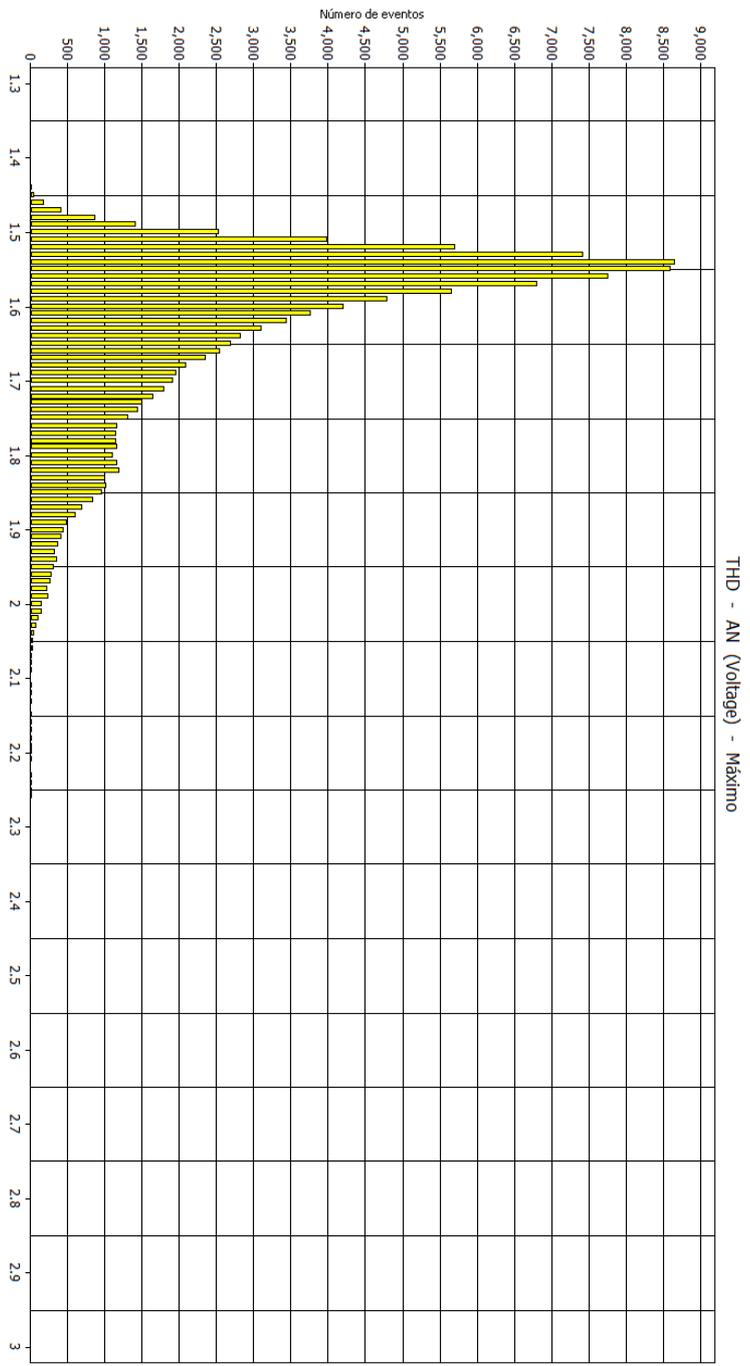
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 2.87 |
| En | 07/02/2022 08:50:47 a. m. |
| Valor mínimo | 1.43 |
| En | 07/02/2022 06:54:32 p. m. |
| L (Med) | 1.62823 |
| s | 0.115156 |
| 5% percentil | 1.51 |
| 95% percentil | 1.96 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 07/02/2022 08:50:47 a. m. | 2.87 |
| 07/02/2022 08:51:27 a. m. | 2.73 |
| 07/02/2022 08:51:32 a. m. | 2.46 |
| 07/02/2022 08:51:22 a. m. | 2.45 |
| 05/02/2022 01:36:52 p. m. | 2.37 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 10/02/2022 06:46:47 p. m. | 1.43 |
| 07/02/2022 06:54:32 p. m. | 1.43 |
| 09/02/2022 07:17:57 p. m. | 1.44 |
| 08/02/2022 10:07:42 p. m. | 1.44 |
| 08/02/2022 10:06:32 p. m. | 1.44 |



Resumen

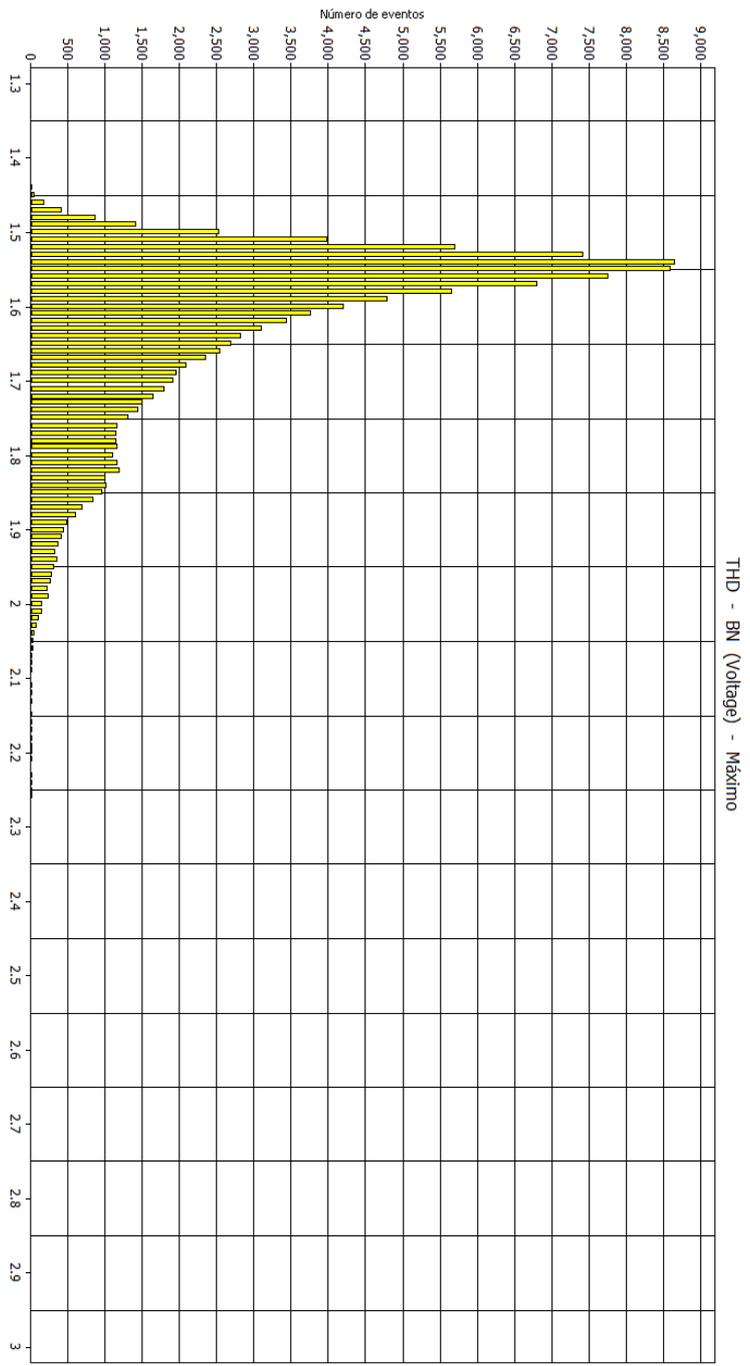
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 2.87 |
| En | 07/02/2022 08:50:47 a. m. |
| Valor mínimo | 1.43 |
| En | 07/02/2022 06:54:32 p. m. |
| u (Med) | 1.82623 |
| s | 0.115156 |
| 5% percentil | 1.51 |
| 95% percentil | 1.86 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 07/02/2022 08:50:47 a. m. | 2.87 |
| 07/02/2022 08:51:27 a. m. | 2.73 |
| 07/02/2022 08:51:32 a. m. | 2.46 |
| 07/02/2022 08:51:22 a. m. | 2.45 |
| 05/02/2022 01:36:52 p. m. | 2.37 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 10/02/2022 06:46:47 p. m. | 1.43 |
| 07/02/2022 06:54:32 p. m. | 1.43 |
| 09/02/2022 07:17:57 p. m. | 1.44 |
| 08/02/2022 10:07:42 p. m. | 1.44 |
| 08/02/2022 10:06:32 p. m. | 1.44 |



Resumen

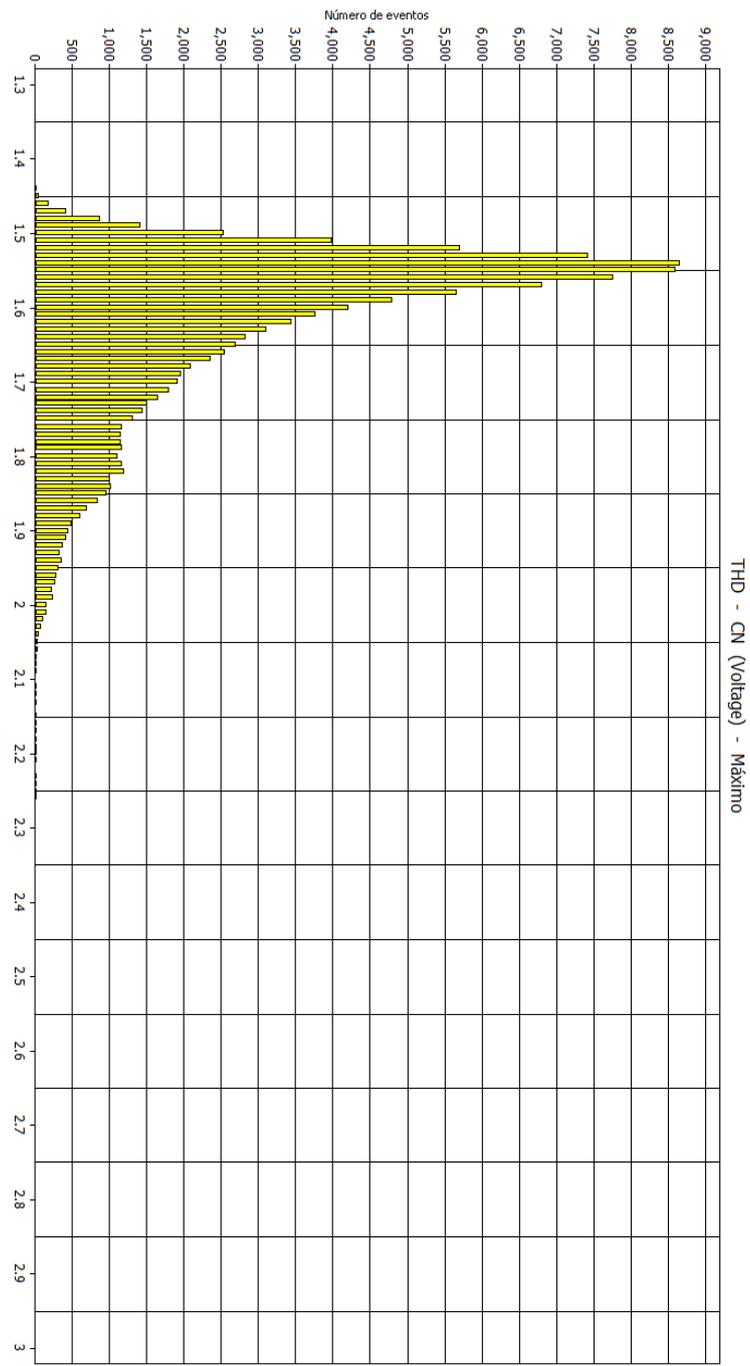
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 2.87 |
| En | 07/02/2022 08:50:47 a. m. |
| Valor mínimo | 1.43 |
| En | 07/02/2022 06:54:32 p. m. |
| μ (Med) | 1.62623 |
| σ | 0.115196 |
| 5% percentil | 1.51 |
| 95% percentil | 1.86 |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 07/02/2022 08:50:47 a. m. | 2.87 |
| 07/02/2022 08:51:27 a. m. | 2.73 |
| 07/02/2022 08:51:32 a. m. | 2.46 |
| 07/02/2022 08:51:22 a. m. | 2.45 |
| 05/02/2022 01:56:52 p. m. | 2.37 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 10/02/2022 06:46:47 p. m. | 1.43 |
| 07/02/2022 06:54:32 p. m. | 1.43 |
| 09/02/2022 07:17:57 p. m. | 1.44 |
| 08/02/2022 10:07:42 p. m. | 1.44 |
| 08/02/2022 10:06:32 p. m. | 1.44 |



Resumen

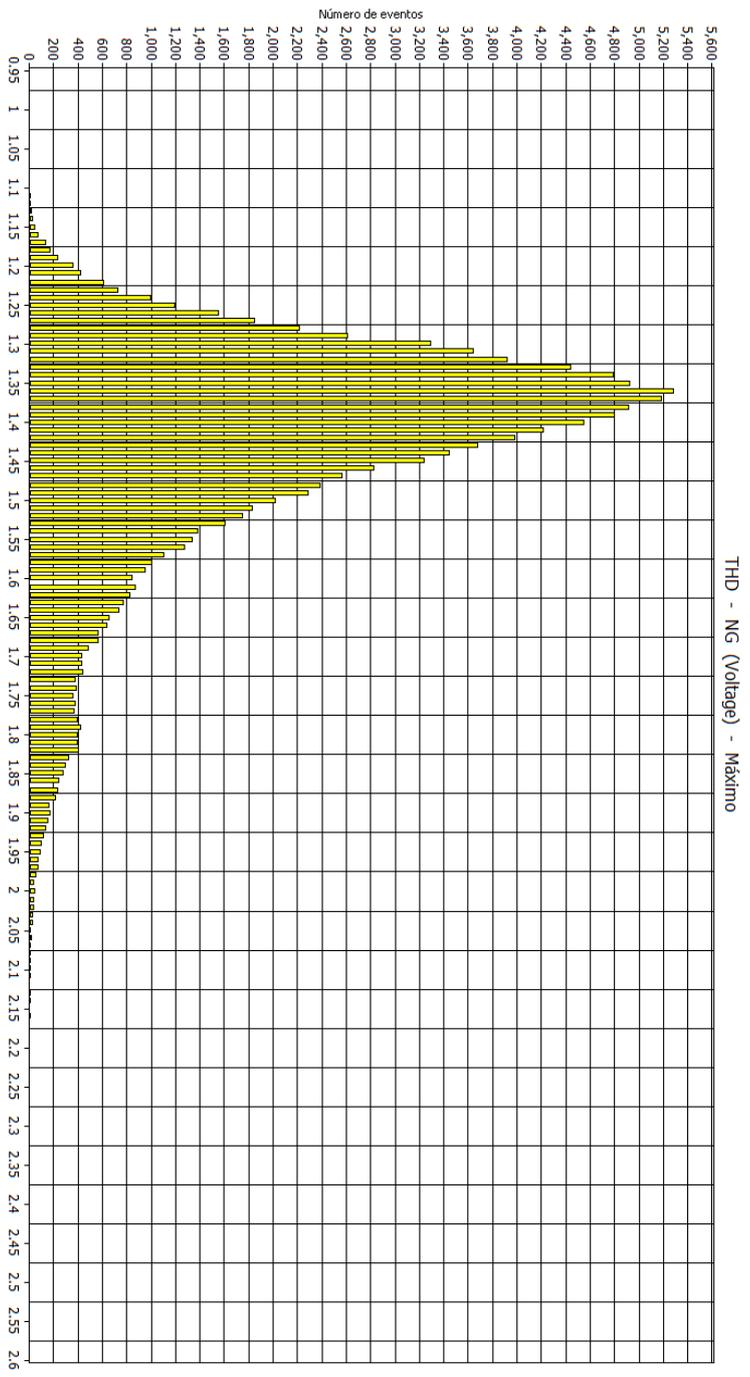
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 2.46 |
| En | 07/02/2022 08:51:27 a. m. |
| Valor mínimo | 1.09 |
| En | 05/02/2022 11:48:47 a. m. |
| U (Med) | 1.43354 |
| s | 0.144067 |
| 5% percentil | 1.26 |
| 95% percentil | 1.75 |
| % [95% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

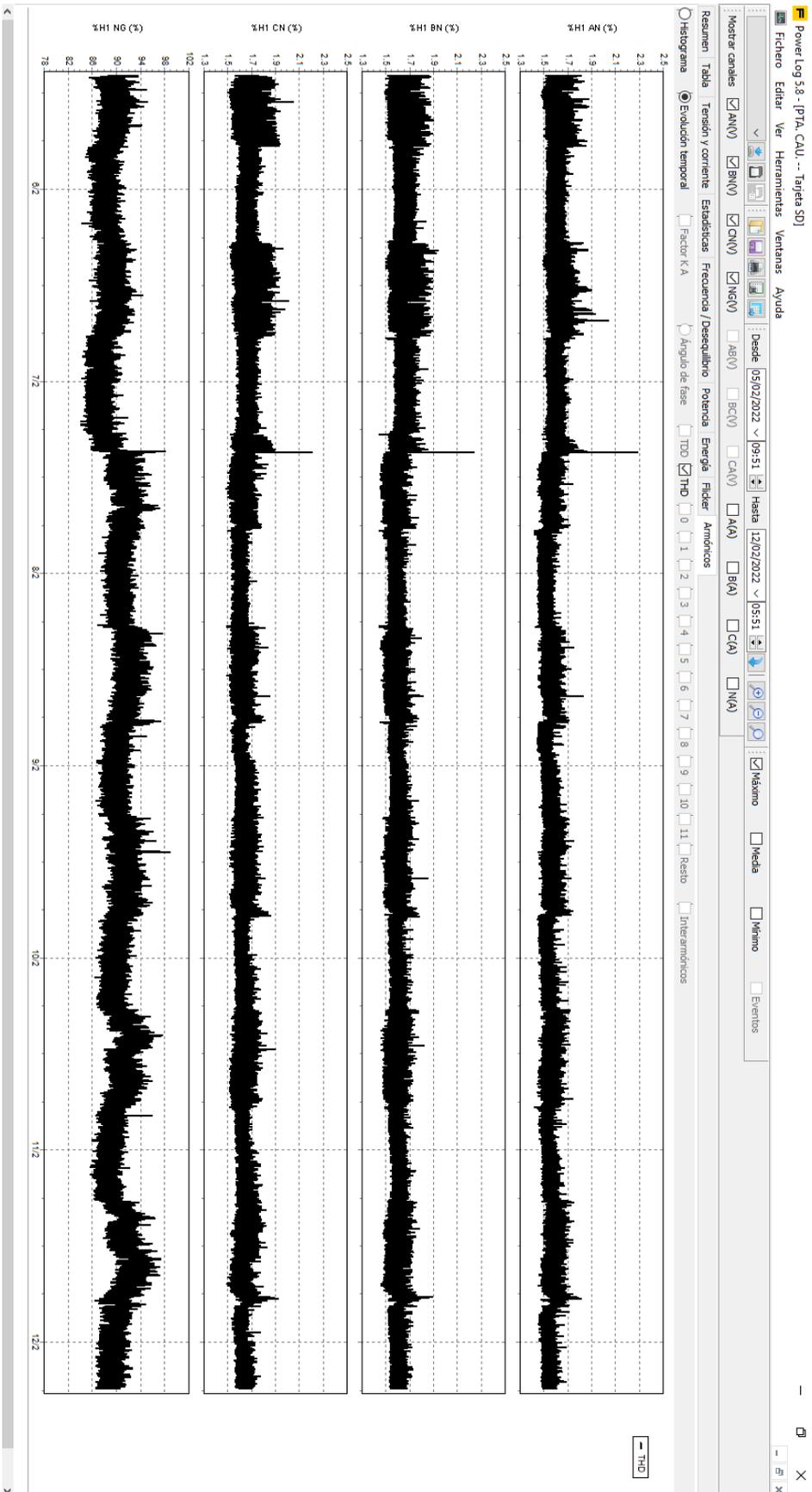
Valores extremos superiores

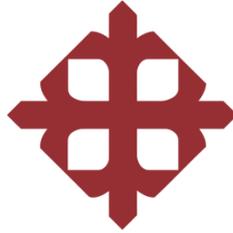
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 07/02/2022 08:51:27 a. m. | 2.46 |
| 07/02/2022 08:50:47 a. m. | 2.39 |
| 11/02/2022 07:48:22 a. m. | 2.34 |
| 06/02/2022 03:01:37 p. m. | 2.26 |
| 05/02/2022 11:56:22 a. m. | 2.25 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 07/02/2022 08:51:12 a. m. | 1.09 |
| 05/02/2022 11:48:47 a. m. | 1.09 |
| 06/02/2022 03:02:22 p. m. | 1.1 |
| 05/02/2022 05:34:17 p. m. | 1.1 |
| 10/02/2022 03:24:02 p. m. | 1.11 |







UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 1: Lecturas de Distorsión Armónica de Corriente

ANEXO I 1.10

Resumen

| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 2,46 |
| En | 07/02/2022 08:51:27 a. m. |
| Valor mínimo | 1,09 |
| En | 05/02/2022 11:48:47 a. m. |
| u (Med) | 1,43354 |
| s | 0,144057 |
| 5% percentil | 1,26 |
| 95% percentil | 1,75 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

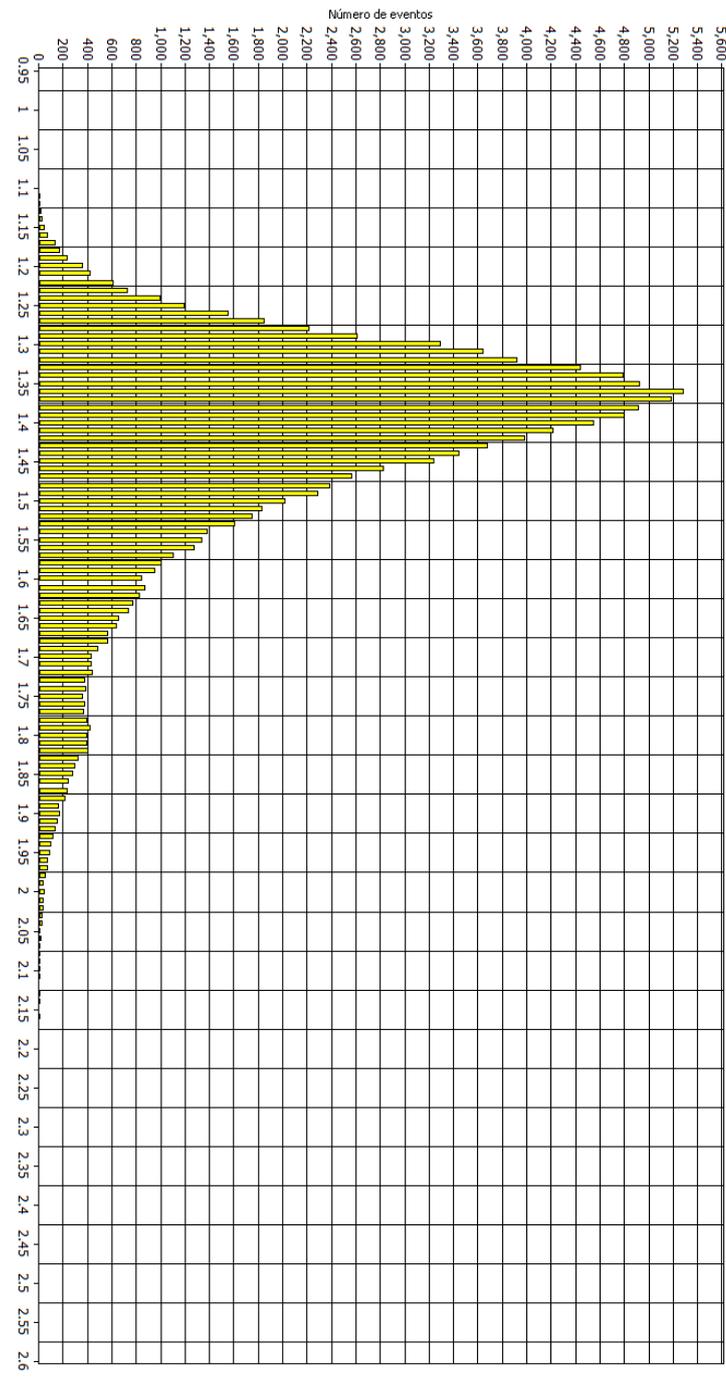
Valores extremos superiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 07/02/2022 08:51:27 a. m. | 2,46 |
| 07/02/2022 08:50:47 a. m. | 2,39 |
| 11/02/2022 07:48:22 a. m. | 2,34 |
| 06/02/2022 03:01:37 p. m. | 2,26 |
| 05/02/2022 11:56:22 a. m. | 2,25 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 07/02/2022 08:51:12 a. m. | 1,09 |
| 05/02/2022 11:48:47 a. m. | 1,09 |
| 06/02/2022 03:02:22 p. m. | 1,1 |
| 05/02/2022 05:34:17 p. m. | 1,1 |
| 10/02/2022 03:24:02 p. m. | 1,11 |

THD - A (Current) - Máximo



Resumen

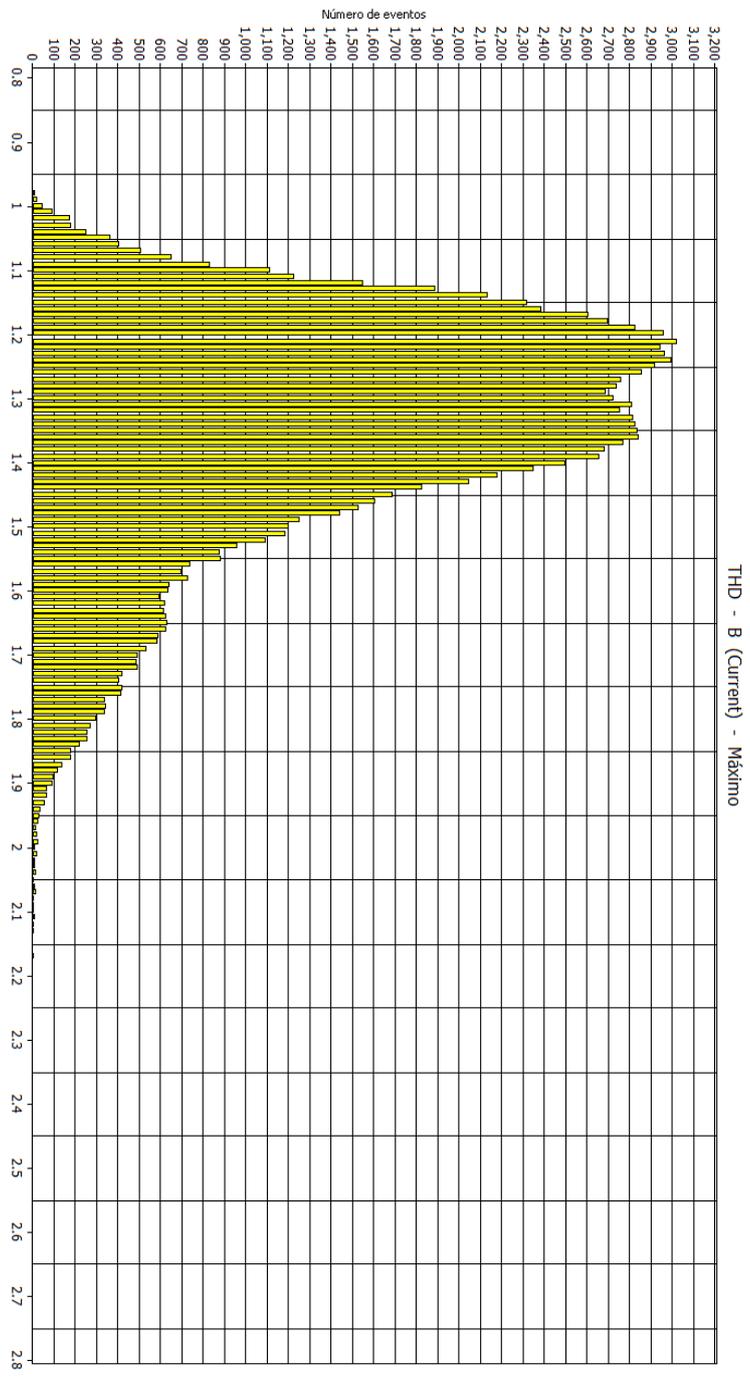
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 2.63 |
| En | 07/02/2022 08:51:27 a. m. |
| Valor mínimo | 0.96 |
| En | 08/02/2022 08:10:42 p. m. |
| U (Med) | 1.39816 |
| s | 0.178121 |
| 5% percentil | 1.12 |
| 95% percentil | 1.71 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 07/02/2022 08:51:27 a. m. | 2.63 |
| 07/02/2022 08:50:47 a. m. | 2.6 |
| 08/02/2022 03:29:12 p. m. | 2.28 |
| 07/02/2022 08:51:32 a. m. | 2.27 |
| 08/02/2022 03:25:07 p. m. | 2.26 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 08/02/2022 08:10:42 p. m. | 0.96 |
| 11/02/2022 08:53:22 p. m. | 0.98 |
| 09/02/2022 09:50:47 p. m. | 0.98 |
| 08/02/2022 08:10:02 p. m. | 0.98 |
| 08/02/2022 07:52:07 p. m. | 0.98 |



Resumen

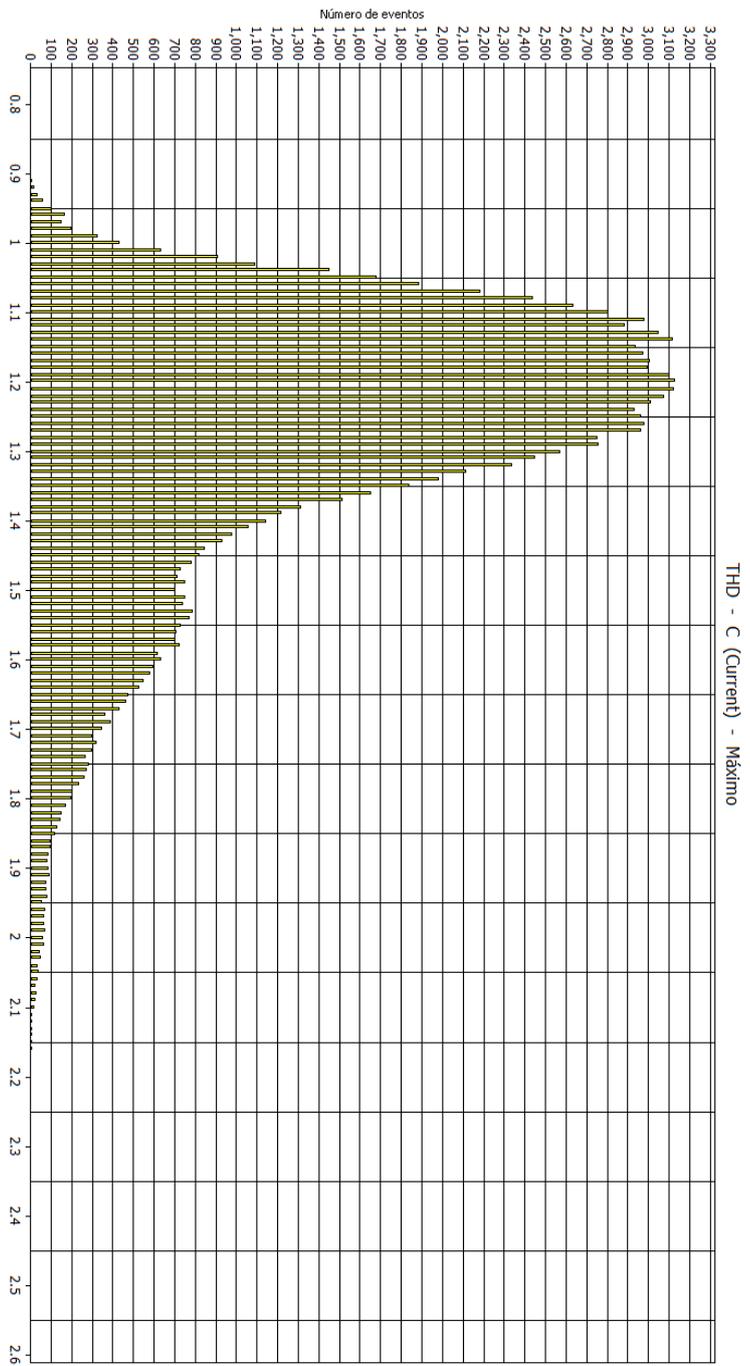
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 2.45 |
| En | 07/02/2022 08:50:47 a. m. |
| Valor mínimo | 0.91 |
| En | 08/02/2022 03:40:52 a. m. |
| μ (Med) | 1.28172 |
| s | 0.193302 |
| 5% percentil | 1.05 |
| 95% percentil | 1.67 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|--------------------------------|-------|
| 07/02/2022 08:50:47 a. m. 2:45 | 1,900 |
| 07/02/2022 08:51:27 a. m. 2:41 | 1,700 |
| 07/02/2022 10:41:52 a. m. 2:24 | 4,600 |
| 05/02/2022 11:56:22 a. m. 2:23 | 1,500 |
| 09/02/2022 02:07:27 p. m. 2:22 | 1,400 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|--------------------------------|-------|
| 08/02/2022 05:53:22 a. m. 0:91 | 0,91 |
| 08/02/2022 05:59:22 a. m. 0:91 | 0,91 |
| 08/02/2022 03:40:52 a. m. 0:91 | 0,91 |
| 11/02/2022 09:10:02 p. m. 0:92 | 0,92 |
| 09/02/2022 09:16:17 p. m. 0:92 | 0,92 |



Resumen

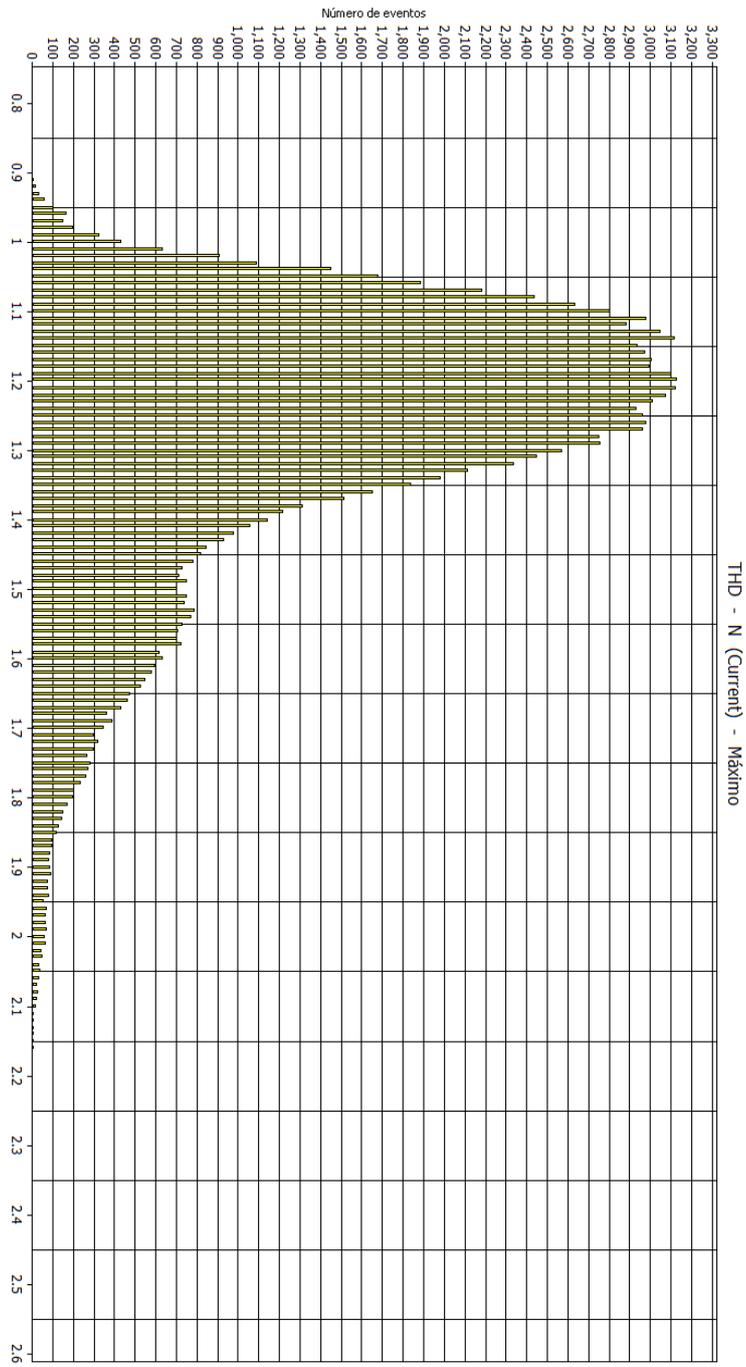
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 2.45 |
| En | 07/02/2022 08:50:47 a. m. |
| Valor mínimo | 0.91 |
| En | 08/02/2022 03:40:52 a. m. |
| μ (Med) | 1.28172 |
| s | 0.193302 |
| 5% percentil | 1.05 |
| 95% percentil | 1.67 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 07/02/2022 08:50:47 a. m. | 2.45 |
| 07/02/2022 08:51:27 a. m. | 2.41 |
| 07/02/2022 10:41:52 a. m. | 2.24 |
| 05/02/2022 11:56:22 a. m. | 2.23 |
| 09/02/2022 02:07:27 p. m. | 2.22 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 08/02/2022 05:53:22 a. m. | 0.91 |
| 08/02/2022 05:39:22 a. m. | 0.91 |
| 08/02/2022 03:40:52 a. m. | 0.91 |
| 11/02/2022 09:10:03 p. m. | 0.92 |
| 09/02/2022 09:16:17 p. m. | 0.92 |



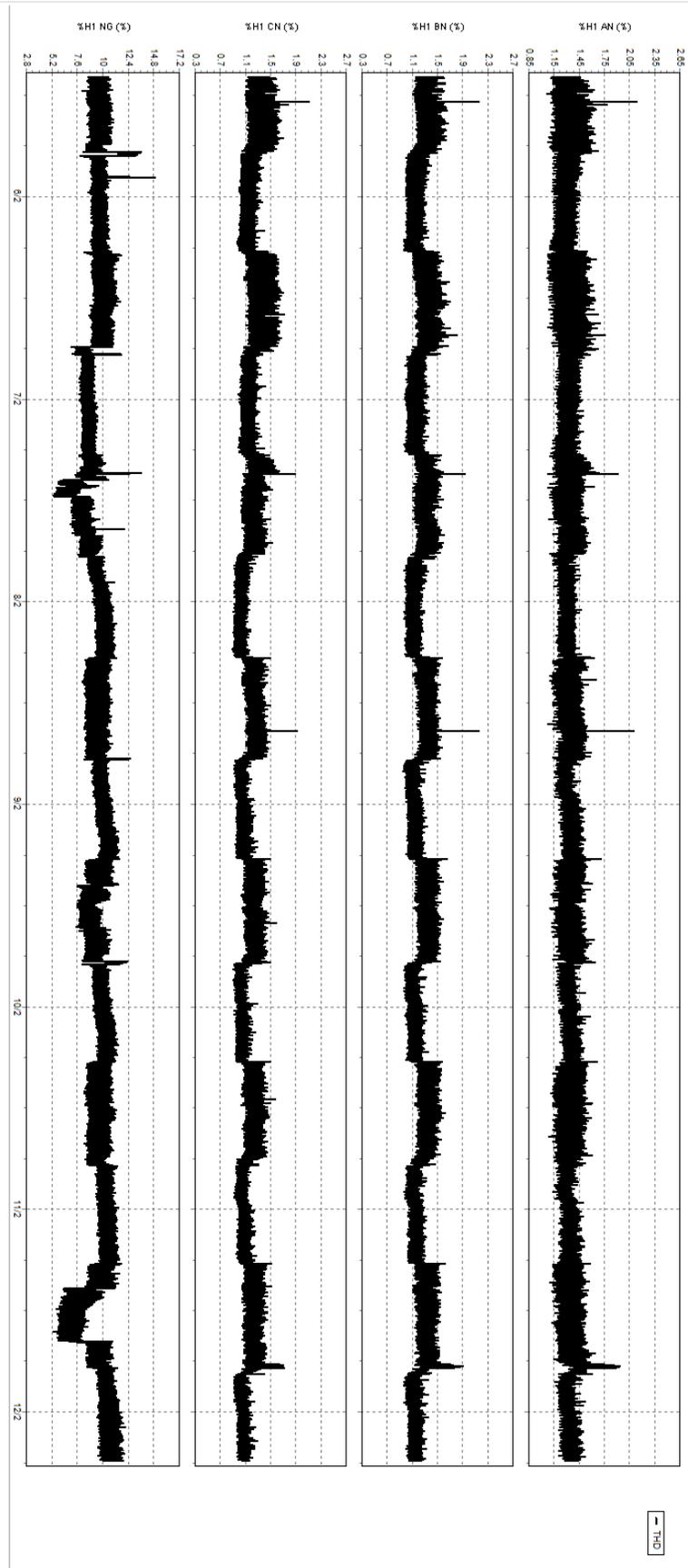
Mostrar canales AN(V) BN(V) CN(V) NG(V) AG(V) BC(V) CA(V) AA BA CA NA

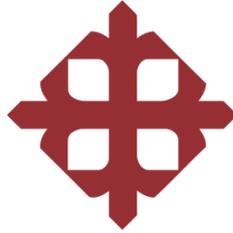
Resumen Tabla Tensión y corriente Estadísticas Frecuencia / Desequilibrio Potencia Energía Fílder Armónicos

Desde 05/02/2022 09:51 Hasta 12/02/2022 05:51

Maximo Media Minimo Eventos

Factor KA Ángulo de fase THD TDD 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 Resto Interarmónicos





UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 1: Lecturas de Eventos (transientes, flicker)

