



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Estudio de las instalaciones eléctricas de interiores de la empresa
metalmeccánica Fénix maquinarias S.A.C para mejorar la calidad y
seguridad eléctrica**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

AUTORES:

Sadeghi Morales, Mehdi (ORCID: 0000-0002-1170-4746)

Terrones Lozano, Jimmy Bryan (ORCID: 0000-0003-2795-7905)

ASESOR:

Mg. Castro Anticona, Walter (ORCID: 0000-0002-8127-4040)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución de energía Eléctrica

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios: Por haberme guiado toda mi vida por el camino correcto.

A mi hermano Andrés: Porque gracias a su cariño y ánimos he podido sobrellevar con mejor ánimo las dificultades presentadas durante mi vida.

A mis padres Maykel y July: Se lo dedico a mis padres de manera muy especial por que han sabido guiarme por un buen camino y dado a que sin su cariño, esfuerzo y apoyo incondicional no hubiese logrado mis metas.

A mi abuela Luisa: Por darme su cariño, apoyo moral y los consejos que han sido vitales para yo poder ser mejor persona.

DEDICATORIA

A Dios: Por ser mi guía en cada momento de mi vida

A mis padres Joel y Clarivel:

Se lo dedico a mis padres de manera muy especial dado a que con mucho esfuerzo y sacrificio me han brindado su apoyo en el transcurso de mi vida, más aún en mi vida estudiantil.

A mis hermanos María, Billy y

Alexis: Porque gracias a su cariño y sus consejos he podido obtener la motivación para poder seguir adelante y poder culminar mis estudios.

A mi esposa Luz: Por darme

su amor incondicional, la felicidad y la motivación que me impulsan a ser mejor persona cada día.

A mi cuñado Manuel: Gracias a sus consejos y ánimos, me han ayudado a ver las cosas con mayor positividad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la universidad Cesar Vallejo, mi lugar de estudios por haberme acogido y haberme dado la oportunidad de formarme como profesional.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica – sede Trujillo por haberme brindado sus conocimientos, consejos y apoyo a lo largo de estos años de carrera.

De manera especial agradezco a mi asesor, el Ing. Walter Castro, por brindarme su apoyo, experiencias y conocimientos en la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la universidad Cesar Vallejo por darme la oportunidad de forjarme como profesional.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica – sede Trujillo pilares importantes en mi desarrollo como profesional, por estar prestos a brindarme conocimientos y experiencias.

De manera especial agradezco a mi asesor, el Ing. Walter Castro, por brindarme su apoyo y conocimientos en la realización de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iv
Índice de contenidos	vi
Índice de figuras	vii
Índice de tablas	ix
Resumen.....	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra y muestreo	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.5. Procedimientos	17
3.6. Método de análisis de datos.....	18
3.7. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS	19
4.1. Evaluación del estado del sistema eléctrico de la empresa.....	19
4.2. Análisis de riesgos y daños de las instalaciones eléctricas	23
4.3. Mejoramiento de las Instalaciones Eléctricas	25
4.4. Evaluación de la calidad energética de las instalaciones eléctricas	43
4.5. Diseño de banco de condensadores trifásico.....	54
4.6. Elaboración del estudio técnico-económico sobre las propuestas de compensación reactiva planteadas	68
V. DISCUSIÓN	79
VI. CONCLUSIONES	83
VII. RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS	86
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de operacionalización de variables.....	15
Tabla 2: Técnicas de recolección de datos.....	16
Tabla 3: Resultados de inspección general realizada en las áreas de la empresa Fénix Maquinarias	21
Tabla 4: Análisis de riesgos y daños área corte.....	23
Tabla 5: Análisis de riesgos y daños área maquinado	24
Tabla 6: Análisis de riesgos y daños tablero general	24
Tabla 7: Cálculo de Intensidad Nominal del Área de Corte	26
Tabla 8: Selección de interruptores termomagnéticos del Área de Corte	27
Tabla 9: Selección de conductor eléctrico del Área de Corte	27
Tabla 10: Tabla resumen del tablero de distribución del Área de Corte	28
Tabla 11: Cálculo de intensidad nominal del Área de Maquinado.....	29
Tabla 12: Selección de interruptores termomagnéticos del Área de Maquinado.....	30
Tabla 13: Selección de conductor eléctrico del Área de Maquinado.....	30
Tabla 14: Tabla resumen del tablero de distribución del Área de Maquinado	31
Tabla 15: Cálculo de Intensidad Nominal del Área de Construcción	32
Tabla 16: Selección de interruptores termomagnéticos del Área de Construcción	33
Tabla 17: Selección de conductor eléctrico del Área de Construcción	33
Tabla 18: Tabla resumen del tablero de distribución del Área de Construcción	34
Tabla 19: Cálculo de Intensidad Nominal del Área de Taller	35
Tabla 20: Selección de interruptores termomagnéticos del Área de Taller	36
Tabla 21: Selección de conductor eléctrico del Área de Taller.....	36
Tabla 22: Tabla resumen del tablero de distribución del Área de Taller	37
Tabla 23: Distribución del Tablero General	38
Tabla 24: Datos para calcular la Caída de tensión	41
Tabla 25: Cálculo de Caída de tensión	41
Tabla 26: Cuadro de potencia instalada	43
Tabla 27: Mediciones de potencia aparente.....	47
Tabla 28: Mediciones de potencia aparente durante un día	47
Tabla 29: Mediciones de potencia reactiva.....	48
Tabla 30: Mediciones de potencia reactiva durante un día	48
Tabla 31: Mediciones de potencia activa.....	49
Tabla 32: Mediciones de potencia activa durante un día	49
Tabla 33: Mediciones de factor de potencia	50
Tabla 34: Mediciones de factor de potencia durante un día	50
Tabla 35: Tabla de análisis de eficiencia energética	52
Tabla 36: Tabla de calidad energética actual.....	53
Tabla 37: Máximos, mínimos y promedios de parámetros eléctricos.....	54
Tabla 38: Tabla de potencia reactiva necesaria según periodo	57
Tabla 39: Máximo, mínimo y promedio de potencia reactiva necesaria	58
Tabla 40: Potencia reactiva requerida para compensación global.....	59

Tabla 41: Tabla de potencias reactivas totales en cada área.....	61
Tabla 42: Tabla de factores de potencia presentes en cada área.....	62
Tabla 43: Tabla de potencia requerida.....	62
Tabla 44: Tabla de potencia requerida final	62
Tabla 45: Tabla de elementos para la compensación global.....	63
Tabla 46: Tabla de elementos para la compensación del área de maquinado	64
Tabla 47: Tabla de elementos para la compensación del área de construcción	64
Tabla 48: Tabla de pérdidas en alimentadores con compensación global	69
Tabla 49: Tabla de pérdidas en alimentadores con compensación parcial.....	71
Tabla 50: Tabla de comparación técnica de compensación reactiva.....	72
Tabla 51: Tabla de valor presente 1	74
Tabla 52: Tabla de valor presente 2.....	75
Tabla 53: Tabla de valor presente 3.....	75
Tabla 54: Tabla de costo de instalación.....	76
Tabla 55: Tabla de valor presente del ahorro por compensación	76
Tabla 56: Tabla de valor presente neto	76
Tabla 57: Tabla de beneficio/costo.....	77
Tabla 58: Tabla de retorno de inversión	77
Tabla 59: Tabla de comparación económica de compensación reactiva	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Interruptor termomagnético trifásico.....	7
Figura 2: Sag de tensión en una sola fase	8
Figura 3: Swell de tensión en una sola fase	9
Figura 4: Triángulo de potencia	10
Figura 5: Triángulo de potencias con compensación	10
Figura 6: Condensador plano.....	11
Figura 7: Compensación global	12
Figura 8: Compensación parcial	12
Figura 9: Compensación individual	13
Figura 10: Área de construcción.....	20
Figura 11: Máquina de corte por chorro de agua del área de corte	20
Figura 12: Área de maquinado	21
Figura 13: Analizador de redes PQ500 ECAMEC	44
Figura 14: Conexión en estrella del analizador de redes	45
Figura 15: Conexión del analizador de redes en el tablero general	46
Figura 16: Curvas de potencia activa, reactiva y factor de potencia.....	55
Figura 17: Diagrama de compensación reactiva máxima y promedio	59
Figura 18: Diagrama de potencia reactiva según la conexión de pasos.....	60
Figura 19: Conexión de condensadores para la compensación global	65
Figura 20: Conexiones del banco de condensadores del área de maquinado	66
Figura 21: Conexiones del banco de condensadores del área de construcción.....	67
Figura 22: Flujo de caja de la vida útil de un banco de condensadores	73

RESUMEN

En la actualidad contar con una calidad y seguridad de suministro eléctrico acorde con las normativas vigentes en el Perú es muy importante, debido a los incidentes ocasionados a causa de un diseño improvisado de las instalaciones eléctricas. Por este motivo la presente investigación tiene como objetivo mejorar la calidad y seguridad eléctrica de la empresa, mediante un mejoramiento de las instalaciones eléctricas y la propuesta de un banco de condensadores. Se realizó un estudio del sistema eléctrico donde primero se optó por realizar una observación de esta para su respectiva mejora. También se utilizó un analizador de redes para la obtención de los parámetros tanto de calidad eléctrica como de eficiencia energética, los cuales fueron utilizados para la propuesta de 2 tipos de bancos de condensadores. Y por último un estudio técnico-económico para la factibilidad de las propuestas planteadas. La calidad y la seguridad eléctrica se mejoró elevando el factor de potencia de 0,71 a 0,98 y corrigiendo el subdimensionamiento de interruptores termomagnéticos y cableado respectivamente. Con ello se concluye que gracias a la mejora de las instalaciones y la implementación de un banco de condensadores se pudo mejorar la calidad y seguridad del sistema eléctrico de la empresa.

Palabras claves: Instalaciones eléctricas, banco de condensadores, interruptores termomagnéticos, calidad energética, eficiencia energética.

ABSTRACT

This research entitled: "Study of the interior electrical installations of the metalworking company Fénix maquinarias SAC to improve the quality and electrical safety", aims to improve the electrical quality and safety of the company, through a improvement of the electrical systems of the facilities and the proposal for a capacitor bank. Likewise, it is a non-experimental applied research, applied to the electrical system of metalworking companies in the city of Trujillo. A study of the electrical system was carried out where a previous observation of the electrical installations was carried out for the elaboration of its improvement. A network analyzer was also used to obtain the parameters of both electrical quality such as: harmonics, flicker, voltage and frequency levels, as well as energy efficiency, such as: energy consumption and power factors, which were used for the proposal of 2 types of capacitor banks. And finally, a technical-economic feasibility study of the proposed proposals. Power quality and safety were improved by increasing the power factor from 0.71 to 0.98 and correcting for undersized thermomagnetic switches and wiring, respectively. With this, it is concluded that thanks to the improvement of the facilities and the implementation of a capacitor bank, the quality and safety of the company's electrical system could be improved.

Keywords: Electrical installations, capacitor bank, thermomagnetic switches, network analyzer, energy efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

Las instalaciones eléctricas actuales, tanto en aplicaciones industriales como en edificios comerciales, constituyen una parte fundamental a la hora de brindar eficiencia, calidad y seguridad en el uso de la energía eléctrica. De modo que es de suma importancia tener una instalación eléctrica segura, con el fin de disminuir los riesgos y peligros que estos puedan ocasionar y así salvaguardar la integridad de las personas y/o equipos que estén conectados a dicha red, de manera que se puedan disminuir los fallos comunes, tales como: choques eléctricos, sobrecargas, pérdidas de aislamiento y caídas de tensión (Abdiel et al, 2019, p.55).

Los profesionales que se dedican a proyectos de instalaciones eléctricas deben ser capaces de dominar habilidades prácticas y teóricas, tanto así, como buena praxis a la hora de dirigir y aplicar las diferentes normativas eléctricas que brinden seguridad y eficiencia energética (Elfizon, Muskhir y Asnil, 2019, p.2). Es de suma importancia diseñar y realizar una instalación lo más eficiente posible para minimizar los posibles percances, por ello se siguen ciertas normas impuestas por cada país, con el fin de aminorar dichos accidentes y que estos causen pérdidas económicas cuantiosas (Najeem, Banji y Asogba, 2020, p.11). En el caso de Perú, existe el Código Nacional de Electricidad o CNE para abreviar, donde en el caso de instalaciones eléctricas se hace uso del CNE de utilización, tomo donde se especifica la correcta normativa en el diseño de instalaciones eléctricas eficientes y seguras.

Tanto la mala práctica eléctrica como la contratación de personal no cualificado que carece de conocimientos teóricos y técnicos, son las principales causas de la existencia de instalaciones eléctricas deficientes. Esto ocasiona instalaciones ineficientes donde se presentan problemas tales como presencia de armónicos, o un elevado consumo de energía reactiva (Iloduba, Ifeyinwa y Oluka, 2018, p.42). El tener una elevada potencia reactiva se traduce en la necesidad de una potencia mayor a la que realmente se consume, debido a que solamente la potencia activa es la potencia útil, aquella que se transforma en trabajo, y la presencia de energía reactiva no es directamente aprovechable, al no producir trabajo útil. La relación entre potencia consumida y la utilizada se conoce como factor de potencia (F.P) (Cutti, 2010, p. 8).

Las compañías encargadas del suministro eléctrico, verifican que el gasto de potencia reactiva sea mínimo a través del F.P, ya que un factor de potencia por debajo de los niveles recomendables tiene como consecuencia el aumento de pérdidas en los conductores, posibles sobrecargas en transformadores, el aumento de la facturación eléctrica y hasta penalizaciones monetarias de parte de compañías suministradoras, debido a que la presencia de un excesivo nivel de potencia reactiva afecta a la calidad y confiabilidad el suministro eléctrico (Espinoza, 2017, p. 22). Tal como es el caso de Osinergmin en Perú y su resolución de la comisión de tarifas eléctricas, donde se decreta adecuado estimar la facturación de la energía reactiva únicamente en el momento que el factor de potencia sea menor a 0.96. La energía reactiva se considerará únicamente cuando se sobrepase del 30% de la activa (Osinergmin, 1992, “Artículo primero”, párr. 2).

Fénix maquinarias S.A.C., es una empresa dedicada al sector metalmecánico, concretamente al rubro de fabricación de máquinas para la industria alimentaria, ubicada en el Departamento de la Libertad, esta presenta instalaciones eléctricas con más de 10 años de antigüedad y sin ningún tipo de mantenimiento eléctrico ni sistema de compensación reactiva, a la vez que la empresa no cuenta con un diseño e instalación elaborada por personal cualificado, ocasionando como resultado un peligro para los operarios como también para calidad del uso energético, generando así un gasto extra para los dueños que tienen que lidiar con problemas típicos en las instalaciones deficientes pudiendo generar múltiples problemas en los sistemas eléctricos de acuerdo a su naturaleza u origen (Muñoz, Villada y López, 2013, p. 67).

Debido a todo esto se centrará en el estudio de las instalaciones eléctricas en la empresa seleccionada, de modo que se pueda obtener una mejora tanto técnica como económica siguiendo la normativa eléctrica dictada en el código nacional eléctrico.

En base a la realidad presentada, se formuló el siguiente problema, ¿Cómo mejorar la calidad y seguridad eléctrica de la empresa Fénix maquinarias S.A.C.? La presente tesis, tiene como justificación lograda que el estudio y mejora de las instalaciones eléctricas de la empresa, posibilitará lograr beneficios tecnológicos (seguridad que presentan las instalaciones) y económicos debido a la mejora de

calidad energética (reducción del pago agregado por el uso de potencia reactiva y por pérdidas de potencia).

En base a ello se planteó la siguiente hipótesis, es factible mejorar la calidad y seguridad eléctrica en la empresa Fénix maquinarias S.A.C, por medio de un estudio de sus instalaciones eléctricas. Para cumplir con el propósito de esta investigación se establecieron los siguientes objetivos, como general se planteó estudiar las instalaciones eléctricas de la empresa Fénix maquinarias S.A.C, para mejorar la calidad y seguridad eléctrica. Para realizar dicho objetivo, se plantearon los siguientes objetivos específicos: (i) Evaluar el estado del sistema eléctrico de la empresa. (ii) Realizar un análisis de los riesgos y daños de las instalaciones eléctricas. (iii) Mejorar las instalaciones eléctricas. (iv) Evaluar la calidad energética de las instalaciones eléctricas. (v) Diseñar un banco de condensadores trifásico (vi) Elaborar un estudio técnico - económico sobre la propuesta planteada.

II. MARCO TEÓRICO

Autores como De la Sota (2013) realizaron investigaciones relacionados con la correcta práctica en el diseño y ejecución de las instalaciones eléctricas industriales, que desempeñen los requerimientos básicos que necesita un proyecto de dicha envergadura y además que cumpla con el Código Nacional de Electricidad-utilización y todas las normas vigentes.

Debido al aumento y la gran demanda de este tipo de servicios, y a la compra y venta de vehículos y maquinarias pesadas en dicha zona, se crea la necesidad en el área adquirida por la empresa de convertirse en una edificio de oficinas, en el cual se exhiban los autos, y también tenga un taller de reparaciones y mantenimiento de estos vehículos, dicho proyecto arquitectónico deberá entonces complementarse con el proyecto de diseño de las instalaciones eléctricas que cumplan a cabalidad todas las necesidades de la empresa seleccionando y calculando correctamente los conductores de las acometidas también como los circuitos derivados de cargas especiales, al igual que poniendo énfasis en los elementos de protección eléctrica y en obtener un valor establecido para la puesta a tierra. El autor alcanzó a elaborar una propuesta de las instalaciones que cumpla con satisfacer todas las necesidades requeridas por el tipo de edificación, también obteniendo un valor de 25 Ohm de su puesta a tierra general para la empresa.

Por otro lado, Cremades (2014) realizó un estudio en el cual se encarga de describir la situación de cómo se encuentra actualmente la parte eléctrica de una empresa para luego desarrollar una solución, por ello le fue necesario aplicar todas las normativas establecidas tales como el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (2 de agosto de 2002) y la Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja tensión. Por ende, tuvo que elaborar el diseño e instalación de un sistema de compensación de energía reactiva el cual consiste en la instalación de un banco de capacitores, también diseñó el recorrido de los conductores de maneras específicas. Obteniendo como resultado una corrección en el factor de potencia y con ello una reducción significativa en cuanto al cobro de potencia reactiva mensualmente al igual que la optimización del recorrido de los conductores al rediseñarlos de una manera acorde a la normativa.

Así mismo, León y Ovalle (2013) en su trabajo se encarga de elaborar el diseño de un tablero eléctrico para el área de concentrados de una empresa, para ello tuvo que realizar un estudio de los tipos de arrancadores y controles existentes, también diagnóstico los problemas y peligros con los que cuenta el actual tablero, para así poder determinar y entender las problemáticas existentes en esa área y poder mejorar la seguridad y el rendimiento de las máquinas. Como resultado obtuvo el diseño de un tablero eléctrico con las condiciones requeridas para el buen funcionamiento y protección de todos los motores del área para el que fue diseñado y para salvaguardar la seguridad de los operarios.

En cuanto a artículos de investigación tenemos como ejemplo, los publicados por Patil, Kushe, Mondkar, Acharekar y Dhuri (2019), Kabir, Moshin y Khan (2017), donde se afronta la problemática de la penalización en el consumo de energía industrial, impuesta a raíz de tener niveles bajos de F.P. Por tal motivo, inciden que las industrias deben plantarse lograr mejores cuotas en la eficiencia de su sistema eléctrico. Para lograr esto, los autores proponen un modelo que ayude a corregir el F.P de manera automática (APFC en sus siglas en inglés), por medio de un micro controlador, el cual detecta el grado de desfase de onda entre corriente y tensión, a la vez que calculará el requisito de compensación necesario que ofrecerá el banco de condensadores y este será accionado únicamente por el dispositivo. Se demostró que el uso de un APFC, por medio del micro controlador, se reduce el tiempo de operación y mejora la eficiencia del sistema, elevando el FP de 0.75 a 0.90 en el primer caso, a la vez que se destaca la ventaja de poder controlar distintos parámetros con un solo dispositivo, reduciendo el costo total del proyecto.

Como último artículo relacionado al tema, se halló un estudio donde los autores explican los beneficios obtenidos al elevar de 0.87 a 0.98 el F.P de una empresa industrial (Zheng y Zhang, 2017). Este artículo de investigación aborda la problemática que genera tener un gran número de cargas inductivas en locales industriales, lo cual provoca un bajo F.P en el sistema eléctrico. Se tiene como finalidad diseñar un banco de condensadores que eleve el F.P actual a 0.98. Para tal fin, determinaron el estado y la eficiencia de los equipos con gran carga inductiva, resolviendo la necesidad de un banco de condensadores de 150 kVAr a la vez que se procede tanto con el cambio a motores más eficientes, como la

sustitución de las lámparas de inducción, todo esto con la finalidad de obtener el F.P deseado. Del estudio se extrae la eliminación de los cargos de penalización por baja eficiencia energética, a la vez que se redujo la demanda máxima eléctrica necesaria para operar, obteniendo de este modo un ahorro de \$ 6,000 en los cargos anuales de la facturación eléctrica.

Para la realización del presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes conceptos teóricos relacionados al tema.

Electricidad: Técnicamente está definida como un fenómeno producido por una diferencia de potencial entre dos puntos de la materia, esta forma de energía es la interacción entre cargas positivas y negativas. Existen dos tipos de electricidad, llamados corriente continua (DC) y corriente alterna (AC), la corriente continua es un flujo continuo de carga eléctrica que va por un conductor con un mismo sentido (de positivo a negativo), a diferencia de la corriente alterna que los electrones no van en un solo sentido si no que en su disposición fija en el conductor oscila de un lado a otro (Robledo, 2014, pp.8-9)

Potencia eléctrica: Conociendo que la potencia es un trabajo realizado por una unidad de tiempo, podríamos definir la potencia eléctrica como la cantidad de energía eléctrica consumida o generada por un circuito eléctrico en un determinado lapso de tiempo. La potencia eléctrica se mide en vatios (W) y esta depende de dos variables, la intensidad y la tensión. Relacionado a esta encontramos a la demanda máxima de potencia, la cual hace referencia a la demanda de energía máxima registrada en un periodo de tiempo, esta se obtiene calculando todas las cargas presentes en un circuito (Fraile, 2019, p.7).

Instalación eléctrica: Conjunto de circuitos y accesorios eléctricos en una edificación, predio o terreno desde el punto donde una entidad o concesionaria encargada suministra energía eléctrica hasta el punto donde la energía puede ser utilizada por algún equipo eléctrico. La instalación incluye la conexión del cableado a los equipos eléctricos, al igual que la ampliación, modificación y la reparación de este (Ministerio de Energía y Minas DGE, 2006, p.14).

Calidad energética: se comprende como el grupo de límites eléctricos que debe presentar una instalación eléctrica para que no afecte negativamente a las actividades o procesos que se tienen lugar en dicha instalación. Adema, una instalación eficientemente funcional permite la reducción de costos técnicos y

ganancias económicas al optimizar el uso energético (Yammenko, Tereshchenko, Fedin y Klepach, 2020, p.77)

Cable eléctrico: elemento básico e indispensable del sistema eléctrico ya que por el circula flujo eléctrico, están fabricados de cobre o aluminio y la cubierta de PVC o polietileno en el caso de los conductores libre de alógeno (Waimin, 2015, pp.1-2).

Interruptor automático: También conocido como interruptor termomagnético, es un dispositivo de protección contra sobreintensidades, este permite de transportar o interrumpir corriente cuando esta sobrepase los valores para el cual fue diseñado (Cerdá, 2014, pp. 113-114).

Interruptor automático: dispositivo de protección contra sobreintensidades, es capaz de transportar o interrumpir corriente bajo condiciones normales o anormales, podemos distinguir estos equipos por su tensión de trabajo, numero de polos, corriente de ruptura o corriente de trabajo. En el caso de este trabajo el cual se basa en el dimensionamiento de estos, se hablará sobre todo de los interruptores monofásicos y trifásicos de 2 y 3 polos (Cerdá, 2014, pp. 113-114).

En la figura 1 se puede apreciar un interruptor termomagnético trifásico de 3 polos con una intensidad nominal de 380 V, una corriente nominal de 25 A y una capacidad de corte de 50 kA.



Figura 1: Interruptor termomagnético trifásico

Fuente: Schneider Electric (2020)

Este interruptor automático es de 3 polos, pero viene en distintas presentaciones las cuales pueden ser de 1, 2, 3 o hasta 4 polos, en este caso este interruptor tiene una intensidad nominal (I_n) de hasta 380V, una intensidad nominal de 25

A, es decir pueden circular hasta 25A por el interruptor y funcionar correctamente y tiene un poder de corte de 50 kA, esta es la corriente máxima de cortocircuito que es capaz de interrumpir con éxito sin sufrir daños.

Contactador: Dispositivo electromecánico capaz de abrir o cerrar circuitos de potencia, este está formado por una bobina y contactos los cuales pueden estar cerrados o abiertos, estos hacen de interruptores de cierre y apertura de corriente en un circuito. La aplicación más conocida de este dispositivo es controlar los circuitos de alimentación de los motores eléctricos, pero también pueden ser utilizados para el control de luminarias (Martín y García, 2016, p. 138).

Flicker: Es denominado como parpadeo de luz, y es un fenómeno visual que suele originarse en lámparas incandescentes alimentadas por fuentes comunes a los circuitos de iluminación o a los de carga. Como consecuencia principal que ocasiona este fenómeno se encuentra la variación de brillo, que causa cierta molestia y que produce cansancio en la vista. Es expresado por medio de los siguientes parámetros: el Pst (Flicker de breve termino) y el Plt (Flicker de largo termino), ambos son adimensionales (Garner, 2019).

Sag's: son comúnmente conocidos como dip o hundimientos de tensión, el cual es la breve reducción de tensión con un valor de 10% o menor de la tensión nominal del equipo conectado durante un periodo de $\frac{1}{2}$ ciclo a 1 min, tal y como se puede apreciar en la figura 2, este suele ser ocasionado por un cambio instantáneo de cargas, como un cortocircuito o arranque de motor (Imran, Kullkarni y Murkute, 2017, p.3333).

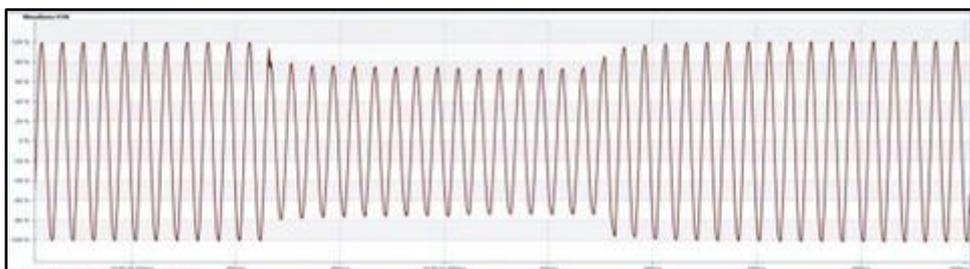


Figura 2: Sag de tensión en una sola fase

Fuente: Gómez (2009)

Swell's: son lo contrario a las caídas de tensión o Sag's, y son definidos como los aumentos instantáneos de 10% en la tensión nominal durante un periodo de

$\frac{1}{2}$ ciclo a 1 min, como se puede apreciar en la figura 3, son menos comunes que las caídas y suelen ocurrir por un fallo entre una línea y tierra (Imran, Kullkarni y Murkute, 2017, p.3333).

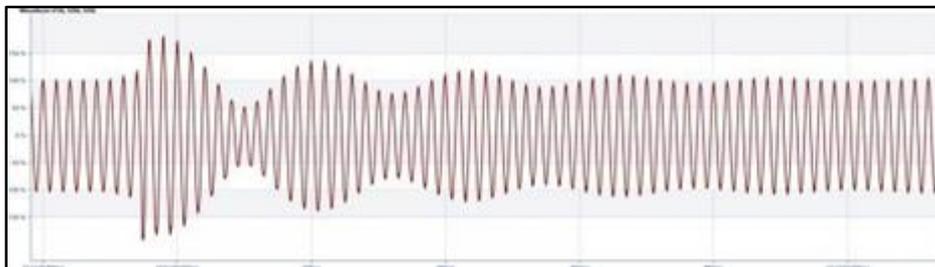


Figura 3: Swell de tensión en una sola fase

Fuente: Gómez (2009)

Armónicos: Son perturbaciones eléctricas las cuales afectan directamente la forma de la onda sinusoidal, con una duración de menos de un ciclo, se le podría definir entonces como una malformación de la corriente eléctrica. Estas perturbaciones se deben al uso de equipos que consumen energía de forma no lineal, esto quiere decir, de una forma no continua en el tiempo, esta manera de consumir energía de manera no lineal ocasiona que la corriente eléctrica se distorsione (Vera, Santamaria y Jaramillo, 2018, p.185).

El FP es definido como la relación entre la potencia útil (kW) y la potencia aparente (kVA) consumida por una carga en CA o una instalación eléctrica completa. Esta relación es una medida de que tan eficientemente la energía eléctrica se convierte en trabajo útil, cuanto más se aproxime a la unidad, más eficiente será. Un bajo FP se puede deber a la presencia de armónicos, una forma de onda distorsionada, o un desfase de onda entre tensión y corriente importante. Si el bajo nivel de FP se debe a la alta presencia de cargas inductivas, las cuales provocan dicho desfase, se debe suministrar potencia reactiva capacitiva al sistema para elevar el FP (Kabir, Mohsin y Khan, 2017, p.1).

De este modo se puede ver una estrecha relación entre las tres potencias y el FP presentes en un circuito eléctrico de CA, como se muestra en el triángulo de potencias de la figura 4.

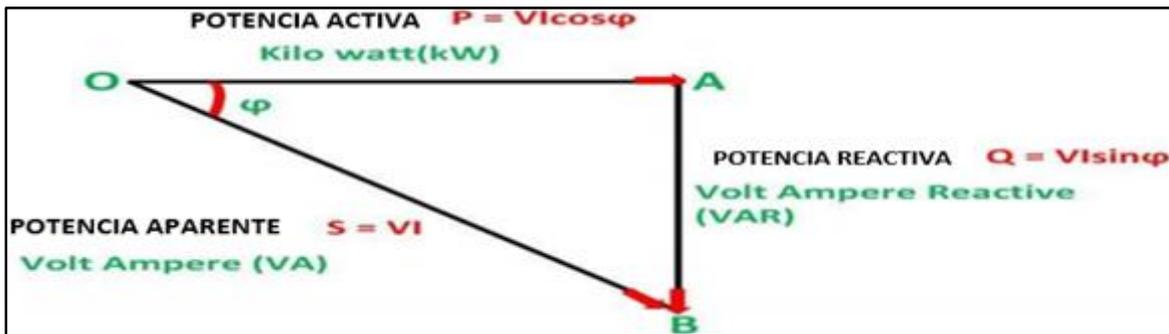


Figura 4: Triángulo de potencia

Fuente: Chaudhary et al (2018)

Como se observa en la figura, el FP o coseno de ϕ , representa al valor obtenido de la relación entre la potencia real de trabajo (kW) y la potencia total consumida (kVA).

Mayormente corregir el FP (PFC en sus siglas en ingles), es el hecho de compensar el desfase existente entre corriente y tensión, provocado por la presencia de cargas inductivas en el sistema. Para compensar dichas cargas se adiciona potencia reactiva capacitiva, mediante la implementación de capacitores, de este modo se disminuye el ángulo de desfase y aumenta el FP, tal y como se muestra en la figura 5, obteniendo de este modo una mejora en la eficiencia energética (Kabir, Mohsin y Khan, 2017, p.1).

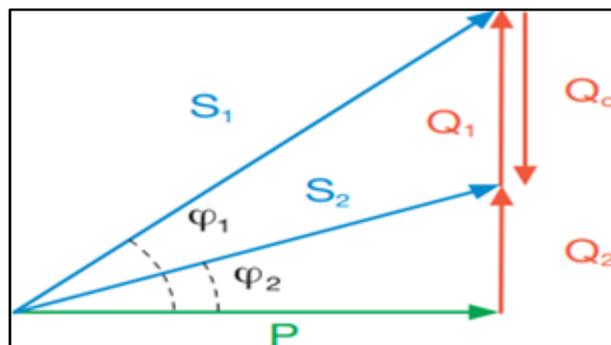


Figura 5: Triángulo de potencias con compensación

Fuente: Cuadernos técnicos grupo ABB (2011)

Como se aprecia en la figura, el (ϕ_1) corresponde al ángulo de desfase sin la presencia de un PFC, se destaca una gran potencia reactiva (Q_1), al igual que la potencia aparente (S_1). Presentarse este gran ángulo de desfase (ϕ_1), origina un FP bajo en el sistema actual. Mediante la adición de potencia reactiva capacitiva (Q_c), se reduce la potencia reactiva (Q_1), como se representa

mediante la flecha, hasta obtener la potencia reactiva (Q_2), lo que provoca un ángulo de desfase (φ_2) y una potencia aparente (S_2) menor, disminuir dicho ángulo, se relaciona con el aumento del FP y a la mejora de la eficiencia energética.

Aplicar el PFC, conlleva numerosas ventajas, entre las que se destaca: el incremento tanto de la eficiencia energética como de la vida útil de los equipos, el correcto dimensionamiento de conductores y equipamiento eléctrico, la reducción tanto de pérdidas en líneas, caídas de tensión, demanda eléctrica, y la eliminación de las penalizaciones por bajo FP, contribuyendo todo esto al ahorro en la facturación eléctrica (Chaudhary, Gurjar, Misra, Nishad y Jigar, 2018, p.3).

En la actualidad existen diversos sistemas para la producción de energía reactiva, de todos ellos, el más utilizado por su capacidad de emplearse en todos los niveles de tensión y tener un bajo coste de instalación y mantenimiento, es el banco de condensadores (ABB, 2011, p.10). Estos basan su funcionamiento en la capacidad de acumular y suministrar energía de los condensadores, tal y como se muestra en la figura 6.

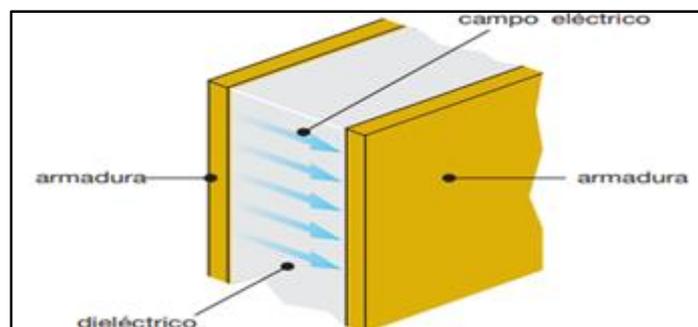


Figura 6: Condensador plano

Fuente: Cuadernos técnicos grupo ABB (2011)

Aplicando un CA entre las armaduras del condensador se origina un ciclo de carga y descarga, momento en el que se acumula energía reactiva que es inyectada al circuito al que está conectado.

