



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“Proceso de mejora continua en el área de generación de
vapor para reducir consumo de energía eléctrica en la planta
industrial Pucalá”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Campos Huanambal, Elmer Omar (ORCID: 0000-0001-5004-3234)

ASESOR:

Mg. Dávila Hurtado, Freddy (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

CHICLAYO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mis padres Sr. Elmer Campos Torres y Sra. Olga Huanambal Campos, por estar conmigo siempre, por enseñarme a crecer, a levantarme cada vez que tropiezo, por apoyarme y guiarme, por ser las bases que me ayudaron a cumplir esta meta que me propuse en la vida.

El presente trabajo también es dedicado a mi esposa Lisbeth Calderón Bermejo, quien ha sido parte fundamental para escribir desarrollar trabajo, ella junto con mis padres son quienes me dieron grandes enseñanzas y los principales protagonistas de este “sueño alcanzado”.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar, a cada uno de los que son parte de mi familia a mi PADRE Elmer Campos Torres, mi MADRE Olga Huanambal Campos, mi esposa Lizbeth Calderón Bermejo; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me ha ayudado y llevado hasta donde estoy ahora. Por último, a mis compañeros de clases porque la armonía grupal creada en estos años de estudio que hemos logrado y todos los docentes que me ayudaron en todo momento para la realización del presente trabajo.

Índice de contenido

Carátula.....	i
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	9
II. MARCO TEÓRICO.....	12
III. MÉTODO.....	17
3.1 Diseño de la Investigación.....	17
3.2. Variables de Operacionalización	17
3.3. Población y Muestra	18
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	18
3.5. Validez.....	19
3.6. Confiabilidad.....	20
3.7. Procedimiento	20
3.8. Método de Análisis de Datos.....	21
3.9. Aspectos Éticos.....	21
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN	86
VI. CONCLUSIONES	90
VII. RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS.....	92
ANEXOS	95

Índice de tablas

Tabla N° 01: Medidas Tomadas de los Ventiladores de Tiro Inducido y Tiro Forzado de las Calderas N° 01 al 05	37
Tabla N° 02: Medidas Tomadas de los Conductores de Bagazo N° 01 al 05 del Área de Generación de Vapor	38
Tabla N° 03: Medidas Tomadas de los Bombas de Agua de la Torre de Enfriamiento	39
Tabla N° 04: Medidas Tomadas de los Bombas de Agua de Alimentación de Calderas	39
Tabla N° 05: Medidas Tomadas de las Bombas de Agua Vertical de Alimentación de Agua hacia el Desaerador	40
Tabla N° 06: Medidas Tomadas del Banco de Transformadores N° 02 Circuito "A"	45
Tabla N° 07: Medidas Tomadas del Banco de Transformadores N° 02 Circuito "B"	46
Tabla N° 08: Medidas Tomadas del Banco de Transformadores N° 02 Circuito "A+B"	46
Tabla N° 09: Valores Promedio de los Parámetros Eléctricos del Banco de Transformadores N° 02 Circuito "A+B"	47
Tabla N°10: Medidas Tomadas del Banco de Transformadores N° 01 Alumbrado de Fábrica	48
Tabla N°11: Cantidad de Luminarias en el Área de Generación de Vapor	49
Tabla N°12: Cantidad de Luminarias en el Área de Generación de Vapor	49
Tabla N° 13: Resumen de los Ahorros en consumo eléctrico y económicos	71
Tabla N° 14: Programas de Gestión de Energía Eléctrica	71
Tabla N° 15: Cronograma de Pago de Inversiones anual	77
Tabla N° 16: Cronograma de Costos y Gastos del Proyecto	79
Tabla N° 17: Cronograma de Ingresos Económicos del Proyecto	81
Tabla N° 18: Flujo de Caja del Proyecto	83
Tabla N° 19: Cálculo del VAN y del TIR del Proyecto	85

Índice de figuras

Figura N° 01: Pasos de un Proceso de Mejora Continua Empresarial	14
Figura N° 02: Croquis de la Distribución de los Equipos Eléctricos	25
Figura N° 03: Pinza Amperimétrica Amprobe ACD 6 – PRO	35
Figura N° 04: Tomando medidas de consumo de energía eléctrica del motor del Ventilador de Tiro Inducido de la Caldera N° 01	36
Figura N° 05: Plano o Croquis de los Transformadores de Distribución de Energía (Banco de Transformadores), resaltando el Banco N° 02 que abarca a los equipos Eléctricos	43
Figura N° 06: Plano de Distribución de Energía Eléctrica de la Planta Industrial apreciando el Banco N° 02 que contiene a los tableros de los equipos eléctricos	44
Figura N° 07: Reflector Tempo Phillips convencional de 400 Watts, ubicado en la parte superior del motor Conductor de Bagazo N° 03 direccionado a lo largo de dicho Conductor	49
Fig. N° 08: Generadores de Vapor emanando partículas o impurezas por las chimeneas (A) y Personal del Área de Taller Eléctrico realizando mantenimiento a un equipo eléctrico (B).	51
Figura N° 09: Gráfico de Eficiencia de Motores Vs Potencia de los Motores	55
Figura N° 10: Coeficiente multiplicador de la Sección del Conductor en función del $\text{Cos } \phi$	58
Figura N° 11: Diferencias en la visibilidad de Iluminación entre Luminarias Convencionales vs Luminarias tipo Led.	59
Figura N° 12: Propuesta de Organigrama del Comité de Energía.	74

RESUMEN

Lo realizado en este Proyecto de Investigación se basa en el Proceso de Mejora Continua para la reducción del consumo de energía eléctrica en los pasos del PHVA (Actuar, Planificar, Hacer y Verificar), siendo esta investigación de tipo aplicada, orientado a la renovación tecnológica, y de nivel no experimental, con la finalidad de demostrar que si es factible aplicar dicho Proceso de Mejora Continua, primeramente realizando una evaluación de los consumos eléctricos del Área de Generación de Vapor de la Planta Industrial Pucala determinando la necesidad de donde mejorar para diseñar los Procesos de Mejora Continua (Planificar), aplicando lo planeado (Hacer) se pudo demostrar que dichas mejoras lograron reducir los consumos de Energía Eléctrica, para después analíticamente encontrar las reducciones de consumo de energía eléctrica, basados en la renovación tecnológica de motores de alta eficiencia y tableros de arranque, implementación de un banco de condensadores, cambio a Sistema de Iluminación Led, mantenimiento de instalaciones con equipos eléctricos y Sistema de Gestión Eléctrica .

Para definir la tecnología se evaluó que sean opciones técnicas, económica y ambientalmente rentables con el objetivo de ahorrar energía eléctrica, manteniendo o mejorando el confort de los colaboradores.

Finalmente se evaluaron los resultados obtenidos (Verificar) para que la Alta Dirección realice las tomas de decisiones respectivas y estandarizar estos cambios (Actuar) a través de la formación ó creación de un Comité de Energía para la implementación de las actividades que involucran el Proceso de Mejora Continua y de esta forma reiniciar el ciclo.

Palabras Clave:

Mejora Continua, Motores de Alta Eficiencia, Iluminación Led, Energía Eléctrica, Banco de Condensadores, Sistema de Gestión Eléctrica, Comité de Energía, PHVA.

ABSTRACT

What was done in this Research Project is based on the Continuous Improvement Process to reduce the consumption of electrical energy in the steps of the PHVA (Act, Plan, Do and Verify), this research being applied, aimed at technological renewal, and at a non-experimental level, in order to demonstrate that it is feasible to apply said Continuous Improvement Process, firstly by carrying out an evaluation of the electrical consumption of the Steam Generation Area of the Pucala Industrial Plant, determining the need for where to improve to design the Continuous Improvement Processes (Plan), applying what was planned (Do), it was possible to demonstrate that these improvements managed to reduce the consumption of Electric Power, and then analytically find the reductions in the consumption of electrical energy, based on the technological renovation of high-efficiency motors and starter boards, implementation of a capacitor bank, change to Illumination System Led inaction, maintenance of facilities with electrical equipment and Electrical Management System.

In order to define the technology, it was evaluated that they are technical, economic and environmentally profitable options with the aim of saving electrical energy, maintaining or improving the comfort of the collaborators.

Finally, the results obtained were evaluated (Verify) so that Senior Management can make the respective decision-making and standardize these changes (Act) through the formation or creation of an Energy Committee for the implementation of activities that involve the Process of Continuous improvement and thus restart the cycle.

Keywords:

Continuous Improvement, High Efficiency Motors, Led Lighting, Electric Power, Capacitor Bank, Electric Management System, Energy Committee, PHVA.

I.- INTRODUCCIÓN

La Empresa Azucarera Pucala, se dedica a la producción de azúcar y alcohol, teniendo consumos energéticos elevados tanto en energía térmica como energía eléctrica en toda la Planta, pero solo nos hemos enfocado en el Área de Generación de Vapor, específicamente en el consumo eléctrico.

El presente proyecto de Mejora Continua, se realizó para mejorar la eficiencia en el consumo de Energía Eléctrica en el Área de Generación de Vapor de la Industria Azucarera Pucalá., ubicada en Pucalá –Chiclayo - Lambayeque.

Se ha escogido el Área de Generación de Vapor debido a ser el área principal de la Fabrica ya que acá se genera toda la energía eléctrica y térmica para toda la Planta siendo necesario que su consumo sea el mínimo para aprovechar esa energía en otros usos, específicamente enfocándonos en la parte eléctrica.

La realidad problemática del Área de Generación de Vapor de la Industria Azucarera Pucalá, encontramos que el consumo de energía eléctrica era alto, probablemente por muchos factores tales como la baja eficiencia de sus motores instalados (motores muy antiguos), luminarias de alto consumo energético y poca eficiencia (reflectores, fluorescentes, etc.), bajo factor de potencia, consumo de potencia reactiva alta, sistemas de arranque de motores directos, sobredimensión en la potencia de los motores utilizados, etc. (Ing. J.W. Oliden N., Supervisor de Calderas y Energía)

Si bien es cierto se han realizado diversas investigaciones sobre “Reducción de consumos de Energía Eléctrica en toda la Planta”, sin embargo, hasta la fecha no se ha planteado, ni se ha realizado una “Mejora Continua del Área de Generación de Vapor en la Planta Azucarera Industrial Pucalá en la reducción de consumos eléctricos”, lo cual era un inconveniente. Ante esto nos planteamos la pregunta:

¿En qué medida reducirá el consumo de energía eléctrica, si se aplica un proceso de mejora continua en el Área de Generación de Vapor de la Planta Azucarera Industrial Pucalá?

Desde el punto de vista la justificación de este Proyecto de Investigación se fundamenta de la siguiente manera:

Académica, sirve como guía o precedente ante otras futuras investigaciones ya que brindará información importante del uso responsable de la energía eléctrica.

Tecnológica, brinda información sobre el uso de nuevos equipos de alta eficiencia y bajo consumo.

Económica, demostrar a través de la reducción del consumo de energía eléctrica ahorros económicos que harán viable la recuperación de las inversiones realizadas.

Ambiental, disminuyendo la contaminación sonora con el uso de motores de alta eficiencia que presentan niveles de sonido con decibeles menores a los motores de eficiencia estándar y reducción de los recalentamientos de los conductores o motores los cuales ocasionan fallas por aislamiento generando fugas de corriente a tierra u ocasionando incendios sea por termo conducción o arco eléctrico, por ende, permitirá la reducción de efectos nocivos hacia el medio ambiente (calentamiento global).

Social, la concientización del uso responsable de la energía y el cambio de equipos con mayor eficiencia y bajo consumo permitirá mejor estabilidad de producción de azúcar y alcohol generado mayores ingresos económicos tanto para el mantenimiento y renovación de los equipos y remuneraciones puntuales a los trabajadores.

Para el desarrollo de esta investigación se tuvo el siguiente Objetivo general:

- ❖ Realizar un Proceso de Mejora Continua en la Sección de Generación de Vapor de la Planta Azucarera Industrial Pucalá, orientado a la parte eléctrica que nos permita plantear propuestas viables para un buen consumo de energía eléctrica.

Debiendo desarrollar los siguientes objetivos específicos:

- ❖ Realizar un diagnóstico de consumo eléctrico identificando los puntos críticos en la Planta de Generación de Vapor de Industrial Pucalá.
- ❖ Proponer estrategias con actividades de Mejora Continua en calidad del consumo de energía eléctrica en todos los equipos eléctricos de la Planta de Generación de Vapor de Industrial Pucalá.
- ❖ Determinar de manera analítica la reducción del consumo de energía eléctrica en los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor de la Planta Industrial Pucalá.

II.- MARCO TEÓRICO

Para (Bonilla,2010), sostiene que:

En las empresas están las estrategias a un nivel empresarial que esta direccionada a el desempeño de labores en proceso y agrupando a organizaciones para superar los niveles de producción y también el grado de calidad; entre estos se va a reducir los costos y lapsos de tiempos dando bienestar a los clientes y los que consumen energía eléctrica. (p. 23)

Para (Bonilla, 2010), concluye que:

En todas las empresas se tiene una filosofía de trabajo que es de origen japonés que esta direccionada a círculos de negocios e independientemente tiene como concepto básico la competencia a niveles de éxito. También a direccionar la seguridad, salud ocupacional, englobando al personal. (p. 37)

Para (Cuatrecasas, 2008), refiere que:

El ciclo de Deming es una herramienta de trabajo que está muy bien centrada a la calidad de resolver problemas y empleando una identificación; todo esto es para mejorar continuamente los procesos. Esta herramienta tiene la finalidad mejorar e interactuar a manera sistemática para lograr resolver inconvenientes laborales. (p. 61)

Para (Chang, 2011), sostiene que:

En los procesos industriales se sustentan dos pasos de gran importancia, el primero es metas a nivel de procedimientos de procesos y segundo es mejorar a través de un ensayo como base de estudio un proceso. Es importante señalar metas puntuales de mejoramiento continuo como practica y que debe hacer habitual. (p.75.)

Dentro un proceso en esta investigación se concluye que se debe perfeccionar un nivel de producción adecuado para empresas industriales de gran prestigio.

Los cuatro pasos:

Fig. N° 01: Pasos de un Proceso de Mejora Continua Empresarial



Fuente: Internet.

Dentro de un Proceso de Mejora Continua se analiza el método a través del cual es admisible recabar información confiable e imparcial sobre el dispendio de energía de un activo definido, para poder localizar qué elementos perjudican a dicho consumo.

Para (Agencia, 2004), sostiene que:

El consumo de electricidad en una empresa industrial pequeña o grande es el accionar de malos hábitos que nos tienen en el cuidado de los excesivos consumos de energía eléctrica, es también alterar niveles económicos en el consumo de energía.

De esta manera podemos inferir de qué manera se está utilizando la energía y así poder reconocer donde podría evidenciar pérdidas o consumos de energía no aprovechadas por ejemplo en motores de baja eficiencia, el uso inadecuado de la energía luminosa, etc., para que de esta manera se pueda instaurar y estructurar las probables estrategias de ahorro energético.

Para (Castillo, 2014), sostiene que:

Tener una mejora continua es tener un accionar que está dirigido a la calidad de productos, reduciendo costos en dos factores que hace énfasis al crecimiento de una organización. Algunos beneficios es incrementar niveles en el rendimiento de trabajo de un equipo, fabricas con producciones altas, minimizar los gastos y costos; en esto se sitúa optimizar las producciones.

Para (Vintimilla y Paladines, 2014), concluye que:

Indica la implementación de temas de concientización y capacitación al personal que labora en la empresa, y adquisición de máquinas de mayor eficiencia, siguiendo ciertos parámetros se podría acrecentar el desarrollo de la fabricación y disminución de pérdidas, se determinó que el factor de potencia en baja tensión era de 0,67, efectuándose acciones donde el Factor de Potencia general de toda la empresa fue gradual, alcanzando un valor entre 0,92-0,93 donde se pudo definir que el consumo total pudo disminuir en un 3 %”.

Para (Ministerio de Energía y Minas, 2007), sostiene que:

Lo que se investiga siempre en las plantas industriales es una eficiencia de energía a nivel eléctrico para tener una sostenibilidad de la utilidad y uso adecuado de este servicio como lo máspreciado para el movimiento y puesta en marcha de equipos y maquinas industriales. (p.9)

Para (Optimagrid, 2011), refiere que:

El ahorrar energía es disminuir, minimizar o regular la intensidad de energía a través de actividades y labores que necesitan algunos insumos de energía eléctrica. Con esto se puede ahorrar costos indebidos que lo pueden aprovechar instituciones, o combinaciones de conductas (p.9).

Para (Jaramillo, 2006), sostiene que:

Para lograr un verdadero y optimo confort de una gestión de energía eléctrica de una manera general se debe reducir los gastos en la mala productividad, calidad de los servicios eléctricos, para tener en cuenta se deben lograr los objetivos de tener una mayor perseverancia a nivel de cuidado de energías, concientización de medio ambiente en empresa nacionales e internacionales. (p.51)

Para (Cárdenas Miranda & Marcillo Valarez, 2012), refiere que:

La concepción de una verdadera calidad de energía eléctrica se viene arrastrando ya hace buen tiempo por ciertos de años. Una de los principales defectos son los armónicos eléctricos que distorsionan las señales eléctricas y electrónicas en corriente alterna y también afectan la vida de los equipos eléctricos que hay en toda empresa industrial mediana, pequeña grande empresa.

Como concepto básico e interpretativo la energía eléctrica es el movimiento de electrones (Osinergmin, 2011, p.21).

Norma ISO 50001 37. Esta se precisa como el producto del voltaje (V), la intensidad de la corriente eléctrica (I) y el tiempo transcurrido (t).

“La Corriente Eléctrica se define como el número de cargas que recorren por una sección dada de un conductor por cantidad de tiempo debido a la presencia de una diferencia de potencial eléctrico entre sus extremos” (Bayod, 2008, p.13).

“La Potencia Eléctrica es la alteración respecto al tiempo de retribución o filtración de la energía, medida en watts (W). La potencia (P) en la ecuación es una cantidad que cambia con el tiempo y se denomina Potencia Instantánea” (Alexander y Sadiku, 2006, p.35).

“Se menciona que la demanda eléctrica (máxima demanda) es cambiante a lo largo del tiempo o de un ciclo estudiado, porque el gasto de electricidad puede cambiar de acuerdo a la hora del día”. (Osinergmin, 2011, p.23).

Se define como Factor de Potencia (FP), de un circuito de corriente alterna, como la relación entre la potencia activa (P), y la potencia aparente (S).

En las industrias pequeñas y grandes existen máquinas eléctricas como generadores que están básicamente direccionados a movimiento con campos magnéticos, por ende, se produce energía para servicio de empresas que requieren el servicio eléctrico. (Alonso Pérez, 2013, p.50)

Las personas hace un determinado tiempo necesitan de un confort para servicios domiciliarios y esto se da con luz artificial y natural (Philips, 2009, p.29).

III.- MÉTODO

3.1. Diseño de la Investigación

Aplicada

Aplicando los conocimientos de la Ingeniería para lograr a través de un Proceso de Mejora Continua, brindar alternativas de soluciones que disminuyan el consumo de energía eléctrica en el Área de Generación de Vapor de la Planta Industrial.

Es aplicativo porque se sustenta en la aplicación de los conocimientos de la electricidad y de los parámetros de la energía eléctrica.

Descriptiva

Es descriptiva ya que, debido al análisis de los equipos consumidores de energía eléctrica a través de un analizador de calidad de energía, conoceremos la situación real del comportamiento eléctrico, para analizarlo y luego brindar los resultados que esperamos obtener relacionado a la reducción de los consumos eléctricos basado en un proceso de Mejora Continua.

Investigación no experimental:

La investigación realizada es no experimental debida a que no se ha manipulado deliberadamente las variables.

3.2.- Variables de Operacionalización

Variable Independiente

- ✓ Proceso de Mejora Continua.

Variable Dependiente

- ✓ Consumo de Energía Eléctrica.

3.3. Población y Muestra

Población

Está constituida por los consumos eléctricos relacionados a los equipos de los tableros de los Bancos de Transformadores de la Planta Industrial.

Muestra

Está constituida por los consumos eléctricos solo de los equipos del Área de Generación de Vapor de los tableros de los Bancos de Transformadores de la Planta Industrial Pucalá.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Observación

Con esta técnica observamos los consumos eléctricos de los equipos del Área de Generación de Vapor mediante instrumentos como multímetros (amperímetros) y analizador de redes de energía, brindándonos datos para ser analizados cuidadosamente y así poder visualizar fallas técnicas y posibles equipos en malas condiciones que serán la principal fuente del problema del consumo de energía eléctrica.

Información Documentaria

Se recurrió a manuales en físico y por internet de los diversos equipos eléctricos con que cuenta el Área de Generación de vapor de la Planta Industrial.

Se utilizaron revistas y libros para lograr plantear e implementar los procesos de Mejora Continua en el Área de Generación de vapor de la Planta Industrial.

Instrumentos de Recolección de Datos

Para realizar el proyecto se pretende utilizar los siguientes instrumentos:

➤ **Encuestas.**

Acá se realizará las encuestas respectivas al personal técnico para determinar las incidencias y comportamientos resaltantes de los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor.

➤ **Fichas técnicas de los equipos.**

Se buscará toda la documentación referida de las fichas técnicas de los equipos eléctricos consumidores de energía para visualizar las características técnicas y evaluar sus consumos eléctricos.

➤ **Registro de Datos de Consumo**

Se registrará todos los consumos de energía de los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor mediante una inspección visual de los datos dados por instrumentos de control o de instrumentación

➤ **Información Documentaria.**

Toda la información posible que se pueda encontrar que valide la información a utilizar por profesionales y que nos permita tener una dirección clara hacia la obtención de los objetivos.

3.5. Validez

La validación de los datos está dado por los encargados del monitoreo de la Sección Taller Eléctrico con instrumentos de medición (multímetros marca SANWA, amperímetros marca Amprobe), los responsables de validar los instrumentos de recolección de datos y asimismo por un profesional de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para el análisis de calidad de energía con un instrumento Analizador de

Redes de Marca Metrel y los aspectos metodológicos de la presente investigación validados por el Supervisor de Energía de la Empresa Pucala.

3.6. Confiabilidad

La confiabilidad fue dada por los ingenieros encargados de la inspección o recolección de datos, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y de la Empresa Pucala (Supervisor de Energía) que avalaron los instrumentos utilizados. Los datos recolectados tienen la veracidad que se obtuvieron con instrumentos de confiabilidad aceptable.

3.7. Procedimiento

Primeramente, se hizo un mapeo de todos los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor de la Planta Industrial, identificando a todos los equipos.

En segundo lugar, se registraron los datos de consumos eléctricos de todos los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor, y análisis de calidad de energía de los bancos de transformadores y/o tableros que están contenidos dichos equipos eléctricos

Encontrar el problema donde se registran los mayores consumos eléctricos.