ANEXO I 1.11

Resumen

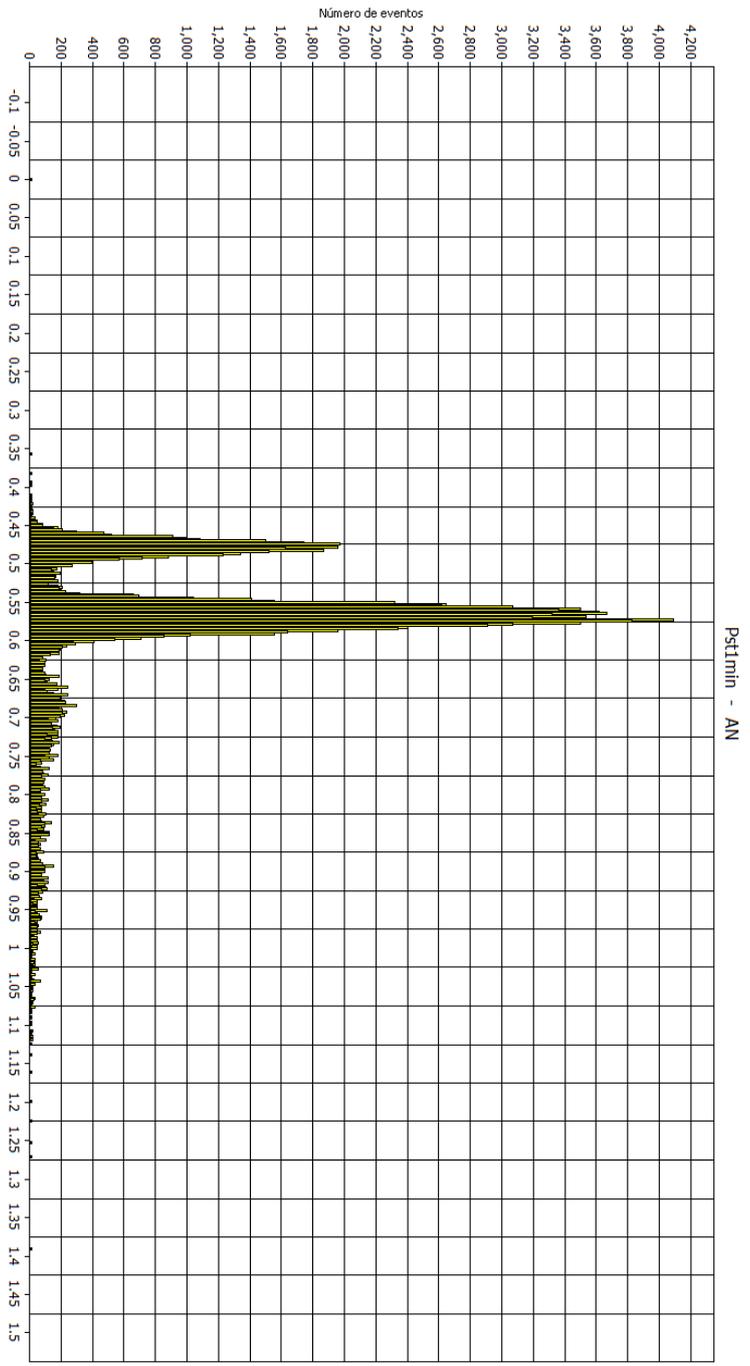
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 1.392 |
| En | 05/02/2022 11:26:37 a. m. |
| Valor mínimo | 0 |
| En | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| u (Med) | 0.584809 |
| s | 0.108367 |
| 5% percentil | 0.471 |
| 95% percentil | 0.842 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 05/02/2022 11:27:27 a. m. | 1.392 |
| 05/02/2022 11:27:22 a. m. | 1.392 |
| 05/02/2022 11:27:17 a. m. | 1.392 |
| 05/02/2022 11:27:12 a. m. | 1.392 |
| 05/02/2022 11:27:07 a. m. | 1.392 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 05/02/2022 09:52:27 a. m. | 0 |
| 05/02/2022 09:52:22 a. m. | 0 |
| 05/02/2022 09:52:17 a. m. | 0 |
| 05/02/2022 09:52:12 a. m. | 0 |
| 05/02/2022 09:52:07 a. m. | 0 |



Resumen

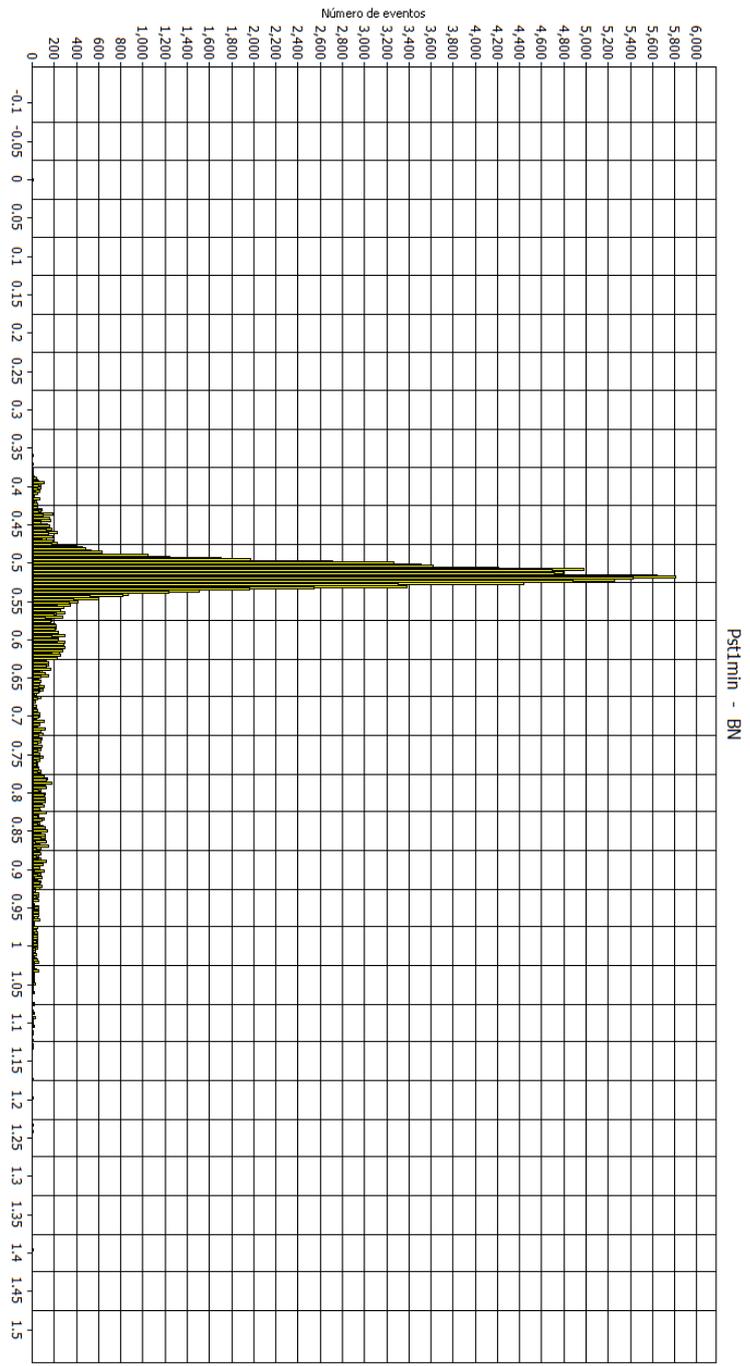
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 1.397 |
| En | 05/02/2022 11:26:37 a. m. |
| Valor mínimo | 0 |
| En | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| μ (Med) | 0.552497 |
| σ | 0.105897 |
| 5% percentil | 0.466 |
| 95% percentil | 0.63 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 05/02/2022 11:27:27 a. m. | 1.397 |
| 05/02/2022 11:27:22 a. m. | 1.397 |
| 05/02/2022 11:27:17 a. m. | 1.397 |
| 05/02/2022 11:27:12 a. m. | 1.397 |
| 05/02/2022 11:27:07 a. m. | 1.397 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 05/02/2022 09:52:27 a. m. | 0 |
| 05/02/2022 09:52:22 a. m. | 0 |
| 05/02/2022 09:52:17 a. m. | 0 |
| 05/02/2022 09:52:12 a. m. | 0 |
| 05/02/2022 09:52:07 a. m. | 0 |



Resumen

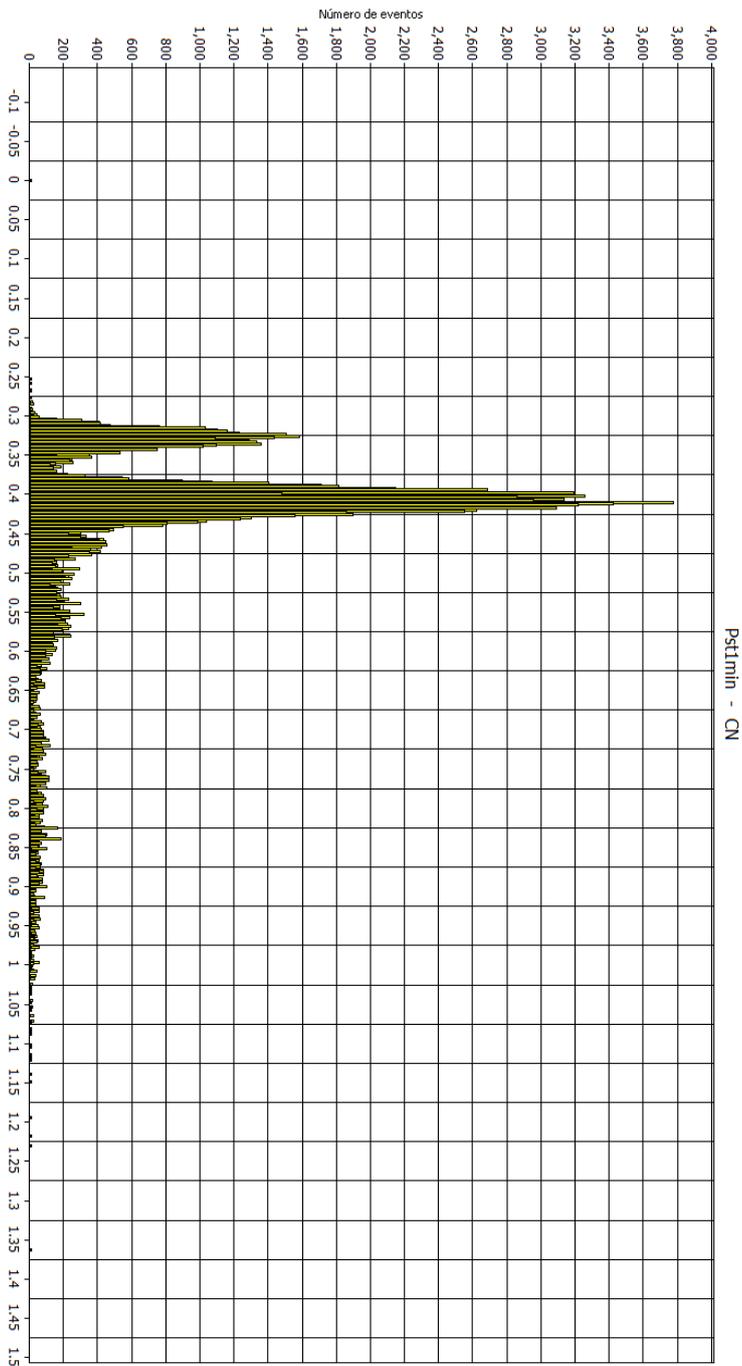
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| Hasta | 12/02/2022 09:51:32 a. m. |
| Valor máximo | 1.364 |
| En | 05/02/2022 11:26:37 a. m. |
| Valor mínimo | 0 |
| En | 05/02/2022 09:51:37 a. m. |
| L (Med) | 0.4466 |
| s | 0.133732 |
| 5% percentil | 0.321 |
| 95% percentil | 0.786 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

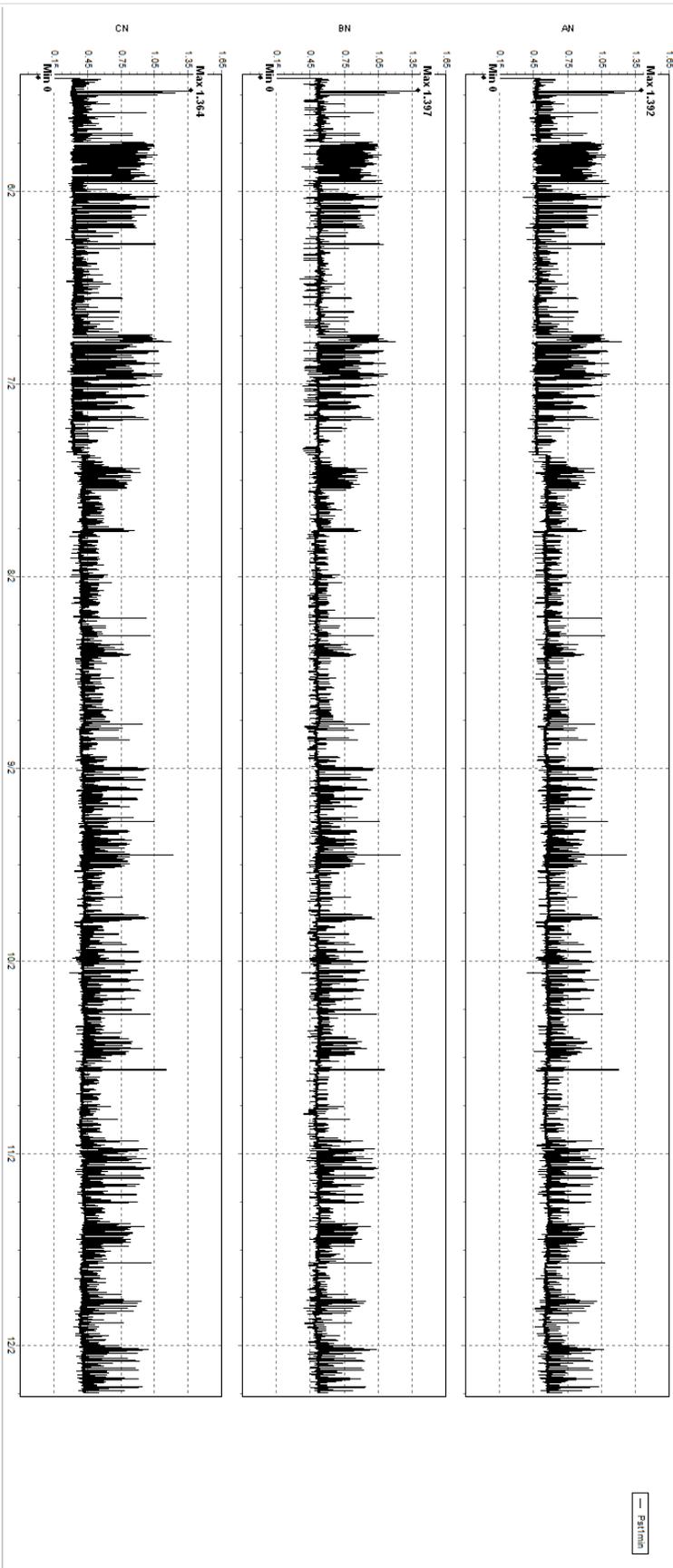
Valores extremos superiores

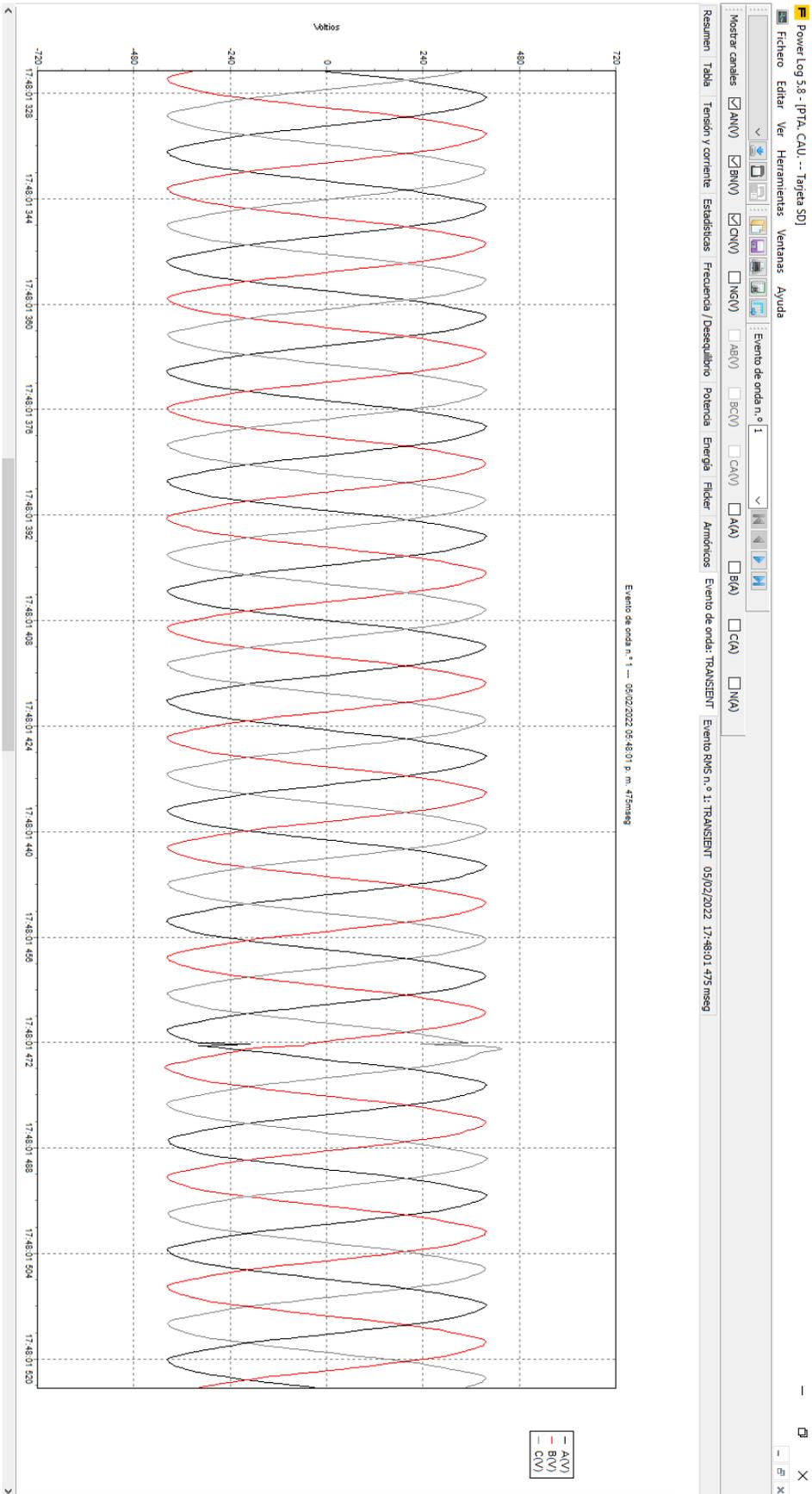
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 05/02/2022 11:27:27 a. m. | 1.364 |
| 05/02/2022 11:27:22 a. m. | 1.364 |
| 05/02/2022 11:27:17 a. m. | 1.364 |
| 05/02/2022 11:27:12 a. m. | 1.364 |
| 05/02/2022 11:27:07 a. m. | 1.364 |

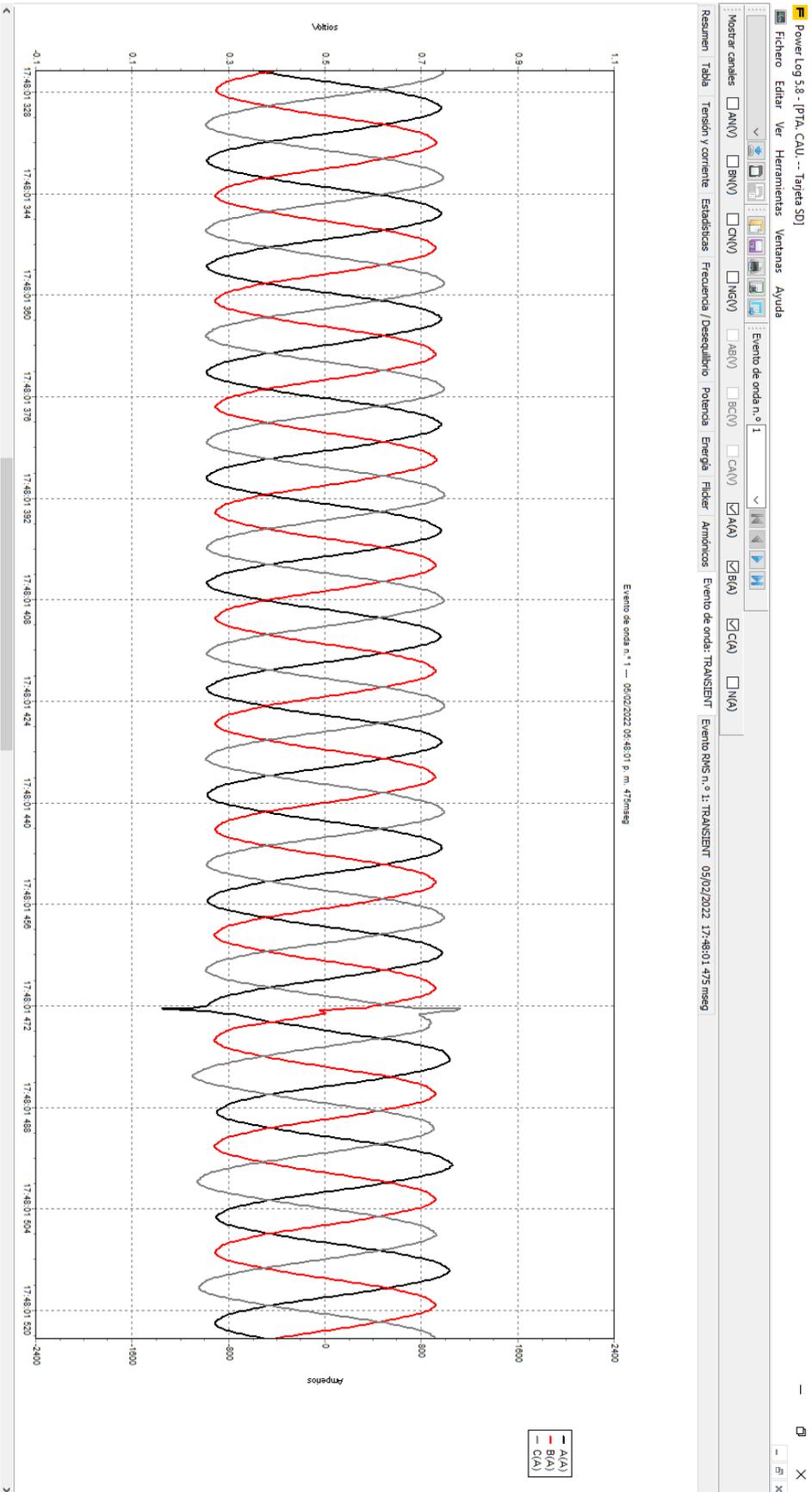
Valores extremos inferiores

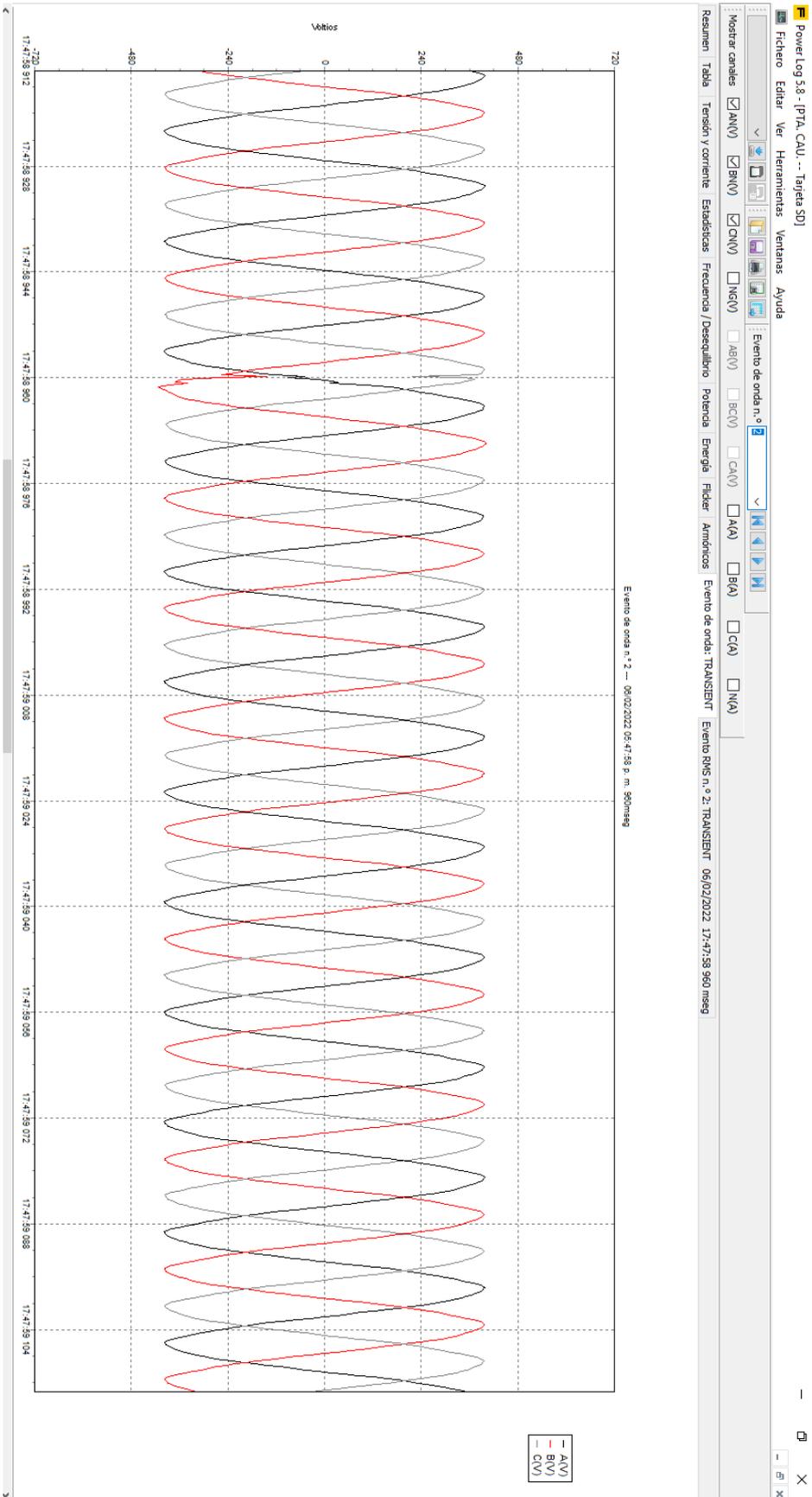
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 05/02/2022 09:52:27 a. m. | 0 |
| 05/02/2022 09:52:22 a. m. | 0 |
| 05/02/2022 09:52:17 a. m. | 0 |
| 05/02/2022 09:52:12 a. m. | 0 |
| 05/02/2022 09:52:07 a. m. | 0 |