Si bien los condensadores pueden ubicarse en cualquier punto, en baja tensión (BT) existen 3 modalidades principales. La primera de ellas sería la compensación global, como se muestra en la figura 7.

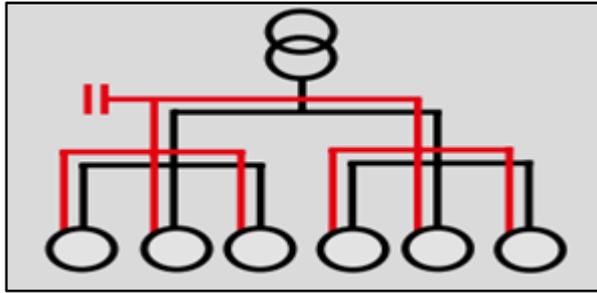


Figura 7: Compensación global

Fuente: Schneider Electric (2020)

Se instala en redes con varias cargas que trabajan de manera simultánea, logrando optimizar el coste de baterías de condensadores extra, pero no minimiza las pérdidas por calor en los conductores (Schneider, 2010).

El segundo tipo de disposición sería la compensación parcial, como se muestra en la figura 8.

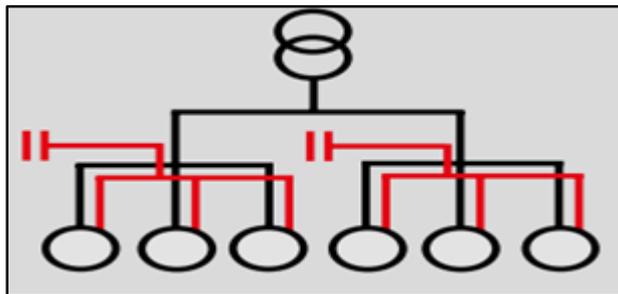


Figura 8: Compensación parcial

Fuente: Schneider Electric (2020)

Se conecta en distintas secciones del taller que presentan grupos de cargas con similares tiempos de operación, es un término medio entre la solución económica y eficiente (Schneider, 2010).

Por último, se encuentra la compensación individual, como la mostrada en la figura 9.

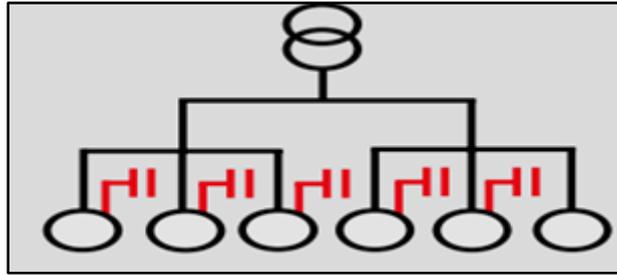


Figura 9: Compensación individual

Fuente: Schneider Electric (2020)

Esta se realiza conectando el condensador adecuado directamente en cada carga que necesite compensación reactiva, es el tipo más costoso, pero también el más eficiente, logrando disminuir las pérdidas por efecto joule en los conductores al mínimo. Debido al elevado costo es adecuado para grandes equipos con carga y FP constantes.

Indicadores de rentabilidad: Indicadores muy utilizados en el campo de las finanzas, miden la efectividad de la empresa para controlar costos y gastos, también permiten determinar los beneficios obtenidos para la empresa, dentro de estos indicadores podemos encontrar, el valor presente neto (VPN), retorno de inversión (ROI), costo beneficio (C/B) (Valencia, 2014, p.1).

Valor presente neto: Conocido por sus siglas VPN, se considera una herramienta de evaluación de inversiones a medio y largo plazo, ya que este permite determinar si la inversión cumple con el objetivo básico financiero, se podría decir que este nos permite conocer cuánto se ganaría o perdería en una inversión, también es conocida por ser empleada en el análisis de para la valoración de empresas cotizadas en la bolsa (Salomón, 2020, p.12)

Indicador costo beneficio: Se le considera una herramienta utilizada para comparar el costo invertido y el beneficio el cual se obtendría de este, esto permite realizar una buena toma de decisiones ante alguna compra o inversión. Para poder hallar el este indicador se tendría que hallar primero que todo la suma de todos los beneficios descontados y se dividiría entre la suma de todos los costos también descontados (Tian. et al., 2016, p.1).

Periodo de retorno de inversión: Conocido también como payback period, es el indicador con más popularidad para evaluar la viabilidad de las inversiones. El

período de recuperación, al ser un indicador estático, muestra al inversor el período de retorno de las inversiones dirigidas a la implementación del proyecto, puede revelar con precisión si son días, meses o años (Kurganova, 2020, p.147).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Se valió del tipo de investigación aplicada, la cual establece los usos del conocimiento obtenido mediante la investigación básica, conectando teoría y utilidad (Gulbrandsen y Kyvik, 2010). El presente trabajo corresponde a una investigación aplicada debido al uso del conocimiento básico obtenido en los cursos de instalaciones eléctricas, máquinas eléctricas y automatización, adquiridos en la carrera universitaria.

Diseño de investigación: El diseño de investigación empleado es el no experimental, que consiste en describir los fenómenos que ocurren naturalmente sin intervenir ni manipular ninguna variable (Radhakrishnan, 2013). Se usó el método no experimental debido a que se logrará el rediseño de la instalación eléctrica apropiada a las necesidades de la empresa, por medio de la toma de datos.

3.2. Variables y operacionalización

Tabla 1: Matriz de operacionalización de variables.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLE DE ESTUDIO INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
SISTEMA ELÉCTRICO TRIFÁSICO	Potencia eléctrica aprovechable para producir un trabajo (Chapman, 2016).	Potencia real consumida en la instalación eléctrica de la empresa.	kW	RAZÓN
	Potencia eléctrica encargada de producir el campo magnético necesario para el funcionamiento de equipos eléctricos (Chapman, 2016).	Potencia eléctrica perdida, ocasionada por cargas inductivas.	kVAr	RAZÓN
VARIABLE DE ESTUDIO DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VIABILIDAD TÉCNICA	Característica tecnología involucrada en el proyecto, que determina si es posible resolver problemas de manera eficiente.	Se asegura el cumplimiento de las metas y objetivos.	$\cos\varphi \frac{P}{S}$	RAZÓN
VIABILIDAD ECONÓMICA	Rentabilidad necesaria para compensar los posibles riesgos que se pueden originar en la viabilidad del proyecto. (Leonardo, 2018).	Determinar si los beneficios obtenidos son mayores a los recursos utilizados.	VPN B/C ROI	RAZÓN

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: La población seleccionada en la presente investigación, está constituida por el sistema eléctrico de las empresas dedicadas al rubro metalmecánico ubicadas en Trujillo en el año 2020.

Muestra: Se tomará como muestra el sistema eléctrico de la empresa metal mecánica FÉNIX MAQUINARIAS S.A.C.

Muestreo: Aleatorio.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizarán principalmente 2 métodos para la recolección de datos:

Como primer método, se realizará análisis documental, para ello consultamos distintos tipos de documentos, tales como tesis, libros, artículos de investigación, etc. Como segundo método se tiene la toma de datos mediante placas de datos, facturación eléctrica, y equipos de medición como la pinza amperimétrica y analizadores de redes, ambos métodos son plasmados en la tabla número 2. Todo esto es validado por 3 expertos especialistas en el tema tratado, brindando fiabilidad a los datos obtenidos, esto puede ser encontrado en el Anexo 18 del presente estudio.

Tabla 2: Técnicas de recolección de datos

TÉCNICAS	USO	INSTRUMENTO
Análisis documental	Recolectar información de fuentes confiables.	Tesis, libros, artículos de investigación, manuales.
Toma de datos	Recolectar datos y parámetros	Facturas, placas, pinza amperimétrica, analizador de redes, diagramas unifilares.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Procedimientos

El presente proyecto de investigación, tiene como propósito la optimización la instalación eléctrica de la empresa FÉNIX MAQUINARIAS S.A.C., debido a los beneficios tanto técnicos como económicos que aportaría esta mejora, se procedió a la evaluación de su sistema eléctrico.

- Se realizó un análisis detallado de las instalaciones eléctricas de la empresa para así poder tener conocimiento de las condiciones en las que están, esto implica la revisión del tablero general y el único tablero de distribución existente para saber si cuentan con todos los dispositivos de seguridad, también el estado del cableado eléctrico, el estado de las conexiones a las máquinas, la presencia de puesta a tierra para cada circuito necesario y si estas tienen los niveles mínimos solicitados por el CNE - Utilización.
- Se procedió a realizar un análisis de los posibles riesgos eléctricos a la seguridad del personal que presenta la actual instalación eléctrica de la empresa y por medio de levantamiento de fichas técnicas y tablas de daños por deterioro eléctrico se analizará los daños que provoca la instalación al equipo de la empresa.
- Se elaboró una mejora de las instalaciones eléctricas, esto implica la selección por medio de cálculo de los conductores e interruptores termomagnéticos adecuados para cada tablero de distribución presente en el taller.
- Se realizó un análisis de calidad de las instalaciones eléctricas de la empresa, para ello se usará un analizador de redes el cual nos proporcionará datos como las potencias presentes, el factor de potencia de la empresa y el nivel de armónicos presentes, este estará conectado al tablero general de distribución por un periodo de 7 días y con un intervalo de 15 min tal y como estipula la norma técnica de control de servicios

eléctricos, a la vez que se hace uso de una pinza amperimétrica para medir el amperaje de distintos circuitos presentes en la empresa.

- Se diseñó un banco de condensadores para elevar el factor de potencia actual de la empresa hasta niveles óptimos, esto se realizará por medio de los datos obtenidos por el analizador de redes, fórmulas de compensación reactiva y sus componentes serán seleccionados y dimensionados mediante tablas de fabricantes.
- Se elaboró un estudio por cálculo de ingeniería, donde se muestren las mejoras técnicas que presenta el diseño de sistemas de compensación reactiva propuestos. A la vez que por medio de indicadores como valor presente neto, beneficio/costo y retorno de inversión, se indicara el posible beneficio económico presente por la mejora en la calidad energética de la empresa. Todo esto expresado en tablas realizadas en plantillas Excel.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos serán procesados por medio de fórmulas y tablas de fabricante realizados en plantillas de Excel para agilizar el desarrollo del cálculo y el análisis de tablas y gráficos. Por medio de indagación bibliográfica se definirá el diseño adecuado para el caso estudiado.

3.7. Aspectos éticos

En la actual investigación se disponen los siguientes aspectos éticos: originalidad, donde se citará toda fuente bibliográfica de la información mostrada en la investigación, a fin de exponer el origen del contenido. Veracidad, toda la información mostrada es verdadera. Consentimiento, los encargados de brindar la información, decidirán por ellos mismos si participan en la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación del estado del sistema eléctrico de la empresa

4.1.1. Recopilación de información:

Toda información obtenida de la empresa Fénix Maquinarias S.A.C., es facilitada por representantes de la misma, esta tendrá el propósito de conocer el estado actual de su instalación eléctrica.

4.1.2. Datos de la empresa:

La empresa Fénix Maquinarias S.A.C., se dedica al rubro metalmecánico, específicamente a la construcción de maquinaria para la industria alimentaria. Sus principales productos son, cocedoras de alcachofas, lavadoras de pimientos, fajas de envasado y calibradoras de alcachofas. La empresa está subdividida en 3 principales áreas donde se trabaja desde las 7:30 hasta las 17:00 horas, cumpliendo un total de 9 horas y media diarias seguidas de consumo eléctrico.

4.1.3. Descripción de las áreas de trabajo que constituyen la empresa:

La empresa esta subdividida en 3 áreas principales donde se trabaja de forma continua durante el horario laboral, estas se describen a continuación:

4.1.3.1. Construcción:

Área donde se ensamblarán las piezas y elementos que conforman la totalidad de la máquina, es el área de la planta con mayor superficie, como se muestra en la figura 10. La carga eléctrica está constituida por equipos tanto de soldadura como de rectificado y luminarias, el número exacto de estos se muestra en la tabla 26 de potencia instalada.



Figura 10: Área de construcción

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.2. Corte:

Área donde se procede al corte de estructuras metálicas, empleando el control numérico por computadora, o CNC. Este proceso es realizado por medio de máquinas de corte laser o por chorro de agua como se muestra en la figura 11. La carga está constituida por 2 máquinas de corte laser y 1 de corte por chorro de agua, a parte de las luminarias, tal y como se describe en la tabla 26 de potencia instalada.



Figura 11: Máquina de corte por chorro de agua del área de corte

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.3. Maquinado:

Área donde se dan los últimos acabados a elementos que van a ir a la sección de montaje, la máquina herramienta más utilizada en este procedimiento es el torno tal y como se muestra en la figura 12, a parte del torno las cargas que comprenden esta área son las luminarias y fresadoras, tal y como se muestra en la tabla 26 de potencia instalada.



Figura 12: Área de maquinado

Fuente: Elaboración propia.

El estado actual del sistema eléctrico de la empresa se determinó por medio de una inspección visual, describiendo de manera breve y detallada en una tabla, el estado de las conexiones, cableado y contactos presentes en las 3 áreas de la empresa y el tablero general, las tablas completas se pueden apreciar en el Anexo 2.

Tabla 3: Resultados de inspección general realizada en las áreas de la empresa Fénix Maquinarias

Nº	Área	Cableado	Protección de circuitos	Tablero de distribución
1	Corte	Subdimensionados	Sobredimensionado	Deficiente
2	Construcción	Subdimensionados	Ausente/ Subdimensionado	Ausente
3	Maquinado	Subdimensionados	Ausente/ Subdimensionado	Deficiente

Fuente: Elaboración propia.

Luego de la inspección visual, también se llegó a determinar el estado de las instalaciones por medio de la revisión de los diagramas unifilares de los tableros existentes, los cuales nos fueron proporcionados por la misma empresa en estudio, estos se pueden apreciar en el Anexo 3. Se llegó a determinar que la empresa cuenta con los siguientes fallos:

- Mal dimensionamiento de Cableado: Se puede observar que el cableado en la empresa se encuentra subdimensionado, tanto el tendido eléctrico como los cables que derivan a cada tablero, esto constituye los principales factores que

generan un desperdicio de energía, incluso son los causantes de fallos como sobrecalentamiento, choques eléctricos, caídas de tensión, causando estas deficiencias en la seguridad y en el rendimiento de las maquinarias. En las áreas de la empresa se determinó que el cableado es incorrecto, por ejemplo en el Área de Corte el cableado se encuentra subdimensionado dado a que cuentan con un cable de 6 mm^2 cuando tendrían que contar con un cable de 10 mm^2 , también en el Área de Maquinado el cableado se encuentra subdimensionado dado a que cuentan con un cable de 10 mm^2 cuando tendrían que contar con un cable de 50 mm^2 , finalmente en el Área de Construcción el cableado se encuentra subdimensionado dado a que cuentan cable de sección de 10 mm^2 cuando tendrían que contar con un cable de 50 mm^2 . Cabe resaltar que, en algunos circuitos derivados de fuerza podemos encontrar un seccionamiento menor de $2,5 \text{ mm}^2$, siendo este rechazado como válido según el CNE en la norma 030-002 (Código Nacional de Electricidad – Utilización, 2006, “sección 30”, p.1).

- Mal uso de Interruptores termomagnéticos: Se pudo notar que en la empresa hacen un mal uso de estos dispositivos, dado a que los sobrecargan, conectan más de una carga en un solo interruptor superando así la carga para los cuales estos fueron diseñados. También se apreció que en algún caso aislado no se hace uso de este dispositivo, contrario a esto conectan la máquina al tendido eléctrico y en otros muchos casos los interruptores están subdimensionado, incumpliendo lo establecido por el Código Nacional de Electricidad el cual nos dice en la norma 080-512 que los interruptores para uso general de 380 V de corriente alternan no deben ser menor a 15 A (Código Nacional de Electricidad – Utilización, 2006, “sección 080”, p.16).

4.2. Análisis de riesgos y daños de las instalaciones eléctricas

A continuación, se realizará el análisis de cada tablero existente en la empresa. Es necesario resaltar que la abreviatura sobre hace referencia a que el dimensionamiento es sobredimensionado y sub, subdimensionado.

En la siguiente tabla se puede apreciar la sección del cable y la intensidad del interruptor del área de corte, esto nos permite saber si se encuentran correctamente dimensionados y la consecuencia si es que no lo están.

Tabla 4: Análisis de riesgos y daños área corte

TABLERO ÁREA CORTE					
CIRCUITO	CABLE (mm ²)	INTERRUPTOR (A)	DIMENSIONAMIENTO		CONSECUENCIA
			CABLE	INTERRUPTOR	
Interruptor general	10	160	Sobre	Sobre	-Gasto extra de dinero -Falta de protección a cable y a máquina
Cortadora Laser HSG3015A	6	100	Sobre	Sobre	-Gasto extra de dinero
Cortadora Laser HSG3015C	6	50	Sobre	Sobre	-Gasto extra de dinero
Cortadora chorro de agua	6	75	sub	Sub	- Sobrecalentamiento de conductor - Sobrecarga de interruptor
Bomba chorro de agua	6	32	Sobre	Sobre	-Gasto extra de dinero

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla gran parte tanto de cableado como los sistemas de protección del área se encuentran sobredimensionados, presentando una ineficiencia a la hora de proteger frente a cortocircuitos tanto al cableado como a equipo en sí mismo.

Tabla 5: Análisis de riesgos y daños área maquinado

TABLERO ÁREA MAQUINADO					
CIRCUITO	CABLE (mm ²)	INTERRUPTOR (A)	¿CORRECTAMENTE DIMENSIONADO?		CONSECUENCIA
			CABLE	INTERRUPTOR	
Interruptor general	10	63	Sub	Sub	Sobrecalentamiento de conductor - Sobrecarga de interruptor
Torno (x3)	6	40	Sub	Sub	- Sobrecarga de interruptor - Sobrecalentamiento de conductor
Torno (x2)	6	32	Sub	Sub	Sobrecalentamiento de conductor - Sobrecarga de interruptor
Fresadora (x2)	6	32	Sobre	Sobre	-Gasto extra de dinero

Fuente: Elaboración propia.

Casi todo elemento del área de maquinado está subdimensionado, lo que ocasiona sobrecalentamiento en conductores, conjunto a todos los riesgos que esto representa, tanto para la maquinaria como a la seguridad del operario.

Tabla 6: Análisis de riesgos y daños tablero general

TABLERO GENERAL					
CIRCUITO	CABLE (mm ²)	INTERRUPTOR (A)	¿CORRECTAMENTE DIMENSIONADO?		CONSECUENCIA
			CABLE	INTERRUPTOR	
Interruptor general	35	250	Sub	Sub	- Sobrecalentamiento de conductor e interruptor
Interruptor área corte	10	160	Sobre	Sobre	-Gasto extra de dinero
Interruptor taller	10	100	sub	Sub	Sobrecalentamiento de conductor - Sobrecarga de interruptor
Interruptor oficina	6	32	Sub	Sub	Sobrecalentamiento de conductor - Sobrecarga de interruptor
Interruptor bomba	6	4	Sobre	Sub	-Gato extra de dinero -Sobrecarga de interruptor

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Mejoramiento de las Instalaciones Eléctricas

Se tendrá en cuenta la instalación existente y se analizará ciertos parámetros, para plantear las mejoras que se requieran. Cuentan con un transformador trifásico de 100 kVA el cual les permite trabajar con una tensión de 380 V y la instalación se está diseñando con un factor de potencia mejorado de 0.98. La empresa está conformada por 3 áreas de trabajo y una oficina en la cual se usan cargas monofásicas.

Para proponer mejoras en los tableros de las instalaciones eléctricas se utilizó el método de intensidad máxima admisible, la cual consiste en calcular una intensidad nominal (I_n) y partiendo de eso dimensionar los interruptores termomagnéticos y conductores. Para poder realizar el cálculo necesitamos valores como la potencia del circuito, conocer el sistema y la tensión con la que se trabaja y saber el factor de potencia del sistema eléctrico.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\sigma} \dots\dots\dots(1)$$

Dónde:

I_n = Intensidad nominal

P= Potencia

$\sqrt{3}$ = Constante por sistema trifásico

$\cos\sigma$ = Factor de potencia

4.3.1. Tablero de distribución del Área de Corte (TD1)

4.3.1.1. Cálculo de intensidad nominal e intensidad máxima admisible de interruptores termomagnéticos y conductores.

En base a la fórmula 1 se puede hallar la intensidad nominal (I_n) y a partir de esta las demás intensidades necesarias para poder seleccionar interruptores y conductores, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

El procedimiento del cálculo se detalló en el Anexo 4 del presente estudio.

Tabla 7: Cálculo de Intensidad Nominal del Área de Corte

Equipo (Alimentación trifásica)	Potencia (W)	Intensidad Nominal (A)	Capacidad mínima del Conductor (A)
Interruptor general	21520	33.36	41.7
Luminarias	320	0.50	-
Cortadora Laser HSG3015A	1500	2.33	-
Cortadora Laser HSG3015C	1000	1.55	-
Cortadora chorro de agua	15000	23.26	29.08
Bomba chorro de agua	3700	5.74	-

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2. Selección de cableado, interruptores termomagnéticos e interruptores diferenciales

4.3.1.3. Selección de interruptores termomagnéticos.

En el caso de selección de interruptores termomagnéticos, referencialmente se puede seleccionar un amperaje cercano a la intensidad nominal (I_n) por 1.50, de acuerdo al tipo de carga que alimenta al circuito.

Tabla 8: Selección de interruptores termomagnéticos del Área de Corte

SELECCIÓN DE INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS				
CIRCUITO	In (A)	Nº POLOS	CAPACIDAD DE RUPTURA (kA)	CURVA DE DISPARO
Interruptor general	63	3	20	D
Luminarias	15	3	10	D
Cortadora láser HSG3015A	15	3	10	D
Cortadora láser HSG3015C	15	3	10	D
Cortadora chorro de agua	32	3	10	D
Bomba chorro de agua	15	3	10	D

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.4. Selección de conductor eléctrico

En el caso del seccionamiento de los conductores eléctricos la intensidad nominal (I_n) se multiplica por 1.25 para tener una capacidad de amperaje en un 25% por encima del valor de la intensidad teórica.

Tabla 9: Selección de conductor eléctrico del Área de Corte

SELECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS				
CIRCUITO	In (A)	SECCIÓN (mm^2)	SECCIÓN CABLE A TIERRA (mm^2)	TIPO DE CONDUCTOR
Interruptor general	41.7	16	-	LSOH-80
Luminarias	0.63	2.5	2.5	LSOH-80
Cortadora láser HSG3015A	2.91	2.5	2.5	LSOH-80
Cortadora láser HSG3015C	1.94	2.5	2.5	LSOH-80
Cortadora chorro de agua	29.08	6	6	LSOH-80
Bomba chorro de agua	7.18	2.5	2.5	LSOH-80

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, los interruptores diferenciales fueron seleccionados tomando como referencia la intensidad de los interruptores termomagnéticos de cada circuito.

Tabla 10: Tabla resumen del tablero de distribución del Área de Corte

RESUMEN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE CORTE										
CIRCUITO	In	CAPACIDAD MÍNIMA DEL CONDUCTOR (A)	CONDUCTOR		INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO-TRIFÁSICO			INTERRUPTOR DIFERENCIAL		
			SECCIÓN (mm ²)	CAPACIDAD EN DUCTO (A)	In (A)	Icc (Ka)	CURVA	In (A)	(mA)	CLASE
Interruptor general	33.36	41.7	16	71	63	20	D	-	-	-
Luminarias	0.50	0.63	2.5	24	15	10	D	16	30	AC
Cortadora láser HSG3015A	2.33	2.91	2.5	24	15	10	D	16	30	AC
Cortadora láser HSG3015C	1.55	1.94	2.5	24	15	10	D	16	30	AC
Cortadora chorro de agua	23.26	29.08	6	39	32	10	D	32	30	AC
Bomba chorro de agua	5.74	7.18	2.5	24	15	10	D	16	30	AC

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

In: Intensidad nominal

Icc: Intensidad cortocircuito

4.3.2. Tablero de distribución del Área de Maquinado (TD2)

4.3.2.1. Cálculo de intensidad nominal e intensidad máxima admisible de interruptores termomagnéticos y conductores

En base a la fórmula 1 se puede hallar la intensidad nominal (I_n) y a partir de esta las demás intensidades necesarias para poder seleccionar interruptores y cables.

Tabla 11: Cálculo de intensidad nominal del Área de Maquinado

Equipo (Alimentación trifásica)	Potencia (W)	Intensidad Nominal (A)	Capacidad mínima del Conductor (A)
Tablero general	54720	84.34	105.43
Luminarias	320	0.50	-
Torno 1	10000	15.50	-
Torno 2	10000	15.50	-
Torno 3	10000	15.50	-
Torno 4	10000	15.50	-
Torno 5	10000	15.50	-
Fresadora 1	2200	3.41	-
Fresadora 2	2200	3.41	-

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.2. Selección de cableado, interruptores termomagnéticos e interruptores diferenciales

4.3.2.3. Selección de interruptores termomagnéticos

En el caso de selección de interruptores termomagnéticos, referencialmente se puede seleccionar un amperaje cercano a la intensidad nominal (I_n) por 1.50, de acuerdo al tipo de carga que alimenta al circuito.

Tabla 12: Selección de interruptores termomagnéticos del Área de Maquinado

SELECCIÓN DE INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS				
CIRCUITO	In (A)	Nº POLOS	CAPACIDAD DE RUPTURA (kA)	CURVA DE DISPARO
Tablero general	150	3	25	D
Luminarias	15	3	10	D
Torno 1	25	3	10	D
Torno 2	25	3	10	D
Torno 3	25	3	10	D
Torno 4	25	3	10	D
Torno 5	25	3	10	D
Fresadora 1	15	3	10	D
Fresadora 2	15	3	10	D

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.4. Selección de conductor eléctrico

En el caso del seccionamiento de los conductores eléctricos la intensidad nominal (I_n) se multiplica por 1.25 para tener una capacidad de amperaje en un 25% por encima del valor de la intensidad teórica.

Tabla 13: Selección de conductor eléctrico del Área de Maquinado

SELECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS				
CIRCUITO	In (A)	SECCIÓN (mm^2)	SECCIÓN CABLE A TIERRA (mm^2)	TIPO DE CONDUCTOR
Interruptor general	105.43	70	-	LSOH-80
Luminarias	0.63	2.5	2.5	LSOH-80
Torno 1	18.38	4	4	LSOH-80
Torno 2	18.38	4	4	LSOH-80
Torno 3	18.38	4	4	LSOH-80
Torno 4	18.38	4	4	LSOH-80
Torno 5	18.38	4	4	LSOH-80
Fresadora 1	4.26	2.5	2.5	LSOH-80
Fresadora 2	4.26	2.5	2.5	LSOH-80

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, los interruptores diferenciales fueron seleccionados tomando como referencia la intensidad de los interruptores termomagnéticos de cada circuito.

Tabla 14: Tabla resumen del tablero de distribución del Área de Maquinado

RESUMEN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE MAQUINADO										
CIRCUITO	In	CAPACIDAD MÍNIMA DEL CONDUCTOR (A)	CONDUCTOR		INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO-TRIFÁSICO			INTERRUPTOR DIFERENCIAL		
			SECCIÓN (mm ²)	CAPACIDAD EN DUCTO (A)	In (A)	Icc (Ka)	CURVA	In (A)	(mA)	CLASE
Tablero general	84.34	105.43	70	171	150	25	D	-	-	-
Luminarias	0.50	0.63	2.5	24	15	10	D	16	30	AC
Torno 1	15.50	18.38	4	31	25	10	D	25	30	AC
Torno 2	15.50	18.38	4	31	25	10	D	25	30	AC
Torno 3	15.50	18.38	4	31	25	10	D	25	30	AC
Torno 4	15.50	18.38	4	31	25	10	D	25	30	AC
Torno 5	15.50	18.38	4	31	25	10	D	25	30	AC
Fresadora 1	3.41	4.26	2.5	24	15	10	D	16	30	AC
Fresadora 2	3.41	4.26	2.5	24	15	10	D	16	30	AC

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Tablero de distribución del Área de Construcción (TD3)

4.3.3.1. Cálculo de intensidad nominal e intensidad máxima admisible de interruptores termomagnéticos y conductores.

En base a la fórmula 1 se puede hallar la intensidad nominal (I_n) y a partir de esta las demás intensidades necesarias para poder seleccionar interruptores y cableado.

Tabla 15: Cálculo de Intensidad Nominal del Área de Construcción

Equipo (Alimentación trifásica)	Potencia (W)	Intensidad Nominal (A)	Capacidad mínima del Conductor (A)
Tablero general	55872	86.62	108.28
Luminarias	640	0.99	-
Cortadora de placa	15000	23.26	29.08
Dobladora	18500	28.68	35.85
Soldadora MIG 1	9000	13.95	-
Soldadora MIG 2	9000	13.95	-
Compresora de aire	10000	15.50	-
Roladora	3700	5.74	-
Prensa hidráulica	4000	6.20	-

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.2. Selección de cableado, interruptores termomagnéticos e interruptores diferenciales

4.3.3.3. Selección de interruptores termomagnéticos

En el caso de selección de interruptores termomagnéticos, referencialmente se puede seleccionar un amperaje cercano a la intensidad nominal (I_n) por 1.50, de acuerdo al tipo de carga que alimenta al circuito.

Tabla 16: Selección de interruptores termomagnéticos del Área de Construcción

SELECCIÓN DE INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS				
CIRCUITO	In (A)	Nº POLOS	CAPACIDAD DE RUPTURA (kA)	CURVA DE DISPARO
Tablero general	150	3	25	D
Luminarias	15	3	10	D
Cortadora de placa	40	3	10	D
Dobladora	50	3	10	D
Soldadora MIG 1	25	3	10	D
Soldadora MIG 2	25	3	10	D
Compresora de aire	25	3	10	D
Roladora	15	3	10	D
Prensa hidráulica	15	3	10	D

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.4. Selección de conductor eléctrico

En el caso del seccionamiento de los conductores eléctricos la intensidad nominal (In) se multiplica por 1.25 para tener una capacidad de amperaje en un 25% por encima del valor de la intensidad teórica.

Tabla 17: Selección de conductor eléctrico del Área de Construcción

SELECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS				
CIRCUITO	In (A)	SECCIÓN (mm ²)	SECCIÓN CABLE A TIERRA (mm ²)	TIPO DE CONDUCTOR
Interruptor general	108.28	70	-	LSOH-80
Luminarias	1.24	2.5	2.5	LSOH-80
Cortadora de placa	29.08	10	6	LSOH-80
Dobladora	35.85	10	6	LSOH-80
Soldadora MIG 1	17.44	4	4	LSOH-80
Soldadora MIG 2	17.44	4	4	LSOH-80
Compresora de aire	19.38	4	4	LSOH-80
Roladora	7.18	2.5	2.5	LSOH-80
Prensa hidráulica	7.75	2.5	2.5	LSOH-80

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, los interruptores diferenciales fueron seleccionados tomando como referencia la intensidad de los interruptores termomagnéticos de cada circuito.

Tabla 18: Tabla resumen del tablero de distribución del Área de Construcción

RESUMEN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN										
CIRCUITO	In	CAPACIDAD MÍNIMA DEL CONDUCTOR (A)	CONDUCTOR		INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO- TRIFÁSICO			INTERRUPTOR DIFERENCIAL		
			SECCIÓN (mm ²)	CAPACIDAD EN DUCTO (A)	In (A)	Icc (Ka)	CURVA	In (A)	(mA)	CLASE
Tablero general	86.62	108.28	70	171	150	25	D	-	-	-
Luminarias	0.99	1.24	2.5	24	15	10	D	16	30	AC
Cortadora de placa	23.26	29.08	10	51	40	10	D	40	30	AC
Dobladora	28.68	35.85	10	51	50	10	D	50	30	AC
Soldadora MIG 1	13.95	17.44	4	31	25	10	D	25	30	AC
Soldadora MIG 2	13.95	17.44	4	31	25	10	D	25	30	AC
Compresora de aire	15.50	19.38	4	31	25	10	D	25	30	AC
Roladora	5.74	7.18	2.5	24	15	10	D	16	30	AC
Prensa hidráulica	6.20	7.75	2.5	24	15	10	D	16	30	AC

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. Tablero de distribución Área de Taller (TD4)

4.3.4.1. Cálculo de intensidad de diseño e intensidad máxima admisible de interruptores termomagnéticos y conductores

En base a la fórmula 1 se puede hallar la intensidad nominal (I_n) y a partir de esta las demás intensidades necesarias para poder seleccionar interruptores y cables.

Tabla 19: Cálculo de Intensidad Nominal del Área de Taller

Equipo	Potencia (W)	Intensidad nominal (A)	Capacidad mínima del Conductor (A)
Interruptor general	11718	18.17	22.71
Oficina	3000	13.91	-
Amoladora 1	1010	4.68	-
Amoladora 2	1010	4.68	-
Amoladora 3	1010	4.68	-
Soldadora stick 1	2000	9.28	-
Soldadora stick 2	3500	16.23	-
Soldadora tic	2000	9.28	-

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.2. Selección de cableado, interruptores termomagnéticos e interruptores diferenciales

4.3.4.3. Selección de interruptores termomagnéticos

En el caso de selección de interruptores termomagnéticos, referencialmente se puede seleccionar un amperaje cercano a la intensidad nominal (I_n) por 1.50, de acuerdo al tipo de carga que alimenta al circuito.

Tabla 20: Selección de interruptores termomagnéticos del Área de Taller

SELECCIÓN DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS				
CIRCUITO	In (A)	Nº POLOS	CAPACIDAD DE RUPTURA (kA)	CURVA DE DISPARO
Interruptor general	32	3	20	D
Oficina	20	2	10	C
Amoladora 1	10	2	10	D
Amoladora 2	10	2	10	D
Amoladora 3	10	2	10	D
Soldadora stick 1	15	2	10	D
Soldadora stick 2	25	2	10	D
Soldadora tic	15	2	10	D

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.4. Selección de conductor eléctrico

En el caso del seccionamiento de los conductores eléctricos la intensidad nominal (In) se multiplica por 1.25 para tener una capacidad de amperaje en un 25% por encima del valor de la intensidad teórica.

Tabla 21: Selección de conductor eléctrico del Área de Taller

SELECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS				
CIRCUITO	In (A)	SECCIÓN (mm ²)	SECCIÓN CABLE A TIERRA (mm ²)	TIPO DE CABLE
Interruptor general	22.71	10	-	LSOH-80
Oficina	34.79	10	2.5	LSOH-80
Amoladora 1	5.85	2.5	2.5	LSOH-80
Amoladora 2	5.85	2.5	2.5	LSOH-80
Amoladora 3	5.85	2.5	2.5	LSOH-80
Soldadora stick 1	11.6	2.5	2.5	LSOH-80
Soldadora stick 2	20.29	4	4	LSOH-80
Soldadora tic	11.6	2.5	2.5	LSOH-80

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, los interruptores diferenciales fueron seleccionados tomando como referencia la intensidad de los interruptores termomagnéticos de cada circuito.