Proponer las estrategias de alternativas de solución en base a un Plan de Mejora Continua.

Finalmente se realizó los análisis respectivos demostrando los resultados positivos en la reducción del consumo eléctrico de los equipos del Área de Generación de Vapor de la Planta Industrial.

3.8. Método de Análisis de Datos

Se realizó mediante un análisis estadístico, que nos determinó los puntos críticos y la importancia de aplicar las mejoras continuas, evaluando las variables de estudio, y otros factores que nos permita lograr los objetivos planteados que está enfocado a la reducción del consumo de energía eléctrica y buen consumo del mismo.

3.9. Aspectos Éticos

La información obtenida se analizó con toda la veracidad y no se modificó al momento de la realización del proyecto, respetando las opiniones y artículos de los intelectuales. Como investigador me comprometo a respetar todos los pasos necesarios para que el proyecto sea confiable tanto para la empresa como para aquellas personas que requieran su contenido, esperando que sea de gran aporte para la sociedad.

IV. RESULTADOS

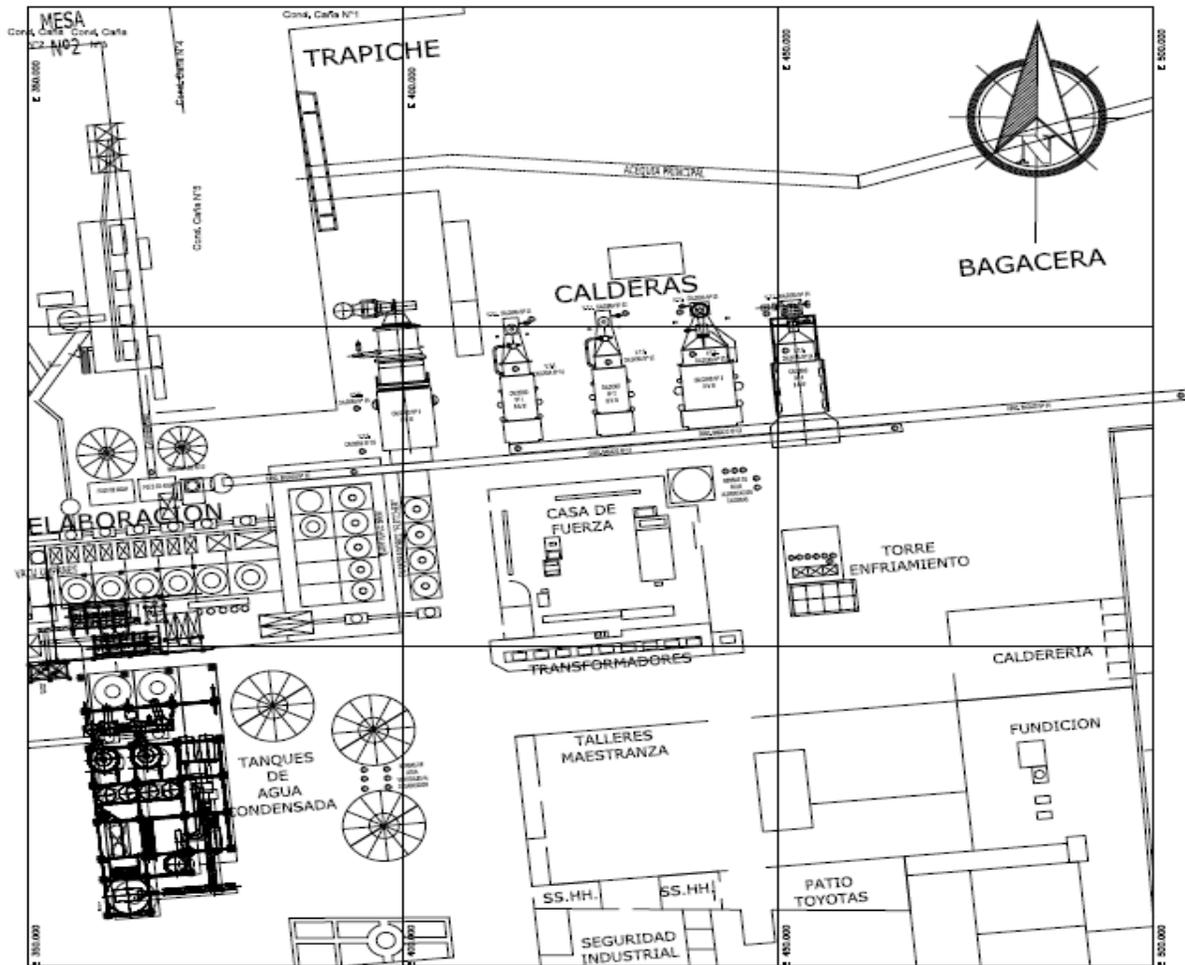
4.1. Realizar un diagnóstico de consumo eléctrico identificando los puntos críticos en la Planta de Generación de Vapor de Industrial Pucala.

Teniendo en cuenta los principios de los Procesos de Mejoras Continuas, empezamos con las evaluaciones de los consumos de energía eléctrica como punto de partida para determinar la necesidad y expectativa de las características del servicio a mejorar, para luego diseñar y/o plantear los cambios que se necesitan, siguiendo la toma de decisiones posteriores que implementen y estandaricen estos cambios, para finalmente evaluar los resultados obtenidos.

Para lograr este objetivo se determinó primeramente las características generales de los datos de placa de los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor, luego se realizaron las mediciones de consumo de energía eléctrica de todos los equipos eléctricos de dicha Área analizada y también las mediciones de calidad de energía del Banco de Transformadores N° 02 que alberga a todos los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor en consumo de energía activa, energía reactiva, generación de armónicos y factor de potencia, todos estos para determinar los puntos críticos a corregir y permitir aplicar los procesos de Mejora Continua para reducir el consumo de energía eléctrica.

Se muestra un croquis con la distribución de los equipos eléctricos en el Área de Generación de Vapor:

Fig. N° 02: Croquis de la Distribución de los Equipos Eléctricos en el Área de Generación de Vapor



Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

4.1.1. Características de los equipos del Área de Generación de Vapor

GENERACIÓN DE VAPOR

Conductores de Bagazo

Conductor N° 01 – Elevador

Motor del conductor	:	General Electric
Potencia	:	40 HP
R.P.M.	:	1775
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Conductor N° 02

Motor del conductor	:	General Electric
Potencia	:	40 HP
R.P.M.	:	1775
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Conductor N° 03 – Principal

Motor del conductor	:	General Electric
Potencia	:	50 HP
R.P.M.	:	1775
Voltaje	:	220/440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Conductor N° 05 – Recirculación

Motor del conductor	:	Siemens Schuckert
Potencia	:	60 HP

R.P.M. : 1165
Voltaje : 440 V
Sistema de Arranque : Directo

Conductor N° 04– Auxiliar

Potencia Motor : 30 HP
R.P.M. : 1750
Voltaje : 440 V
Sistema de Arranque : Directo

Generadores de Vapor (Calderas)

Caldera N° 01

Tipo : Acuotubular
Marca : Babcock & Wilcox
Ventilador de Tiro Inducido : Pratt & David
Motor del Ventilador : General Electric
Potencia : 50 HP
R.P.M. : 1175
Voltaje : 440 V
Sistema de Arranque : Directo
Ventilador de tiro forzado : American Blower
Motor del ventilador : General Electric
Potencia : 30 HP
R.P.M. : 1760
Voltaje : 440 V
Sistema de Arranque : Directo

Caldera N° 02

Tipo : Acuotubular
Marca : Babcock & Wilcox

Tipo	:	Acuotubular
Marca	:	Babcock & Wilcox
<i>Ventilador de Tiro Inducido</i>	:	Pratt & David
Motor del Ventilador	:	General Electric
Potencia	:	50 HP
R.P.M.	:	1175
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo
<i>Ventilador de tiro forzado</i>	:	American Blower
Motor del ventilador	:	General Electric
Potencia	:	30 HP
R.P.M.	:	1760
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Caldera N° 03

Tipo	:	Acuotubular
Marca	:	Babcock & Wilcox
Producción Máxima continua	:	66 000 lb/h
<i>Ventilador de Tiro Inducido</i>	:	Pratt & David
Motor del Ventilador	:	General Electric
Potencia	:	75 HP
R.P.M.	:	885
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo
<i>Ventilador de Tiro Forzado</i>	:	American Blower
Motor del ventilador	:	General Electric
Potencia	:	30 HP
R.P.M.	:	1175
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Caldera N° 04

Tipo	:	Acuotubular
Marca	:	Babcock & Wilcox
<i>Ventilador de Tiro Inducido</i>	:	Pratt & David
Motor del Ventilador	:	General Electric
Potencia	:	75 HP
R.P.M.	:	875
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

<i>Ventilador de Tiro Forzado</i>	:	American Blower
Motor del ventilador	:	General Electric
Potencia	:	30 HP
R.P.M.	:	1175
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Ventilador de tiro auxiliar	:	Pucalá SAC
Motor del ventilador	:	General Electric
Potencia	:	10 HP
R.P.M.	:	3500
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Caldera N° 05

Tipo	:	Acuotubular
Marca	:	Babcock & Wilcox
Producción Máxima continua	:	130000 lb/h

Ventilador de Tiro Forzado : Sirocco
Motor del ventilador : English Electric
Potencia : 165 HP
R.P.M. : 880
Voltaje : 440 V
Sistema de Arranque : Arranque de estado solido

Ventilador de Tiro Secundario : Sirocco
Motor del ventilador : English Electric
Potencia : 115 HP
R.P.M. : 1760
Voltaje : 440 V
Sistema de Arranque : Directo

Bomba de Agua de Alimentación: Worthington

Cantidad : 2
Caudal : 300 GPM
R.P.M. : 3550
Motor : Leeson
Potencia : 200 HP
R.P.M. : 3600
Voltaje : 440 V
Sistema de Arranque : Arranque de estado solido

Bomba Eléctrica N° 01 y 02

Marca : Worthington
Tipo : Centrífuga
Caudal : 96.5 GPM
Motor : General Electric
Potencia : 100 HP
R.P.M. : 3555

Voltaje : 440 V
Sistema de Arranque : Directo

Bomba Vertical N° 01 Agua al desaereador

Marca : Worthington
Tipo : Vertical
Altura Dinámica Total : 35 m
Caudal : 25 Lt/s
Motor : Westinghouse
Potencia : 20 HP
R.P.M. : 3515 RPM
Voltaje : 440 V
Sistema de Arranque : Directo

Bomba Vertical N° 02 Agua al desaereador

Marca : Worthington
Altura Dinámica Total : 35 m
Caudal : 25 Lt/s
Motor : Holloshaft Motor
Potencia : 15 HP
R.P.M. : 1800
Voltaje : 440 V
Sistema de Arranque : Directo

Bomba Vertical N° 03 Agua al desaereador

Marca : Worthington
Altura Dinámica Total : 35 m
Caudal : 25 Lt/s
Motor : Westinghouse
Potencia : 15 HP
R.P.M. : 3480
Voltaje : 440 V
Sistema de Arranque : Directo

Bomba Vertical N° 04

Marca	:	Worthington
Altura Dinámica Total	:	35 m
Caudal	:	25 Lt/s
Diámetro Tubería de Succión	:	6"
Diámetro Tubería de descarga	:	4"
Motor	:	
Potencia	:	35 HP
R.P.M.	:	3540
Voltaje	:	440 V

TORRE DE ENFRIAMIENTO**Bomba N° 01**

Marca	:	Pucalá S.A.C.
Tipo	:	Centrífuga
Caudal	:	25 lt/s
Motor	:	Westinghouse
Potencia	:	15 HP
R.P.M.	:	3480
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Bomba N° 02

Marca	:	Pucalá S.A.C.
Tipo	:	Centrífuga
Caudal	:	25 lt/s
Motor	:	General Electric
Potencia	:	40 HP
R.P.M.	:	1775
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Bomba N° 04

Marca	:	Pucalá S.A.C.
Tipo	:	Centrífuga
Caudal	:	28 lt/s
Motor	:	General Electric
Potencia	:	20 HP
R.P.M.	:	1760
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Bomba N° 05

Marca	:	Pucalá S.A.C.
Tipo	:	Centrífuga
Caudal	:	28 lt/s
Motor	:	Brown Boveri
Potencia	:	40 HP
R.P.M.	:	1760
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Bomba N° 06

Marca	:	Pucalá S.A.C.
Tipo	:	Centrífuga
Caudal	:	28 lt/s
Motor	:	General Electric
Potencia	:	30 HP
R.P.M.	:	1770
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Bomba N° 07

Marca	:	Pucalá S.A.C.
Tipo	:	Centrífuga
Caudal	:	28 lt/s
Motor	:	General Electric
Potencia	:	25 HP
R.P.M.	:	1760
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Bomba N° 08

Marca	:	Pucalá S.A.C.
Tipo	:	Centrífuga
Caudal	:	28 lt/s
Motor	:	Delcrosa.
Potencia	:	30 HP
R.P.M.	:	1750
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

Bomba N° 09

Marca	:	Pucalá S.A.C.
Tipo	:	Centrífuga
Caudal	:	28 lt/s
Motor	:	CEF
Potencia	:	40 HP
R.P.M.	:	1750
Voltaje	:	440 V
Sistema de Arranque	:	Directo

4.1.2. Mediciones Realizadas por el personal de Taller Eléctrico de los consumos de energía eléctrica de los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor

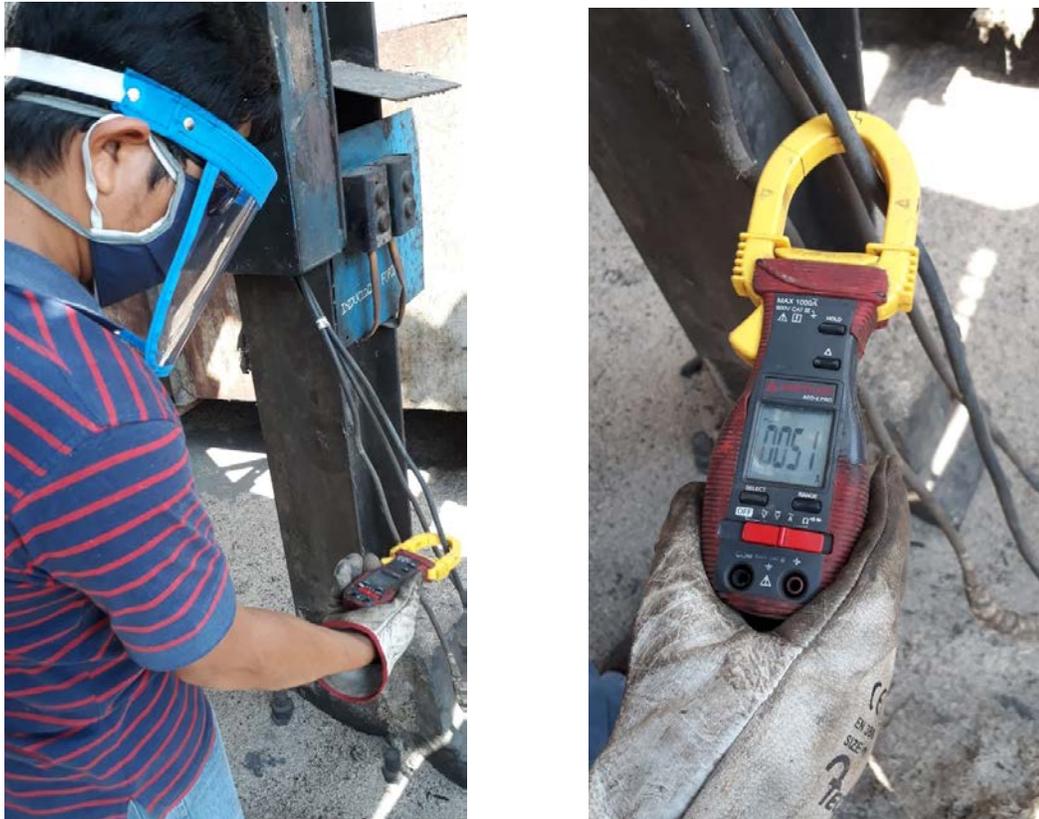
Estas mediciones y recolección de datos se realizó, primeramente haciendo un recorrido de familiarización con los motores eléctricos del Área de Generación de Vapor, conociendo sus ubicaciones con sus tableros de mando y fuerza respectivo, luego con el técnico Electricista de Turno de la Empresa Industrial Pucalá S.A.C., y el instrumento llamado pinza amperimétrica de marca Amprobe ACD 6 PRO, como se puede apreciar en las imágenes adjuntas; donde se empezaron a tomar mediciones de consumo de intensidad de corriente (Amperios) de todos los motores del Área de Generación de Vapor con mediciones en diferentes días, de sus tres líneas de alimentación de energía, por el lapso de 07 días hábiles de la semana, cabe indicar que toda la información ha sido con los equipos eléctricos trabajando en plena carga o labores operativas de fábrica, donde después se puede observar en las imágenes siguientes las medidas registradas con lapicero de todos los equipos eléctricos, al costado de la corriente nominal de la placa de motor.

Fig. N° 03: Pinza Amperimétrica Amprobe ACD 6 - PRO



Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

Fig. N° 04: Tomando medidas de consumo de energía eléctrica del motor del Ventilador de Tiro Inducido de la Caldera N° 01 del Área de Generación de Vapor



Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

En la Tabla N° 01, para obtener estos datos se realizaron las mediciones en tres días, debido a que la única persona que nos encargaron para apoyarnos en la Planta Industrial era el electricista de turno, y recorriendo con su hoja de ruta que le brinda su Supervisión inmediata, se tomaron las mediciones de acuerdo a la disponibilidad de tiempo de dicho trabajador, ya que por ser electricista de turno tiene que atender las emergencias eléctricas que se suscitan en toda la Planta Industrial. Se empezó las mediciones por los tableros de los ventiladores de tiro inducido y tiro forzado de las Calderas N° 01 al 02, dichos tableros están ubicados en una caseta en la parte

posterior de los ventiladores de dichas Calderas, utilizando la pinza amperimétrica del electricista descrito líneas arriba. Se realizaron las mediciones, como se puede apreciar en la Figura N° 02 que corresponde al Ventilador de Tiro Inducido de la Caldera N° 01, luego en el siguiente día se tomaron las medidas de los ventiladores de tiro inducido y forzado de las Caderas N° 03 y 04 y el tercer día se tomaron las medidas de los ventiladores de tiro forzado y secundario de la Caldera N° 05, todas las medidas se tomaron con el instrumento del electricista de turno que es una pinza amperimétrica de marca Amprobe ACD6-PRO.

Tabla N° 01: Medidas Tomadas de los Ventiladores de Tiro Inducido y Tiro Forzado de las Calderas N° 01 al 05 del Área de Generación de Vapor

Ítem	Equipo	Potencia (HP)	In (Nominal)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)
1	V.T.I. Caldera N° 01	50	61,18	68	69	69
2	V.T.F. Caldera N° 01	25	30,59	26	25	25
3	V.T.I. Caldera N° 02	50	61,18	67	66	67
4	V.T.F Caldera N° 02	25	30,59	25	27	27
5	V.T.I. Caldera N° 03	75	91,77	86	87	86
6	V.T.F Caldera N° 03	30	36,71	27	27	28
7	V.T.I. Caldera N° 04	75	91,77	83	83	81
8	V.T.F Caldera N° 04	30	36,71	19	20	19
9	V.T.F. Caldera N° 05	165	201,9	170	173	175
10	V.T.S. Caldera N° 05	115	140,72	92	94	93

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

En la Tabla N° 02, se muestran las medidas tomadas de los tableros de los Conductores de Bagazo, ubicados los Tableros de los Conductores de Bagazo N° 01 y 02 en la Zona de Trapiche, el Tablero del Conductor de Bagazo N° 03 y 04 en la parte inferior del Conductor cerca de la zona de las Bombas de Agua de Alimentación

de las Calderas, el Tablero del Conductor N° 05 se ubica en la zona de la Caldera N° 05 frente a la turbina de vapor del ventilador de Tiro Inducido, todos tomados en un día de trabajo, mediante el instrumento de medición de una pinza amperimétrica de marca Amprobe ACD06-PRO.

Tabla N° 02: Medidas Tomadas de los Conductores de Bagazo N° 01 al 05 del Área de Generación de Vapor

Ítem	Equipo	Potencia (HP)	In (Nominal)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)
1	Conductor N° 01	40	48,94	24	23	25
2	Conductor N° 02	40	48,94	21	21	22
3	Conductor N° 03	50	61.18	49	49	52
4	Conductor N° 04	30	36,71			
5	Conductor N° 05	60	73,42	42	42	42

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

En la Tabla N° 03, se tomaron medidas de los tableros de las Bombas de Agua de la Torre de la Piscina de Enfriamiento, ubicados al costado de dichas Bombas, referencia cerca de la Oficina de la Supervisión de Calderas, dichas medidas fueron tomadas, mediante el instrumento de medición de una pinza amperimétrica de marca Amprobe ACD06-PRO del electricista de turno en otro día de trabajo.

Tabla N° 03: Medidas Tomadas de los Bombas de Agua de la Torre de Enfriamiento del Área de Generación de Vapor

Ítem	Equipo	Potencia (HP)	In (Nominal)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)
2	Bomba N° 02 Torre	40	48,94	27	27	28
4	Bomba N° 04 Torre	20	26,7	18	18	19
5	Bomba N° 05 Torre	30	36,71	24	22	24

6	Bomba N° 06 Torre	30	36,71	15	16	17
7	Bomba N° 07 Torre	25	30,59	19	19	21
8	Bomba N° 08 Torre	30	36,71	19	19	19
9	Bomba N° 09 Torre	40	48,94	34	34	35

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

En la Tabla N° 04, se tomaron medidas de los tableros de las Bombas de Agua de Alimentación de agua hacia las Calderas, ubicados dentro de la Casa de Fuerza, dichas medidas fueron tomadas, mediante el mismo instrumento de medición de una pinza amperimétrica de marca Amprobe ACD06-PRO del electricista de turno en otro día de trabajo, aquí cabe indicar que los Tableros de las Bombas N° 03 y 05 tienen en su puerta del Tablero instalados amperímetros digitales, los cuales se corroboraron las medidas con el instrumento de medición utilizado por nosotros.