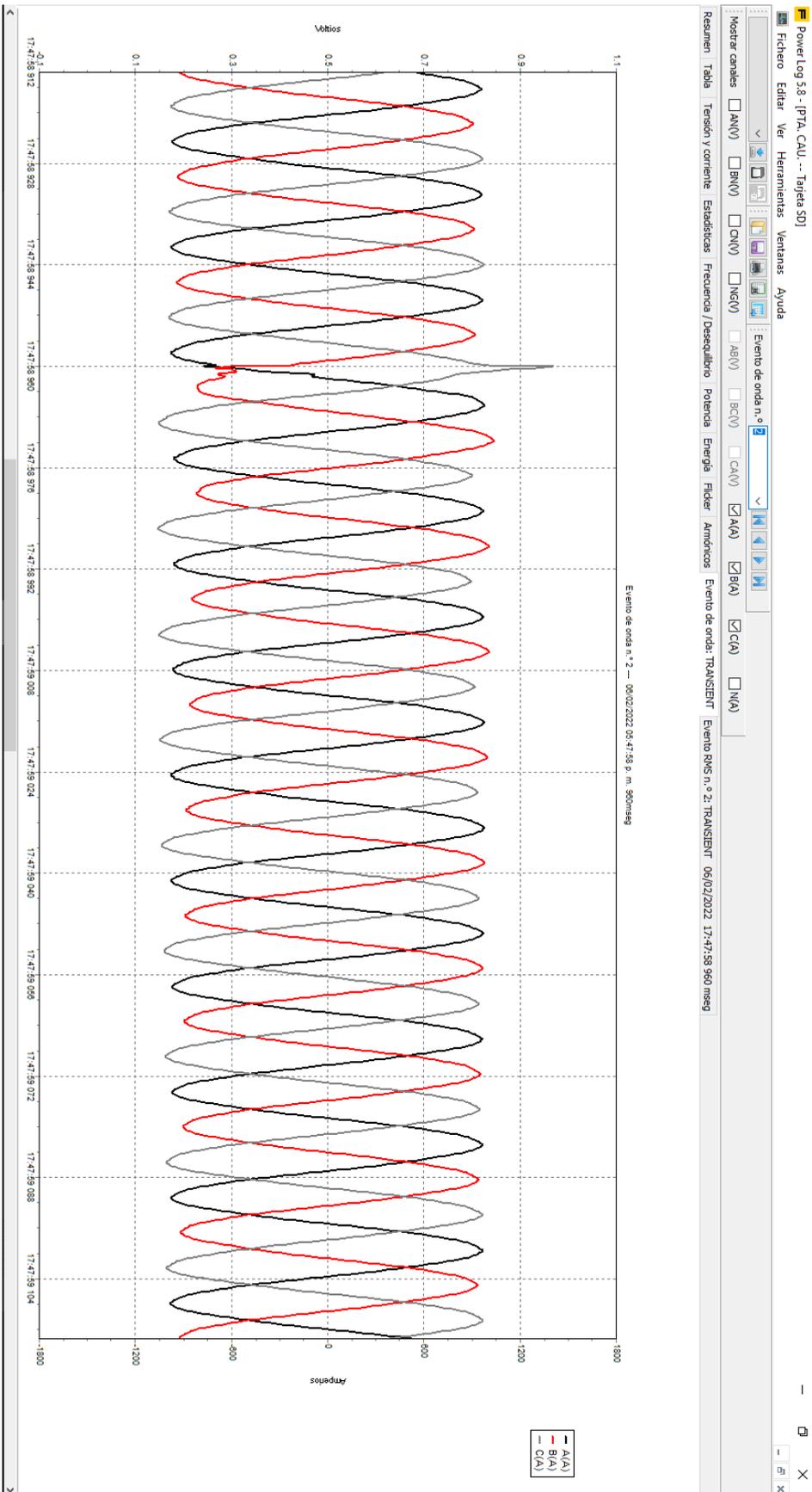


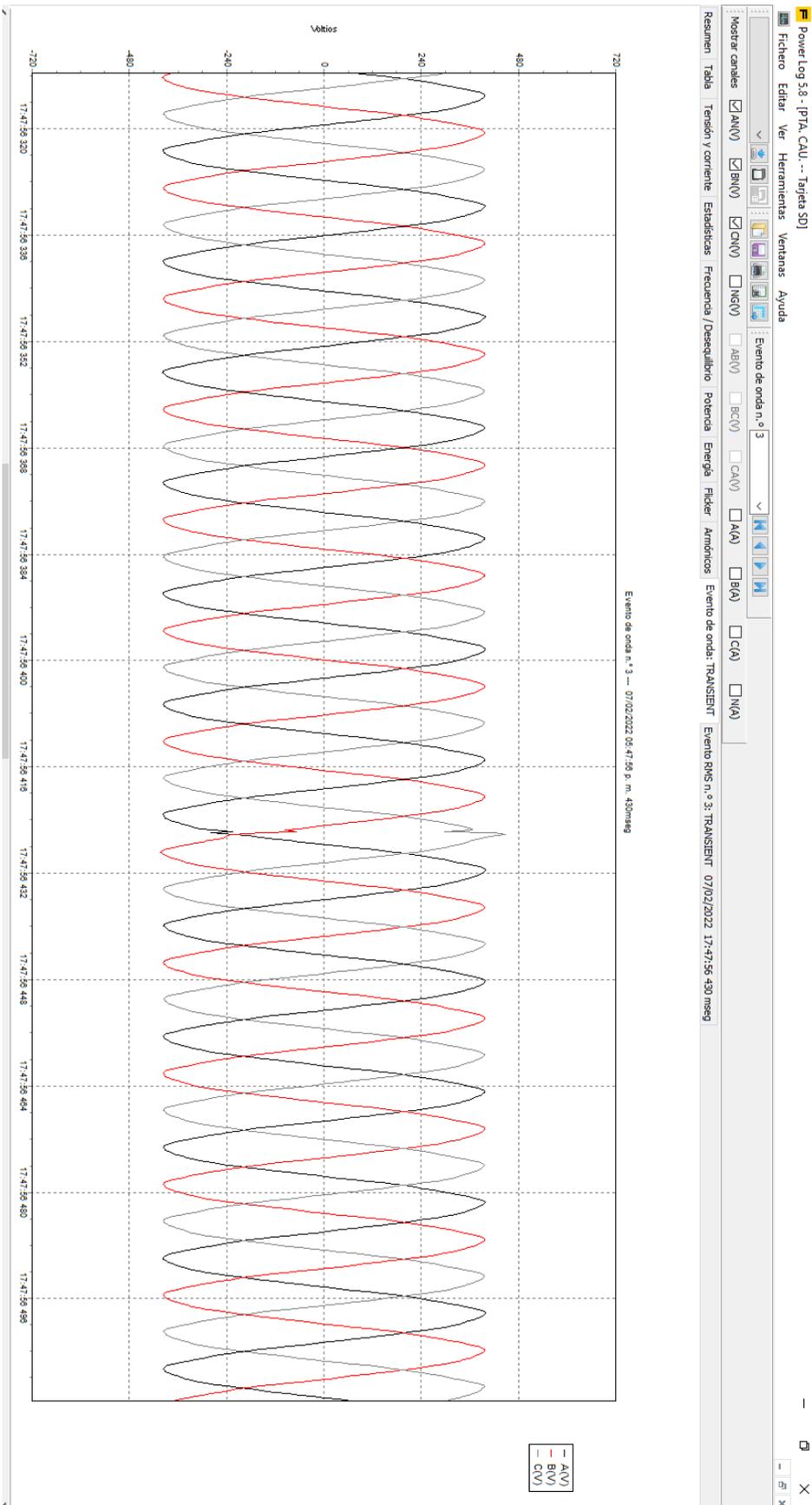


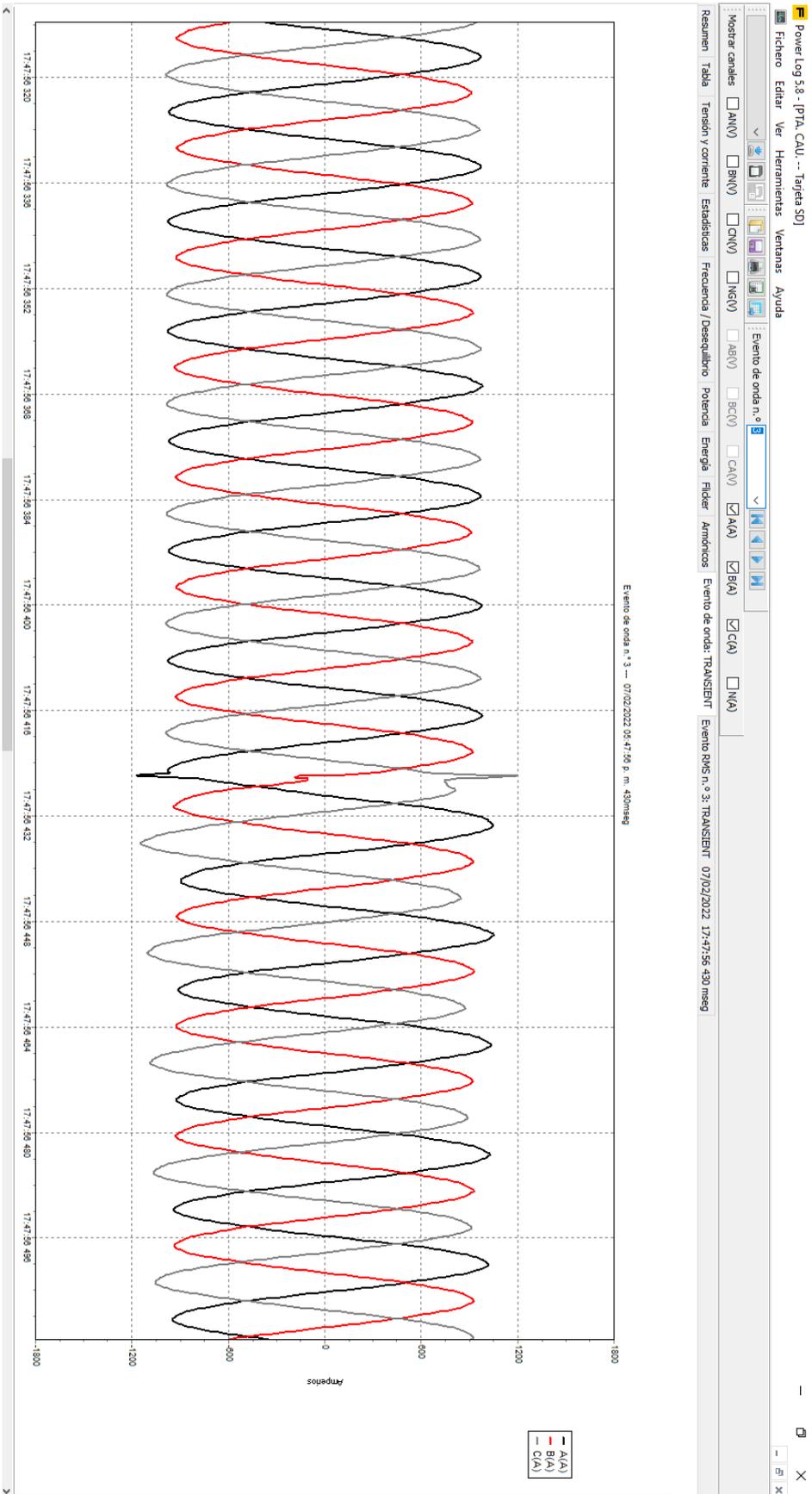


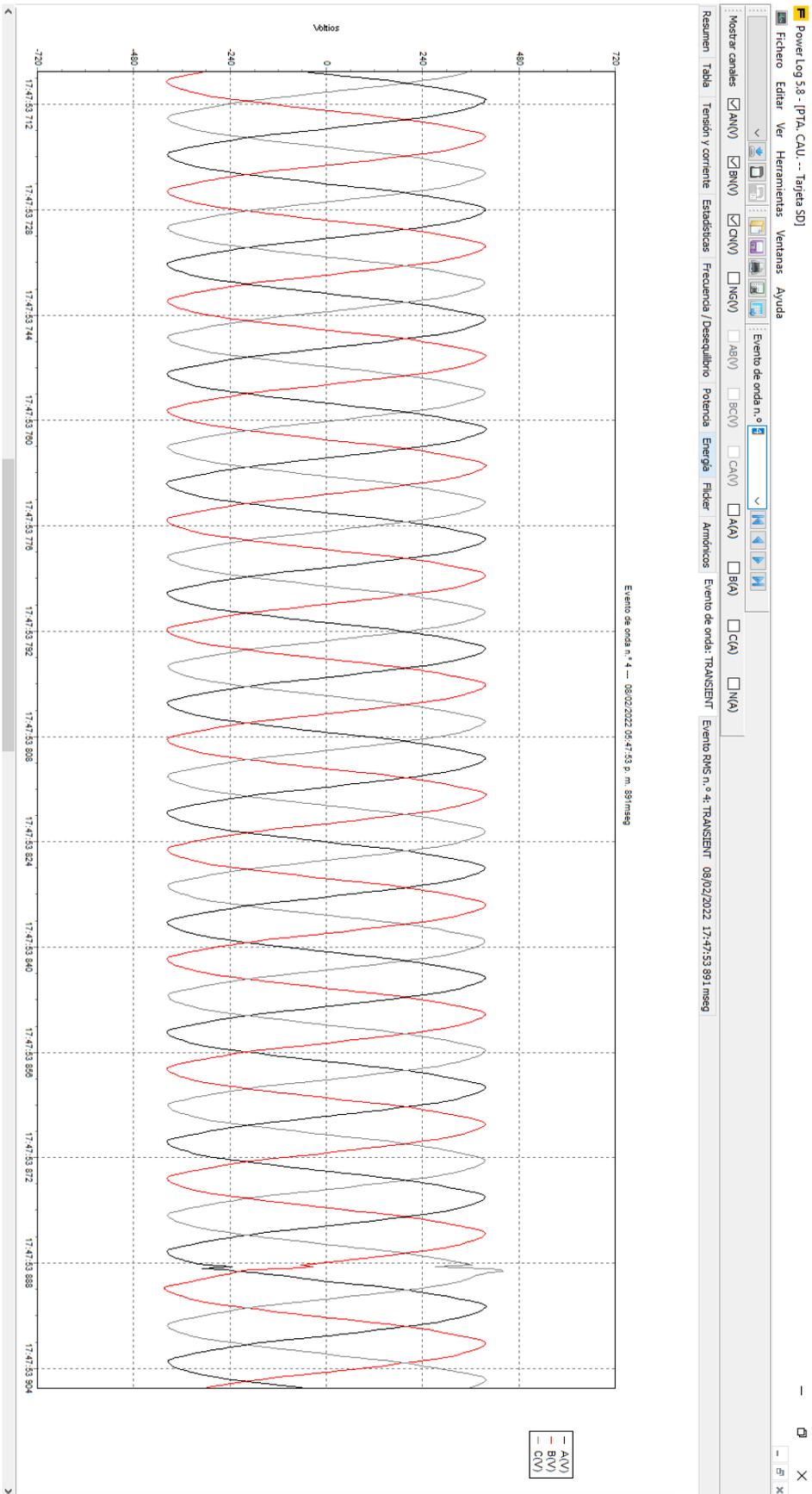


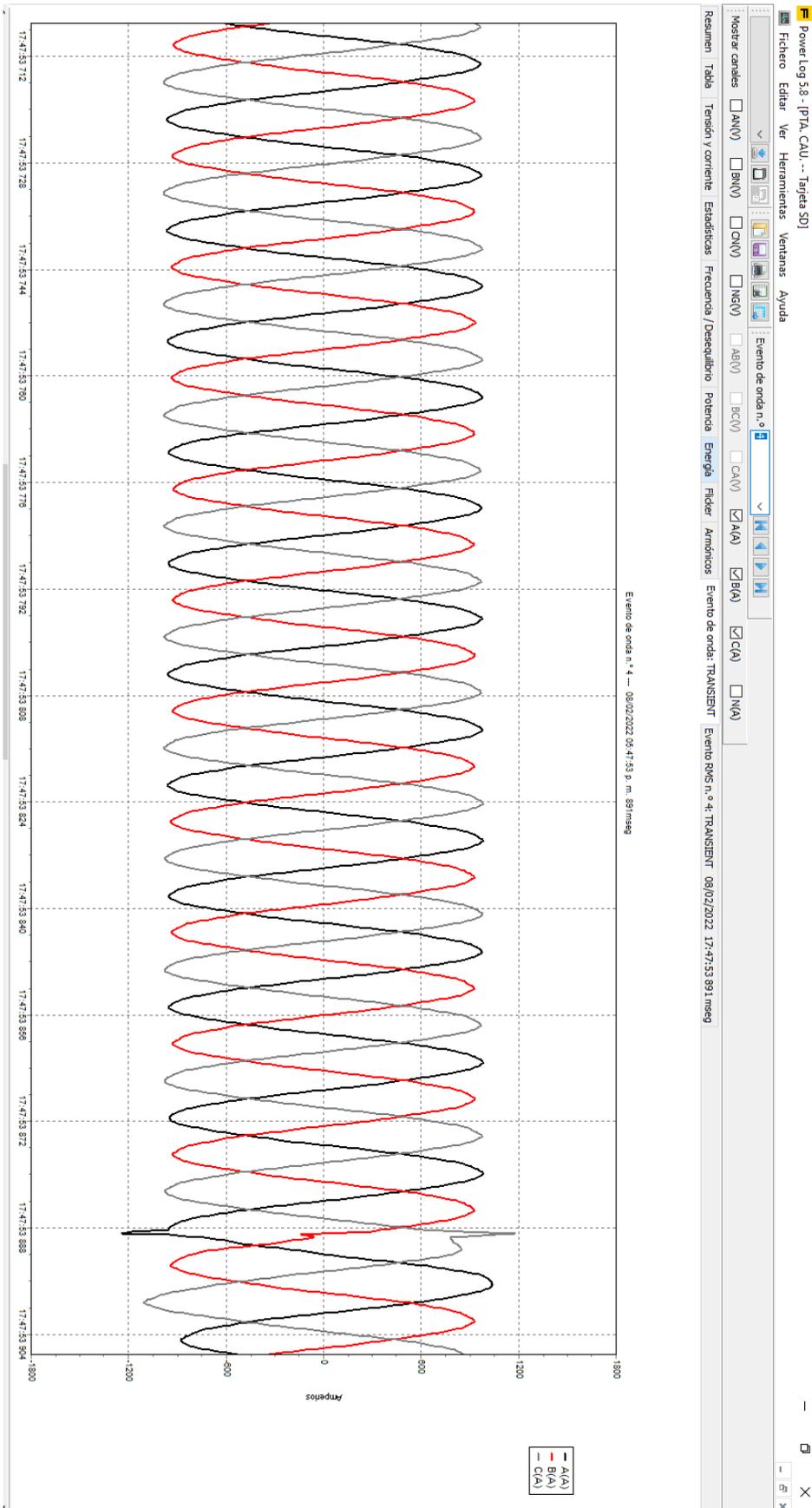




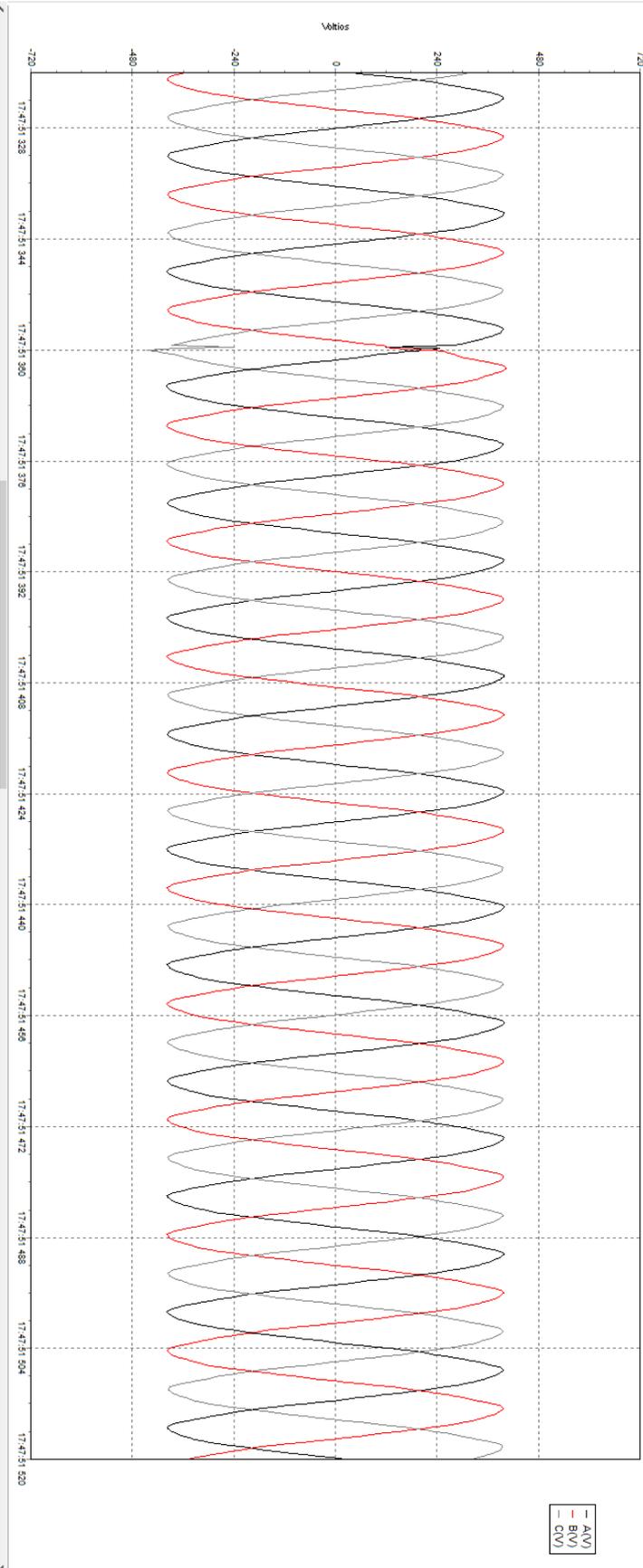


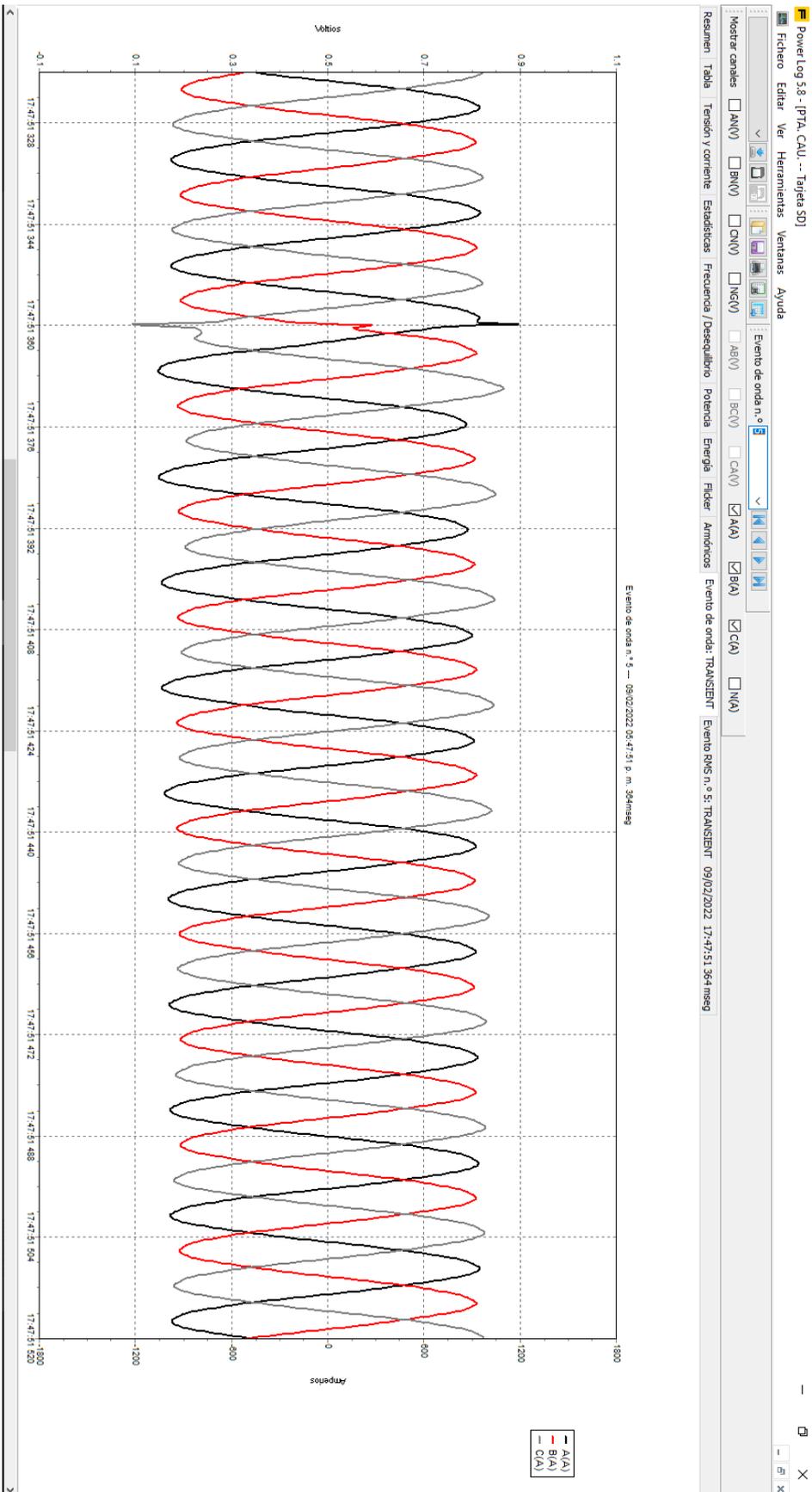


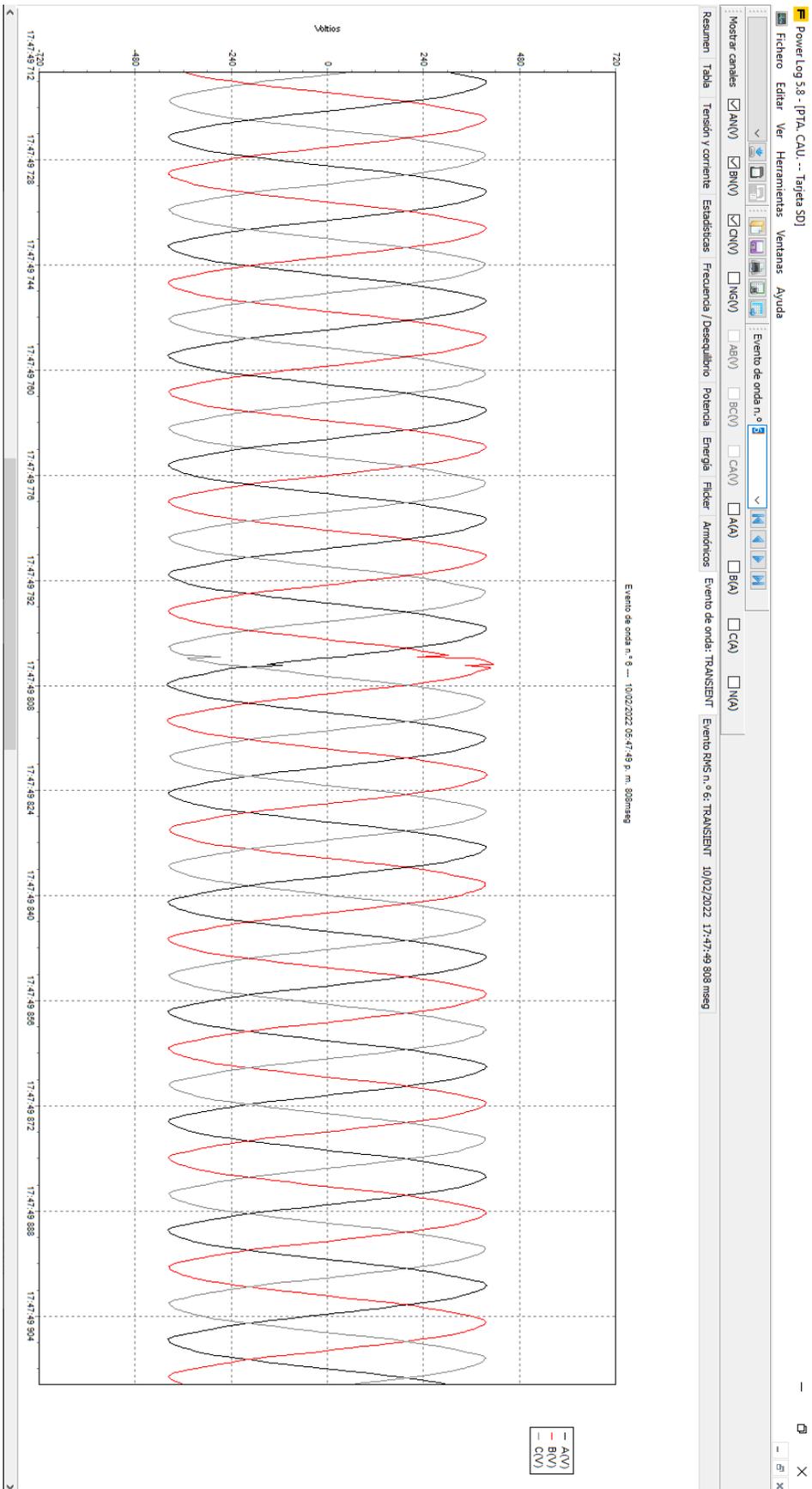




Evento de onda n.º 5 -- 09/02/2022 05:47:51 p. m. 364msg







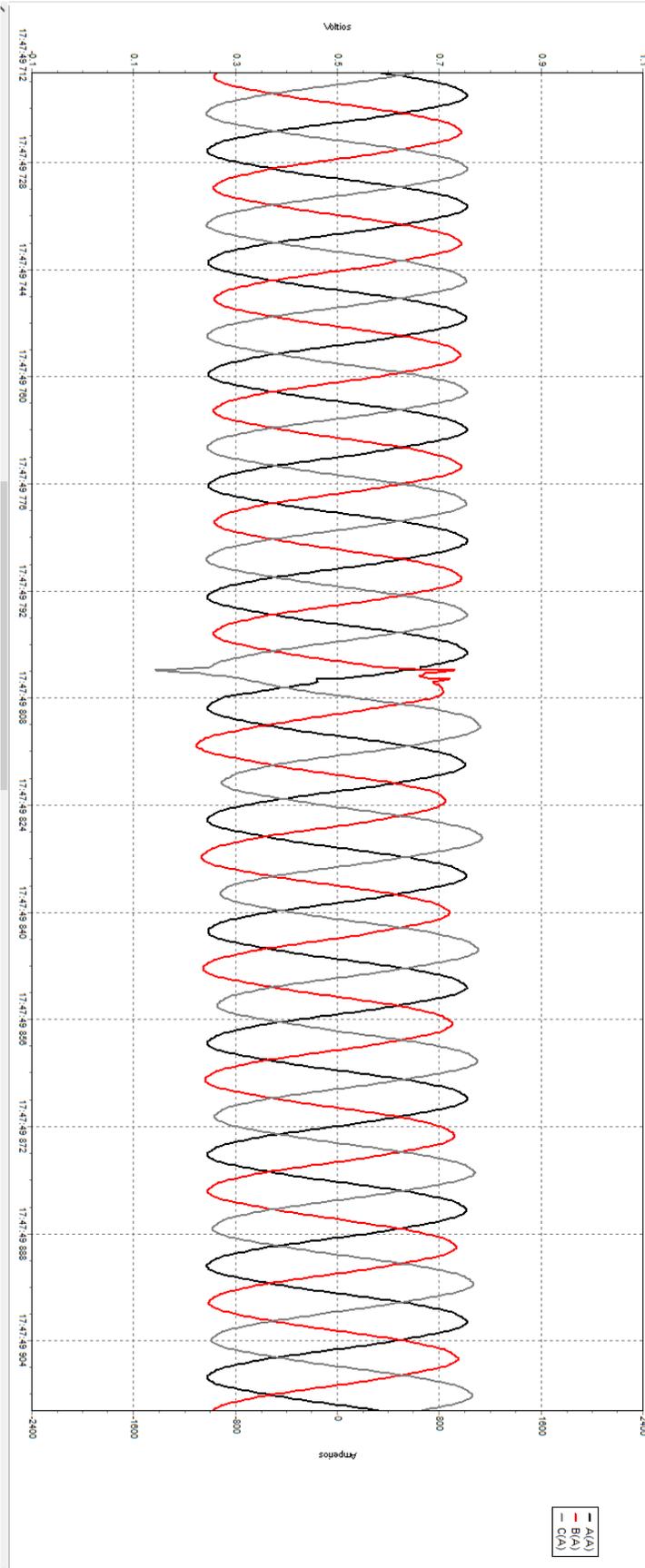
Power Log 5.8 - [PTA, CAU ... Tarjeta SD]

Fichero Editar Ver Herramientas Ventanas Ayuda

Mostrar canales AN(V) BN(V) CN(V) NG(V) AG(V) BC(V) CA(V) A(A) B(A) C(A) MA

Resumen Tabla Tensión y corriente Estadísticas Frecuencia / Desequilibrio Potencia Energía Ficker Armónicos Evento de onda TRANSIENTE Evento RMS n.º 6: TRANSIENTE 10/02/2022 17:47:49 808 msag

Evento de onda n.º 6 -- 10/02/2022 06:47:49 p. m. 808msag



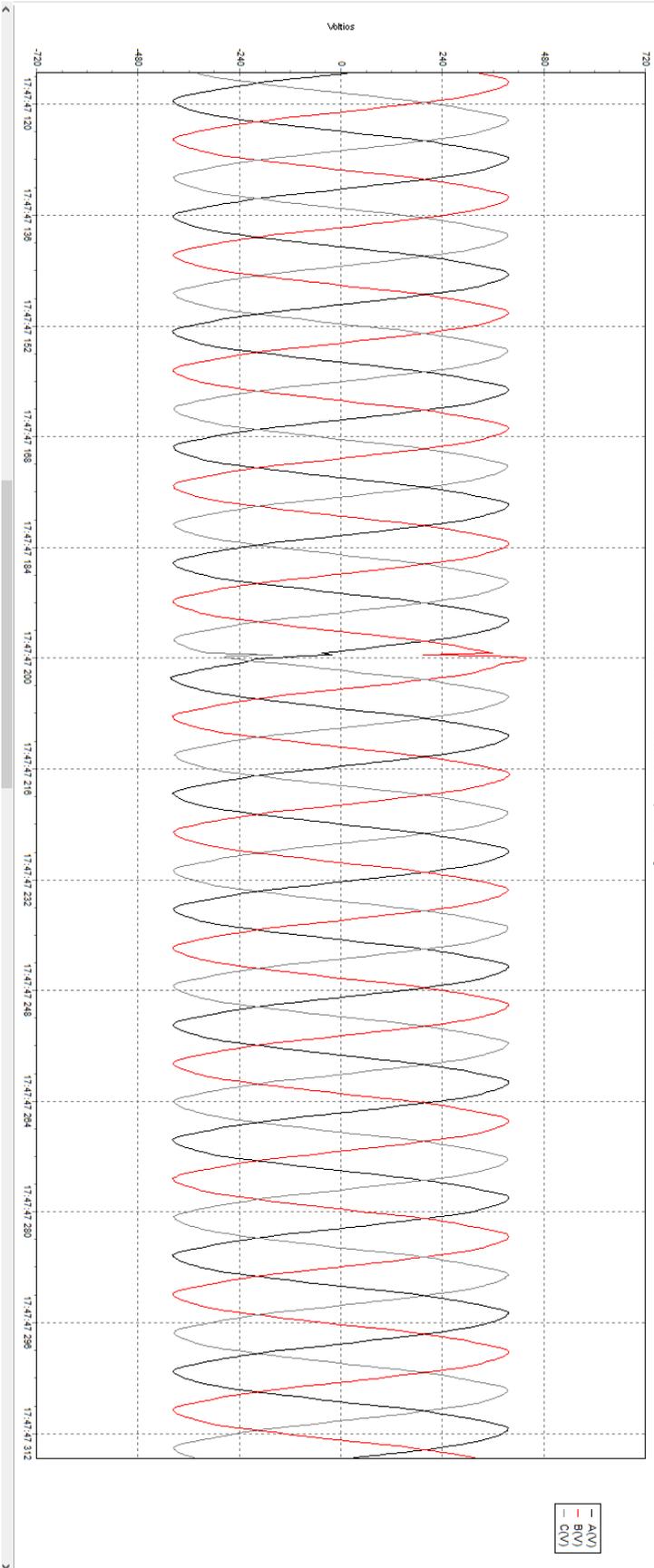
Power Log 5.8 - [PTA, CAU ... Tarjeta SD]

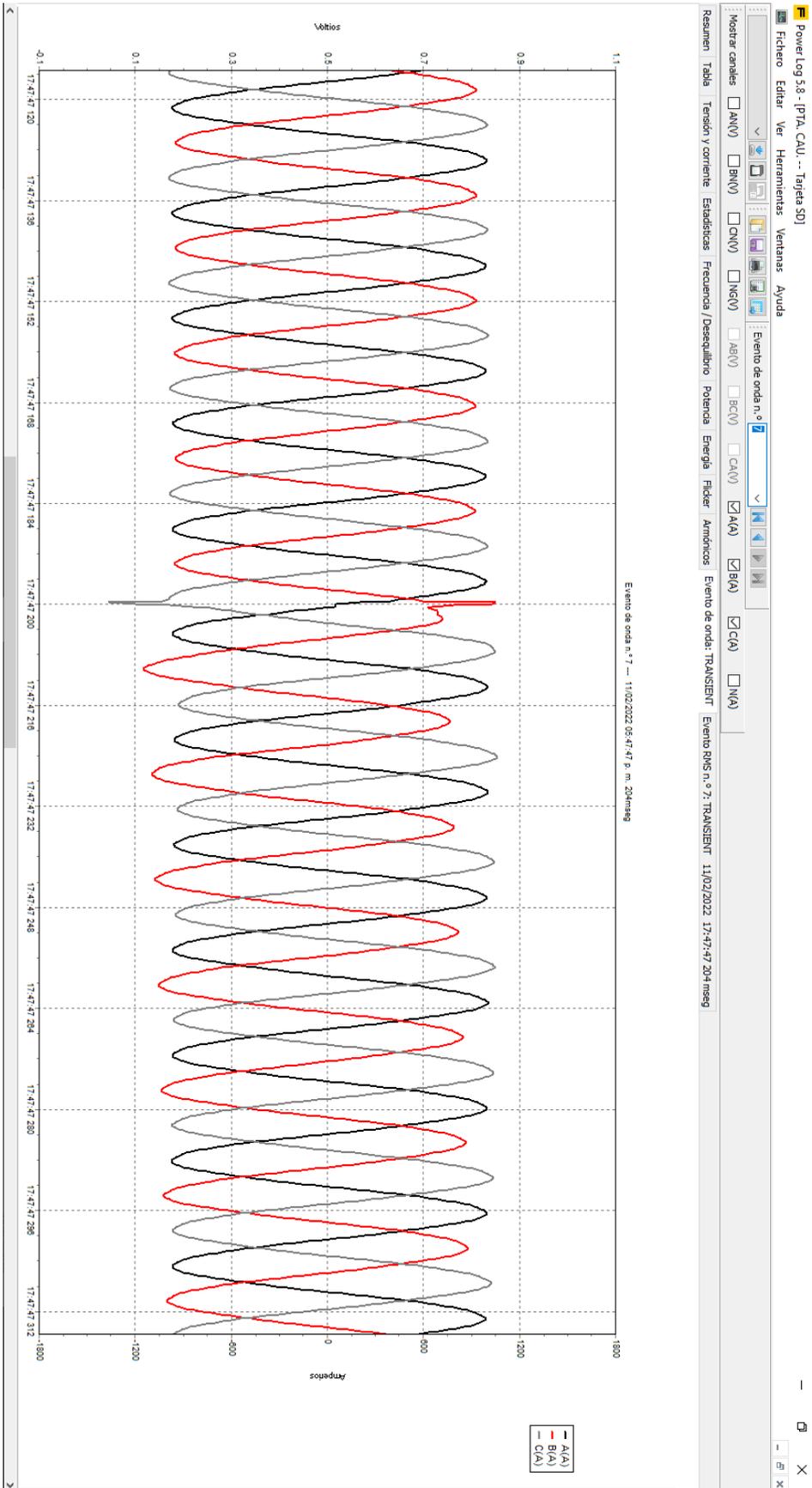
Fichero Editar Ver Herramientas Ventanas Ayuda

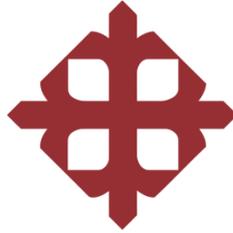
Mostrar canales AN(V) BN(V) CN(V) IN(V) AS(V) BC(V) CA(V) AA BA CA MA

Evento de onda n.º 0

Resumen Tabla Tensión y corriente Estadísticas Frecuencia / Desequilibrio Potencia Energía Fílder Armónicos Evento de onda: TRANSIENTE Evento RMS n.º 7: TRANSIENTE 11/02/2022 17:47:204 msag





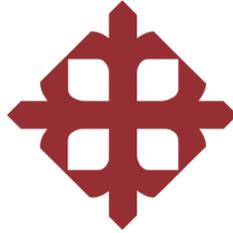


UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

Registro de lectura en el PCC 2

ANEXO J



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 2: Lecturas de Voltaje

ANEXO J 1.1

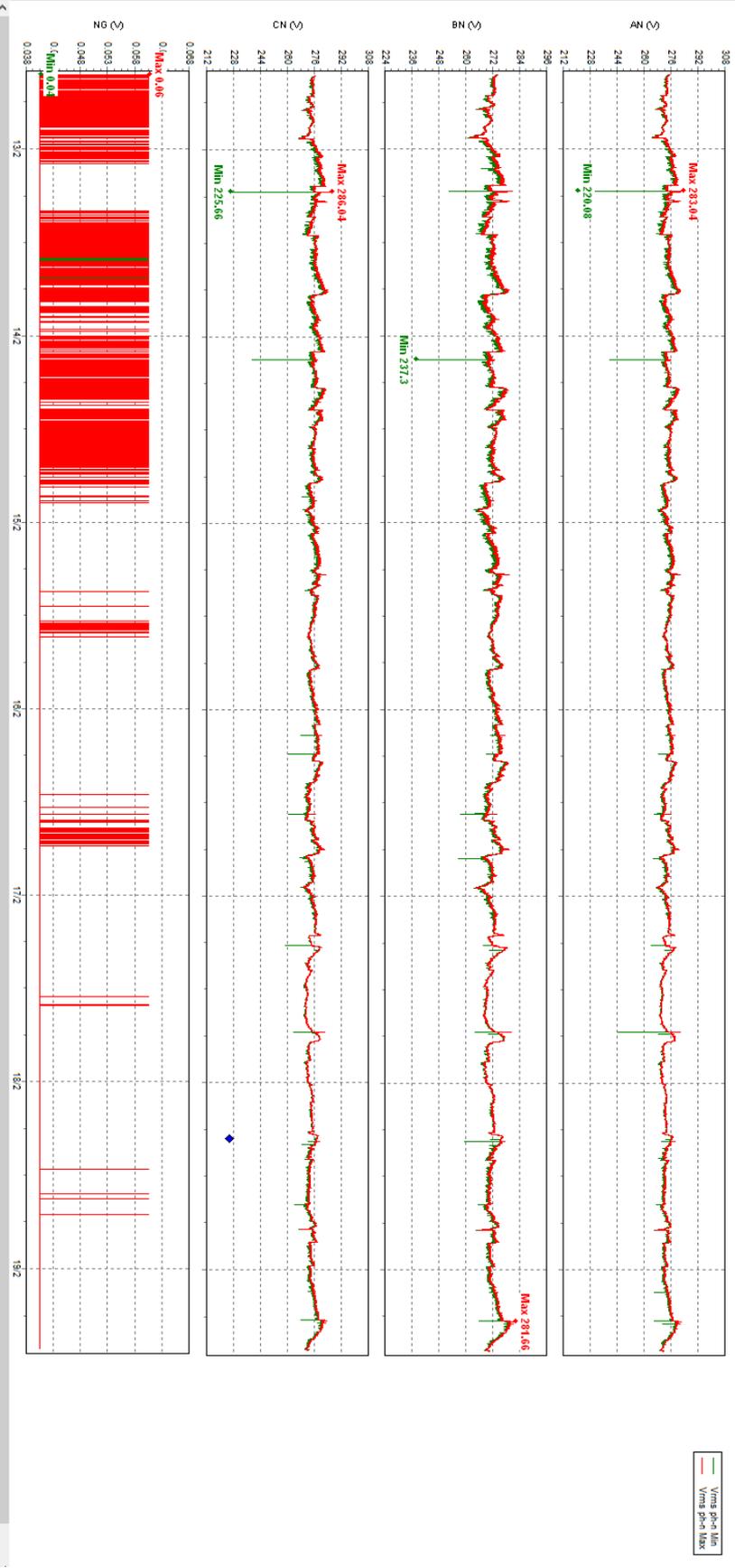
Mostrar canales AN(V) BN(V) CN(V) NG(V) AB(V) BC(V) CA(V) AA(A) BA(A) CA(A) NA(A)

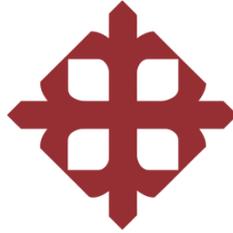
Desde 12/02/2022 14:26 hasta 19/02/2022 10:26

Resumen Tabla Tension y corriente Estadísticas Frecuencia / Desequilibrio Potencia Energia Ficker Pantallas Armónicos Evento de onda: TRANSIENT Evento RMS n.º 1: TRANSIENT 18/02/2022 7:07:33 781 msq

Período 200ms Fijo Desplazado escasa

Máximo Media Mínimo Eventos



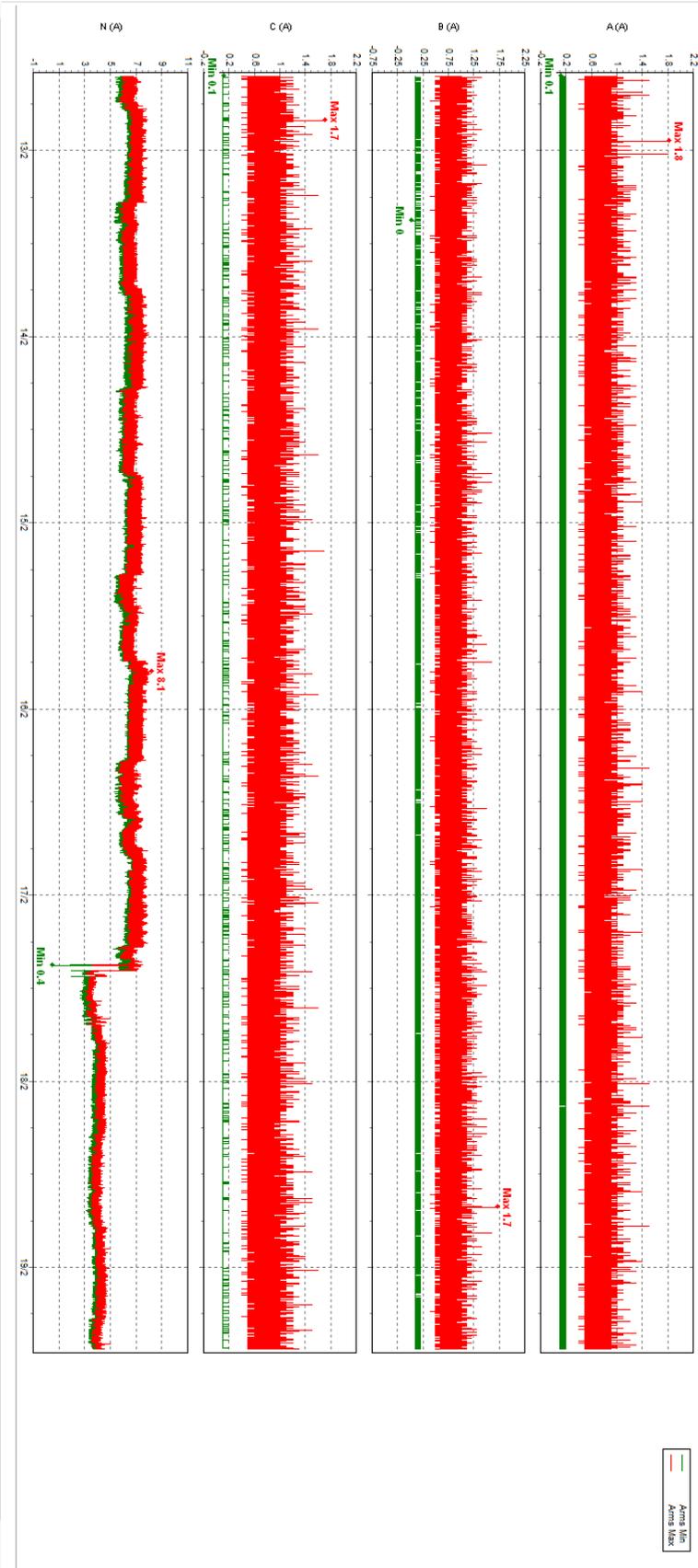


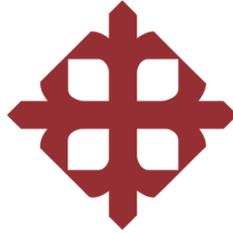
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 2: Lecturas de Corriente

ANEXO J 1.2





UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 2: Lecturas de Potencia Activa

ANEXO J 1.3

Resumen

| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 40 W |
| En | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Valor mínimo | 20 W |
| En | 12/02/2022 02:27:32 p. m. |
| U (Med) | 36.0357 W |
| S | 7.97316 W |
| 5% percentil | 20 W |
| 95% percentil | 40 W |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

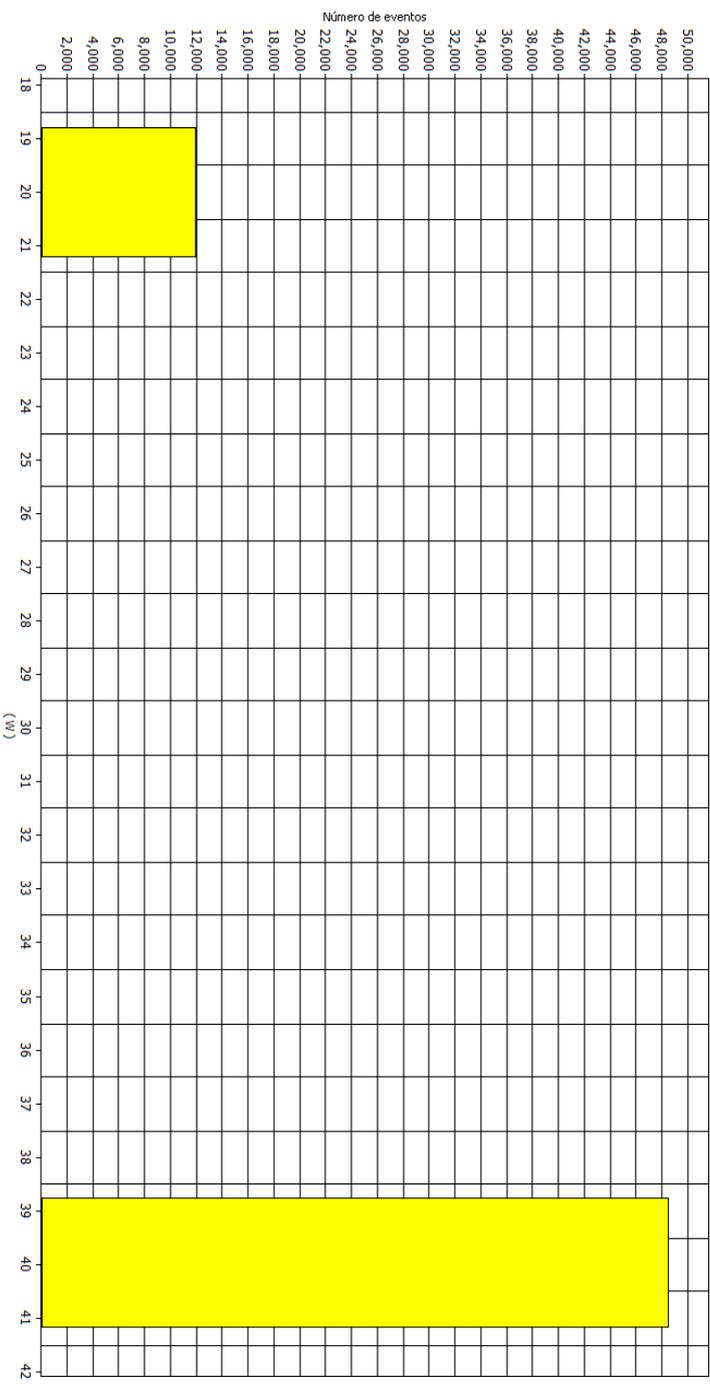
Valores extremos superiores

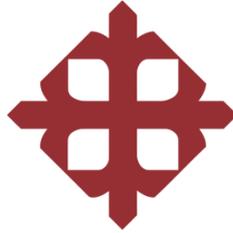
| Fecha /hora | Valor |
|------------------------------|-------|
| 19/02/2022 02:26:42 p. m. 40 | |
| 19/02/2022 02:26:22 p. m. 40 | |
| 19/02/2022 02:25:52 p. m. 40 | |
| 19/02/2022 02:25:42 p. m. 40 | |
| 19/02/2022 02:25:32 p. m. 40 | |

Valores extremos inferiores

| Fecha /hora | Valor |
|------------------------------|-------|
| 19/02/2022 02:26:32 p. m. 20 | |
| 19/02/2022 02:26:12 p. m. 20 | |
| 19/02/2022 02:26:02 p. m. 20 | |
| 19/02/2022 02:25:02 p. m. 20 | |
| 19/02/2022 02:23:42 p. m. 20 | |

Potencia Activa - Total - Máximo





UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 2: Lecturas de Potencia Reactiva

ANEXO J 1.4

Resumen

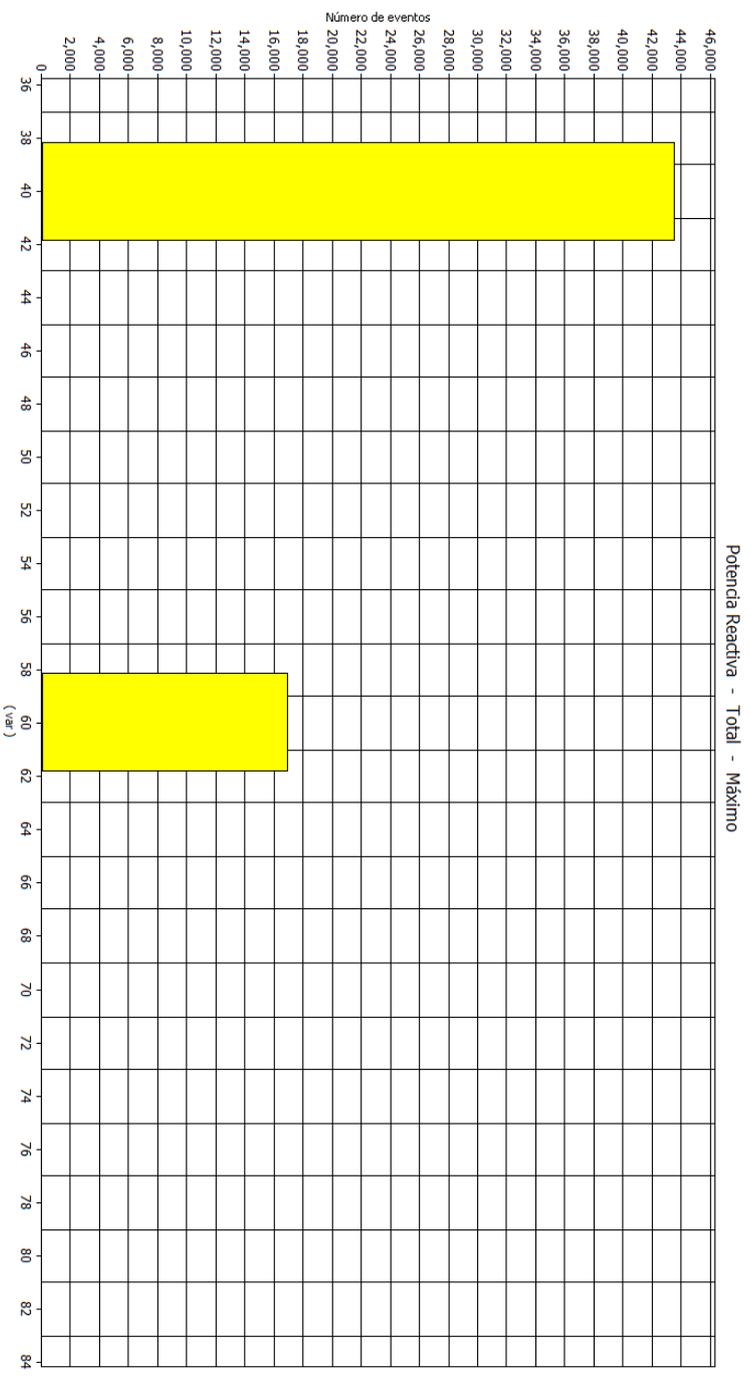
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 80 var |
| En | 18/02/2022 07:01:42 a. m. |
| Valor mínimo | 40 var |
| En | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| μ (Med) | 45,6065 var |
| s | 8,98396 var |
| 5% percentil | 40 var |
| 95% percentil | 60 var |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

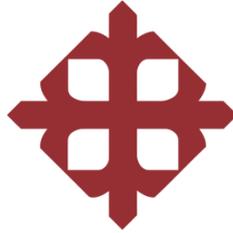
Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 18/02/2022 07:01:42 a. m. | 80 |
| 19/02/2022 02:25:42 p. m. | 60 |
| 19/02/2022 02:18:12 p. m. | 60 |
| 19/02/2022 02:17:32 p. m. | 60 |
| 19/02/2022 02:13:02 p. m. | 60 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 19/02/2022 02:26:42 p. m. | -40 |
| 19/02/2022 02:26:32 p. m. | -40 |
| 19/02/2022 02:26:22 p. m. | -40 |
| 19/02/2022 02:26:12 p. m. | -40 |
| 19/02/2022 02:26:02 p. m. | -40 |





UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 2: Lecturas de Potencia Aparente
y Factor de Potencia

ANEXO J 1.5

Resumen

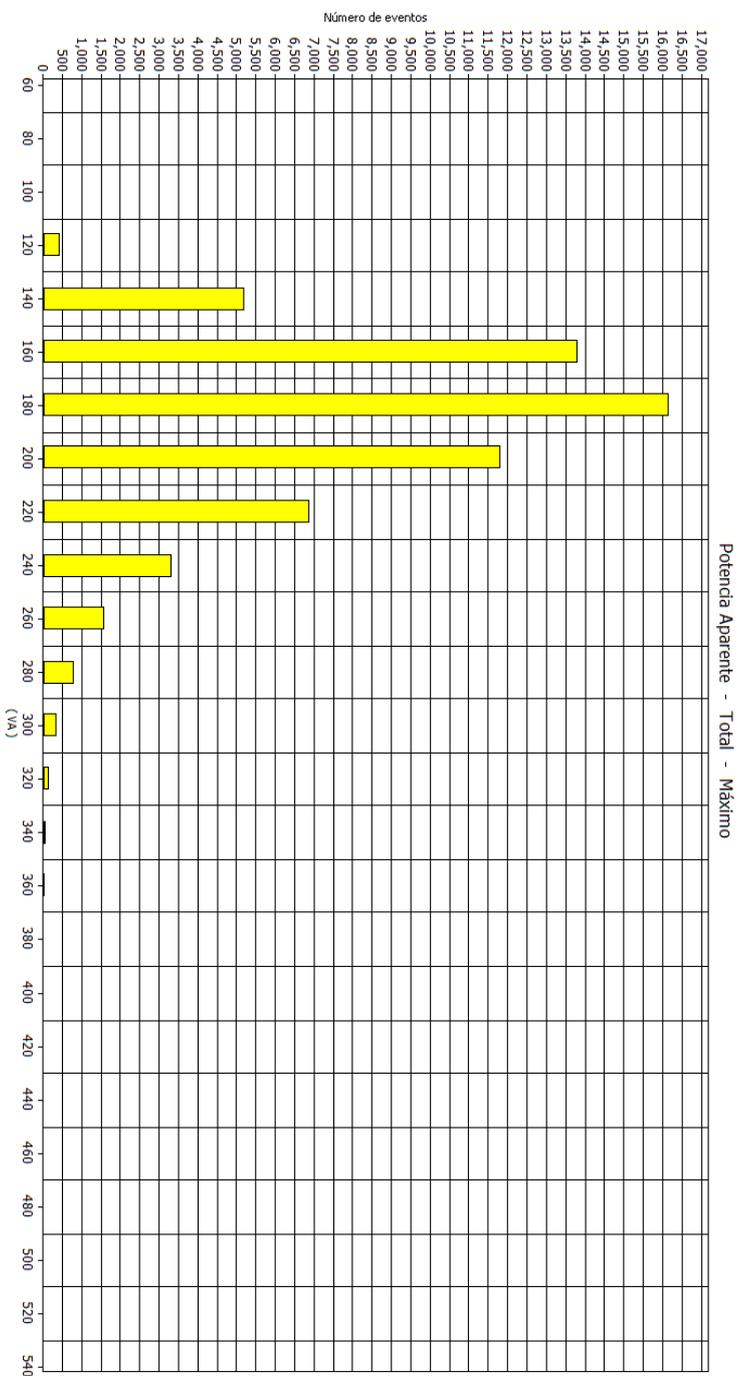
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 500 VA |
| En | 12/02/2022 10:46:52 p. m. |
| Valor mínimo | 100 VA |
| En | 14/02/2022 04:30:12 a. m. |
| μ (Med) | 188,043 VA |
| s | 33,62 VA |
| 5% percentil | 140 VA |
| 95% percentil | 240 VA |
| % [85% - 10%] | 0,006614% |
| % [90% - 10%] | 0,003397% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 13/02/2022 12:28:12 a. m. | 500 |
| 12/02/2022 10:46:52 p. m. | 500 |
| 18/02/2022 06:38:02 p. m. | 420 |
| 18/02/2022 12:15:22 a. m. | 420 |
| 18/02/2022 03:09:12 a. m. | 400 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 17/02/2022 04:44:22 a. m. | 100 |
| 14/02/2022 06:11:02 a. m. | 100 |
| 14/02/2022 04:30:12 a. m. | 100 |
| 19/02/2022 02:11:02 p. m. | 120 |
| 19/02/2022 02:00:00 p. m. | 120 |