Tabla 22: Tabla resumen del tablero de distribución del Área de Taller

RESUMEN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE TALLER										
CIRCUITO	In	CAPACIDAD MÍNIMA DEL CONDUCTOR (A)	CONDUCTOR		INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO			INTERRUPTOR DIFERENCIAL		
			SECCIÓN (mm ²)	CAPACIDAD EN DUCTO (A)	In (A)	Icc (Ka)	CURVA	In (A)	(mA)	CLASE
Interruptor general (3φ)	18.17	22.71	10	51	32	20	D	-	-	-
Oficina (1φ)	13.91	17.39	2.5	24	20	10	C	40	30	A
Amoladora 1 (1φ)	4.68	5.85	2.5	24	15	10	D	25	30	C
Amoladora 2 (1φ)	4.68	5.85	2.5	24	15	10	D	25	30	C
Amoladora 3 (1φ)	4.68	5.85	2.5	24	15	10	D	25	30	C
Soldadora stick 1 (1φ)	9.28	11.6	2.5	24	15	10	D	25	30	C
Soldadora stick 2 (1φ)	16.23	20.29	4	24	25	10	D	40	30	C
Soldadora tic (1φ)	9.28	11.6	2.5	24	15	10	D	25	30	C

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5. Tablero General

En esta tabla se puede observar la intensidad de cada interruptor termomagnético general de cada área, la sección y tipo de cable ideal y la distancia de cable tablero general – tableros de distribución, esto fue calculado en base a las cargas totales presentes en cada área, indicadas en la tabla n°22 de potencia instalada.

Tabla 23: Distribución del Tablero General

DISTRIBUCIÓN DE TABLEROS						
TABLERO	CARGA TOTAL (W)	DISTANCIA CON TG (m)	INTERRUPTOR-TRIFÁSICOS (A)	I _{cc} (kA)	CONDUCTOR (mm ²)	TIPO DE CABLE
TG	144573	-	3x300	36	150	LSOH-80
TD1	21520	35	3x63	20	16	LSOH-80
TD2	54720	40	3x150	25	70	LSOH-80
TD3	55872	65	3x150	25	70	LSOH-80
TD4	11718	20	3x32	20	10	LSOH-80

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

TG: Tablero general

TD1: Tablero de distribución del Área de Corte

TD2: Tablero de distribución del Área de Maquinado

TD3: Tablero de distribución del Área de Construcción

TD4: Tablero de distribución del Área de Taller

En el caso de los conductores, se está recomendando el cable LSOH-80 dado a que es un cable libre de halógenos y es recomendado para el uso industrial. Cada circuito calculado fue plasmado en diagramas unifilares, estos se pueden encontrar en el Anexo 6 del presente estudio, al igual un plano con la ubicación de cada tablero en la empresa, este se ubica en el Anexo 7.

Por otro lado, se diseñó el cableado de puesta a tierra (uno por cada tablero), en cada diagrama unifilar, como fue mencionado ya antes, este se ubica en el Anexo 6. Para seleccionar el tipo de cable se debe consultar las tablas N° 16 y

17 del Código Nacional de Electricidad – Utilización ubicada en el anexo 5. Cabe resaltar que por exigencia del CNE el cable tiene que ser de color verde o amarillo.

También se realizó el cálculo de intensidades con el factor de potencia actual (0.71) para hacer la comparación entre la diferencia de dimensionamiento de interruptores termomagnéticos y cables, esto se plasmó en el Anexo 8 de este estudio.

4.3.6. Caída de tensión:

La resistencia con la que cuentan los conductores da lugar a pérdidas o caídas de tensión en las líneas, por ello es que con las siguientes formulas podemos hallar la caída de tensión para poder conocer si es correcto el dimensionamiento del cable. Una de las fórmulas nos permite hallar la caída de tensión permitida a base de datos del conductor y la potencia del circuito y la otra nos permite conocer el porcentaje de caída de tensión (Roldán, 2017, p. 71).

$$E = \frac{P \times L}{C \times S \times U} \dots \dots (2)$$

Dónde:

E= Caída de tensión permitida

P= Potencia (W)

L= Longitud del conductor (m)

C= Conductividad del conductor

S= Sección del conductor (mm^2)

U= Tensión

$$\%_{regulación} = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100 \dots \dots (3)$$

Dónde:

ΔV = Caída de tensión permitida

V_s = Tensión

En la siguiente tabla se recopila datos fundamentales para hallar la caída de tensión, datos como distancia entre circuitos, potencia de circuitos, longitud y sección de conductores y el resultado del cálculo de caída de tensión.

Tabla 24: Datos para calcular la Caída de tensión

DATOS CAÍDA DE TENSIÓN			
DISTANCIA CIRCUITOS	POTENCIA CIRCUITO (w)	LONGITUD CONDUCTOR (m)	SECCIÓN CONDUCTOR (mm ²)
Transformador - F1	98000	12	150
F1 - TG	144813	1	150
TG - TD1	21520	35	16
TG - TD2	55872	40	70
TG - TD3	54720	65	70
TG - TD4	11718	20	10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Cálculo de Caída de tensión

CAÍDA DE TENSIÓN EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS			
CIRCUITOS	CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN		CAÍDA DE TENSIÓN (%)
	$E = \frac{P \times L}{C \times S \times U}$	$\%_{regulación} = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100$	
Transformador - F1	$E = \frac{98000 \times 12}{56 \times 150 \times 380} = 0.37$	$\%_{regulación} = \frac{0.38}{380} \times 100$	0.1
F1 - TG	$E = \frac{144813 \times 1}{56 \times 70 \times 380} = 0.09$	$\%_{regulación} = \frac{0.09}{380} \times 100$	0.02
TG - TD1	$E = \frac{21760 \times 35}{56 \times 16 \times 380} = 2.24$	$\%_{regulación} = \frac{2.24}{380} \times 100$	0.59
TG - TD2	$E = \frac{55872 \times 40}{56 \times 70 \times 380} = 1.50$	$\%_{regulación} = \frac{1.50}{380} \times 100$	0.39
TG - TD3	$E = \frac{54720 \times 65}{56 \times 70 \times 380} = 2.39$	$\%_{regulación} = \frac{2.39}{380} \times 100$	0.63
TG - TD4	$E = \frac{11718 \times 20}{56 \times 10 \times 380} = 1.10$	$\%_{regulación} = \frac{1.10}{380} \times 100$	0.29

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla número 7 en ninguna ocasión llega al 1% de caída de tensión, cumpliendo así la norma 050-102 de CNE - Utilización que exige los conductores de los circuitos derivados deben ser diseñados para no sobrepasar una caída de tensión de 2.5%.

4.4. Evaluación de la calidad energética de las instalaciones eléctricas

4.4.1. Levantamiento de cargas presentes en la empresa

Por medio de la toma de datos de las cargas de las máquinas presentes en cada área de la empresa, y por medio de las fichas técnicas presentes en el anexo 9, se realizó la tabla de potencia instalada:

Tabla 26: Cuadro de potencia instalada

TABLA DE POTENCIA INSTALADA				
ÁREA	MAQUINARIA/EQUIPO	#	P. UNITARIA (W)	P. TOTAL (W)
CORTE	Luminarias	4	80	320
	Cortadora láser	1	1500	1500
	Cortadora láser	1	1000	1000
	Cortadora chorro de agua	1	37000	37000
	Bomba chorro de agua	1	3700	3700
DEMANDA MAXIMA CORTE				43520W
MAQUINADO	Luminarias	4	80	320
	Torno	5	10000	50000
	Fresadora	2	2200	4400
POTENCIA MAQUINADO TOTAL				54720W
CONSTRUCCIÓN	Luminarias	8	80	640
	Cortadora de placa	1	15000	15000
	Dobladora	1	18500	18500
	Soldadora MIG	2	9000	18000
	Compresora de aire	1	10000	10000
	Roladora	1	3700	3700
	Prensa hidráulica	1	4000	4000
DEMANDA MAXIMA CONSTRUCCIÓN				69840W
CARGAS MONOFÁSICAS	Oficina	-	6000	6000
	Amoladora	3	1010	3030
	Soldadora stick 1	1	2000	2000
	Soldadora stick 2	1	6500	6500
	Soldadora tic	1	2000	2000
DEMANDA MAXIMA CARGAS MONOFÁSICAS				19530W
CARGAS EXTERNAS	Bomba de agua			743W
POTENCIA TOTAL				188353W

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Levantamiento de parámetros eléctricos

Para el levantamiento de los parámetros eléctricos de la empresa se hizo uso del equipo analizador de redes PQ500 de la marca ECAMEC, tal y como

se muestra en la figura 13, este fue instalado en el tablero general al ser el lugar más accesible para la toma de datos, la máquina fue instalada desde el día 31 de agosto hasta el día 08 de septiembre del 2020, a continuación, se detallan las características del analizador PQ500:



Figura 13: Analizador de redes PQ500 ECAMEC

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.1. Analizador de redes ECAMEC PQ500

El analizador PQ500, es ideal para estudios de calidad energética, este actúa como registrador de distintos parámetros eléctricos en un solo equipo.

4.4.2.1.1. Características

- Análisis de calidad de suministro
- Análisis de sag's y swell's
- Medición de FP y $\cos\phi$
- Estudio de perturbaciones de Flickers y armónicos

4.4.2.1.2. Especificaciones técnicas

Marca: ECAMEC

Fabricación: Argentina

Tipo de red donde aplica:

- Estrella, delta, delta con neutro, delta abierto, monofásicas 3 y 2 hilos
- Tensión de línea-neutro: 0V a 600V Tensión de línea-línea: 0V a 1000V

- Tensión de línea-línea: 0V a 1000V Máximos y mínimos de corriente: 0 a 3000^a
- Máximos y mínimos de corriente: 0 a 3000^a
- Frecuencia de línea: 40 Hz a 70 Hz

Intervalos programables:

- 3s,5s,15s,30s,1min,5min,10min,15min,30min y 60min.

Capacidad de registro:

- Mayor a 200 días en intervalos de 15 min.

4.4.2.1.3. Esquema de conexionado del equipo

La red de la empresa presenta una conexión en estrella, por tal motivo la forma de conexión del analizador es el mostrado en la figura 14.

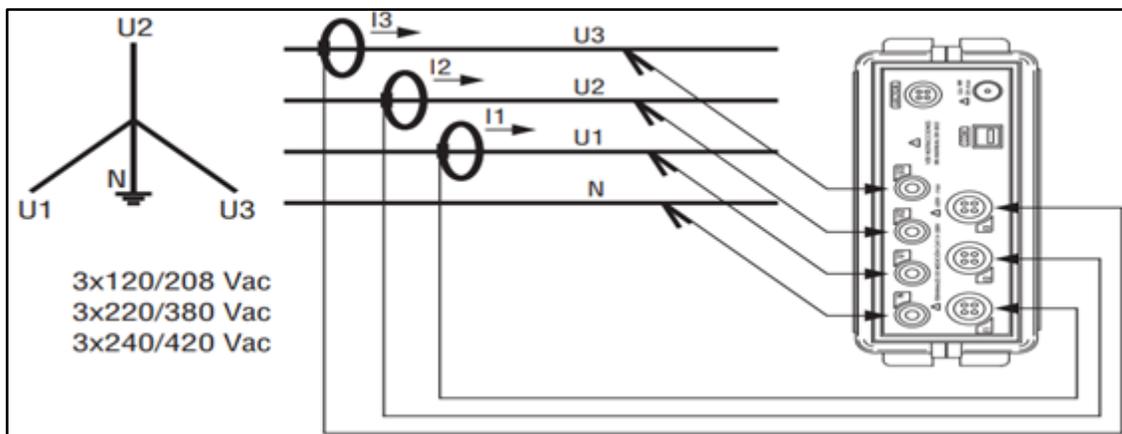


Figura 14: Conexión en estrella del analizador de redes

Fuente: Manual usuario PQ500

4.4.3. Análisis y medición de parámetros de calidad eléctrica

A continuación, se muestran tablas donde se indican los valores mínimos, máximos y promedios de los principales parámetros eléctricos obtenidos durante los días de medición, para lo cual se instaló la maquina en el tablero general, tal y como se muestra en la figura 15.



Figura 15 Conexión del analizador de redes en el tablero general

Fuente: Elaboración propia.

De este modo se obtuvieron distintos parámetros eléctricos durante todo el periodo de medición, en este caso inicio a las 7:30 am del 31 de agosto de 2020, día en el cual se instaló el equipo, hasta las 9:45 am del 8 de septiembre del 2020, momento del retiro del equipo.

Se tomó un total de 778 datos, valor superior al mínimo recomendado en la norma n°020-97-EM, el cual es la normativa técnica de los servicios eléctricos del ministerio de energía y minas, el cual estipula que el periodo mínimo de medición para calidad energética es de 7 días con un intervalo de 15 min entre tomas, dando como resultado un mínimo de 672 datos muestreados. Después de obtener la totalidad de datos requerido estos se pasan a una hoja de cálculo de Excel.

4.4.3.1. Análisis de potencia aparente

4.4.3.1.1. Potencia aparente durante todo el periodo de toma de datos

Tabla 27: Mediciones de potencia aparente

MEDICIONES TOTALES DE POTENCIA EN kVA		
DESDE		31/08/2020
HASTA		07/09/2020
# MEDICIONES		312
		kW
POT. TOTAL	MÁXIMO	40,27
	PROMEDIO	18,57
	MÍNIMO	0,88

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 10 se muestra la gráfica del comportamiento de la potencia aparente durante todo el periodo de medición en sus horarios laborables, y como se puede apreciar, el consumo de potencia aparente presenta similitud toda la semana de jornada laboral, por lo que se considera que la empresa trabaja con la misma demanda energética.

4.4.3.1.2. Potencia aparente durante un día de toma de datos

Tabla 28: Mediciones de potencia aparente durante un día

MEDICIONES DE UN DÍA LABORABLE DE POTENCIA EN kVA		
DESDE		31/08/2020 - 7:30
HASTA		07/09/2020 - 17:00
# MEDICIONES		39
		kW
POT. TOTAL	MÁXIMO	40,27
	PROMEDIO	27,11
	MÍNIMO	4,03

Fuente: Elaboración propia.

En este caso se seleccionó el día donde más energía reactiva se consumió, siendo el lunes 31, y la muestra tomada es durante toda la jornada laboral, iniciando desde las 07:30 finalizando a las 17:00 horas, como se aprecia el

promedio de energía aparente consumida es superior al promedio de toda la semana de toma de datos.

4.4.3.2. Análisis de potencia reactiva

4.4.3.2.1. Potencia reactiva durante todo el periodo de toma de datos

Tabla 29: Mediciones de potencia reactiva

MEDICIONES TOTALES DE POTENCIA EN kVAr		
DESDE		31/08/2020
HASTA		07/09/2020
# MEDICIONES		312
		kVAr
POT. TOTAL	MÁXIMO	28,60
	PROMEDIO	11,07
	MÍNIMO	0,55

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 10 se muestra la gráfica del comportamiento de la potencia reactiva durante todo el periodo de medición. Como se observa la empresa presenta un promedio de 11.07 kVAr de potencia reactiva, pero tiene un máximo de 28.6 kVAr, esto indica el uso de cargas reactivas que no están compensadas.

4.4.3.2.2. Potencia reactiva durante un día de toma de datos

Tabla 30: Mediciones de potencia reactiva durante un día

MEDICIONES DE UN DÍA LABORABLE DE POTENCIA EN kVAr		
DESDE		31/08/2020 - 7:30
HASTA		31/08/2020 - 17:00
# MEDICIONES		39
		kW
POT. TOTAL	MÁXIMO	28,60
	PROMEDIO	17,12
	MÍNIMO	1,34

Fuente: Elaboración propia.

Este periodo es el seleccionado para el cálculo de una posible compensación reactiva, debido a ser el día que más energía reactiva se consumió en la jornada laboral, con un promedio de 17,12 kVAr y un máximo de 28,60 kVAr.

4.4.3.3. Análisis de potencia activa

4.4.3.3.1. Potencia activa durante todo el periodo de toma de datos

Tabla 31: Mediciones de potencia activa

MEDICIONES TOTALES DE POTENCIA EN kW		
DESDE		31/08/2020
HASTA		07/09/2020
# MEDICIONES		312
		kW
POT. TOTAL	MÁXIMO	32,58
	PROMEDIO	14,51
	MÍNIMO	0,34

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 10 se muestra la gráfica del comportamiento de la potencia activa durante todo el periodo de medición, se observa un consumo de potencia activa constante durante toda la semana de medición, lo que indica que la empresa suele tener un consumo constante de energía eléctrica.

4.4.3.3.2. Potencia activa durante un día de toma de datos

Tabla 32: Mediciones de potencia activa durante un día

MEDICIONES DE UN DÍA LABORABLE DE POTENCIA EN kW		
DESDE		31/08/2020 - 7:30
HASTA		31/08/2020 - 17:00
# MEDICIONES		39
		kW
POT. TOTAL	MÁXIMO	32,58
	PROMEDIO	20,58
	MÍNIMO	3,80

Fuente: Elaboración propia.

Es el día que más potencia activa y reactiva es consumida, como se observa presenta un consumo promedio cercano a su máximo, lo que indica que durante la jornada laboral hay varias cargas en uso.

4.4.3.4. Análisis de factor de potencia

4.4.3.4.1. Factor de potencia durante todo el periodo de toma de datos

Tabla 33: Mediciones de factor de potencia

MEDICIONES TOTALES DE FACTOR DE POTENCIA		
DESDE		31/08/2020
HASTA		07/09/2020
# MEDICIONES		312
		kW
F.P	MÁXIMO	0,95
	PROMEDIO	0,71
	MÍNIMO	0,31

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 10 se muestra la gráfica del comportamiento del factor de potencia durante todo el periodo de medición. Como se puede observar el factor de potencia promedio es de 0.71 valor por debajo de lo recomendado por Osinergmin, lo cual indica una baja eficiencia en el uso de la energía eléctrica por parte de la empresa.

4.4.3.4.2. Factor de potencia durante un día de toma de datos

Tabla 34: Mediciones de factor de potencia durante un día

MEDICIONES DE UN DÍA LABORABLE DE FACTOR DE POTENCIA		
DESDE		31/08/2020 - 7:30
HASTA		31/08/2020 - 17:00
# MEDICIONES		39
F.P	MÁXIMO	0,92
	PROMEDIO	0,75
	MÍNIMO	0,43

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa el día que más reactiva se consume también presenta un factor de potencia promedio por debajo de lo recomendado por Osinergmin, es este caso es de 0.75 con un mínimo de 0.43, lo cual es preocupante debido a que la toma es durante toda la jornada laboral, momento que toda carga está presente.

4.4.4. Normativa

4.4.4.1. Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (D.S. N° 020-97-EM-NTCSE-URBANA)

La NTCSE, dicta los niveles mínimos referentes en la calidad de los servicios eléctricos, de manera que se garantice un suministro eléctrico óptimo y constante a los usuarios, de parte de las empresas o concesionarias eléctricas. OSINERGMIN es el encargado de controlar, supervisar y penalizar las concesionarias eléctricas que incumplen dicha norma.

La normativa realiza el control de la calidad de servicios, en base a cuatro aspectos:

a) Calidad de producto

- Tensión
- Frecuencia
- Perturbaciones (Armónicos y Flickers)

b) Calidad de suministro

- Interrupciones

c) Calidad de servicio comercial

- Trato al cliente
- Medios de atención
- Precisión de medida

d) Calidad de alumbrado público

- Deficiencias del alumbrado

En la presente tesis, solo se toma en cuenta el apartado de calidad de producto.

4.4.4.2. Resolución de la comisión de tarifas eléctricas no. 004-92 Comisión de Tarifas de Energía.

En dicha resolución se dicta el nivel mínimo del factor de potencia que recomienda OSINERGMIN, el cual es de 0.96 para no considerar el consumo de potencia reactiva en la facturación.

4.4.5. Análisis de la eficiencia energética actual en la empresa

Por medio de los gráficos de comportamiento de los parámetros de eficiencia como nivel de factor de potencia y los consumos de los distintos tipos de potencia, presentes en el anexo 10, se obtiene la tabla resumen 35.

Tabla 35: Tabla de análisis de eficiencia energética

VARIABLE	CATEGORÍA	INDICADOR	RESULTADO	
ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	POTENCIA	MÁXIMO REGISTRO		
	POTENCIA ACTIVA	Máximo 32,58 kW	Satisfactorio	
	POTENCIA REACTIVA	Máximo 28,6 kVAr	La potencia reactiva tiene un valor cercano a la potencia activa, lo que indica un bajo factor de potencia	Insatisfactorio
	POTENCIA APARENTE	Máximo 40,27 kVA		Satisfactorio
	FP	RESOLUCION DE LA COMISIÓN DE TARIFAS ELÉCTRICAS Nº 004-92		
	MÁXIMO		0,95	Insatisfactorio
	PROMEDIO	Se facturará el consumo de energía reactiva cuando el FP sea menor a 0,96	0,71	Insatisfactorio
MÍNIMO		0,31	Insatisfactorio	

Fuente: Elaboración propia.

4.4.6. Análisis de la calidad energética actual en la empresa

Por medio de los gráficos de comportamiento de los parámetros de calidad como niveles de armónicos, flicker y sub o sobretensiones, presentes en el anexo 10, junto con lo expuesto en la NTCSE, se obtiene la tabla 36.

Tabla 36: Tabla de calidad energética actual

VARIABLE	CATEGORÍA	INDICADOR	OBSERVACIONES	RESULTADO
ANÁLISIS DE LA CALIDAD ENERGÉTICA	TENSIÓN	NTCSE-Urbano	PORCENTAJE DENTRO DEL RANGO ADMISIBLE	
	U1	Rango admisible +/- 5% de la Tn	100%	Satisfactorio
	U2	Rango admisible +/- 5% de la Tn	100%	Satisfactorio
	U3	Rango admisible +/- 5% de la Tn	1000%	Satisfactorio
	FLICKERS	NTCSE-Urbano	PORCENTAJE DENTRO DEL RANGO ADMISIBLE	
	PST1	Rango admisible ≤ 1	100%	Satisfactorio
	PST2	Rango admisible ≤ 1	99,5%	Satisfactorio
	PST3	Rango admisible ≤ 1	99,2%	Satisfactorio
	FRECUENCIA	NTCSE-Urbano	PORCENTAJE DENTRO DEL RANGO ADMISIBLE	
	Variaciones sostenidas	Rango aceptable +/- 0,6% frecuencia nominal	99,9	Satisfactorio
	Variaciones súbitas	Rango aceptable +/- 1 (Hz)	100%	Satisfactorio
	ARMÓNICOS	NTCSE-Urbano	PORCENTAJE DENTRO DEL RANGO ADMISIBLE	
THD1	Rango admisible < 8 de la Tn	100%	Satisfactorio	
THD2	Rango admisible < 8 de la Tn	100%	Satisfactorio	
THD3	Rango admisible < 8 de la Tn	100%	Satisfactorio	

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Diseño de banco de condensadores trifásico

4.5.1. Introducción

Con el analizador de redes ECAMEC PQ500, se han obtenido parámetros eléctricos tales como la potencia activa (kW), potencia reactiva (kVAr), potencia aparente (kVA) y factor de potencia (FP), a parte se obtuvieron las curvas de comportamiento de estos parámetros tal y como se muestran en el anexo 10. Con estos parámetros y la tabla 26 de potencia instalada, se procederá al diseño del banco de condensadores ideal para mejorar el factor de potencia presente en la empresa.

La toma de datos fue realizada desde las 07:30 del 31/08/2020 hasta las 09:45 de 08/09/2020, cumpliendo con el mínimo de 7 días seguidos de medición que recomienda la normativa N°-020-97-EM, con muestras con un intervalo de 15 minutos entre toma, dándonos un total de 778 muestras. De la totalidad de datos se seleccionó el periodo comprimido desde las 07:30 del 31/08/2020 hasta el 17:00 del 31/08/2020, debido a que es el periodo laboral donde más energía reactiva es consumida tal y como muestra en la gráfica del anexo 10. De esta manera se seleccionan los parámetros eléctricos de este periodo de tiempo para el cálculo de compensación reactiva, estos se muestran en el anexo 11. El resumen del anexo 11, se muestra en la tabla 37, en la cual se indican los valores máximos, mínimos y promedios de los parámetros tanto de potencia activa, reactiva y factor de potencia.

Tabla 37: Máximos, mínimos y promedios de parámetros eléctricos

	P(W)	Q(kVAr)	FP
MÁXIMO	32,58	28,60	0,92
PROMEDIO	20,58	17,12	0,75
MÍNIMO	3,80	1,37	0,43

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 16, se observa el comportamiento de la potencia activa, reactiva y el factor de potencia desde las 07:30 hasta las 17:00 del día 31/08/2020 siendo todo el periodo laborable diario, esta curva se obtiene por medio de los datos del anexo 11.

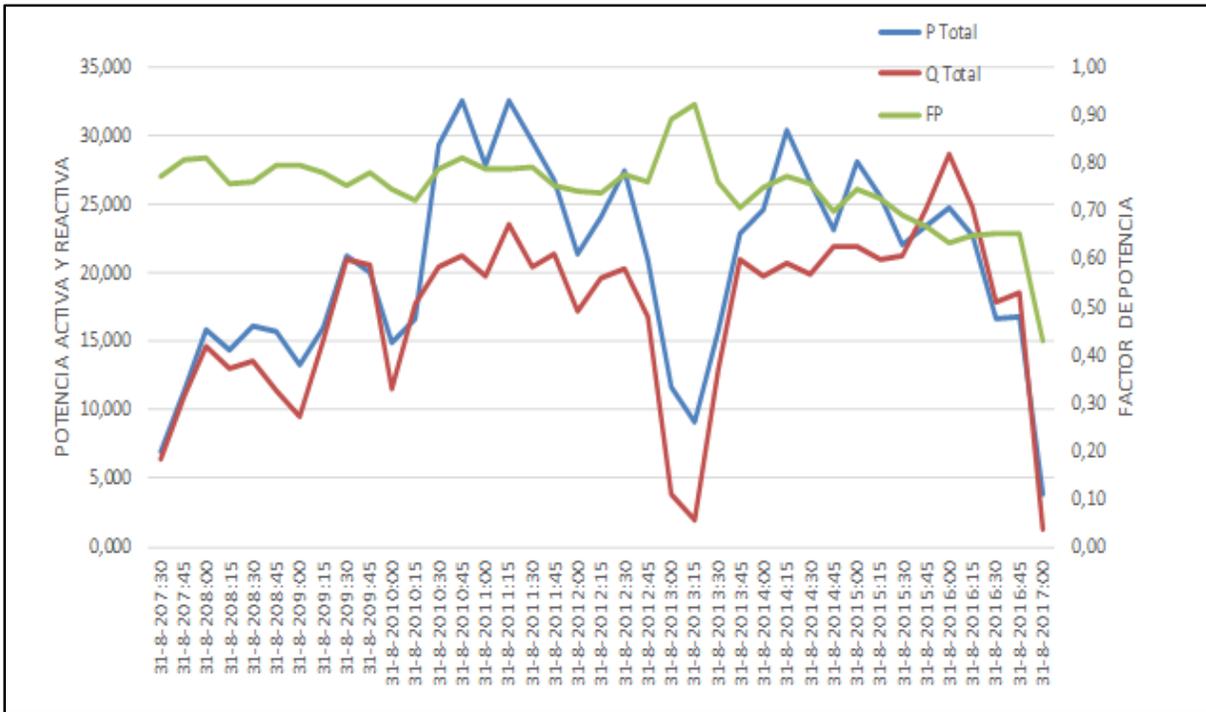


Figura 16: Curvas de potencia activa, reactiva y factor de potencia

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar el factor de potencia opera por debajo de lo niveles recomendados por Osinergmin (0,96) en todo momento, lo cual implica una baja eficiencia energética. En el lapso de 07:45 am y 12:45 am, alcanza valores por debajo de 0,80 y en el periodo entorno a las 16:00 se tiene valores como 0,63 de factor de potencia, indicando consumo elevado de potencia reactiva, en el caso de 28,60 kVAr a las 16:00 y de 23,45 kVAr a las 11:15. En contrapartida del lapso que comprende entre las 13:00 y las 13:30, se presentan valores entorno al 0,89 y el 0,92 de factor de potencia máximo, lo que indica que en este periodo la demanda de carga reactiva disminuye, seguramente al tener un

menor número de máquinas operando por ser el tiempo donde los operarios tienen descanso.

4.5.2. Propuesta de banco de condensadores

En base a los datos obtenidos por el analizador y a la necesidad de la empresa de mejorar el factor de potencia actual, se presenta el diseño de 2 tipos de compensación por banco de condensadores, uno por medio de compensación global, situando el banco justo aguas abajo del tablero general de distribución y la segunda propuesta es una compensación parcial localizada tanto en al área de maquinado como de construcción.

4.5.2.1. Diseño de banco de condensadores mediante compensación global

Este tipo de instalación es una opción con ventajas generalizadas en lo referente a la corrección del factor de potencia, se instala cerca del tablero de distribución general y este suministra la potencia reactiva a toda la instalación.

Con los datos obtenidos por en analizador, presentes en el anexo 11, del periodo donde hay mayor consumo de potencia reactiva, y con la ecuación 4, se obtendrá el valor de los kVAr necesarios para compensar el factor de potencia bajo presente en la empresa.

$$Q_i = P * \tan \varphi_i$$

$$Q_f = P * \tan \varphi_f$$

$$Q_c = Q_i - Q_f$$

$$Q_c = P(\tan \varphi_i - \tan \varphi_f) \dots\dots\dots (4)$$

Los datos a ingresar son: la potencia activa (kW), el cosφ inicial, ambos datos obtenidos por el analizador de redes, y finalmente el ángulo inicial y final, ambos se obtienen por medio de la tabla del anexo 12, en el caso del ángulo inicial se obtiene por el cosφ inicial, y en el caso del final es el deseado, en este caso se opta por un ángulo de 0,20 debido a que se desea un factor de potencia igual a 0,98. En la tabla 38, se observan los valores obtenidos de potencia reactiva (kVAr) por medio de la formula citada anteriormente.

Tabla 38: Tabla de potencia reactiva necesaria según periodo

	P Total	FP	tgφ inicial	tgφ final	Qc= P(tgφ inicial-tgφ final)
Fecha	KW	p.u	º	º	kVAr
31-8-20 7:30	6,889	0,77	0,83	0,20	4,34
31-8-20 7:45	11,383	0,81	0,72	0,20	5,92
31-8-20 8:00	15,886	0,81	0,72	0,20	8,26
31-8-20 8:15	14,306	0,76	0,86	0,20	9,44
31-8-20 8:30	16,068	0,76	0,86	0,20	10,60
31-8-20 8:45	15,653	0,79	0,78	0,20	9,08
31-8-20 9:00	13,252	0,80	0,75	0,20	7,29
31-8-20 9:15	15,980	0,78	0,80	0,20	9,59
31-8-20 9:30	21,179	0,75	0,88	0,20	14,40
31-8-20 9:45	20,056	0,78	0,80	0,20	12,03
31-8-20 10:00	14,949	0,75	0,88	0,20	10,17
31-8-20 10:15	16,704	0,72	0,96	0,20	12,70
31-8-20 10:30	29,342	0,79	0,78	0,20	17,02
31-8-20 10:45	32,523	0,81	0,72	0,20	16,91
31-8-20 11:00	27,849	0,79	0,78	0,20	16,15
31-8-20 11:15	32,582	0,79	0,78	0,20	18,90
31-8-20 11:30	29,609	0,79	0,78	0,20	17,17
31-8-20 11:45	26,811	0,75	0,88	0,20	18,23
31-8-20 12:00	21,383	0,74	0,91	0,20	15,18
31-8-20 12:15	24,065	0,74	0,91	0,20	17,09
31-8-20 12:30	27,433	0,78	0,80	0,20	16,46
31-8-20 12:45	20,903	0,76	0,86	0,20	13,80
31-8-20 13:00	11,667	0,89	0,51	0,20	3,62
31-8-20 13:15	9,120	0,92	0,32	0,20	1,09
31-8-20 13:30	15,650	0,76	0,86	0,20	10,33
31-8-20 13:45	22,883	0,71	0,99	0,20	18,08
31-8-20 14:00	24,564	0,75	0,88	0,20	16,70
31-8-20 14:15	30,449	0,77	0,83	0,20	19,18
31-8-20 14:30	26,642	0,76	0,86	0,20	17,58
31-8-20 14:45	23,130	0,70	1,02	0,20	18,97
31-8-20 15:00	28,130	0,75	0,88	0,20	19,13
31-8-20 15:15	25,603	0,73	0,94	0,20	18,95
31-8-20 15:30	21,982	0,69	1,05	0,20	18,68
31-8-20 15:45	23,364	0,67	1,11	0,20	21,26
31-8-20 16:00	24,756	0,63	1,23	0,20	25,50
31-8-20 16:15	22,770	0,65	1,17	0,20	22,09
31-8-20 16:30	16,598	0,65	1,17	0,20	16,10
31-8-20 16:45	16,716	0,65	1,17	0,20	16,21
31-8-20 17:00	3,802	0,43	2,10	0,20	7,22

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla 38, a las 7:30 am es necesario una potencia reactiva de 4,34 kVAr para asegurar un factor de potencia de 0,98, y para lograr lo mismo a las 16:00 am es necesario un total de 25,50 kVAr. De tal manera se determina que la compensación reactiva necesaria para mejorar el factor de potencia es totalmente variable, por ende, es necesario un banco de condensadores automático que suministre según la necesidad momentánea la potencia reactiva adecuada.

En la tabla 39 se observa un resumen de los datos obtenidos, donde se presentan los niveles máximos, mínimos y promedios de potencia reactiva necesaria en el periodo calculado, y en el anexo 13, se presenta la gráfica de comportamiento entre el factor de potencia presente y la demanda de reactiva necesaria para compensar dicho factor.

Tabla 39: Máximo, mínimo y promedio de potencia reactiva necesaria

	$Q_c = P(\text{tg}\theta \text{ inicial} - \text{tg}\theta \text{ final})$
	kVAr
MÁXIMO	25,50
PROMEDIO	14,14
MÍNIMO	1,09

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 38, a las 13:15 pm, se alcanzan valores de 0,92 en el factor de potencia, lo cual indica que en este periodo no hay un gran número de cargas reactivas presentes, y al compararse con la gráfica de onda de factor de potencia del anexo 10, esta situación donde el factor de potencia se aproxima a la unidad ocurre en pocos periodos, por ende si se inyecta la capacidad máxima o promedia de potencia reactiva, se obtendrá una sobrecompensación, por tal motivo en estos periodos donde se aproxime a la unidad, la compensación reactiva será mínima.