Tabla N° 04: Medidas Tomadas de los Bombas de Agua de Alimentación de Calderas del Área de Generación de Vapor

Ítem	Equipo	Potencia (HP)	In (Nominal)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)
1	Bomba N° 01	100	122,36	91	90	93
2	Bomba N° 02	60	73,42	68	70	68
3	Bomba N° 03	200	244,72	165	173	175
5	Bomba N° 05	200	244,72	177	168	174

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

En la Tabla N° 05, se tomaron medidas de los tableros de las Bombas Verticales de agua hacia el Desaerador, las cuales son las únicas operativas, ya que se tiene otra Bomba Vertical de Agua pero está en stand by, ubicados a unos 10 a 15 metros de la ubicación de dichas bombas, como referencia al costado del Tanque de Agua Condensada N° 02 y frente a las Bombas de Jarabe, dichas medidas fueron tomadas,

mediante el mismo instrumento de medición de una pinza amperimétrica de marca Amprobe ACD06-PRO del electricista de turno en otro día de trabajo.

Tabla N° 05: Medidas Tomadas de las Bombas de Agua Vertical de Alimentación de Agua hacia el Desaerador del Área de Generación de Vapor

Ítem	Equipo	Potencia (HP)	In (Nominal)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)
1	Bomba N° 01	20	24,47	24	25	26
3	Bomba N° 03	15	18,35	18	18	18

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

De acuerdo a los datos técnicos y mediciones recolectados como base de datos podemos ver que se tienen las siguientes observaciones:

- Se observa que la mayoría de motores del Área de Generación de Vapor sus sistemas de arranques son directos aun cuando representan potencias mayores a lo recomendado para este tipo de potencias, incluso no se tiene ni arranques por sistemas estrellas-triángulo o por autotransformador.
- Asimismo, por el sistema de arranque directo, se sabe por norma NEMA para motores normales de clase "A", que la corriente de arranque es entre 5 a 8 veces la corriente nominal, representando fluctuaciones en la generación de la energía eléctrica y consumos respectivos y siendo el Área de Generación de Vapor la primera para arrancar los motores cuando se tiene interconectado a Electronorte (Ensa) antes de iniciar operaciones del turbogenerador Siemens, siempre supera la máxima demanda contratada que es de 600 KW.
- Evaluando las mediciones se observa que hay motores donde el consumo no representa a lo solicitado por la potencia del motor, debido a muchos casos que por ser motores antiguos siempre se sobredimensionaban sobre el consumo real de intensidad de corriente (Amperios), y en otros casos se debe que cuando se quema el bobinado de un motor y no tener motor de repuesto disponible, se

coloca motor que se tiene a la mano, superior a la potencia solicitada o requerida, como se puede observar en las figuras de toma de mediciones, representando ello una baja eficiencia de los motores en funcionamiento ó actuales.

- Asimismo, al ver que ya se están utilizando tableros por sistema de arranque de estado sólido, esto genera fluctuaciones en los consumos de energía reactiva elevándolo por efectos de los armónicos creados, teniéndose que evaluar en el análisis de calidad de energía en su factor de potencia
- Los altos torques que representan operar los motores de los Conductores de bagazo y las compuertas cuando se operan los motores de los ventiladores de tiro inducido y tiro forzado de las Calderas, es que se encuentra aquí varios punto críticos al igual que los ventiladores de tiro forzado y secundario de la Caldera N° 05 y Bomba de Agua de alimentación de las Calderas N° 03 y 05, por ser los equipos con mayor potencia de consumo, donde nos enfocaremos en analizar los datos para realizar los planes de mejoras continuas.
- También por las altas potencias de los motores de las bombas de agua de alimentación de Calderas se está observando si el sistema de arranque directo debe ser el adecuado o cambiarlo por un sistema de arranque por variador de velocidad.

4.1.3. Mediciones Realizadas por el personal de Taller Eléctrico junto con Ingenieros de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para el análisis de calidad de energía del Banco de Transformadores N° 02 donde se encuentra los tableros de Distribución de los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor

Estas mediciones y recolección de datos se realizó, en Octubre del año pasado, información que nos brindó la Jefatura de Energía, donde nos comentó que dichas mediciones se realizaron por el lapso de dos días, se dejó el equipo que era un analizador de energía de marca Metrel, para evaluar el comportamiento del factor de

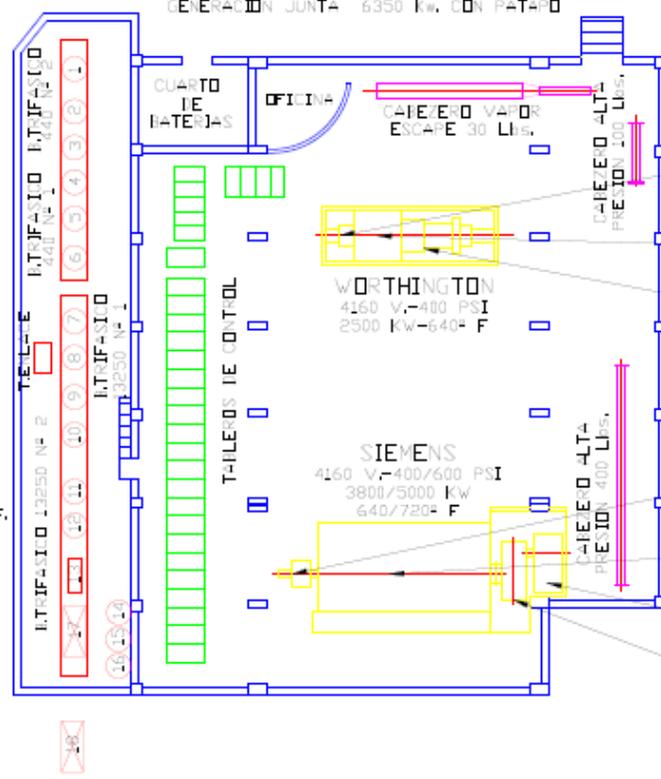
potencia y los armónicos que desarrollaban, donde se encontró que el factor de potencia era bajo, generando energía reactiva perjudicial, en otras palabras no se aprovechaba la energía activa al máximo, como se detalla en los cuadros adjuntos. Asimismo, la Empresa nos brindó un plano de distribución de energía de toda la Planta Industrial, donde se puede apreciar que el Banco de Transformadores N° 02, que en el croquis corresponde a los transformadores monofásicos N° 01, 02 y 03, los cuales contienen a los tableros de los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor.

Fig. N° 05: Plano o Croquis de los Transformadores de Distribución de Energía (Banco de Transformadores), resaltando el Banco N° 02 que abarca a los equipos Eléctricos del Área de Generación de Vapor de la Planta Industrial Pucala

- 1.-TRANSF. MONOFASICO IE 4160/480-333 KVA G.E.
 2.-TRANSF. MONOFASICO IE 4160/480-333 KVA G.E.
 3.-TRANSF. MONOFASICO IE 4160/480-333 KVA MOLDNEY
 COELECTIVO EN Y-Δ
 4.-TRANSF. MONOFASICO IE 4160/480-333 KVA MOLDNEY
 COELECTIVO EN Y-Δ
 5.-TRANSF. MONOFASICO IE 4160/480-333 KVA MOLDNEY
 COELECTIVO EN Y-Δ
 6.-TRANSF. MONOFASICO IE 4160/480-333 KVA MOLDNEY
 COELECTIVO EN Y-Δ
 7.-TRANSF. MONOFASICO IE 4160/13250 V.-333 KVA MOLO
 8.-TRANSF. MONOFASICO IE 4160/13250 V.-333 KVA MOLO
 9.-TRANSF. MONOFASICO IE 4160/13250 V.-333 KVA MOLO
 COELECTIVO EN Y-Δ
 10.-TRANSF. MONOFASICO IE 4160/13250 V.-333 KVA MOLO
 11.-TRANSF. MONOFASICO IE 4160/13250 V.-333 KVA G.E.
 12.-TRANSF. MONOFASICO IE 4160/13250 V.-333 KVA G.E.
 13.-TRANSF. TRIFASICO IE 4160/480 V.-8000 KVA CANCHA
 TADINE
 14.-TRANSF. MONOFASICO IE 2400/240 V.-500 KVA G.E.
 15.-TRANSF. MONOFASICO IE 2400/240 V.-500 KVA G.E.
 16.-TRANSF. MONOFASICO IE 2400/240 V.-500 KVA G.E.
 17.-TRANSF. TRIFASICO IE 4160/1320 V.-5000 KVA CANCHA
 TADINE
 18.-TRANSF. TRIFASICO IE 4160/480 V.-2000 KVA BROWN
 BOVEIRO PERU

NOTA LAS BARRAS TIENEN LOS TERMINOS
 4160V. Y 2400 V. EN LAS BARRAS POR UN TRANSF.
 IE 3000 KVA (CLODFEN)

GENERACION MAXIMA 5500 Kw
 GENERACION JUNTA 6350 Kw, CON PATRÓN



TURBO GENERADOR "WORTHINGTON" Nº 1

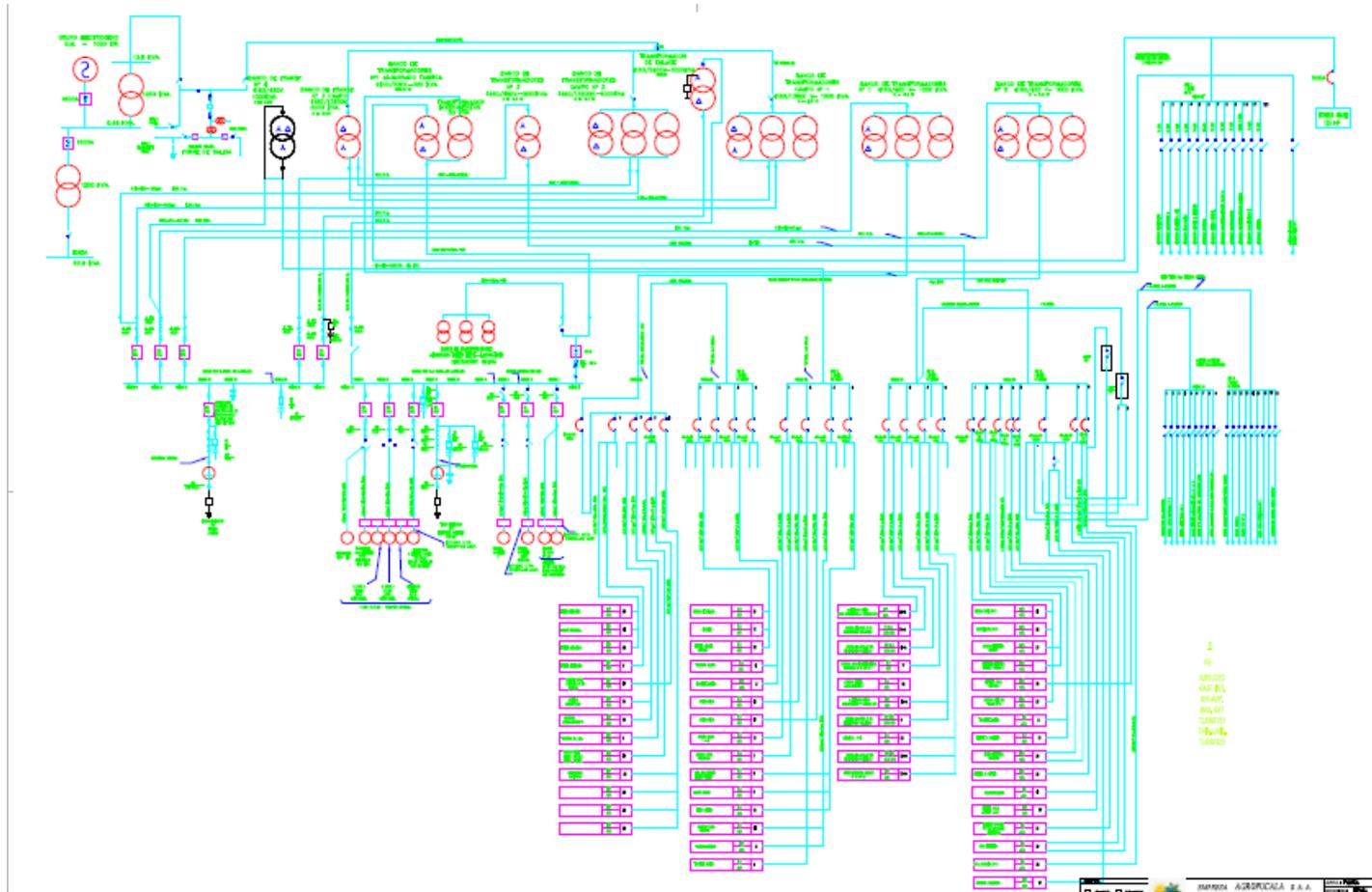
TIPO DE ETAPAS 1 CURTIS, 9 BATERIAS NOMINAL 26875-KW NOMINAL
 IE 3410-1500-PRECION VAPOR ENTRADA=28000 Kg/HR.-DITRA PRE I-
 D=3110/HR.-TEMP. VAPOR ENTRADA=336°C-VOLTAJE GENERADO=2400 V.
 VELOCIDAD=1800 R.P.M.
 GENERADOR FRAME 1-34 KW 10 - R.P.M 1800 - VOLT. 125 FL-AMP. 80
 PROD. Nº 04779-70-GENAL Nº RE 18431.
 GENERADOR SERIAL Nº 102572-KVA 1075-KW 1500-DWEN FACTOR 0.8-
 VOLT. 2400-COELECTIVO EN 2400 V.-AMP. 451-R.P.M. 1200-HABE 3-FASIS
 60-TEMP. ARM.-30°C TEMP.-TEMP. FIELD -60°C RES TIME BATING-COIT.
 INSTRUCCION BOOK - C2 I.V. EXCITACION P.F. 68 - AMP. 582 -VOLT. 125.
 GEAR SERIAL Nº 15895 -HP. 08447 FOM- J6 KW 1500-RATIO 3836 J-
 FICION R.P.M. 4600-GEAR R.P.M. 1200

TURBO GENERADOR "SIEMENS" Nº 3

TIPO DE ETAPAS CURTIS, 9 BATERIAS NOMINAL 26875-KW NOMINAL
 IE 3410-1500-PRECION VAPOR ENTRADA=28000 Kg/HR.-DITRA
 PRECION=3110/HR.-TEMP. VAPOR ENTRADA=336°C-VOLTAJE GENERADO=
 2400 V. VELOCIDAD=1800 R.P.M.
 EXCITACION PRINCIPAL TIPO IA- 2216-56/70 V-580/725 AMP. -325/51
 KW-AUXILIAR TIPO 0625-115 VOLT.-725 AMP.
 GENERADOR "SIEMENS" TIPO VFL 360/38-4160/2400 V -6000/5400 KVA
 1800 R.P.M. -D.F. 0.8-60 CICLOS - 3 FASES-1800 R.P.M. -COELECTIVO EN
 4160 V.
 TURBINA "SIEMENS" Nº 3875 KW A 400 PSIG 282 Kg.-300 Kw A 600 PSIG
 450-800 R.P.M. - CONTRAPRESION 325 -T.U.
 REGULADOR "SIEMENS" Nº 4955/767 -POTENCIA=7500 PS- VELOCIDAD IE
 POTENCIA= 8000/1800 R.P.M.

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

Fig. N° 06: Plano de Distribución de Energía Eléctrica de la Planta Industrial apreciando el Banco N° 02 que contiene a los tableros de los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor de la Planta Industrial Pucala



Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

Las mediciones con este analizador de redes de energía se hicieron en dos circuitos debido a que la capacidad de la intensidad de corriente (Amperios) era alta y teniendo en cuenta el calibre del conductor para albergar dicho consumo de intensidad de corriente en Amperios, se han colocado la distribución de los equipos en ambos circuitos para compensar o equilibrar la carga.

En la Tabla N° 06, se tomaron medidas a los cables de alimentación de energía 3x500 MCM/fase-THW, denominado Circuito “A”, con el analizador de energía, que salían del Banco de Transformadores N° 02, ubicados en la parte posterior de la Casa de Fuerza, dichas medidas fueron tomadas, mediante el analizador de energía Marca Metrel, por el Ingeniero de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en un día de trabajo, dándonos resultados de las medidas de los consumos de energía activa, energía reactiva, armónicos en voltaje y armónicos en corriente con valores bajos, y el factor de potencia muy bajo de lo recomendado y la frecuencia que no es permanente en los 60 Hz.

Tabla N° 06: Medidas Tomadas del Banco de Transformadores N° 02 Circuito “A”

Banco N°2 - Circuito A																		
Día	Hora	Pt+ (kW) Prm	Pfti+ Prm	Qti+ (kVAr) Prm	St+ (kVA) Prm	Freq (Hz) Prm	U12 (V) Prm	I1 (A) Prm	thdU12 (%) Prm	thdI1 (%) Prm	U23 (V) Prm	I2 (A) Prm	thdU23 (%) Prm	thdI2 (%) Prm	U31 (V) Prm	I3 (A) Prm	thdU31 (%) Prm	thdI3 (%) Prm
15.10.19.	12:54:00	125.42	0.80721656	91.71	155.373423	59.83	473.5	175.4	0.1	1	473.5	189.1	0.2	1	479.1	204	0.1	1
15.10.19.	12:56:00	196.97	0.73225701	183.19	268.990254	59.78	465.7	346.2	0.4	1.3	466.6	357.7	0.4	1.3	472	386.7	0.4	1.2
15.10.19.	12:58:00	193.1	0.74768697	171.5	258.26316	59.75	468.3	324.5	0.4	1.3	468.4	331.2	0.4	1.3	473.4	362.3	0.4	1.2
15.10.19.	13:00:00	156.91	0.73058905	146.65	214.771904	59.44	468.8	247.3	0.3	1.1	468.8	258	0.3	1.2	474.8	277.8	0.2	1.1
15.10.19.	13:02:00	203.2	0.78633177	159.65	258.415097	59.59	469.4	307.4	0.4	1.4	469.8	314.4	0.4	1.3	475.8	342.5	0.4	1.2
15.10.19.	13:04:00	206.26	0.7921626	158.91	260.375835	59.66	469.2	300.4	0.4	1.4	469.2	308	0.4	1.3	475.5	336.1	0.4	1.2

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

En la Tabla N° 07, se tomaron medidas a los cables de alimentación de energía 3x500 MCM/fase-THW, denominado Circuito “B”, con el analizador de energía, que salían del Banco de Transformadores N° 02, ubicados en la parte posterior de la Casa de Fuerza, dichas medidas fueron tomadas, mediante el analizador de energía Marca Metrel, por el Ingeniero de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en un día de trabajo, dándonos resultados de las medidas de los consumos de energía activa, energía reactiva,

armónicos en voltaje y armónicos en corriente con valores bajos, y el factor de potencia muy bajo de lo recomendado y la frecuencia que no es permanente en los 60 Hz.

Tabla N° 07: Medidas Tomadas del Banco de Transformadores N° 02 Circuito "B"

Banco N°2 - Circuito B																		
Día	Hora	Pt+ (kW) Prm	Pfti+ Prm	Qti+ (kVAr) Prm	St+ (kVA) Prm	Freq (Hz) Prm	U12 (V) Prm	I1 (A) Prm	thdU12 (%) Prm	thdI1 (%) Prm	U23 (V) Prm	I2 (A) Prm	thdU23 (%) Prm	thdI2 (%) Prm	U31 (V) Prm	I3 (A) Prm	thdU31 (%) Prm	thdI3 (%) Prm
15.10.19.	13:06:00	73.95	0.70281707	74.85	105.219414	59.53	474.1	119.2	0.5	1	473.6	130.5	0.4	1	472.6	113.8	0.2	1
15.10.19.	13:08:00	61.95	0.65185658	72.07	95.0362426	59.85	473	117.1	0.4	1	472.9	136.5	0.4	1	476.1	107	0.2	1
15.10.19.	13:10:00	100.48	0.61711608	128.12	162.821881	59.42	463.8	201.3	0.5	1.2	464.1	232.7	0.3	1.4	463.2	165.7	0.3	1.1
15.10.19.	13:12:00	81.55	0.69362698	84.69	117.570398	59.44	474.8	135.1	0.5	1	474.4	156.5	0.4	1.1	476.6	126.9	0.2	1
15.10.19.	13:14:00	104.4	0.69839072	106.99	149.486521	59.44	473.5	176.6	0.5	1.1	473	200.7	0.4	1.3	475.4	165.9	0.3	1.1
15.10.19.	13:16:00	111.58	0.72286412	106.66	154.358194	59.38	474	180.2	0.6	1.1	473.3	206.5	0.4	1.3	475.6	168	0.3	1.1

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

En la Tabla N° 08, se realizaron las sumas fasoriales de los resultados de los últimos cuadros de las Tablas N° 06 y 07, de las potencias activa, potencia reactiva, potencia aparente, promedio del factor de potencia, y de los consumos de intensidad de corriente (Amperios), observándose el factor de potencia demasiado bajo con un promedio de 0,7367.

Tabla N° 08: Medidas Tomadas del Banco de Transformadores N° 02 Circuito "A+B"

Banco N°2 (Sumatoria: Circuito A + Circuito B)																		
Día	Hora	Pt+ (kW) Prm	Pfti+ Prm	Qti+ (kVAr) Prm	St+ (kVA) Prm	Freq (Hz) Prm	U12 (V) Prm	I1 (A) Prm	thdU12 (%) Prm	thdI1 (%) Prm	U23 (V) Prm	I2 (A) Prm	thdU23 (%) Prm	thdI2 (%) Prm	U31 (V) Prm	I3 (A) Prm	thdU31 (%) Prm	thdI3 (%) Prm
15.10.19.		199.37	0.76742875	166.56	259.789589			293.691316				318.611363				316.864751		
15.10.19.		258.92	0.71212202	255.26	363.589376			462.75534				493.585011				493.178358		
15.10.19.		293.58	0.6998707	299.62	419.477485			523.800159				561.699793				526.170043		
15.10.19.		238.46	0.71774083	231.34	332.236914			382.278811				414.364882				404.579175		
15.10.19.		307.6	0.75562424	266.64	407.080643			483.027668				514.038023				507.431178		
15.10.19.		317.84	0.76738549	265.57	414.185575			479.962542				513.800362				503.466091		

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

En la Tabla N° 09, se calcularon los valores promedios totales de las potencias activa, potencia reactiva, potencia aparente, promedio del factor de potencia, y de los consumos de intensidad de corriente (Amperios), observándose el factor de potencia demasiado bajo con un promedio de 0,7367, afectando notablemente en el consumo de Potencia Activa, siendo un punto muy crítico y que se puede plantear una estrategia de mejora continua con la implementación de un Banco de Condensadores, para lo cual se demostró que dicha Potencia Reactiva de consumo representa la igualdad o valor por encima del 30 % del consumo de Potencia Aparente. Todos estos valores están referidos solo al Banco de Transformadores N° 02, como se aprecia en la Figura N° 06 y en el Plano del Anexo N° 03, donde se puede apreciar que todos los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor están en dicho Banco de Transformación.