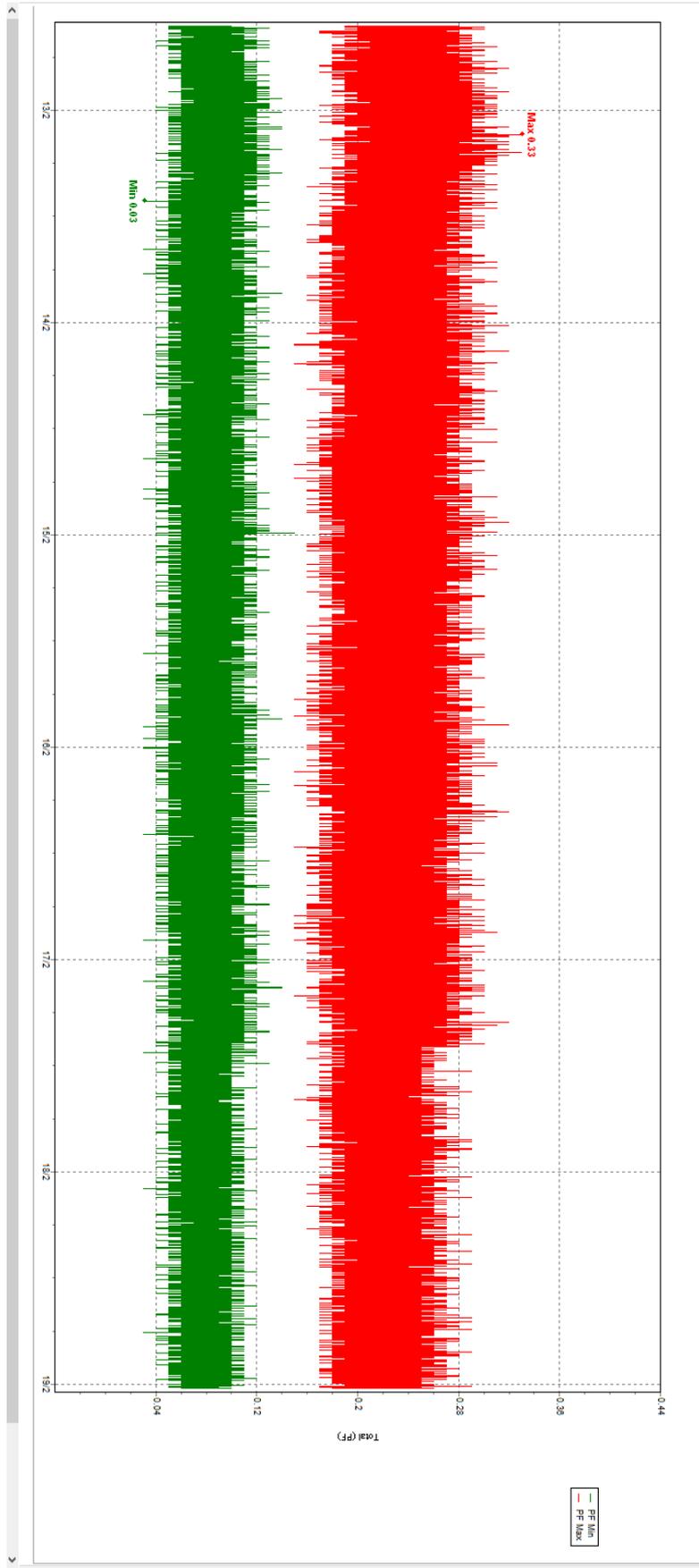
Mostrar canales AN(V) BN(V) CN(V) Total AS BS CS A B C N

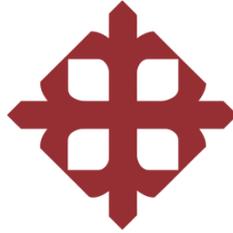
Desde 12/02/2022 14:26 Hasta 19/02/2022 00:26

Máximo Media Mínimo Eventos

Resumen Tabla Tensión y corriente Estadísticas Frecuencia / Desequilibrio Potencia Energía Fílder Pantallas Armónicos Evento de onda: TRANSIENT Evento RMS n.º 1: TRANSIENT 19/02/2022 2:07:33 781mseg

P untl. W VA Var PF Cos Phi





UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 2: Lecturas de Frecuencia

ANEXO J 1.6

Resumen

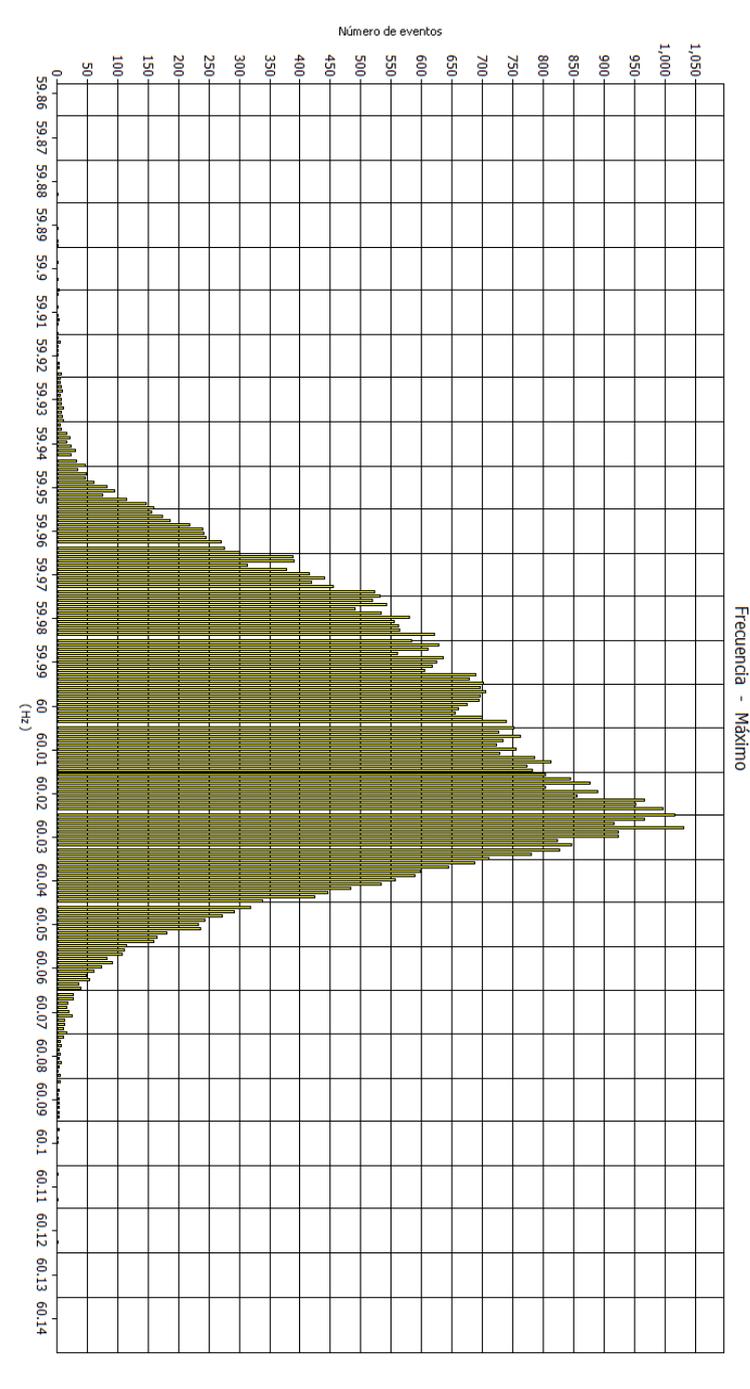
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 60.123 Hz |
| En | 12/02/2022 08:05:52 p. m. |
| Valor mínimo | 59.883 Hz |
| En | 12/02/2022 08:08:32 p. m. |
| u (Med) | 60.0078 Hz |
| s | 0.0239649 Hz |
| 5% percentil | 59.96 Hz |
| 95% percentil | 60.05 Hz |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

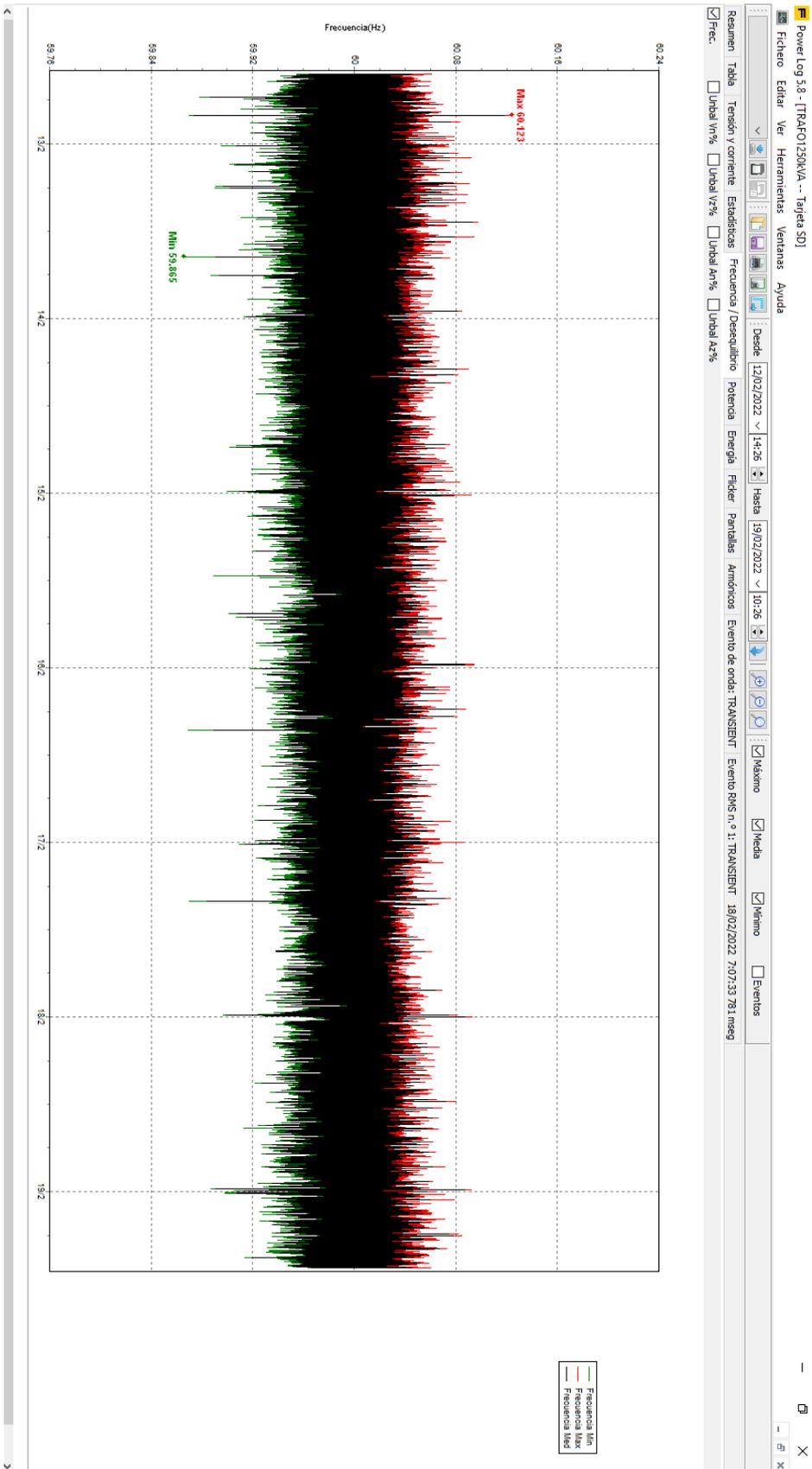
Valores extremos superiores

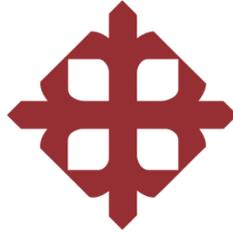
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 12/02/2022 08:06:02 p. m. | 60.123 |
| 12/02/2022 08:05:52 p. m. | 60.123 |
| 12/02/2022 08:05:42 p. m. | 60.113 |
| 12/02/2022 08:06:42 p. m. | 60.107 |
| 12/02/2022 08:06:12 p. m. | 60.107 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 12/02/2022 08:08:32 p. m. | 59.883 |
| 12/02/2022 08:08:22 p. m. | 59.891 |
| 18/02/2022 11:34:22 p. m. | 59.894 |
| 12/02/2022 05:34:22 p. m. | 59.895 |
| 17/02/2022 11:46:22 p. m. | 59.899 |





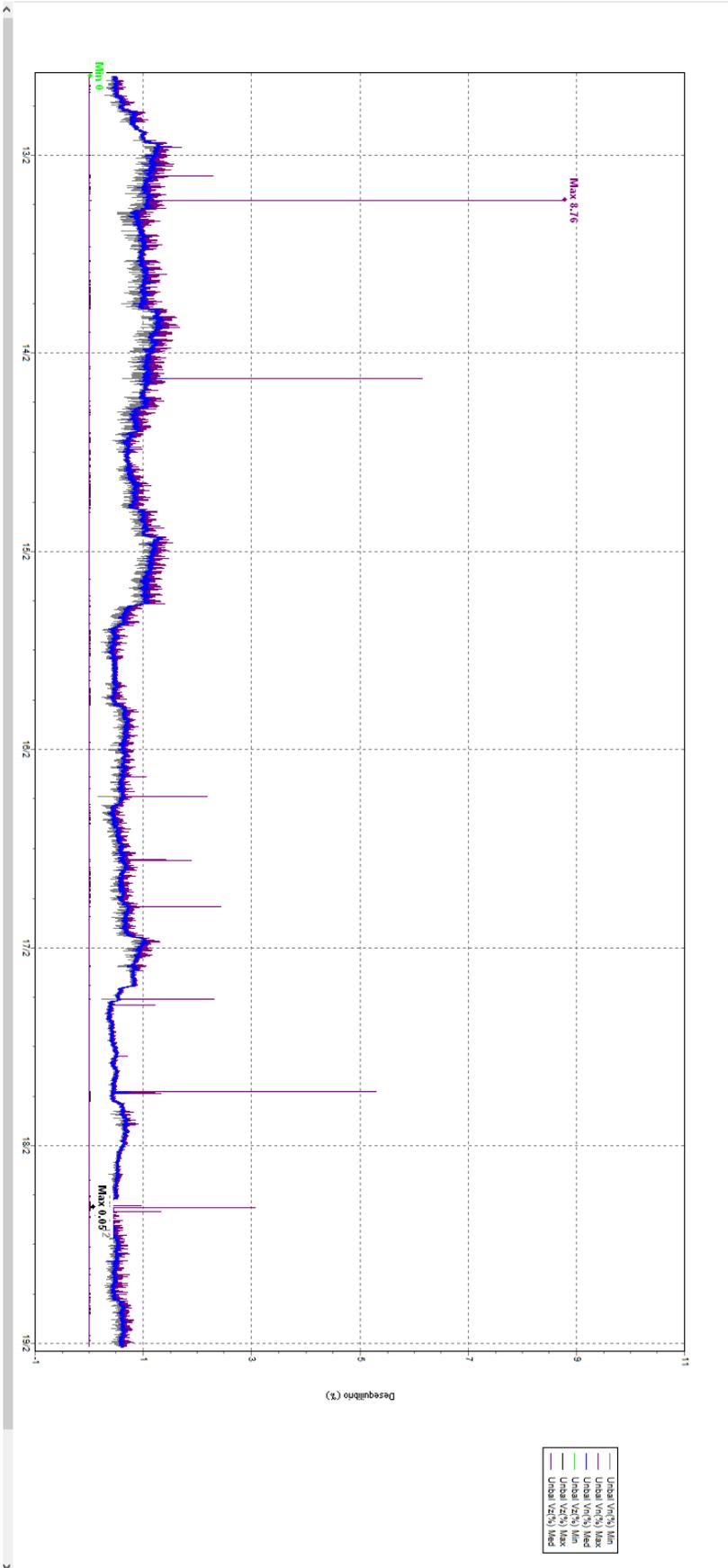


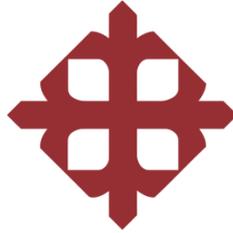
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 2: Desbalance de Voltaje

ANEXO J 1.7





UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 2: Distorsión Armónica de Voltaje

ANEXO J 1.8

Resumen

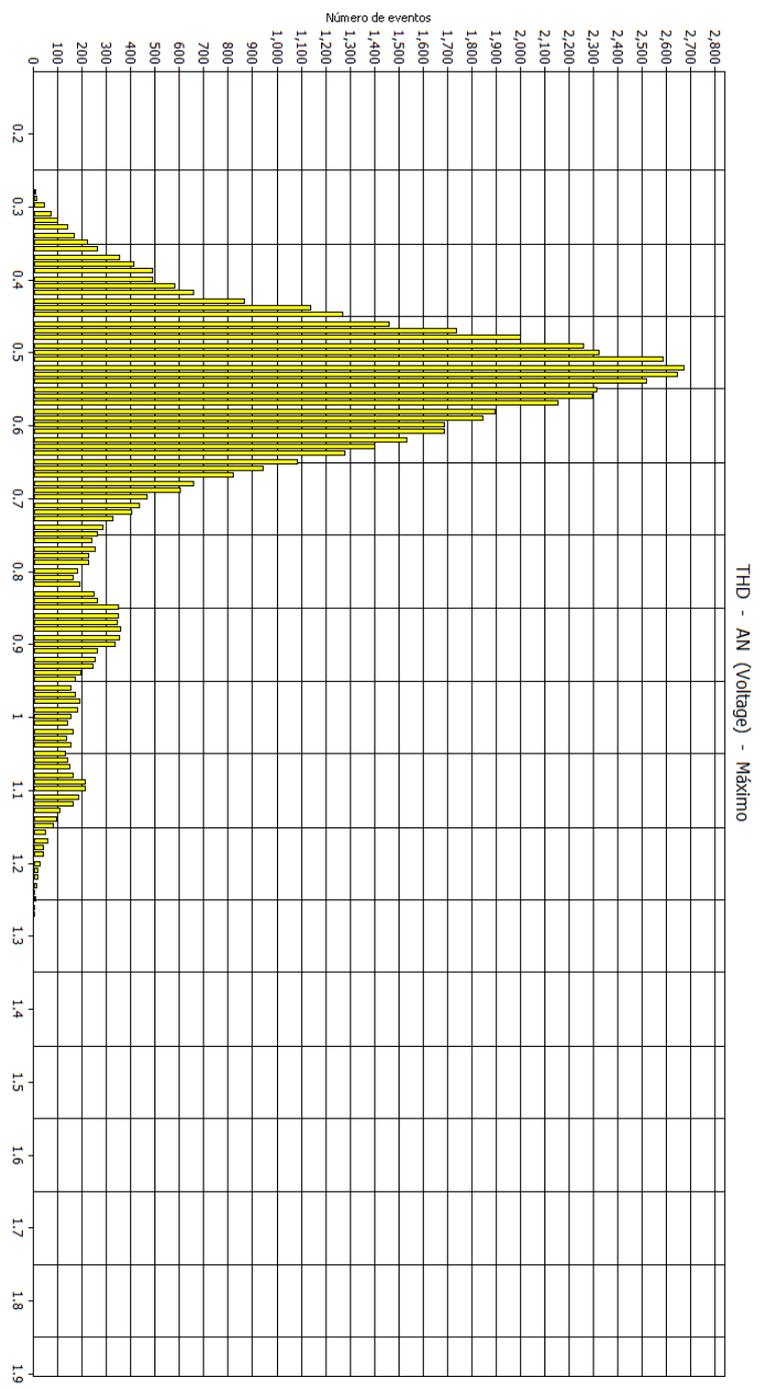
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 1,75 |
| En | 13/02/2022 03:35:12 p. m. |
| Valor mínimo | 0,27 |
| En | 12/02/2022 06:54:12 p. m. |
| U (Med) | 0,59917 |
| S | 0,355309 |
| 5% percentil | 0,41 |
| 95% percentil | 0,98 |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / hora | Valor |
|--------------------------------|-------|
| 13/02/2022 03:35:12 p. m. 1,75 | 1,75 |
| 13/02/2022 12:44:22 p. m. 1,57 | 1,500 |
| 13/02/2022 03:35:22 p. m. 1,46 | 1,400 |
| 13/02/2022 04:46:42 p. m. 1,39 | 1,300 |
| 13/02/2022 03:35:32 p. m. 1,34 | 1,200 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / hora | Valor |
|--------------------------------|-------|
| 12/02/2022 06:56:32 p. m. 0,27 | 0,27 |
| 12/02/2022 06:54:12 p. m. 0,27 | 0,27 |
| 12/02/2022 07:08:42 p. m. 0,28 | 0,28 |
| 12/02/2022 07:02:42 p. m. 0,28 | 0,28 |
| 12/02/2022 07:02:02 p. m. 0,28 | 0,28 |



Resumen

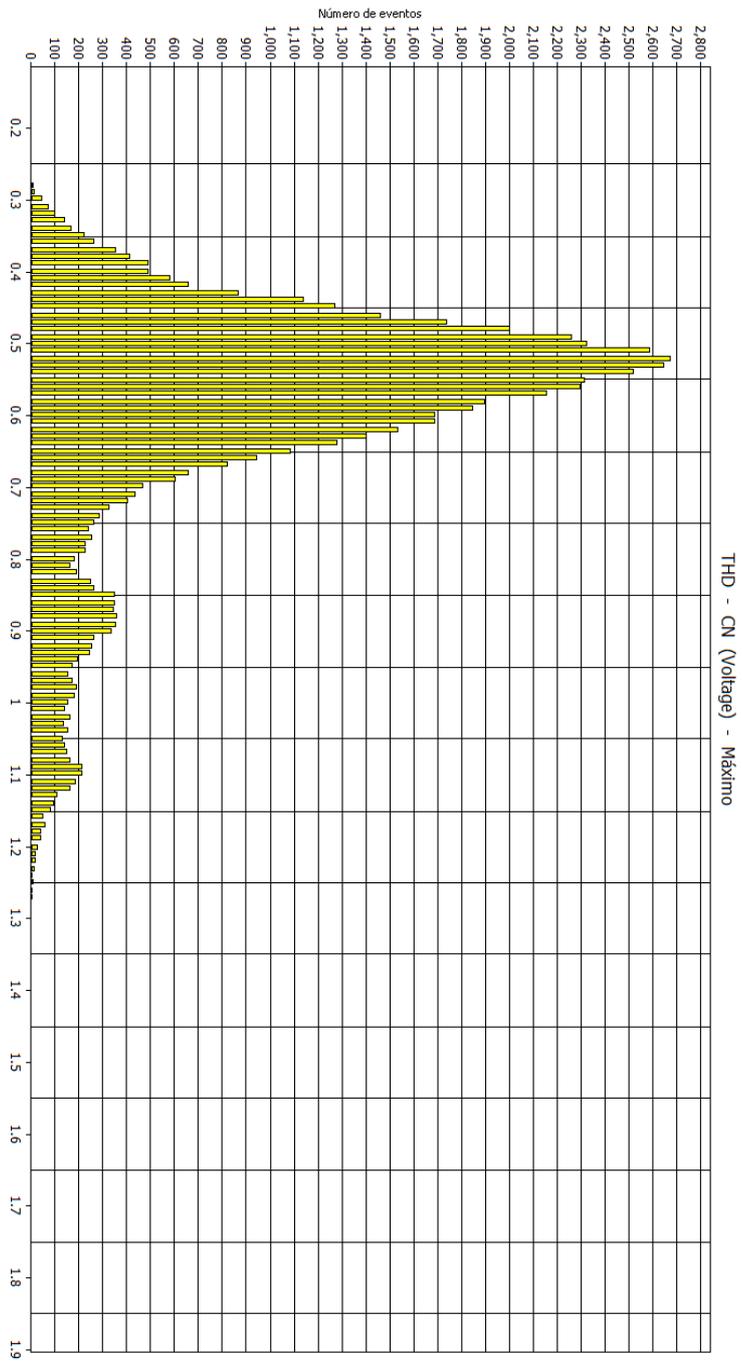
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 1.75 |
| Et | 13/02/2022 03:35:12 p. m. |
| Valor mínimo | 0.27 |
| Et | 12/02/2022 06:54:12 p. m. |
| U (Vmed) | 0.59917 |
| s | 0.165309 |
| 5% percentil | 0.41 |
| 95% percentil | 0.98 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 13/02/2022 03:35:12 p. m. | 1.75 |
| 13/02/2022 12:44:22 p. m. | 1.57 |
| 13/02/2022 03:35:22 p. m. | 1.46 |
| 13/02/2022 04:46:42 p. m. | 1.39 |
| 13/02/2022 03:35:32 p. m. | 1.34 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 12/02/2022 06:56:32 p. m. | 0.27 |
| 12/02/2022 06:54:12 p. m. | 0.27 |
| 12/02/2022 07:08:42 p. m. | 0.28 |
| 12/02/2022 07:02:42 p. m. | 0.28 |
| 12/02/2022 07:02:02 p. m. | 0.28 |



Resumen

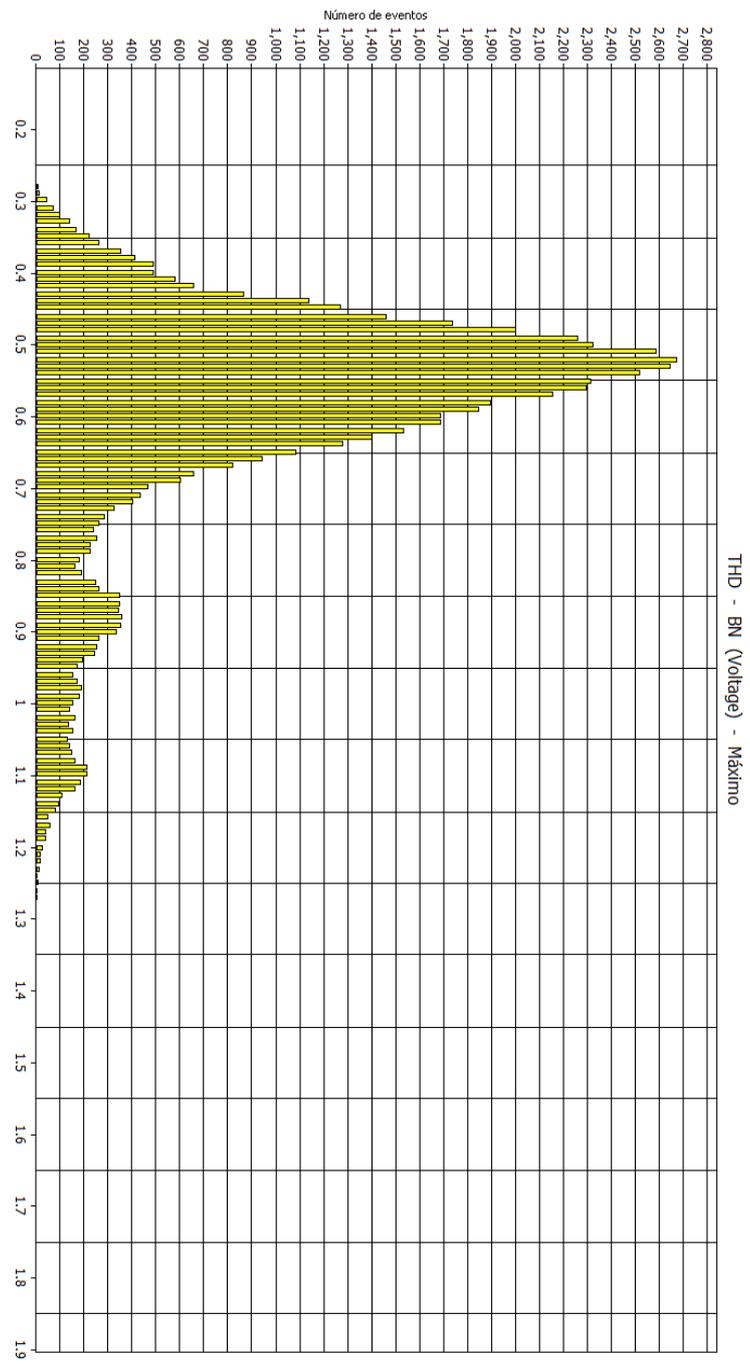
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 1,75 |
| En | 13/02/2022 03:35:12 p. m. |
| Valor mínimo | 0,27 |
| En | 12/02/2022 06:54:12 p. m. |
| μ (Med) | 0,59917 |
| s | 0,165309 |
| 5% percentil | 0,41 |
| 95% percentil | 0,98 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 13/02/2022 03:35:12 p. m. | 1,75 |
| 13/02/2022 12:44:22 p. m. | 1,57 |
| 13/02/2022 03:35:22 p. m. | 1,46 |
| 13/02/2022 04:46:42 p. m. | 1,39 |
| 13/02/2022 03:35:32 p. m. | 1,34 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 12/02/2022 06:56:32 p. m. | 0,27 |
| 12/02/2022 06:54:12 p. m. | 0,27 |
| 12/02/2022 07:08:42 p. m. | 0,28 |
| 12/02/2022 07:02:42 p. m. | 0,28 |
| 12/02/2022 07:02:02 p. m. | 0,28 |



Resumen

| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 47,36 |
| En | 17/02/2022 01:01:12 p. m. |
| Valor mínimo | 16 |
| En | 13/02/2022 01:05:12 a. m. |
| μ (Med) | 22,7219 |
| s | 2,30674 |
| 5% percentil | 19,11 |
| 95% percentil | 26,53 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

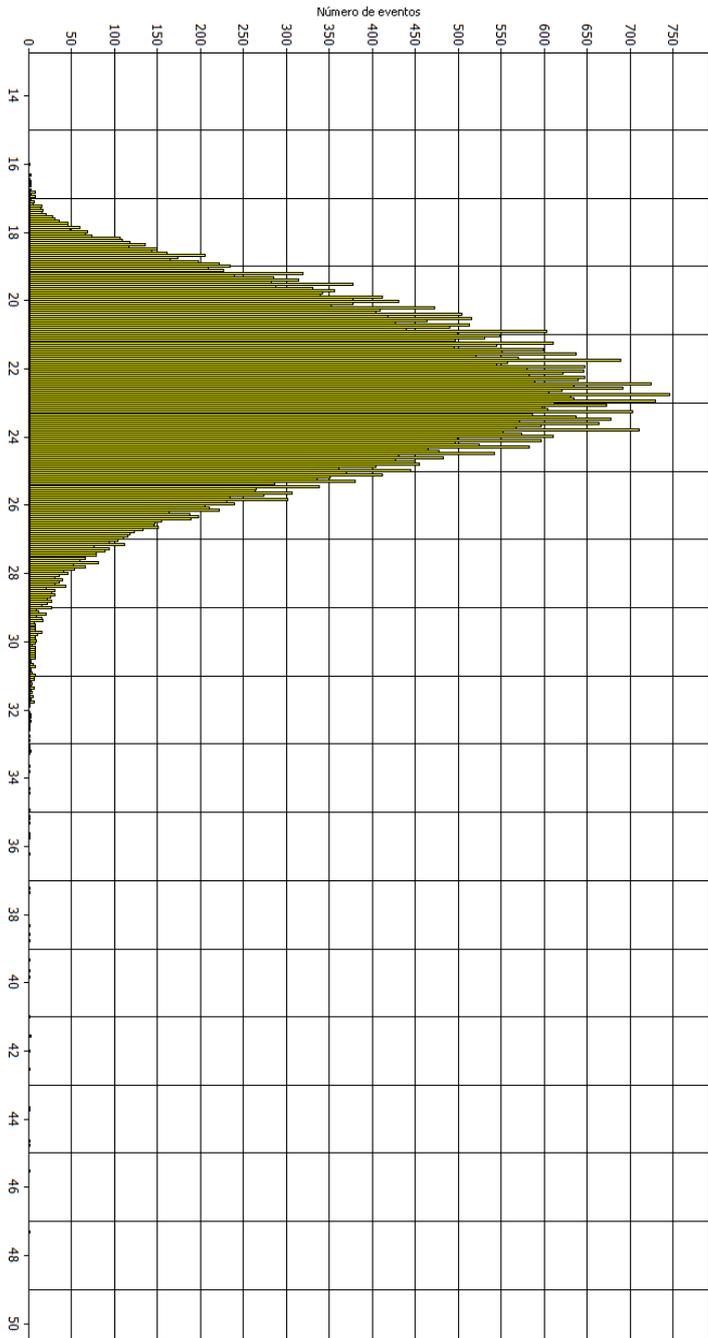
Valores extremos superiores

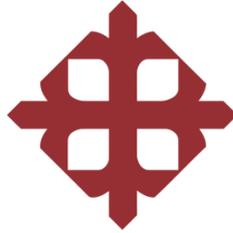
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 17/02/2022 01:01:12 p. m. | 47,36 |
| 17/02/2022 05:01:02 p. m. | 45,55 |
| 17/02/2022 05:01:12 p. m. | 44,8 |
| 17/02/2022 01:01:22 p. m. | 44,64 |
| 16/02/2022 10:00:42 p. m. | 43,77 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 13/02/2022 01:05:12 a. m. | 16 |
| 16/02/2022 12:04:22 a. m. | 16,33 |
| 14/02/2022 12:36:12 a. m. | 16,34 |
| 15/02/2022 09:20:42 p. m. | 16,47 |
| 14/02/2022 11:05:22 p. m. | 16,53 |

THD - NG (Voltage) - Máximo





UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 2: Distorsión Armónica de Corriente

ANEXO J 1.9

Resumen

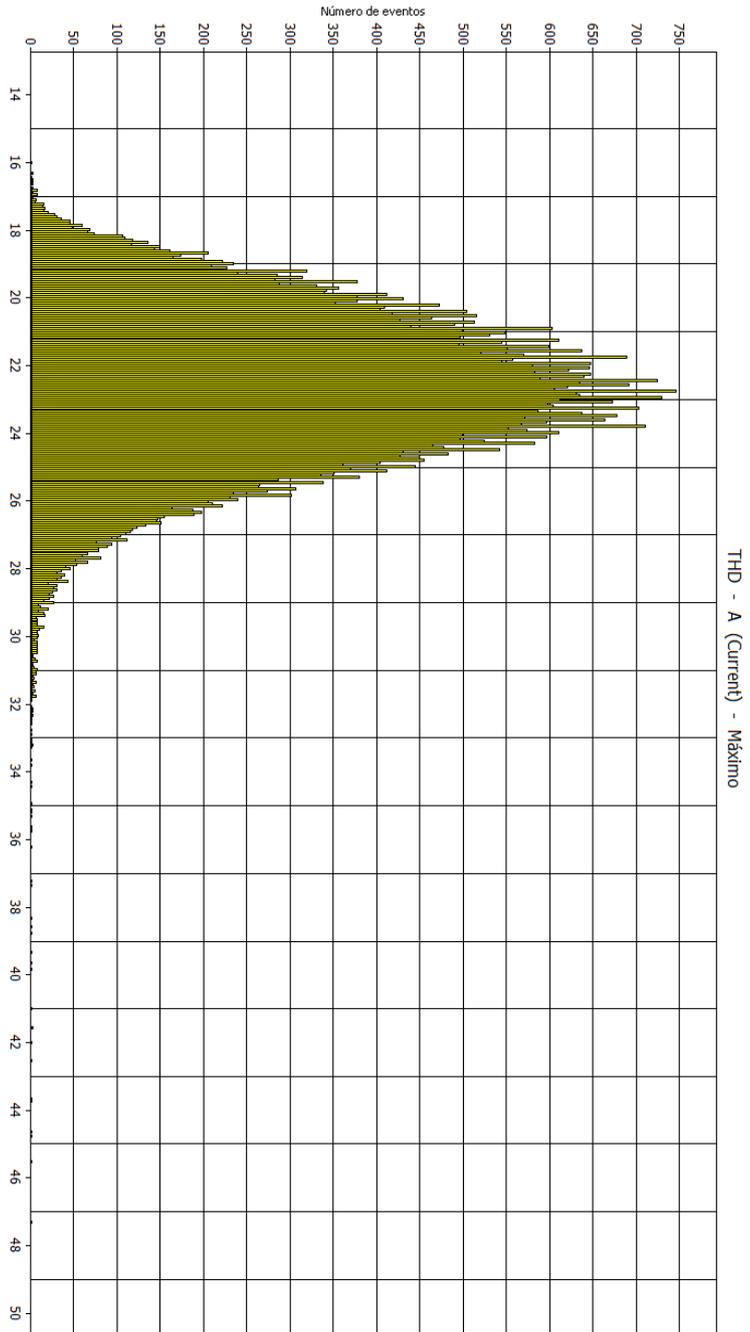
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 47.36 |
| En | 17/02/2022 01:01:12 p. m. |
| Valor mínimo | 16 |
| En | 13/02/2022 01:05:12 a. m. |
| μ (Med) | 22.7219 |
| s | 2.30674 |
| 5% percentil | 19.11 |
| 95% percentil | 26.53 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 17/02/2022 01:01:12 p. m. | 47.36 |
| 17/02/2022 05:01:02 p. m. | 46.55 |
| 17/02/2022 08:01:12 p. m. | 44.8 |
| 17/02/2022 01:01:22 p. m. | 44.64 |
| 16/02/2022 10:00:42 p. m. | 43.77 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 13/02/2022 01:05:12 a. m. | 16 |
| 16/02/2022 12:04:22 a. m. | 16.33 |
| 14/02/2022 12:36:12 a. m. | 16.34 |
| 15/02/2022 09:20:42 p. m. | 16.47 |
| 14/02/2022 11:05:22 p. m. | 16.53 |



Resumen

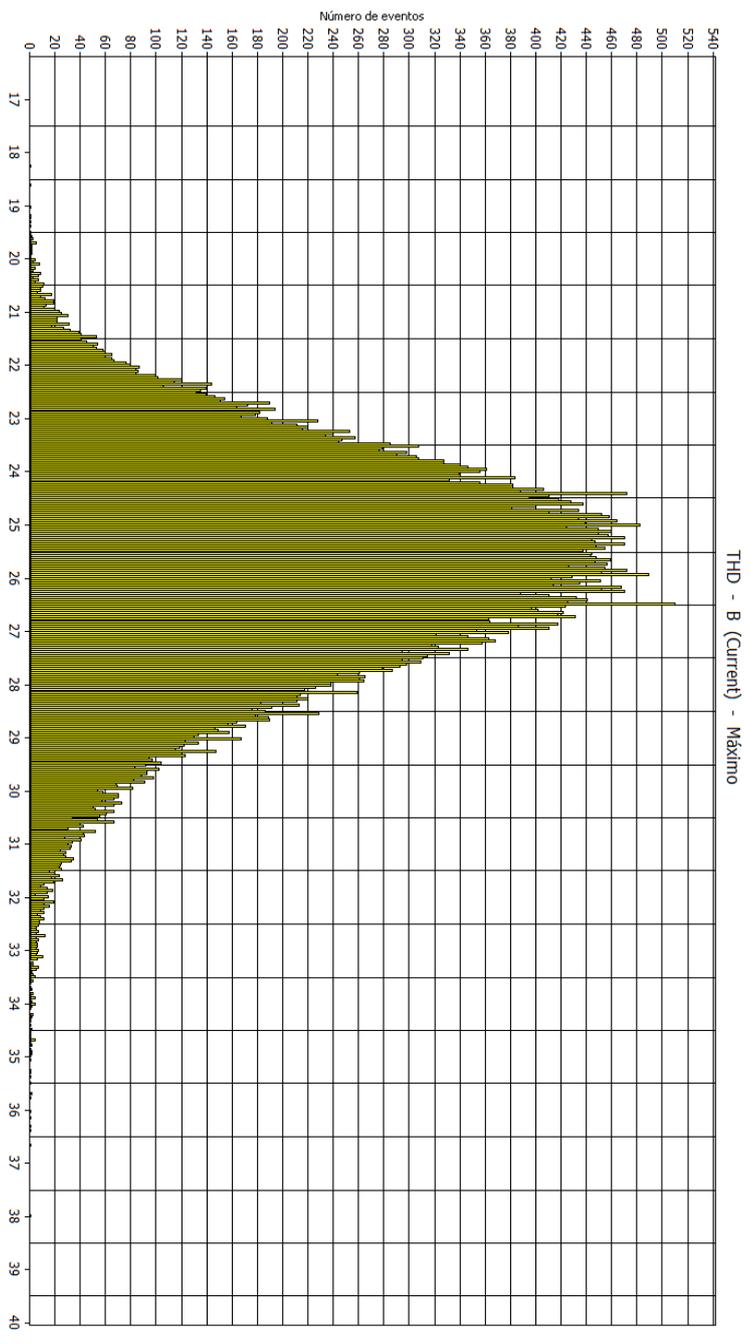
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 38.02 |
| En | 16/02/2022 02:30:32 p. m. |
| Valor mínimo | 18.25 |
| En | 16/02/2022 04:13:22 a. m. |
| u (Med) | 25.891 |
| s | 2.1343 |
| 5% percentil | 22.61 |
| 95% percentil | 29.61 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 16/02/2022 02:30:32 p. m. | 38.02 |
| 13/02/2022 02:43:52 p. m. | 36.69 |
| 13/02/2022 09:54:52 a. m. | 36.38 |
| 12/02/2022 07:35:32 p. m. | 36.3 |
| 13/02/2022 09:04:02 p. m. | 36.16 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 16/02/2022 04:13:22 a. m. | 18.25 |
| 15/02/2022 04:28:42 a. m. | 18.64 |
| 14/02/2022 11:03:32 p. m. | 19.03 |
| 16/02/2022 09:44:02 a. m. | 19.18 |
| 19/02/2022 03:40:02 a. m. | 19.25 |