Realizando una compensación de 25,5 kVAr de demanda máxima como se indica en la tabla 39, se sobrecompensará casi durante todo el día, también si se fija una compensación promedio de 14,14 kVAr, esta estará mejor adaptada a la demanda media, pero presentará momentos en el que el sistema se encontrará sobrecompensado y subcompensado, tal y como se muestra en la figura 17.

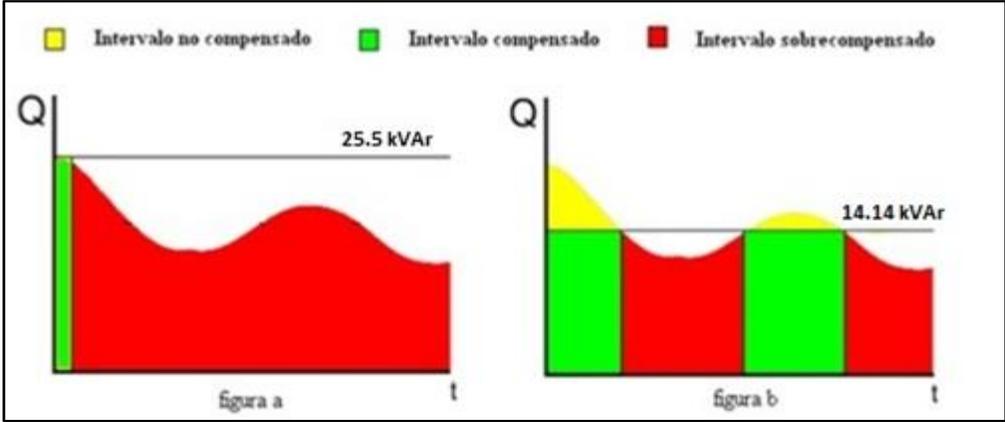


Figura 17: Diagrama de compensación reactiva máxima y promedio

Fuente: Elaboración propia.

Debido a la fluctuación de la necesidad de potencia reactiva, se analizará la utilización de un sistema de compensación automática, el cual se encargará de entregar en cada momento la potencia reactiva indicada al sistema, evitando tanto la sobrecompensación como la subcompensación reactiva.

De tal forma será necesario una potencia reactiva de 25,5 kVAr, pero tal y como indica el fabricante de componentes de compensación reactiva Schneider, se le agregará el 20% como factor de diseño para posibles ampliaciones de potencia instalada como se muestra en la tabla 40:

Tabla 40: Potencia reactiva requerida para compensación global

QC	25,5	kVAr
QC final	30,6	kVAr
QC final	30	kVAr

Fuente: Elaboración propia.

De este modo se asegurará un factor de potencia de 0,98 si se necesita de una demanda máxima, los 30 kVAr se obtendrán por medio de condensadores paralelos de 5 kVAr y 10 kVAr. Se hará uso de un banco de 4 pasos (1:1:2:2), es decir 2 condensadores de 5 kVAr y 2 condensadores de 10 kVAr, obteniendo en total los 30 kVAr requeridos. En base a esta división de pasos se busca obtener un ajuste más fino en la compensación, inyectando en base a las necesidades en el sistema, tal y como se muestra en la figura 18, donde en mínima actuarán los condensadores de 5kVAr, y el controlador ajustará la capacidad en base a la necesidad.

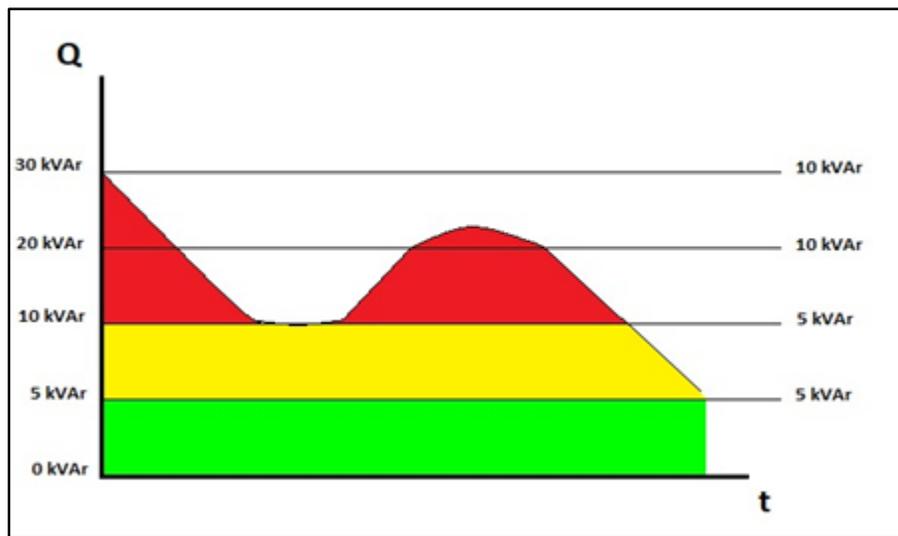


Figura 18: Diagrama de potencia reactiva según la conexión de pasos

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.2. Diseño de banco de condensadores mediante compensación parcial

Para el diseño y dimensionamiento de la compensación parcial, se seleccionan las 2 áreas de la empresa dónde mayor número de cargas están presentes, esto es posible por medio de la tabla 26 de potencia instalada. De tal manera que se determina que se compensaran las áreas tanto de maquinado como de construcción por su elevado número de carga reactivas presentes.

4.5.2.2.1. Factor de potencia de las áreas seleccionadas

Debido a la inexistencia de tableros de distribución adecuados en las áreas determinadas, y la incapacidad de instalar un analizador de redes en dichas áreas, se obtendrá el factor de potencia tanto de la zona de maquinado como la de construcción por medio de cálculo mediante fórmula.

Por medio de la ecuación 5 y los datos de la tabla 26 se obtienen las potencias reactivas totales de cada área, mostrada en la tabla 41:

$$Q_n = P_n * \tan[\cos^{-1}(FP_n)] \dots \dots \dots (5)$$

Tabla 41: Tabla de potencias reactivas totales en cada área

ÁREA MAQUINADO				ÁREA CONSTRUCCIÓN			
Equipo	Potencia (W)	$\cos\phi$	Potencia Reactiva (VAr)	Equipo	Potencia (W)	$\cos\phi$	Potencia Reactiva (VAr)
Torno 1	10000	0,75	8819,17	Cortadora de placa	15000	0,8	11250,000
Torno 2	10000	0,75	8819,17	Dobladora	18500	0,8	13875,000
Torno 3	10000	0,75	8819,17	Soldadora MIG 1	9000	0,8	6750,000
Torno 4	10000	0,75	8819,17	Soldadora MIG 2	9000	0,8	6750,000
Torno 5	10000	0,75	8819,17	Compresora de aire	10000	0,8	7500,000
Fresadora 1	2200	0,8	1650,00	Roladora	3700	0,75	3263,093
Fresadora 2	2200	0,8	1650,00	Prensa hidráulica	4000	0,85	2478,977
TOTAL	54400		47395,86		55872		51867,071

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo obtenido las potencias reactivas totales, por medio de la ecuación 6, se obtienen finalmente los factores de potencia presentes en cada zona, tal y como se muestra en la tabla 42.

$$FP = \cos\phi \left[\tan^{-1} \left(\frac{Q}{P} \right) \right] \dots \dots \dots (6)$$

Tabla 42: Tabla de factores de potencia presentes en cada área

ÁREA MAQUINADO		ÁREA CONSTRUCCIÓN	
P(Kw)	54,40	P(Kw)	55,87
Q(kVAr)	47,40	Q(kVAr)	51,87
FP	0,75	FP	0,73

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.2.2. Potencia requerida para elevar el factor de potencia de las áreas seleccionadas

Por medio tanto de la demanda como del factor de potencia actual, por medio de la ecuación 7, se obtiene la potencia requerida del banco de condensadores para mejorar el factor de potencia hasta el 0,98 en cada área, tal y como se muestra en la tabla 43.

$$Q_c = P * \left(\left(\frac{1}{\cos(\phi)_1} - 1 \right)^2 - \left(\frac{1}{\cos(\phi)_2} - 1 \right)^2 \right) \dots\dots\dots (7)$$

Tabla 43: Tabla de potencia requerida

ÁREA MAQUINADO		ÁREA CONSTRUCCIÓN	
P(kW)	54,4	P(kW)	55,872
COS φ inicial	0,75	COS φ inicial	0,73
COS φ final	0,98	COS φ final	0,98
Qc(kVAr)	8,51	Qc(kVAr)	9,76

Fuente: Elaboración propia.

Le agregamos el 20% como factor de diseño tal y como aconseja el manual de Schneider, para posibles ampliaciones de potencia instalada, de modo que se obtiene lo mostrado en la tabla 44:

Tabla 44: Tabla de potencia requerida final

ÁREA MAQUINADO		ÁREA CONSTRUCCIÓN	
Qc(kVAr)	8,51	Qc(kVAr)	9,76
Qc(kVAr)final	10,21	Qc(kVAr)final	11,71
Qc(kVAr)final	10,00	Qc(kVAr)final	13,00

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.3. Componentes del banco de condensadores automático

El banco de condensadores está constituido principalmente por 4 elementos:

- El controlador
- Los condensadores
- Contactores
- Elementos externos de seguridad

Para la selección de estos, se utiliza el manual de fabricante de la marca Schneider, el cual tiene años de experiencia tanto con componentes electrónicos como en sistemas de compensación reactiva.

4.5.2.3.1. Componentes del banco de condensadores global

En la tabla 45, se muestran los elementos necesarios para la compensación global, obtenidos por medio de las intensidades de diseño recomendadas por el manual de fabricante, en el anexo 14 se muestra el cálculo detallado para obtener cada elemento.

Tabla 45: Tabla de elementos para la compensación global

COMPONENTES DEL BANCO DE CONDENSADORES			
ELEMENTO	In (A)	In diseño (A)	Modelo
controlador 5 pasos 380V	-	-	DCRL5 LOVATO
condensador de 5 kVAr	7,6	-	BLRCH50A060B38
condensador de 10 kVAr	15,19	-	BLRCH104A125B38
termomagnetico 80 A 10kA	45,58	65,18	A9N18365
contactor para condensador de 5 kVAr	7,6	15,19	LC1D183Q7
contactor para condensador de 10 kVAr	15,19	30,39	LC1D32F7
fusible para condensador de 5 kVAr	7,6	12,91	NH-000-20A
fusible para condensador de 10 kVAr	15,19	25,83	NH-000-32A
conductor principal	45,58	59,25	10mm ² THW-90
conductor secundario 5 kVAr	7,6	9,88	2,5mm ² THW-90
conductor secundario 10 kVAr	15,19	19,75	2,5mm ² THW-90

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.3.2. Componentes del banco de condensadores parcial

Para los elementos de cada banco tanto del área de maquinado como el de construcción, se utilizó la misma metodología que el de la compensación parcial, pero en base a la potencia reactiva necesaria en cada banco. Los elementos están presentes en las tablas 46 y 47 para el área de maquinado y construcción respectivamente.

Tabla 46: Tabla de elementos para la compensación del área de maquinado

COMPONENTES DEL BANCO DE CONDENSADORES DEL ÁREA DE MAQUINADO			
ELEMENTO	In (A)	In diseño (A)	Modelo
controlador 3 pasos	-	-	DCRL3 LOVATO
condensador de 5 kVAr	7,6	-	BLRCH50A060B38
termomagnético 32 A 10kA	15,19	21,73	A9F74332
contactor para condensador de 5 kVAr	7,6	15,19	LC1D183Q7
fusible para condensador de 5 kVAr	7,6	12,91	NH-000-20A
conductor principal	15,19	19,75	2,5mm ² THW-90
conductor secundario 5 kVAr	7,6	9,88	2,5mm ² THW-90

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47: Tabla de elementos para la compensación del área de construcción

COMPONENTES DEL BANCO DE CONDENSADORES DEL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN			
ELEMENTO	In (A)	In diseño (A)	Modelo
controlador 3 pasos	-	-	DCRL3 LOVATO
condensador de 5 kVAr	7,6	-	BLRCH50A060B38
condensador de 3 kVAr	4,56	-	BLRCH032A125B38
termomagnético 32 A 10kA	19,75	28,24	A9F74332
contactor para condensador de 5 kVAr	7,6	15,19	LC1D183Q7
contactor para condensador de 3 kVAr	4,56	9,12	LC1D12M7
fusible para condensador de 5 kVAr	7,6	12,91	NH-000-20A
fusible para condensador de 3 kVAr	4,56	7,75	NH-000-10A
conductor principal	19,75	25,69	2,5mm ² THW-90
conductor secundario 5 kVAr	7,6	9,88	2,5mm ² THW-90
conductor secundario 3 kVAr	4,56	5,93	2,5mm ² THW-90

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.3.3. Conexión de los componentes del banco de condensadores global

Tal y como se muestra en la figura 19, se observa tanto los componentes como la configuración de los condensadores.

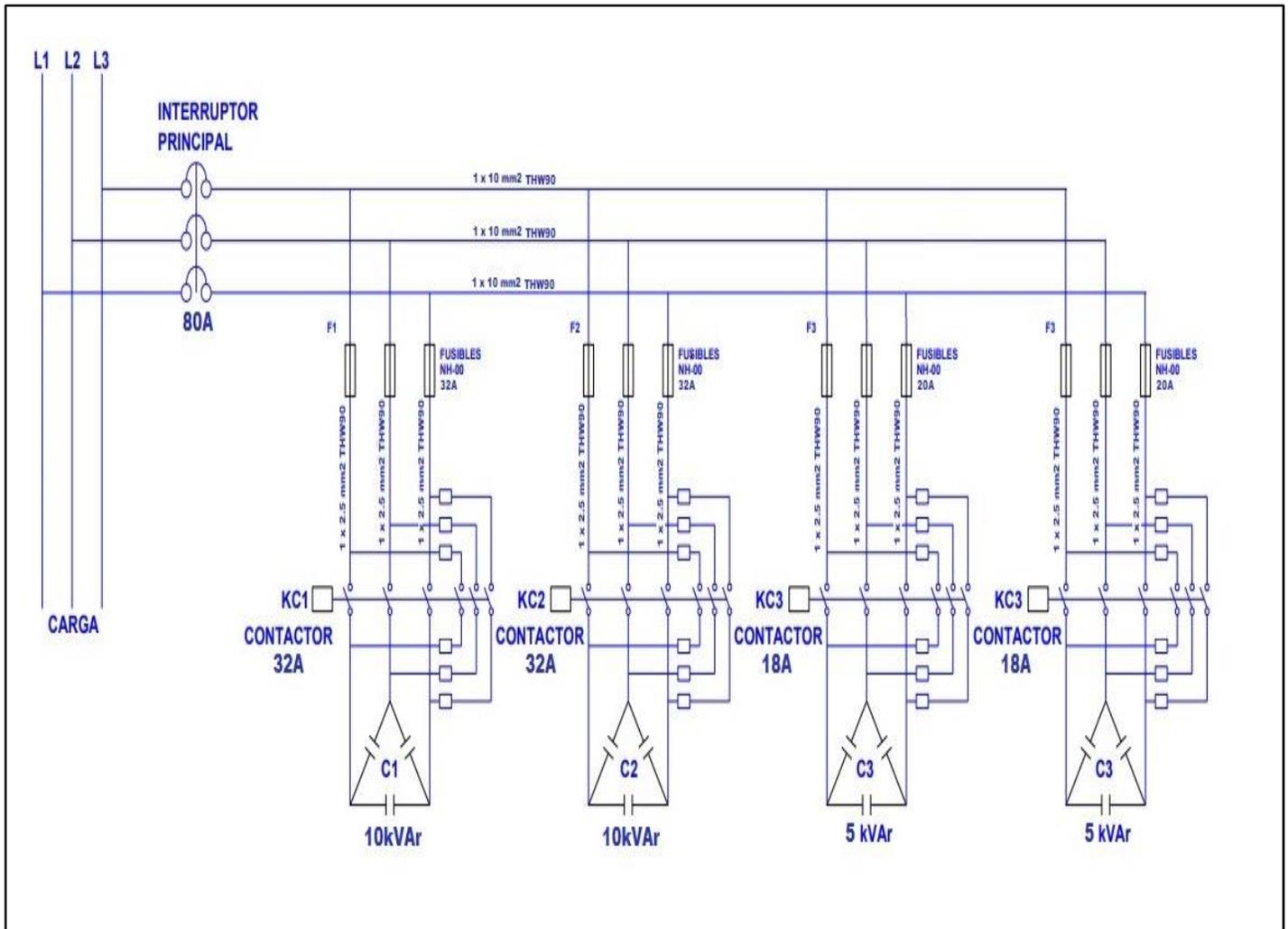


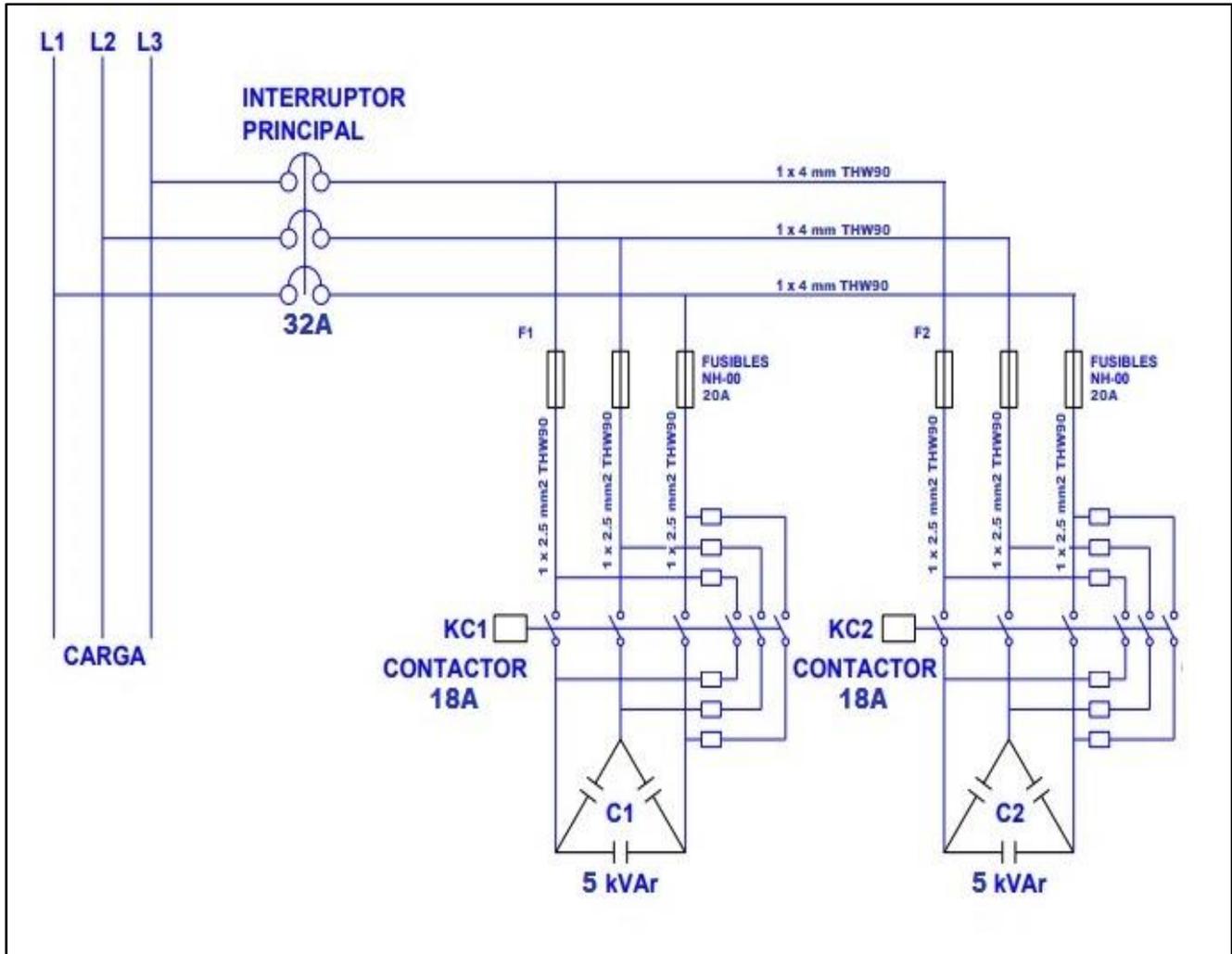
Figura 19: Conexión de condensadores para la compensación global

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura los condensadores están con una disposición (2.2.1.1), en cuatro pasos siendo los 2 primeros el doble que los segundos, esto permite una compensación más precisa, debido a la posibilidad de calibrar con distintas capacidades según la necesidad.

4.5.2.3.4. Conexión de los componentes del banco de condensadores parcial

En las figuras 20 y 21, se pueden apreciar las configuraciones de los bancos diseñados tanto para el área de maquinado como el de construcción



respectivamente.

Figura 20: Conexiones del banco de condensadores del área de maquinado

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa es un banco de 2 pasos debido a la menor necesidad de compensación, en el área de maquinado es necesaria la inyección de 10 kVAr para elevar el factor de potencia, esto es suplido con 2 condensadores de 5 kVAr cada uno, que serán conectados en base a la necesidad momentánea.

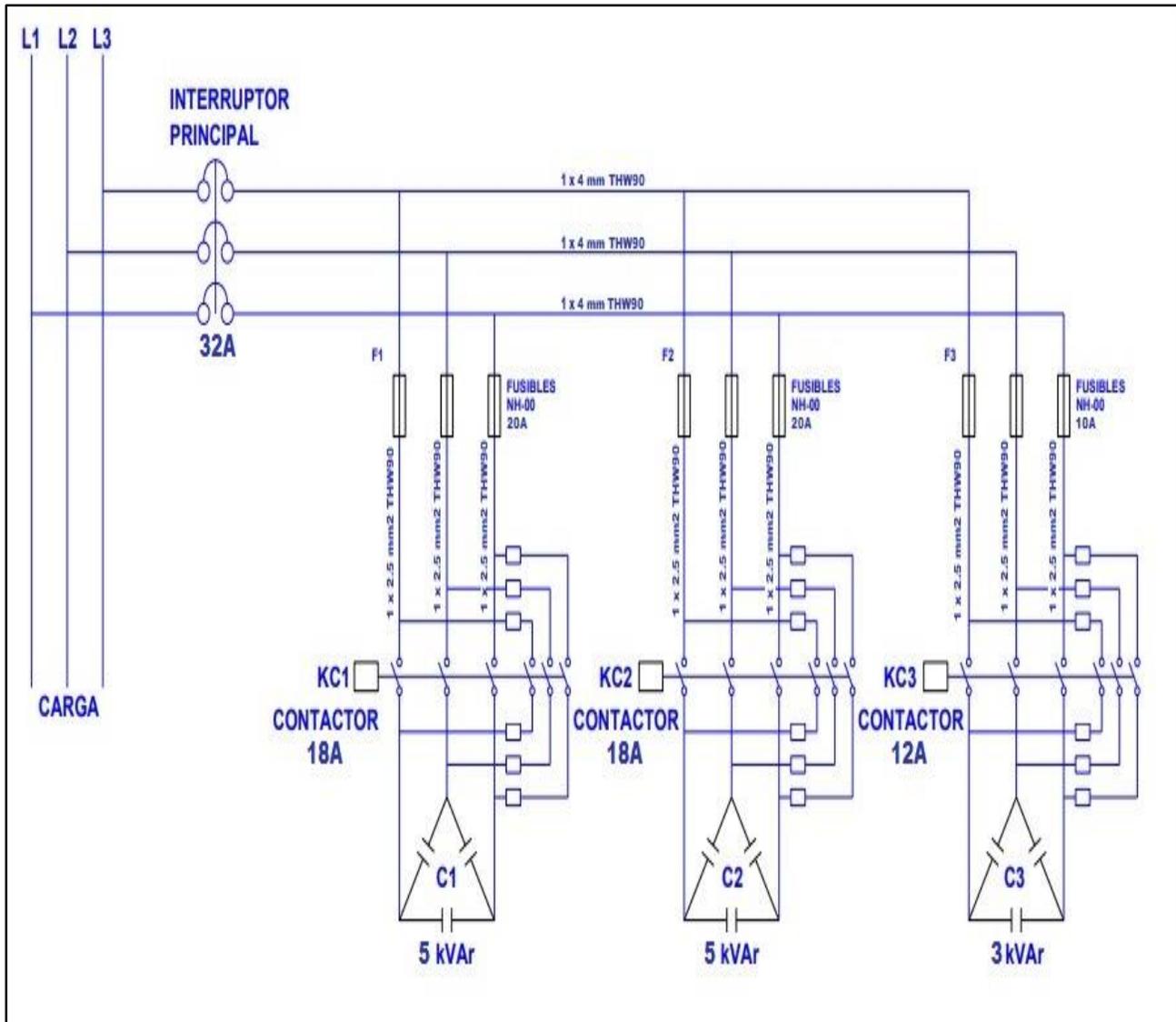


Figura 21: Conexiones del banco de condensadores del área de construcción

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del área de construcción es necesaria la inyección de 13 kVAr para elevar el factor de potencia del área hasta los valores deseados de 0.98 en este caso, esto es posible por medio de dos condensadores de 5 kVAr y uno de 3 kVAr lo que permite suplir la demanda de reactiva en base a las necesidades del momento.

4.6. Elaboración del estudio técnico-económico sobre las propuestas de compensación reactiva planteadas

4.6.1. Introducción

En este objetivo se considerará analizar y comparar los beneficios tanto técnicos como económicos que se obtendrán al implementar los tipos de bancos de condensadores propuestos.

El apartado del análisis técnico se considerará las pérdidas en alimentadores antes y después del tipo de compensación y el ahorro mensual que se obtendría al reducir estas pérdidas. En cuanto al análisis económico, se considerará el costo y beneficio de cada tipo de compensación y se valorará cuál de los dos tipos resulta más conveniente para su ejecución.

4.6.2. Estudio técnico del banco de condensadores por compensación global

4.6.2.1. Cálculo de pérdidas en los alimentadores antes y después de compensar

En el caso de la compensación global, este afectará en los alimentadores alojados aguas abajo del tablero general, reduciendo las pérdidas de todas las áreas y circuitos de la empresa. Para el cálculo de pérdidas en conductores, se hizo uso de la información de los diagramas unifilares del anexo 6, debido a la necesidad de datos tales como el tipo de conductor y la longitud de este, el cálculo detallado de un área se encuentra en el anexo 15, la misma tipología de cálculo se utiliza para las demás áreas. En la tabla 48 se muestra el resumen de pérdidas calculadas antes y después de la compensación reactiva en dichas áreas.

Tabla 48: Tabla de pérdidas en alimentadores con compensación global

ÁREA	PÉRDIDAS (W)	
	ANTES DE COMPENSAR	DESPUÉS DE COMPENSAR
MAQUINADO	1679,34	899,18
CONSTRUCCIÓN	1645,83	898,76
CORTE	3266,41	1933,77
MONOFÁSICO	284,53	233,55
TOTAL	6876,10	3965,25

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar por medio de la implementación de un banco de condensadores para elevar el factor de potencia hasta el 0.98, se logra obtener una reducción del 42.3% en las pérdidas en alimentadores, lo que se traduce en un ahorro monetario para la empresa.

4.6.2.2. Ahorro por reducción de pérdidas en alimentadores y compensación reactiva

La diferencia presente de pérdidas (antes y después de compensar) son:

$$\Delta P = 6876.10 - 3965.25 = 2910.85 \text{ W}$$

Como se puede observar en la facturación del anexo 16, el plan tarifario vigente de la empresa es MT4, por lo tanto, se tomará en cuenta el costo unitario de la energía activa expresada en kWh (s/. 0.2184). Para obtener el ahorro mensual por variación de pérdidas de potencia en conductores se hará uso de la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro mensual} = (30 * \Delta P * (\text{costo unitario kWh} * \text{horas diarias}))/1000 \dots \dots \dots$$

(8)

$$\text{Ahorro mensual} = (30 * 2910.85 * (0.2184 * 9))/1000 = 171.64 \text{ nuevos soles}$$

En la facturación se observa el gasto que tiene la empresa por el consumo de energía reactiva, tal y como dictamina OSINERGMIN, el 30% de dicha energía reactiva es sin recargo alguno, de tal manera se tiene:

$$30\% \text{ Energia Activa total} = 30\% * 4813.84 = 1444.152$$

Y la energía reactiva en exceso que es cotizada como se observa en el anexo 16, es la diferencia de la energía reactiva total consumida con el 30% permitida calculada anteriormente:

$$4964.28 - 1444.152 = 3520.128$$

El cual sería considerado como cargo añadido con un costo unitario de 0.0432, dando un gasto total de:

$$3520.128 * 0.0432 = s/.152.07$$

Mismo monto que se puede observar en la facturación eléctrica, y el cual se procede a disminuir con la implementación de un banco de condensadores que eleve el factor de potencia hasta el 0.98.

En tal caso, el ahorro mensual total por la corrección del factor de potencia se obtendría al sumar el ahorro por pérdidas en conductores como el ahorro por minimizar el consumo de energía reactiva hasta niveles mínimos, lo que daría un monto de:

$$\text{Ahorro mensual total} = 152.07 + 171.64 = 323.71 \text{ nuevos soles}$$

4.6.3. Estudio técnico del banco de compensación parcial

4.6.3.1. Cálculo de pérdidas en los alimentadores antes y después de compensar
Se propusieron 2 bancos de condensadores para elevar el factor de potencia a 0.98 en las áreas de maquinado y construcción, de tal manera que se obtendrá una reducción en las pérdidas de los conductores localizados aguas abajo de los tableros de distribución de dichas áreas. De la misma manera se utilizaron los diagramas unifilares de estas áreas localizados en el anexo 6, y la misma metodología de cálculo del anexo 15, pero con los datos del cableado presente en las 2 zonas a compensar.

En la tabla 49 se muestra el resumen de las pérdidas antes y después de compensar por la implementación de los bancos parciales propuestos.

Tabla 49: Tabla de pérdidas en alimentadores con compensación parcial

ÁREA	PÉRDIDAS (W)	
	ANTES DE COMPENSAR	DESPUÉS DE COMPENSAR
MAQUINADO	278,30	163,79
CONSTRUCCIÓN	241,35	161,57
TOTAL	519,64	325,35

Fuente: Elaboración propia.

En este caso se obtiene una reducción del 37.39% de pérdidas en alimentadores, pero al localizarse en dos áreas y compensando aguas debajo de los tableros de distribución de dichas áreas, la reducción de pérdidas en comparación con la compensación global es mucho menor.

4.6.3.2. Ahorro por reducción de pérdidas en alimentadores y compensación reactiva

La diferencia presente de pérdidas (antes y después de compensar) son:

$$\Delta P = 519.64 - 325.35 = 194.29 \text{ W}$$

Como se puede observar en la facturación del anexo 16, el plan tarifario vigente de la empresa es MT4, por lo tanto, se tomará en cuenta el costo unitario de la energía activa expresada en kWh (s/. 0.2184). Para obtener el ahorro mensual por variación de pérdidas de potencia en conductores se hará uso de la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro mensual} = (30 * \Delta P * (\text{costo unitario kWh} * \text{horas diarias}))/1000... \quad (8)$$

$$\text{Ahorro mensual} = (30 * 194.29 * (0.2184 * 9))/1000 = 11.46 \text{ nuevos soles}$$

De igual manera que con la compensación global, elevando el factor de potencia de las áreas de maquinado y construcción a 0.98, el consumo reactivo se situaría

por debajo del 30% de la activa, por lo tanto, el ahorro por consumo de energía reactiva sería el mismo que lo calculado anteriormente: s/.152.07. De modo que el ahorro mensual total sería de:

$$\text{Ahorro mensual total} = 152.07 + 11.46 = 163.53 \text{ nuevos soles}$$

4.6.4. Resumen de resultados

En la tabla 50 se observa el cuadro resumen de la comparación técnica entre los dos tipos de bancos propuestos.

Tabla 50: Tabla de comparación técnica de compensación reactiva

COMPARACIÓN TÉCNICA				
	Variación de pérdidas en alimentadores (W)	Ahorro por reducción de pérdidas (s/.)	Ahorro por consumo de energía reactiva (s/.)	Ahorro total mensual (s/.)
compensación global	2910,85	171,64	152,07	323,71
compensación parcial	194,29	11,46	152,07	163,53

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se observa la compensación global presenta mejores resultados tanto en reducción de pérdidas de potencia como en ahorro total mensual.

4.6.5. Estudio económico comparativo

Hay varios elementos a tener en cuenta para conocer la rentabilidad de un banco de condensadores, en primer lugar, se encuentran los costos de materiales, los de instalación, los de mantenimiento y los de retiro del equipo, la suma de estos se conoce como costo de inversión, este dato está presente en el anexo 17, tanto del banco de compensación global, como los dos bancos de compensación parcial. A parte del costo de inversión, se debe tener en cuenta el costo de mantenimiento anual durante la vida útil del equipo (que según fabricantes como Schneider electric y ABB, la vida útil de un banco ronda los 10 años), y finalmente el costo del retiro del equipo en la etapa final de su vida útil.

Como estos gastos se realizarán en diferentes periodos de tiempo (años), es necesario llevarlos a un punto en común en la escala de tiempo, logrando esto por medio del cálculo del valor presente. Para una mejor interpretación con lo anteriormente descrito, se observa la figura 22, el cual es un flujo de caja para los gastos totales que representa la adquisición de un banco de condensadores.