Tabla N° 09: Valores Promedio de los Parámetros Eléctricos del Banco de Transformadores N° 02 Circuito "A+B"

Día	Pt+ (kW) Prm	Pfti+ Prm	Qti+ (kVAr) Prm	St+ (kVA) Prm	I1 (A) Prm	I2 (A) Prm	I3 (A) Prm
15.10.19.	199,37	0,7674	166,56	259,7896	293,6913	318,6114	316,8648
15.10.19.	258,92	0,7121	255,26	363,5894	462,7553	493,5850	493,1784
15.10.19.	293,58	0,6999	299,62	419,4775	523,8002	561,6998	526,1700
15.10.19.	238,46	0,7177	231,34	332,2369	382,2788	414,3649	404,5792
15.10.19.	30,6	0,7556	266,64	407,0806	483,0277	514,0380	507,4312
15.10.19.	317,84	0,7674	265,57	414,1856	479,9625	513,8004	503,4661
Promedio	269.295	0.7367	247.498	366.0599			

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

4.1.4. Mediciones Realizadas por el personal de Taller Eléctrico junto con Ingenieros de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para el análisis de calidad de energía del Banco de Transformadores N° 01 de Alumbrado del Área de Generación de Vapor

En la Tabla N° 10, se tomaron medidas a los cables de alimentación de energía, con el analizador de energía, que salían del Banco de Transformadores N° 01 de Alumbrado de Fábrica, dichas medidas fueron tomadas, mediante el analizador de energía Marca

Metrel, por el Ingeniero de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en un día de trabajo, dándonos resultados de las medidas de los consumos de energía activa, energía reactiva, armónicos en voltaje y armónicos en corriente con valores bajos, y un factor de potencia aceptable superior a 0,9 pero con una frecuencia que no es permanente en los 60 Hz.

Tabla N°10: Medidas Tomadas del Banco de Transformadores N° 01 Alumbrado de Fábrica

Día	Hora	Pt+ (kW) Prm	Pfti+ Prm	Qti+ (kVAr) Prm	St+ (kVA) Prm	Freq (Hz) Prm	U12 (V) Prm	I1 (A) Prm	thdU12 (%) Prm	thdI1 (%) Prm	U23 (V) Prm	I2 (A) Prm	thdU23 (%) Prm	thdI2 (%) Prm	U31 (V) Prm	I3 (A) Prm	thdU31 (%) Prm	thdI3 (%) Prm
15.10.19.	14:03:00	33.26	0.9240	13.76	35.9940	59.41	229.6	113.1	1.1	8.6	229.1	81.7	0.6	7.2	226.5	83	0.4	5.5
15.10.19.	14:05:00	32.91	0.9226	13.76	35.6708	59.38	229.4	111.9	0.8	8.8	229.9	81.4	0.4	8	227.1	81.4	0.4	4.7
15.10.19.	14:07:00	32.96	0.9218	13.86	35.7556	59.32	229.2	112.2	0.8	6.8	229.7	82	0.6	11.9	227	81.7	0.4	5.1
15.10.19.	14:09:00	33.51	0.9237	13.9	36.2785	59.32	229.4	113.1	1	7.5	229.7	81.7	0.5	9.1	227	83	0.5	4.7
15.10.19.	14:11:00	33.27	0.9347	12.65	35.5938	59.27	229	113.1	0.9	7.8	229.2	81.7	0.5	8.7	226.6	83.3	0.5	4.5
15.10.19.	14:13:00	34.56	0.9059	16.16	38.1515	59.35	229.4	110.7	0.9	8	231	86	0.4	9.5	228.1	92.1	0.4	4.3

Promedio		33.4117	0.9221	14.02	36.2407													
-----------------	--	----------------	---------------	--------------	----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

Pero los datos de la Tabla N° 10 representan un valor del consumo general del alumbrado de la Planta Industrial, como se puede apreciar en la Figura N° 06 y/o Plano del Anexo N° 03. Como no se podía tomar el consumo de intensidad de corriente (Amperios) del conductor que se deriva para el alumbrado específico del Área de Generación de Vapor, se optó por realizar el conteo de los equipos de luminarias y reflectores que corresponden solamente a dicha Área encontrando las cantidades que se detallan en la Tabla N° 11 y N° 12, indicando que todas sus luminarias son dobles herméticos y reflectores tipo convencional. (Figura N° 07)

Fig. N° 07: Reflector Tempo Phillips convencional de 400 Watts, ubicado en la parte superior del motor Conductor de Bagazo N° 03 direccionado a lo largo de dicho Conductor.



Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

Tabla N°11: Cantidad de Luminarias en el Área de Generación de Vapor

CANTIDAD DE LUMINARIAS EN EL AREA DE GENERACIÓN				
Nº LAMPARAS	MODELO	LUMENES	EFICIENCIA	POTENCIA (W)
70	TL-S 2 x 40W/220V	2350	58,75Lm/W	80
TOTAL				5600

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°12: Cantidad de Luminarias en el Área de Generación de Vapor

CANTIDAD DE REFLECTORES EN EL AREA DE GENERACIÓN				
Nº REFLECTOR	MODELO	LUMENES	EFICIENCIA	POTENCIA (W)
15	400 Watts			400
TOTAL				6000

Fuente: Elaboración Propia.

En vista de estos valores consideramos a este sistema de iluminación deficiente para el Área de Generación de Vapor siendo necesario su evaluación por el cambio de luminarias Led y reflectores tipo Led, ya que es necesario una buena iluminación para los operadores y permitir un buen funcionamiento de los equipos.

Dicha evaluación debe sustentarse en el ahorro de energía y el presupuesto a requerir para realizar dicho cambio.

4.1.5. Situación del Mantenimiento de Equipos e Instalaciones Eléctricas Área de Generación de Vapor.

Con relación al mantenimiento de los equipos eléctricos e instalaciones eléctricas que involucran el Patio de Transformadores de la Casa de Fuerza, donde se ubica el Banco N° 02 y Banco N° 01 de Alumbrado de Fábrica, que son objetos de análisis en este Trabajo de Investigación, además de los ductos subterráneos por donde circulan los cables de alimentación de energía hacia los tableros de los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor, el cual es realizado por el personal de Taller Eléctrico de manera periódica, cada vez que realiza paradas de la Planta Industrial por mantenimiento general cada 15 a 20 días.

Pero cabe indicar que los Generadores de Vapor de la Planta Industrial combustionan bagazo y producto de esta combustión generan cenizas y partículas inquemadas que son esparcidas por las chimeneas de las Calderas, acumulándose la mayoría de ellas en toda el Área de Generación de Vapor, incluyendo el Patio de Transformadores, motores eléctricos, cables de alimentación de energía, ductos subterráneos de cables de energía y tableros eléctricos generándose pérdidas de energía por contaminación en los contactos eléctricos.

Sumado a ello la falta de instrumentos para mediciones en los equipos eléctricos, tales como megohmetro, para verificar el aislamiento eléctrico, cámara termográfica, para verificar las disipaciones de calor de los contactos eléctricos, equipos eléctricos y cables eléctricos, también un analizador de redes, etc., todos ellos necesarios e importantes para un buen monitoreo de funcionamiento de los equipos eléctricos, como parte adicional al programa de mantenimiento preventivo que tiene implementado el Área de Taller Eléctrico para el Área de Generación de Vapor.

Por lo que se consideró como una problemática adicional que se debería mejorar, y de esta manera evitar pérdidas de energía eléctrica por fugas a tierra o disipación de energía eléctrica en forma de calor (Efecto Joule), pérdida de energía por corriente de Foucault,

perdida de energía por efecto histéresis y por flujo de dispersión, todos estos últimos en los transformadores de potencia o distribución.

Se adjunta imágenes de las emisiones de partículas de los Generadores de Vapor (Calderas) y personal del Área de Taller Eléctrico realizando mantenimiento a los equipos eléctricos (Figuras N° 08).

Fig. N° 08: Generadores de Vapor emanando partículas o impurezas por las chimeneas (A) y Personal del Área de Taller Eléctrico realizando mantenimiento a un equipo eléctrico (B).

(A)



Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

(B)



Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

4.1.6. Situación de la Gestión Administrativa de Energía Eléctrica en el Área de Generación de Vapor.

Se encontró en el Área de Generación de Vapor fueron las siguientes:

- Existe una Supervisión y Jefatura del Área de Taller Eléctrico que se encarga de toda la Gestión Administrativa Eléctrica de todos los equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor que incluye su mantenimiento, y proyectos eléctricos, etc.
- Por la falta de adquisición de instrumentos eléctricos, falta implementar un programa de mantenimiento de mejor monitoreo del funcionamiento de los diferentes equipos eléctricos, llevando solamente un control de medición de consumos de amperajes.
- Dicha Área de Taller Eléctrico tiene por finalidad, solo cumplir con que los equipos eléctricos estén funcionando, en beneficio de la producción de los Generadores de Vapor, sin medida en incrementos de consumo de energía eléctrica.
- Falta de una política de implementación de acciones como mejoras continuas

para la reducción de los consumos de energía eléctrica de los equipos del Área de Generación de Vapor, no existiendo un método de control de consumos eléctricos, se consume empíricamente, lo que hace que se esté desperdiciando energía eléctrica.

- La falta de capacitación al personal de dicha Área sobre los beneficios e importancia de los ahorros de consumo de energía eléctrica.

Por lo tanto, se hace necesario plantearlo como una problemática, ya que el éxito de un Proceso de Mejora Continua está en el personal que ejecutará dichas actividades y para ello deberán estar debidamente capacitados y concientizados de la labor importante que van a realizar y los beneficios que se van a lograr con los ahorros de consumo de energía eléctrica a corto, mediano y largo plazo.

4.2. Proponer estrategias con actividades de Mejora Continua en calidad del consumo de energía eléctrica en todos los equipos eléctricos de la Planta de Generación de Vapor de Industrial Pucalá.

Basados en el principio de un Proceso de Mejoras Continuas, el cual es Actuar, Planear, Hacer y Verificar. Y luego reiniciar el proceso. Entonces se partió en el objetivo anterior de determinar la necesidad y expectativa del Área de Generación de Vapor, el cual era evaluar el consumo de energía eléctrica de los equipos eléctricos de dicha Área determinando la necesidad de reducir dichos consumos de energía eléctrica (Planear) en los puntos críticos y asimismo crear una ideología en el personal del cuidado y uso racional de funcionamiento de los equipos eléctricos de dicha Área.

Teniendo clara la necesidad de la mejora continua tanto en la parte eléctrica como en la parte operativa, se plantea las propuestas o estrategias de Mejoras Continuas que nos permitirán posteriormente trasladarlos al sistema operativo.

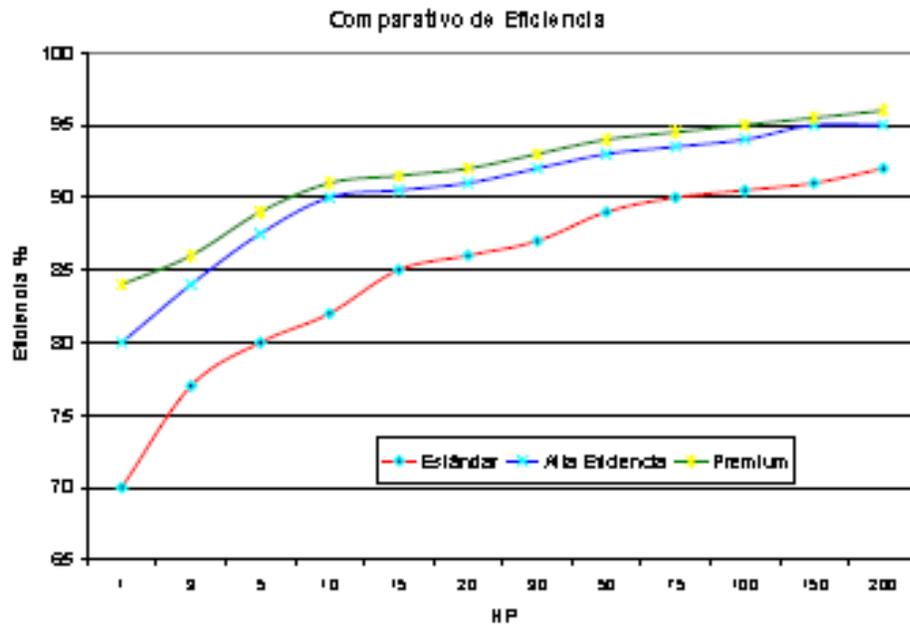
- Mejora de cambio de motores eléctricos de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia o premium.
- Mejora de aumentar el Factor de Potencia del Banco de Transformadores N° 02 de 0,7367 de promedio a 0,96 de promedio, con la instalación de un Banco de Condensadores.
- Mejora de Reducción del Consumo de Energía Eléctrica del Sistema de Iluminación, renovando todas las luminarias y reflectores por equipos Led de avanzada tecnología.
- Mejora de Mantenimiento de Instalaciones y Equipos Eléctricos, tales como los transformadores, Tableros de Arranque y Aislamiento o cambio de cables.
- Mejora en el Sistema de Gestión Eléctrica del Área de Generación de Vapor

4.2.1. Mejora de cambio de motores eléctricos de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia o premium.

Hay motores que pasando más de 15 años se pueden considerar y su principal arma es la eficiencia energética. La conceptualización adecuada surge hace muchos años y que hasta ahora se usa para acabar o reducir precios de energía.

Poco a poco en la parte industrial se han innovado la parte industrial bajando costos y minimizando alto consumo eléctrico.

Fig. N° 09: Gráfico de Eficiencia de Motores Vs Potencia de los Motores



Fuente: Catálogo Motores Weg 2018.

En base a este Gráfico analizaremos los motores de mayor consumo energético como son los motores de las Bombas de Agua de Alimentación de Calderas de 200 HP y el de los motores de los Ventiladores de Tiro Forzado y Secundario de la Caldera N° 05 de 165 HP y 115 HP, respectivamente.

Asimismo, indicar que, para los cálculos a realizar en estos motores mencionados líneas arriba, se estarán tomando los valores de 0,44 KV como tensión, y de 0,7367 como factor de potencia de la Tabla N° 09, ya que dichos equipos se encuentran dentro del Banco de Transformadores N° 02 como lo indica la Figura N° 06 y el Plano del Anexo N° 03.

4.2.2. Mejora de aumentar el Factor de Potencia del Banco de Transformadores N° 02 de 0,7367 de promedio a 0,96 de promedio, con la instalación de un Banco de Condensadores.

Un factor de potencia bajo ocurre generalmente por la presencia de cargas reactivas. La potencia reactiva crea una diferencia en magnitud entre la potencia activa y aparente, a su vez genera un bajo factor de potencia. La energía reactiva medida en Volt-Amper reactivo ocurre por la existencia de elementos inductivos o capacitivos en un circuito de corriente alterna y no genera ningún trabajo.

Las corrientes de armónicos no ayudan en nada en un sistema de nivel eléctrico.

Con relación a los armónicos tanto en intensidad de corriente como de voltaje se encuentran por debajo de los valores estándar o críticos, los cuales para armónicos en voltaje se encuentra por debajo del 8% que es el valor máximo y en armónicos en corriente están por debajo del 30 % (esto en función de la carga), como se aprecia en la Tabla N° 06 y N° 07, por lo que no será objeto de análisis en este Trabajo de Investigación.

Como se puede observar en la Tabla N° 09 de la sumatoria de ambos circuitos, se tiene un factor de potencia promedio de 0,7367, los cuales de mejorar este factor de potencia se lograrán beneficios como reducción en la facturación de energía eléctrica por parte de la concesionaria eléctrica, ya que cabe indicar que para un inicio de arranque de molienda los primeros motores que se encienden son los del Área de Generación de Vapor, pero como también están involucrados otros equipos de Fábrica no se consideró su evaluación en esta Investigación, asimismo nos permite reducir la sección del cable

de acuerdo al factor de potencia que se obtenga, cuando se desea renovar todos los cables de energía de la Planta Industrial (Fig. N° 10), asimismo permite reducir la caída de tensión de las líneas, al disminuir la energía reactiva transportada, y la principal aumentar la disponibilidad de energía activa para otros consumos.

Pero para recomendar o aplicar la instalación de un Banco de Condensadores, primeramente, se tiene que demostrar que dicha potencia reactiva consumida representa igualdad o superioridad al 30 % de consumo de la energía aparente del Sistema, en este caso del Banco de Transformadores N° 02.

De la Tabla N° 09, se tiene los siguientes valores promedios para el Banco de Transformadores N° 02:

- Potencia Reactiva: $Q = 247,498 \text{ KVAR}$
- Potencia Aparente: $S = 366,0599 \text{ KVA}$

$$\text{Porcentaje \%} = \frac{247,498}{366,0599} \times 100 \% = 67,112 \%$$

Por lo tanto, este valor de 67,112 % supera al 30 % recomendado en consumo de potencia reactiva en relación a la potencia aparente consumida, siendo necesario la instalación de un Banco de Condensadores para mejorar dicho factor de potencia.

Fig. N° 10: Coeficiente multiplicador de la Sección del Conductor en función del $\text{Cos } \phi$

cos ϕ inicial	Factor multiplicador de la sección del cable
1	1
0,8	1,25
0,6	1,67
0,4	2,5

Fuente: Capella R: Corrección del Factor de Potencia.

4.2.3. Mejora de Reducción del Consumo de Energía Eléctrica del Sistema de Iluminación, renovando todas las luminarias y reflectores por equipos Led de avanzada tecnología.

Como se conoce la eficiencia a tratar de reducir a través de un planeamiento de modo industrial tecnologías que tengan una baja demanda de energía y consumo eléctrico, un claro ejemplo de esto es:

Ante esto se sabe que hoy en día en el mundo se han puesto Iluminación de alta gama LED, sabiendo que estos ahorran mucha energía a largo plazo se tendrá una buena concientización con el medio ambiente.

Del mismo modo las los fotos y luminarias LED son muy eficiente en la concientización ambiental y el ahorro de la mitad de consumo anterior.

El alumbrado con tecnología Led más que un lujo es una necesidad obligatoria para el personal del Área de Generación de Vapor. Para evitar accidentes por la cercanía de los equipos como Calderas, Motores, Tableros de Energizados, etc., así como también para

asegurar una buena operación y monitoreo de funcionamiento de todos los equipos tanto eléctricos como mecánicos ya que dicha Área trabaja las 24 horas del día.

Fig. N° 11: Diferencias en la visibilidad de Iluminación entre Luminarias Convencionales vs Luminarias tipo Led.



Fuente: D Led 2009.

De acuerdo a la realidad del Área de Generación de Vapor de la Planta Industrial, no cuenta con una política todavía de renovación total de dichos equipos, si bien han empezado recién en algunas otras Áreas, todavía se observa en el Área de Generación de vapor equipos convencionales de luminarias y reflectores de iluminación, haciendo un recuento se contabilizó 70 equipos fluorescentes herméticos dobles de 2x40 Watt/220V/60Hz y 15 reflectores de marca Phillips de 400 Watts/220V.

El consumo de potencia activa por estos elementos de toda la fábrica representa un promedio de 33,4117 KW y para el Área de la planta de esta investigación de acuerdo a la suma de las Tablas N° 11 y N° 12 representa 11,6 KW, representando en porcentaje la siguiente cantidad:

$$\text{Porcentaje \%} = \frac{11,6}{33,4117} \times 100 \% = 34,718 \%$$

Se observa un valor de 34,718 % que viene a ser la tercera parte del consumo de intensidad de corriente (Amperios) de toda la fábrica por concepto de iluminación, considerando su evaluación para cambio de todas sus luminarias y reflectores convencionales por luminarias y reflectores Tipo Led.

4.2.4. Mejora de Mantenimiento de Instalaciones y Equipos Eléctricos, tales como los transformadores, Tableros de Arranque y Aislamiento o cambio de cables.

En la manera de realizar un mantenimiento de modo adecuado y correcto es mantener todos los elementos compenetrados para optimizar la calidad, con una confiabilidad adecuada y reducción de costos muy bajos. Sabiendo que todo procedimiento se tiene que encaminar detalladamente en toda actividad industrial.

En este caso el grado de impurezas que emiten las Calderas por la combustión del bagazo genera contaminación tanto en las borneras de conexiones de los tableros eléctricos y motores, aisladores de los transformadores, contaminación del aceite dieléctrico de dichos transformadores, suciedad de los cables eléctricos, ocasionando malas deficiencias en los contactos, transmisión y distribución de energía eléctrica reflejados en pérdidas de energía por polución del aire.

Cabe agregar que también la antigüedad de los cables eléctricos de distribución del patio de transformadores hacia los distintos tableros eléctricos genera pérdidas de energía eléctrica por efecto joule, por el recalentamiento de dichos conductores antiguos de más de 40 años con relación a los nuevos conductores que existen hoy en día, disipando dicha energía en forma de calor.

4.2.5. Mejora en el Sistema de Gestión Eléctrica Administrativa del Área de Generación de Vapor

Si bien en la Planta Industrial se tiene implementado un Área de Mantenimiento Predictivo sumado al personal del Área del Taller Eléctrico encargado del mantenimiento preventivo de los equipos eléctricos, que abarca hasta el Área de Generación de Vapor en el monitoreo de equipos y permite evaluar el funcionamiento de los equipos eléctricos de dicha Área, no permite predecir aun con exactitud las pérdidas de energía que representan dichos equipos tales como pérdidas por efecto joule (falta cámara termográfica), perdida de aislamiento de los conductores eléctricos y bobinados de los motores (falta megohmetro), solo se realiza análisis de vibraciones de los equipos eléctricos, por lo que se hace necesario la involucración del personal operativo y de mantenimiento: electricistas y operadores para que se involucren en el buen mantenimiento y operación de dichos equipos.

Por tal razón se plantea la creación de un Comité de Energía que se le atribuya objetivos, funciones y responsabilidades para el estudio, evaluación y ejecución de las actividades en los procesos de mejora Continua que permita el ahorro ó reducción de los consumos de energía eléctrica en periodos de corto plazo (Programas de formación y concientización al personal en la importancia del ahorro de consumo de energía eléctrica y buen funcionamiento de los equipos), a mediano plazo (implementación del Banco de Condensadores, Mejora del Mantenimiento de Equipos Eléctricos y Cambio a un Sistema de Iluminación tipo Led) y a largo plazo (Renovación de Motores Convencionales por motores de Alta Eficiencia).

4.3. Determinar de manera analítica la reducción del consumo de energía eléctrica en todos los equipos eléctricos de la Planta de Generación de Vapor de la Planta Industrial Pucalá.

Para este objetivo dentro del Proceso de Mejora Continua para reducción de consumo de energía eléctrica es demostrar de manera analítica lo planteado en el objetivo anterior, es decir aplicar lo planeado (Hacer), determinando que beneficios se obtiene de realizar los cambios.

Como una pequeña conclusión se han cogido cálculos que señalen un buen nivel de confort y seguridad. El ahorro de energía se rigió a través de instalaciones que habían sido instaladas hace poco y calculándolas y a su vez implementando mejoras.