THD - C (Current) - Máximo

Resumen

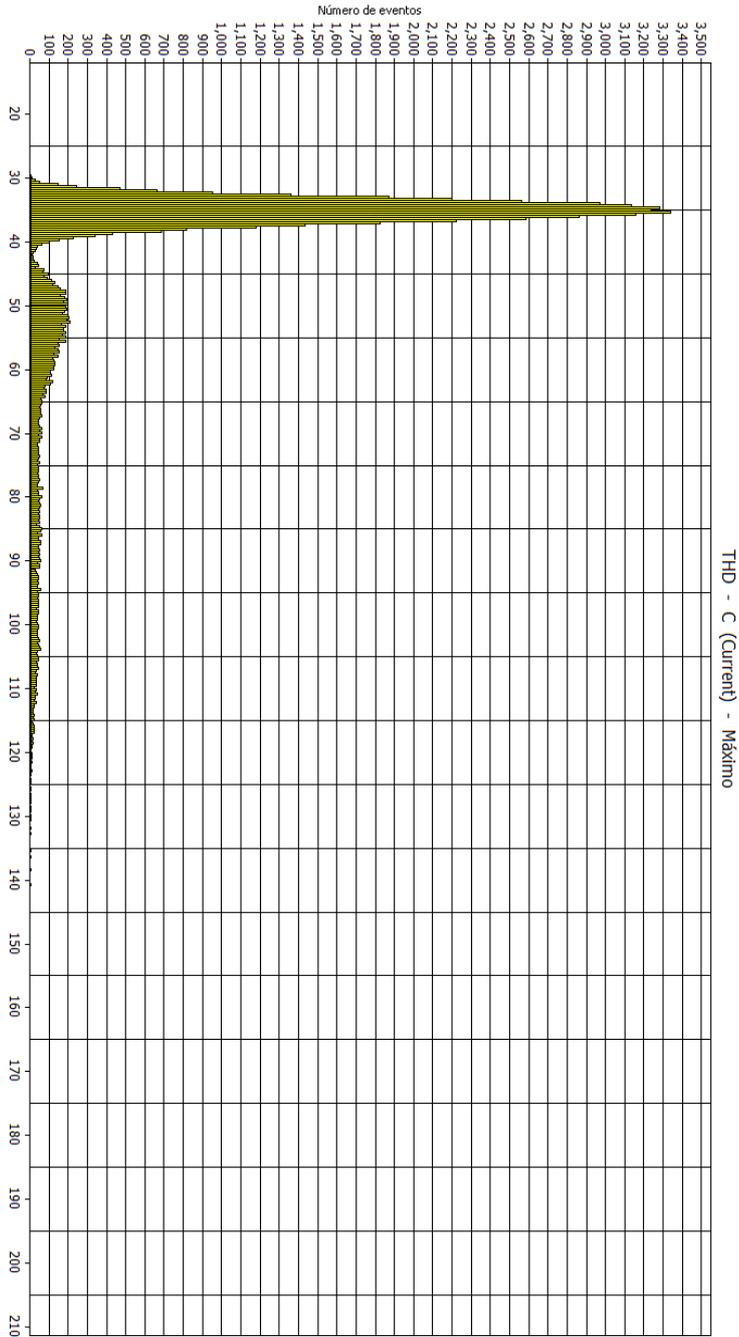
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 194.3 |
| En | 16/02/2022 09:03:22 p. m. |
| Valor mínimo | 29.31 |
| En | 14/02/2022 06:36:32 p. m. |
| μ (Med) | 44.3625 |
| s | 18.8778 |
| 5% percentil | 32.29 |
| 95% percentil | 92.41 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 16/02/2022 09:03:22 p. m. | 194.3 |
| 18/02/2022 12:07:12 a. m. | 172 |
| 18/02/2022 02:21:12 a. m. | 170.34 |
| 17/02/2022 12:32:12 p. m. | 168.01 |
| 18/02/2022 04:58:32 a. m. | 165.48 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 14/02/2022 06:36:32 p. m. | 29.31 |
| 19/02/2022 07:00:12 a. m. | 29.68 |
| 16/02/2022 01:50:52 a. m. | 29.7 |
| 16/02/2022 05:03:42 p. m. | 29.78 |
| 19/02/2022 13:37:02 a. m. | 29.81 |



Resumen

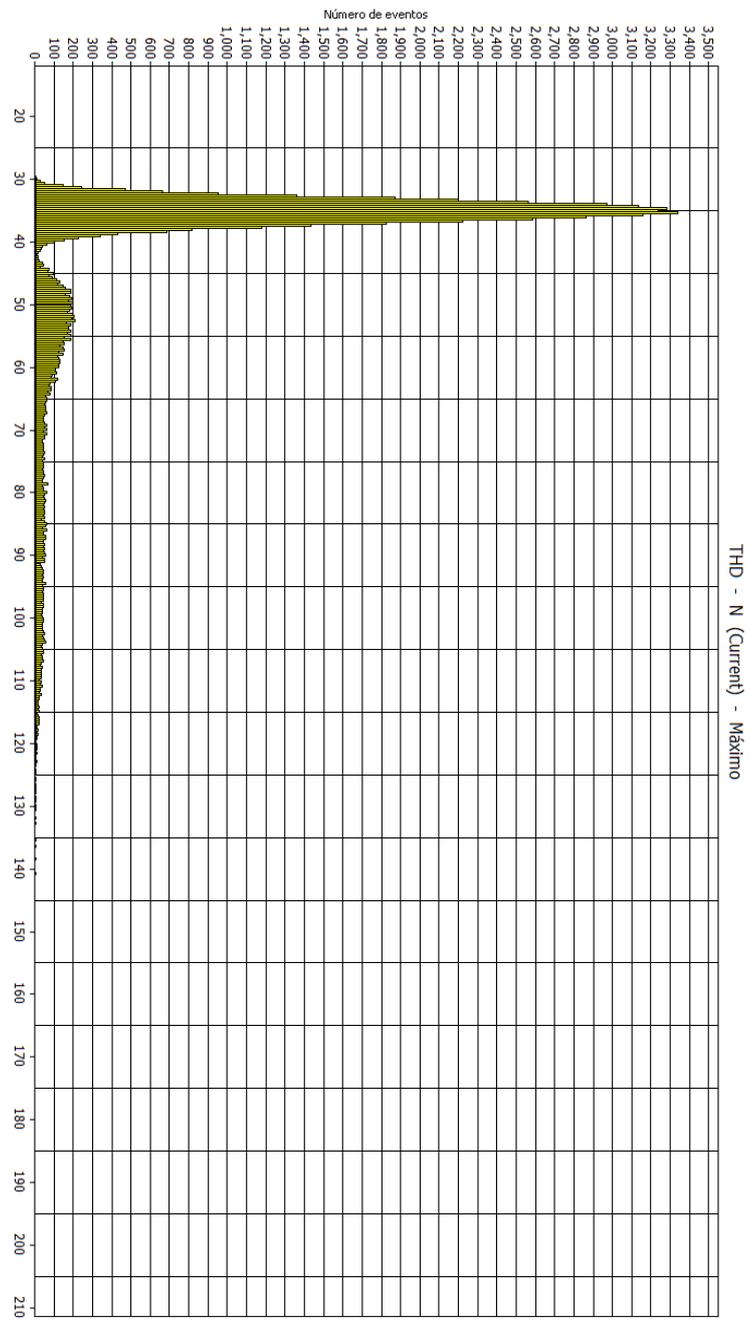
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 194.3 |
| En | 16/02/2022 09:03:22 p. m. |
| Valor mínimo | 29.31 |
| En | 14/02/2022 06:56:32 p. m. |
| U (Med) | 44.3635 |
| s | 18.6778 |
| 5% percentil | 32.79 |
| 95% percentil | 92.41 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

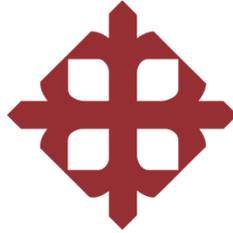
Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 16/02/2022 09:03:22 p. m. | 194.3 |
| 18/02/2022 12:07:12 a. m. | 172 |
| 18/02/2022 02:21:12 a. m. | 170.34 |
| 17/02/2022 12:32:12 p. m. | 168.01 |
| 18/02/2022 04:58:32 a. m. | 165.48 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 14/02/2022 06:56:32 p. m. | 29.31 |
| 19/02/2022 07:00:12 a. m. | 29.68 |
| 16/02/2022 01:50:52 a. m. | 29.7 |
| 16/02/2022 05:03:42 p. m. | 29.78 |
| 15/02/2022 12:57:02 a. m. | 29.81 |





UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 2: Lecturas de Eventos

ANEXO J 1.10

Resumen

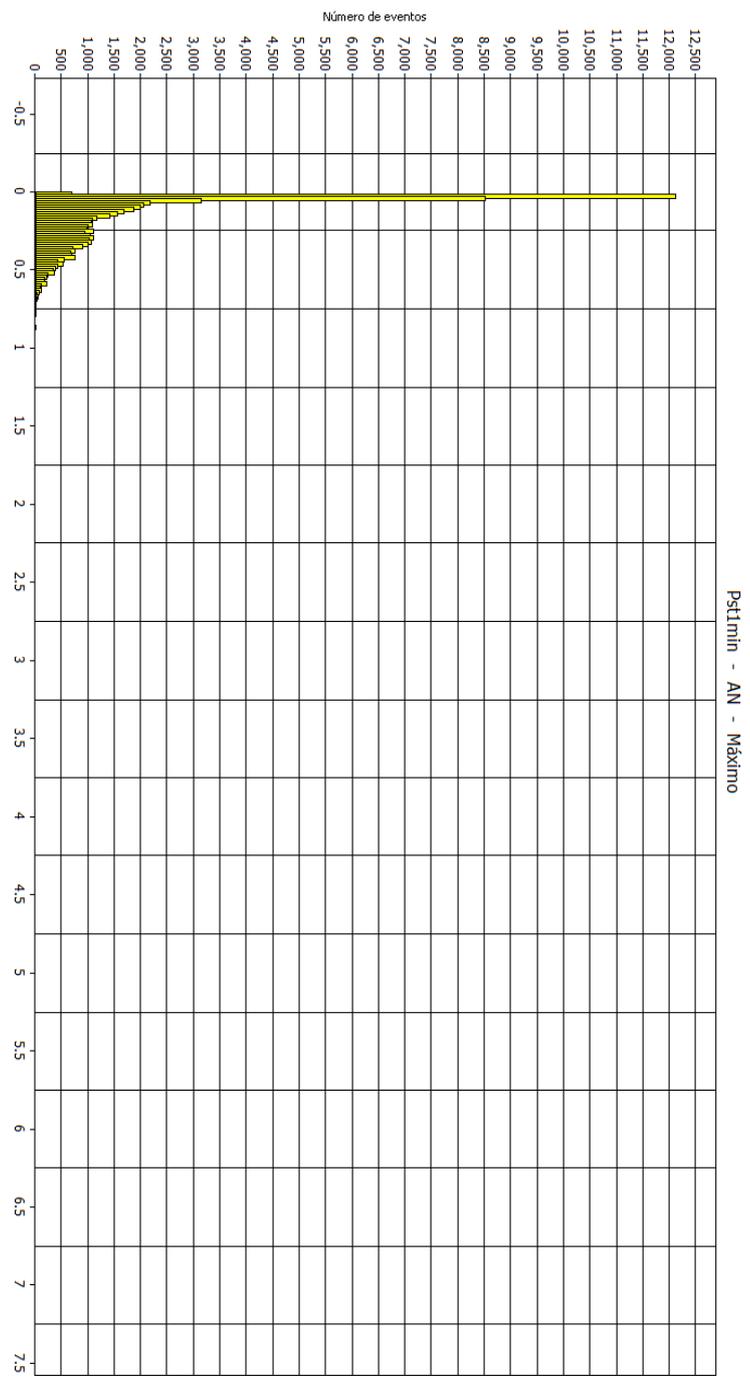
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 6,862 |
| En | 13/02/2022 05:27:52 a. m. |
| Valor mínimo | 0 |
| En | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| u (Med) | 0,174617 |
| s | 0,187635 |
| 5% percentil | 0,031 |
| 95% percentil | 0,489 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 13/02/2022 05:28:32 a. m. | 6,862 |
| 13/02/2022 05:28:22 a. m. | 6,862 |
| 13/02/2022 05:28:12 a. m. | 6,862 |
| 13/02/2022 05:28:02 a. m. | 6,862 |
| 13/02/2022 05:27:52 a. m. | 6,862 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 12/02/2022 02:27:32 p. m. | 0 |
| 12/02/2022 02:27:22 p. m. | 0 |
| 12/02/2022 02:27:12 p. m. | 0 |
| 12/02/2022 02:27:02 p. m. | 0 |
| 12/02/2022 02:26:52 p. m. | 0 |



Resumen Tabla Tensión y corriente Estadísticas Frecuencia / Desplazamiento Potencia Energía Ficker Pantallas Amfónicas Evento de onda: TRANSIENT Evento RMS n.º 1: TRANSIENT 18/02/2022 7:07:33 781 mseg

Desde 12/02/2022 14:26 Hasta 19/02/2022 10:26

Ps1min - BN

Resumen

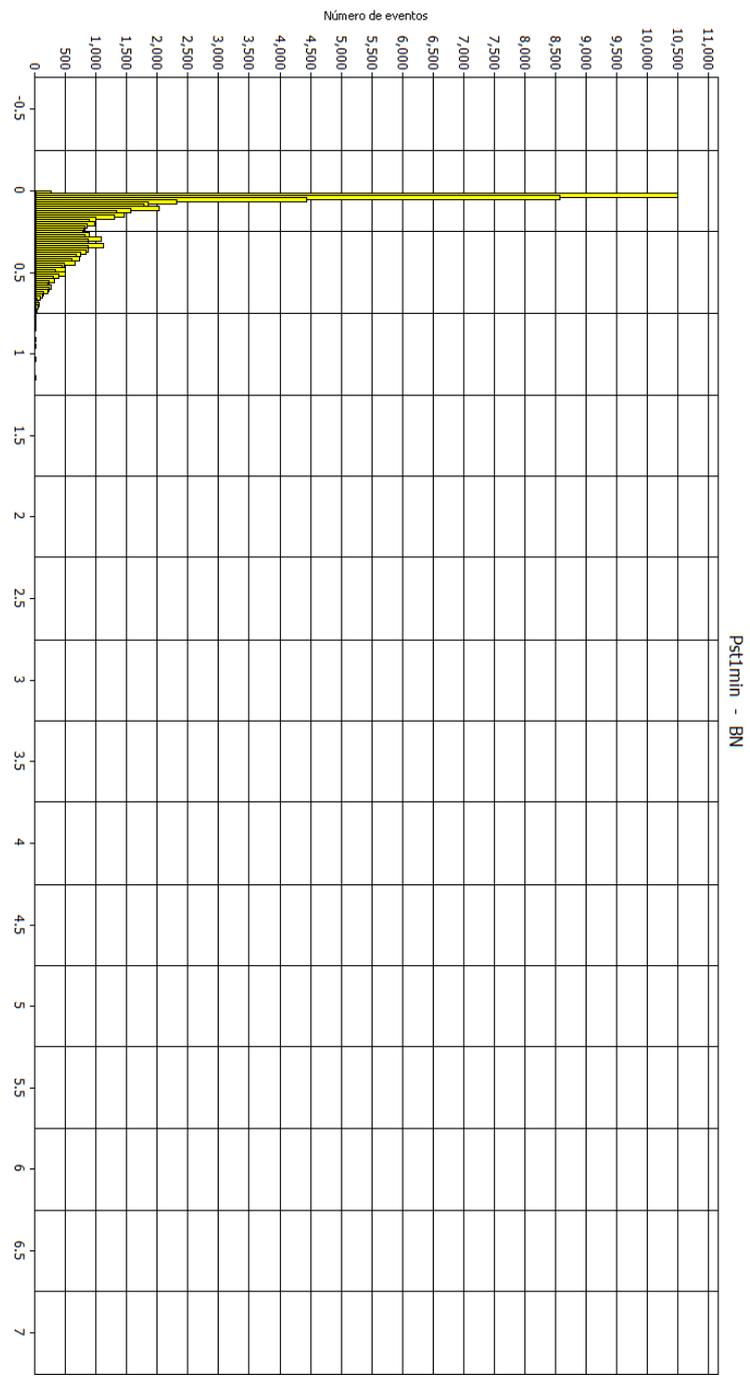
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 6.571 |
| En | 13/02/2022 05:27:52 a. m. |
| Valor mínimo | 0 |
| En | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| μ (Med) | 0.184582 |
| s | 0.196808 |
| 5% percentil | 0.033 |
| 95% percentil | 0.523 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 13/02/2022 05:28:32 a. m. | 6.571 |
| 13/02/2022 05:28:22 a. m. | 6.571 |
| 13/02/2022 05:28:12 a. m. | 6.571 |
| 13/02/2022 05:28:02 a. m. | 6.571 |
| 13/02/2022 05:27:52 a. m. | 6.571 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 12/02/2022 02:27:32 p. m. | 0 |
| 12/02/2022 02:27:22 p. m. | 0 |
| 12/02/2022 02:27:12 p. m. | 0 |
| 12/02/2022 02:27:02 p. m. | 0 |
| 12/02/2022 02:26:52 p. m. | 0 |



Resumen

| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| Hasta | 19/02/2022 02:26:42 p. m. |
| Valor máximo | 7,035 |
| En | 13/02/2022 05:27:52 a. m. |
| Valor mínimo | 0 |
| En | 12/02/2022 02:26:52 p. m. |
| μ (Med) | 0,179782 |
| s | 0,192566 |
| 5% percentil | 0,031 |
| 95% percentil | 0,507 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

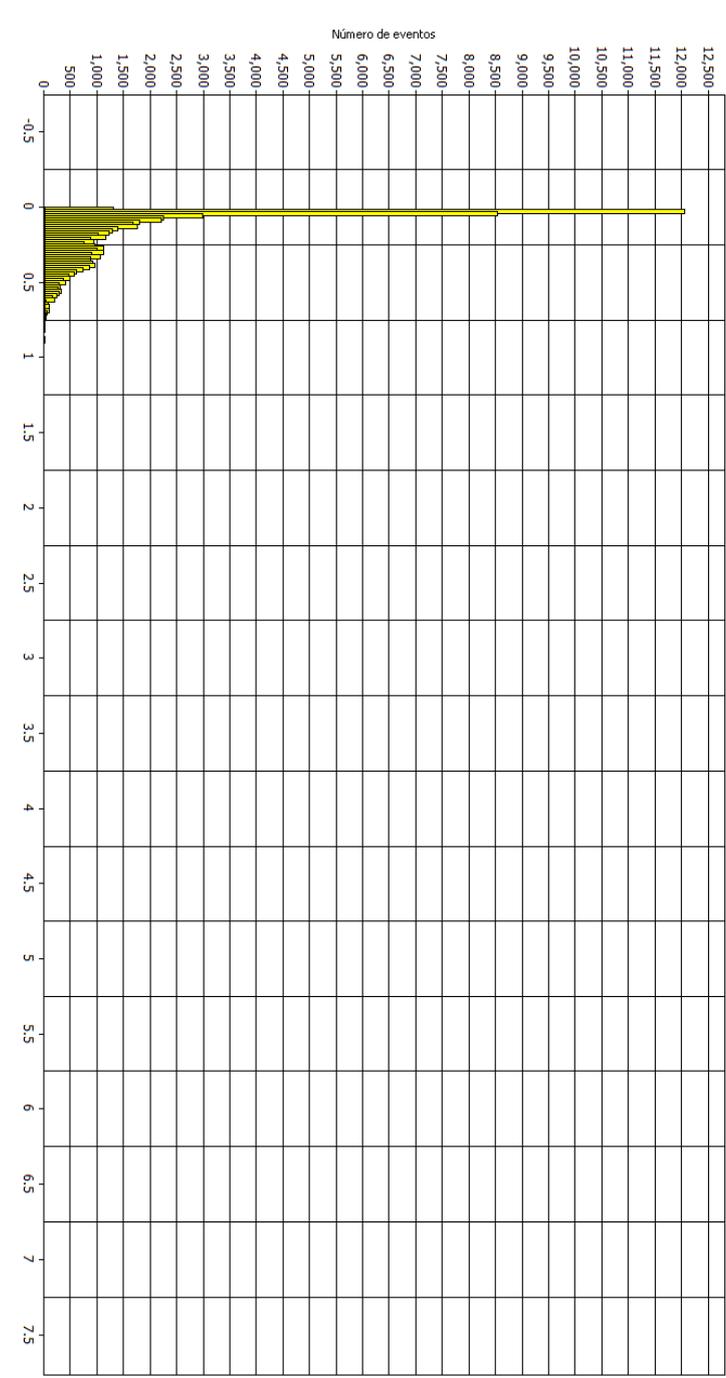
Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 13/02/2022 05:28:32 a. m. | 7,035 |
| 13/02/2022 05:28:22 a. m. | 7,035 |
| 13/02/2022 05:28:12 a. m. | 7,035 |
| 13/02/2022 05:28:02 a. m. | 7,035 |
| 13/02/2022 05:27:52 a. m. | 7,035 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 12/02/2022 02:27:32 p. m. | 0 |
| 12/02/2022 02:27:22 p. m. | 0 |
| 12/02/2022 02:27:12 p. m. | 0 |
| 12/02/2022 02:27:02 p. m. | 0 |
| 12/02/2022 02:26:52 p. m. | 0 |

Pct1min - CN

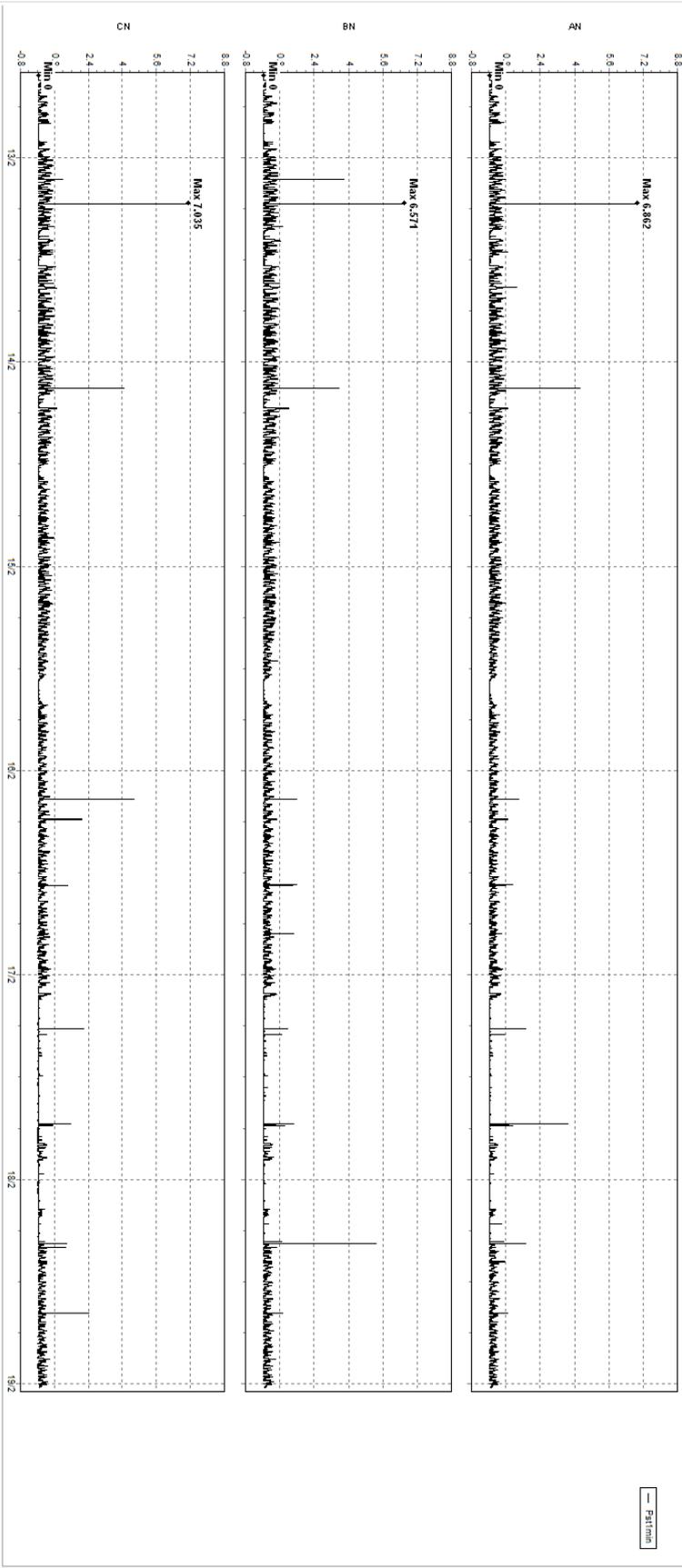


Mostrar canales AN BN CN NG AB BC CA A B C N

Desde 12/02/2022 14:26 Hasta 19/02/2022 00:26

Resumen Tabla Tensión y corriente Estadísticas Frecuencia / Desequilibrio Potencia Energía Ficta Paradas Amorticos Evento de onda TRANSIENT Evento RMS n.º 1: TRANSIENT 18/02/2022 2:07:33 781.mseg

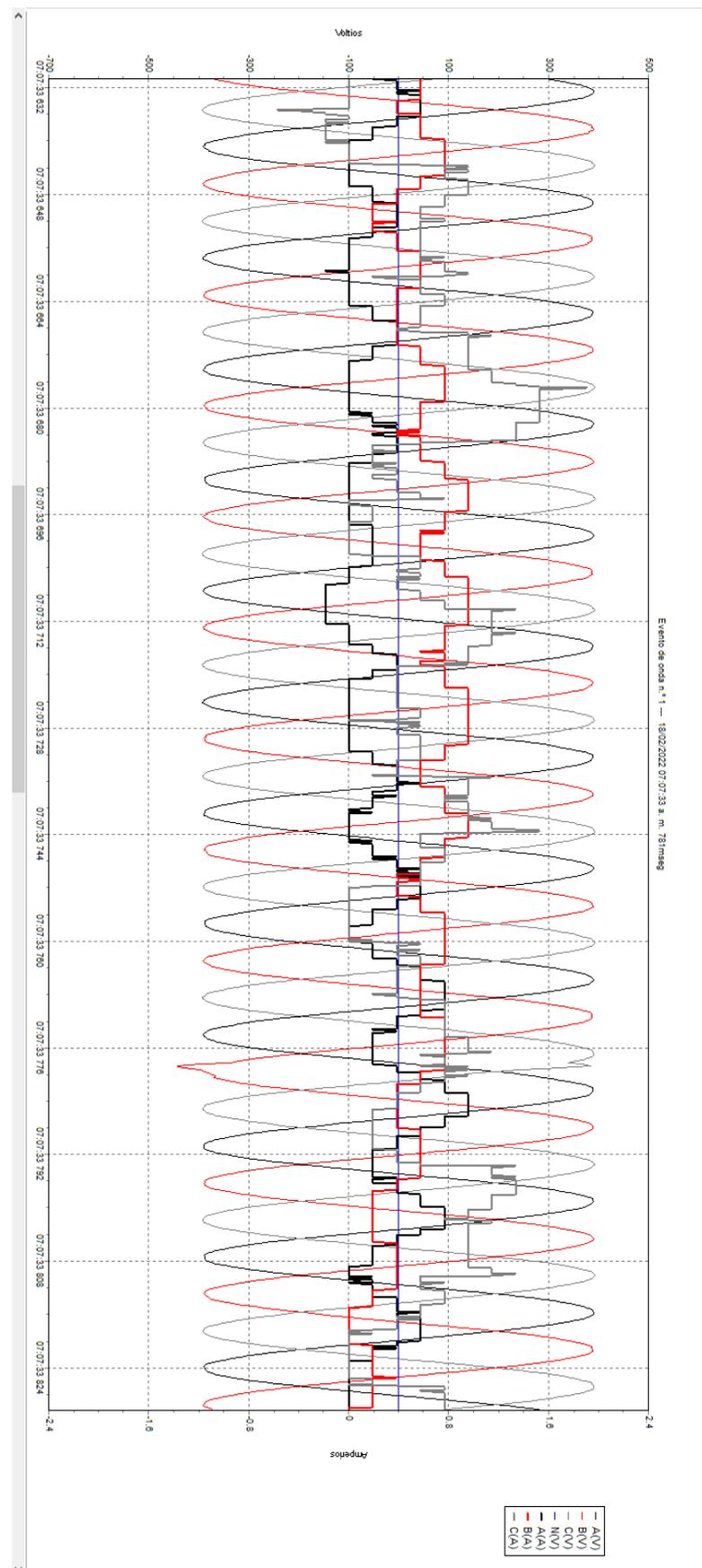
Pst PstLim

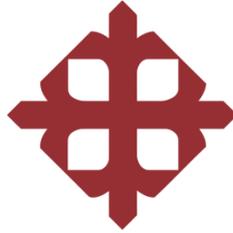


Mostrar canales AN(V) BN(V) CN(V) NG(V) AB(V) BC(V) CA(V) AA(A) BA(A) CA(A) N(A)

Evento de onda n.º 1

Resumen Tabla Tensión y corriente Estadísticas Frecuencia / Desequilibrio Potencia Energía Flicker Pantallas Armónicos Evento de onda: TRANSIENTE Evento RMS n.º 1: TRANSIENTE 18/02/2022 7:07:33.781msg



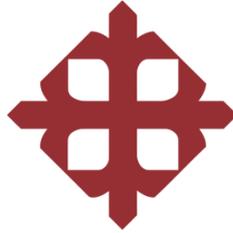


UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

Registro de lectura en el PCC 3

ANEXO K



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 3: Lecturas de Voltaje

ANEXO K 1.1

Vrms ph-ph - AB - Media

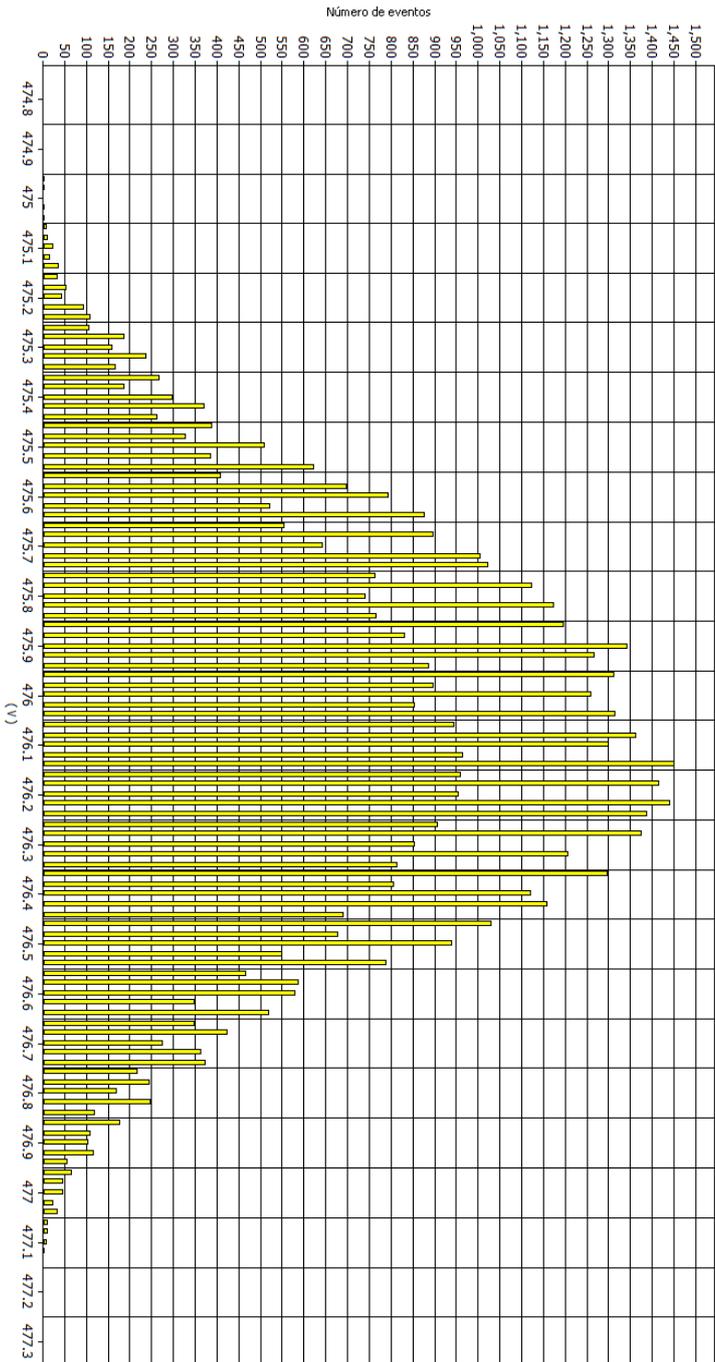
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 477.12 V |
| En | 25/02/2022 07:59:09 a. m. |
| Valor mínimo | 474.96 V |
| En | 23/02/2022 05:14:29 a. m. |
| μ (Med) | 476.079 V |
| s | 0.367275 V |
| 5% percentil | 475.5 V |
| 95% percentil | 476.7 V |
| % (85% - 10%) | 100% |
| % (99% - 10%) | 100% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 25/02/2022 08:28:09 a. m. | 477.12 |
| 25/02/2022 07:59:09 a. m. | 477.12 |
| 25/02/2022 08:40:49 a. m. | 477.1 |
| 25/02/2022 08:38:39 a. m. | 477.1 |
| 25/02/2022 08:27:39 a. m. | 477.1 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 23/02/2022 05:15:09 a. m. | 474.96 |
| 23/02/2022 05:14:29 a. m. | 474.96 |
| 23/02/2022 05:15:49 a. m. | 474.98 |
| 23/02/2022 05:15:19 a. m. | 474.98 |
| 23/02/2022 02:18:09 a. m. | 475 |



Resumen

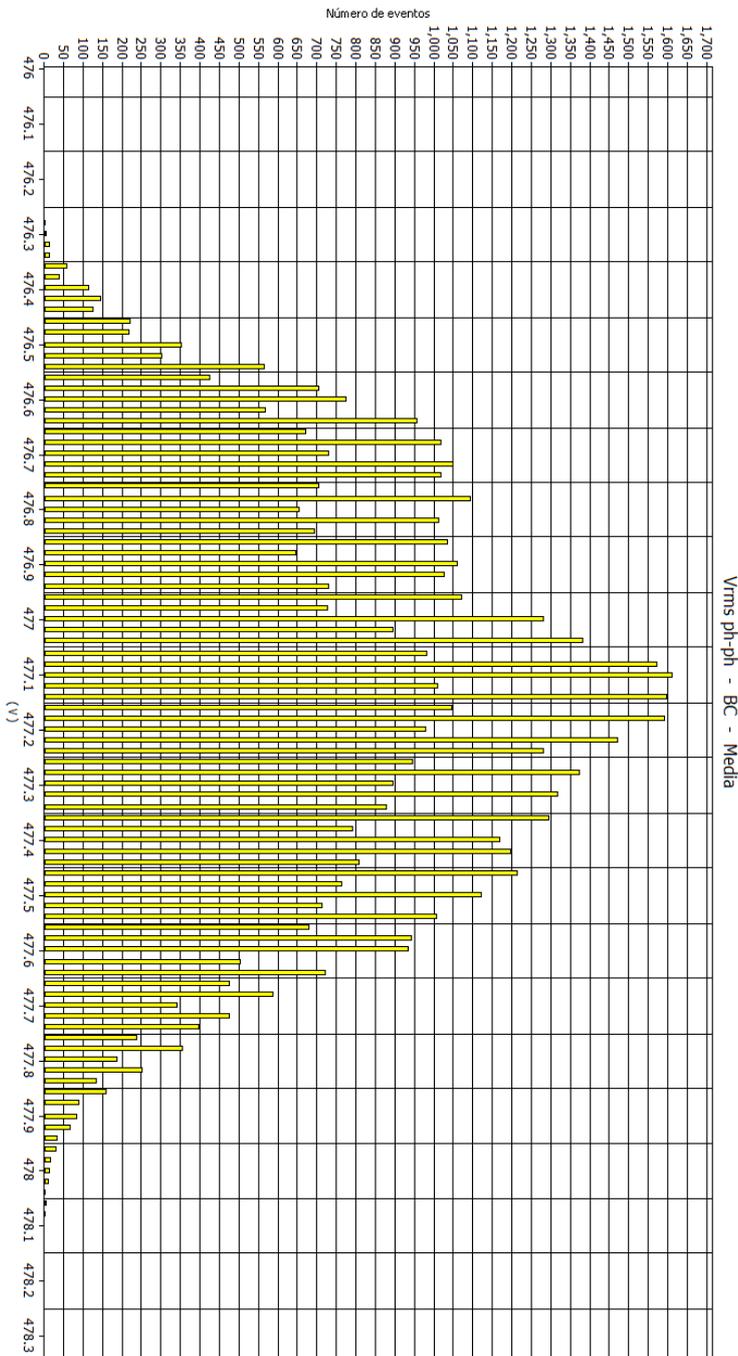
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 478,14 V |
| En | 25/02/2022 10:15:49 a. m. |
| Valor mínimo | 476,2 V |
| En | 23/02/2022 10:07:09 p. m. |
| μ (Med) | 477,136 V |
| s | 0,342984 V |
| 5% percentil | 476,6 V |
| 95% percentil | 477,7 V |
| % [85% - 110%] | 100% |
| % [90% - 110%] | 100% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 25/02/2022 10:15:49 a. m. | 478,14 |
| 25/02/2022 04:46:59 p. m. | 478,12 |
| 25/02/2022 01:40:09 p. m. | 478,1 |
| 25/02/2022 01:42:59 p. m. | 478,08 |
| 25/02/2022 11:19:09 a. m. | 478,08 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 23/02/2022 10:07:09 p. m. | 476,2 |
| 24/02/2022 02:47:29 a. m. | 476,28 |
| 23/02/2022 10:03:49 p. m. | 476,28 |
| 23/02/2022 09:12:09 p. m. | 476,28 |
| 23/02/2022 10:10:29 p. m. | 476,3 |



Resumen

| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 477.12 V |
| En | 25/02/2022 07:59:09 a. m. |
| Valor mínimo | 474.96 V |
| En | 23/02/2022 05:14:29 a. m. |
| U (Med) | 476.079 V |
| S | 0.362275 V |
| 5% percentil | 475.5 V |
| 95% percentil | 476.7 V |
| % [85% - 100%] | 100% |
| % [90% - 100%] | 100% |

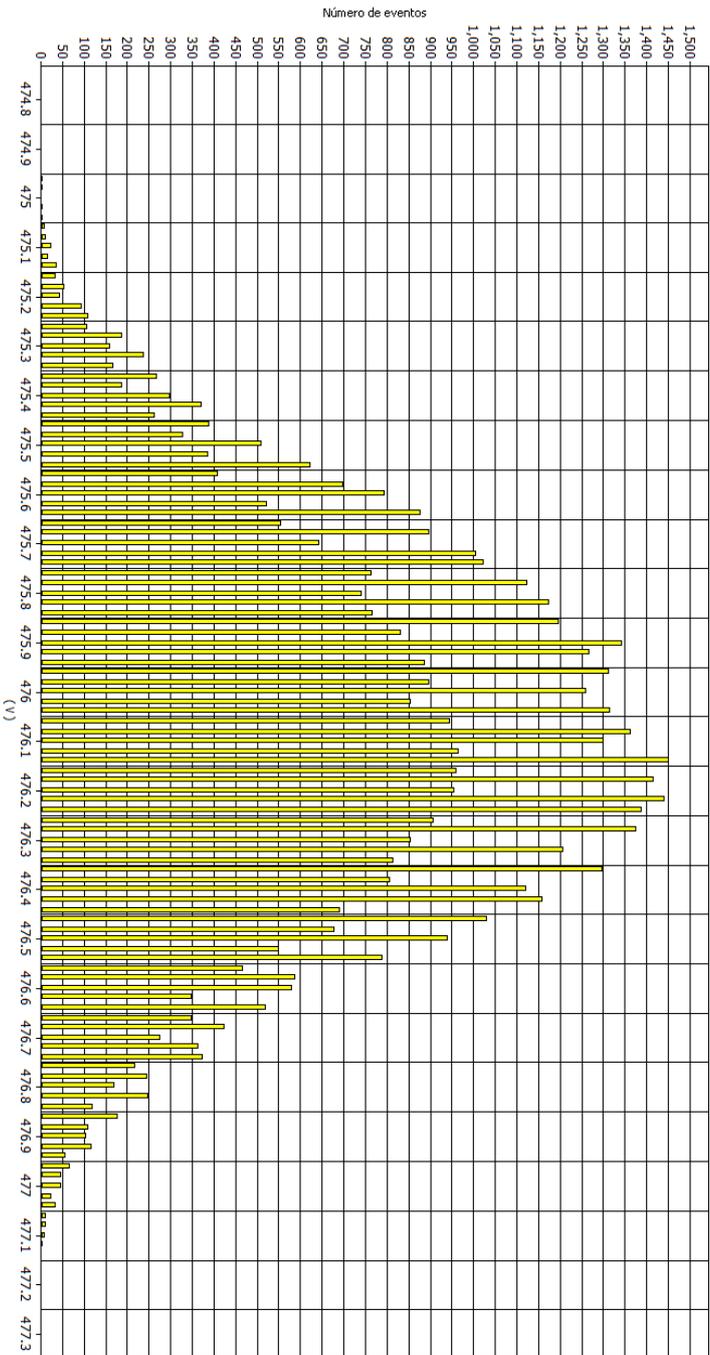
Valores extremos superiores

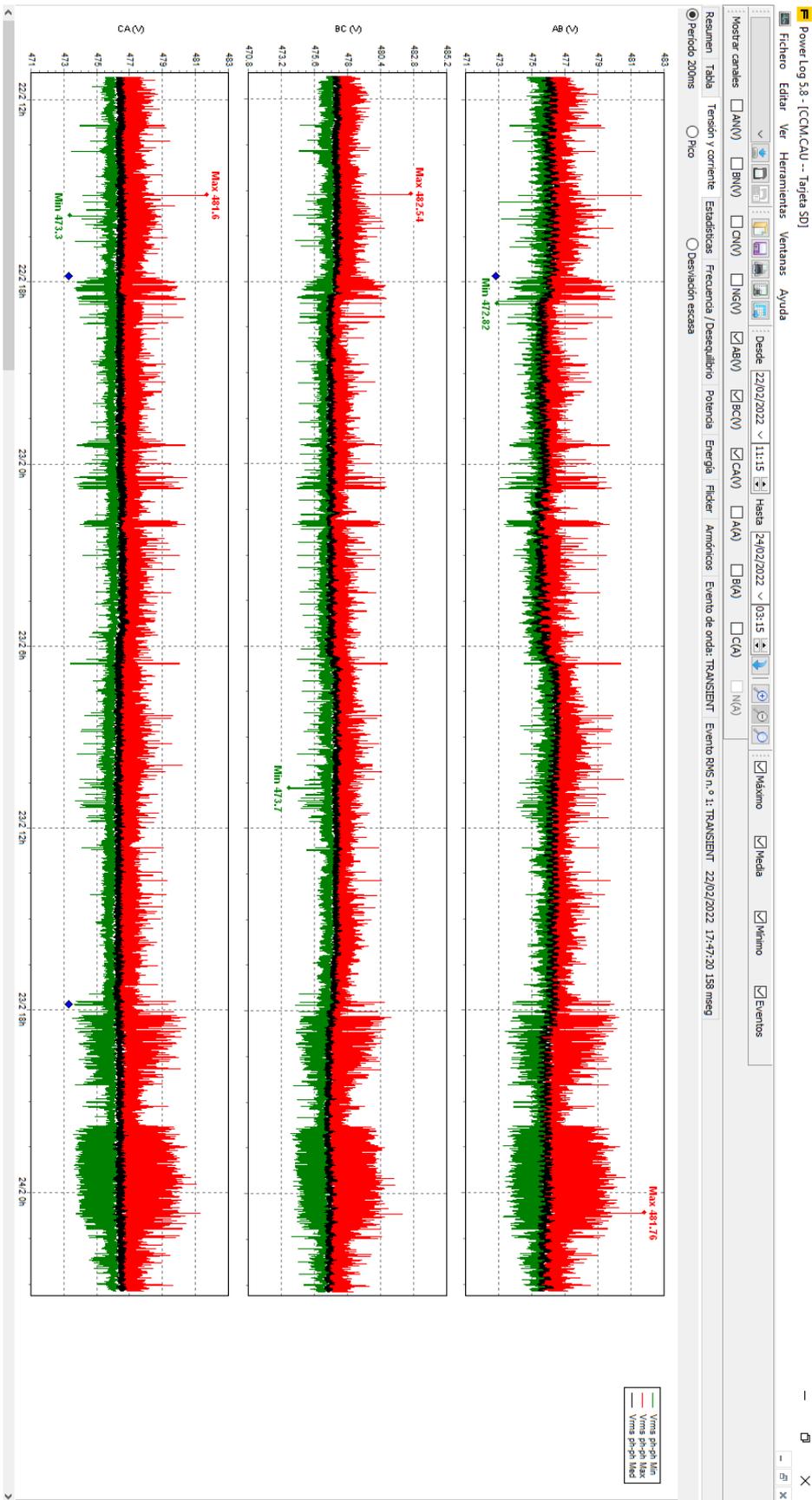
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 25/02/2022 08:28:09 a. m. | 477.12 |
| 25/02/2022 07:59:09 a. m. | 477.12 |
| 25/02/2022 08:40:49 a. m. | 477.1 |
| 25/02/2022 08:38:39 a. m. | 477.1 |
| 25/02/2022 08:27:39 a. m. | 477.1 |