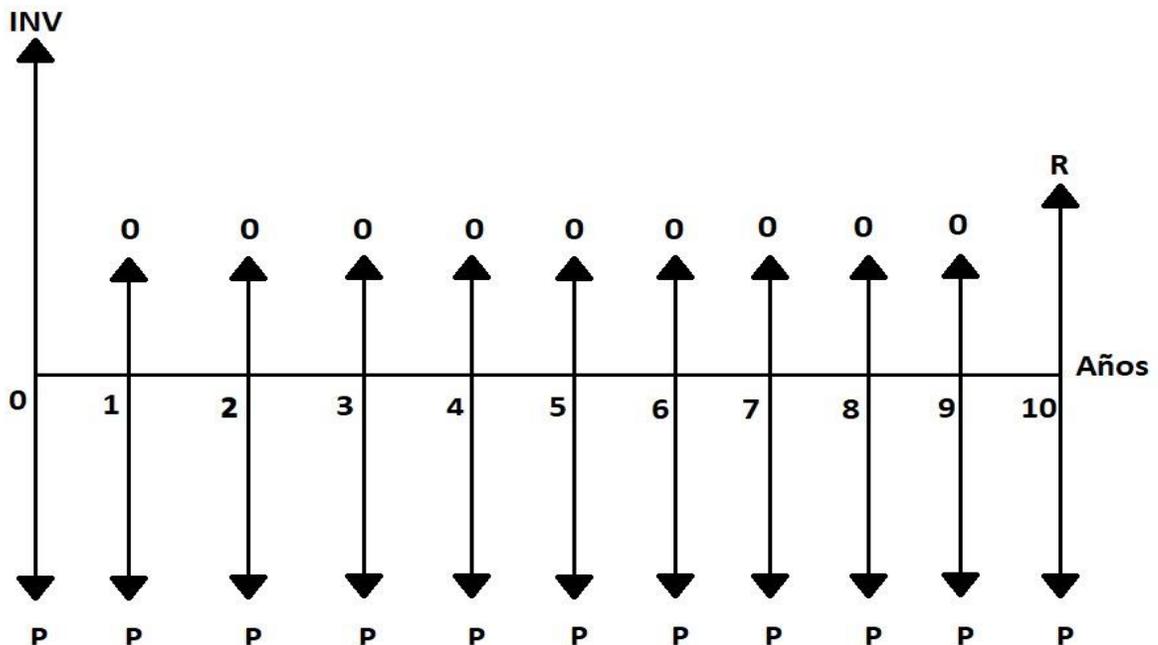


Figura 22: Flujo de caja de la vida útil de un banco de condensadores

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

INV: costo de inversión

O: costo de operación de mantenimiento

R: costo por retiro del equipo

P: Ahorro por mejora del factor de potencia

4.6.5.1. Cálculo de valor presente (VP)

Para el cálculo de valor presente se utilizará una tasa de inversión anual del 10%, y un periodo de tiempo de 10 años.

4.6.5.1.1. Cálculo de VP1

El valor de VP1 es el costo de la suma del costo de materiales e instalación presentes en el anexo 17.

Tabla 51: Tabla de valor presente 1

	COMPENSACIÓN GLOBAL (S/.)	COMPENSACIÓN PARCIAL (S/.)
VP1	4537,89	4860,47

Fuente: Elaboración propia.

4.6.5.1.2. Cálculo de VP2

El valor de VP2 es la suma de los valores constantes de los costos de mantenimiento anuales. Por medio de la ecuación 9, siendo i la tasa de inversión anual y n el periodo de tiempo, se obtiene:

$$VP = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \dots \dots \dots (9)$$

Tabla 52: Tabla de valor presente 2

	COMPENSACIÓN GLOBAL (S/.)	COMPENSACIÓN PARCIAL (S/.)
MANTENIMIENTO	250,00	375,00
VP2	1536,14	2304,21

Fuente: Elaboración propia.

4.6.5.1.3. Cálculo de VP3

En el caso del VP3, este es un costo no constante que solo se realiza una vez, pero no está ubicado en el año 0, sino al final del ciclo de vida al tratarse del gasto por retiro del equipo, por lo tanto, la ecuación utilizada es la siguiente:

$$VP3 = \left[\frac{R}{(1+i)^n} \right] \dots \dots \dots (10)$$

Tabla 53: Tabla de valor presente 3

	COMPENSACIÓN GLOBAL (S/.)	COMPENSACIÓN PARCIAL (S/.)
RETIRO DEL EQUIPO	300,00	400,00
VP3	115,66	154,22

Fuente: Elaboración propia.

4.6.5.1.4. Cálculo de VP total (Costo de Inversión)

Este valor se obtiene con la suma de todos los valores presentes calculados anteriormente.

$$CI = VP = VP1 + VP2 + VP3$$

Tabla 54: Tabla de costo de instalación

	COMPENSACIÓN GLOBAL (S/.)	COMPENSACIÓN PARCIAL (S/.)
CI	6189,69	7318,90

Fuente: Elaboración propia.

4.6.5.1.5. Cálculo del valor presente de los ahorros por mejora del factor de potencia

El ahorro obtenido por compensación se presenta como un valor constante que se obtiene en un lapso de tiempo determinado, por medio de la ecuación 9 se tiene:

Tabla 55: Tabla de valor presente del ahorro por compensación

	COMPENSACIÓN GLOBAL (S/.)	COMPENSACIÓN PARCIAL (S/.)
AHORRO TOTAL MENSUAL	323,78	163,53
AHORRO TORAL ANUAL	3885,36	1962,36
VP	23873,86	12057,85

Fuente: Elaboración propia.

4.6.5.2. Cálculo del valor presente neto

Este indicador es el valor del conjunto de flujos de efectivos futuros descontando el costo de inversión, por lo que se tiene:

$$VPN = VP - CI$$

Tabla 56: Tabla de valor presente neto

	COMPENSACIÓN GLOBAL (S/.)	COMPENSACIÓN PARCIAL (S/.)
VP	23873,86	12057,85
CI	6189,69	7318,90
VPN	17684,16	4738,95

Fuente: Elaboración propia.

4.6.5.3. Relación Beneficio/Costo

Es la relación entre el valor presente respecto al costo de inversión

Tabla 57: Tabla de beneficio/costo

	COMPENSACIÓN GLOBAL (S/.)	COMPENSACIÓN PARCIAL (S/.)
VP	23873,86	12057,85
CI	6189,69	7318,90
B/C	3,86	1,65

Fuente: Elaboración propia.

4.6.5.4. Periodo de retorno de inversión

Por medio de la ecuación 11, se obtiene el periodo de la recuperación de capital:

$$R.O.I = \frac{CI}{(AHORRO ANUAL)} \dots \dots \dots (11)$$

Tabla 58: Tabla de retorno de inversión

	COMPENSACIÓN GLOBAL	COMPENSACIÓN PARCIAL
CI	6189,69	7318,90
AHORRO TORAL ANUAL	3885,36	1962,36
R.O.I	1,59	3,73

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa la recuperación de inversión en el caso de compensación global es un poco más de 1.59 años, menos de la mitad que en el caso de la compensación parcial.

4.6.6. Resumen de resultados

Tabla 59: Tabla de comparación económica de compensación reactiva

COMPARACIÓN ECONÓMICA			
	INDICADOR	VALOR	DETALLE
compensación global	VALOR PRESENTE NETO (VPN)	17684,16	mayor a 0 el proyecto es rentable
	RELACION COSTO BENEFICIO (C/B)	3,86	mayor a 1 se acepta el proyecto
	PERIODO DE RETORNO DE INVERSIÓN	1,59	menor a 2 años el retorno de capital invertido, tiempo razonable
compensación parcial	VALOR PRESENTE NETO (VPN)	4738,95	mayor a 0 el proyecto es rentable
	RELACION COSTO BENEFICIO (B/C)	1,65	mayor a 1 se acepta el proyecto
	PERIODO DE RETORNO DE INVERSIÓN	3,73	menor a 2 años el retorno de capital invertido, tiempo razonable

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

La presente investigación se realiza a partir de la problemática relacionada a la inseguridad eléctrica en la empresa Fénix Maquinarias S.A.C, al igual que las pérdidas económicas generadas por una mala calidad energética en la empresa, por ello es que se planteó un estudio de las instalaciones eléctricas para mejorar la calidad y seguridad eléctrica.

- 5.1. La investigación parte de la evaluación del estado del sistema eléctrico de la empresa, la cual fue fundamental para poder tener conocimiento de las condiciones en la cual se encuentran las instalaciones eléctricas, se encontró que en el Área de Corte el tablero de distribución cuenta con interruptores sobredimensionados y áreas como la de Maquinado y Construcción no cuentan con tableros de distribución, aparte el cableado e interruptores instalados en estas zonas se encuentran subdimensionados y no cumplen con las normas establecidas por el CNE – Utilización. El mismo método utilizó Cremades (2014) en su estudio, encargándose de describir el estado del sistema eléctrico de una empresa y comparándola con las normativas vigentes en su país.
- 5.2. Se realizó un análisis de los riesgos y daños de las instalaciones eléctricas, así se pudo conocer el nivel de inseguridad existente en dichas instalaciones, se hizo un análisis del tablero de distribución del Área de Corte, del tendido eléctrico e interruptores de las otras dos áreas, con esto se pudo determinar que el sobredimensionamiento de dispositivos de protección en el Área de Corte provoca un gasto innecesario de dinero ya que mientras de más intensidad sea el dispositivo más costoso es, esto puede repercutir en la seguridad del cableado y de las máquinas, ya que la intensidad de los interruptores deben estar a la par con el cableado según Cerdá (2014). Por otro lado, se determinó que el subdimensionamiento del cableado e interruptores del Área de Construcción y Maquinado genera sobrecalentamiento en los cables y sobrecarga en los interruptores, produciendo paradas inesperadas y en el peor de los casos un incendio. En el estudio de diseño de de instalaciones eléctricas de De la Sota (2013 pone énfasis en el correcto cálculo y selección de los

conductores de las acometidas, como los circuitos derivados de cargas especiales e interruptores termomagnéticos, esto basándose en el CNE - Utilización y en las normas vigentes en el país.

- 5.3.** Se mejoraron las instalaciones eléctricas de la empresa, para ello se tuvo que consultar todas las normativas exigidas por el CNE – Utilización, con la demanda máxima y el factor de potencia ya encontrado se calculó con el método de intensidad máxima admisible y seleccionó la sección y tipo de cable, al igual que el tipo de interruptor termomagnético para poder así realizar la mejora de los tableros de distribución para cada área, el tablero general y el tendido eléctrico como sus derivaciones. También se realizó el cálculo de la caída de tensión de cada tramo de los conductores de la empresa, teniendo como resultado una caída de tensión máxima de 0.63% cumpliendo así con lo establecido por la norma 050-102 de CNE – Utilización que especifica que la sumatoria de caída de tensión en cada circuito no debe sobrepasar el 4%. En el caso de León y Ovalle (2013) también realizaron una investigación relacionado con el diseño de un tablero eléctrico, en el cual también diagnosticaron las problemáticas del tablero actual y diseñaron uno nuevo con las necesidades requeridas por la empresa, teniendo como resultado un tablero con las condiciones requeridas otorgando protección y seguridad a los motores de la empresa.
- 5.4.** Por medio del análisis de la calidad energética, se determina que la calidad del suministro energético de Fénix maquinarias S.A.C, está dentro de rangos admisibles de la normativa que dicta la NTCE-Urbano, tal y como se muestra en la tabla 35, donde todos los parámetros entran en lo admisible. No es el mismo caso de la eficiencia energética, dónde en la tabla 36, se muestra un consumo elevado de potencia reactiva y un bajo factor de potencia tanto en máxima como en promedio, siendo 0.95 y 0.71 respectivamente. Una mejora en el factor de potencia ocasionaría un ahorro económico tal y como se refleja en la investigación de Zheng y Zhang (2017), donde detallan un ahorro de hasta \$ 6,000 en los cargos anuales de la facturación eléctrica. Esto se corrobora con lo que mencionan Kabir, Mohsin y Khan (2017), donde mencionan que,

corrigiendo el factor de potencia, se obtiene una mejora en la eficiencia energética.

- 5.5.** Para el diseño del banco de condensadores, se usó la metodología propuesta por la empresa Schneider Electric, y los datos obtenidos tanto por el analizador de redes como de la tabla de potencia instalada, y para el proceso de diseño se optaron por 2 métodos de compensación, la compensación global y la parcial. Se obtuvo un banco de 30 kVAr en el caso de compensación global y en el caso de compensación parcial se tiene uno de 10 kVAr para el área de maquinado y de 13 kVAr para el área de construcción. Se optó por bancos automáticos, debido a la facilidad y eficacia para inyectar la capacidad necesaria en el momento adecuado, tal y como mencionan en su investigación Patil, Kushe, Mondkar, Acharekar y Dhuri (2019), donde por medio de una compensación automática demostraron una reducción en el tiempo de operación de los bancos, mejorando la eficiencia del sistema elevando el FP de 0.75 hasta 0.90. Esta mejora se comprueba con lo que dicen Chaudhary, Gurjar, Misra, Nishad y Jigar (2018), que mencionan que la corrección del factor de potencia conlleva numerosas ventajas como el incremento tanto de la eficiencia energética como de la vida útil de los equipos.
- 5.6.** En el estudio técnico-económico de los bancos de condensadores propuestos, se determinó la reducción de pérdidas de potencia en conductores según el banco de condensadores, en el caso de compensación global se obtuvo una reducción del 42.3% en las áreas compensadas, y en el caso de la compensación parcial se redujo en un 37.39%, pero solamente en las áreas de maquinado y construcción. Este ahorro en pérdidas energéticas se agrega al ahorro por consumo de potencia reactiva en ambos casos propuestos, dando un total de ahorro monetario mensual de S/. 323.71 y S/. 163.53 en compensación global y parcial respectivamente. Todo ello obtenido por la compensación reactiva por medio de banco de condensadores, tal y como se observa en la investigación de Zheng y Zhang (2017), donde obtuvieron un ahorro de \$ 6,000 en los cargos anuales de facturación eléctrica, por el hecho de instalar un banco de condensadores que elevará el factor de potencia de

0.87 a 0.98. En el caso del estudio económico se usaron indicadores de rentabilidad, para comprobar los posibles beneficios de la implementación de un banco de condensadores, tal y como indica Valencia (2014), donde menciona que los indicadores utilizados para comprobar la rentabilidad de un proyecto son comúnmente el valor presente neto (VPN), el costo beneficio (C/B) y el periodo de retorno de inversión (ROI), en ambos casos propuestos se obtuvieron resultados favorables, pero en el caso de la compensación global el periodo de retorno es de 1.59 años, inferior a lo obtenido en la compensación parcial que es de 3.73 años.

VI. CONCLUSIONES

- Se estudió las instalaciones eléctricas de la empresa Fénix maquinarias S.A.C, para ello se realizó mediciones de los parámetros eléctricos con la ayuda de un analizador de redes PQ500 de la marca ECAMEC, este fue instalado en el tablero general de la empresa, el equipo fue instalado desde el día 31 de agosto hasta el día 08 de septiembre del 2020. Como parte del estudio también fue necesario realizar una evaluación del estado del sistema eléctrico y un análisis de riesgos y daños de las instalaciones eléctricas de la empresa. También se realizó la mejora de las instalaciones eléctricas internas de la empresa y el diseño de un banco de capacitores para así mejorar la calidad del sistema eléctricos de la empresa. Finalmente se realizó un estudio económico para verificar la factibilidad del presente estudio.

- Se evaluó el sistema eléctrico de las 3 áreas de trabajo de la empresa, se determinó que en el Área de Corte el cableado se encuentra subdimensionado dado a que cuentan con un cable de 6 mm^2 , también se determinó que los interruptores termomagnéticos se encuentran sobredimensionados dado a que en el interruptor termomagnético de la cortadora láser HSG3015C cuenta con un interruptor de 50 A, caso parecido con la bomba de la cortadora de chorro de agua que el interruptor instalado es de 50 A, con ello se llegó a concluir que el tablero del área de corte es deficiente. Por otro lado, se determinó que en el Área de Maquinado el cableado se encuentra subdimensionado dado a que cuentan con un cable de 10 mm^2 , en el caso de los interruptores existe ausencia de alguno de ellos y con los que cuentan están subdimensionados, en el caso de los tornos cuentan con interruptores de 30 A. Finalmente se determinó que en el Área de Construcción el cableado se encuentra subdimensionado dado a que cuentan cable de sección de 10 mm^2 , los interruptores se encuentran subdimensionados dado a que en el caso de la cortadora de placa cuenta con un interruptor de 50 A, igual que en la dobladora la cual cuenta con un interruptor de 80 A, cabe mencionar que las soldadoras no cuentan con interruptores termomagnéticos propios, pero en este estudio se hallaron valores de interruptores los cuales fueron de 50 A por cada soldadora MIG.

- Se realizó un análisis de riesgos y daños de las instalaciones eléctricas de la empresa, gracias a este se pudo determinar las consecuencias que causan las deficiencias en las instalaciones eléctricas de la empresa. En el Área de Corte el cableado se encuentra subdimensionado y los interruptores termomagnéticos se encuentran sobredimensionados. Por otro lado, en el Área de Maquinado tanto el cableado como los interruptores se encuentran subdimensionados, la sección de cable de cada máquina es de 4 mm^2 , el subdimensionamiento de los conductores podrían terminar en calentamiento de estos. Finalmente, en el tablero general se pudo apreciar que el interruptor general, interruptor del taller de 80 A, el interruptor de oficina de 32 A y el interruptor de la bomba de 4 A se encuentran subdimensionados y que el interruptor del Área de Corte de 160 A se encuentra sobredimensionado.
- Se mejoraron las instalaciones eléctricas de la empresa y se llegó a la conclusión que en el Área de Corte es correcto utilizar un interruptor termomagnético general de 63 A y un cableado de 16 mm^2 , para el Área de Maquinado es correcto utilizar un interruptor termomagnético general de 150 A y un cableado de 70 mm^2 y finalmente para el Área de Construcción es correcto utilizar un interruptor termomagnético general de 150 A y un cableado de 70 mm^2 .
- Por medio del analizador de redes y con la ayuda de la normativa NTCSE, se logró determinar que los parámetros de calidad energética operaban en rangos admisibles, en contraste con su eficiencia, que presentaba rangos bajos de factor de potencia.
- Con la ayuda del analizador de redes y cálculos de ingeniería, se plantearon distintos tipos de bancos de condensadores para elevar el factor de potencia hasta 0.98, el cálculo de sus componentes para un funcionamiento óptimo fue realizado mediante manuales de fabricante.
- En base a indicadores de rentabilidad y cálculos de ingeniería se logró determinar el sistema de compensación más eficiente y rentable, siendo este el banco de condensadores global.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, para futuros estudios relacionados con el diseño de instalaciones eléctricas se coordine con especialistas en la rama eléctrica para que pueda haber una orientación más especializada en cuanto a las necesidades y normativas de las instalaciones eléctricas a nivel empresarial.
- Es imprescindible la constante consulta del Código Nacional de Electricidad y las normativas vigentes para así poder realizar un estudio correcto siguiendo con los requerimientos establecidos.
- Se recomienda no sobredimensionar, este es un problema bastante común en el diseño de instalaciones eléctricas tanto industriales como domiciliarias, por ello se recomienda utilizar los valores obtenidos por los cálculos, cabe resaltar que al dimensionar se está haciendo un gasto más grande de lo que en realidad es y se estaría poniendo en riesgo el correcto funcionamiento de los equipos.
- Se recomienda el uso de un software para el cálculo de kA de los interruptores termomagnéticos, para obtener valores más exactos.
- Realizar una nueva propuesta de comparación técnico-económica en base a la implementación de una compensación individual en cargas con un número elevado de horas de funcionamiento.
- Analizar el comportamiento de los motores, determinando la eficiencia que presentan estos al cambio de factor de potencia en distintos estados de carga, todo ello por medio de simulación con software.
- Se recomienda a la empresa invertir en la instalación de un banco de condensadores global, debido a su rápida recuperación de inversión y a la mejora tanto técnica como económica que presentaría su sistema eléctrico.

REFERENCIAS

Abdiel Leonardo [et all.]. Evaluación de la seguridad en las instalaciones eléctricas de las viviendas del distrito de Changuinola. [En línea]. Marzo 2019. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338052336_Evaluacion_de_la_seguridad_en_las_instalaciones_electricas_de_las_viviendas_del_distrito_de_Changuinola_Evaluation_of_the_security_in_the_electrical_installations_of_the_houses_of_the_district_of_Chan
DOI: 10.33412/rev-ric.v5.0.2370

CERDÁ, Luis. Instalaciones eléctricas y automatismos [En línea]. España: Ediciones Paraninfo S.A., 2014. [Fecha de consulta: 29 de junio de 2020]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oFvBgAAQBAJ&oi=fn&pg=PR13&dq=instalaciones+electricas&ots=kqaoLJt31i&sig=oCW-2N_1a4NNSmTMw15L9TX5d8l#v=onepage&q&f=false
ISBN: 9788428398831

CREMADES Gradolí, Ferran. Proyecto de instalación eléctrica en una fábrica de puertas de madera ubicada en el P.I de Catarroja. Tesis (Ingeniero en Tecnologías Industriales).: Catarroja: Universitat politècnica de valència, 2014.
Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/53520>

CUTTI, Roberto. Análisis técnico-económico óptimo para la económico óptimo para la reducción del pago por energía reactiva de acuerdo al pliego tarifario y normas vigentes. Tesis (Bachiller ingeniero electricista). Perú: Universidad Nacional del Centro, facultad de ingeniería eléctrica y electrónica, 2010. 165 pp.

DE LA SOTA Mena, Raúl. Diseño integral de las instalaciones eléctricas de la planta industrial Noritsu Automotriz S.A. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2013. Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/4237>

Elfizon Elfizon, Muskhir M. y Asnil. Development of Industrial Electrical Installation Trainer Nuanced To Training within Industry for Students of Electrical Industrial Engineering Universitas Negeri Padang. Journal of physics IOP. [En línea]. Enero 2019. [Fecha de consulta: 16 de abril de 2020]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/331468887_Development_of_Industrial_Electrical_Installation_Trainer_Nuanced_To_Training_within_Industry_for_Students_of_Electrical_Industrial_Engineering_Universitas_Negeri_Padang
DOI: 10.1088/1742-6596/1165/1/012014

Espinoza, Henry. Implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015. Tesis (Bachiller ingeniero industrial). Lima: Universidad Privada del Norte, Facultad de ingeniería, 2017. 99 pp.

FRAILE, Jesús. Circuitos Eléctricos. 2.^a ed. España: Ibergarceta Publicaciones S.L., 2019. (p.7). ISBN: 8416228477

Garner, R. (2019). *Perspectiva: parpadeo del LED*. ECS Journal of Solid State Science and Technology, 9 (1), 016017. ECS Journal of Solid State Science and Technology, 2020 9 016017
DOI: 10.1149 / 2.0242001jss

Iloduba Titus, Ifeyinwa Justina y Oluka S. Theoretical knowledge competencies required by trade artisans in domestic and industrial electrical installations in Enugu State. *International Journal of Vocational and Technical Education*. [En línea]. Septiembre 2018. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2020]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/328614742_Theoretical_knowledge_competencies_required_by_trade_artisans_in_domestic_and_industrial_electrical_installations_in_Enugu_State
DOI: 10.5897/IJVTE2018.0245

Imran, M., Kulkarni, SM y Murkute, SV (2017). *Restaurador de voltaje dinámico para mitigar la caída y el aumento de voltaje. 2017 Congreso Internacional*

KABIR Yasin, Mohsin Yusuf y Khan Mohammad. Automated power factor correction and energy monitoring system. *IEEE Int Conf Electr Comput Commun Technol ICECCT 2017*, (17):1-5 2017. DOI: 10.1109/ICECCT.2017.8117969.

GULBRANDSEN Magnus y Kyvik Svein. Are the concepts basic research, applied research and experimental development still useful? an empirical investigation among Norwegian academics. *Sci Public Policy*. [En línea]. 37(5). Junio 2010. [Fecha de consulta: 22 de mayo 2020] Available from: <http://www.ingentaconnect.com/content/beechnet/spp> DOI: 10.3152/030234210X501171.

M. Kurganova. Evaluation Of Payback Period Of Epr-Systems. Conference: 18th International Scientific Conference Problems of Enterprise Development. [En línea]. Marzo 2020. [Fecha de consulta: 29 de julio de 2020]. Disponible en: https://www.europeanproceedings.com/files/data/article/10007/10442/article_10007_10442_pdf_100.pdf
DOI: 10.15405/epsbs.2020.04.19

Ministerio de Energía y Minas. Código Nacional de Electricidad. Peru: Ministerio de Energía y Minas., 2011. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2020]. Disponible en: http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=6&idTitular=626&idMenu=sub114&idCateg=340

MARTÍN, Juan y GARCÍA, María. Automatismos Industriales Cableado. *Automatismos Industriales*. España: Editex, 2016. p.138. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=R7NcDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA135&dq=Automatismos+Industrial+es&ots=jGWwNqqWMA&sig=Rz2arGda_IzMZ0zIL0GRFel0epY#v=onepage&q=Automatismos%20Industriales&f=false
ISBN: 9788490789803

Minimizing Penalty in Industrial Power Consumption by Using APFC unit": A Review por ANUJA Vijay Patil [et al]. *Conference: 2019 IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking*. Marzo 2019. DOI: 10.1109/ICSCAN.2019.8878863.

MUÑOZ Nicolás, VILLADA Fernando y LÓPEZ Jesús. Reducción Selectiva de las Corrientes de Neutro en Instalaciones Eléctricas Mediante el Uso de Compensadores Activos Paralelo. [En línea]. vol. 24. Nº 2. 2013. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262439296_Reducción_Selectiva_de_las_Corrientes_de_Neutro_en_Instalaciones_Electricas_Mediante_el_Uso_de_Compensadores_Activos_Paralelo
DOI: 10.4067/S0718-07642013000200009

NAJEEM Olawale Adelakun, BANJI Abubakar Olanipekun y ASOGBA Samuel. Design of an Electrical Installation of a Storey Building. *iJETRM*. [En línea]. 28-19(4). Enero 2020. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/341097573_Design_of_an_Electrical_Installation_of_a_Storey_Building
ISSN: 2456-9348

OSINERGMIN. resolución de la comisión de tarifas eléctricas no. 004-92 p/cte. Comisión de Tarifas de Energía: 1-7, enero 1992.

RADHAKRISHNAN, Govindan. Non-Experimental Research amenable to Nursing Contexts . *Asian Journal of Non-Experimental Research Designs*, 3(1):25–8, Enero-Marzo 2018. ISSN: 2231-1149.

Robledo, Fernando. Riesgos Eléctricos. Riesgos eléctricos y mecánicos. [En línea]. Colombia: Ecoe Ediciones, 2014. pp.8-9 [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020]
Disponibile en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Ntk3DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=instalaciones+electricas+libros&ots=hJj7bJoOu9&sig=wIXQ54MF0QYF33pYNKGwf1OHXAs#v=onepage&q&f=false>
ISBN: 9789586489812

Salomon Tettey. The net present value is the king of capital budgeting. *Journal Contribution*. [En línea]. Julio 2020. [Fecha de consulta: 28 de julio de 2020]. Disponible en: https://figshare.com/articles/Finance-Comprehensive_NPV_docx/12611588
DOI: 10.6084/m9.figshare.12611588

SCHNEIDER, Electric. Guía de diseño de instalaciones eléctricas. 4.^a ed. España. Schneider electric España S.A.. 2010. 351 pp. ISBN: 84-609-8658-6.

Taco Diana y Gutiérrez Marcos. Valoración de inversiones en proyectos no convencionales - Tasa interna de retorno versus Tasa interna de retorno modificada. *INNOVA Research Journal*. [En línea]. Junio 2018. [Fecha de consulta: 25 julio de 2020]. Disponible en: <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/797/775>
DOI: 10.33890/innova.v3.n9.2018.797 cgf

Tian, Shuxin. et al. Construction of cost-benefit evaluation indicator system of uhv power grid. *International Journal of Power and Energy Systems* - 2016. [En línea]. Julio 2016. [Fecha de consulta: 18 de julio de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/305629336_Construction_of_cost-benefit_evaluation_indicator_system_of_uhv_power_grid
DOI: 10.2316/Journal.203.2016.2.203-6186

Valencia, Walter. Indicador de Rentabilidad de Proyectos: el Valor Actual Neto (VAN) o el Valor Económico Agregado (EVA). *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*. [En línea]. Marzo 2014. [Fecha de consulta: 19 de julio de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/307180560_Indicador_de_Rentabilidad_de_Proyectos_el_Valor_Actual_Neto_VAN_o_el_Valor_Economico_Agregado_EVA
DOI: 10.15381/idata.v14i1.6204

Vera Jeffer, Santamaría Francisco y Jaramillo Adolfo. Análisis de calidad de potencia en un sistema industrial a partir de mediciones multipunto. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. [En línea]. Mayo 2018. [Fecha de consulta: 1 de julio de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329229290_Analisis_de_calidad_de_potencia_en_un_sistema_industrial_a_partir_de_mediciones_multipunto
DOI: 10.22395/rium.v17n32a9

S. Waimin. Halogen free electrical conductors. *IEEE- CONCAPAN XXXV*. [En línea]. Octubre 2015. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/304412066_Halogen_free_electrical_conductors
DOI: 10.1109/CONCAPAN.2015.7428441

Yammenko, Yulia. et al. The influence of electrical energy quality to economic characteristics of isolated microgrid. *Journal Tekhnichna Elektrodynamika*. [En línea]. Junio 2020. [Fecha de consulta: 15 de junio 2020]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/342627982_THE_INFLUENCE_OF_ELECTRICAL_ENERGY_QUALITY_TO_ECONOMIC_CHARACTERISTICS_OF_ISOLATED_MICROGRID
DOI: 10.15407/techned2020.04.076

ZHENG Fu Y Zhang Wang. Long term effect of power factor correction on the industrial load: A case study. *Australas Univ Power Eng Conf AUPEC 2017*: 1-5. Noviembre 2017. ISBN: 9781538626474.

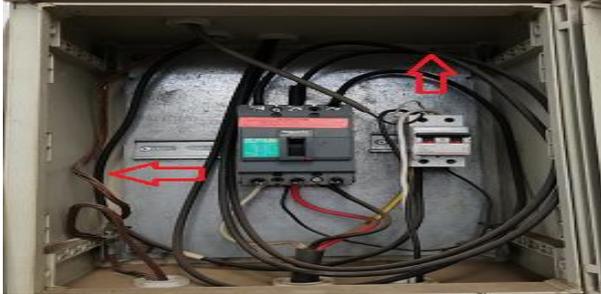
ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLE DE ESTUDIO INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
SISTEMA ELÉCTRICO TRIFÁSICO	Potencia eléctrica aprovechable para producir un trabajo (Chapman, 2016).	Potencia real consumida en la instalación eléctrica de la empresa.	kW	RAZÓN
	Potencia eléctrica encargada de producir el campo magnético necesario para el funcionamiento de equipos eléctricos (Chapman, 2016).	Potencia eléctrica perdida, ocasionada por cargas inductivas.	kVAr	RAZÓN
VARIABLE DE ESTUDIO DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VIABILIDAD TÉCNICA	Característica tecnología involucrada en el proyecto, que determina si es posible resolver problemas de manera eficiente.	Se asegura el cumplimiento de las metas y objetivos.	$\cos\phi \frac{P}{S}$	RAZÓN
VIABILIDAD ECONÓMICA	Rentabilidad necesaria para compensar los posibles riesgos que se pueden originar en la viabilidad del proyecto. (Leonardo, 2018).	Determinar si los beneficios obtenidos son mayores a los recursos utilizados.	VPN B/C ROI	RAZÓN

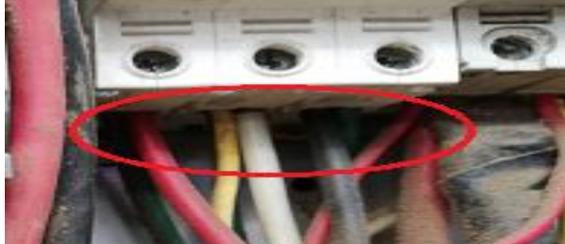
TÉCNICAS	USO	INSTRUMENTO
Análisis documental	Recolectar información de fuentes confiables.	Tesis, libros, artículos de investigación, manuales.
Toma de datos	Recolectar datos y parámetros	Facturas, placas, pinza amperimétrica, analizador de redes, diagramas unifilares.