4.3.1. Mejora de cambio de motores eléctricos de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia o premium.

De acuerdo a lo indicado en el objetivo anterior se considerará los motores de mayor consumo de energía eléctrica detallándose a continuación:

Motor de Alimentación de Agua hacia las Calderas (Potencia 200 HP)

Para la presente evaluación se tienen los siguientes parámetros:

- Potencia Nominal ó Útil: $P_{nom} = 149,2 \text{ KW (200 HP)}$
- Potencia Absorbida: $P_{abs} = 96 \text{ KW}$ (calculado del promedio de los consumos de intensidad de corriente de la Tabla N° 04 para la Bomba N° 03 de 171 A de consumo promedio y con el factor de potencia actual del promedio del factor de potencia de la Tabla N° 09 de 0,7367, con una tensión de 0,44 KV.)
- Pérdida de potencia: $P_p = 53 \text{ KW}$
- Potencia de Motor de alta eficiencia Nuevo: $P_{mn} = 150 \text{ HP (111,9 KW)}$
- Eficiencia motor nuevo: $\% = 95$ (de la Fig. N° 06)

Potencia Absorbida por el motor de alta eficiencia

$$P_{mn} = \frac{96}{0,95} = 101,05 \text{ KW, se selecciona } 111,9 \text{ KW}$$

Perdida Potencia Motor de Alta Eficiencia

$$Perd(mn) = P_{mn} - P_{abs} = (101,05 - 96) \text{ KW} = 5,05 \text{ KW}$$

Ahorro de Energía

$$Ahorro = P_p - Perd(mn) = (53 - 5,05) \text{ KW} = 47,95 \text{ KW}$$

Considerando un tiempo de trabajo de 25 días de 24 horas del día en el mes, haciendo un total de 600 horas, ya que 05 días los dedican al mantenimiento, se tiene:

$$Ahorro = 47,95 \times 600 = 28\,770 \text{ KW Hr}$$

Representando un ahorro económico de, considerando del pliego tarifario S/. 0,2405 por KWHr:

$$Ahorro = 28\,770 \text{ KW Hr} \times 0,2405 \text{ Soles por KWHr} = 6\,919,185 \text{ Soles}$$

Motor de Ventilador de Tiro Forzado de la Caldera N° 05

Para la presente evaluación se tienen los siguientes parámetros:

- Potencia Nominal ó Útil: $P_{nom} = 123,09 \text{ KW (165 HP)}$
- Potencia Absorbida: $P_{abs} = 96,94 \text{ KW}$ (calculado del promedio de los consumos de intensidad de corriente de la Tabla N° 01 para el Motor del Ventilador de Tiro Forzado de la Caldera N° 05 de 172,67 A de consumo promedio y con el factor de potencia actual del promedio del factor de potencia de la Tabla N° 09 de 0,7367, con una tensión de 0,44 KV.)
- Pérdida de potencia: $P_p = 26,15 \text{ KW}$
- Potencia de Motor de alta eficiencia Nuevo: $P_{mn} = 150 \text{ HP (111,9 KW)}$
- Eficiencia motor nuevo: $\% = 95$ (de la Fig. N° 06)

Potencia Absorbida por el motor de alta eficiencia

$$P_{mn} = \frac{96,94}{0,95} = 102,04 \text{ KW}, \text{ se selecciona } 111,9 \text{ KW}$$

Perdida Potencia Motor de Alta Eficiencia

$$Perd(mn) = P_{mn} - P_{abs} = (102,04 - 96,94) \text{ KW} = 6 \text{ KW}$$

Ahorro de Energía

$$Ahorro = P_p - Perd(mn) = (26,15 - 6) \text{ KW} = 20,15 \text{ KW}$$

Considerando un tiempo de trabajo de 25 días de 24 horas del día en el mes, haciendo un total de 600 horas, ya que 05 días los dedican al mantenimiento, se tiene:

$$Ahorro = 20,15 \times 600 = 12\ 090 \text{ KW Hr}$$

Representando un ahorro económico de, considerando del pliego tarifario S/. 0,2405 por KWHr:

$$Ahorro = 12\ 090 \text{ KW Hr} \times 0,1217 \text{ Soles por KWHr} = 2\ 907,645 \text{ Soles}$$

Motor de Ventilador de Tiro Secundario de la Caldera N° 05

Para la presente evaluación se tienen los siguientes parámetros:

- Potencia Nominal ó Útil: $P_{nom} = 85,79 \text{ KW} (115 \text{ HP})$
- Potencia Absorbida: $P_{abs} = 62,21 \text{ KW}$ (calculado del promedio de los consumos de intensidad de corriente de la Tabla N° 01 para el Motor del Ventilador de Tiro Secundario de la Caldera N° 05 de 93 A de consumo promedio y con el factor de potencia actual del promedio del factor de potencia de la Tabla N° 09 de 0,7367, con una tensión de 0,44 KV.)
- Pérdida de potencia: $P_p = 23,58 \text{ KW}$
- Potencia de Motor de alta eficiencia Nuevo: $P_{mn} = 100 \text{ HP} (74,6 \text{ KW})$
- Eficiencia motor nuevo: $\% = 94$ (de la Fig. N° 06)

Potencia Absorbida por el motor de alta eficiencia

$$P_{mn} = \frac{62,21}{0,95} = 65,48 \text{ KW, se selecciona } 74,6 \text{ KW}$$

Perdida Potencia Motor de Alta Eficiencia

$$Perd(mn) = P_{mn} - P_{abs} = (74,6 - 65,48) \text{ KW} = 9,12 \text{ KW}$$

Ahorro de Energía

$$Ahorro = P_p - Perd(mn) = (23,58 - 9,12) \text{ KW} = 14,46 \text{ KW}$$

Considerando un tiempo de trabajo de 25 días de 24 horas del día en el mes, haciendo un total de 600 horas, ya que 05 días los dedican al mantenimiento, se tiene:

$$Ahorro = 14,46 \times 600 = 8\ 676 \text{ KW Hr}$$

Representando un ahorro económico de, considerando del pliego tarifario S/. 0,2405 por KWHr:

$$Ahorro = 8\ 676 \text{ KW Hr} \times 0,2405 \text{ Soles por KWHr} = 2\ 086,578 \text{ Soles}$$

4.3.2. Mejora de aumentar el Factor de Potencia del Banco de Transformadores N° 02 de 0,7367 de promedio a 0,96 de promedio, con la instalación de un Banco de Condensadores.

El Área de Generación de Vapor, tiene un bajo factor de potencia promedio de 0,7367 (dato obtenido de la Tabla N° 09).

Para corregir el factor de potencia del Área de Generación de 0,7367 a 0,96, es necesario instalar bancos de condensadores automáticos.

Para la presente evaluación se tienen los siguientes parámetros:

- Máxima demanda: $P = 317,84 \text{ KW}$ (De la Tabla N° 08)
- Factor de Potencia actual: $\text{Cos}\phi_1 = 0,7367$, siendo $\phi_1 = 42,54^\circ$
- Factor de Potencia Nuevo: $\text{Cos}\phi_2 = 0,96$, siendo $\phi_2 = 16,26^\circ$

Reemplazando dichos valores en la siguiente ecuación se tiene:

$$Q_c = P_{\text{actual}} \times (\text{Tan}\phi_1 - \text{Tan}\phi_2)$$

$$Q_c = 317,84 \times (\text{Tan } 42,54^\circ - \text{Tan } 16,26^\circ)$$

$$Q_c = 198,95 \text{ KVAR}$$

Nota: Normalizado se seleccionará un condensador de 200 KVAR.

Al compensar la energía reactiva, se reduce también las pérdidas de potencia activa (Efecto Joule) en los conductores y transformador.

El Ahorro económico que se obtiene es lo que se deja de pagar por el Concepto de Energía Reactiva al mes viene dado por, a una tarifa del pliego tarifario de S/. 0,0457 por KVAR Hr:

$$\text{Ahorro} = 198,95 \text{ KVAR} \times 600 \text{ Horas} = 119\,370 \text{ KVAR Hr}$$

$$\text{Ahorro} = 119\,370 \text{ KVAR Hr} \times 0,0457 \text{ Soles por KVAR}$$

$$\text{Ahorro} = 5\,455,209 \text{ Soles}$$

En base a este cálculo realizado se ha seleccionado un Banco de Condensadores de compensación automática, la cual será capaz de adecuarse a las variaciones de potencia reactiva de la instalación para tratar de mantener el factor de potencia objetivo de 0,96 de este Proyecto de Tesis, basado para una compensación global del Banco de Transformador N° 02, mediante la compensación de un solo embarrado, para lo cual deberá estar constituido de tres elementos principales:

Regulador

Medirá el factor de potencia de manera constante y brindará las ordenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al factor de potencia deseado conectando los distintos escalones de potencia reactiva

Contactores

Elementos encargados de conectar los distintos condensadores que configuran el Banco de Condensadores quienes brindan la energía reactiva a la instalación, donde generalmente la conexión interna de los mismos está realizada en triángulo. El número de escalones que es posible disponer en un equipo de compensación automático depende de las salidas que tenga el regulador.

Los Elementos Internos

Es necesario la toma de datos de la instalación como la lectura de la intensidad de corriente mediante la instalación de un transformador de corriente que lea el consumo total de dicho Banco de Transformadores N° 02, una lectura de tensión incorporado en el mismo gabinete del Banco de Condensadores, ambas tanto la lectura de tensión como la lectura de intensidad de corriente permitirán que el regulador realice el cálculo del factor de potencia existente en la instalación en todo momento y le capacita para tomar la decisión para introducir o retirar escalones de potencia reactiva y por último es necesaria la alimentación en 230 V para el circuito de mando del Banco de Condensadores

Con lo descrito anteriormente se seleccionará el gabinete del Banco de Condensadores, tomando como referencia el catalogo de Schneider Electric, (Anexo N° 07), el cual para una potencia de 200 KVAR, se tiene la selección del presente Banco de Condensadores, teniendo en cuenta que el $\cos \phi$ medio de la instalación que vamos a compensar es de 0,96 inductivo, y donde el $\cos \phi$ de la misma en ningún momento deberá ser: ni inferior a 0,86 inductivo, ni superior a 0,94 capacitivo.

BANCO AUTOMATICO						
Descripción	KVAR	Tensión	Tamaño gabinete	Pasos electricos	KVARx paso	Referencia con interruptor
Secomat	30	480 V	T2	3	10	S2IP-48-30-C
Secomat	50	480 V	T2	5	10	S2IP-48-50-C
Secomat	70	480 V	T2	7	10	S2IP-48-70-C
Secomat	90	480 V	T3	9	10	S2IP-48-90-C
Secomat	110	480 V	T3	11	10	S2IP-48-110-C
Secomat	130	480 V	T3	13	10	S2IP-48-130-C
Secomat	150	480 V	T3	15	10	S2IP-48-150-C
Secomat	180	480 V	T3	12	15	S2IP-48-180-C
Secomat	210	480 V	A1	14	15	S2IA-48-210-C
Secomat	240	480 V	A1	16	15	S2IA-48-240-C
Secomat	270	480 V	A1	18	15	S2IA-48-270-C
Secomat	300	480 V	A1	20	15	S2IA-48-300-C
Secomat	330	480 V	A1	22	15	S2IA-48-330-C
Secomat	360	480 V	A1	12	30	S2IA-48-360-C
Secomat	390	480 V	A1	13	30	S2IA-48-390-C
Secomat	420	480 V	A2	14	30	S2IA-48-420-C
Secomat	455	480 V	A2	14	32.5	S2IA-48-455-C
Secomat	487	480 V	A2	15	32.5	S2IA-48-487-C
Secomat	520	480 V	A2	16	32.5	S2IA-48-520-C
Secomat	552	480 V	A2	17	32.5	S2IA-48-552-C
Secomat	585	480 V	A2	18	32.5	S2IA-48-585-C
Secomat	617	480 V	A2	19	32.5	S2IA-48-617-C
Secomat	650	480 V	A2	10	65	S2IA-48-650-C
Secomat	715	480 V	A2	11	65	S2IA-48-715-C
Secomat	780	480 V	A2	12	65	S2IA-48-780-C

Notas:

Montaje autos oportado a partir de 210 KVAR en 480 V.

Secomats e compone de 2 secciones a partir de 420 KVAR en 480 V.

Banco de Condensadores Automático de 210 KVAR, 480 Voltios, de 14 pasos eléctricos, de 15 KVAR cada paso.

4.3.3. Mejora de Reducción del Consumo de Energía Eléctrica del Sistema de Iluminación, renovando todas las luminarias y reflectores por equipos Led de avanzada tecnología.

El alumbrado en el Área de Generación de Vapor, posee lámparas fluorescentes convencionales herméticos de 2x40 Watts, 220 V, y reflectores de lámparas de 400 Watts (Tabla N° 11 y N° 12) habiéndose evaluado la necesidad de reemplazar éstos fluorescentes convencionales por fluorescentes tipo led de 2x20 Watts, 220 V, reflejando la mitad de reducción de consumo de energía y cambio de los reflectores convencionales por reflectores led de 200 Watts. En ambos casos se observa un ahorro de energía de casi el 50 % y el grado de iluminación es el mismo.

CANTIDAD DE LUMINARIAS EN EL AREA DE GENERACIÓN				
Nº LAMPARAS	MODELO	LUMENES	EFICIENCIA	POTENCIA (W)

70	TL-S 2x40W/220V	2350	58.75Lm/W	80
TOTAL				5600

CANTIDAD DE REFLECTORES EN EL AREA DE GENERACIÓN				
Nº REFLECTOR	MODELO	LUMENES	EFICIENCIA	POTENCIA (W)
15	400 watts			400
TOTAL				6000

TOTAL 11 600 Watts

Proponiendo el cambio por luminarias y reflectores Led

CANTIDAD DE LUMINARIAS EN EL AREA DE GENERACIÓN				
Nº LAMPARAS	MODELO	LUMENES	EFICIENCIA	POTENCIA (W)
70	TL-S 2x20W/220V			40
TOTAL				2800

CANTIDAD DE REFLECTORES EN EL AREA DE GENERACIÓN				
Nº REFLECTOR	MODELO	LUMENES	EFICIENCIA	POTENCIA (W)
15	200 watts			200
TOTAL				3000

TOTAL 5 800 Watts

El ahorro de energía será:

$$Ahorro = (11\ 600 - 5\ 800) = 5\ 800\ Watts = 5,8\ KW$$

A un costo de S/. 0,2645 por KWHr, con una utilización de 13 horas diarias de 06:00 p.m. a 07:00 a.m., siendo 390 horas al mes, representa un ahorro de:

$$Ahorro = 5,8\ KW \times 390\ Horas = 2\ 262\ KW\ Hr$$

$$Ahorro = 2\ 262\ KW\ Hr \times 0,2645\ Soles\ por\ KW$$

$$Ahorro = 528,3\ Soles$$

Como dato adicional tenemos que resaltar que los costos de cambiar la iluminación tipo convencional a una iluminación tipo Led, representa un alto valor económico, para lo cual se ha realizado el siguiente análisis personalizado, muy aparte del análisis económico

que se ha realizado más adelante como un global de todas las actividades del Proceso de Mejora Continua:

De acuerdo a Catálogos de los Fabricantes (Phillips, 2018), se tiene que, para equipos de iluminación tipo Led, éstos tienen una vida útil de duración de 25 000 hasta 50 000 horas, pero considerando el valor mínimo de 25 000 horas para este caso, esto nos quiere decir que representa aproximadamente a un tiempo estimado de 64,103 meses, que dado en años sería de 5,34 años y como el uso de estos equipos en el Área de Generación de Vapor es de 390 horas al mes, se tiene:

Si consideramos de acuerdo a datos de Internet los siguientes precios por unidad:

- Luminaria Doble Hermética de 2x40 W/220 V, tipo Led S/. 150,00
- Reflector tipo Led de 400 W/220V S/. 1 050,00

Entonces se tiene la siguiente inversión en el cambio de equipos

- Para 70 Luminarias, Costo = 70 x S/. 150,00 = S/. 10 500,00
 - Para 15 Reflectores, Costo = 15 x S/. 1050,00 = S/. 15 750,00
- Total, S/. 26 250,00**

Teniendo un ahorro económico de S/. 528,30 soles al mes por los 2 262 KW Hr de reducción de energía, se tiene para un año S/. 6 336,36 soles y considerando para un tiempo estimado de 05 años, se tiene un ahorro económico de **S/. 31 681,8 soles.**

Por lo tanto, se justifica que el cambio de iluminación del tipo convencional a iluminación tipo Led, es rentable ya que lo que se logra ahorrar en consumo de energía eléctrica en economía es superior a lo que representa la inversión inicial en adquirir dichos equipos de iluminación tipo Led.

$$S/. 31 681, 80 > S/. 26 250, 00, \text{Cumple}$$

4.3.4. Mejora por Mantenimiento de Instalaciones Eléctricas

Esta referido a las pérdidas porcentuales de 1 al 2% de consumo eléctrico total.

“Usualmente, el nivel de las pérdidas de energía en transmisión debería estar en el rango de 1 a 2 %, y las pérdidas en el segmento de distribución deberían variar entre 5 a 6%. En total, las pérdidas en un sistema eficiente de suministro de energía no deberían sobrepasar el 8% de la energía producida” (Rafael Gracia Navarro, Eficiencia en Redes Eléctricas: Niveles de pérdidas y reducción energética, Cap. 10, p. 222).

El mantenimiento debe estar referido a:

a) Transformador

Es conveniente verificar los niveles de lubricación a modo de aceite y realizar mantenimiento preventivo como limpieza, y evitar corto circuitos.

b) Tableros

En ellos están situados componentes como llaves que son para equipos eléctricos y luminarias. Se tiene que plantear medidas de seguridad en las instalaciones y mantenimiento.

c) Aislamiento

Se detectan fugas en pozo a tierra.

En base al consumo promedio que es de 269,295 KW (dato promedio de la Tabla N° 08), y para un mes de operaciones de 25 días de 24 horas continuas, el cual representa 600 horas, se tiene 161 577 KWHr por mes, a la tarifa vigente de acuerdo al pliego tarifario de 0,2405 Soles por KWHr, y considerando un ahorro del 1% del total de consumo eléctrico, se tiene:

$$\text{Ahorro Eléctrico} = 1\% \times 161\,577 \text{ KWHr} = 1\,615,77 \text{ KW Hr}$$

$$\text{Ahorro Económico} = 1\,615,77 \text{ KW Hr} \times 0,2645 \text{ Soles por KW}$$

$$\text{Ahorro} = 427,371 \text{ Soles}$$

4.3.5. Resumen de los Ahorros de Energía Eléctrica

Por aplicación de procesos de mejoras continuas del sistema eléctrico en el área de Generación de Vapor de la Planta Industrial Pucala. (ver Tabla N° 09).

Tabla N° 13: Resumen de los Ahorros en consumo eléctrico y económicos

Análisis de Ahorros de Energía Eléctrica		
Oportunidades de Mejora Continua del Sistema Eléctrico	Ahorros Mensuales	
	(KW-Hr)	(S/.)
Empleo de Motores de Alta Eficiencia	49 536,00	11 913,41
Compensación de Energía Reactiva	5 455,209
Sistema de Iluminación Eficiente	2 262	528,3
Mantenimiento de Instalaciones Eléctricas	1 615,77	427,37
TOTAL	53 413,77	18 324,29

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.6. Mejora en el Sistema de Gestión Eléctrica del Área de Generación de Vapor

Para esta mejora se verá en las mejoras en gestión industrial eléctrica, también de manera técnica y de manera administrativa. El comportamiento humano también se debió orientar al cuidado.

Tabla N° 14: Programas de Gestión de Energía Eléctrica

Gestión Energética Empresarial	Programas
---------------------------------------	------------------

Comportamiento Humano	Uso racional y eficiente de la energía eléctrica
Medidas Técnicas	Reducción del consumo de energía eléctrica
Medidas Administrativas	Administración de los recursos del sistema eléctrico

Fuente: Elaboración Propia

Uso racional y eficiente de la energía

Se logró desarrollar capacitaciones de nivel industrial para manejar algún problema y solucionarlo siempre para mejorar un recurso eléctrico.

Reducción del consumo de energía eléctrica

Tiene la finalidad de reducir el consumo de energía de nivel eléctrico.

Administración de los Recursos del Sistema Eléctrico

Para llevar a cabo esta Administración de los Recursos del Sistema Eléctrico de manera eficiente en el Área de Generación de Vapor, se recomendó crear una organización de seguridad.

Los miembros de este grupo analizarán los retos actuales y futuros para implementar los Procesos de Mejoras Continuas planteadas y sus beneficios económicos que representarán, poniendo sobre la mesa la problemática a la que han de hacer frente y aportando soluciones viables.

Su misión fundamental será el de ejecutar los procesos de mejora continúa planteadas, que incluya:

- Programas de formación y concientización al personal.
- Programas de ahorro de energía eléctrica a corto, mediano y largo plazo.
- Establecimiento de valores objetivos de consumo eléctrico en cada parte de los

procesos de mejoras continuas.

Sus respectivas funciones serán:

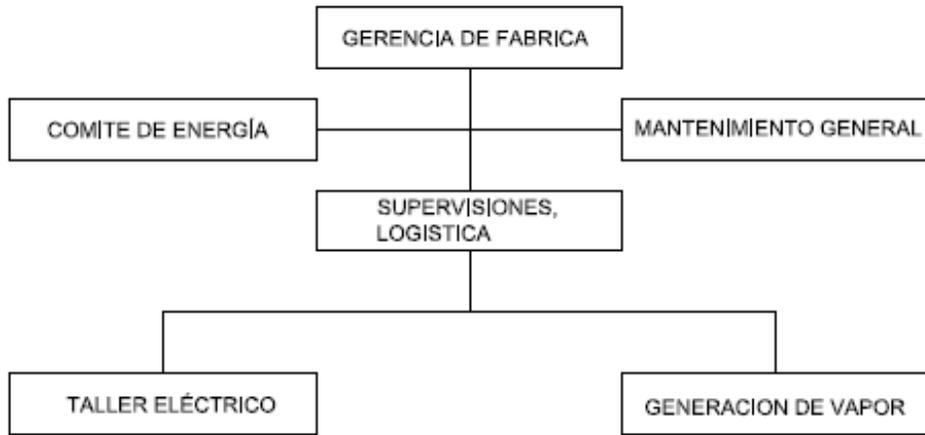
- Asesoramiento a la dirección en temas energéticos eléctricos
- Establecer una contabilidad de consumo de energía eléctrica
- Establecer un sistema de auditorías eléctricas
- Participar en estudios y proyectos eléctricos
- Promoción de nuevas técnicas de gestión de reducción de consumos eléctricos.
- Seguimiento y monitoreo de ejecución de los proyectos de reducción de los consumos eléctricos.
- Establecimiento de manuales de operación de equipos eléctricos.
- Intensificación del mantenimiento a las instalaciones eléctricas y equipos eléctricos
- Preparar campañas de concientización al personal involucrado
- Relacionarse con organismos oficiales del sector eléctrico.