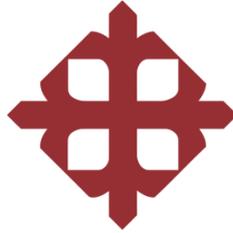
Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|--------|
| 23/02/2022 05:15:09 a. m. | 474.96 |
| 23/02/2022 05:14:29 a. m. | 474.96 |
| 23/02/2022 05:15:49 a. m. | 474.98 |
| 23/02/2022 05:15:19 a. m. | 474.98 |
| 23/02/2022 02:16:09 a. m. | 475 |

Vims ph-ph - CA - Media







UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 3: Lecturas de Corriente

ANEXO K 1.2

Resumen

| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 703 A |
| En | 26/02/2022 05:25:59 a. m. |
| Valor mínimo | 594 A |
| En | 01/03/2022 11:14:29 a. m. |
| l1 (Med) | 652,667 A |
| s | 22,6749 A |
| 5% percentil | 611,7 A |
| 95% percentil | 680,8 A |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

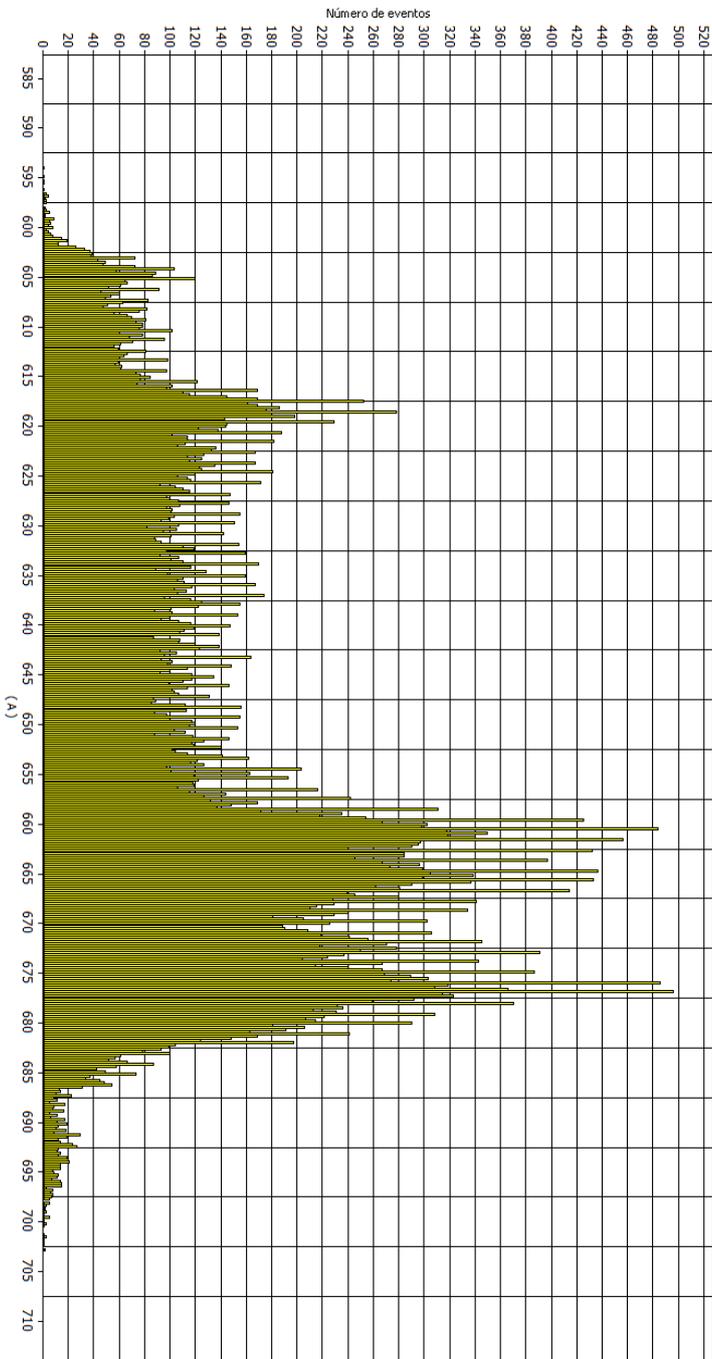
Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|----------|
| 26/02/2022 05:25:59 a. m. | 702,9999 |
| 26/02/2022 05:37:39 a. m. | 702,9 |
| 26/02/2022 05:37:29 a. m. | 702,4999 |
| 26/02/2022 05:25:49 a. m. | 702,3 |
| 26/02/2022 05:48:09 a. m. | 701,9999 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|----------|
| 01/03/2022 11:14:29 a. m. | 593,9999 |
| 22/02/2022 03:49:19 p. m. | 595,1 |
| 01/03/2022 11:13:49 a. m. | 595,4999 |
| 27/02/2022 03:14:09 p. m. | 595,7 |
| 27/02/2022 03:39:19 p. m. | 596,3 |

Arms - A - Media



Resumen

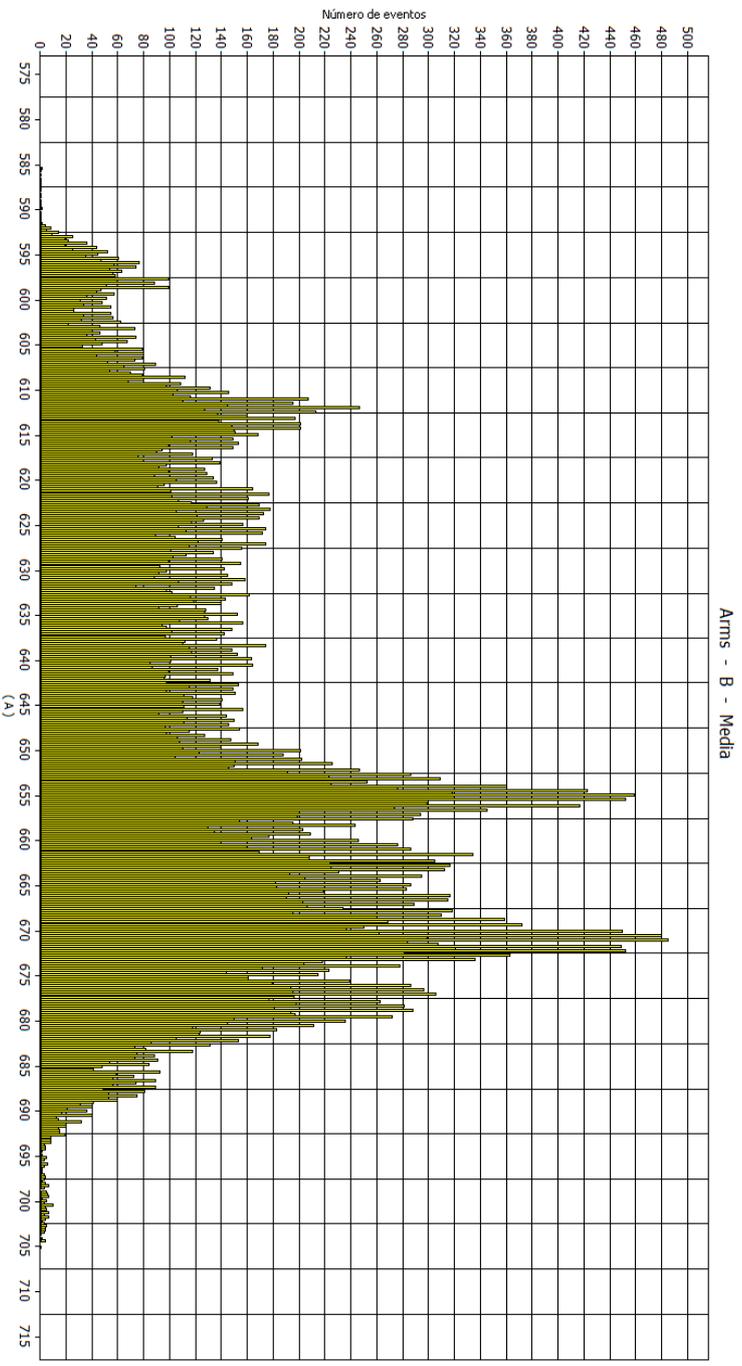
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 705.3 A |
| En | 26/02/2022 05:25:59 a. m. |
| Valor mínimo | 585.4 A |
| En | 28/02/2022 10:39:39 a. m. |
| U (Med) | 649.851 A |
| s | 24.2541 A |
| 5% percentil | 607.1 A |
| 95% percentil | 681.6 A |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|-----------|
| 26/02/2022 05:25:59 a. m. | 705.3 |
| 26/02/2022 05:25:49 a. m. | 704.49999 |
| 26/02/2022 05:48:09 a. m. | 704.4 |
| 26/02/2022 05:37:39 a. m. | 704.4 |
| 26/02/2022 05:26:49 a. m. | 704.4 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|-----------|
| 28/02/2022 10:39:39 a. m. | 585.4 |
| 01/03/2022 11:14:29 a. m. | 585.49999 |
| 28/02/2022 10:07:59 a. m. | 585.7 |
| 27/02/2022 03:14:09 p. m. | 586.2 |
| 01/03/2022 11:13:49 a. m. | 586.8 |



Resumen

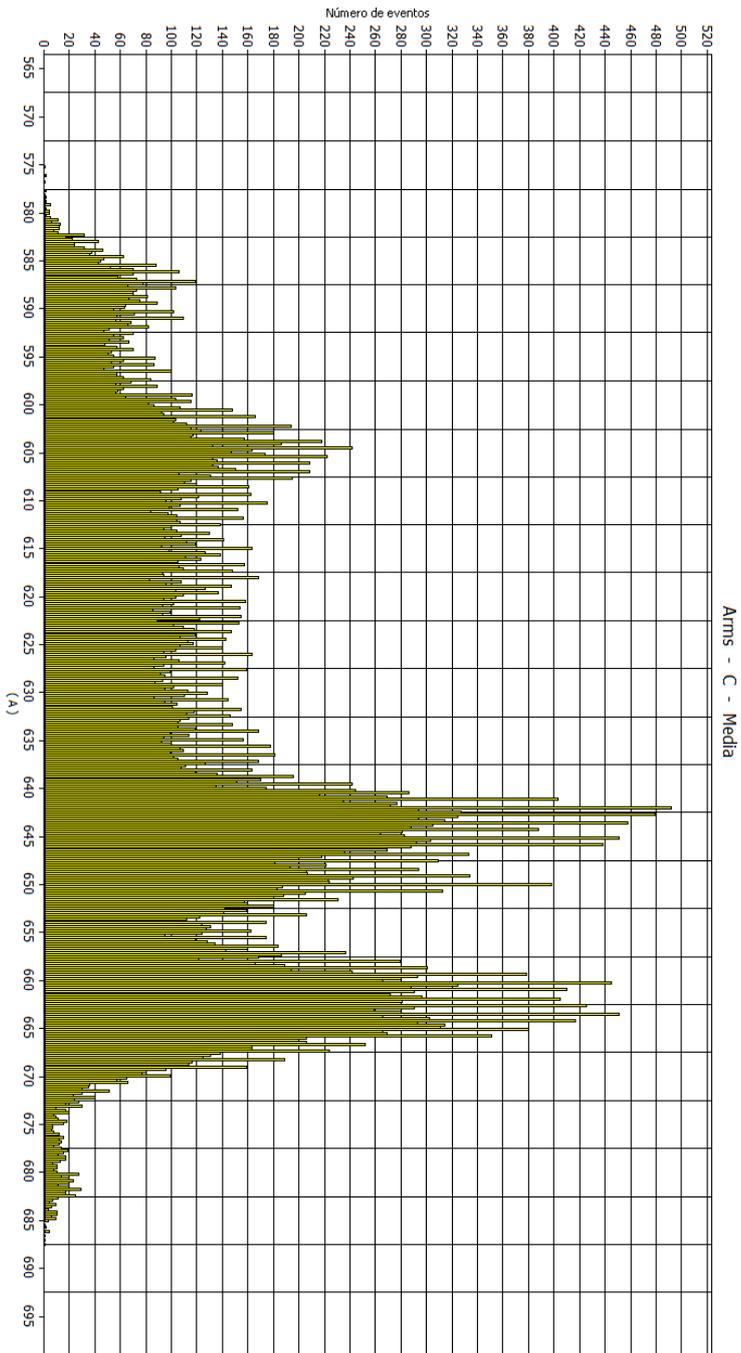
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 687.7 A |
| En | 26/02/2022 05:37:39 a. m. |
| Valor mínimo | 575.2 A |
| En | 27/02/2022 03:14:09 p. m. |
| U (Med) | 636.787 A |
| S | 23.798 A |
| 5% percentil | 593 A |
| 95% percentil | 667 A |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

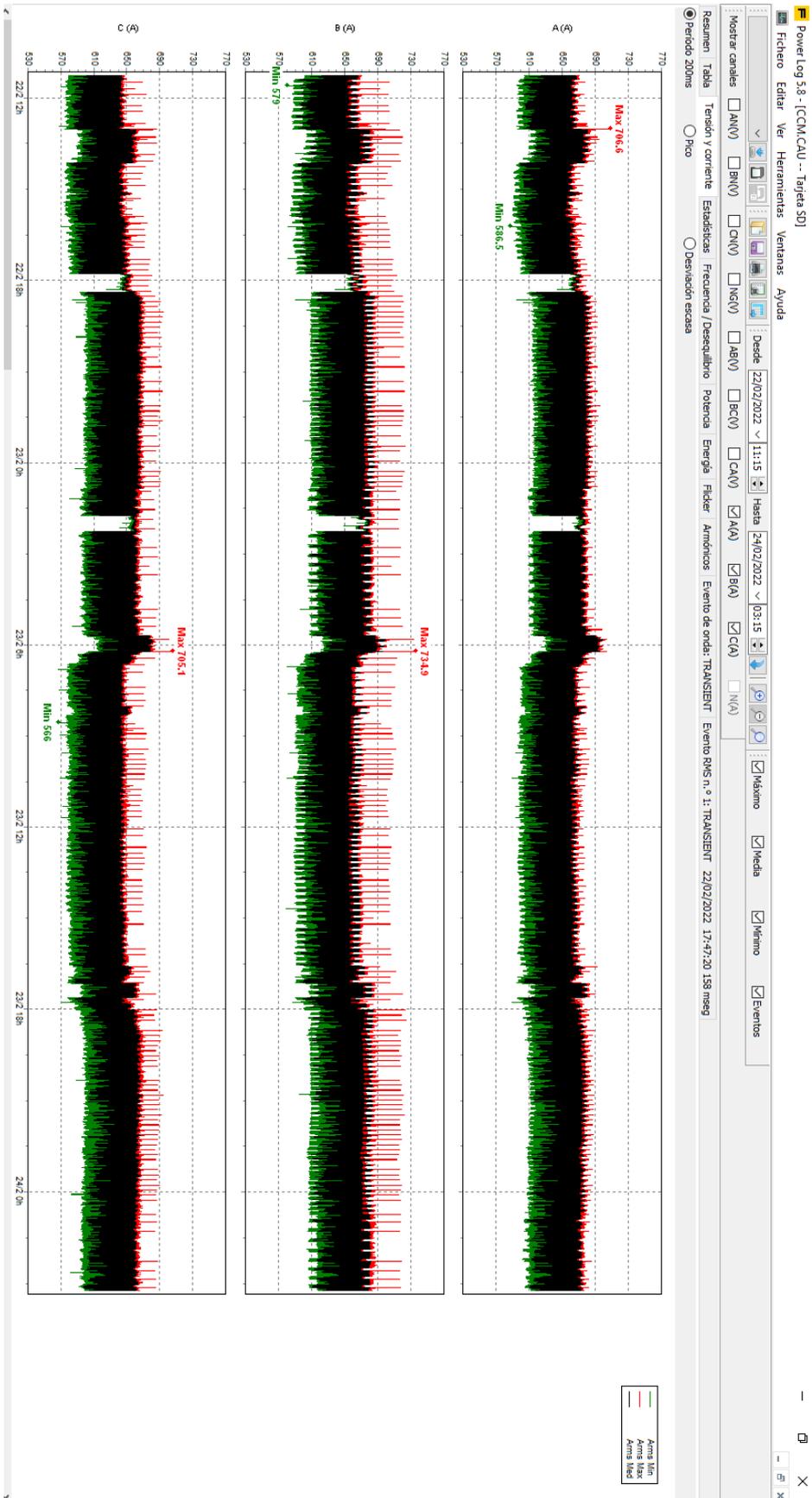
Valores extremos superiores

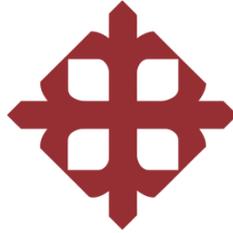
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 26/02/2022 05:37:39 a. m. | 687.7 |
| 26/02/2022 05:37:29 a. m. | 687.2 |
| 26/02/2022 05:25:59 a. m. | 686.8 |
| 27/02/2022 05:58:19 a. m. | 686.2 |
| 26/02/2022 05:48:09 a. m. | 686.2 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|----------|
| 27/02/2022 03:14:09 p. m. | 575.2 |
| 28/02/2022 10:39:39 a. m. | 576.3 |
| 28/02/2022 10:07:59 a. m. | 576.3 |
| 27/02/2022 11:17:59 a. m. | 576.9999 |
| 27/02/2022 03:39:19 p. m. | 577.8 |





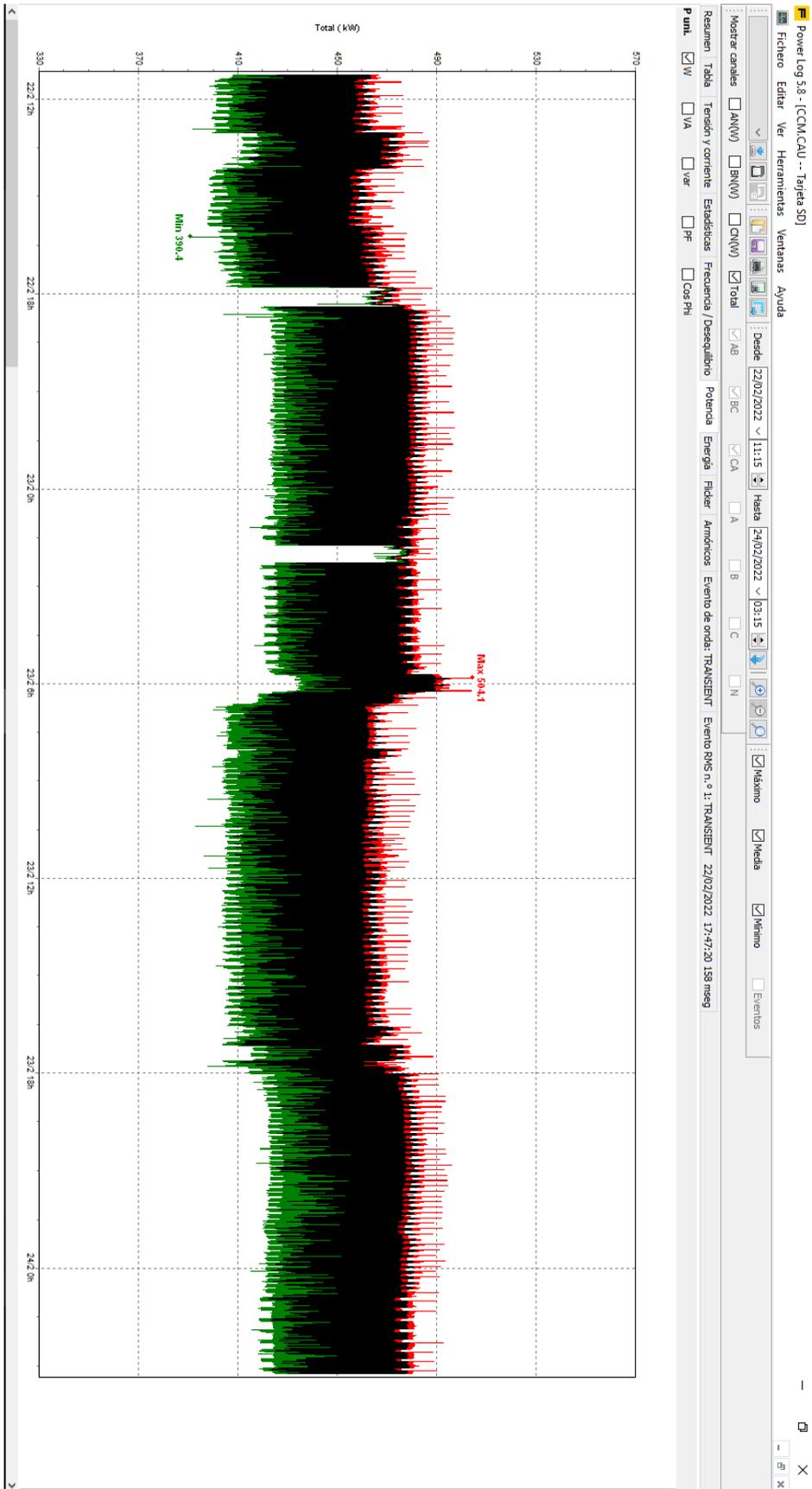


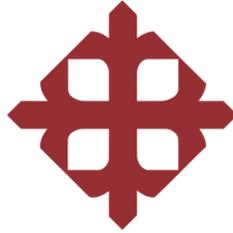
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 3: Lecturas de Potencia Activa

ANEXO K 1.3



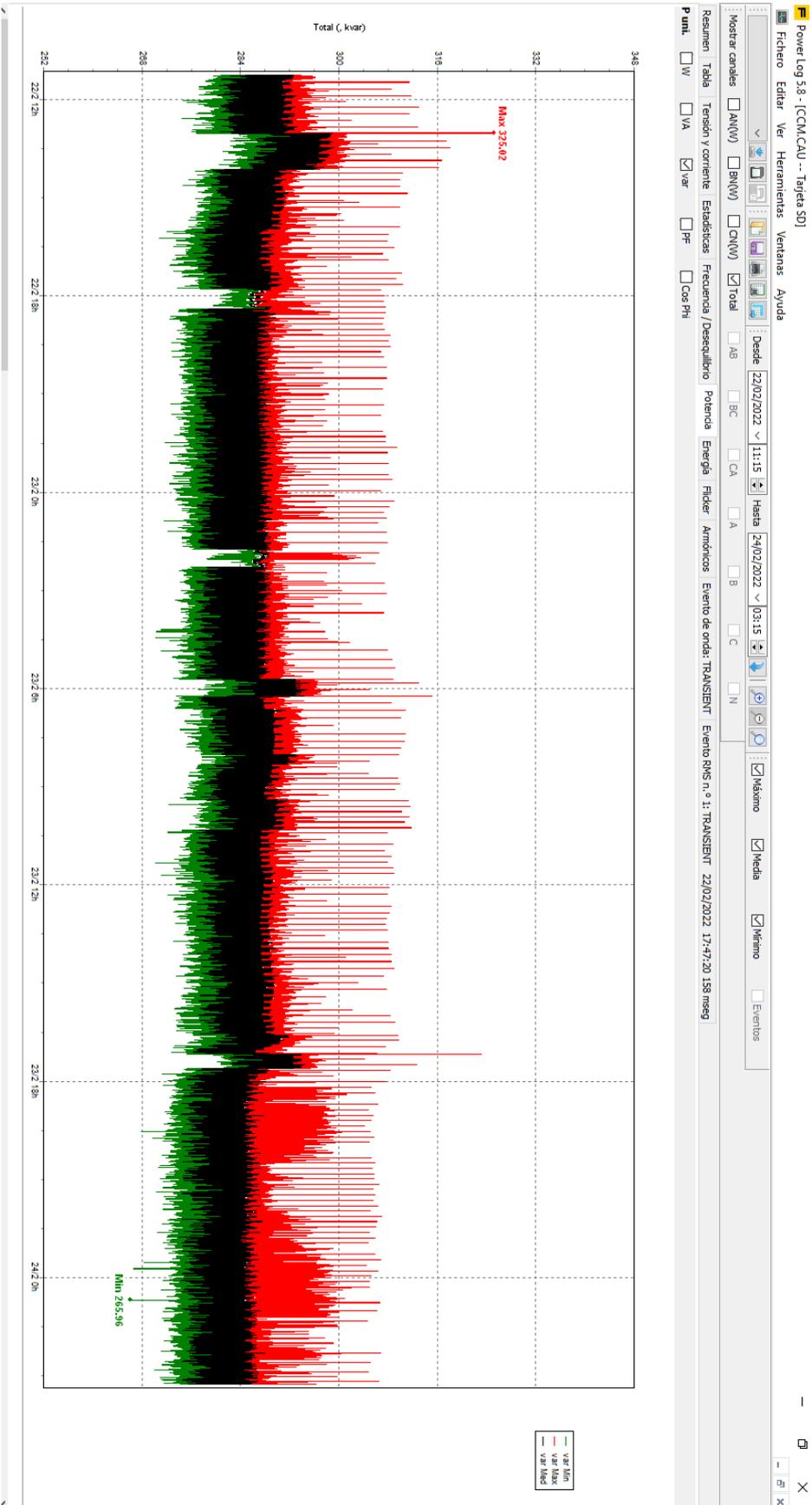


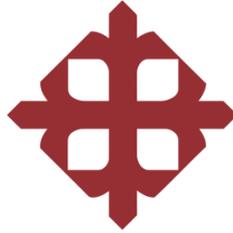
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 3: Lecturas de Potencia Reactiva

ANEXO K 1.4



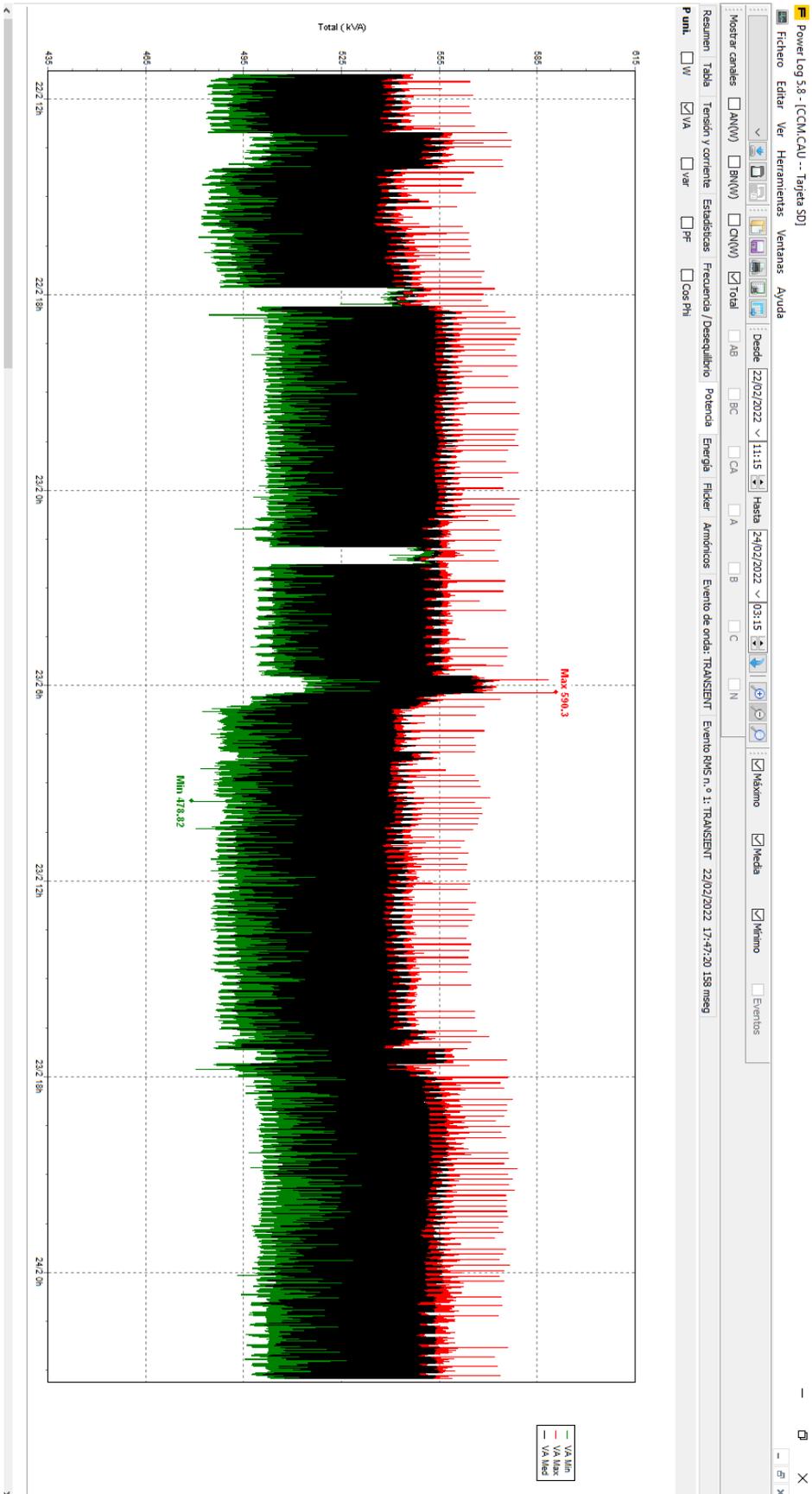


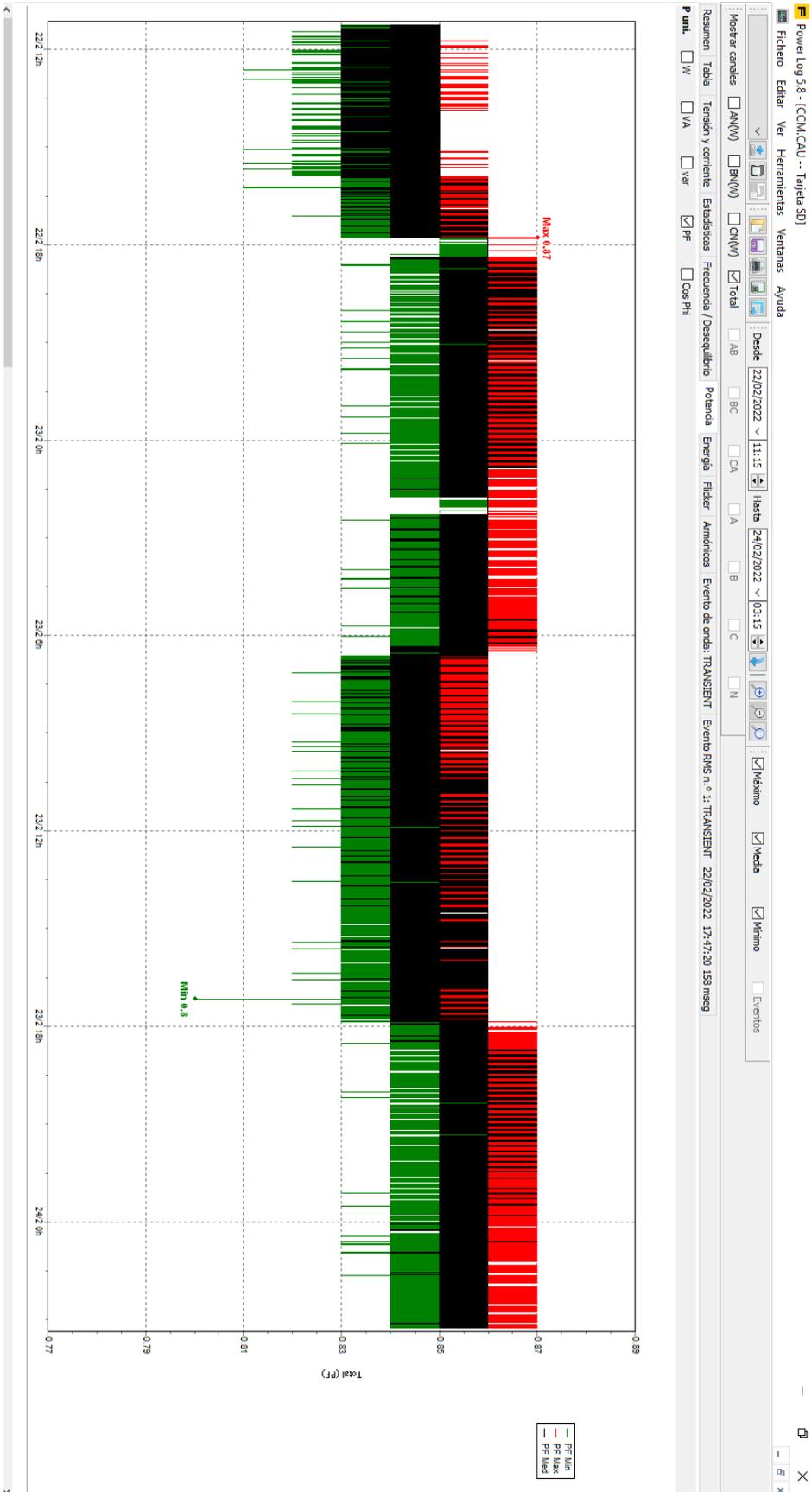
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

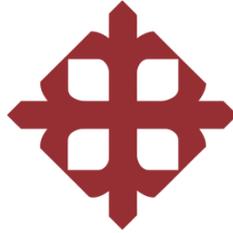
Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 3: Lecturas de Potencia Aparente y Factor de Potencia

ANEXO K 1.5





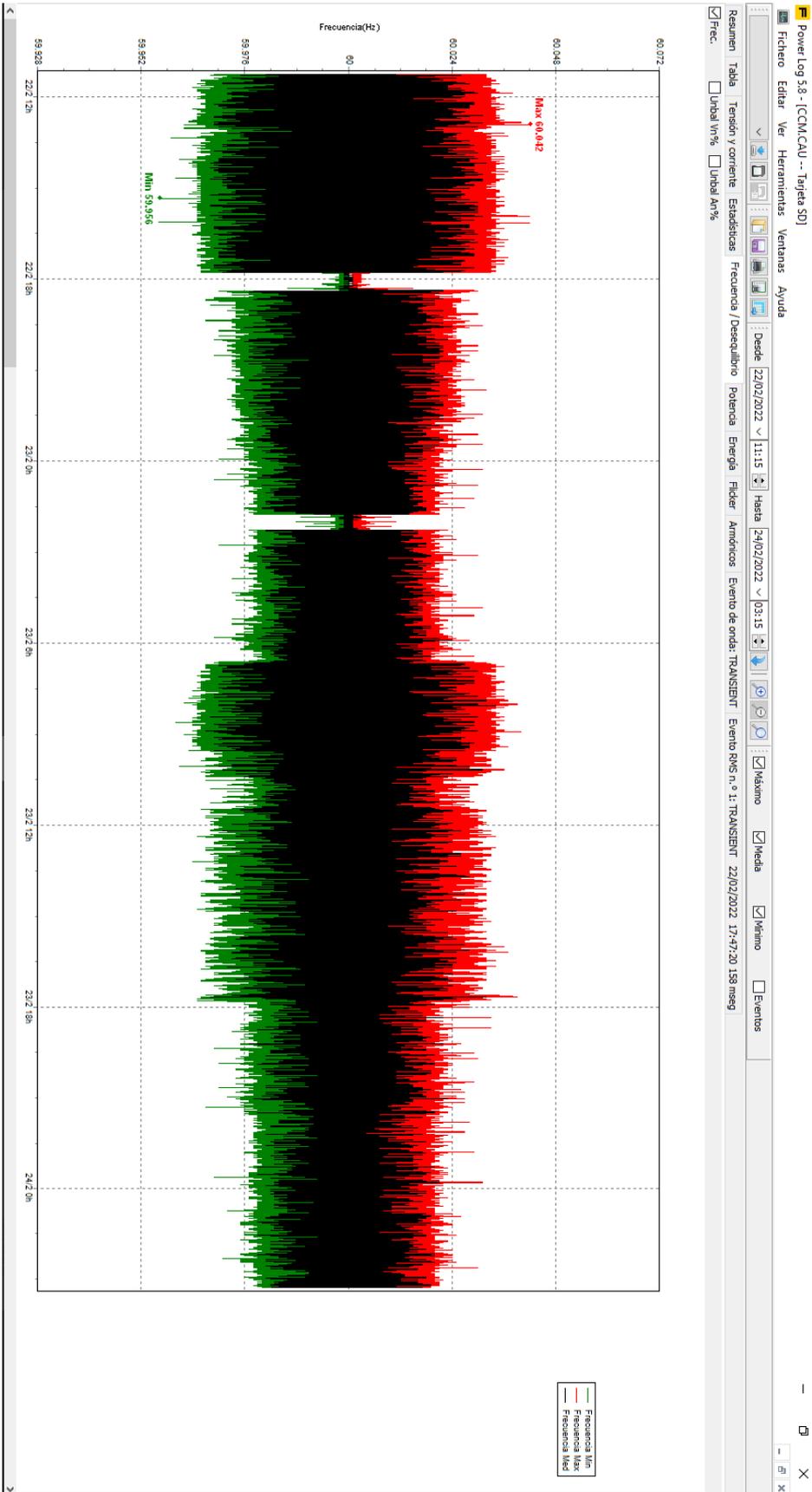


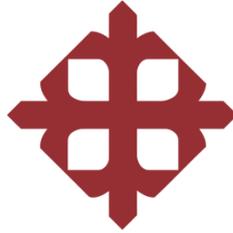
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 3: Lecturas de Frecuencia

ANEXO K 1.6



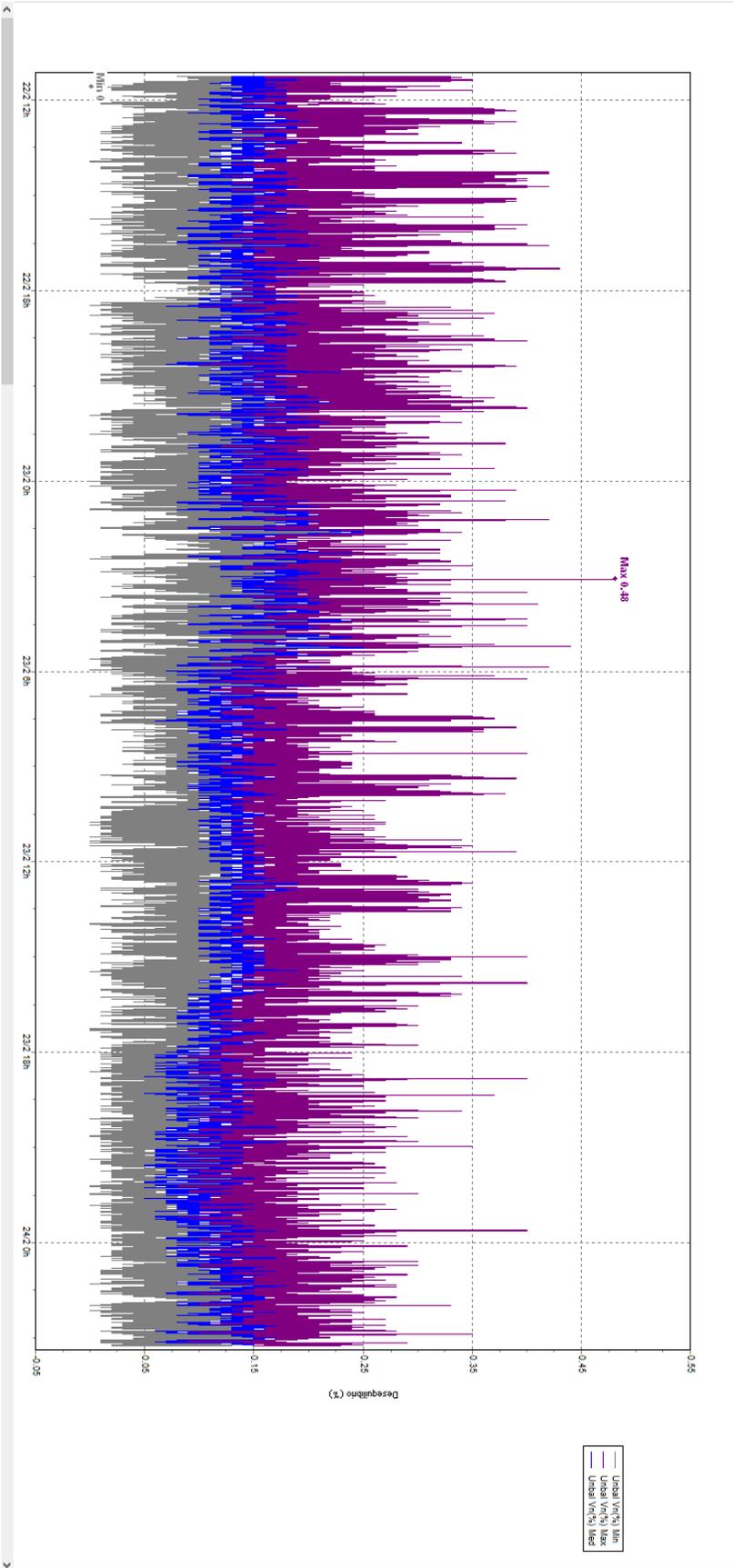


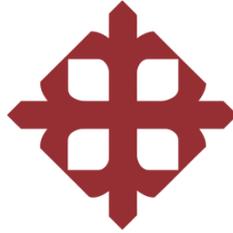
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 3: Lecturas de Desbalance de Voltaje