ANEXO 2

ÁREA	CORTE	
CONEXIONES	OBSERVACIONES	CONCLUSIÓN
	<p>Ausencia de barraje para conexión a puesta a tierra</p>	<p>Colocar barra para conectar maquinas a puesta a tierra</p>
CABLEADO	OBSERVACIONES	CONCLUSIÓN
	<p>Tablero con falta de canaletas, cables expuestos</p>	<p>Instalar canaletas en el tablero</p>
	<p>Canaleta sin tapas, cable golpeado y deteriorado por este motivo</p>	<p>Colocar tapa a canaleta</p>
CONTACTOS	OBSERVACIONES	CONCLUSIÓN
	<p>Ausencia de tuberías, el cable que sale del tablero se encuentra expuesto</p>	<p>Colocar tuberías de acero galvanizado</p>
	<p>Ausencia de terminales en cables, cables conectados a presión para hacer contacto</p>	<p>Colocar terminales a los cables</p>

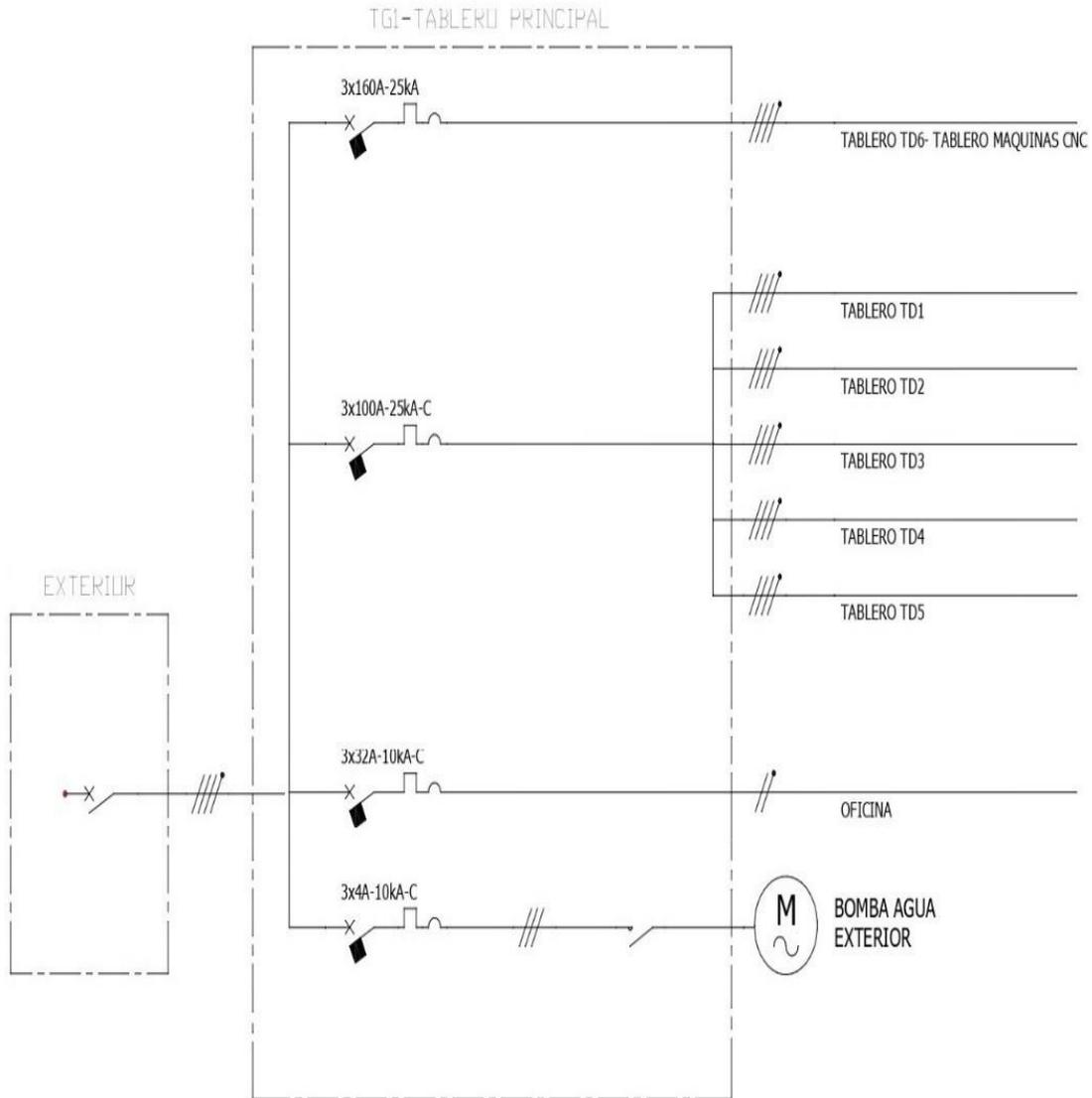
ÁREA	TABLERO GENERAL	
CONEXIONES	OBSERVACIONES	SOLUCIÓN
	<p>Sobrecarga de interruptor general del Taller, 3 cargas externas conectadas</p>	<p>Independizar cargas con su propio interruptor</p>
CABLEADO	OBSERVACIONES	SOLUCIÓN
	<p>El cableado se encuentra expuesto, no está dentro de tuberías</p>	<p>Instalar tuberías y pasar el cable dentro de estas</p>
	<p>Se hace uso de empalmes con cinta aislante en vez de realizar conexiones entre cables con conectores</p>	<p>Realizar uniones con conectores</p>
CONTACTOS	OBSERVACIONES	SOLUCIÓN
	<p>La punta de los cables no se encuentra con terminales</p>	<p>Colocar terminales en las puntas de los cables</p>
	<p>Se hace uso de tuberías corrugadas de PVC para el transporte de cable en el tablero en vez de utilizar canaletas</p>	<p>Instalar canaletas para transporte y protección del cable</p>

ÁREA	CONSTRUCCIÓN	
CONEXIONES	OBSERVACIONES	CONCLUSIÓN
	<p>Utilización de tablero de arranque para albergar tomacorrientes</p>	<p>Utilizar los tableros únicamente para su función designada</p>
	<p>Ausencia de tomacorrientes industriales monofásicos, uso de tomacorrientes convencionales</p>	<p>Cambiar los tomacorrientes convencionales por meneques</p>
	<p>Tendido eléctrico expuesto</p>	<p>Instalar bandejas metálicas para transporte del tendido eléctrico</p>
CABLEADO	OBSERVACIONES	CONCLUSIÓN
	<p>Ausencia de canaletas en tablero, cable expuesto y en desorden</p>	<p>Instalar canaletas en tablero</p>
CONTACTOS	OBSERVACIONES	CONCLUSIÓN
	<p>Tablero carece de chapa, circuito expuesto a cualquier persona</p>	<p>Instalación de chapa en el tablero</p>

ÁREA	MAQUINADO	
CONEXIONES	OBSERVACIONES	CONCLUSIÓN
	<p>Utilización de tablero de distribución para albergar tomacorrientes, hasta se puede apreciar un tomacorriente monofásico convencional</p>	<p>Usar los tableros únicamente para su función designada</p>
	<p>Máquinas conectadas directamente del tendido eléctrico</p>	<p>Realizar su sistema de protección con un interruptor por cada máquina</p>
	<p>Sobrecarga en interruptores Termomagnético con cargas no calculadas en su diseño de este</p>	<p>Conectar las cargas para el cual ha sido diseñado el interruptor</p>
CABLEADO	OBSERVACIONES	CONCLUSIÓN
	<p>El tablero no cuenta con canaletas, el cable se encuentra expuesto, hasta se puede apreciar cables desconectados</p>	<p>Instalar canaletas en el tablero</p>
CONTACTOS	OBSERVACIONES	CONCLUSIÓN
	<p>El tablero está abierto expuesto al público dado a que carece de chapa</p>	<p>Colocar una chapa en el tablero</p>

ANEXO 3

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



CARRETERA PANAMERICANA NORTE Km. N° 562 Trujillo-Perú

TALLER FENIX MAQUINARIAS
TG1 - TABLERO PRINCIPAL

Función: =F1

Función principal

Situación: +L1

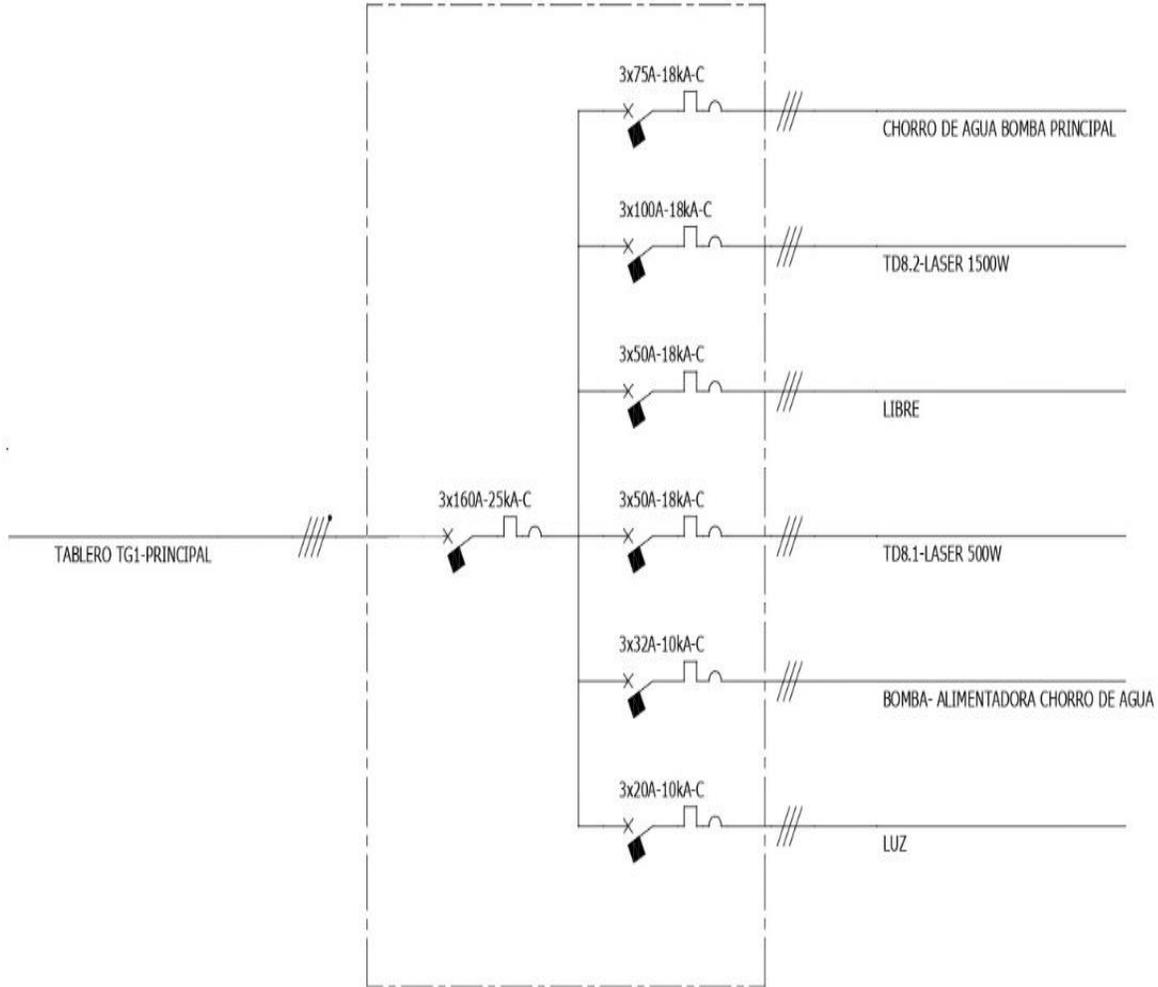
Armario principal

IND	Fecha	Nombre	Comentarios
0	23/07/2020	Mark	
Voltaje de Entrada		380VAC 3PH+N+PE	
Frecuencia		60Hz	

Revisión
0

Hoja
05

TD8-TABLERU MAQUINAS CNC



CARRETERA PANAMERICANA NORTE Km. N° 562 Tujillo-Perú

TALLER FENIX MAQUINARIAS
TD6- TABLERO MAQUINAS CNC

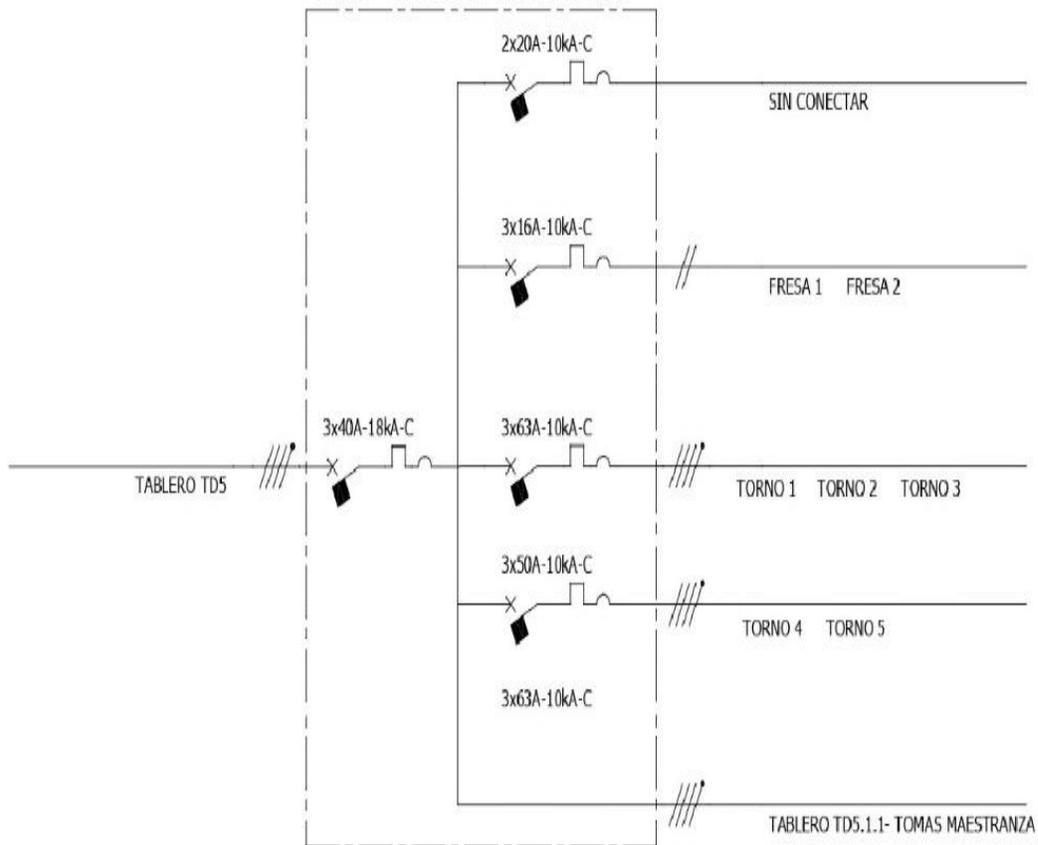
Función:

Situación:

					Revisión
0					
IND	Fecha	Nombre	Comentarios		Hoja
Voltaje de Entrada		380VAC 3PH+N+PE			
Frecuencia		60Hz			

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

TD5.1- TABLERO MAESTRANZA



TALLER FENIX MAQUINARIAS
TD5.1-TABLERO MAESTRANZA

Función:

Situación:

			Revisión
	Nombre	Comentarios	
Voltaje de Entrada	380VAC 3PH+N+PE		
Frecuencia	60Hz		

CARRETERA PANAMERICANA NORTE Km. N° 562 Trujillo-Perú

ANEXO 4

CÁLCULO DE INTENSIDAD ÁREA CORTE					
EQUIPO	POTENCIA (W)	CÁLCULO INTENSIDAD DISEÑO (A)	I.DISEÑO	CÁLCULO I. INTERRUPTOR x1.50 (A)	CÁLCULO I. CABLE x.125 (A)
Interruptor general	21520	$I = \frac{21520}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.98}$	33.36	50.04	41.7
Luminarias	320	$I = \frac{320}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.98}$	0.50	0.75	0.625
Cortadora Laser HSG3015A	1500	$I = \frac{1500}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.98}$	2.33	3.495	2.912
Cortadora Laser HSG3015C	1000	$I = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.98}$	1.55	2.325	1.937
Cortadora chorro de agua	1500	$I = \frac{1500}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.98}$	23.26	34.89	29.08
Bomba chorro de agua	3700	$I = \frac{3700}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.98}$	5.74	8.61	7.17

ANEXO 5

Tabla 16

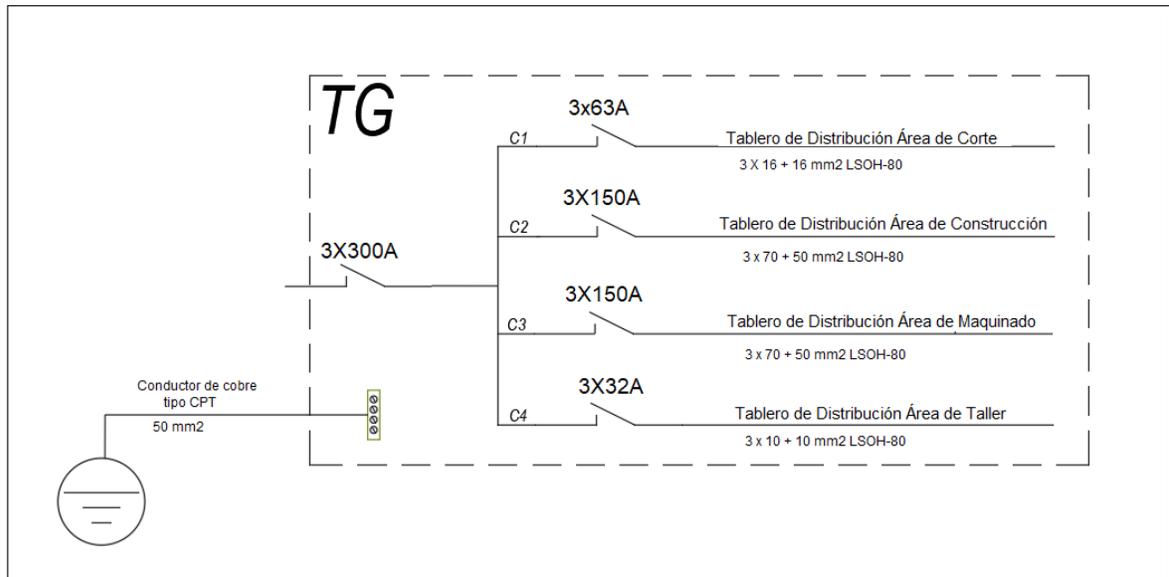
Máxima capacidad o ajuste del dispositivo de sobrecorriente de los circuitos protegidos [A]	Mínima sección nominal del conductor requerido [mm²]
20	2,5
30	4
40	6
60	6
100	10
200	16
300	25
400	25
500	35
600	50
800	50
1000	70
1200	95
1600	120
2000	150
2500	185

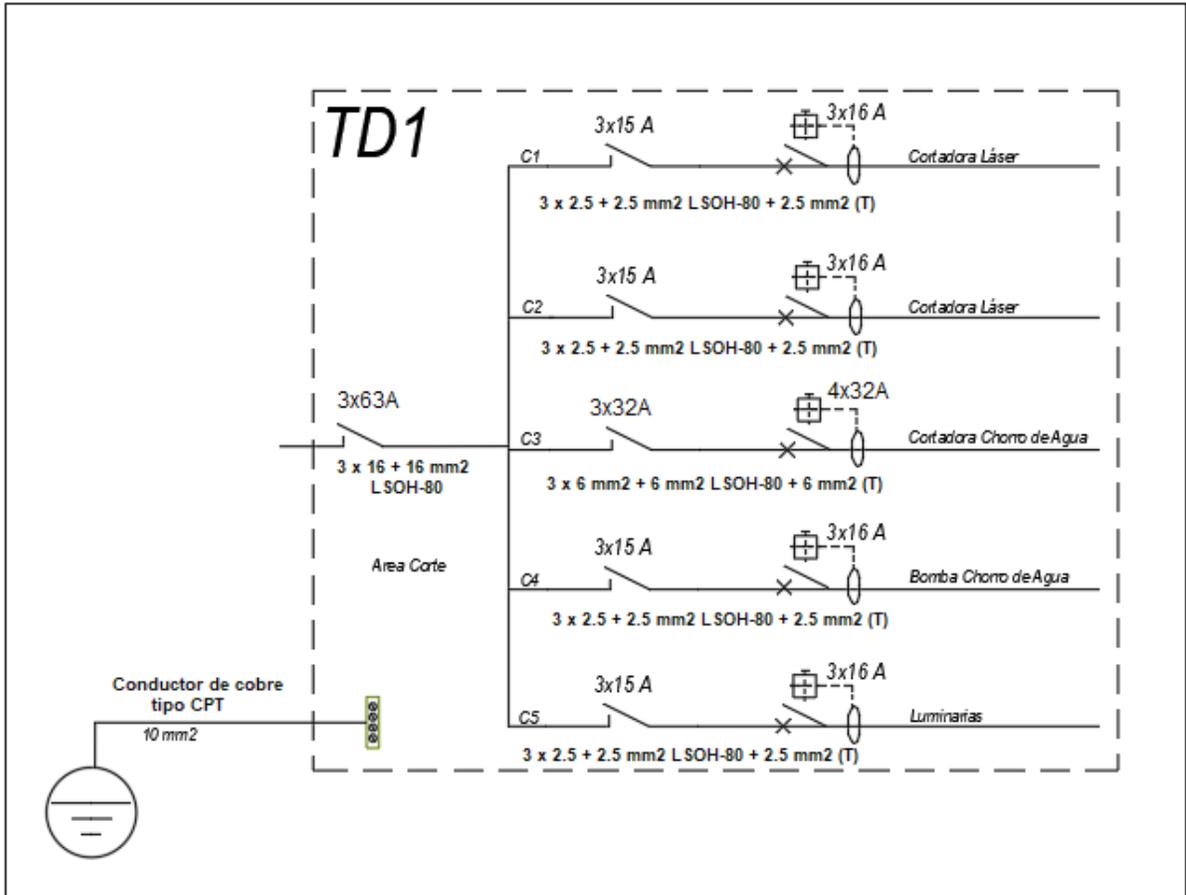
Tabla17

Capacidad de conducción del conductor de acometida de mayor sección o el equivalente para conductores múltiples [A]	Sección del conductor de cobre de puesta a tierra [mm²]
100 o menos	10
101 a 125	16
126 a 165	25
166 a 200	25
201 a 260	35
261 a 355	50
356 a 475	70
Sobre 475	95

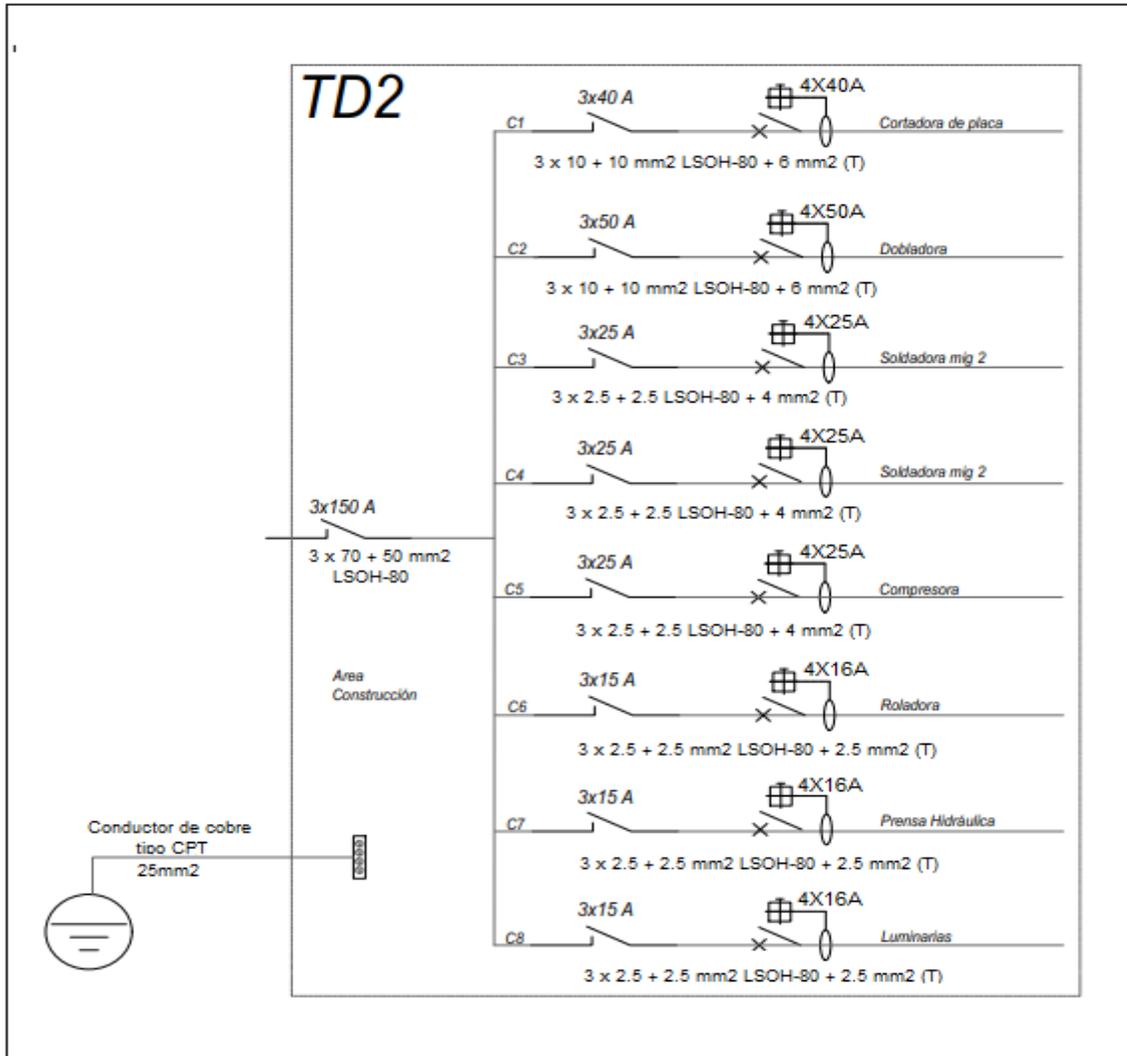
SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA			
CIRCUITO	ALIMENTACIÓN		SECCIÓN DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA (mm^2)
	SECCIÓN (mm^2)	CAPACIDAD DEL CONDUCTOR (A)	
TG	150	271	50
TD1	16	71	10
TD2	70	171	25
TD3	70	171	25
TD4	35	114	16

ANEXO 6

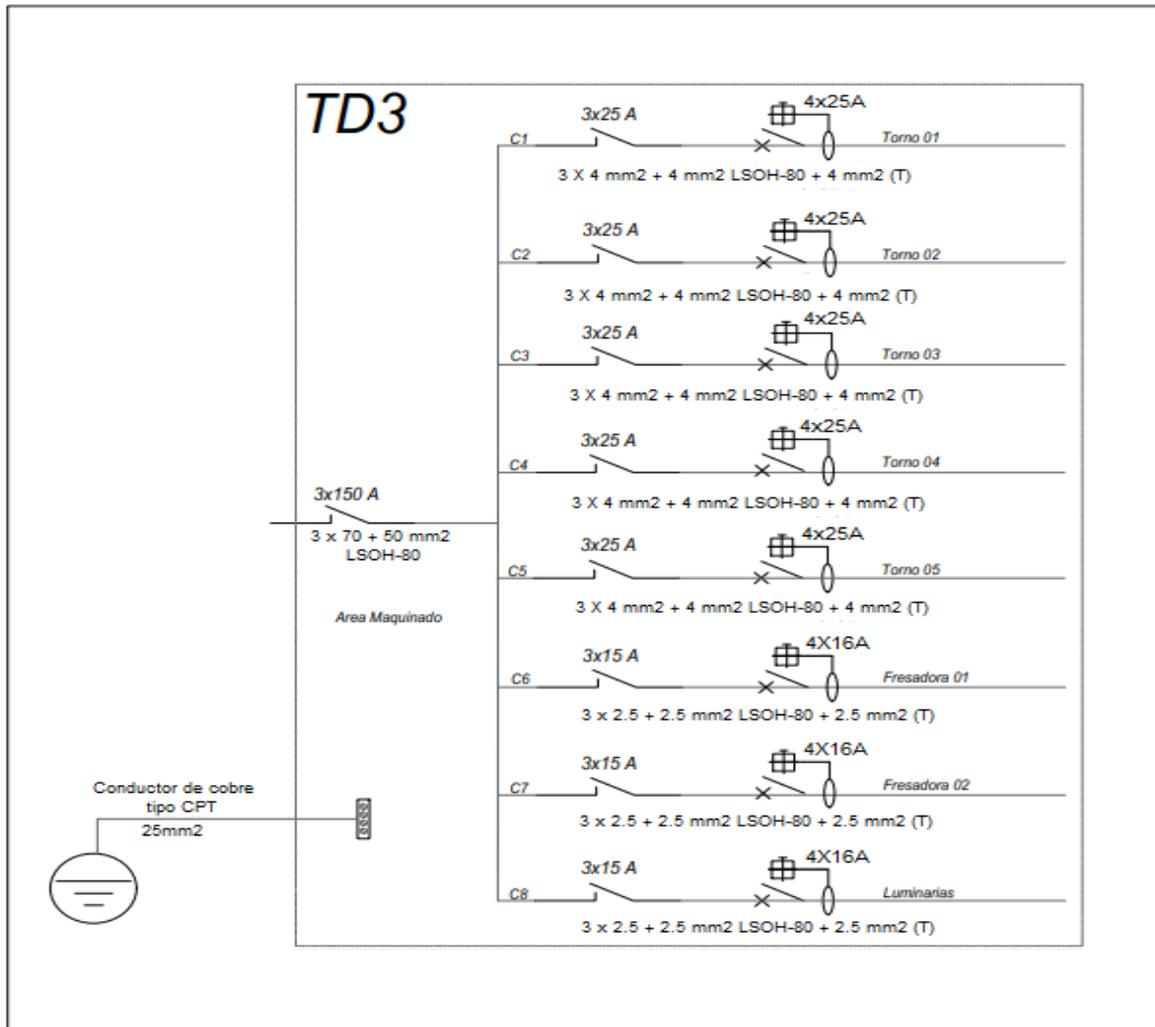




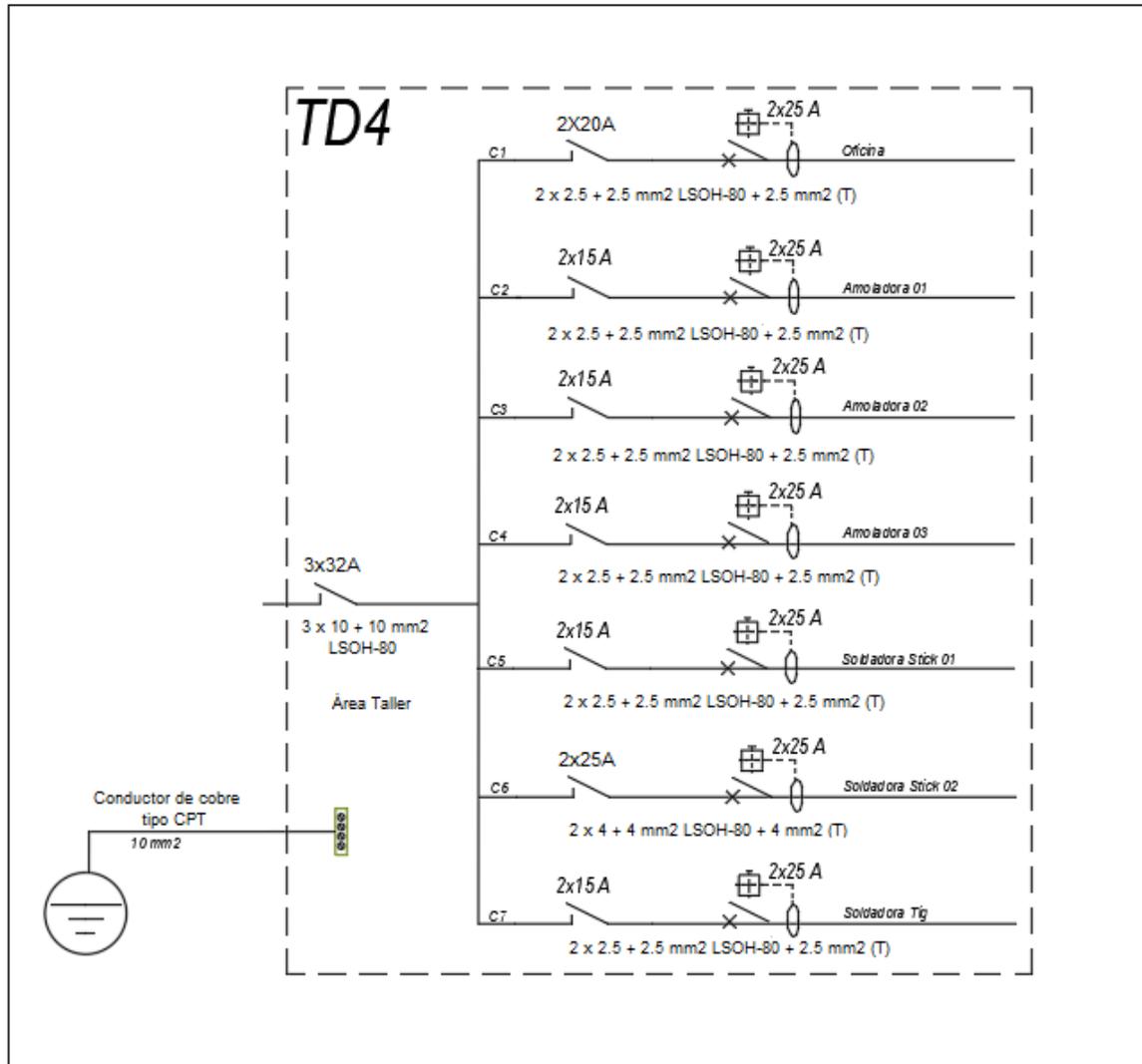
DISTANCIA TABLERO - MÁQUINA				
TABLERO:	Corte			
MÁQUINA	Distancia con TD (m)	SECCIÓN CABLE (mm ²)	SECCIÓN CABLE A TIERRA (mm ²)	MODELO
Cortadora Laser HSG3015A	9	2.5	2.5	LSOH-80
Cortadora Laser HSG3015C	13	2.5	2.5	LSOH-80
Cortadora chorro de agua	3	6	6	LSOH-80
Bomba chorro de agua	3.5	2.5	2.5	LSOH-80



DISTANCIA TABLERO - MÁQUINA				
TABLERO:	Construcción			
MÁQUINA	Distancia con TD (m)	SECCIÓN CABLE (mm^2)	SECCIÓN CABLE A TIERRA (mm^2)	MODELO
Cortadora de placa	2	10	6	LSOH-80
Dobladora	3	10	6	LSOH-80
Soldadora MIG 1	6	4	4	LSOH-80
Soldadora MIG 2	6	4	4	LSOH-80
Compresora de aire	5	4	4	LSOH-80
Roladora	8	2.5	2.5	LSOH-80
Prensa hidráulica	9.5	2.5	2.5	LSOH-80

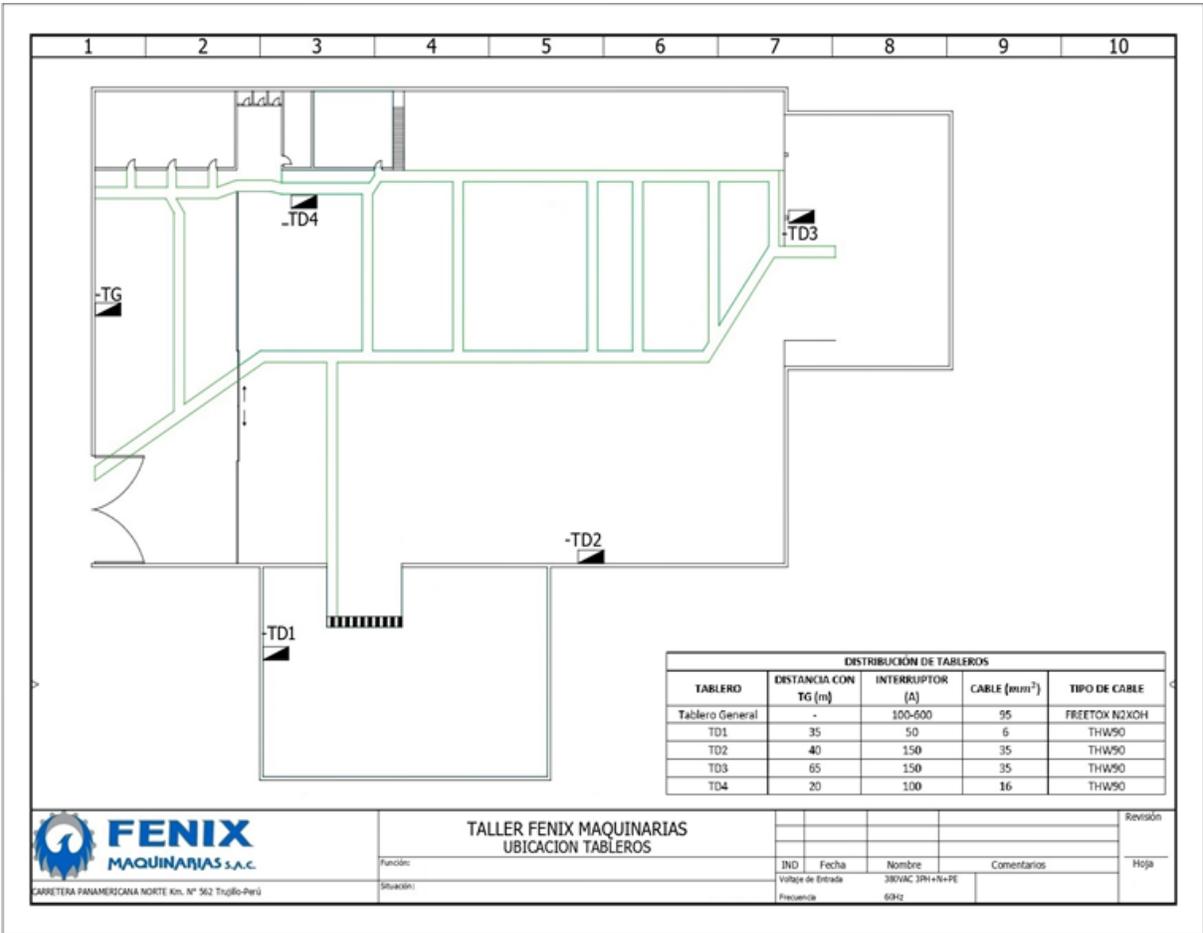


DISTANCIA TABLERO - MÁQUINA				
TABLERO:	Maquinado			
MÁQUINA	Distancia con TD (m)	SECCIÓN CABLE (mm^2)	SECCIÓN CABLE A TIERRA (mm^2)	MODELO
Torno 1	2.5	4	4	LSOH-80
Torno 2	3	4	4	LSOH-80
Torno 3	4	4	4	LSOH-80
Torno 4	5.5	4	4	LSOH-80
Torno 5	6.5	4	4	LSOH-80
Fresadora 1	8	2.5	2.5	LSOH-80
Fresadora 2	8.5	2.5	2.5	LSOH-80



DISTANCIA TABLERO - MÁQUINA				
TABLERO:	Taller			
MÁQUINA	Distancia con TD (m)	SECCIÓN CABLE (mm ²)	SECCIÓN CABLE A TIERRA (mm ²)	MODELO
Oficina	15	10	2.5	LSOH-80
Amoladora 1	5	2.5	2.5	LSOH-80
Amoladora 2	5	2.5	2.5	LSOH-80
Amoladora 3	5	2.5	2.5	LSOH-80
Soldadora stick 1	5	2.5	2.5	LSOH-80
Soldadora stick 2	5	4	4	LSOH-80
Soldadora tic	5	2.5	2.5	LSOH-80

ANEXO 7



CARRETERA PANAMERICANA NORTE km. N° 562 Trujillo-Perú

Función:
Situación:

IND Fecha Nombre Comentarios
 Voltaje de Entrada 380VAC 3PH+N+PE
 Frecuencia 60Hz

Revisión
Hoja

ANEXO 8

Cálculo de intensidades del ÁREA DE CORTE con el factor de potencia de 0,71 (valor actual).

Equipo	Potencia (W)	Intensidad Nominal (A)	Intensidad Interruptor (A)	Intensidad Conductor (A)
Interruptor general	19910	42.61	63.92	53.26
Luminarias	-	-	-	-
Cortadora Laser HSG3015A	1500	3.21	4.82	4.01
Cortadora Laser HSG3015C	1000	2.14	3.21	2.68
Cortadora chorro de agua	37000	79.18	118.77	98.98
Bomba chorro de agua	3700	7.92	11.88	9.9

Comparación de intensidad de diseño con el valor de intensidad de los interruptores y cables del ÁREA DE CORTE. Cabe resaltar que los valores indicados de interruptores y cables son los instalados actualmente.

CLASIFICACIÓN DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS					
CIRCUITO	INTERRUPTOR		CABLE		
	In (A)	Nº POLOS	In (A)	CALIBRE (mm ²)	
				ACTUAL	CORRECTO
Interruptor general	100	3	53.26	10	10
Luminarias	-	3	-	-	-
Cortadora láser HSG3015A	50	3	4.01	4	2.5
Cortadora láser HSG3015C	30	3	2.68	4	2.5
Cortadora chorro de agua	15000	32.1	48.15	40.12	15000
Bomba chorro de agua	25	3	9.9	4	2.5

Cálculo de intensidades del ÁREA DE MAQUINADO con el factor de potencia de 0,71 (valor actual).

Equipo	Potencia (W)	Intensidad Nominal (A)	Intensidad Interruptor (A)	Intensidad Conductor (A)
Tablero general	54400	116.41	174.62	145.51
Luminarias	-	-	-	-
Torno 1	10000	21.40	32.1	26.75
Torno 2	10000	21.40	32.1	26.75
Torno 3	10000	21.40	32.1	26.75
Torno 4	10000	21.40	32.1	26.75
Torno 5	10000	21.40	32.1	26.75
Fresadora 1	2200	4.71	7.07	5.89
Fresadora 2	2200	4.71	7.07	5.89

Comparación de intensidad de diseño con el valor de intensidad de los interruptores y cables del ÁREA DE MAQUINADO. Cabe resaltar que los valores de interruptores y cables serían los correctos a instalar tomando en cuenta el factor de potencia de 0.51, en el caso de los interruptores termomagnéticos no son datos reales instalados dado a que cada máquina no cuenta con su propio interruptor.

CLASIFICACIÓN DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS					
CIRCUITO	INTERRUPTOR		CABLE		
	In (A)	Nº POLOS	In (A)	CALIBRE (mm ²)	
				ACTUAL	CORRECTO
Tablero general	250	3	145.51	10	50
Luminarias	-	-	-	-	-
Torno 1	50	3	26.75	6	2.5
Torno 2	50	3	26.75	6	2.5
Torno 3	50	3	26.75	6	2.5
Torno 4	50	3	26.75	6	2.5
Torno 5	50	3	26.75	6	2.5
Fresadora 1	15	3	5.89	6	2.5
Fresadora 2	15	3	5.89	6	2.5

Cálculo de intensidades del ÁREA DE CONSTRUCCIÓN con el factor de potencia de 0,71 (valor actual).

Equipo	Potencia (W)	Intensidad Nominal (A)	Intensidad Interruptor (A)	Intensidad Conductor (A)
Tablero general	55872	119.56	179.34	149.45
Luminarias	-	-	-	-
Cortadora de placa	15000	32.10	48.15	40.13
Dobladora	18500	39.59	59.39	49.49
Soldadora MIG 1	9000	19.26	28.89	24.08
Soldadora MIG 2	9000	19.26	28.89	24.08
Compresora de aire	10000	21.40	32.1	26.75
Roladora	3700	7.91	11.87	9.88
Prensa hidráulica	4000	8.56	12.84	10.7

Comparación de intensidad de diseño con el valor de intensidad de los interruptores y cables del ÁREA DE CONSTRUCCIÓN. Cabe resaltar que los valores de interruptores y cables serían los correctos a instalar tomando en cuenta el factor de potencia de 0.51, en el caso de los interruptores termomagnéticos no son datos reales instalados dado a que cada máquina no cuenta con su propio interruptor.

CLASIFICACIÓN DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS					
CIRCUITO	INTERRUPTOR		CABLE		
	In (A)	Nº POLOS	In (A)	CALIBRE (mm ²)	
				ACTUAL	CORRECTO
Tablero general	250	3	149.45	10	50
Luminarias	-	3	-	-	-
Cortadora de placa	80	3	40.13	6	6
Dobladora	100	3	49.49	6	10
Soldadora MIG 1	50	3	24.08	6	2.5
Soldadora MIG 2	50	3	24.08	6	2.5
Compresora de aire	50	3	26.75	6	2.5
Roladora	20	3	9.88	6	2.5
Prensa hidráulica	20	3	10.7	6	2.5

Cálculo de intensidades del ÁREA MONOFÁSICA con el factor de potencia de 0,71 (valor actual).

Equipo	Potencia (W)	Intensidad Nominal (A)	Intensidad Interruptor (A)	Intensidad Conductor (A)
Interruptor general	11718	75.02	112.53	93.78
Oficina	6000	38.41	57.62	48.01
Amoladora 1	1010	6.47	9.71	8.09
Amoladora 2	1010	6.47	9.71	8.09
Amoladora 3	1010	6.47	9.71	8.09
Soldadora stick 1	2000	12.80	19.2	16
Soldadora stick 2	6500	41.61	62.42	52.01
Soldadora tic	2000	11.41	17.12	14.26

Comparación de intensidad de diseño con el valor de intensidad de los interruptores y cables del ÁREA DE MONOFÁSICA. Cabe resaltar que los valores de interruptores y cables serían los correctos a instalar tomando en cuenta el factor de potencia de 0.71, en el caso de los interruptores termomagnéticos no son datos reales instalados dado a que cada máquina no cuenta con su propio interruptor.

CLASIFICACIÓN DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS					
CIRCUITO	INTERRUPTOR		CABLE		
	In (A)	Nº POLOS	In (A)	CALIBRE (mm ²)	
				ACTUAL	CORRECTO
Interruptor general	200	2	93.78	6	25
Oficina	100	2	48.01	6	10
Amoladora 1	16	2	8.09	6	2.5
Amoladora 2	16	2	8.09	6	2.5
Amoladora 3	16	2	8.09	6	2.5
Soldadora stick 1	32	2	16	6	2.5
Soldadora stick 2	100	2	52.01	6	10
Soldadora tic	32	2	14.26	6	2.5

ANEXO 9

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Torno		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		Rexon		SECCIÓN		Maquinado	
MODELO				CODIGO		TORN-P-01	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA	1.48m	ANCHO	1m	LARGO	2.30m		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	10000W	TENSIÓN (V)	380V	INTENSIDAD (A)	15A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
-Maquinado de piezas							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Fresadora		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		Rexon		SECCIÓN		Maquinado	
MODELO				CODIGO		FRES-P-01	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA	1.60m	ANCHO	1.30m	LARGO	1.40m		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	2200W	TENSIÓN (V)	380V	INTENSIDAD (A)	3A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
<p>-Crear piezas de determinadas formas con el uso de una herramienta giratoria llamada fresa</p>							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:	Personal técnico	FECHA:	01/02/2020
MÁQUINARIA/EQUIPO	Cortadora Láser	UBICACIÓN	Taller
MARCA	HSG	SECCIÓN	Corte
MODELO	HSG3015A	CODIGO	CORT-P-01

CARACTERISTICAS GENERALES

ALTURA	1.9m	ANCHO	2.9m	LARGO	8.5m
---------------	------	--------------	------	--------------	------

CARACTERISTICAS TÉCNICAS

POTENCIA (W)	1500 W	TENSIÓN (V)	380V	INTENSIDAD (A)	2A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
---------------------	--------	--------------------	------	-----------------------	----	------------------------	------

FUNCIÓN

-Corte de piezas por medio de fundición o vaporización altamente localizada para cortar el metal con el calor de un haz de luz coherente

FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO



FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:	Personal técnico	FECHA:	01/02/2020
MÁQUINARIA/EQUIPO	Cortadora Láser	UBICACIÓN	Taller
MARCA	HSG	SECCIÓN	Corte
MODELO	HSG3015C	CODIGO	CORT-P-02

CARACTERÍSTICAS GENERALES

ALTURA	1.65m	ANCHO	2.6m	LARGO	4.6m
---------------	-------	--------------	------	--------------	------

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

POTENCIA (W)	1000 W	TENSIÓN (V)	380V	INTENSIDAD (A)	1.5A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
---------------------	--------	--------------------	------	-----------------------	------	------------------------	------

FUNCIÓN

- Corte de piezas por medio de fundición o vaporización altamente localizada para cortar el metal con el calor de un haz de luz coherente

FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO



FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Cortadora chorro de agua		MÁQUINARIA/EQUIPO		Cortadora chorro de agua	
MARCA		HEAD		MARCA		HEAD	
MODELO		HEAD2040BA		MODELO		HEAD2040BA	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA				ALTURA			
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	15000 W						
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
<p>- Corte de piezas haciendo impactar sobre las placas metálicas un chorro de agua a gran velocidad que produce el acabado deseado</p>							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Cortadora de placa		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		VASIA		SECCIÓN		Construcción	
MODELO				CODIGO		CIZA-P-01	
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
ALTURA		ANCHO		LARGO			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	15000 W	TENSIÓN (V)	380V	INTENSIDAD (A)	21A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
<p>-Corte de placas metálicas</p>							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Dobladora		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		VASIA		SECCIÓN		Construcción	
MODELO				CODIGO		DOBL-P-01	
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
ALTURA		ANCHO		LARGO			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	18500 W	TENSIÓN (V)	380V	INTENSIDAD (A)	26A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
<p>-Doblado de placas metálicas</p>							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Prensa hidráulica		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		SGSK		SECCIÓN		Construcción	
MODELO		HP200		CODIGO		PREN-P-01	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA	2.3m	ANCHO	90cm	LARGO	1.9 m		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	4000 W	TENSIÓN (V)	380V	INTENSIDAD (A)	6A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
<p>-Equipo que se utiliza para compactar</p>							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Soldadora MIG		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		Soldamax		SECCIÓN		Construcción	
MODELO				CODIGO		SOLD-P-01	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA	1.70m	ANCHO	45cm	LARGO	1m		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	9000W	TENSIÓN (V)	380V	INTENSIDAD (A)	13A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
-Unión de piezas							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Soldadora MIG		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		Soldamax		SECCIÓN		Construcción	
MODELO				CODIGO		SOLD-P-02	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA	1.70m	ANCHO	45cm	LARGO	1m		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	9000W	TENSIÓN (V)	380V	INTENSIDAD (A)	13A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
-Unión de piezas							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Soldadora Stick		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		Ronch		SECCIÓN		Construcción	
MODELO		200ARC		CODIGO		SOLD-P-03	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA	278cm	ANCHO	146cm	LARGO	390cm		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	2000W	TENSIÓN (V)	380V	INTENSIDAD (A)	15A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
-Unión de piezas							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Soldadora Tic		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		Ronch		SECCIÓN		Construcción	
MODELO		200ARC		CODIGO		SOLD-P-04	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA	278cm	ANCHO	146cm	LARGO	390cm		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	2000W	TENSIÓN (V)	220V	INTENSIDAD (A)	15A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
-Unión de piezas							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Soldadora Stick		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		PKT		SECCIÓN		Construcción	
MODELO		iwBVM1/16200		CODIGO		SOLD-P-05	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA		ANCHO		LARGO			
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	6500W	TENSIÓN (V)	220V	INTENSIDAD (A)	49A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
-Unión de piezas							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Compresora de aire		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		Galeazzi		SECCIÓN		Construcción	
MODELO		UB-75		CODIGO		COMP-P-01	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA		ANCHO		LARGO			
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	10000 W	TENSIÓN (V)	380V	INTENSIDAD (A)	15A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
<p>- Incrementar la presión de un fluido</p>							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico	FECHA:		01/02/2020		
MÁQUINARIA/EQUIPO		Roladora		UBICACIÓN		Taller	
MARCA				SECCIÓN		Construcción	
MODELO				CODIGO		ROLA-P-01	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA	75cm	ANCHO	2.30m	LARGO	1.20m		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	3750W	TENSIÓN (V)	380V	INTENSIDAD (A)	9.5A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
<p>- Transformar planchas metálicas planas en partes cilíndricas o con radio</p>							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Esmeril de banco		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		Bosch		SECCIÓN		Construcción	
MODELO				CODIGO		ESME-P-01	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA	30	ANCHO	20	LARGO	35		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	700W	TENSIÓN (V)	220V	INTENSIDAD (A)	5A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
<p>- Dar acabo a piezas</p>							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Esmeril de banco		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		Bosch		SECCIÓN		Construcción	
MODELO				CODIGO		ESME-P-02	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA	30	ANCHO	20	LARGO	35		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	700W	TENSIÓN (V)	220V	INTENSIDAD (A)	5A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
<p>- Dar acabo a piezas</p>							

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Amoladora		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		Bosch		SECCIÓN		Construcción	
MODELO				CODIGO		AMOL-P-01	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA	25	ANCHO	14	LARGO	55		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	1010W	TENSIÓN (V)	220V	INTENSIDAD (A)	7.6A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
<p>- Restaurar, cortar, lijar y limpiar piezas</p>							

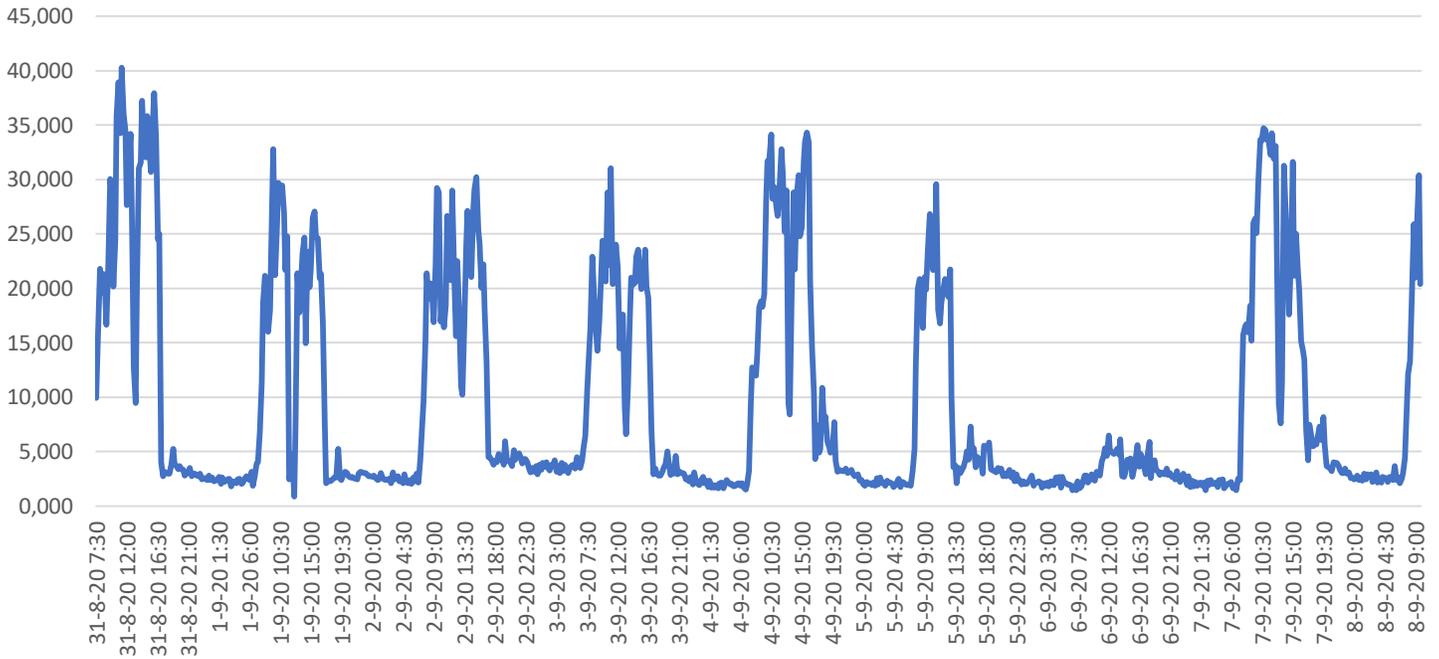
FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



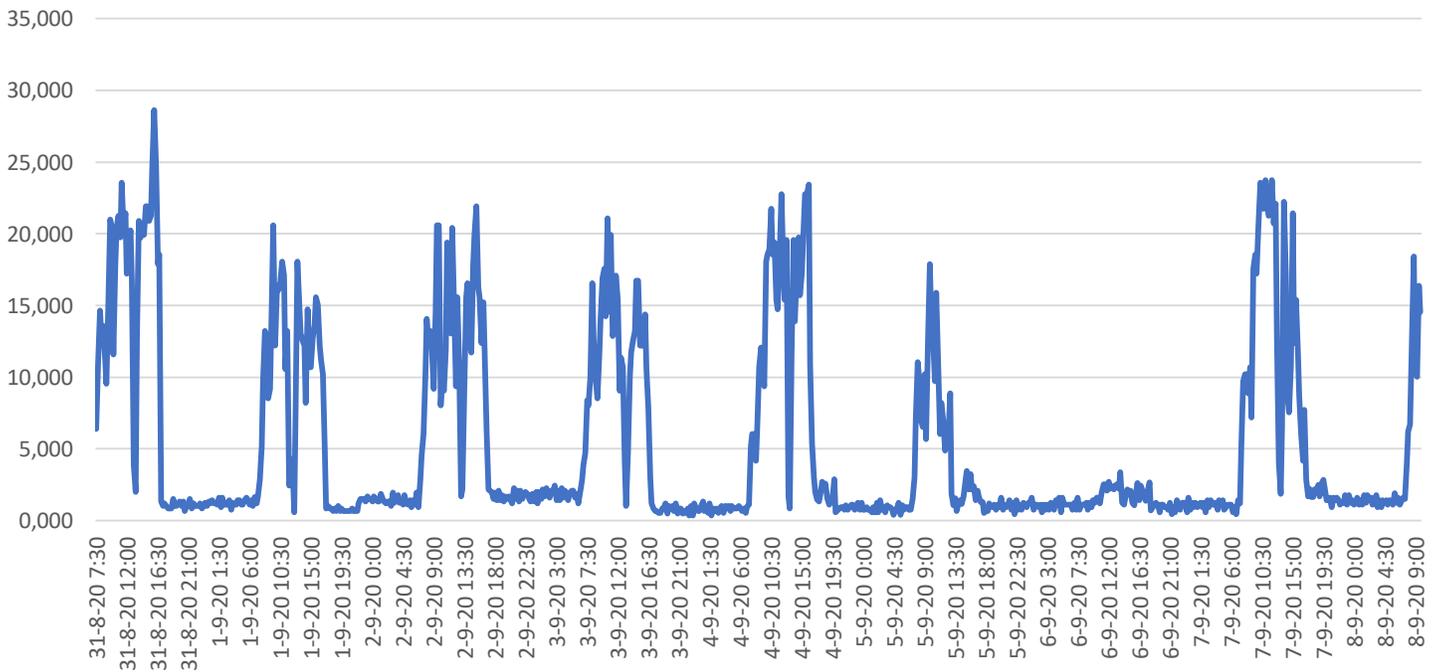
REALIZADO POR:		Personal técnico		FECHA:		01/02/2020	
MÁQUINARIA/EQUIPO		Amoladora		UBICACIÓN		Taller	
MARCA		Bosch		SECCIÓN		Construcción	
MODELO				CODIGO		AMOL-P-02	
CARACTERISTICAS GENERALES							
ALTURA	25	ANCHO	14	LARGO	55		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS							
POTENCIA (W)	1010W	TENSIÓN (V)	220V	INTENSIDAD (A)	7.6A	FRECUENCIA (HZ)	60Hz
FUNCIÓN				FOTO DE LA MÁQUINA/EQUIPO			
<p>- Restaurar, cortar, lijar y limpiar piezas</p>							

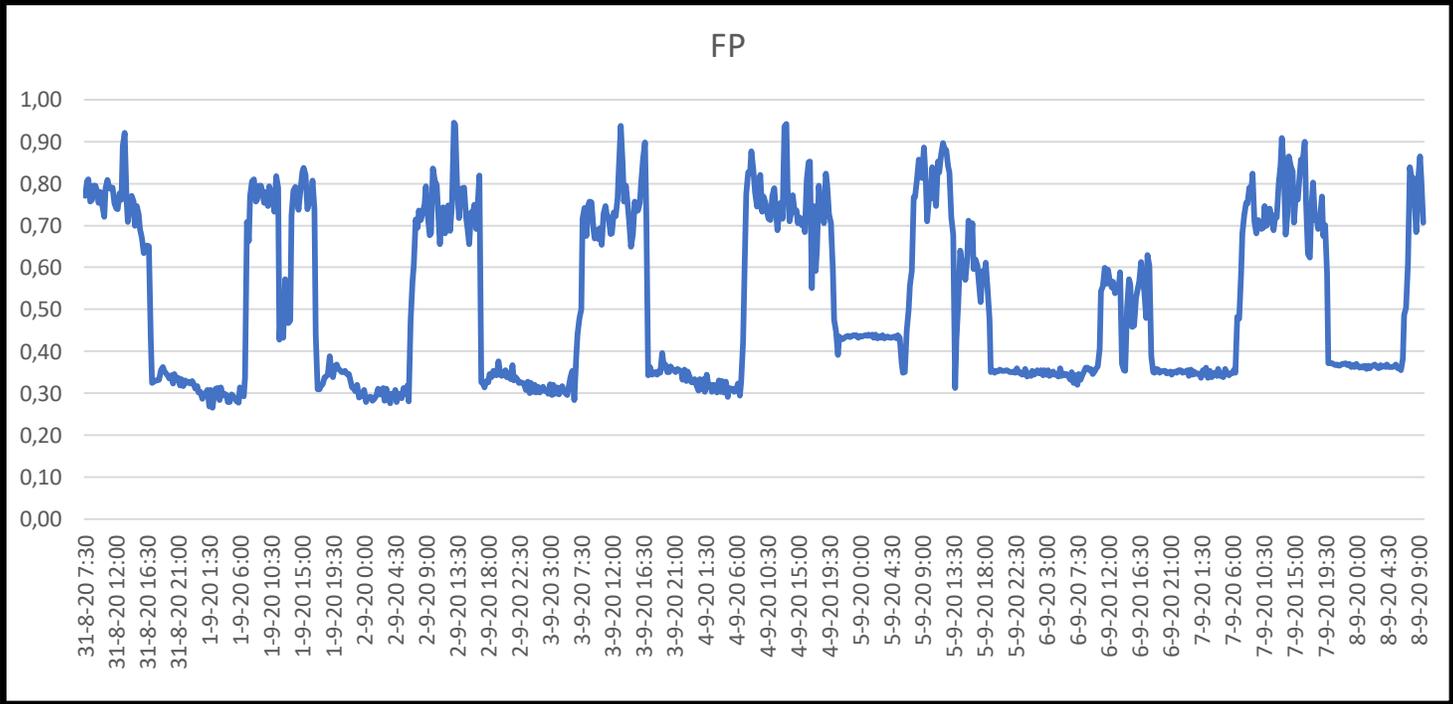
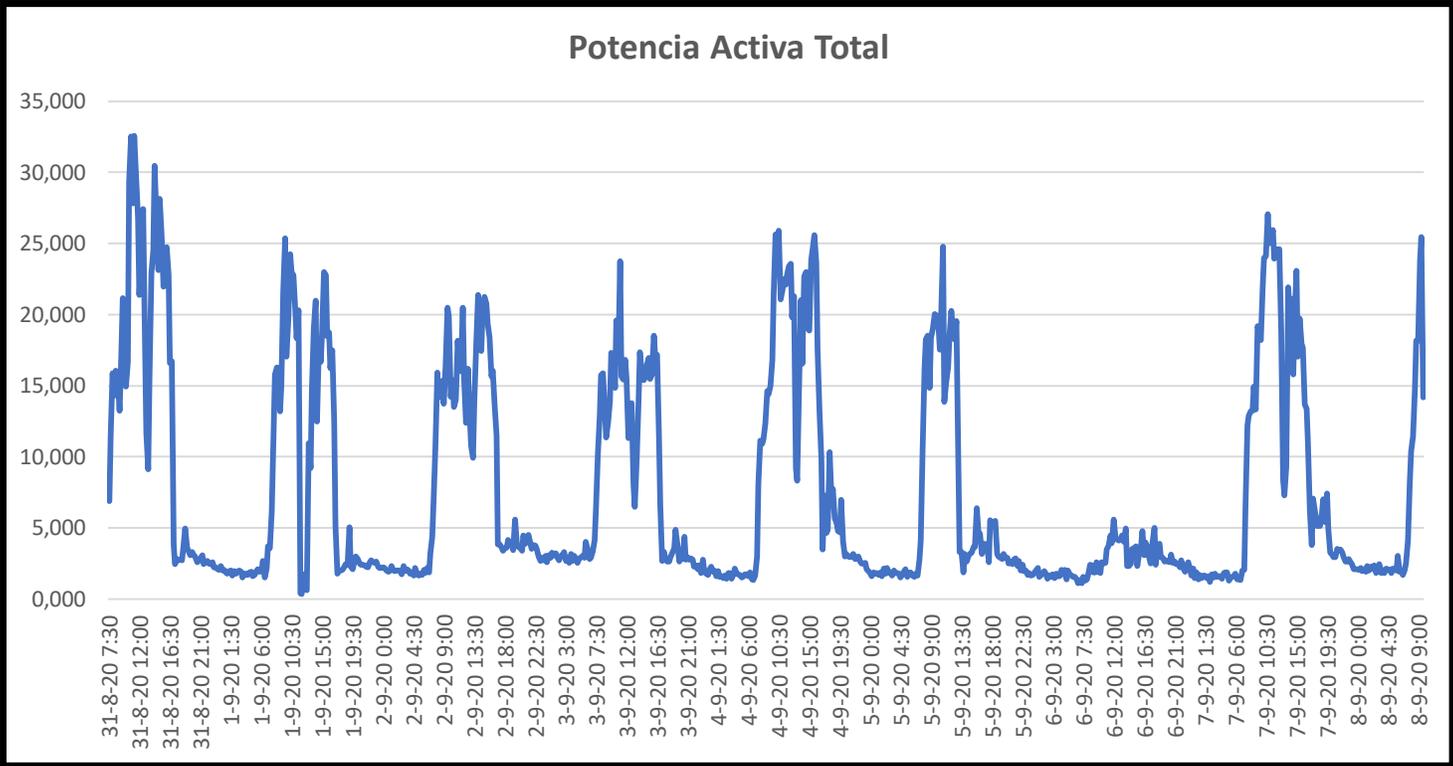
ANEXO 10

Potencia Aparente Total

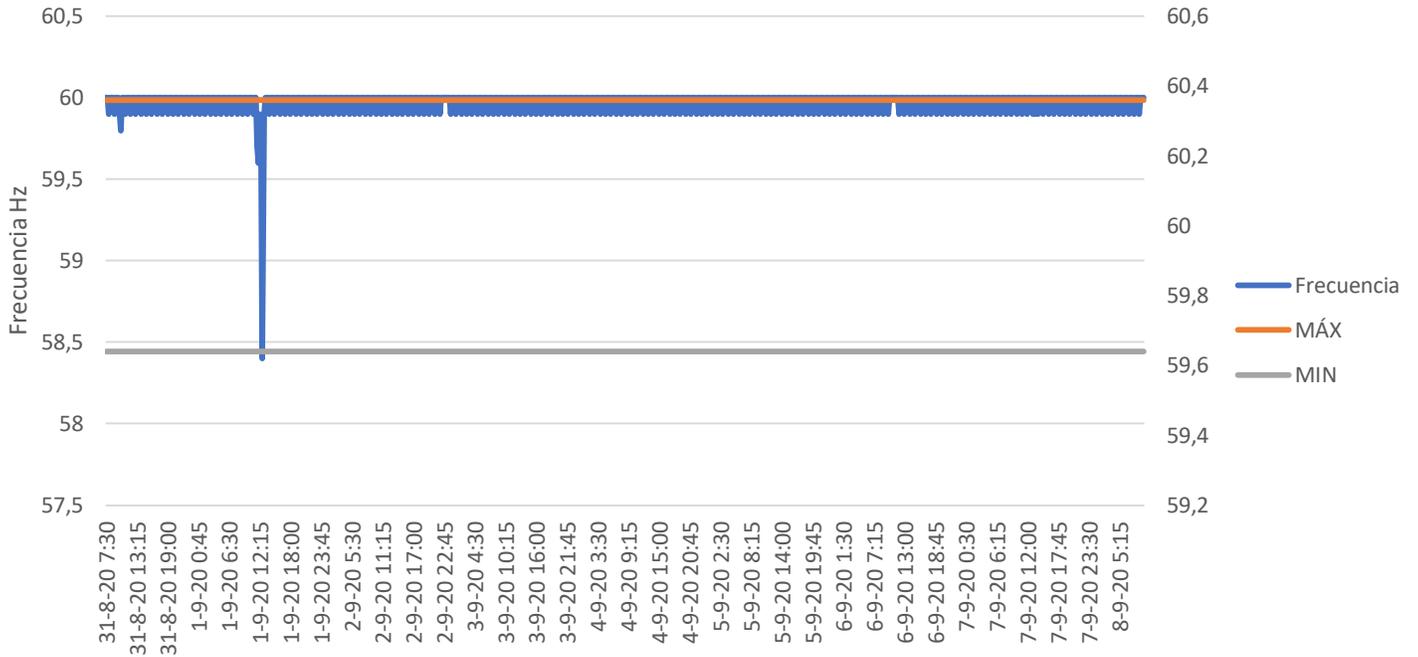


Potencia Reactiva Total

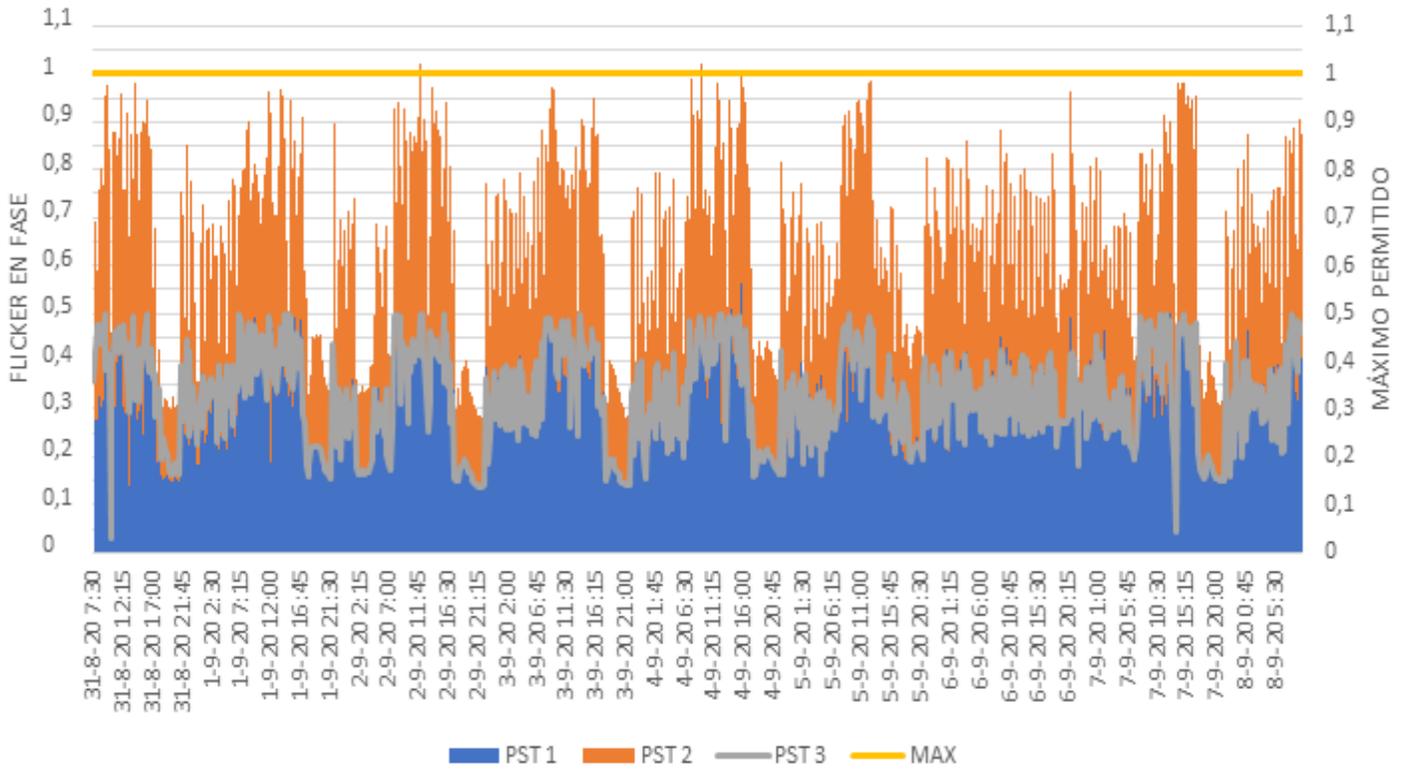




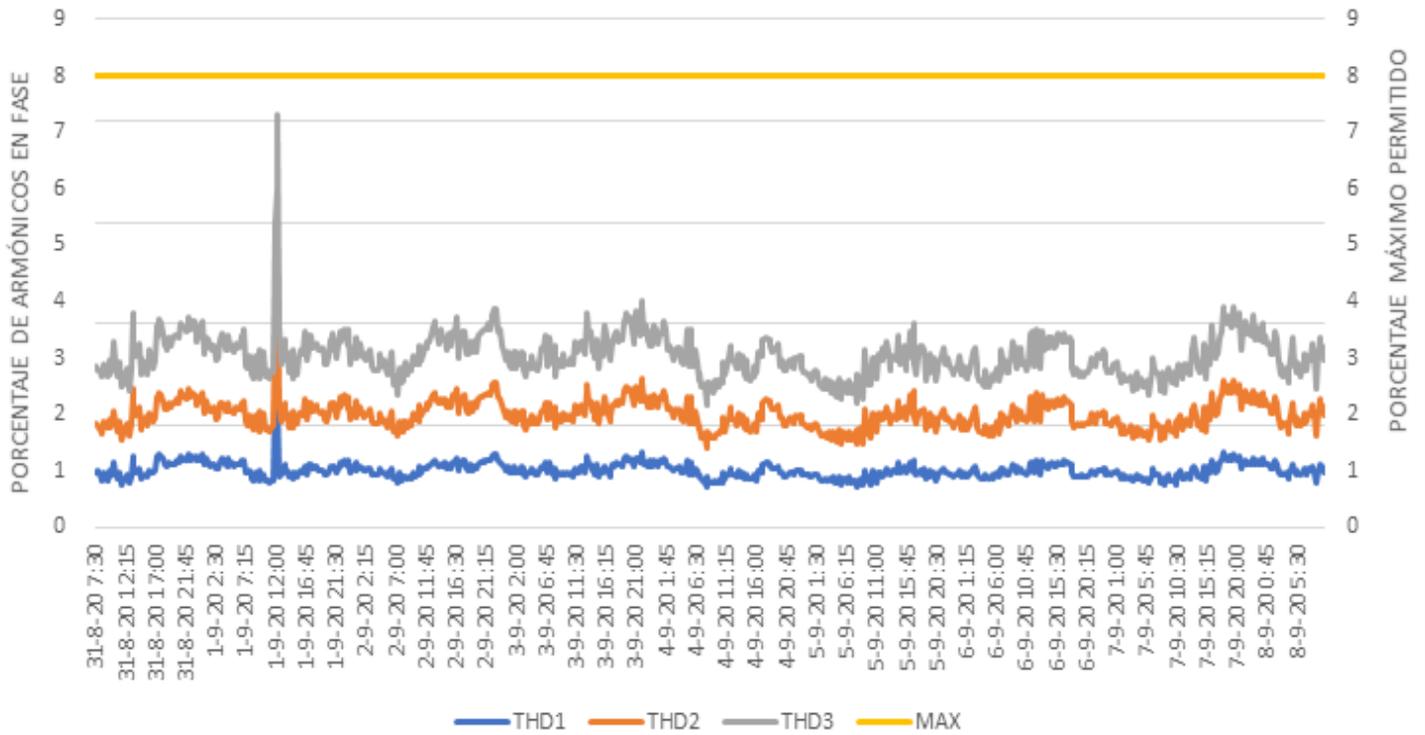
FRECUENCIA (variación sostenida)



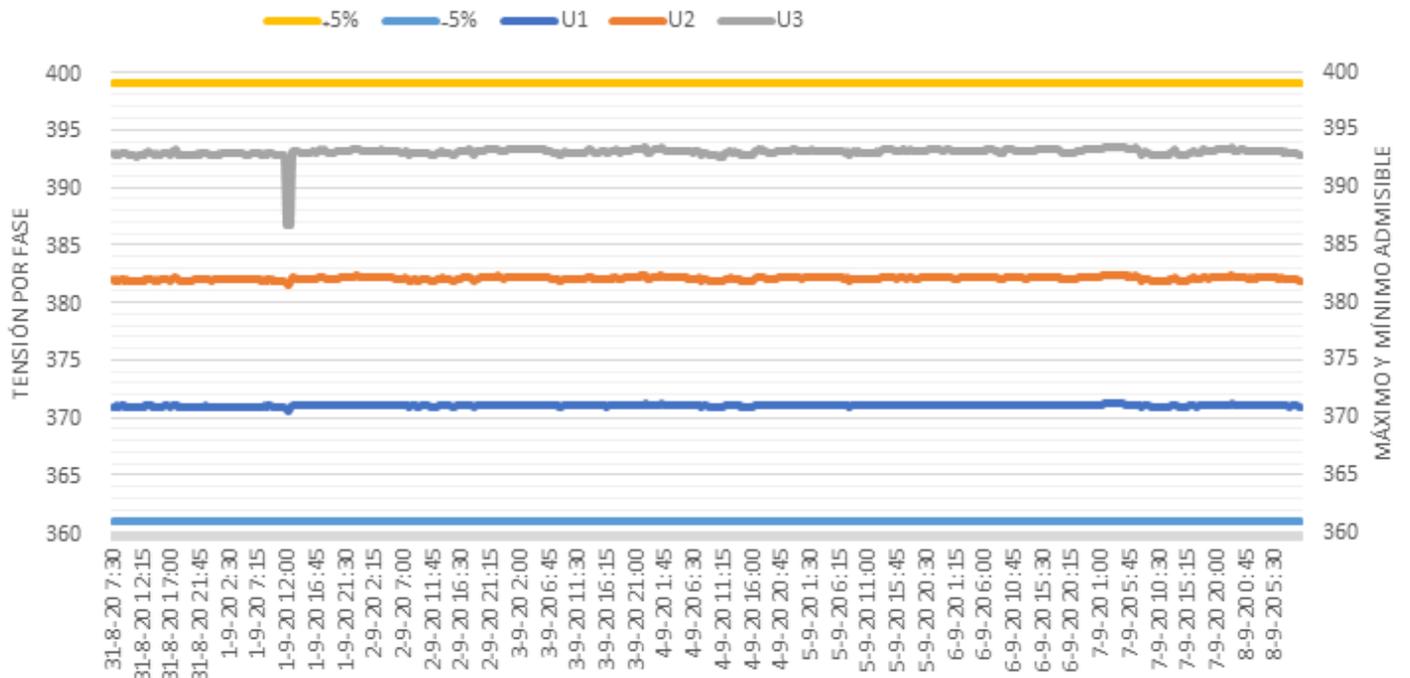
NIVEL DE FLICKERS SEGÚN FASE



NIVEL DE ARMÓNICOS SEGÚN FASE



NIVEL DE TENSIÓN SEGÚN FASE



ANEXO 11

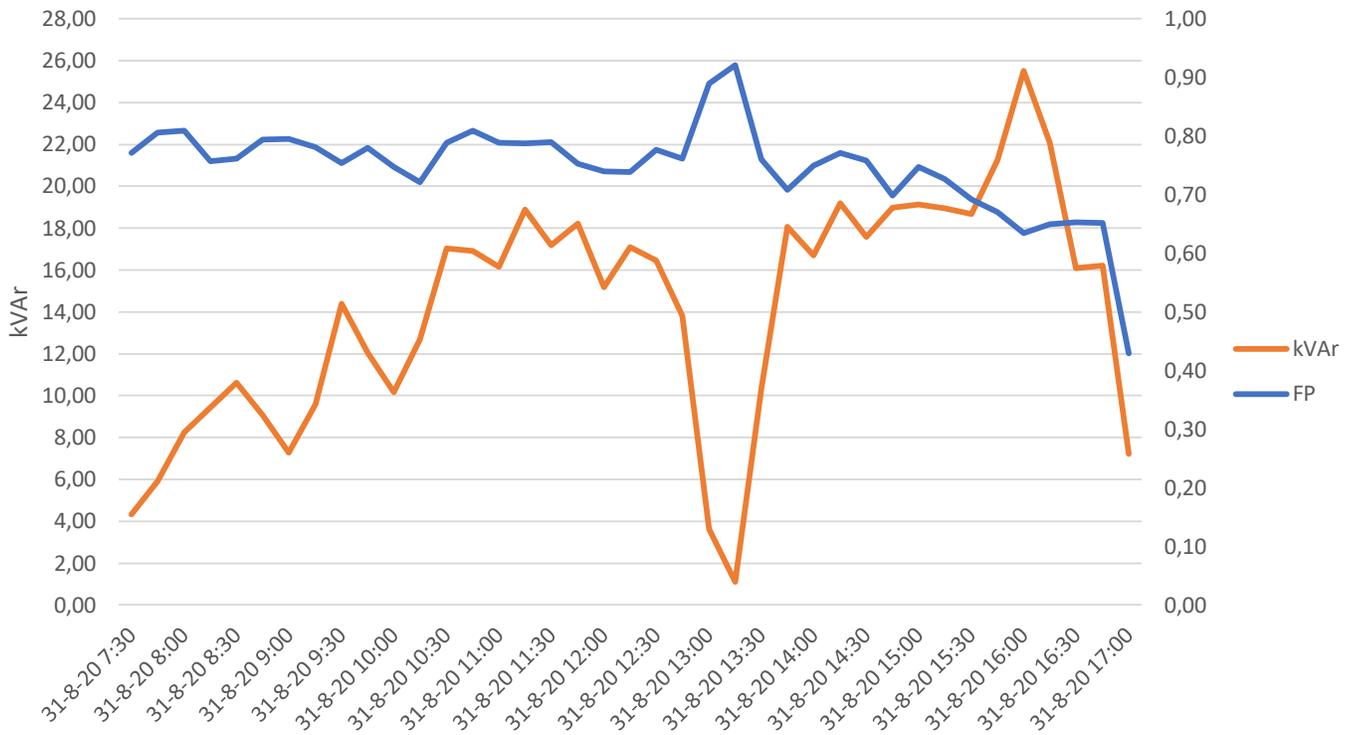
	P Total	Q Total	S Total	FP
Fecha	KW	KVAr	KVA	p.u
31-8-20 7:30	6,889	6,398	9,932	0,77
31-8-20 7:45	11,383	10,972	16,035	0,81
31-8-20 8:00	15,886	14,633	21,767	0,81
31-8-20 8:15	14,306	12,980	19,559	0,76
31-8-20 8:30	16,068	13,561	21,306	0,76
31-8-20 8:45	15,653	11,325	19,662	0,79
31-8-20 9:00	13,252	9,536	16,655	0,80
31-8-20 9:15	15,980	14,973	22,144	0,78
31-8-20 9:30	21,179	21,011	30,013	0,75
31-8-20 9:45	20,056	20,577	28,938	0,78
31-8-20 10:00	14,949	11,583	20,134	0,75
31-8-20 10:15	16,704	17,731	24,415	0,72
31-8-20 10:30	29,342	20,407	35,819	0,79
31-8-20 10:45	32,523	21,244	38,943	0,81
31-8-20 11:00	27,849	19,739	34,251	0,79
31-8-20 11:15	32,582	23,585	40,269	0,79
31-8-20 11:30	29,609	20,406	36,082	0,79
31-8-20 11:45	26,811	21,411	34,416	0,75
31-8-20 12:00	21,383	17,229	27,662	0,74
31-8-20 12:15	24,065	19,570	31,189	0,74
31-8-20 12:30	27,433	20,240	34,165	0,78
31-8-20 12:45	20,903	16,728	27,047	0,76
31-8-20 13:00	11,667	3,847	12,724	0,89
31-8-20 13:15	9,120	2,007	9,478	0,92
31-8-20 13:30	15,650	12,881	20,432	0,76
31-8-20 13:45	22,883	20,909	31,050	0,71
31-8-20 14:00	24,564	19,739	31,580	0,75
31-8-20 14:15	30,449	20,741	37,246	0,77
31-8-20 14:30	26,642	19,905	33,344	0,76
31-8-20 14:45	23,130	21,913	32,004	0,70
31-8-20 15:00	28,130	21,913	35,812	0,75
31-8-20 15:15	25,603	20,909	33,214	0,73
31-8-20 15:30	21,982	21,243	30,677	0,69
31-8-20 15:45	23,364	24,589	33,987	0,67
31-8-20 16:00	24,756	28,604	37,907	0,63
31-8-20 16:15	22,770	24,756	33,757	0,65
31-8-20 16:30	16,598	17,898	24,481	0,65
31-8-20 16:45	16,716	18,567	25,013	0,65
31-8-20 17:00	3,802	1,338	4,032	0,43

ANEXO 12

Antes de la compensación		Potencia del condensador en kVAr a instalar por kW de carga para elevar el factor de potencia ($\cos \phi$ o $\text{tg } \phi$ a obtener)													
$\text{tg } \phi$	$\cos \phi$	$\frac{\text{tg } \phi}{\cos \phi}$	0,75	0,59	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36	0,32	0,29	0,25	0,20	0,14	0,00
			0,8	0,86	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
2,29	0,40		1,541	1,698	1,807	1,836	1,865	1,896	1,928	1,963	2,000	2,041	2,088	2,149	2,291
2,22	0,40		1,475	1,631	1,740	1,769	1,799	1,829	1,862	1,896	1,933	1,974	2,022	2,082	2,225
2,16	0,42		1,411	1,567	1,676	1,705	1,735	1,766	1,798	1,832	1,869	1,910	1,958	2,018	2,161
2,10	0,43		1,350	1,506	1,615	1,644	1,674	1,704	1,737	1,771	1,808	1,849	1,897	1,957	2,100
2,04	0,44		1,291	1,448	1,557	1,585	1,615	1,646	1,678	1,712	1,749	1,790	1,838	1,898	2,041
1,98	0,45		1,235	1,391	1,500	1,529	1,559	1,589	1,622	1,656	1,693	1,734	1,781	1,842	1,985
1,93	0,46		1,180	1,337	1,446	1,475	1,504	1,535	1,567	1,602	1,639	1,680	1,727	1,788	1,930
1,88	0,47		1,128	1,285	1,394	1,422	1,452	1,483	1,515	1,549	1,586	1,627	1,675	1,736	1,878
1,83	0,48		1,078	1,234	1,343	1,372	1,402	1,432	1,465	1,499	1,536	1,577	1,625	1,685	1,828
1,78	0,49		1,029	1,186	1,295	1,323	1,353	1,384	1,416	1,450	1,487	1,528	1,576	1,637	1,779
1,73	0,5		0,982	1,139	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,590	1,732
1,69	0,51		0,937	1,093	1,202	1,231	1,261	1,291	1,324	1,358	1,395	1,436	1,484	1,544	1,687
1,64	0,52		0,893	1,049	1,158	1,187	1,217	1,247	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643
1,60	0,53		0,850	1,007	1,116	1,144	1,174	1,205	1,237	1,271	1,308	1,349	1,397	1,458	1,600
1,56	0,54		0,809	0,965	1,074	1,103	1,133	1,163	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416	1,559
1,52	0,55		0,768	0,925	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,190	1,227	1,268	1,315	1,376	1,518
1,48	0,56		0,729	0,886	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229	1,276	1,337	1,479
1,44	0,57		0,691	0,848	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191	1,238	1,299	1,441
1,40	0,58		0,655	0,811	0,920	0,949	0,969	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154	1,201	1,262	1,405
1,37	0,59		0,618	0,775	0,884	0,913	0,942	0,973	1,006	1,040	1,077	1,118	1,165	1,226	1,368
1,33	0,6		0,583	0,740	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083	1,130	1,191	1,333
1,30	0,61		0,549	0,706	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,048	1,096	1,157	1,299
1,27	0,62		0,515	0,672	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63		0,483	0,639	0,748	0,777	0,807	0,837	0,873	0,904	0,941	0,982	1,030	1,090	1,233
1,20	0,64		0,451	0,607	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,058	1,201
1,17	0,65		0,419	0,672	0,685	0,714	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,919	0,966	1,027	1,169
1,14	0,66		0,388	0,639	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67		0,358	0,607	0,624	0,652	0,682	0,713	0,745	0,779	0,816	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68		0,328	0,576	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,788	0,828	0,875	0,936	1,078
1,05	0,69		0,299	0,545	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798	0,846	0,907	1,049
1,02	0,7		0,270	0,515	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770	0,817	0,878	1,020
0,99	0,71		0,242	0,485	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741	0,789	0,849	0,992
0,96	0,72		0,214	0,456	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	0,821	0,964
0,94	0,73		0,186	0,427	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,608	0,645	0,686	0,733	0,794	0,936
0,91	0,74		0,159	0,398	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706	0,766	0,909
0,88	0,75		0,132	0,370	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	0,739	0,882
0,86	0,76		0,105	0,343	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605	0,652	0,713	0,855
0,83	0,77		0,079	0,316	0,344	0,373	0,403	0,433	0,466	0,500	0,537	0,578	0,626	0,686	0,829
0,80	0,78		0,052	0,289	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552	0,599	0,660	0,802
0,78	0,79		0,026	0,262	0,292	0,320	0,350	0,381	0,413	0,447	0,484	0,525	0,573	0,634	0,776
0,75	0,8			0,235	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	0,608	0,750
0,72	0,81			0,209	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473	0,521	0,581	0,724
0,70	0,82			0,183	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,556	0,698
0,67	0,83			0,157	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421	0,469	0,530	0,672
0,65	0,84			0,131	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503	0,646
0,62	0,85			0,105	0,135	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477	0,620
0,59	0,86			0,079	0,109	0,138	0,167	0,198	0,230	0,265	0,302	0,343	0,390	0,451	0,593
0,56	0,87			0,053	0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316	0,364	0,424	0,567
0,53	0,88			0,029	0,055	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397	0,540
0,51	0,89				0,028	0,057	0,086	0,117	0,149	0,184	0,221	0,262	0,309	0,370	0,512
0,342	0,90					0,029	0,058	0,089	0,121	0,156	0,193	0,234	0,281	0,48	0,484

ANEXO 13

COMPARATIVA ENTRE FACTOR DE POTENCIA Y POT. REACTIVA



ANEXO 14

Elementos del banco de condensadores

- condensadores trifásicos

Para el banco de condensadores necesario, se hará uso de 2 condensadores de 5kvar y 2 de 10 kVAr, la corriente nominal que circula por fase del condensador trifásico se obtiene en base a la siguiente ecuación:

$$I_n = \frac{kVAr}{\sqrt{3} * kV}$$

Dónde:

- I_n : corriente nominal
- kVAr: potencia reactiva nominal del condensador
- kV: voltaje fase-fase

de modo que para los condensadores de 5 kVAr y 10 kVAr se obtiene:

$$I_n = \frac{5}{\sqrt{3} * 0.38} = 7.60 A$$

$$I_n = \frac{10}{\sqrt{3} * 0.38} = 15.19 A$$

Contactores especiales para el uso de condensadores de la marca Schneider, se indica que dichos condensadores deben soportar una corriente de $2I_n$, por lo que se obtiene:

$$I = I_n * 2$$

$$I = 7.60 * 2 = 15.19 A$$

$$I = 15.19 * 2 = 30.39 A$$

De modo que se seleccionaran contactores de dicha o superior capacidad. En este caso se seleccionó los contactores modelo LC1D32F7 de la marca Schneider, al ser un contactor que soporta una corriente nominal de 32 A de 380 V, para el caso de los condensadores de 10 kVAr y en el caso de los de 5 kVAr se selecciona el modelo

LC1D183Q7 de la misma marca y que soporta una corriente nominal de 18 A de 380 V.

Como dispositivo de protección del banco en general, se utiliza la capacidad del banco completo:

$$I_n = \frac{30}{\sqrt{3} * 0.38} = 45.58 \text{ A}$$

Pero el manual de Schneider electric sugiere que dicho interruptor deberá ser 1.43 veces la corriente nominal del banco, por ende:

$$I = 45.58 * 1.43 = 65.18 \text{ A}$$

De esta forma el interruptor principal seleccionado es el modelo A9N18365 de la marca Schneider, siendo un interruptor de 80A 3 polos y 10kA.

Los fusibles de protección para el mando de condensadores, según el manual de Schneider se recomienda que la protección contra cortocircuitos se realice mediante fusibles gl de calibre $1.7I_n$, de modo que se obtendría:

$$I = 7.60 * 1.7 = 12.91 \text{ A}$$

$$I = 15.19 * 1.7 = 35.83 \text{ A}$$

Entonces se seleccionarían fusibles de 25.82 A o un valor superior que exista en el mercado para el caso de los condensadores de 10 kVAr, De esta manera se optaron por los fusibles del tipo NH-000-32A, para cada paso. En el caso de los condensadores de 5 kVAr se optan por los fusibles de tipo NH-000-20A soportando valores de 20 A.

Dimensionamiento de conductores, el banco de condensadores consta de 2 secciones de cableado, la sección que conecta del interruptor principal al fusible, y el que conecta del fusible al contactor y este al condensador, y para ambos casos se deben dimensionar los conductores teniendo en cuenta que la corriente nominal puede verse incrementada un 30%, de este modo obtenemos las 2 intensidades:

Para el conductor principal se tiene:

$$I = 45.58 * 1.3 = 59.25 \text{ A}$$

Para los dos conductores secundarios se tiene:

$$I = 7.60 * 1.3 = 9.88 A$$

$$I = 15.19 * 1.3 = 19.75 A$$

En base a estos datos y por medio de la tabla, se selecciona un conductor de calibre 10 mm² tipo THW-90 para el conductor primario y calibre 2,5mm² tipo THW-90 para el secundario de ambos condensadores.

ANEXO 15

Cálculo de pérdidas en alimentadores en el área de maquinado

El primer paso es obtener los datos siguientes obtenidos con antelación por medio de la tabla de máxima demanda:

P	54,72	Kw
Q	47,55	kVAr
VOLTAJE	0,38	kV
FP ACTUAL	0,71	

A continuación, por medio de la siguiente ecuación se obtiene la potencia aparente del área

$$S = \frac{P}{\cos\phi_n} = \frac{54.72}{0.71} = 77.07 \text{ kVA}$$

Y resta obtener la intensidad que circula

$$I = \frac{S \text{ (kVA)}}{\sqrt{3} * V} = \frac{77.07}{\sqrt{3} * 0.38} = 117.10 \text{ A}$$

El mismo procedimiento se utiliza para cada equipo presente en el área:

Equipo	Potencia (W)	<i>cosφ</i>	Potencia Reactiva (VAr)	Potencia Aparente (VA)	Intensidad (A)
Torno 1	10000	0,75	8819,17	13333	20,2579042
Torno 2	10000	0,75	8819,17	13333	20,2579042
Torno 3	10000	0,75	8819,17	13333	20,2579042
Torno 4	10000	0,75	8819,17	13333	20,2579042
Torno 5	10000	0,75	8819,17	13333	20,2579042
Fresadora 1	2200	0,8	1650,00	2750	4,17819274
Fresadora 2	2200	0,8	1650,00	2750	4,17819274
Luminarias	320	0,9	154,98	356	0,54021078
TOTAL	54720		47550,84		

Según el diagrama unifilar del área, se obtiene los tipos de conductor y sus distancias, por medio de tablas de fabricante se obtiene los datos de resistencia de los conductores LSOH-80 en nuestro caso.

La distancia del tablero general al tablero del área de maquinado es de 65 m con un conductor de calibre 70mm² LSOH-80, con una resistencia de:

$$R_0 = 0.524 E^{-3} \Omega/m$$

La resistencia del tramo se obtiene de la siguiente ecuación:

$$R = L * R_0 = 65 * 0.524 = 0.03406 \Omega$$

Y las por medio de la siguiente ecuación se obtienen las pérdidas en dicho conductor:

$$P_{1\phi TG} = I^2 * R = 117.10^2 * 0.03406 = 467.02 W$$

En trifásica:

$$P_{3\phi TG} = 3 * P_{1\phi TG} = 3 * 467.02 = 1401.05 W$$

Se utiliza el mismo procedimiento para las cargas presentes en el área, tal y como se muestra en la siguiente tabla resumen:

Equipo	Potencia Aparente (VA)	Intensidad (A)	Longitud (m)	Tipo de conductor	Resistencia eléctrica (Ω /Km)	Resistencia (Ω)	Pérdidas en 1 ϕ (W)	Pérdidas en 3 ϕ (W)
Torno 1	13333	20,26	2,5	2,5mm ² LSOH-80	10,17	0,03	10,43	31,30
Torno 2	13333	20,26	3	2,5mm ² LSOH-80	10,17	0,03	12,52	37,56
Torno 3	13333	20,26	4	2,5mm ² LSOH-80	10,17	0,04	16,69	50,08
Torno 4	13333	20,26	5,5	2,5mm ² LSOH-80	10,17	0,06	22,95	68,86
Torno 5	13333	20,26	6,5	2,5mm ² LSOH-80	10,17	0,07	27,13	81,39
Fresadora 1	2750	4,18	8	2,5mm ² LSOH-80	10,17	0,08	1,42	4,26
Fresadora 2	2750	4,18	8,5	2,5mm ² LSOH-80	10,17	0,09	1,51	4,53
Luminarias	356	0,54	35	2,5mm ² LSOH-80	10,17	0,36	0,10	0,31
TOTAL								278,30

De tal forma, las pérdidas en alimentadores del área de maquinado antes de la compensación suman:

$$\textit{P}{\acute{e}}rdidas\ \textit{t}otales\ \textit{e}n\ \textit{a}limentadores = 1401.05 + 278.30 = 1679.34\ W$$

ANEXO 16

Trujillo/Trujillo

Recibo por Consumo del 01/11/2019 al 30/11/2019

Cliete **Fenix Maquinarias S.A.C.**
 R.U.C. **20482480714**
 Dirección **Au Panamericana Norte Km562 Pq.In Sur**
 Referencia **7-35-61**



Noviembre-2019

CÓDIGO **54924170**

DIGITADO
COMPR. S

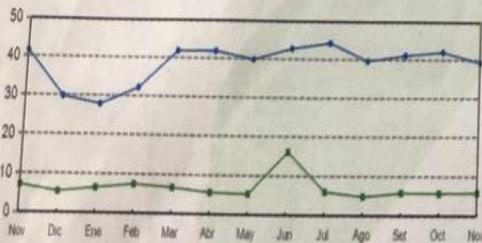
Medición **MT4** Serie Medidor **00000002849295 - Electrón.**
 N° Hilos Medidor **4**
 Tensión y SED **10 kV / E-302653** Modalidad **Potencia Variable**
 Sist. Eléctrico **SE0122 Trujillo (ST2)** Inicio Contrato **12/11/2012**
 Tipo Suministro **Trifásica-Aérea(C5.2)** Termino Contrato **11/11/2020**

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
43.7636	100.0000

Calificación Fuera de Punta Horas Punta 125

Magnitud Leida	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda
Energía Activa Total (kWh)	819.0114	871.9638	52.9524	4,813.8497
Energía Activa Hora Punta (kWh)	61.8664	66.5877	4.7213	429.2087
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	757.1450	805.3761	48.2311	4,384.6411
Energía Reactiva (kVarh)	912.3001	966.9073	54.6072	4,964.2859
Potencia Hora Punta (kW)	0.0652	0.0662	0.0662	6.0182
Potencia Fuera Punta (kW)	0.4647	0.4353	0.4353	39.5727

Factor Calificacion : **0.0868** Fac.Medic. **90.9090**



Año 2019

— PHP kW — PFP kW

Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Cargo Fijo		9.9290	9.93
Cargo por Reposición y Mantenimiento			17.20
Energía Activa (S/ 0.2194 x 4813.8 Kwh)	4813.8497	0.2194	1056.16
Energía Reactiva	3520.1310	0.0432	152.07
Pot.Usa Redes Distrib.FP	43.7636	10.8300	473.96
Pot. Activa Generación FP	39.5727	33.3600	1320.15
AlumbradoPublico (Alicuota : S/ 0.5249)			78.74
Interés Compensatorio	1.0000	22.2327	22.23
SUB TOTAL			3130.44
Imp. Gral. a las Ventas			563.48
Interés Moratorio	1.0000	2.2552	2.26
Saldo por redondeo	1.0000	0.0400	0.04
Diferencia de redondeo		0.0400	0.04
Aporte Ley Nro. 28749 0.0084	4813.8497	0.0084	40.44

TOTAL RECIBO DE NOVIEMBRE-2019 **3736.70**
 Deuda Anterior (1 Mes.) **3681.40**

Total a Pagar incluye Aporte FOSE(Ley Nº27510) S/ 111.16

ANEXO 17

COMPENSACIÓN GLOBAL

COSTO DE MATERIALES			
DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	P.UNITARI O	P.TOTAL
condensador de 10 kVAr	2	293,94	587,88
condensador de 5 kVAr	2	131,39	262,78
controlador 5 pasos 380V	1	645,29	645,29
termomagnetico 80 A 10kA	1	600,22	600,22
contactor LC1D32F7	2	287,44	574,88
contactor LC1D183Q7	2	118,27	236,54
fusible 32A	2	38,00	76,00
fusible 20A	2	18,00	36,00
conductor 2,5mm2 THW-90	15	1,22	18,30
TOTAL			3037,89

COSTO DE INSTALACIÓN	
Dirección técnica	1000
Mano de obra	500
Costo de materiales directos	3037,89
COSTO TOTAL	4537,89

COMPENSACIÓN PARCIAL**ÁREA DE CONSTRUCCIÓN**

COSTO DE MATERIALES			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
condensador de 5 kVAr	2	131,39	262,78
condensador de 3 kVAr	1	102,21	102,21
controlador DCRL 3 pasos	1	463,59	463,59
termomagnetico 32 A 10kA	1	199,33	199,33
contactor LC1D183Q7	2	118,27	236,54
contactor LC1D12M7	1	102,12	102,12
fusible 20A	2	18,00	36,00
fusible 10A	1	12,00	12,00
conductor 2,5mm2 THW-90	35	1,22	42,63
TOTAL			1457,20

ÁREA DE MAQUINADO

COSTO DE MATERIALES			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
condensador de 5 kVAr	2	131,39	262,78
controlador DCRL 3 pasos	1	463,59	463,59
termomagnetico 25 A 10kA	1	130,00	130,00
contactor LC1D183Q7	2	118,27	236,54
fusible 20A	2	18,00	36,00
conductor 2,5mm2 THW-90	20	1,22	24,36
TOTAL			1153,27

COSTO DE INSTALACIÓN	
Dirección técnica	1500
Mano de obra	750
Costo de materiales directos	2610,47
COSTO TOTAL	4860,47

ANEXO 18

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien suscribe, **Ing. Elin Cáceres Cruz** mediante el presente documento hago constar que los instrumentos utilizados para la recolección de datos del trabajo de grado titulado: **ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIORES DE LA EMPRESA METALMECÁNICA FÉNIX MAQUINARIAS S.A.C PARA MEJORAR LA CALIDAD Y SEGURIDAD ELÉCTRICA**, elaborado por los estudiantes Sadeghi Morales Mehdi y Terrones Lozano Jimmy, aspirantes al título de Ingeniero Mecánico Electricista, reúne los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados validos y confiables, y por lo tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantean en la investigación.

Atentamente:



Elin G. Cáceres Cruz
ING MECÁNICO ELECTRICISTA
CIP: 239340

Firma del experto

C.I.P:

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien suscribe, Ing. HAMILTON LUJAN PEREZ, mediante el presente documento hago constar que los instrumentos utilizados para la recolección de datos del trabajo de grado titulado: **ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIORES DE LA EMPRESA METALMECÁNICA FÉNIX MAQUINARIAS S.A.C PARA MEJORAR LA CALIDAD Y SEGURIDAD ELÉCTRICA**, elaborado por los estudiantes Sadeghi Morales Mehdi y Terrones Lozano Jimmy, aspirantes al título de Ingeniero Mecánico Electricista, reúne los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados validos y confiables, y por lo tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantean en la investigación.

Atentamente:



HAMILTON LUJAN PEREZ
Ingeniero
Mecánico Electricista
CIP N° 237434

Firma del experto

C.I.P:

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien suscribe, Ing. EDUARD HILCIAS SAAVEDRA DÁVILA, mediante el presente documento hago constar que los instrumentos utilizados para la recolección de datos del trabajo de grado titulado: **ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIORES DE LA EMPRESA METALMECÁNICA FÉNIX MAQUINARIAS S.A.C PARA MEJORAR LA CALIDAD Y SEGURIDAD ELÉCTRICA**, elaborado por los estudiantes Sadeghi Morales Mehdi y Terrones Lozano Jimmy, aspirantes al título de Ingeniero Mecánico Electricista, reúne los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados validos y confiables, y por lo tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantean en la investigación.

Atentamente:



.....
Euard Hilcias Saavedra Dávila
ING. MECÁNICO ELECTRICISTA
CIF: 208437

Firma del experto

ANEXO 19

SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA REALIZACIÓN
DE TESIS CON DATOS DE LA EMPRESA

Sr. David Silva
Gerente de Planta de la empresa Fénix maquinarias S.A.C

Nosotros, Jimmy Bryan Terrones Lozano identificado con DNI 73328437 y Mehdi Sadeghi Morales identificado con DNI 48986646, ambos estudiantes de décimo ciclo de la carrera ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad César Vallejo. Con el debido respeto nos presentamos para solicitar lo siguiente:

Que, por formación profesional, en la experiencia curricular de Desarrollo de tesis, es necesario tomar datos de la empresa Fénix maquinarias S.A.C para la realización de nuestra tesis titulada "ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIORES DE LA EMPRESA METALMECÁNICA FÉNIX MAQUINARIAS S.A.C PARA MEJORAR LA CALIDAD Y SEGURIDAD ELÉCTRICA". Por este motivo nos dirigimos a usted solicitando el permiso correspondiente para poder tomar datos de su empresa y poder culminar con la realización de nuestra tesis. Por lo expuesto esperamos que acceda a nuestra petición.

Agradeciéndole anticipadamente su comprensión y apoyo.

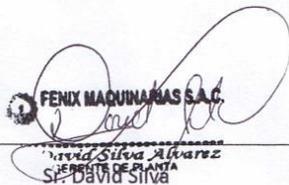
Cordialmente



Jimmy Bryan Terrones Lozano
DNI: 73328437



Mehdi Sadeghi Morales
DNI: 48986646



FENIX MAQUINARIAS S.A.C.
David Silva Alvarez
GERENTE DE PLANTA
Sr. David Silva

Trujillo, 01 de diciembre de 2020.