Sus respectivas atribuciones serán:

- Podrá solicitar datos relacionados con los consumos de energía eléctrica que necesite a los encargados del Área.
- Podrá ordenar la realización de mediciones, toma de datos y análisis de los mismos.
- Tendrá personal colaborador a sus órdenes directas.
- Contará con el presupuesto adecuado para la implementación de las mejoras continuas.

Como idea general, el Comité de Energía podrá estar formado por al menos un representante de cada una de las siguientes áreas involucradas, Gerencia de Fábrica, Área de Taller Eléctrico, Área de Generación de Vapor, Logística, Mantenimiento General y un representante de la Gerencia General o Gerencia Administrativa que sería el Coordinador del Comité de Energía ó Presidente de dicho Comité (ver Figura N° 10).

Fig. N° 12: Propuesta de Organigrama del Comité de Energía.



Fuente: Elaboración Propia

4.3.7. Evaluación Económica de la Propuesta de Proceso de Mejora Continua de Ahorro de Energía Eléctrica en el Área de Generación de Vapor

Para poder implementar todos estos procesos de mejora continua para una reducción de gastos eléctricos en el aspecto económico, teniendo que ser rentable para que la Alta Administración de la Empresa decida ejecutarlo.

Los resultados que se obtienen al actualizar los valores del Flujo Económico, mediante el uso de las tasas de descuento, generalmente se concentran en tres tipos de indicadores: Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno y el Tiempo de Recuperación de la Inversión ó Pay Back.

Teniendo en cuenta los costos actuales de lo que se está planteando, se determina la inversión necesaria para la implementación de las Mejoras Continuas; dicha inversión se cuantifica sobre la base de presupuestos facilitados por distintos fabricantes.

Inversiones Requeridas

• Asesoría en Ingeniería y Capacitación	S/.	2 000,00
• Adquisición, instalación y puesta en marcha de Banco de Condensadores para compensar la Energía Reactiva	S/.	16 750,00
• Mejoramiento del Mantenimiento de Equipos Eléctricos (Adquisición de instrumentos y otros)	S/.	15 000,00
• Renovación del Sistema de Iluminación	S/.	26 250,00
• Adquisición de motores de alta eficiencia	S/.	265 000,00
Total,	S/.	325 000.00

Ingresos Económicos por Reducción de Energía

Para un mes:

• Ingreso por Empleo de Motores de Alta Eficiencia	S/.	11 913,41
• Ingreso por uso de un Banco de Condensadores para compensar la Energía Reactiva	S/.	5 455,21
• Ingreso por mejora del Mantenimiento de Equipos Eléctricos	S/.	528,30
• Ingreso por renovación del Sistema de Iluminación	S/.	427,37
Total,	S/.	18 324,29

Se hace indicar que la Planta Industrial solo opera 11 meses al año, que incluye al Área de Generación de Vapor, ya que un mes completo se le dedica a un mantenimiento general de la Planta, por lo que para un año se tendría los siguientes ingresos económicos:

$$\text{Ingreso anual (S/.)} = 18\,324,29 \times 11 = 201\,567,19 \text{ Soles}$$

Cronograma del Pago de Intereses

Se gestionará un crédito ascendente a S/. 325 000,00 (100 % del total de la inversión), y dicho crédito se someterá a las siguientes condiciones.

Se cancelará en 10 años incluyendo un período de gracia de 02 años (solo se cancelará intereses), en 10 cuotas anuales y a la tasa de interés anual promedio de 12,00 %, entonces las cuotas serán fijas.

Modalidad Cuota Fija, Crédito canalizado por la Banca Privada

- Monto : S/. 325 000,00
- Período : 10 años (02 años de gracia)
- Interés Anual: 12,00 %

Aplicando la fórmula dada para una cuota fija, expresada de la siguiente manera:

$$C.F. = \frac{M.C. \times i}{1 - \frac{1}{(1+i)^t}}$$

Dónde:

C.F.: Cuota Fija

M.C.: Monto del Crédito

i: intereses

t: tiempo para cancelar

Reemplazando valores, se tiene:

$$C.F. = \frac{S/. 325\ 000,00 \times 12,00\ \%}{1 - \frac{1}{(1 + 12,00\ \%)^8}}$$

$$C.F. = S/. 57\ 519,853$$

Calculando el cronograma de pago de inversiones y expresados en el cuadro siguiente, se tiene:

Tabla N° 15: Cronograma de Pago de Inversiones anual

Años	Intereses	Principal	Cuota	Saldos
1	39000		39000	325000
2	39000		39000	325000
3	39000	18519,85	57519,85	306480,15
4	36777,62	20742,24	57519,85	285737,91
5	34288,55	23231,30	57519,85	262506,61
6	31500,79	26019,06	57519,85	236487,55
7	28378,51	29141,35	57519,85	207346,20
8	24881,54	32638,31	57519,85	174707,89
9	20964,95	36554,91	57519,85	138152,98
10	16578,36	40941,50	57519,85	97211,49
Totales	310370,31	325000	635370,31	

Fuente: Elaboración Propia

Estructura de Costos y Gastos del Proyecto

Se mostrará un cuadro detallando todos los egresos que representa los gastos generales del Proyecto, que incluyen los los gastos que representa el mantenimiento de los equipos nuevos adquiridos, asimismo los gastos operativos y administrativos, y sumado a ello los desembolsos para la cancelación del Crédito Bancario adquirido de manera anual.

Tabla N° 16: Cronograma de Costos y Gastos del Proyecto

ESTRUCTURA DE COSTOS Y GASTOS DEL PROYECTO (S/.)

RUBROS	AÑOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. COSTOS DE PRODUCCIÓN										
Mantenimiento	0	0	524,19004	524,19004	524,19004	524,19004	524,19004	524,19004	524,19004	524,19004
SUB - TOTAL	0	0	524,19004							
2. GASTOS OPER. Y ADMINIST.										
Gastos Operativos Generales	0	0	1310,4751	1310,4751	1310,4751	1310,4751	1310,4751	1310,4751	1310,4751	1310,4751
SUB - TOTAL	0	0	1310,4751							
3. GASTOS FINANCIEROS										
Crédito (Intereses)	39000	39000	39000	36777,618	34288,549	31500,793	28378,506	24881,544	20964,947	16578,358
Crédito (Cuotas)	0	0	18519,853	20742,236	23231,304	26019,061	29141,348	32638,31	36554,907	40941,495
SUB - TOTAL	39000	39000	57519,853							
TOTAL	39000	39000	59354,518							

Fuente: Elaboración Propia

Cronograma de Ingresos por Reducción del Consumo de Energía Eléctrica

Se mostrará un cuadro detallando todos los ingresos totales que representa los ahorros por la reducción de los consumos de energía eléctrica.

Tabla N° 17: Cronograma de Ingresos Económicos del Proyecto

Cronograma de Ingresos

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Ingreso por Empleo de Motores de Alta Eficiencia</i>	0	0	131047,5	131047,5	131047,5	131047,5	131047,5	131047,5	131047,5	131047,5
<i>Ingreso por uso de un Banco de Condensadores para compensar la Energía Reactiva</i>	0	0	60007,31	60007,31	60007,31	60007,31	60007,31	60007,31	60007,31	60007,31
<i>Ingreso por mejora del Mantenimiento de Equipos Eléctricos</i>	0	0	5811,3	5811,3	5811,3	5811,3	5811,3	5811,3	5811,3	5811,3
<i>Ingreso por renovación del Sistema de Iluminación</i>	0	0	4701,1	4701,1	4701,1	4701,1	4701,1	4701,1	4701,1	4701,1
<i>Ingreso Total (S/.)</i>	0	0	201567,2	201567,2	201567,2	201567,2	201567,2	201567,2	201567,2	201567,2

Fuente: Elaboración Propia

Flujo de Caja del Proyecto

Es un elemento basado de modo de administración.

Para lo cual se ha tomado los ingresos totales por reducción de consumo de energía eléctrica, y como egresos los costos de mantenimiento (Costos Fijos) y los costos de operación (Costos Variables), sumado a los desembolsos realizados por el pago del crédito bancario con sus respectivos intereses, recibido para la ejecución del proyecto, incluyendo el pago del impuesto a la renta, que para el año 2 019 fue estipulado en 29,5 %.

Tabla N° 18: Flujo de Caja del Proyecto

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO

RUBROS	AÑOS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I) INGRESOS	0	0	201567,19	201567,19	201567,19	201567,19	201567,19	201567,19	201567,19	201567,19	201567,19
Reducción de Energía Eléctrica	0	0	201567,19	201567,19	201567,19	201567,19	201567,19	201567,19	201567,19	201567,19	201567,19
II) EGRESOS	0	0	1834,66514	1834,66514	1834,66514	1834,66514	1834,66514	1834,66514	1834,66514	1834,66514	1834,66514
Mantenimiento	0	0	524,19004	524,19004	524,19004	524,19004	524,19004	524,19004	524,19004	524,19004	524,19004
Gastos Operativos	0	0	1310,4751	1310,4751	1310,4751	1310,4751	1310,4751	1310,4751	1310,4751	1310,4751	1310,4751
III) SALDO	0	0	199732,525	199732,525	199732,525	199732,525	199732,525	199732,525	199732,525	199732,525	199732,525
IV) SERVICIO DE DEUDA	39000	39000	57519,8534	57519,8534	57519,8534	57519,8534	57519,8534	57519,8534	57519,8534	57519,8534	57519,8534
Crédito (Intereses)	39000	39000	39000	36777,6176	34288,5493	31500,7928	28378,5056	24881,5438	20964,9467	16578,3579	
Crédito (Cuotas)	0	0	18519,8534	20742,2358	23231,304	26019,0605	29141,3478	32638,3095	36554,9067	40941,4955	
V) CAJA RESTANTE	-39000	-39000	142212,672	142212,672	142212,672	142212,672	142212,672	142212,672	142212,672	142212,672	142212,672
Impuesto a la Renta	0	0	41952,7381	41952,7381	41952,7381	41952,7381	41952,7381	41952,7381	41952,7381	41952,7381	41952,7381
VII) CAJA FINAL	-39000	-39000	100259,933								

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del Van y del Tir del Proyecto

Es punto de nivel finanzas que está dirigido a ver el capital de un empresa o proyecto.

Para este Proyecto se aplicará para calcular el VAN, la ecuación que se detalla:

$$VAN = Inv + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$$

Dónde:

F_j = Flujo neto en el período, de manera anual

Inv = Inversión en el período 0 = S/. 325 000

i = Tasa de descuento del Inversionista = 12,00 %

n = Horizonte de evaluación = 10 años

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es la tasa de interés o rentabilidad.

Para este Proyecto se aplicará para calcular el TIR, la ecuación:

$$0 = \sum_{j=0}^n \frac{F_j}{(1+TIR)^j}$$

Dónde:

F_j = Flujo en el período j = S/. 100 259,93

n = Horizonte de evaluación = 10 años

TIR = Tasa interna de retorno

Tabla N° 19: Cálculo del VAN y del TIR del Proyecto

ESTRUCTURA DEL CALCULO DEL VAN Y DEL TIR DEL PROYECTO

Años (t)	Ingreso	Egreso	Flujo Caja (Fc)	$(1 + i)^t$	$\frac{Fc}{(1 + i)^t}$
	325000		-325000		
1	0	0	-39000	1,12	-34821,42857
2	0	0	-39000	1,2544	-31090,56122
3	201567,19	1834,66514	100259,9334	1,404928	71363,04025
4	201567,19	1834,66514	100259,9334	1,57351936	63717,00022
5	201567,19	1834,66514	100259,9334	1,762341683	56890,17877
6	201567,19	1834,66514	100259,9334	1,973822685	50794,80247
7	201567,19	1834,66514	100259,9334	2,210681407	45352,50221
8	201567,19	1834,66514	100259,9334	2,475963176	40493,30554
9	201567,19	1834,66514	100259,9334	2,773078757	36154,73709
10	201567,19	1834,66514	100259,9334	3,105848208	32281,01526

331134,592

INVERSION	325000	S/.
Tasa de interés	12,00%	(i)
Período	10	años

VAN	6134,59
TIR	12%

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del Período de Retorno de la Inversión ó Pay Back

Es un criterio sobre la base de evaluación de es nada mas de ver en que lapso se recupera el dinero de inversión.

Representa el período a partir del cual se empieza a ganar dinero, o el período hasta el cual cubra el monto total de la inversión realizada.

Para determinar el Pay Back se utilizará la ecuación siguiente, con los parámetros siguientes:

- Inversión = S/. 325 000,00
- Ahorro Económico o Ingresos = S/. 100 259,933

$$\text{Pay Back} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro anual}} \text{ (años)}$$

$$\text{Pay Back} = \frac{\text{S/.} 325\ 000,00}{\text{S/.} 100\ 259,933}$$

$$\text{Pay Back} = 3,2416 \text{ años}$$

$$\text{Pay Back} = 3 \text{ años con 2 meses y 27 días}$$

V. DISCUSIÓN

El Área de Generación de Vapor de la Planta Industrial debe perseguir siempre un mejoramiento continuo en el manejo sostenible del consumo de energía eléctrica. En particular, hacer uso de la energía eléctrica lo más racionalmente posible, con la finalidad de reutilizar dicha energía en otros rubros que necesite la Planta Industrial.

Para el buen desempeño de la gestión del ahorro de consumo eléctrico, los procesos de mejora continua se trataron de basarlos de acuerdo a un conjunto de medidas técnicas y administrativas, donde también se contemplan aspectos relativos al comportamiento humano, inversiones económicas que se deberán realizar, orientados al uso eficiente de la energía eléctrica y por lo tanto a la eficiencia de los costos por las aplicaciones de estos conceptos.

De acuerdo a la metodología utilizada y comparado con la problemática previamente planteada sobre la posibilidad de reducir el consumo de energía eléctrica aplicando un proceso de mejora continua, se logró durante el desarrollo del proyecto los resultados de ahorro de energía eléctrica proyectados en un valor mensual de 53 413,77 KW Hr/mes, representando en economía un valor de S/. 18 324,29 soles mensuales.

Desmenuzando de manera sintetizada se puede observar que, renovando los principales motores convencionales de mayor potencia por motores de alta eficiencia en el Área de Generación de Vapor, se logra significativamente ahorros principales de energía en el orden de los 49 536 KW Hr representando una economía S/. 11 913,41 Soles mensuales.

Asimismo, se evaluó la problemática de la potencia reactiva consumida que representaba el 67,112 %, superior al 30 % de la potencia aparente del Banco de Transformadores N° 02, lo cual reflejaba en un bajo factor de potencia que de acuerdo a la Tabla N° 09 representaba un valor de 0,7367 y con la implementación de un Banco de Condensadores de 200 KVAR se pudo incrementar dicho factor de potencia a 0,96, representando un ahorro económico mensual de S/. 5 455,209 Soles.

Las corrientes de armónicos son otros elementos que contribuyen a factores de potencia bajos. Se tratan de corrientes que se reflejan en el sistema y están presentes en la corriente de carga, pero no en la tensión. Las corrientes de armónicos no contribuyen en nada al sistema de alimentación, pero puede disminuir el factor de potencia; las únicas cargas que no introducen corrientes de armónicos son puramente cargas lineales.

Con relación a los armónicos tanto en intensidad de corriente como de voltaje se encuentran por debajo de los valores estándar o críticos, los cuales para armónicos en voltaje se encuentra por debajo del 8% que es el valor máximo y en armónicos en corriente están por debajo del 30 % (esto en función de la carga), como se aprecia en la Tabla N° 06 y N° 07, por lo que no será objeto de análisis en este Trabajo de Investigación

Siendo quizás las cifras menos significativas, pero no dejando de ser tan importante como la iluminación y el mantenimiento de los equipos eléctricos en las zonas de trabajo del Área de Generación de Vapor, permiten y aseguran un buen funcionamiento de los equipos, la reducción de las pérdidas de energía eléctrica y por consiguiente ahorros de energía que suman para justificar el proceso de la ejecución de las mejoras continuas planteadas.

En el cambio ó renovación del Sistema de Iluminación convencional por sistema de Iluminación Led, se logró mensualmente una reducción de energía eléctrica de 2 262 KW Hr, con un ahorro económico de S/. 528,30 Soles, a pesar que cambiar dicho sistema de iluminación puede ser una inversión económica fuerte, consideramos que el ahorro generado y con una buena planeación en un estimado de 05 años el gasto inicial será solventado tal como se demostró de manera específica solamente para este rubro.

Con relación a la mejora de mantenimiento de los equipos eléctricos (Transformadores, cables eléctricos, contactos eléctricos, tableros, etc) el cual es enfocado a reducir las pérdidas de energía eléctrica sea por efecto Joule, por corrientes de Foucault, por Histeresis o por flujo de dispersión en los transformadores, se ha considerado como perdidas o reducción del consumo de energía eléctrica en un 1 %, se demostró una

reducción mensual de 1615 KW Hr, siendo un ahorro económico por mes de S/. 427,37 Soles.

Junto con todo lo indicado se debe desarrollar en paralelo y considerado como parte del procesos de mejora continua, estrategias de capacitación y sensibilización a las personas ligadas directa o indirectamente al problema del manejo inadecuado de los recursos eléctricos, enfocados al uso eficiente y racional de energía, con la formación de un Comité de Energía que permita el estudio, evaluación e implementación del proyecto de mejora continua en la reducción del consumo de energía eléctrica del Área de Generación de Vapor.

Realizando la evaluación económica del Proyecto se pudo demostrar que es rentable con un período de recuperación ó Pay Back de 3 años, 2 meses y 27 días, para una inversión inicial de S/. 325 000,00 soles, a una tasa de interés del 12 %, y un tiempo de 10 años de crédito que incluye dos años de gracia solo para pagar intereses, se ha tenido como resultado un VAN económico positivo de S/. 6 134,59 y una tasa interna de retorno del 12 %.

La fortaleza para los buenos resultados en la ejecución de este Proyecto se centrará en el esfuerzo de los ámbitos organizativos con objetivos y procedimientos puntuales para conseguir las mejoras en un corto, mediano y a largo plazo con resultados visibles, incrementando la productividad y dirigiendo al Área de Generación de Vapor hacia la competitividad dentro de la Planta Industrial, lo cual es de vital importancia como modelo para las demás Áreas productivas de la empresa, contribuyendo a la adaptación de los procesos a los avances tecnológicos.

Las debilidades que podrían no permitir la ejecución de este Proyecto es no perder la perspectiva de la interdependencia del Área de Generación de Vapor que existe con los demás Área de la Planta Industrial, debido a que el mejoramiento se está concentrando

en un área específica de la Empresa, haciendo inversiones importantes, requiriendo de cambios y/o formación de grupos de trabajo en las Áreas involucradas, ya que para obtener el éxito es necesario la participación de todos los integrantes de las Áreas responsables y a todo nivel, Teniendo la paciencia necesaria los Gerentes de Línea ya que el Proceso de Mejoramiento Continuo se hace un proceso muy largo.

Por lo tanto, se puede observar que los resultados obtenidos (Verificar) demuestran la reducción de los consumos de energía eléctrica en los principales equipos eléctricos del Área de Generación de Vapor, brindándonos valores realmente rentables y atractivos para su implementación respectiva. Quedando en la Alta Dirección de la Empresa la toma de decisiones para la realización de estos cambios (Actuar) y realizar la estandarización de dichos cambios, formando el Comité de Energía que vigile el proceso y reinicien el ciclo del Proceso de Mejora continúa basado en el PHVA (Actuar, Planificar, Hacer y Verificar).

VI. CONCLUSIONES

- El diagnóstico de consumo de energía eléctrica como parte del primer objetivo, nos permitió identificar la necesidad de reducir el consumo de energía eléctrica en el Área de Generación de Vapor, encontrando puntos críticos o problemáticas relacionadas a uso de motores de eficiencia estándar, las cuales están sobredimensionadas. Asimismo, el alto consumo de energía reactiva en el Banco de Transformadores N° 02 dando como consecuencia un bajo factor de potencia, sumado al uso de sistemas de iluminación convencionales junto con la importancia de fortalecer o mejorar el mantenimiento de dichos equipos eléctricos y complementado con la reorganización del Sistema de Gestión Administrativo de Energía Eléctrica.
- Se logró realizar los planteamientos o estrategias para un Proceso de Mejora Continua, que permitan la reducción de los consumos de energía eléctrica, las mejoras identificadas, fueron el empleo de motores de alta eficiencia, compensación de la energía reactiva con un Banco de Condensadores, un Sistema de Iluminación tipo Led, los cuales son más eficientes, mejoramiento del mantenimiento de los equipos eléctricos y la formación de un Comité de Energía que en coordinación con las Áreas involucradas establezcan el punto de partida de análisis, evaluación y ejecución de las propuestas de Proceso de Mejora continua, que producirán un Ahorro de Energía mensual que luego se representara anualmente.
- Se determinó analíticamente tanto técnicamente como económicamente que las mejoras continuas planteadas eran rentables, mostrándonos que aplicando lo planificado con veracidad, existe la posibilidad de la mejora en el consumo de energía eléctrica de sus sistemas eléctricos del Área de Generación de Vapor en el corto, mediano y largo plazo, logrando ahorros de energía eléctrica de 587,551 GWhr anual, con un Pay Back o recuperación de la inversión de S/. 325 000 Soles de 03 años con 02 meses y 27 días, con VAN económico positivo de S/. 6134,59 y un TIR de 12 %.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer comprender a los trabajadores de esta empresa a través de capacitaciones puntuales de reducción de consumo de energía a modo de auditorías.

- Del mismo modo se recomienda implementar procesos de mejora continua que ayude a mejorar el rendimiento de consumo de energía eléctrica, se debe comenzar considerando las medidas más simples, las que demanden baja inversión y a corto plazo como las capacitaciones a las Áreas involucradas en el uso eficiente y ahorro de energía, asesoría en Ingeniería de Gestión de sistemas Eléctricos, monitoreo de los consumos de energía eléctrica, etc.
- Se recomienda realizar entrevistas de trabajo exhaustivas para obtener trabajadores muy comprometidos con las labores de auditoría energética.
- Las acciones de propuestas de mejora continua para mejorar la eficiencia en el consumo eléctrico y las nuevas tecnologías se deben implementar con la debida orientación y capacitación de los usuarios por profesionales especialistas en el tema.
- Se recomienda disponer de procedimientos actualizados para concientización de reducción de consumo eléctrico.

REFERENCIAS

- SCHNEIDER ELECTRIC. Energy Efficiency Solutions Manual. Schneider electric.com.ar. [En línea] [15 de Octubre de 2016.] http://www.schneiderelectric.com.ar/documents/solutions/catalogo_soluciones.pdf.
- AGENCIA ANDALUCIA DE LA ENERGIA. Metodología para la Elaboración de Auditorías Energéticas en la Industria, Servigraf Artes Gráficas [s.n.], 2014. [100]. Pp.
- CARRETERO, Antonio y GARCIA, Juan. Gestión de la Eficiencia Energética: Cálculo del Consumo, Indicadores y Mejora. Madrid, ES: AENOR, 2015. 232 pp. ISBN: 9788481438871.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético Agroindustria, Lima, 2016. 82 pp.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Plan Energético Nacional 2014- 2025. 36 pp.
- CASTILLO, Araceli. Análisis de Consumo Energético propuesta para Plan de Eficiencia Energética en Agroindustrial Siracuta S.A. Tesis (Escuela de Ingeniería Civil Industrial), Curico: Universidad de Talca, 2014, 162 pp.
- VINTIMILLA, Elizabeth y PALADINES, Paul. Electrical Audit to the Cartpel National Cardboard Factory. Thesis (Electrical Engineer) Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2014. 189 pp.
- RODRÍGUEZ, Paredes, Propuesta de Auditoria Energética para reducir el Consumo de Energía Eléctrica, Empresa Agribands Purina, Pimentel, Universidad Cesar Vallejo – Lima – Perú, 2016.
- TALLA, Eliza. Ahorro de Energía Eléctrica en una Industria Cervecera como Estrategia de Excelencia Operativa. Tesis (Ingeniero Industrial) Lima: Universidad Mayor de San Marcos, 2015, 101 pp.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Guía Didáctica para el Desarrollo de Auditorías Energéticas, Primera Edición, Colombia, 2007. 50 pp. ISBN: 97895898138
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Guía de Orientación para la Selección de la Tarifa Eléctrica para Usuarios en Media Tensión, 2011. 40 pp.

- SERRA, Jordi. Electric Energy Efficiency Technique. [En línea] [15 de agosto de 2016] Setiembre de 2009. Disponible en: http://circuitor.com/docs/GUIA_EEE_SP-LR.pdf
- OPTIMAGRID. Good Practices for Energy Saving in the Company. 2011. 43 pp.
- JARAMILLO, Herbert. Gestión Energética en la Industria. [en línea]. [s.] Red Estudio Gerenciales, 2006 [15 de agosto de 2016] .Capitulo. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/bibsipansp/detail.action?docID=10106523&p00=gesti%C3%B3n+energ%C3%A9tica+industria>.
- PEROLINE, Claudio. Introduction to Electrical Circuits, Editorial Hispano Americana HASA, 2009. 259 pp. ISBN: 9789505282746.
- Sabana Norte, San José, Costa Rica, 2014 ,Ahorro en la industria, http://www.grupoice.com/wps/portal/gice/elect_hub/Ahorro%20de%20Electricidad/
- Jorge Velásquez , Tendencias Globales Del Consumo De Energía Y Sus Implicaciones Sobre Las Emisiones De Gases De Efecto Invernadero - <http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Consumoenergia.htm>
- SERNA G. Humberto. (1996). Planeación y gestión estratégica. Edit. Grau. Bogotá – Colombia
- LOPEZ López, GERMANICO Adán. Energy audit of the administrative and teaching buildings of the Faculty of Civil and Mechanical Engineering of the Technical University of Ambato, to reduce the consumption of electric energy. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/12380>
- Organización Internacional para la Estandarización. 2008. ISO/TC 176/SC 2/N544R3 Guidance on the concept and use of the process approach for management systems. Disponible en: http://www.iso.org/iso/04_concept_and_use_of_the_process_approach_for_management_systems.pdf
- Aguilar Morales, J. E. (2010). La Mejora Continua. Oaxaca, México: Editorial Limusa. https://www.usmp.edu.pe/PFII/pdf/20132_2.pdf

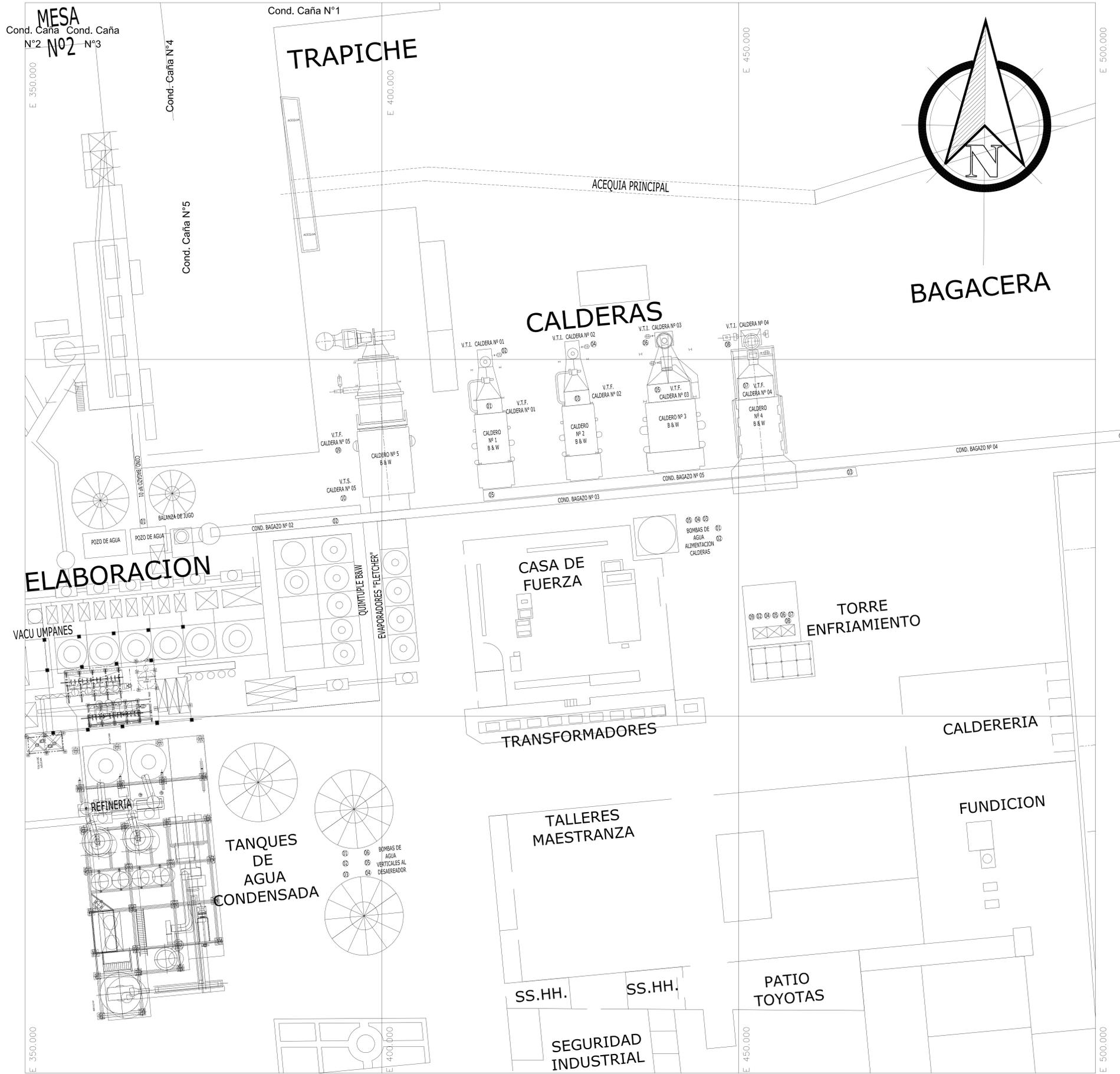
- López, I., 2007. Evaluación y Mejora continua, Conceptos y Herramientas para la medición y mejora del desempeño. Impreso en los Estados Unidos.
- Manuel Francisco, S. B. (2007). El KAIZEN:La Filosofía de la Mejora Continua e Innovación Incremental detrás de la Administración por Calidad Total. En S. B. Manuel Francisco, El KAIZEN:La Filosofía de la Mejora Continua e Innovación Incremental detrás de la Administración por Calidad Total (págs. 91-92). México: Panorama Editorial.
- Harrington, H, J. 1991. Business process improvement. The breakthrough strategy for total quality productivity and competitiveness. New York: McGraw-Hill.
- GRYBOWSKA, K y GAJDZIK, B (2012) Optimization of equipment setup processes in enterprises (Consulta 10 de noviembre de 2015) <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=67&sid=3d953c1f-5077-48b0-b666-c78b8a9a47a0%40sessionmgr4002&hid=4114&bdata=Jmxhbmc9ZXM%3d#AN=82284382&db=a9h>
- Membrado, J. (2007). Metodologías Avanzadas para la planificación y mejora. Madrid: Díaz de Santos.

ANEXOS

1. PLANO DE DISTRIBUCION DE MOTORES Y EQUIPOS ELECTRICOS EN EL AREA DE GENERACION DE VAPOR.
2. PLANO DE DISTRIBUCION DE LOS BANCOS DE TRANSFORMADORES EN LA CASA DE FUERZA.
3. PLANO DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA DE TODA LA PLANTA INDUSTRIAL
4. CATALOGO DEL ANALIZADOR DE REDES DE MARCA METREL
5. CUADROS DE VARIABLES DE OPERACIONALIZACION
6. FIGURAS DE LAS HOJAS DE CONTROL DE AMPERAJE DE CONSUMO DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS DEL ÁREA DE GENERACION DE VAPOR.

ANEXO N° 01

PLANO DE DISTRIBUCION DE MOTORES Y EQUIPOS ELECTRICOS EN
EL AREA DE GENERACION DE VAPOR.



ITEM	CANT.	DESCRIPCION	UNIDAD	MATERIAL
<input type="checkbox"/>		PRELIMINAR		
<input checked="" type="checkbox"/>		PROYECTO		
<input type="checkbox"/>		ESTUDIO		
<input type="checkbox"/>		ANEXO		

FECHA: 11/10/2014	DISEÑO: Ing. A. Ortega S.	REVISOR: Ing. A. Ortega A.	PROYECTO: SI-1955
ESCALA: 1:750	UNIDAD: m. n.	PROYECTO: SI-1955	REVISOR: Rev. 0

EMPRESA INDUSTRIAL LUCALA S.A.C.
 CHICLAYO - PERU
 AREA: FABRICA
 SECCION: CALDERAS
 UBICACION: MOTORES
 ZONA INDUSTRIAL
 LAYOUT SECCION CALDERAS
 A. D. V. E. S. T. E. N. C. I. A.
 ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE LA EMPRESA INDUSTRIAL LUCALA S.A.C. SI REPRODUCCION, IMPRESION, COMERCIALIZACION O USO DE CUALQUIER TIPO - SIN UNA AUTORIZACION ESCRITA DE SUS PROPIETARIOS - ESTA PENADA POR LA LEY -

ANEXO N° 02

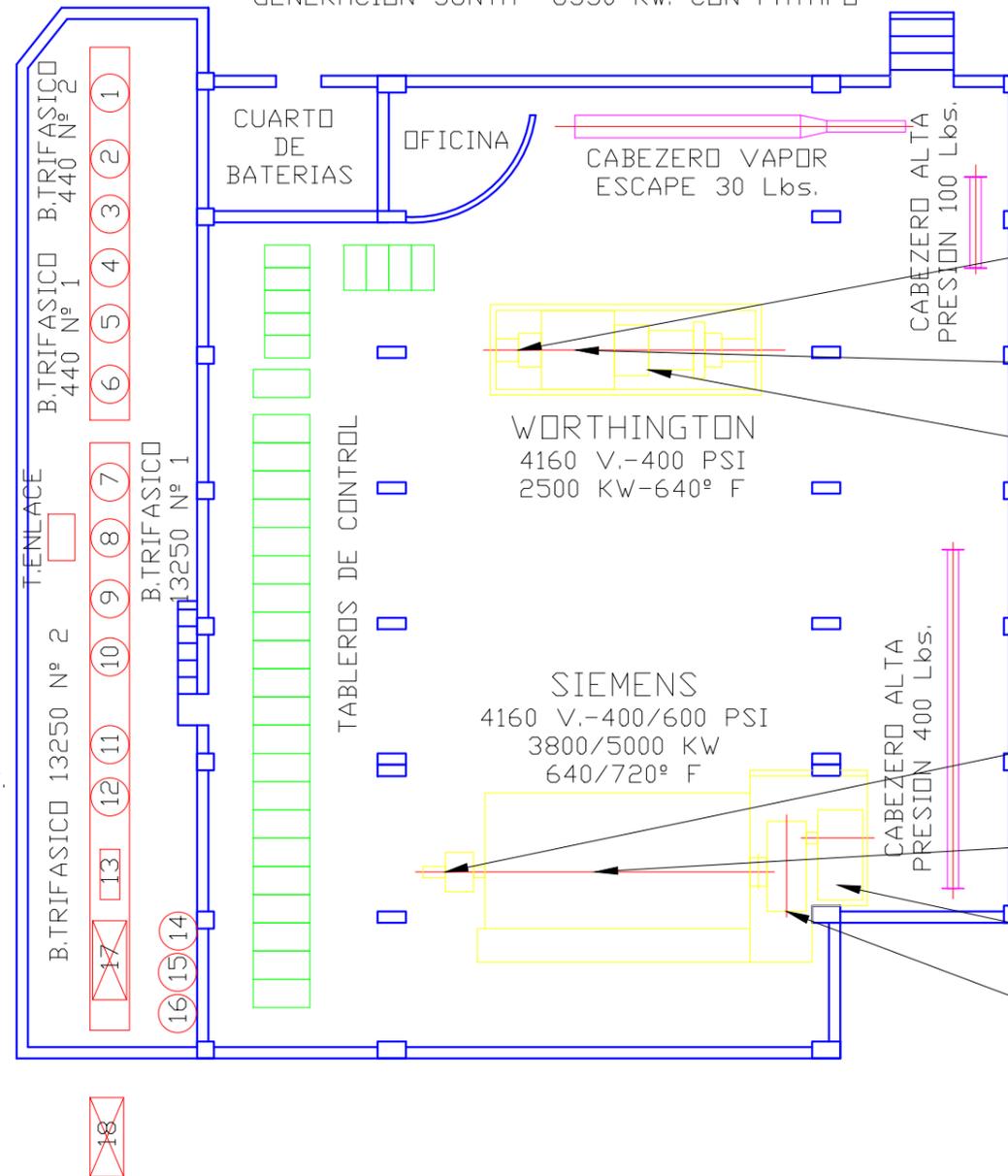
PLANO DE DISTRIBUCION DE LOS BANCOS DE TRANSFORMADORES
EN LA CASA DE FUERZA.

- 1.-TRANSF. MONOFASICO DE 4160/480-333 KVA G.E.
- 2.-TRANSF. MONOFASICO DE 4160/480-333 KVA G.E.
- 3.-TRANSF. MONOFASICO DE 4160/480-333 KVA MOLDNEY CONECTADO EN Y- Δ
- 4.-TRANSF. MONOFASICO DE 4160/480-333 KVA MOLDNEY
- 5.-TRANSF. MONOFASICO DE 4160/480-333 KVA MOLDNEY
- 6.-TRANSF. MONOFASICO DE 4160/480-333 KVA MOLDNEY CONECTADO EN Y- Δ
- 7.-TRANSF. MONOFASICO DE 4160/13250 V.-333 KVA MOLD
- 8.-TRANSF. MONOFASICO DE 4160/13250 V.-333 KVA MOLD
- 9.-TRANSF. MONOFASICO DE 4160/13250 V.-333 KVA MOLD CONECTADO EN Y- Δ
- 10.-TRANSF. MONOFASICO DE 4160/13250 V.-333 KVA MOLD.
- 11.-TRANSF. MONOFASICO DE 4160/13250 V.-333 KVA G.E.
- 12.-TRANSF. MONOFASICO DE 4160/13250 V.-333 KVA G.E.
- 13.-TRANSF. TRIFASICO DE 4160/480 V.-2000 KVA CANEPA TABINE
- 14.-TRANSF. MONOFASICO DE 2400/240 V.-100 KVA G.E.
- 15.-TRANSF. MONOFASICO DE 2400/240 V.-100 KVA G.E.
- 16.-TRANSF. MONOFASICO DE 2400/240 V.-100 KVA G.E.
- 17.-TRANSF. TRIFASICO DE 4160/1320 V.-5000 KVA CANEPA TABINE
- 18.-TRANSF. TRIFASICO DE 4160/480 V.-1000 KVA BROWN BOVERI DEL PERU

NOTA: LAS BARRAS TIENEN DOS TENSIONES 4160V. Y 2400 V. ENLAZADOS POR UN TRANSF. DE 3000 KVA .(CLEDFEN)

PRESION DE VAPOR VIVO ; 400 PSIG
 TEMPERATURA DE VAPOR VIVO : 640° F (338° C)
 PRESION DE VAPOR ESCAPE : 30 PSIG (2.11 Kg/cm. 2)
 CAPACIDAD DE GENERACION : N° 1 = 1500 Kw.
 : N° 3 = 3800 Kwv.

GENERACION MAXIMA 5500 Kw
 GENERACION JUNTA 6350 Kw. CON PATAPO



TURBO GENERADOR "WORTHINGTON" N° 1

TIPO N° ETAPAS: 1 CURTIS,9 RATEN-CAP. NOMINAL =1875-KW NOMINAL DE SALIDA=1500-PRESION VAPOR ENTRADA=28000 Kg/cm.2-CONTRA PRESI-ON=2.11Kg/cm.2-TEMP. VAPOR ENTRADA=338°C-VOLTAJE GENERADO=2400 V. VELOCIDAD=4600 R.P.M.

GENERADOR : FRAME D-24,KW 10 - R.P.M. 1200 - VOLT. 125 FL-AMP. 80 PRDD. N° C4779-70-SERIAL N° RD 18431.

GENERADOR : SERIAL N° 102572-KVA 1875-KW 1500-POWER FACTOR 0.8-VOLT. 2400-CONECTADO EN 2400 V. -AMP. 451-R.P.M. 1200-PHASE 3-CICLOS 60-TEMP. ARM.-50°C THERA-TEMP. FIELD -60°C RES TIME RATING-CONT. INSTRUCTION BOOK - C2 D.C. EXCITATION P.F. 0.8 - AMP. 58.0 -VOLT. 125.

GEAR : SERIAL N° 15895 -H.P. 08447 FORM- J6 KW 1500-RATIO 3836: 1- PINION R.P.M. 4600-GEAR R.P.M. 1200

TURBO GENERADOR "SIEMENS" N° 3

TIPO N° ETAPAS: CAP. NOMINAL KVA.=5400-600 KW NOMINAL DE SALIDA=3800-5000 PRESION VAPOR ENTRADA=28000 Kg/cm.2-CONTRA PRESION=2.11Kg/cm.2-TEMP. VAPOR ENTRADA=338° C-VOLTAJE GENERADO=4160 - 2400 - VELOCIDAD=8000 R.P.M.

EXCITATRIZ PRINCIPAL : TIPO IGA 2216-56/70 V-580/725 AMP. -32.5/51 KW-AUXILIAR: TIPO G625-115 VOLTS.-9.6 AMP.

GENERADOR "SIEMENS":TIPO VFL 360/38-4160/2400 V -6000/5400 KVA 1800 R.P.M. -COF.= 0.8-60 CICLOS - 3 FASES-1800 R.P.M. -CONECTADO EN 4160 V.

TURBINA "SIEMENS":N° 3875 KW A 400 PSIG 28.2 Kg.-500 Kw. A 600 PSIG 42.5-800 R.P.M. - CONTRAPRESION 3.15 ATU.

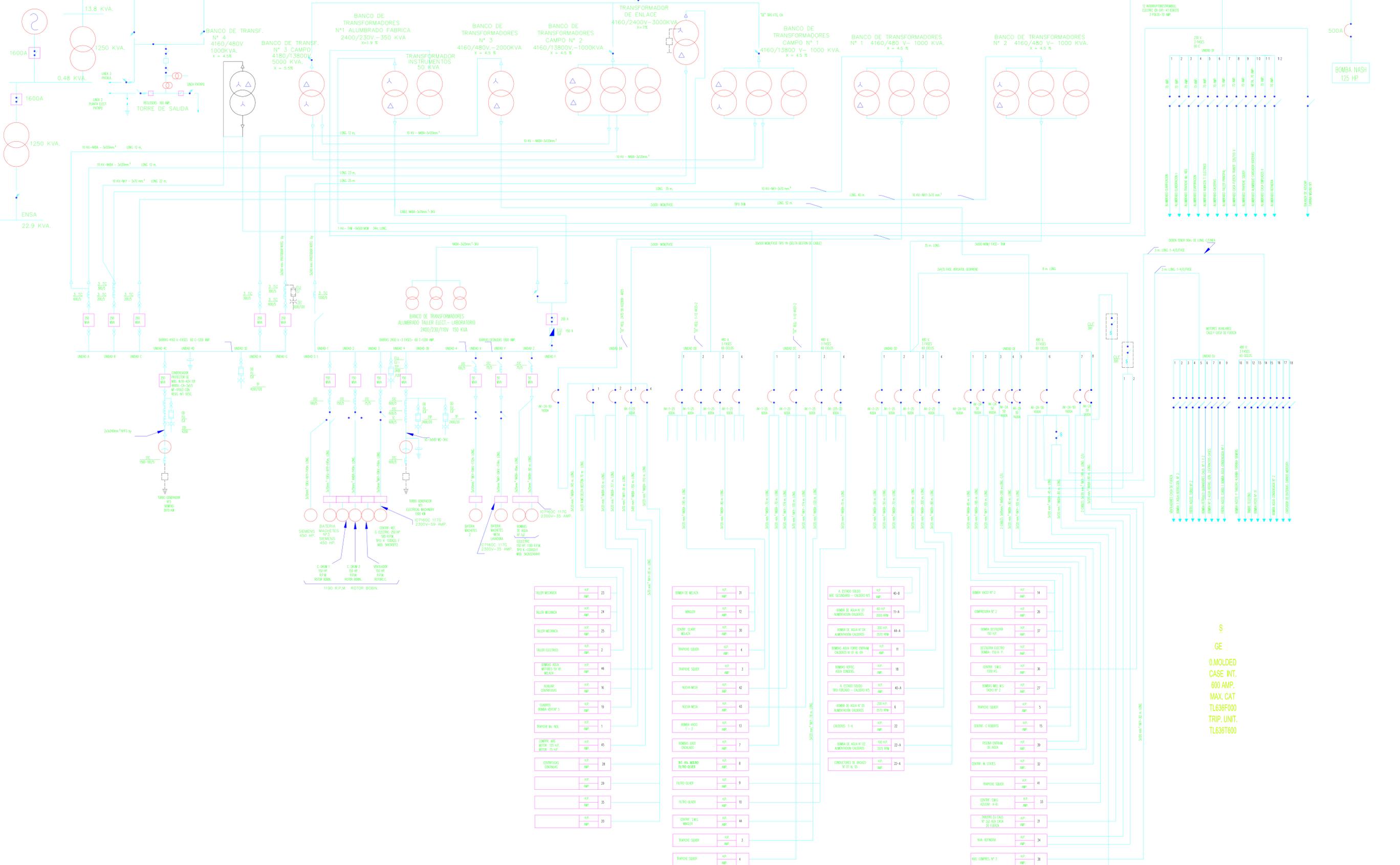
REDUCTOR "SIEMENS" N° 4955/767 -POTENCIA:7500 PS- VELOCIDAD DE ROTACION 8000/1800 R.P.M. .

REVISIONES	EMPRESA INDUSTRIAL PUCALA S.A.C.				AREA : Fabrica
	CHICLAYO - PERU				SECCION: Energia
CASA DE FUERZA					UBICACION: Casa de fuerza
Fecha:	Dibujo Cad:	Reviso:	Aprobo:	V° B°:	AREA: DIBUJO & PROYECTOS
09-10-08	A.Elias	A. Elias	Ing.I.Salazar	Ing. W.Villarreal	
Escala:	Unidades:	N° Plano:	Hoja:		
		EN-0405	1/1		

ANEXO N° 03

PLANO DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA DE TODA LA
PLANTA INDUSTRIAL

GRUPO ELECTROGENO G.M. - 1000 KW.



S
GE
O.MOLDED
CASE INT.
600 AMP.
MAX. CAT
TL636F000
TRIP. UNIT.
TL636T800

TALLER MECANICA	H.P.	23
TALLER MECANICA	H.P.	24
TALLER MECANICA	H.P.	25
TALLER ELECTRICO	H.P.	2
BANCO AGUA MOTORES 50 HP	H.P.	46
AVULSER CENTRIFUGAS	H.P.	16
QUAROS BOMBA ROTARY S	H.P.	19
TRAMPICHE MEL	H.P.	1
COMPRES. AIRE MOTOR 100 HP	H.P.	45
CENTRIFUGAS CONTINUAS	H.P.	28
	H.P.	29
	H.P.	35
	H.P.	20

BOMBA DE MELAZA	H.P.	31
MOLINO	H.P.	12
CENTRO CLAMP MELAZA	H.P.	30
TRAMPICHE SQUIER	H.P.	4
TRAMPICHE SQUIER	H.P.	3
NEVA MESA	H.P.	42
NEVA MESA	H.P.	43
BOMBA VACIO 1 - 3	H.P.	13
BOMBAS JETZ ENCALADO	H.P.	7
MEL EN EL MANDO PLUNTO SQUIER	H.P.	8
FILTRO QUER	H.P.	9
FILTRO QUER	H.P.	10
CENTRO SING. ADECO	H.P.	44
TRAMPICHE SQUIER	H.P.	5
TRAMPICHE SQUIER	H.P.	4

A. ESTADO SOLIDO ARE SECUNDARIA - CALDERO MS	H.P.	40-B
BOMBA DE AGUA N° 01 ALMACENAJA CALDEROS	H.P.	11-A
BOMBA DE AGUA N° 04 ALMACENAJA CALDEROS	H.P.	44-A
BOMBAS AGUA TORRE ENFRAM CALDEROS N° 01 AL 09	H.P.	11
BOMBAS VENT. AGUA CONCRETO	H.P.	18
A. ESTADO SOLIDO TRO FORZADO - CALDERO MS	H.P.	40-A
BOMBA DE AGUA N° 05 ALMACENAJA CALDEROS	H.P.	6
CALDEROS 1-4	H.P.	22
BOMBA DE AGUA N° 01 ALMACENAJA CALDEROS	H.P.	22-A
BOMBA DE AGUA N° 02 ALMACENAJA CALDEROS	H.P.	22-B
CONDUCTORES DE BARRIDO N° 01 AL 02	H.P.	20-A

BOMBA UNDO N° 2	H.P.	14
COMPRESORA N° 2	H.P.	26
BOMBA SIETEVEA 150 HP	H.P.	37
SETELEDA ELECTRO BOMBA 150 H.P.	H.P.	38
CENTRO SING. 1000 KW	H.P.	36
BOMBAS MEL WS TRO N° 2	H.P.	27
TRAMPICHE SQUIER	H.P.	5
CENTRO C. ROBERTO	H.P.	15
PEZONA EXTERNA DE AGUA	H.P.	39
CENTRO A. STAVES	H.P.	32
TRAMPICHE SQUIER	H.P.	41
CENTRO SING. ADECO	H.P.	33
MOTORES DE FALD N° 20 ALX CASA DE FUERZA	H.P.	21
NEVA ROTEMEA	H.P.	34
MEL COMPRES N° 3	H.P.	28
CENTRO C. ROBERTO	H.P.	17

PRELIMINAR PREFERENCIAL
 PREVISION COORDINACION
 APROBADO ANULADO

DISEÑO TIPO: PRELIMINAR PREFERENCIAL
 PREVISION COORDINACION
 APROBADO ANULADO

EMPRESA RESPONSABLES: Ing. Roberto Huérfano V. / Sr. Jorge Ramos L.
 FECHA: 19/05/2014
 Esc.: S/E
 Observaciones:

EMPRESA: **AGROPUCALA S.A.A.**
CHICLAYO - PERU
GENERACION Y DISTRIBUCION ELECTRICA
CASA DE FUERZA

AREA: FABRICA
 SECCION: ENERGIA
 UBICACION: CASA DE FUERZA

Dibujo Cad.: Pulg Reviso: Pulg Aprobado: Pulg
 Esc.: Pulg Reemplaza: Pulg

V° B°: Ing. William Villarreal A.
EN-319 Rev.1
 Rev.: Rev.1 Hoja: 01

ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LA EMPRESA AGROPUCALA S.A.A. SU REPRODUCCION, DIFUSION, COMERCIALIZACION O USO DE CUALQUIER TIPO - SIN UNA AUTORIZACION ESCRITA DE SUS PROPIETARIOS - ESTA PENADA POR LA LEY -

ANEXO N° 04

CATALOGO DEL ANALIZADOR DE REDES DE MARCA METREL



**Power Quality Analyser
MI 2192
Power Quality Analyser Plus
MI 2292
Manual de funcionamiento
Versión 3, código nº 20 750 911**

POWER QUALITY ANALYSER MI 2192

POWER QUALITY ANALYSER Plus MI 2292

Los analizadores de calidad de energía MI 2192 y 2292 son instrumentos multifunción portátiles para la medición y el análisis de sistemas de energía trifásicos.

¡Nota! El instrumento Power Quality Analyser MI 2192 es idéntico al Power Quality Analyser Plus MI 2292, excepto allí donde se especifica que existe alguna diferencia (por ejemplo 'sólo para el modelo MI 2292').

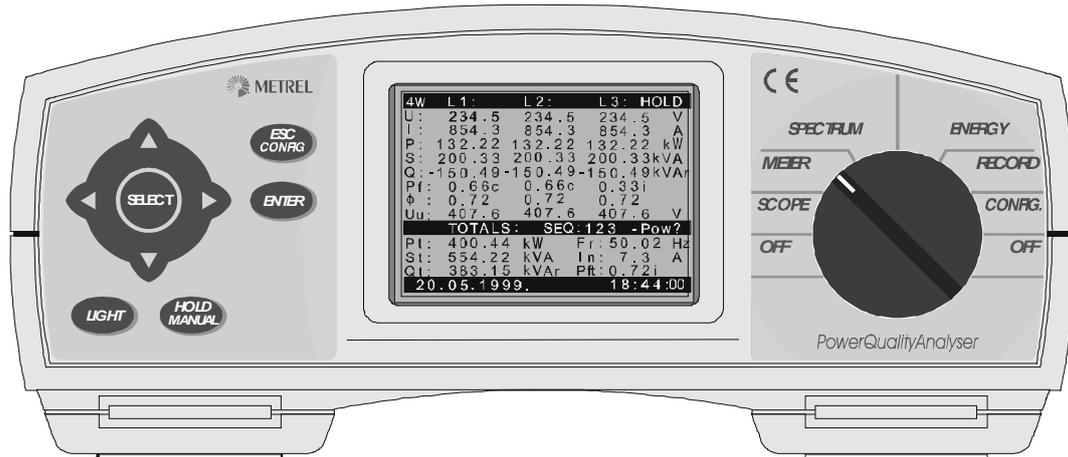


Fig. 1

Principales características

- Completo control, registro y análisis en tiempo real de sistemas de energía trifásicos (3φ).
- Wide range of functions:
 - Tensión r.m.s. eficaz
 - Corriente r.m.s. eficaz
 - Potencia (vatios, voltamperios reactivos (VA_r) y voltamperios (VA))
 - Factor de potencia
 - Energía
 - Osciloscopio de la energía eléctrica
 - Análisis de armónicos
 - Análisis estadísticos
 - Oscilaciones luminosas (sólo para el modelo MI 2292)
 - Anomalías
- En el modo de grabación, los valores medidos son almacenados en la memoria para su posterior análisis.
- Modos especiales de registro para la captura de formas de onda con varias opciones de activación.
- Modos especiales de registro para el control de la calidad del sistema de suministro observado:
 - Datos periódicos,
 - Formas de onda,
 - Sobretensiones transitorias,
 - Grabación rápida,
 - EN 50160.

- Cálculos de los valores mínimos, promedios y máximos para las cantidades registradas, con varios informes con formatos preestablecidos.
- Modo de osciloscopio para la presentación de las formas de onda, tanto en tiempo real como para el análisis de la forma de onda almacenada.
- Análisis de la distorsión armónica hasta el armónico 63º, tanto en línea como en los datos registrados.
- Control y análisis de la energía.
- Baterías recargables internas.
- Puerto de comunicación RS232 para la conexión a un PC.
- Software para Windows para el análisis de los datos y el control del instrumento.

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

Generalidades

Para garantizar la seguridad mientras se utilizan los Power Quality Analyzers MI 2192 y MI 2292, y para reducir al mínimo el riesgo de daños para el instrumento, tenga en cuenta las siguientes advertencias generales:

 **El instrumento ha sido diseñado para garantizar la máxima seguridad para el operario. Su utilización de un modo distinto al especificado en este manual puede incrementar el riesgo de daños para el operario**

 **No utilice el instrumento ni los accesorios si existe algún deterioro visible**

 **El instrumento no contiene ninguna pieza que pueda ser reparada por el usuario. El mantenimiento y la calibración solo deben ser llevados a cabo por un distribuidor autorizado**

 **Se DEBEN tomar todas las precauciones normales de seguridad con el fin de evitar el riesgo de descarga eléctrica mientras se trabaja en instalaciones eléctricas**

 **Utilice únicamente los accesorios autorizados que se encuentran disponibles en su distribuidor**

Normativas aplicables

Los analizadores de calidad de energía MI 2192 y MI 2292 están diseñados de acuerdo con las siguientes normativas europeas:

Seguridad:

- EN 61010-1

Compatibilidad electromagnética (ruido e inmunidad):

- EN 50081-1
- EN 61000-6-1

Mediciones de acuerdo con la normativa europea:

- EN 50160

ANEXO N° 05

CUADROS DE VARIABLES DE OPERACIONALIZACION

Variable		Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Instrumentos	Escala de Medición
Variable Independiente	Proceso de Mejora Continua	Es un proceso sistemático mediante el cual se consigue un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de la empresa para revelar los factores que dañan el consumo de energía, evaluar y organizar las diferentes oportunidades de ahorro de energía en función de su rentabilidad (Ministerio de Energía y Minas, 2007, p.20).	En esta propuesta de realizar un Proceso de Mejora Continua se hará un análisis de la situación actual en que se encuentra el Área de Generación de Vapor de la Planta Industrial en relación al exceso de consumo de energía eléctrica y se investigó cuáles son las causas principales de lo que está pasando para poder mejorar dicho consumo eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia • Eficacia • Calidad • Rentabilidad • Efectividad 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama causa • Fichas de verificación • Diagrama de Pareto • Diagrama de flujo 	Razón o Proporción

Variable Dependiente	Consumo de Energía Eléctrica	Cantidad de energía eléctrica medida en KWH que se utiliza de manera eficiente u optima a costos y gastos mínimos (Optimagrid, 2011, p.14).	Variable que expresa la medida del consumo de energía en KWh medido por un medidor de energía activa.	<ul style="list-style-type: none"> . Potencia eléctrica. . Tensión eléctrica. . Amperaje. . Factor de Potencia 	<ul style="list-style-type: none"> . Formato de medición de parámetros eléctricos. . Amperímetros. . Voltímetros. . Analizador de Redes. . 	kWh
-----------------------------	------------------------------	---	---	--	---	-----

ANEXO N° 06

FIGURAS DE LAS HOJAS DE CONTROL DE AMPERAJE DE CONSUMO DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS DEL ÁREA DE GENERACION DE VAPOR.

Fig. N° 13: Mediciones de Consumo de Energía Equipos de Generación Vapor

Descripción	Potencia	In (A)	II (A)	III (A)	IV (A)	ESTADO DEL EQUIPO	Temperatura (°C)	Observaciones
Motor Bomba de Agua N° 1	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 2	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 3	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 4	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 5	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 6	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 7	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 8	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 9	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 10	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 11	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 12	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 13	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 14	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 15	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 16	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 17	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 18	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 19	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 20	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 21	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 22	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 23	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 24	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 25	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 26	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 27	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 28	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 29	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 30	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 31	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 32	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 33	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 34	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 35	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 36	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 37	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 38	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 39	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 40	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 41	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 42	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 43	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 44	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 45	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 46	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 47	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 48	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 49	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 50	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 51	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 52	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 53	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 54	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 55	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 56	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 57	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 58	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 59	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 60	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 61	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 62	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 63	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 64	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 65	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 66	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 67	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 68	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 69	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 70	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 71	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 72	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 73	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 74	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 75	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 76	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 77	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 78	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 79	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 80	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 81	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 82	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 83	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 84	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 85	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 86	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 87	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 88	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 89	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 90	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 91	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 92	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 93	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 94	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 95	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 96	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 97	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 98	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 99	25	30.59						
Motor Bomba de Agua N° 100	25	30.59						

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

Fig. N° 14: Mediciones de Consumo de Energía Equipos de Generación Vapor

Fecha: 28/08/14		ESTADO DEL EQUIPO						Temperatura (°C)			Observaciones		
Descripción		Potencia	In (A)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	BUENO	REGULAR	MALO	Lado copl		Lado opuest	Cargas a
Motor del cond. Bag. N° 1		40	48.94	21	21	22							✓ Requiere renovar contacto -
Motor del cond. Bag. N° 2		40	48.94	37	37	42							✓ Requiere renovar contacto -
Motor del cond. Bag. N° 3		30	36.71										
Motor del cond. Bag. N° 4		30	36.71										
Fecha: 28/08/14		ESTADO DEL EQUIPO						Temperatura (°C)			Observaciones		
Descripción		Potencia	In (A)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	BUENO	REGULAR	MALO	Lado copl		Lado opuest	Cargas a
Motor del cond. Bag. N° 5 - Recirculación		60	73.42	42	42	42	X						✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Caldero N° 1 / Motor Tiro Inducido		50	61.18	68	69	69							✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Caldero N° 1 / Motor Tiro Forzado		25	30.59	28	25	26							✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Caldero N° 2 / Motor Tiro Inducido		50	61.18	67	66	67							✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Caldero N° 2 / Motor Tiro Forzado		25	30.59	25	27	27							✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Caldero N° 3 / Motor Tiro Inducido		75	91.77	86	87	86							✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Caldero N° 3 / Motor Tiro Forzado		30	36.71	27	27	28							✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Caldero N° 4 / Motor Tiro Inducido		75	91.77	83	83	81							✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Caldero N° 4 / Motor Tiro Forzado		30	36.71	19	20	19							✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Caldero N° 5 / Motor Tiro Forzado		166	201.9	-	170	-							
Caldero N° 5 / Motor Tiro Secundario		115	140.72	-	92	-							
Caldero N° 1 / Motor Bomba de Petroleo		7	8.08	FUERA DE SERVICIO									X No hay motor, bomba y cableado.
Caldero N° 3 / Motor Bomba de Petroleo		5	6.12	FUERA DE SERVICIO									X Motor sin bomba.
Caldero N° 4 / Motor Extractor de Ceniza		8	9.18	6	6	6							✓
Caldero N° 5 / Motor Bomba de Petroleo N° 1		10	12.24										
Fecha: 27/06/14		ESTADO DEL EQUIPO						Temperatura (°C)			Observaciones		
Descripción		Potencia	In (A)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	BUENO	REGULAR	MALO	Lado copl		Lado opuest	Cargas a
Caldero N° 5 / Motor Bomba de Petroleo N° 2		8	9.18										
Tanque N° 1 / Motor Bomba de Petroleo Negro		20	24.47										
Tanque N° 2 / Motor Bomba de Petroleo Negro		20	24.47										
Motor Reductor Ventilador de Aire Pulsante		0.5	0.61										X Motor parado por problema mecanico.
Torre de Enfriamiento / Motor Bomba de Agua Condensada N° 1		15	18.35										✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Torre de Enfriamiento / Motor Bomba de Agua Condensada N° 2	1775	40	48.94	27	27	28							✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Torre de Enfriamiento / Motor Bomba de Agua Condensada N° 3		0											eliminar datos del sistema.
Torre de Enfriamiento / Motor Bomba de Agua Condensada N° 4	1760	20	26.7 24.47	18	18	19							✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Torre de Enfriamiento / Motor Bomba de Agua Condensada N° 5	1750	30	40 48.94	24	22	24							✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.
Fecha: 28/06/14		ESTADO DEL EQUIPO						Temperatura (°C)			Observaciones		
Descripción		Potencia	In (A)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	BUENO	REGULAR	MALO	Lado copl		Lado opuest	Cargas a
Torre de Enfriamiento / Motor Bomba de Agua Condensada N° 6	1770	30	36.71	15	16	17							✓ Requiere renovar dispositivos eléctricos.

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.

Fig. N° 15: Mediciones de Consumo de Energía Equipos de Generación Vapor

Descripción	Presencia	In (A)				Out (A)				ESTADO DEL EQUIPO	Temperatura (°C)			Observaciones
		In (A)	In (A)	In (A)	In (A)	BUENO	REGULAR	MALO	Lado copli		Lado opuest	a		
Torre de Enfriamiento - Motor Bomba de Agua Condensada N° 7	25	30.59	1.9	1.9	2.1									✓ Requiere reparar dispositivos eléctricos.
Torre de Enfriamiento - Motor Bomba de Agua Condensada N° 8	30	30.79	1.9	1.9	1.9									✓ Requiere reparar dispositivos eléctricos.
Torre de Enfriamiento - Motor Bomba de Agua Condensada N° 8	40	48.94	2.4	3.4	3.5									✓ Requiere reparar dispositivos eléctricos.
Motor Bomba Alimentación de agua a las Calderas N° 01	80	73.42	4.9	4.0	4.8									
Motor Bomba Alimentación de agua a las Calderas N° 02	80	73.42	-	7.1	-									✓
Motor Bomba Alimentación de agua a las Calderas N° 03	192	234.08	-	18.5	-									✓
Motor Control Inocente	0													
Motor Bomba Vertical de Agua Condensada N° 1 al Desaireador	20	24.47	2.4	2.5	2.6									✓ Requiere reparar dispositivos eléctricos.
Fecha: 2006/14														
ESTADO DEL EQUIPO														
Descripción	Presencia	In (A)	In (A)	In (A)	In (A)	BUENO	REGULAR	MALO	Lado copli	Lado opuest	a	Observaciones		
Motor Bomba Vertical de Agua Condensada N° 2 al Desaireador	15	18.35	1.0	0.8	0.8								✓ Requiere reparar dispositivos eléctricos.	
Motor Bomba Vertical de Agua Condensada N° 3 al Desaireador	10	1.0	1.8	1.8	1.8								✓ Requiere reparar dispositivos eléctricos.	
Motor Bomba Sota Cauasica - Calderas	1	1.17												
Motor Bomba Sota Cauasica - Tanque	0	5.25												
Motor Bomba Aceite Turbina N° 01	0	0.2	ND	EXISTE									ECHINAR DEL SISTEMA.	
Motor Bomba Aceite Turbina N° 02	0	0.31	ND	EXISTE									ECHINAR DEL SISTEMA.	
Motor Bomba Aceite Turbina N° 03	23	28.14												
Motor Bomba agua refrigeración turbinas N° 01	8	8.18	1.3	1.4	1.4								✓ Reparar dispositivos eléctricos.	
Motor Bomba agua refrigeración turbinas N° 02	8	8.18	ND	EXISTE									ECHINAR DEL SISTEMA.	
Ventilador aire tunnel Casa Fuerza	2	2.45	3	2.7	2.8								✓ Falta del agua en sistema mecánico.	
Fecha: 2006/14														
ESTADO DEL EQUIPO														
Descripción	Presencia	In (A)	In (A)	In (A)	In (A)	BUENO	REGULAR	MALO	Lado copli	Lado opuest	a	Observaciones		
Ventilador aire tunnel Caldas	2	2.45												
Extractor Aire Caliente N° 01	3	3.87												
Extractor Aire Caliente N° 02	3	3.87												
Extractor Aire Caliente N° 03	5	5.12												
Extractor Aire Caliente N° 04	3	3.87												
Extractor Aire Caliente N° 05	5	3.87											FUGA DE SERVICIO X FICHA BUENADO.	
Extractor Aire Caliente N° 09	12	14.68											FUGA DE SERVICIO X SIN DISPOSITIVOS ELEC. Y SIN CONEXIONES	
Extractor Aire Caliente N° 07	12	14.68											FUGA DE SERVICIO X SIN DISPOSITIVOS ELEC. Y SIN CONEXIONES	
Fecha: 2006/14														
ESTADO DEL EQUIPO														
Descripción	Presencia	In (A)	In (A)	In (A)	In (A)	BUENO	REGULAR	MALO	Lado copli	Lado opuest	a	Observaciones		
Motor de B B de VINO N° 01														
Motor de B B de VINO N° 02														
Motor de B B de Molido N° 01														
Motor de B B de Molido N° 01														
Motor de B B Playmaza														
Motor de Agitador de Melaza														
Motor de Prefermentador N° 01														
Motor de Prefermentador N° 02														
Motor de Residuos														
Motor de B B de Despacho de Alcohol N° 01														
Motor de B B de Despacho de Alcohol N° 02														
Motor de B B de Tanque de Almacenamiento de Alcohol N° 01														
Motor de B B de Tanque de Almacenamiento de Alcohol N° 02														

Fuente: Empresa Industrial Pucala S.A.C.