ANEXO K 1.7



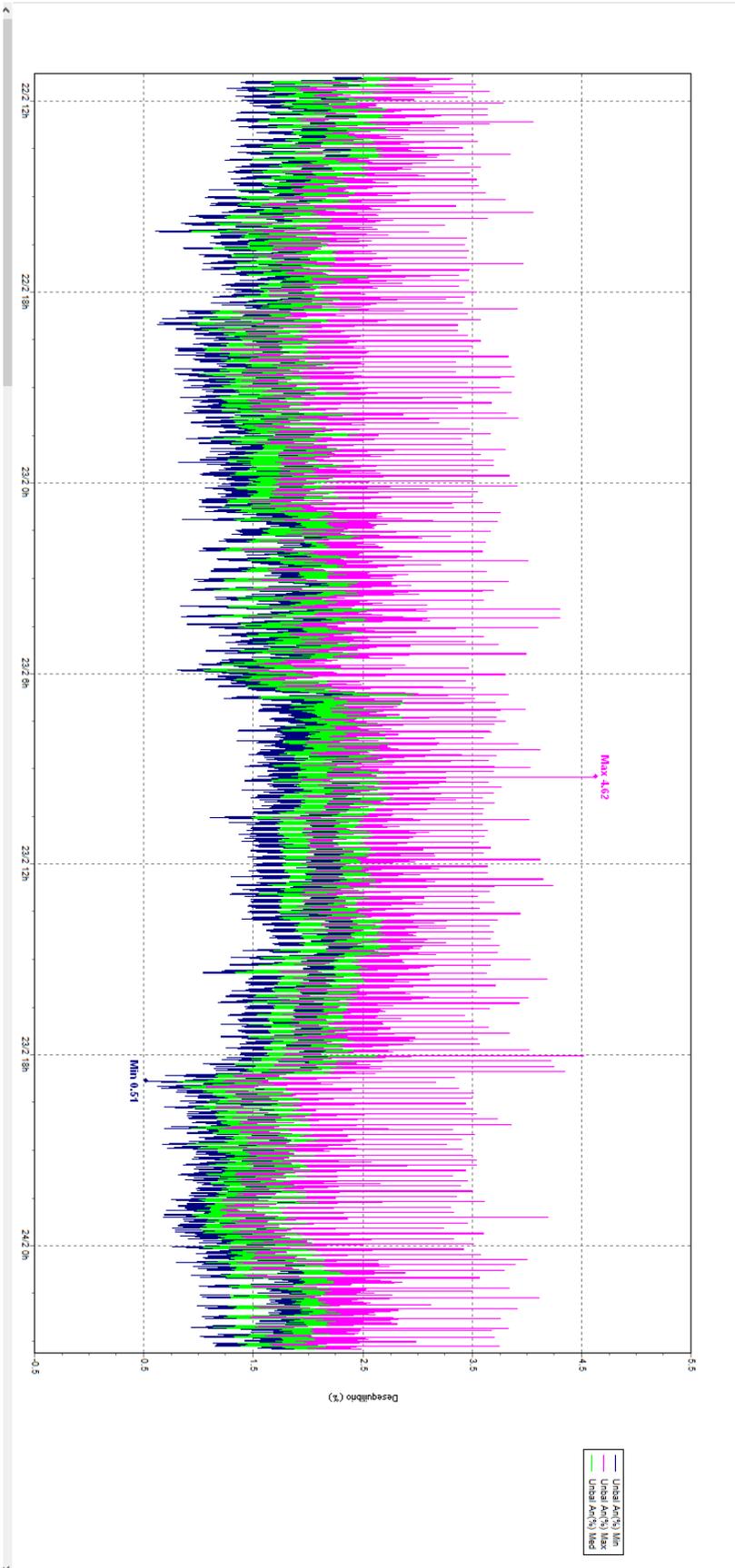


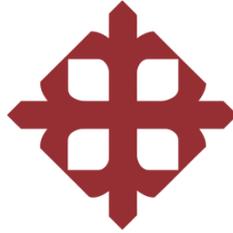
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 3: Lecturas de Desbalance de Corriente

ANEXO K 1.8





UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 3: Lecturas de Distorsión Armónica de Voltaje

ANEXO K 1.9

Resumen

| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 2.17 |
| En | 26/02/2022 03:39:49 p. m. |
| Valor mínimo | 1.27 |
| En | 22/02/2022 12:55:29 p. m. |
| U (Med) | 1.61431 |
| S | 0.063748 |
| 5% percentil | 1.55 |
| 95% percentil | 1.69 |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

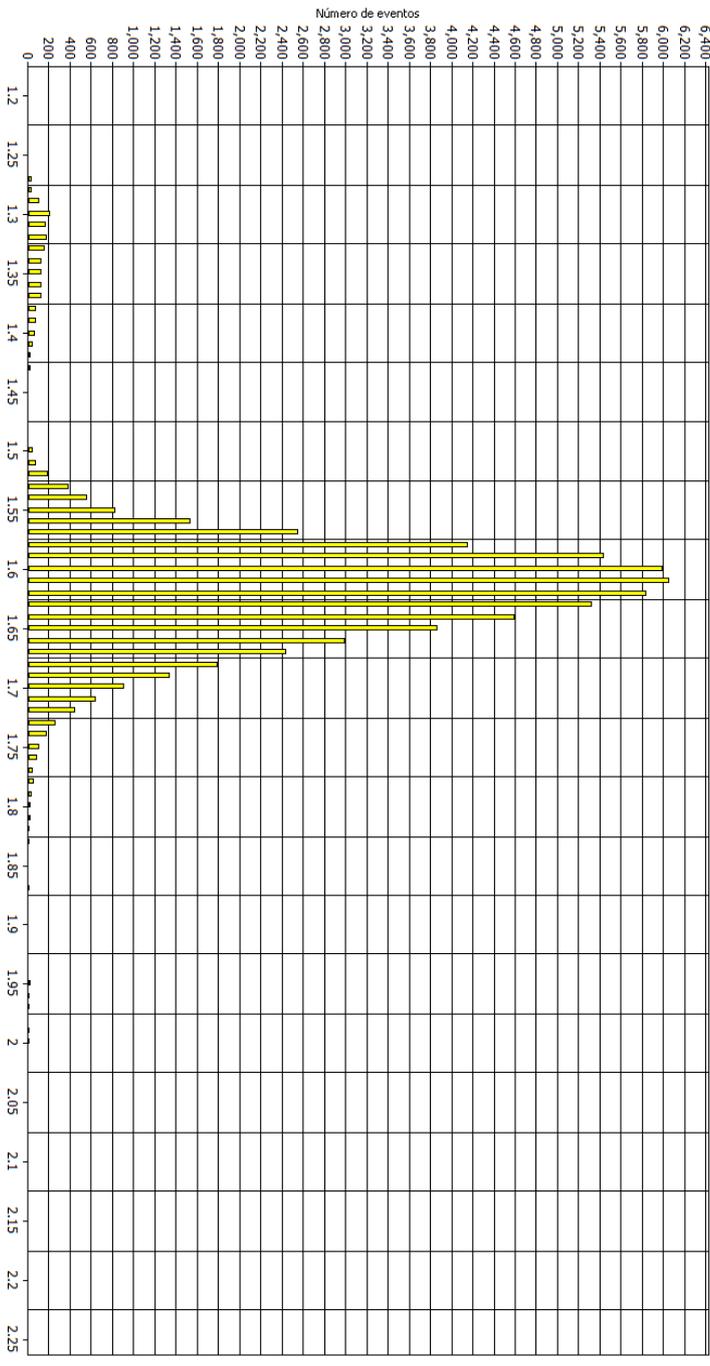
Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 26/02/2022 03:39:49 p. m. | 2.17 |
| 25/02/2022 11:52:49 a. m. | 2.1 |
| 24/02/2022 09:45:39 a. m. | 2.09 |
| 26/02/2022 03:42:29 p. m. | 2.07 |
| 24/02/2022 09:43:59 a. m. | 2.05 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 22/02/2022 01:38:09 p. m. | 1.27 |
| 22/02/2022 01:32:49 p. m. | 1.27 |
| 22/02/2022 01:28:09 p. m. | 1.27 |
| 22/02/2022 01:27:19 p. m. | 1.27 |
| 22/02/2022 01:26:29 p. m. | 1.27 |

THD - AB (Voltage) - Media



Resumen

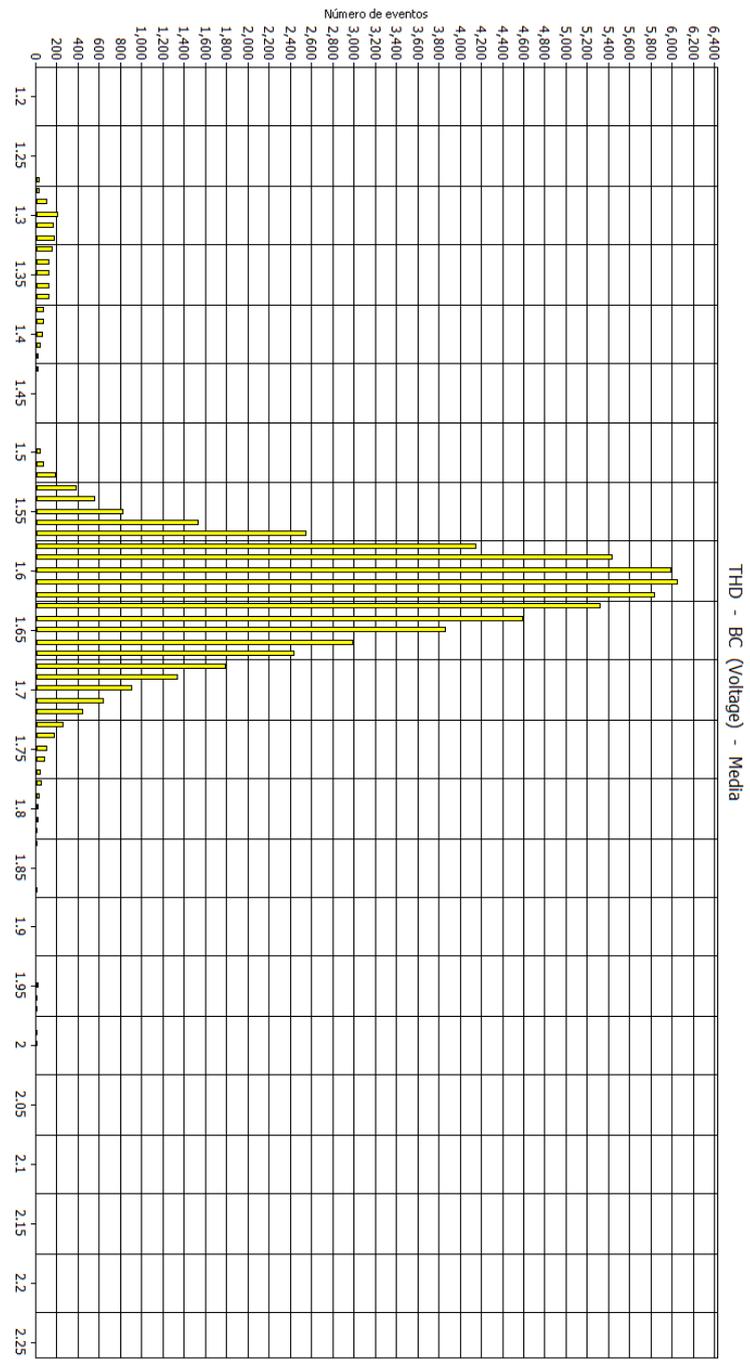
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 2.17 |
| En | 26/02/2022 03:39:49 p. m. |
| Valor mínimo | 1.27 |
| En | 22/02/2022 12:55:29 p. m. |
| u (Med) | 1.61431 |
| s | 0.063748 |
| 5% percentil | 1.55 |
| 95% percentil | 1.69 |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 26/02/2022 03:39:49 p. m. | 2.17 |
| 25/02/2022 11:52:49 a. m. | 2.1 |
| 24/02/2022 09:45:39 a. m. | 2.09 |
| 26/02/2022 03:42:29 p. m. | 2.07 |
| 24/02/2022 09:43:59 a. m. | 2.05 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 22/02/2022 01:38:09 p. m. | 1.27 |
| 22/02/2022 01:32:49 p. m. | 1.27 |
| 22/02/2022 01:28:09 p. m. | 1.27 |
| 22/02/2022 01:27:19 p. m. | 1.27 |
| 22/02/2022 01:26:29 p. m. | 1.27 |



Resumen

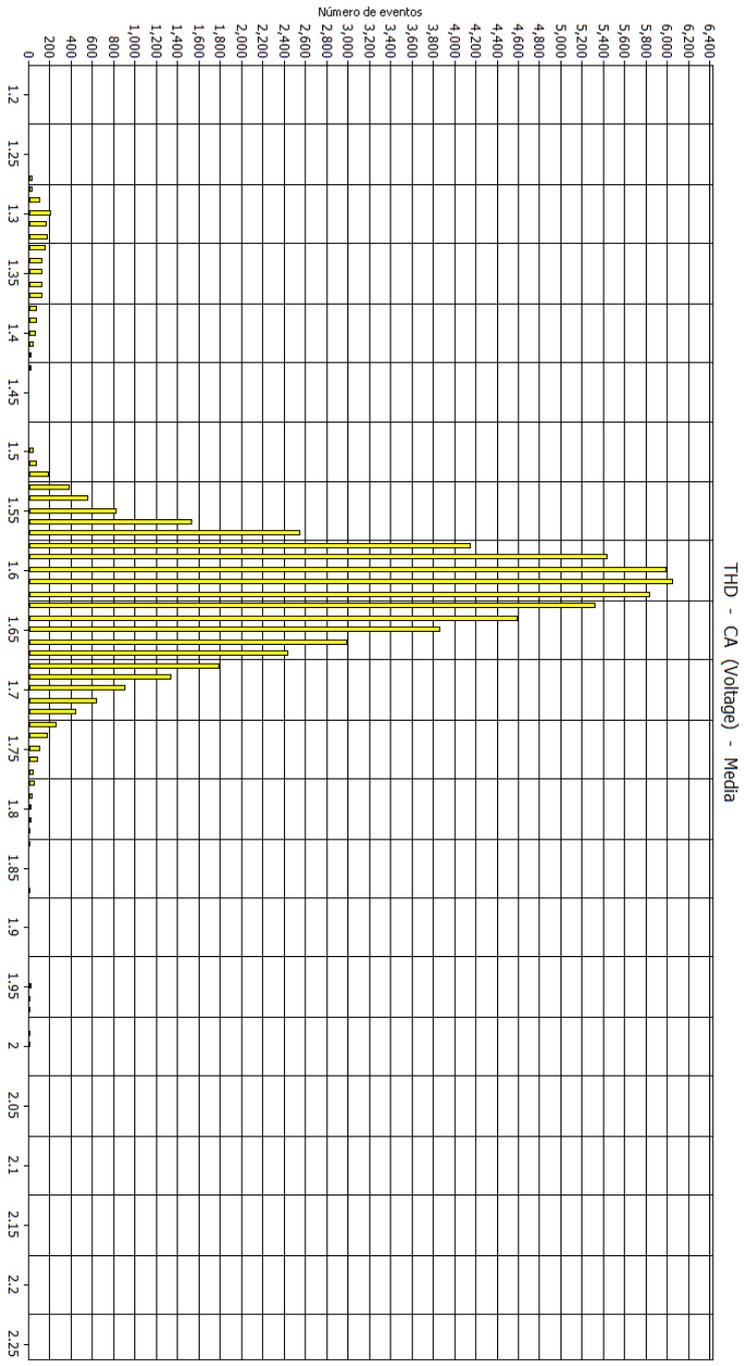
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 2.17 |
| En | 26/02/2022 03:39:49 p. m. |
| Valor mínimo | 1.27 |
| En | 22/02/2022 12:55:29 p. m. |
| u (Med) | 1.61431 |
| s | 0.063746 |
| 5% percentil | 1.35 |
| 95% percentil | 1.69 |
| % [95% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 26/02/2022 03:39:49 p. m. | 2.17 |
| 25/02/2022 11:52:49 a. m. | 2.1 |
| 24/02/2022 09:45:39 a. m. | 2.09 |
| 26/02/2022 03:42:29 p. m. | 2.07 |
| 24/02/2022 09:43:59 a. m. | 2.05 |

Valores extremos inferiores

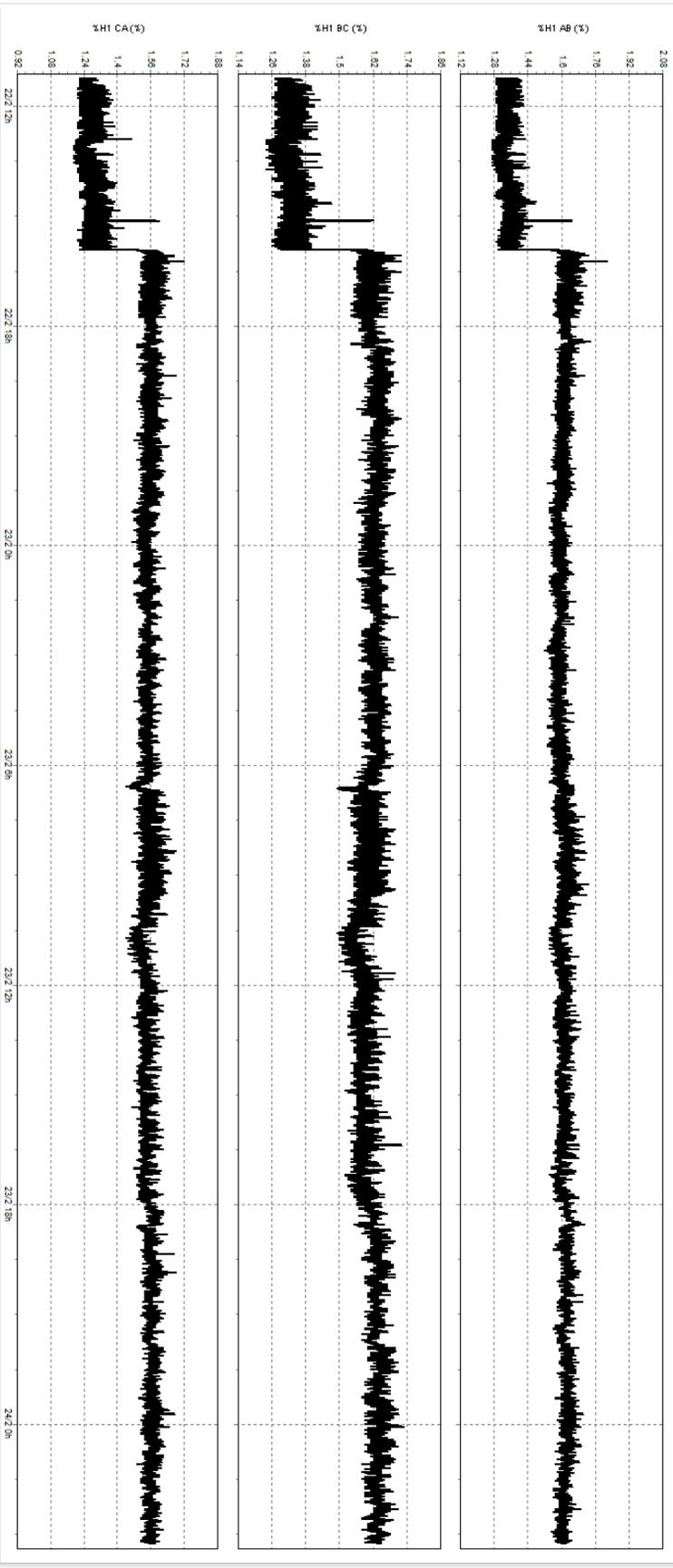
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 22/02/2022 01:38:09 p. m. | 1.27 |
| 22/02/2022 01:32:49 p. m. | 1.27 |
| 22/02/2022 01:28:09 p. m. | 1.27 |
| 22/02/2022 01:27:19 p. m. | 1.27 |
| 22/02/2022 01:26:29 p. m. | 1.27 |

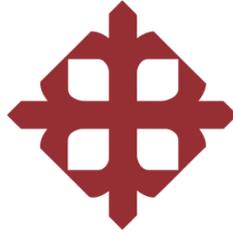


Mostrar canales AN(V) BN(V) CN(V) NG(V) Desde 22/02/2022 11:15 Hasta 24/02/2022 03:15

Resumen Tabla Tensión y corriente Estadísticas Frecuencia / Desequilibrio Potencia Energía Fílder Amplitudes Evento de onda: TRANSIENT_22/02/2022_17:47:20_158.mseg

Histograma Evolución temporal Factor K A Ángulo de fase TPO THD 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 Resto Interarmónicos





UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico
de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de
Santa Elena.

PCC 3: Lecturas de Distorsión Armónica de Corriente

ANEXO K 1.10

Resumen

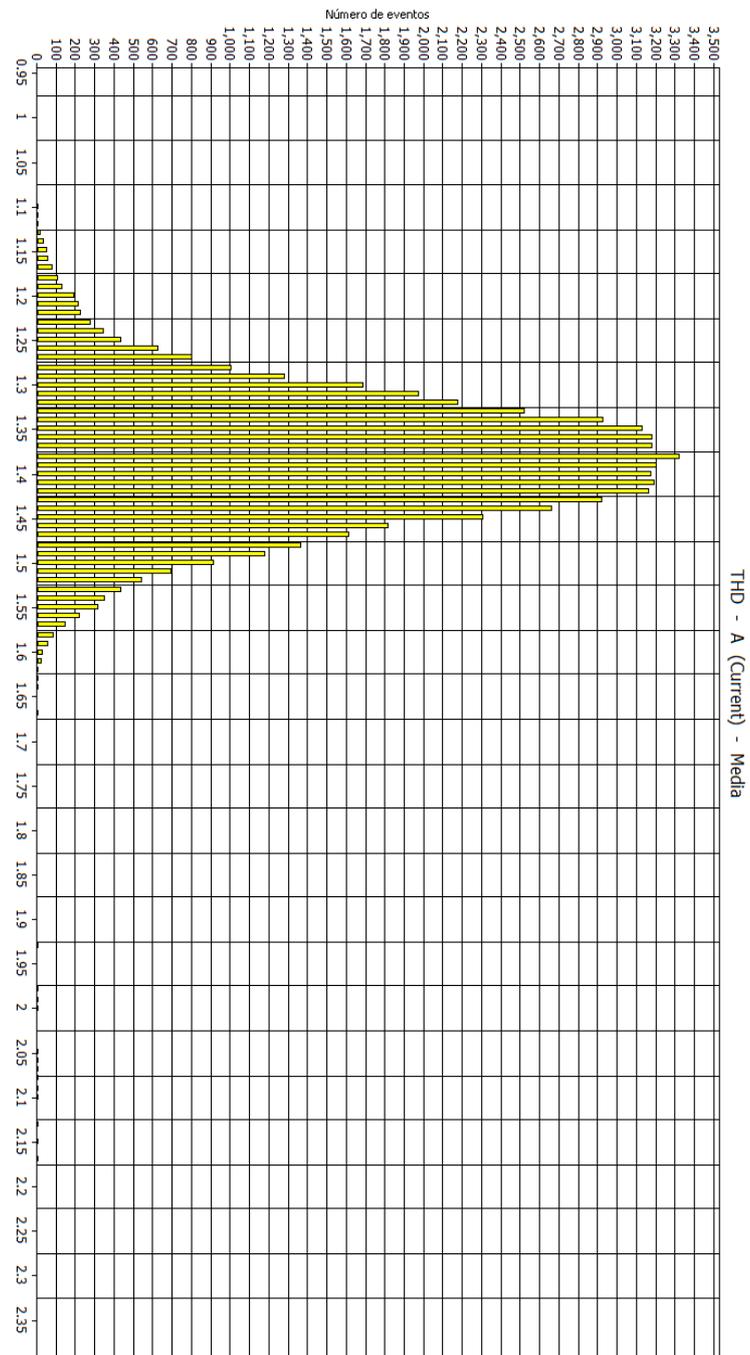
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 2,27 |
| En | 25/02/2022 11:38:29 a. m. |
| Valor mínimo | 1,07 |
| En | 01/03/2022 07:59:29 a. m. |
| μ (Med) | 1,38633 |
| σ | 0,0761961 |
| 5% percentil | 1,27 |
| 95% percentil | 1,5 |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 25/02/2022 11:38:29 a. m. | 2,27 |
| 25/02/2022 11:52:49 a. m. | 2,24 |
| 25/02/2022 11:38:19 a. m. | 2,21 |
| 25/02/2022 11:54:09 a. m. | 2,17 |
| 25/02/2022 11:53:59 a. m. | 2,17 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 01/03/2022 07:59:29 a. m. | 1,07 |
| 01/03/2022 08:01:09 a. m. | 1,1 |
| 01/03/2022 08:00:39 a. m. | 1,1 |
| 01/03/2022 06:58:59 a. m. | 1,1 |
| 25/02/2022 07:57:29 a. m. | 1,1 |



Resumen

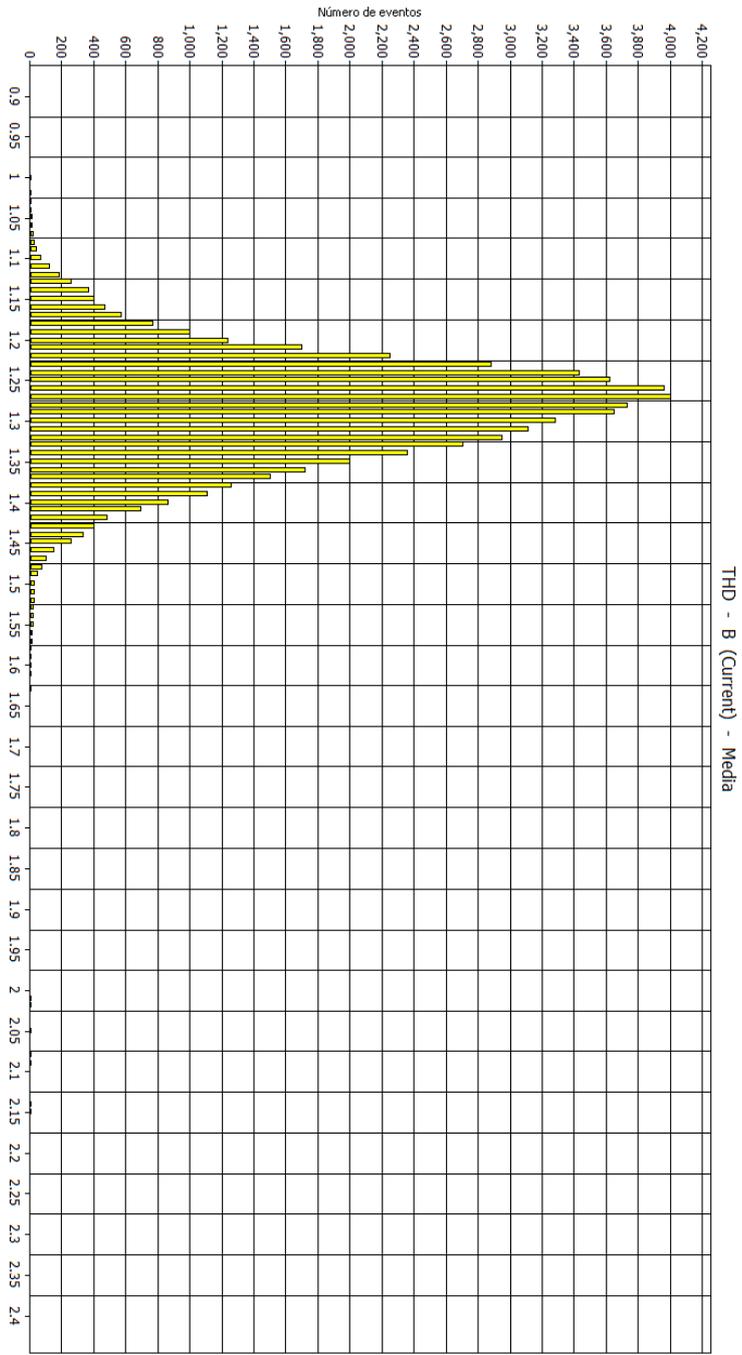
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 2.31 |
| En | 25/02/2022 11:52:49 a. m. |
| Valor mínimo | 1 |
| En | 28/02/2022 05:50:09 p. m. |
| μ (Med) | 1.28771 |
| σ | 0.0272008 |
| 5% percentil | 1.18 |
| 95% percentil | 1.4 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 25/02/2022 11:52:49 a. m. | 2.31 |
| 25/02/2022 11:38:29 a. m. | 2.2 |
| 25/02/2022 11:52:29 a. m. | 2.19 |
| 25/02/2022 11:38:19 a. m. | 2.19 |
| 25/02/2022 11:52:59 a. m. | 2.18 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 28/02/2022 06:17:49 p. m. | 1 |
| 28/02/2022 05:57:59 p. m. | 1 |
| 28/02/2022 05:51:59 p. m. | 1 |
| 28/02/2022 05:50:09 p. m. | 1 |
| 01/03/2022 06:33:09 a. m. | 1.01 |



Resumen

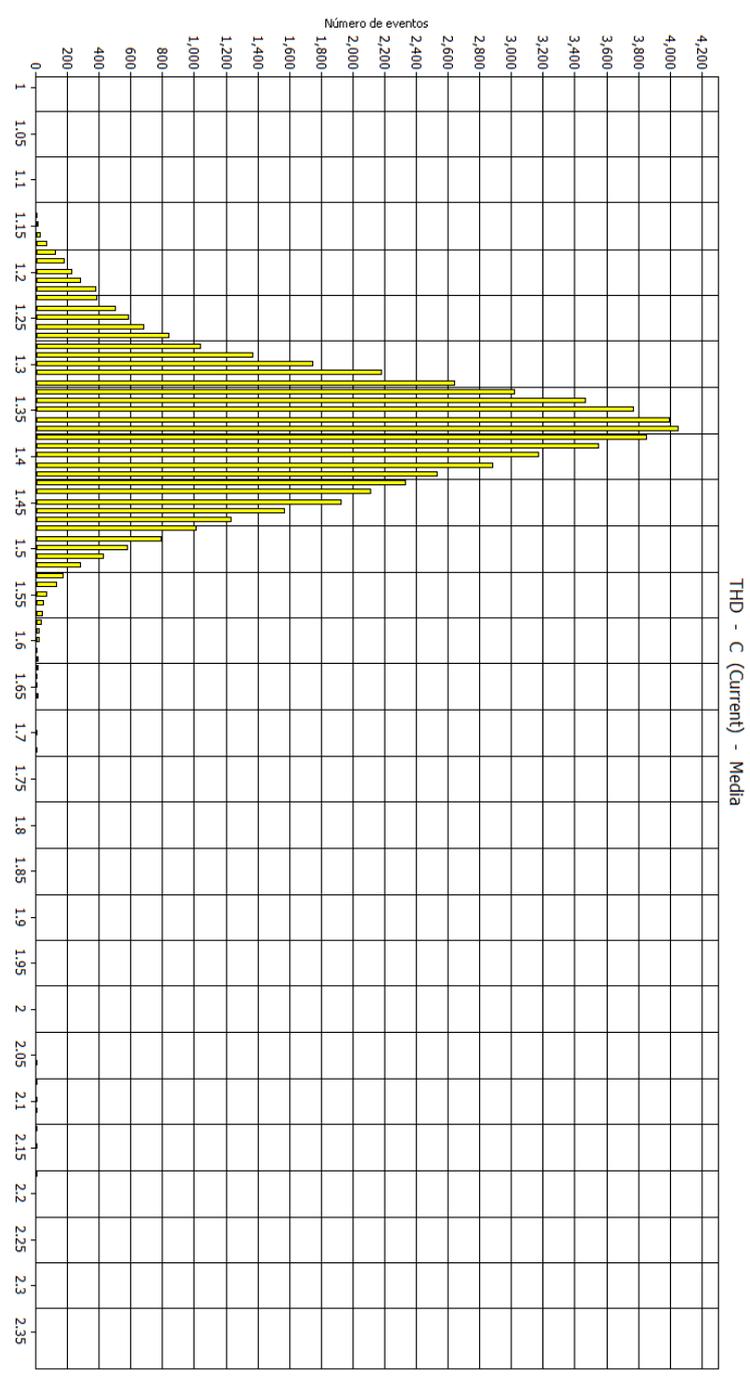
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 2,27 |
| En | 25/02/2022 11:38:19 a. m. |
| Valor mínimo | 1,11 |
| En | 01/03/2022 06:32:29 a. m. |
| μ (Med) | 1,37344 |
| s | 0,0714259 |
| 5% percentil | 1,26 |
| 95% percentil | 1,48 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 25/02/2022 11:32:49 a. m. | 2,27 |
| 25/02/2022 11:38:29 a. m. | 2,27 |
| 25/02/2022 11:38:19 a. m. | 2,27 |
| 25/02/2022 11:38:59 a. m. | 2,24 |
| 25/02/2022 11:38:39 a. m. | 2,19 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 01/03/2022 06:32:29 a. m. | 1,11 |
| 28/02/2022 06:12:09 p. m. | 1,12 |
| 01/03/2022 06:32:39 a. m. | 1,13 |
| 25/02/2022 06:43:29 a. m. | 1,13 |
| 01/03/2022 06:35:19 a. m. | 1,14 |

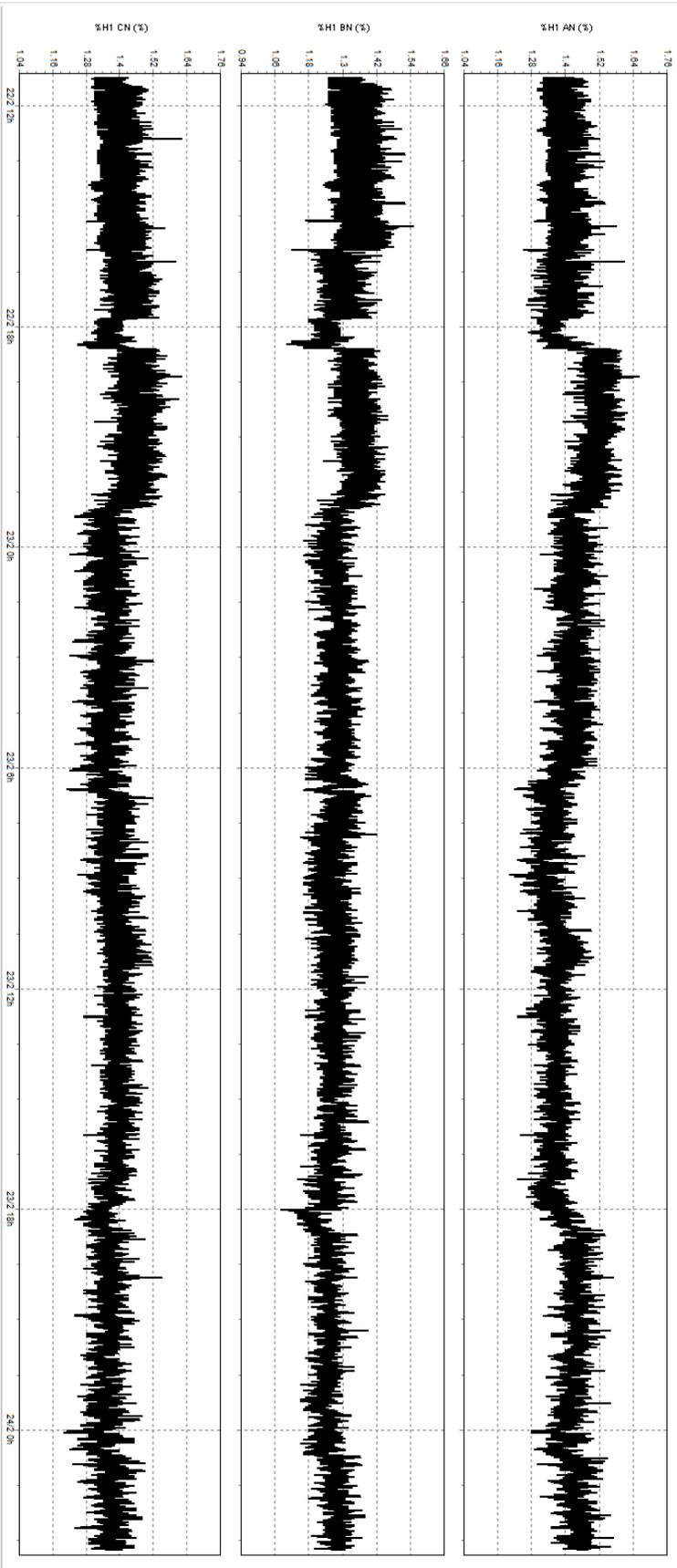


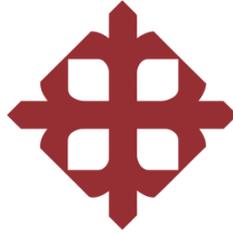
Mostrar canales AN(V) BN(V) CN(V) NG(V) JA(V) BC(V) CA(V) AA(V) BA(V) CA(V) NA(V)

Desde 22/02/2022 11:15 Hasta 24/02/2022 03:15

Resumen Tabla Tensión y corriente Estadísticas Frecuencia / Desequilibrio Potencia Energía Filtros Amplitud Evento de onda: TRANSIENT Evento RMS n.º 1: TRANSIENT 22/02/2022 17:47:20 158 mseg

Histograma Evolución temporal Factor K A Angulo de fase THD THD 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 Resto Interarmónicos





UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena.

PCC 3: Lecturas de Eventos (transientes, flicker)

ANEXO K 1.11

Resumen

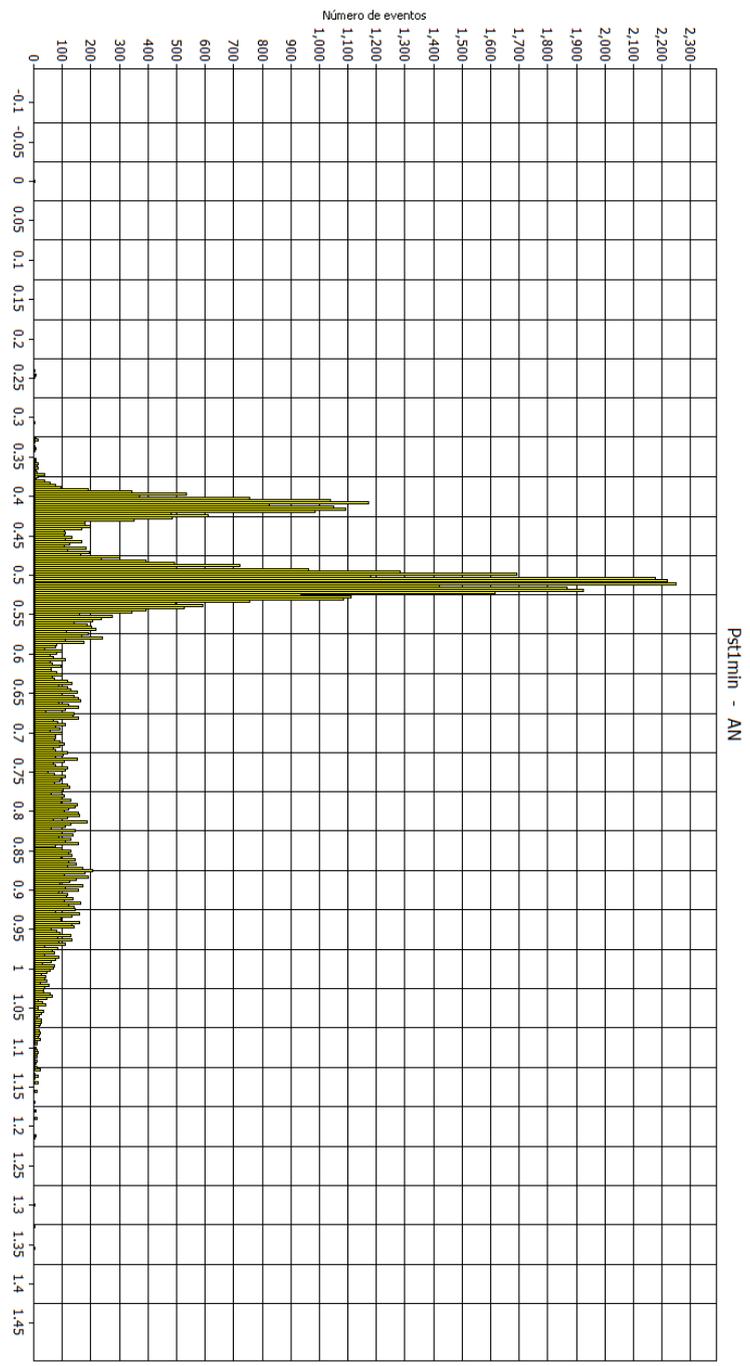
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 1.357 |
| En | 23/02/2022 10:31:09 p. m. |
| Valor mínimo | 0 |
| En | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| μ (Med) | 0.582465 |
| σ | 0.120066 |
| 5% percentil | 0.407 |
| 95% percentil | 0.943 |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 23/02/2022 10:31:49 p. m. | 1.357 |
| 23/02/2022 10:31:39 p. m. | 1.357 |
| 23/02/2022 10:31:29 p. m. | 1.357 |
| 23/02/2022 10:31:19 p. m. | 1.357 |
| 23/02/2022 10:31:09 p. m. | 1.357 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 22/02/2022 11:15:49 a. m. | 0 |
| 22/02/2022 11:15:39 a. m. | 0 |
| 22/02/2022 11:15:29 a. m. | 0 |
| 22/02/2022 11:15:19 a. m. | 0 |
| 22/02/2022 11:15:09 a. m. | 0 |



Resumen

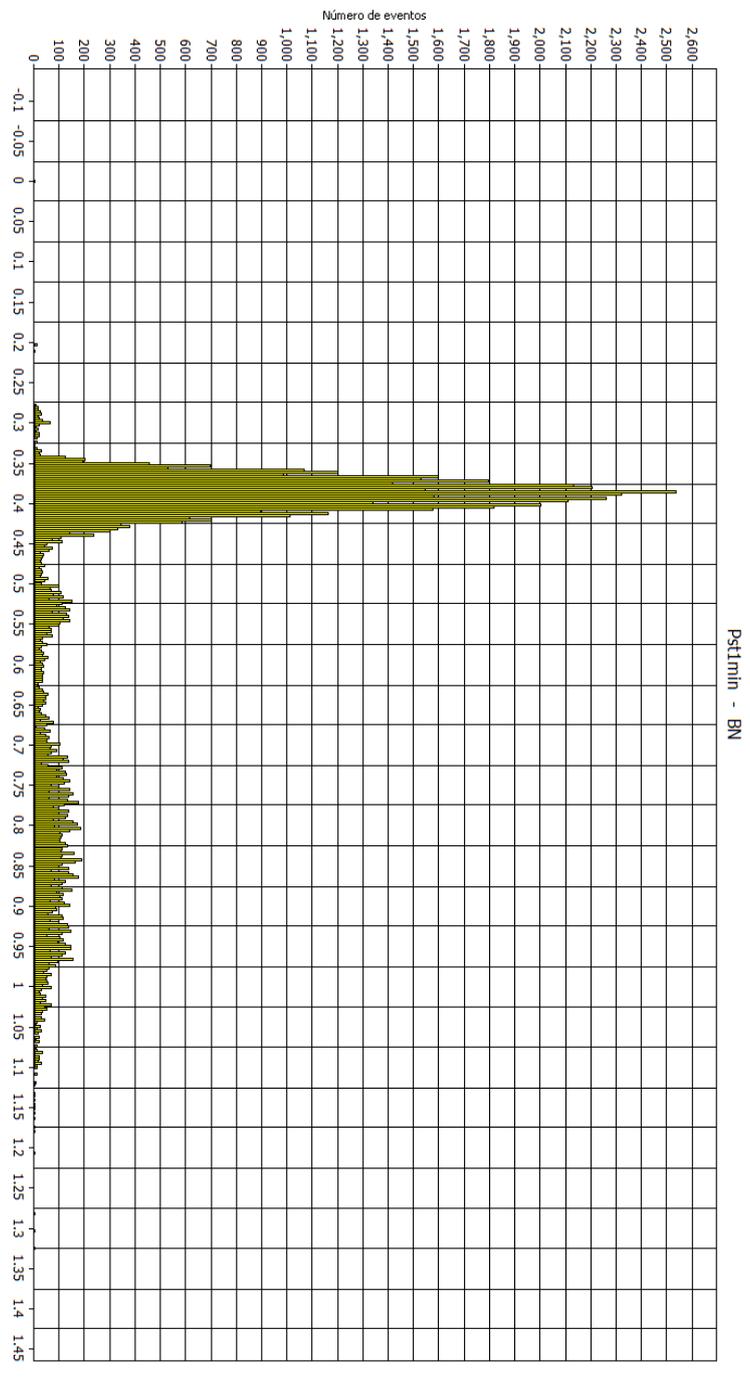
| | |
|---------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 1.327 |
| En | 23/02/2022 10:31:09 p. m. |
| Valor mínimo | 0 |
| En | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| μ (Med) | 0.503956 |
| σ | 0.198625 |
| 5% percentil | 0.36 |
| 95% percentil | 0.938 |
| % [85% - 10%] | 0% |
| % [90% - 10%] | 0% |

Valores extremos superiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 23/02/2022 10:31:49 p. m. | 1.327 |
| 23/02/2022 10:31:39 p. m. | 1.327 |
| 23/02/2022 10:31:29 p. m. | 1.327 |
| 23/02/2022 10:31:19 p. m. | 1.327 |
| 23/02/2022 10:31:09 p. m. | 1.327 |

Valores extremos inferiores

| Fecha / hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 22/02/2022 11:15:49 a. m. | 0 |
| 22/02/2022 11:15:39 a. m. | 0 |
| 22/02/2022 11:15:29 a. m. | 0 |
| 22/02/2022 11:15:19 a. m. | 0 |
| 22/02/2022 11:15:09 a. m. | 0 |



Resumen

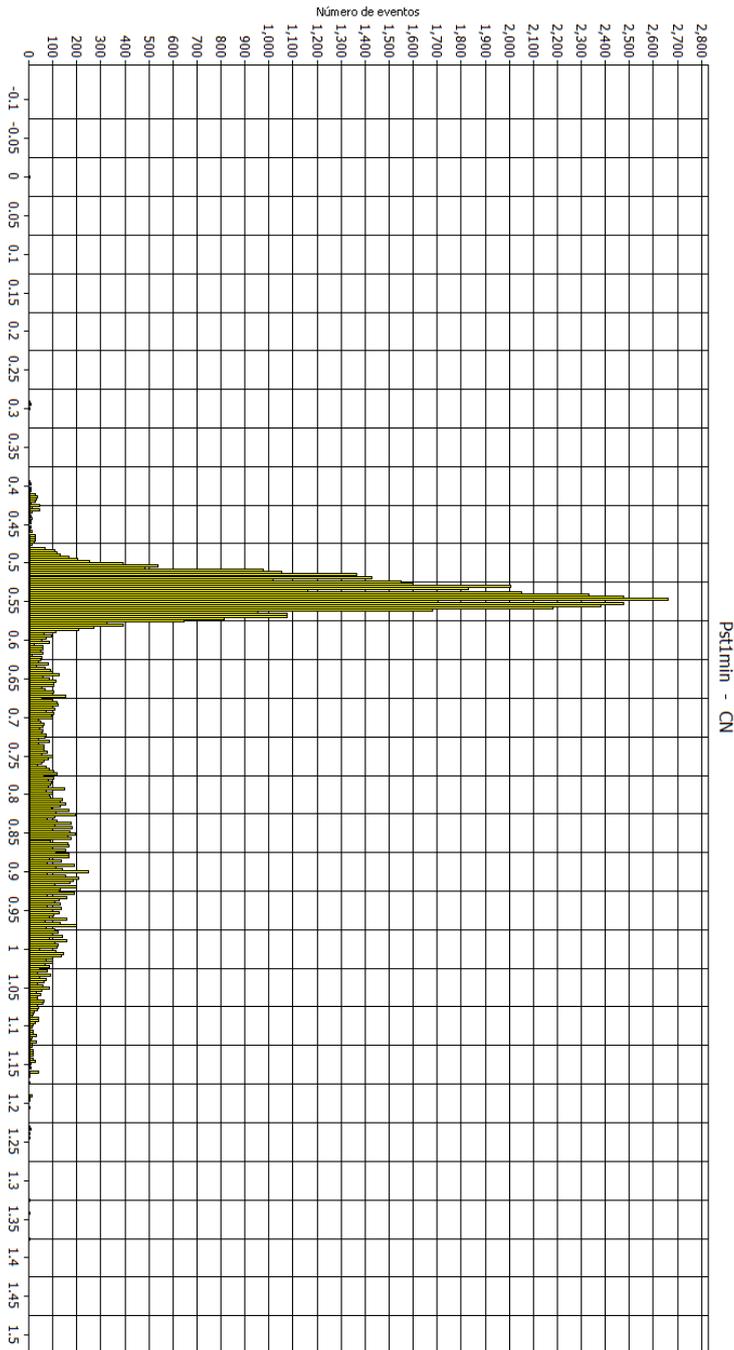
| | |
|----------------|---------------------------|
| Desde | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| Hasta | 01/03/2022 11:14:59 a. m. |
| Valor máximo | 1.378 |
| En | 23/02/2022 10:31:09 p. m. |
| Valor mínimo | 0 |
| En | 22/02/2022 11:15:09 a. m. |
| μ (Med) | 0.633032 |
| σ | 0.162236 |
| 5% percentil | 0.51 |
| 95% percentil | 0.988 |
| % [85% - 110%] | 0% |
| % [90% - 110%] | 0% |

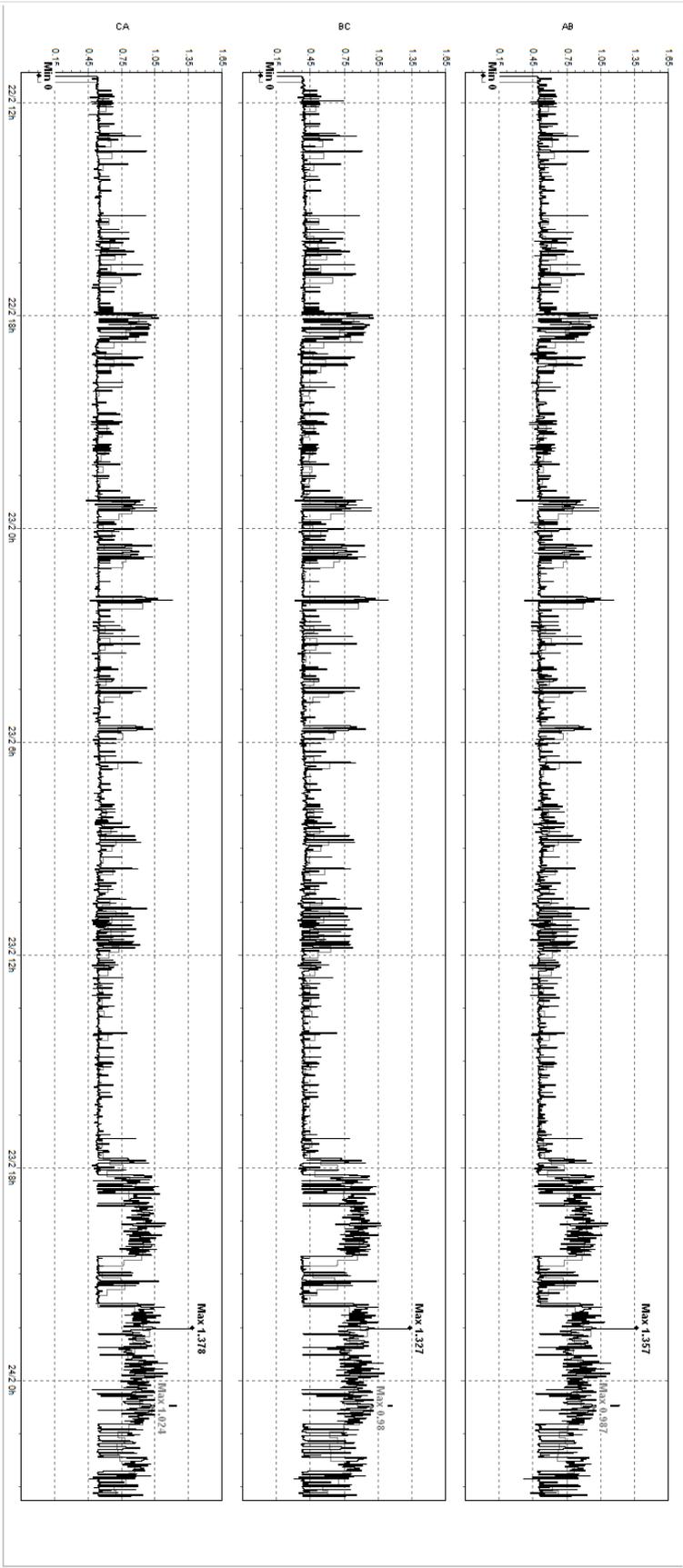
Valores extremos superiores

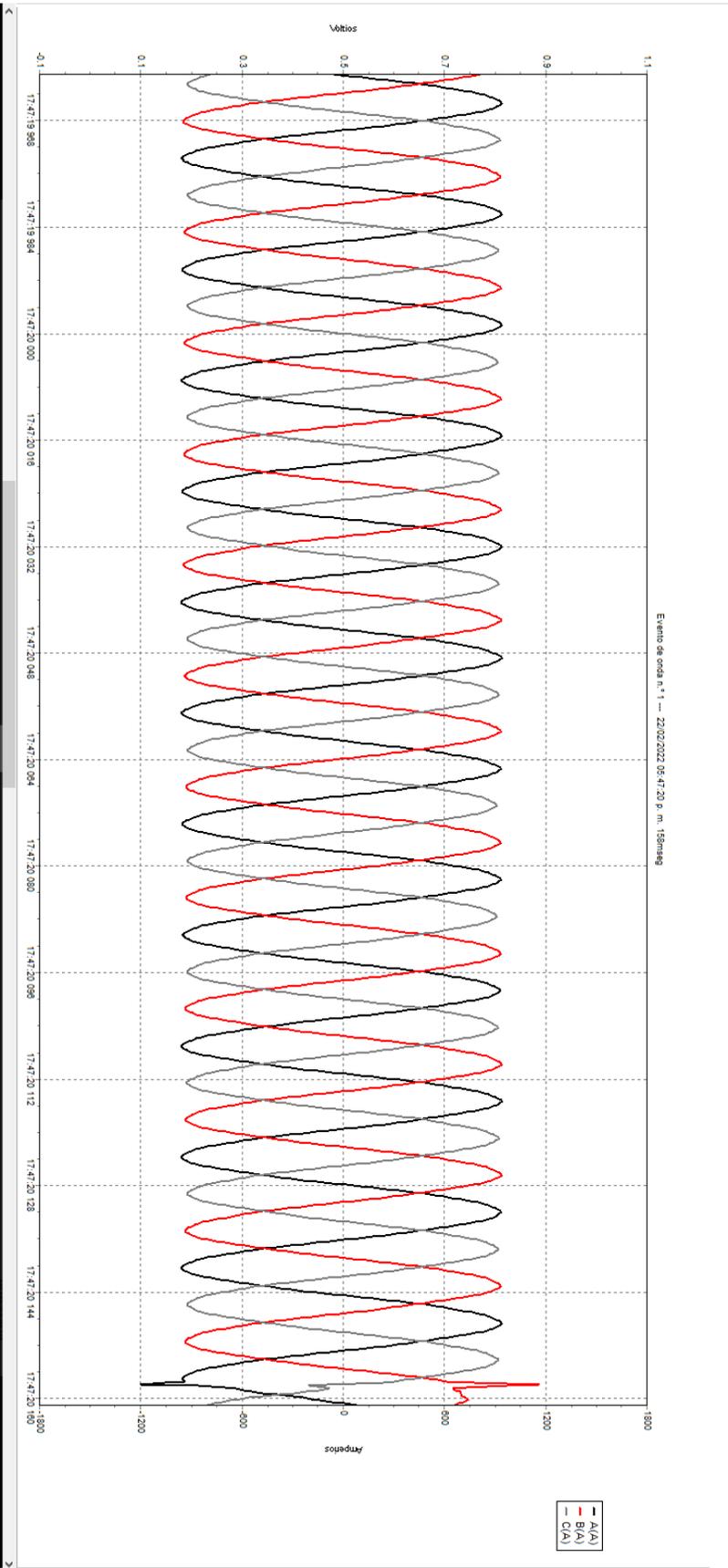
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 23/02/2022 10:31:49 p. m. | 1.378 |
| 23/02/2022 10:31:39 p. m. | 1.378 |
| 23/02/2022 10:31:29 p. m. | 1.378 |
| 23/02/2022 10:31:19 p. m. | 1.378 |
| 23/02/2022 10:31:09 p. m. | 1.378 |

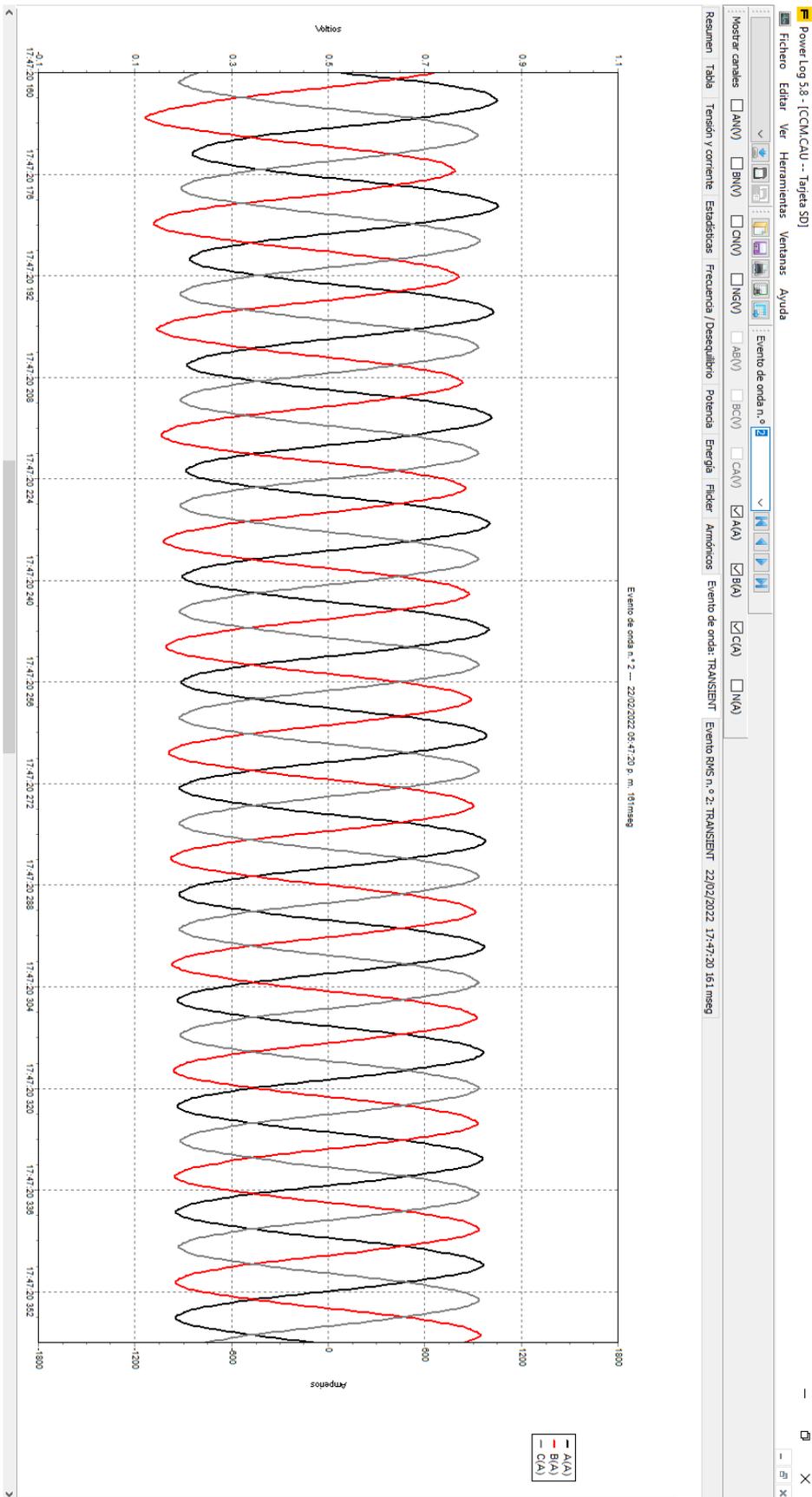
Valores extremos inferiores

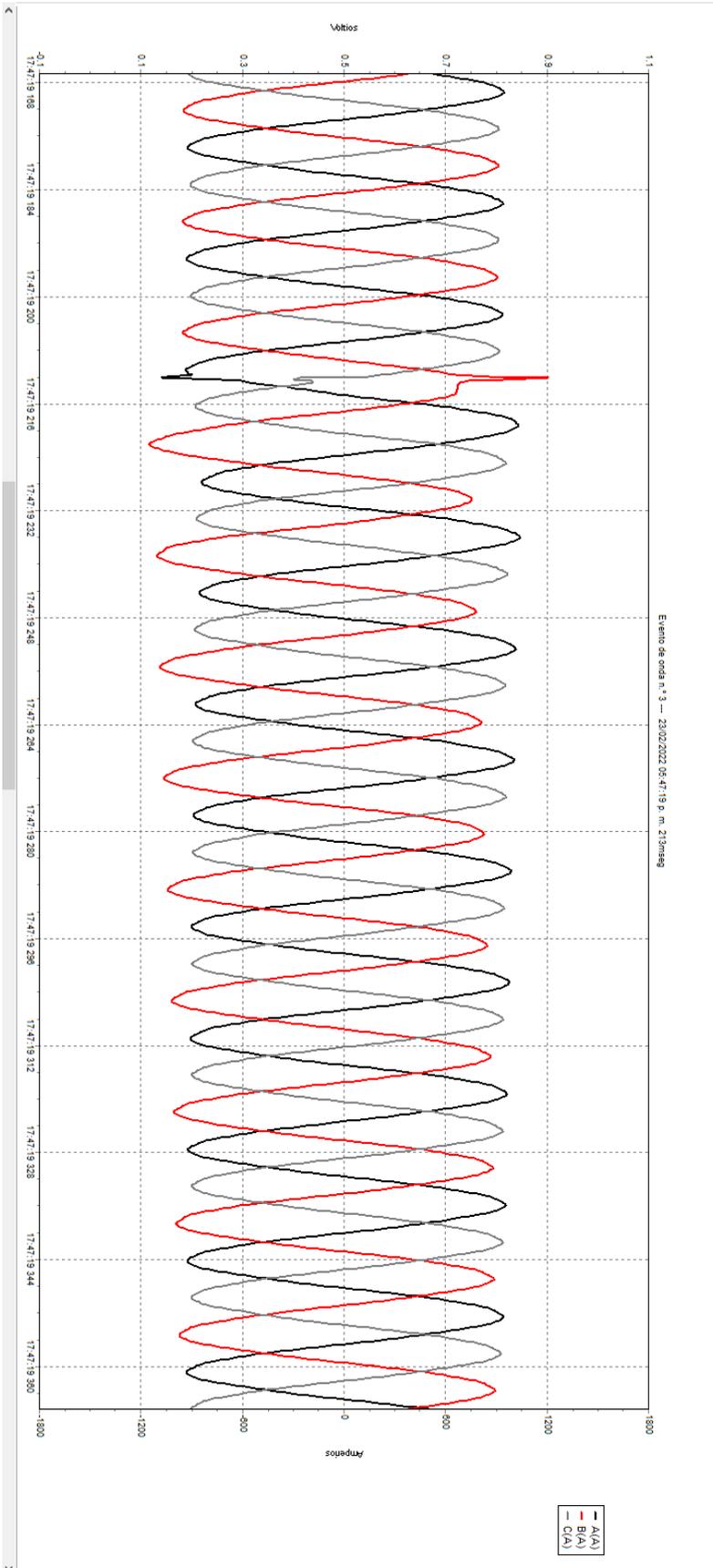
| Fecha / Hora | Valor |
|---------------------------|-------|
| 22/02/2022 11:15:49 a. m. | 0 |
| 22/02/2022 11:15:39 a. m. | 0 |
| 22/02/2022 11:15:29 a. m. | 0 |
| 22/02/2022 11:15:19 a. m. | 0 |
| 22/02/2022 11:15:09 a. m. | 0 |

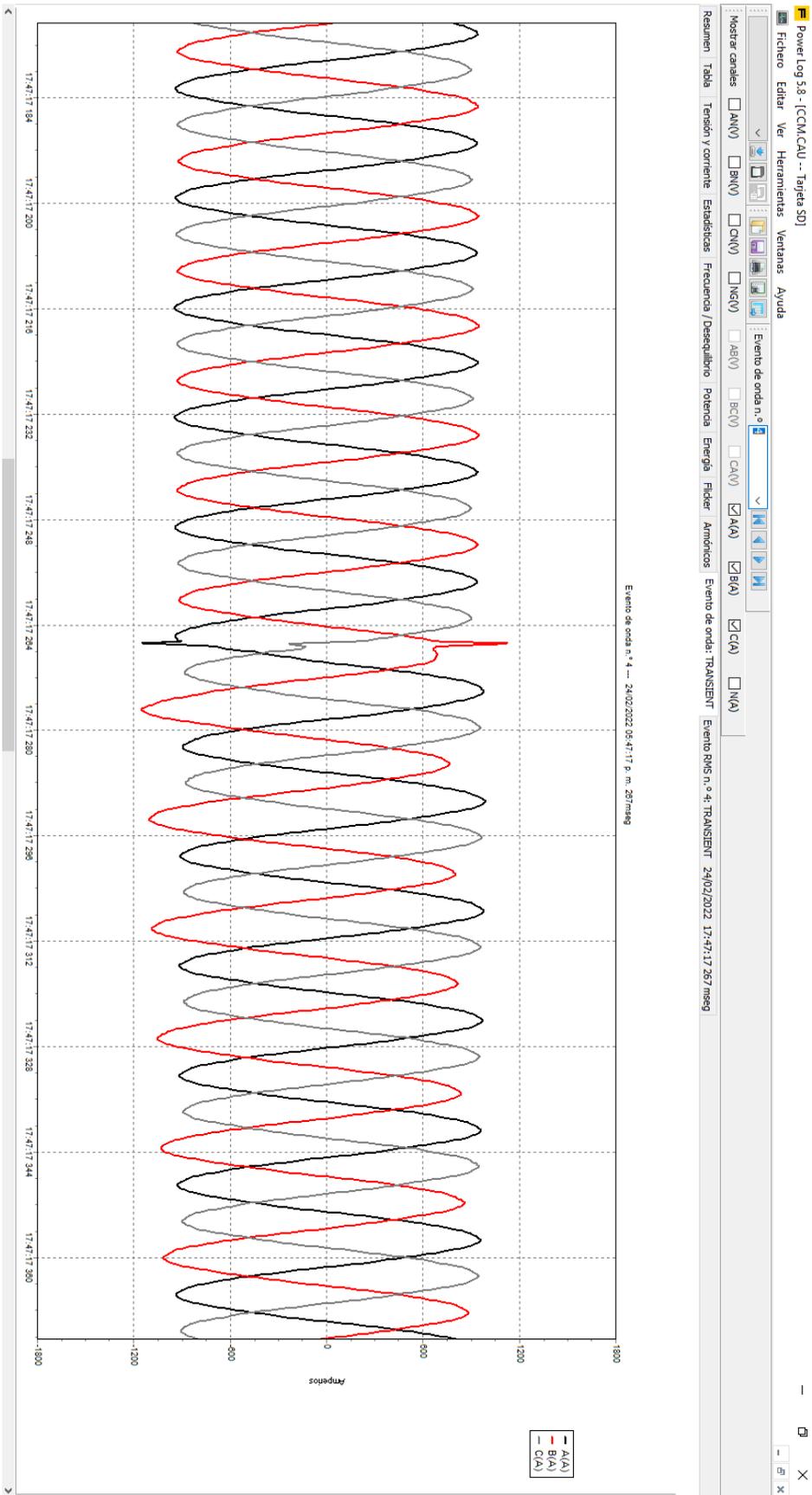


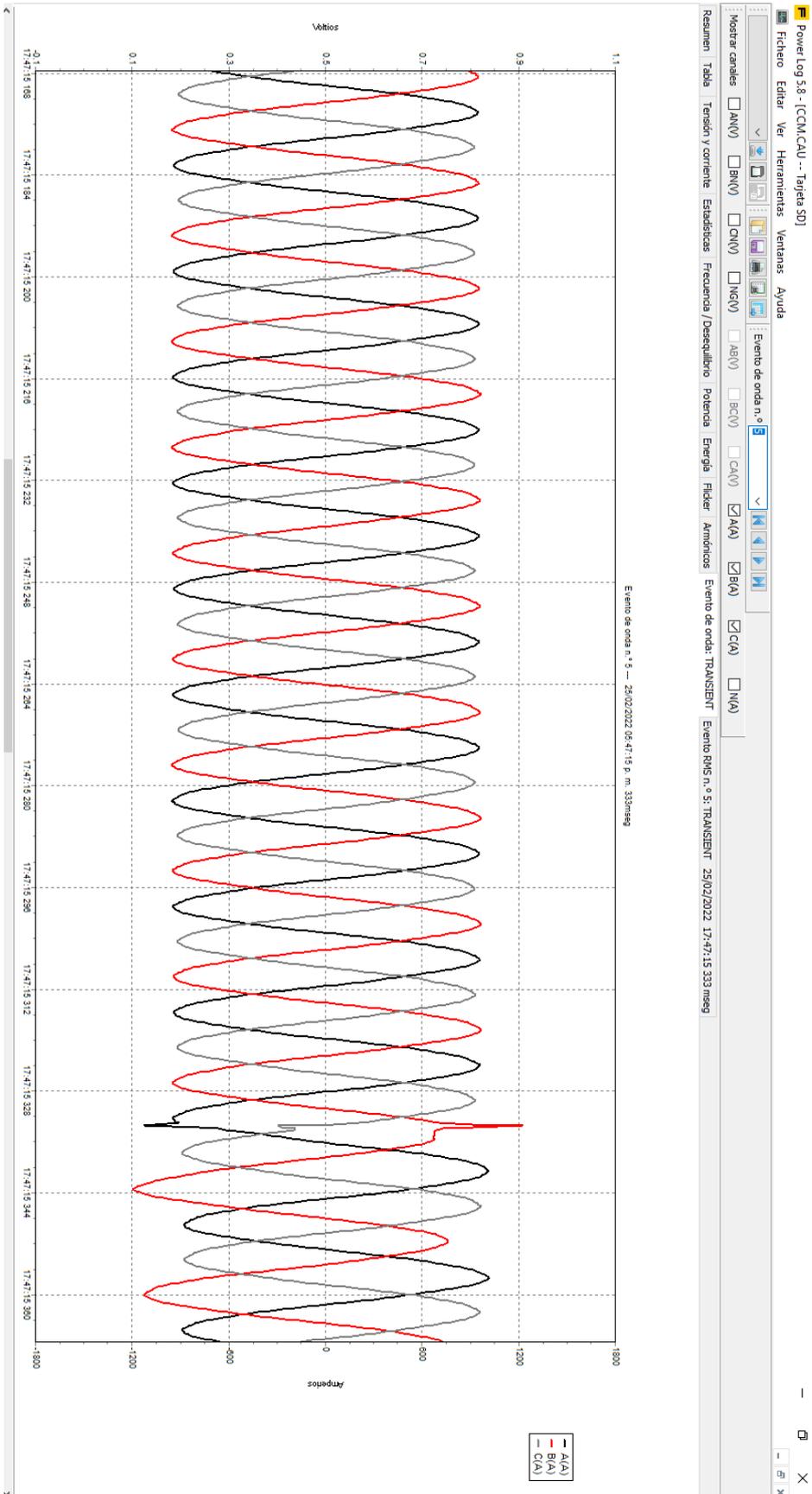


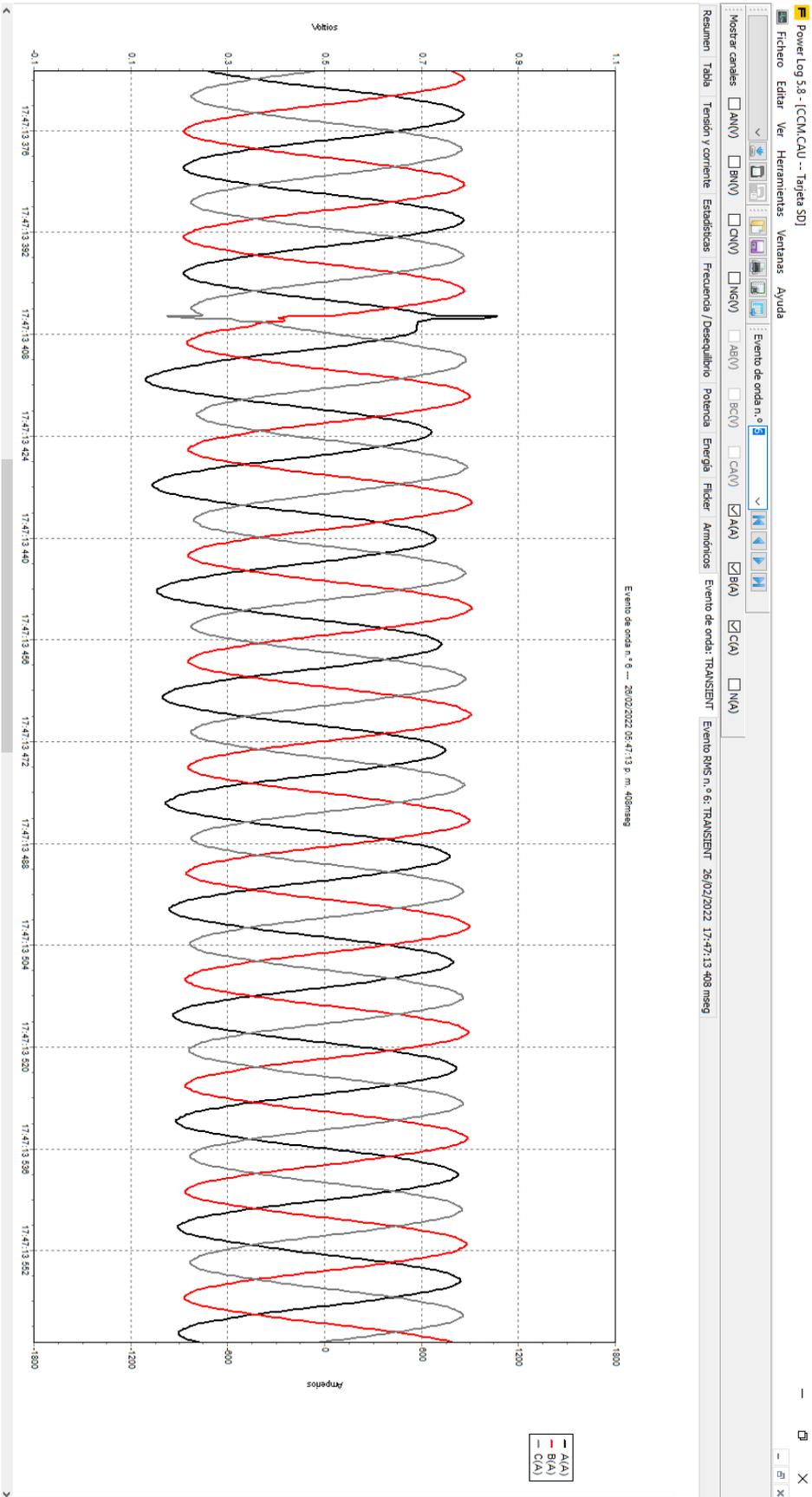


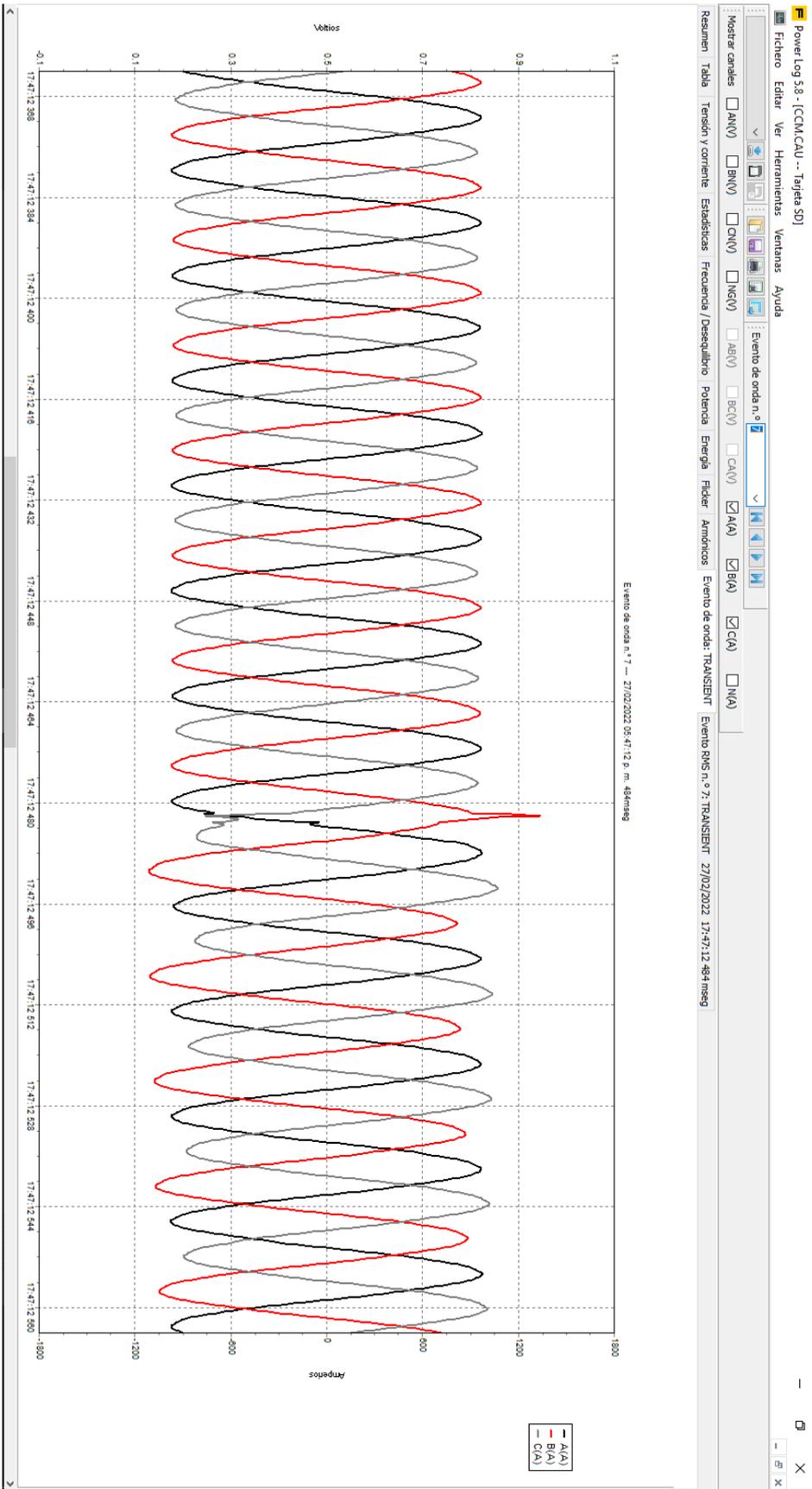


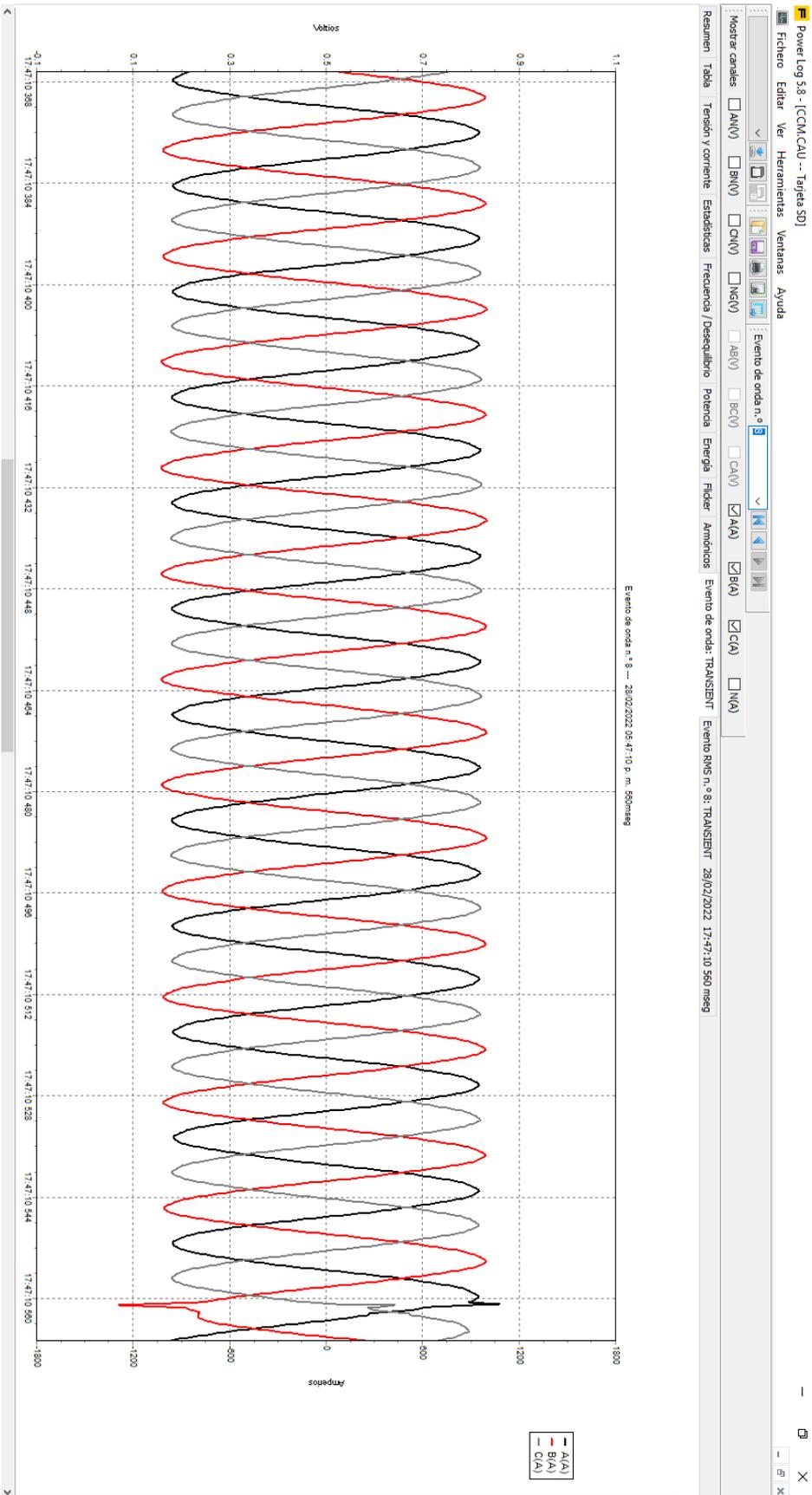














DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **William Russell Pine Tobar**, con C.C: # **0921240107** autor del trabajo de titulación: **Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la Provincia de Santa Elena** previo a la obtención del título de **Magister en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 09 de agosto de 2022

f. _____

Nombre: **William Russell Pine Tobar**

C.C: **0921240107**



| REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA | | | |
|--|---|-----------------------------|--|
| FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN | | | |
| TEMA Y SUBTEMA: | Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de refinería La Libertad, en la provincia de Santa Elena. | | |
| AUTOR(ES) | Pine Tobar William Russell | | |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES) | MSc. Manuel Romero Paz; MSc. Diana Bohórquez Heras; MSc. Celso Bohórquez Escobar | | |
| INSTITUCIÓN: | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil | | |
| FACULTAD: | Sistema de Posgrado | | |
| CARRERA: | Maestría en Electricidad | | |
| TITULO OBTENIDO: | Magister en Electricidad con mención Energías Renovables y Eficiencia Energética | | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | 9 de agosto del 2022 | No. DE PÁGINAS: | 282 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | SISTEMAS ELÉCTRICOS, CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA, PLANTAS INDUSTRIALES | | |
| PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS: | CALIDAD DE ENERGÍA, EFICIENCIA ENERGÉTICA, OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS, REDES ELÉCTRICAS, ENERGÍA ELÉCTRICA | | |
| RESUMEN/ABSTRACT: | <p>La calidad de energía va asociada en forma general a la eficiencia energética de un equipo, un edificio o una industria; el término calidad de energía según la IEEE Std. 1159, se refiere a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que ocurren en un determinado tiempo, en un sistema eléctrico y que influyen directamente en la forma de onda del voltaje y la corriente; cuando se usa la expresión fenómenos electromagnéticos, se hace referencia a los cambios "anormales" o eventos de naturaleza transitoria de corta y larga duración no deseados que se originan en las redes eléctricas, degradando y distorsionando la forma de onda sinusoidal. En diferentes textos técnicos y científicos, también se utiliza la expresión perturbaciones electromagnéticas; estas perturbaciones o fenómenos electromagnéticos son originados en las redes eléctricas del lado del consumidor, debido a la mayor utilización de equipos con cargas inductivas y al uso de aplicaciones de sistemas automatizados con electrónica de potencia, acompañado también del aumento de los problemas de funcionamiento de los equipos eléctricos, de ahí, el creciente interés en su estudio en los últimos tiempos, sobre todo por el auge de la cuarta revolución industrial y la optimización de recursos dentro de la industria; por otro lado, el consumidor final siempre desea obtener un suministro de energía eléctrica de alta calidad sin interferencia o perturbaciones por parte de las empresas eléctricas que brindan el servicio.</p> | | |
| ADJUNTO PDF: | <input checked="" type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono: 984887655 | +593- | E-mail: William.pine@cu.ucsg.edu.ec |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):: | Nombre: MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar Teléfono: +593-995147293 E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec | | |
| SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA | | | |
| Nº. DE REGISTRO (en base a datos): | | | |
| Nº. DE CLASIFICACIÓN: | | | |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | | | |