



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

**Estudio de la implementación de bancos de condensadores para
mejorar el factor de potencia de un astillero de la ciudad de
Chimbote - Ancash**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AUTOR:

Seminario Salazar, Freyder Hernán (ORCID: 0000-0003-1223-4931)

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

TRUJILLO - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme vivir este momento y por consagrarme una familia maravillosa.

A mi madre, Rosa Salazar Flores, por su infinito amor y paciencia.

Que con su ternura y rectitud supo formar mi carácter y cuyas enseñanzas regirán toda mi vida.

A mi padre, Teófilo Seminario Silva, por su apoyo incondicional, por enseñarme el valor del trabajo y la disciplina. Por su amor, y por ser mi ejemplo a seguir.

A mis hermanos Jhosmer y César por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero.

A mi esposa Katherin y mi hija Valeska porque son el motivo para seguir superándome y vencer las adversidades.

Freyder Hernán Seminario Salazar

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por ser mi guía en todo momento y por permitirme cada día ver realizada mis metas y anhelos. A mi familia, quienes me brindaron siempre todo el apoyo durante mis estudios.

A la Universidad César Vallejo por darme la oportunidad de cumplir con mi objetivo de ser profesional dispuesto a afrontar los grandes retos de desarrollo de la humanidad. A todos mis maestros quienes me enseñaron a valorar los estudios como parte del crecimiento y superación profesional. A mis asesores Mg. Ing. Walter Castro Anticona y Mg. Ing. Aníbal Salazar Mendoza, por guiarme durante toda la elaboración de esta tesis orientando a un correcto desarrollo de investigación en ingeniería. A la Empresa SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA MARINA S.A. por permitirnos realizar en sus instalaciones el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE

TÍTULO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de la Investigación	6
2.2 Bases Teóricas.....	12
2.2.1 Banco de Condensadores.....	12
2.2.2 Potencia Eléctrica	12
2.2.3 Potencia Activa	13
2.2.4 Potencia Reactiva	13
2.2.5 Potencia Aparente	14
2.2.6 Tipos de Carga	15
2.2.6.1 Cargas resistivas	15
2.2.6.2 Cargas inductivas	16
2.2.6.3 Cargas capacitivas.....	17
2.2.6.4 Carga compuesta.....	17
2.2.7 Factor de Potencia.....	18
2.2.8 Compensación.....	23
2.2.8.1 Tipos de Compensación	27
2.2.8.2 Tipos de compensación reactiva según su ubicación	30
2.2.8.3 Componentes de un banco de condensadores automático	33
2.3 Indicador de Rentabilidad de Proyectos	43
2.3.1 Valor Actual Neto	43
2.3.2 Tasa Interna de Retorno	44

2.3.3	Beneficio / Costo (B/C)	45
2.4	Definición de términos básicos	45
III.	METODOLOGÍA	47
3.1	Tipo y diseño de investigación.....	47
3.2	Variables y operacionalización	47
3.2.1	Variable Independiente	47
3.2.2	Variable Dependiente	47
3.2.3	Operacionalización de Variables:.....	49
3.3	Población, muestra y muestreo	50
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	50
3.5	Procedimientos.....	50
3.6	Método de análisis de datos	50
3.7	Aspectos éticos	51
IV.	RESULTADOS.....	52
4.1	Diagnostico situacional de la empresa	52
4.1.1	La empresa	52
4.1.2	Organigrama de la empresa SIMA - Chimbote	52
4.1.3	Diagrama de Procesos de la empresa SIMA - Chimbote	53
4.1.4	Suministro de Energía Eléctrica	53
4.1.4.1	Características del suministro	53
4.1.4.2	Pliego Tarifario.....	54
4.1.5	Cargas Eléctricas de la empresa SIMA - Chimbote Astillero	55
4.1.6	Diagrama Unifilar SIMA - Chimbote Astillero	65
4.1.7	Facturación eléctrica.....	69
4.2	Diseño del banco de condensadores.....	72
4.2.1	Factor de potencia de la planta industrial	72
4.2.2	Cálculo del factor de potencia inicial de cada mes	72
4.2.3	Cálculo de las horas laboradas al mes	73
4.2.4	Cálculo de la potencia activa de cada mes.....	74
4.2.5	Cálculo del factor de potencia promedio.....	74

4.2.6	Cálculo de la potencia reactiva	76
4.2.7	Cálculo del factor de potencia final	76
4.2.8	Cálculo de la potencia de la batería de condensadores	76
4.2.9	Cálculo del grado de polución de armónicos.....	78
4.2.10	Evaluación del tipo de compensación, selección del nivel de tensión	80
4.2.11	Selección del tipo de control	81
4.2.12	Selección del tipo de distribución	81
4.3	Aplicación de la implementación del banco de condensadores	87
4.3.1	Cálculo de la potencia reactiva de la SUB-ESTACION N°1	87
4.3.2	Cálculo de la potencia reactiva de la SUB-ESTACION N°2	89
4.3.3	Cálculo de la potencia reactiva de la SUB-ESTACION N°3	92
4.3.4	Cálculo del número de condensadores	97
4.3.5	Cálculo de la corriente de falla	97
4.3.6	Desarrollo del método MVA	99
4.3.7	Dimensionamiento de la batería de condensador automático de 175 kVAr y 225 kVAr.....	101
4.3.7.1	Sistema de fuerza	102
4.3.8	Dimensionamiento del condensador	103
4.3.8.1	Selección del condensador	106
4.3.9	Dimensionamiento del contactor	108
4.3.9.1	Selección del contactor	109
4.3.10	Dimensionamiento del interruptor de escalón	110
4.3.10.1	Selección del interruptor	112
4.3.11	Dimensión del conductor eléctrico	113
4.3.11.1	Selección del conductor	115
4.3.12	Dimensionamiento de la barra	115
4.3.12.1	Selección de la barra	118
4.3.13	Dimensionamiento del aislador.	119
4.3.14	Dimensionamiento del interruptor principal	119
4.3.15	Dimensionamiento del sistema de control.....	122

4.3.16	Dimensionamiento del transformador de corriente.....	122
4.3.16.1	Selección del transformador de corriente.....	124
4.3.17	Dimensionamiento del regulador de factor de potencia	124
4.3.17.1	Selección del regulador de factor de potencia	126
4.3.18	Gestión del proceso de la implementación de Bancos de Condensadores.....	127
4.3.18.1	Planificación.....	127
4.3.18.2	Diagrama de Gantt.....	128
4.3.18.3	Brecha de Adquisición	128
4.3.19	Planos	129
4.4	Evaluar los resultados de la implementación de banco de condensadores 131	
4.4.1	Costo de la implementación.....	131
4.4.1.1	Costo de material.....	131
4.4.1.2	Costo de mano de obra.....	134
4.4.1.3	Costo Total.....	135
4.4.2	Flujo de caja.....	135
4.4.3	Indicadores de evaluación económica	137
4.4.3.1	Valor Actual Neto (VAN)	137
4.4.3.2	Tasa Interna de Retorno (TIR)	138
4.4.3.3	Razón Beneficio Costo (B/C)	139
4.4.3.4	Periodo de Recupero (PRI).....	140
4.4.3.5	Retorno de la Inversión (ROI)	140
4.4.4	Resumen de indicadores económicos	141
V.	DISCUSIÓN.....	142
VI.	CONCLUSIONES	144
VII.	RECOMENDACIONES	146
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	147
	ANEXOS	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipo de cargas en relación al factor de potencia	20
Tabla 2: Valores aproximados del factor de potencia para las cargas más comunes.....	21
Tabla 3: Valores del factor K más usuales.	25
Tabla 4: Datos de suministro N°49530352 - SIMA Chimbote Astillero.....	53
Tabla 5: Precio de Tarifa MT3	54
Tabla 6: Cuadro de cargas de la Sub Estación N°1.....	55
Tabla 7: Cuadro de cargas de la Sub Estación N°2.....	58
Tabla 8: Cuadro de cargas de la Sub Estación N°3.....	63
Tabla 9: Cuadro de cargas de la planta.....	64
Tabla 10: Resumen anual de facturación	69
Tabla 11: Factor de potencia mensual.....	73
Tabla 12: Registro de horas trabajadas.....	73
Tabla 13: Potencia activa promedio al mes.	74
Tabla 14: Factor de potencia promedio	75
Tabla 15: Potencia de la batería de condensador.	77
Tabla 16: Grado de polución de armónicos de la marca Legrand	78
Tabla 17: Grado de polución de armónicos de la marca Lifasa	79
Tabla 18: Grado de polución de armónicos de la marca Schneider Electric.....	79
Tabla 19: Grado de polución de las Sub Estaciones.	80
Tabla 20: Valores totales obtenidos por el analizador de carga de Potencia Activa (P), Potencia Reactiva (Q) y factor de potencia ($\cos\phi$).	82
Tabla 21: Potencia del banco de condensador de la Sub Estación N°1	84
Tabla 22: Valores máximos de Potencia Reactiva Q_c necesarios para corregir el factor de potencia de la Sub Estación N°1	85
Tabla 23: Resumen de Banco de Condensadores por Sub Estación.....	96
Tabla 24: Potencia del condensador por escalón para banco de condensadores de 175 kVAr.....	97
Tabla 25: Potencia del condensador por escalón para banco de condensadores de 225 kVAr.....	97
Tabla 26: Corriente de cortocircuito.....	101
Tabla 27: Características de inicio de la batería de condensadores de 175 kVAr.	102
Tabla 28: Características de inicio de la batería de condensadores de 225 kVAr.	102
Tabla 29: Valores comerciales del condensador.	104
Tabla 30: Comparación técnica de condensadores.....	106
Tabla 31: Descripción técnica del condensador (B.C. - 175 kVAr)	107
Tabla 32: Descripción técnica del condensador (B. C. - 225 kVAr).	107

Tabla 33: Valores comerciales del contactor.....	108
Tabla 34: Resumen de parámetros del contactor, para B.C. - 175 kVAr.....	109
Tabla 35: Resumen de parámetros del contactor, para B.C. - 225 kVAr.....	109
Tabla 36: Comparación técnica de contactores.....	109
Tabla 37: Descripción técnica del contactor.....	110
Tabla 38: Valores comerciales de interruptor.....	111
Tabla 39: Resumen de parámetros del interruptor de escalón (B.C. - 175 kVAr)	111
Tabla 40: Resumen de parámetros del interruptor de escalón (B.C. - 225 kVAr)	112
Tabla 41: Comparación técnica de interruptores.....	112
Tabla 42: Descripción técnica del interruptor de escalón (B.C. - 175 kVAr).	113
Tabla 43: Descripción técnica del interruptor de escalón (B.C. - 225 kVAr).....	113
Tabla 44: Valores comerciales del conductor.....	114
Tabla 45: Resumen de parámetros del conductor (B.C. - 175 kVAr).....	114
Tabla 46: Resumen de parámetros del conductor (B.C. - 225 kVAr).....	115
Tabla 47: Descripción técnica del conductor (B.C. - 175 kVAr).....	115
Tabla 48: Descripción técnica del conductor (B.C. - 225 kVAr).....	115
Tabla 49: Valores comerciales de la corriente eléctrica en barra.....	116
Tabla 50: Dimensionamiento de la barra de los Bancos de Condensadores.....	118
Tabla 51: Descripción técnica de la barra de cobre (B.C. - 125 kVAr).....	118
Tabla 52: Descripción técnica de la barra de cobre (B.C. - 225 kVAr).....	118
Tabla 53: Valores comerciales de aisladores.....	119
Tabla 54: Valores comerciales del interruptor.....	120
Tabla 55: Resumen de parámetros del interruptor de escalón (B.C. - 175 kVAr).	120
Tabla 56: Resumen de parámetros del interruptor de escalón (B.C. - 225 kVAr).	120
Tabla 57: Comparación técnica de interruptores.....	120
Tabla 58: Descripción técnica del interruptor principal (B.C. - 175 kVAr).....	121
Tabla 59: Descripción técnica del interruptor principal (B.C. - 225 kVAr).....	121
Tabla 60: Valores comercial del transformador de corriente.....	122
Tabla 61: Descripción técnica del transformador de corriente.....	124
Tabla 62: Descripción.....	126
Tabla 63: Matriz explicativa del proceso de planificación de la Implementación de Bancos de Condensadores.....	127
Tabla 64: Cronograma de actividades de la instalación de los Bancos de Condensadores.....	128
Tabla 65: Brecha de Adquisición por implementación de Bancos de Condensadores.....	128
Tabla 66: Costo de materiales para Banco de Condensadores de 175 kVAr.....	131
Tabla 67: Costo de materiales para Banco de Condensadores de 225 kVAr.....	133
Tabla 68: Costo de mano de obra.....	135

Tabla 69: Costo total	135
Tabla 70: Flujo de caja	136
Tabla 71: Valor Actual Neto (VAN).....	138
Tabla 72: Razón beneficio costo (B/C).....	139
Tabla 73: Flujo de caja resumido	140
Tabla 74: Retorno de la Inversión (ROI).....	140
Tabla 75: Resumen de indicadores económicos.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Triángulo de potencias.	13
Figura 2: Potencia activa, reactiva y aparente	15
Figura 3: Forma de onda de voltaje y la corriente para una carga resistiva.....	16
Figura 4: Forma de onda de voltaje y la corriente para una carga inductiva	16
Figura 5: Forma de onda de voltaje y la corriente para una carga capacitiva.....	17
Figura 6: Carga real compuesta por una carga resistiva y una carga reactiva	18
Figura 7: Triángulo de potencia compensado.....	24
Figura 8: Cambio de potencia activa y reactiva con factor de potencia (F.P), mantenido la potencia aparente de la carga constante	26
Figura 9: Principio de funcionamiento de condensadores.	26
Figura 10: Banco de condensadores fijos.....	28
Figura 11: Banco de condensadores automáticos.....	29
Figura 12: Banco de condensadores mixto	30
Figura 13: Compensación Individual	31
Figura 14: Compensación en Grupo.....	32
Figura 15: Compensación Centralizada o Global	33
Figura 16: Conexión Fase - Neutro de controlador de potencia reactiva	34
Figura 17: Conexión Fase - fase de controlador de potencia reactiva	35
Figura 18: Esquema de un condensador plano	37
Figura 19: Tipos de condensadores.	38
Figura 20: Contactor especial para condensadores.	39
Figura 21: Módulo tipo estándar con ventilación natural.....	42
Figura 22: Módulo tipo SAH con ventilación forzada	43
Figura 23: Diagrama de flujo de metodología propuesta	48
Figura 24: Árbol del problema	52
Figura 25: Organigrama de la empresa SIMA - Chimbote	52
Figura 26: Diagrama de Procesos.....	53
Figura 27: Diagrama unifilar Sub Estación N°1	65
Figura 28: Diagrama unifilar Sub Estación N°2	67
Figura 29: Diagrama unifilar Sub Estación N°3	68
Figura 30: Registro de energía activa reactiva	70

Figura 31: Importe por consumo de energía reactiva	71
Figura 32: Factor de potencia promedio	75
Figura 33: Potencia de la batería de condensador.	77
Figura 34: Cantidad de motores eléctricos según potencia activa.....	82
Figura 35: Compresoras N°1 y N°2 de la sala de compresoras N°2	88
Figura 36: Electrobomba del sistema contra incendio	88
Figura 37: Compresoras N°3 de la sala de compresoras N°1	90
Figura 38: Control Numérico Computarizado (CNC) del Taller de Construcciones Navales.	90
Figura 39: Rola eléctrica de planchas del Taller de Construcciones Navales.	91
Figura 40: Bomba DOP del Sistema de Dragado de la plataforma Syncrolift	93
Figura 41: Electrobomba N°1 del Sistema de Dragado	93
Figura 42: Electrobomba N°2 del Sistema de Dragado	94
Figura 43: Winche de 180 Toneladas de la plataforma Syncrolift.....	94
Figura 44: Winche de 135 Toneladas de la plataforma Syncrolift.....	95
Figura 45: Diagrama unifilar de la falla de cortocircuito	99
Figura 46: Esquema de falla de cortocircuito.....	101
Figura 47: Distribución de barra	117
Figura 48: Interpretación del ajuste C/K en el regulador.....	125
Figura 49: Diagrama de fuerza B.C. 175 kVAr.	129
Figura 50: Diagrama de fuerza B.C. 225 kVAr.	130

RESUMEN

La demanda de la energía eléctrica es una variable significativa en la estructura de costo de las empresas industriales tal es el caso de los Astilleros, los cuales presentan elevados consumos de energía reactiva por el empleo de cargas inductivas. Es por eso que, nace la necesidad de tomar alternativas de solución para su ahorro y las decisiones apropiadas para lograr una menor facturación.

El proyecto se centra en el estudio de la implementación de bancos de condensadores en las tres sub estaciones de un astillero para mejorar el factor de potencia promedio de 0.84 a 0.99, dado que el costo por el consumo de energía reactiva promedio al mes es de S/. 3,620.32, el cual representa el 3.24 % del total de la facturación.

El dimensionamiento de los bancos de condensadores automáticos del tipo centralizada en baja tensión de 440 V es de 175 kVAr y 225 kVAr se determinó mediante los recibos de facturación eléctrica y un analizador de carga. Por otra parte, el dimensionamiento de los componentes eléctricos se realizó de acuerdo a la normativa nacional e internacional vigente.

La puesta en marcha de estos bancos de condensadores le permitirá a la empresa un ahorro económico por pagos de energía reactiva aproximado de S/. 43,443.84 por año, con una inversión de S/. 67,379.96 en un periodo de recuperación de la inversión de 2.14 años.

Palabras Clave: Factor de potencia, banco de condensadores, implementación.

ABSTRACT

The demand for electrical energy is a significant variable in the cost structure of industrial companies, such is the case of Shipyards, which have high reactive energy consumption due to the use of inductive loads. That is why, the need arises to take alternative solutions for your savings and the appropriate decisions to achieve a lower billing.

The project focuses on the study of the implementation of capacitor banks in the three substations of a shipyard to improve the average power factor from 0.84 to 0.99, given that the cost for the average reactive energy consumption per month is S / . 3,620.32, which represents 3.24% of total billing.

The sizing of the 440 V centralized type automatic capacitor banks is 175 kVAr and 225 kVAr was determined by means of the electricity billing receipts and a load analyzer. On the other hand, the sizing of the electrical components was carried out in accordance with current national and international regulations.

The start-up of these capacitor banks will allow the company an economic saving for reactive energy payments of approximately S / . 43,443.84 per year, with an investment of S / . 67,379.96 in an investment payback period of 2.14 years.

Keywords: Power factor, capacitor bank, implementation.

I. INTRODUCCIÓN

La mayor parte de las cargas y equipos de un sistema eléctrico industrial, por ejemplo, motores, líneas y transformadores son de naturaleza inductiva, por lo tanto, operan con un factor de potencia bajo (menor a lo estipulado por la Resolución N° 206-2013-OS/CO); cuando el sistema opera con un factor de potencia bajo requiere un flujo adicional de potencia reactiva, presentándose una reducción de la capacidad, un incremento de pérdidas y caída de tensión en el sistema.

En la actualidad se hace mucho más frecuente la necesidad de utilizar compensadores de potencia reactiva del tipo inductiva (en atraso) en sistemas industriales debido a la diversidad de cargas existentes.

Los bancos de condensadores se han usado por un periodo de más de 50 años en la industria mundial, principalmente se utilizaban en las líneas de transmisión para compensar los requerimientos de potencia reactiva y la elevación de tensión en los sistemas de potencia. Actualmente desde hace unos 20 años atrás se están usando con más frecuencia en la industria, ya que estas han decidido bajar su consumo eléctrico y disminuir el costo de sus facturas. Es importante tomar diversas variables cuando se selecciona un banco de condensadores, ya que de no hacerse o no evaluarse por un experto, esto podría ocasionar problemas. Entre estas variables, es importante enfocar el objetivo de la instalación, que generalmente es ayudar durante el proceso de arranque de los motores asíncronos, y aumentar el factor de potencia, a esto se refiere acercarlo a la unidad, mejorar el perfil de voltaje y filtrar armónicos, etc., la ubicación del banco de condensadores dependerá del uso y la configuración industrial que se quiera.

El centro de operación de SIMA - Chimbote es el mayor astillero nacional para embarcaciones de bajo bordo y uno de los principales centros de producción de metal mecánica en el país. El astillero, con un área de 164000 m², cuenta con un Syncrolift, parqueaderos múltiples y talleres bien

equipados, donde se construyen y reparan embarcaciones de hasta 1400 toneladas, tales como pesqueros, remolcadores, lanchas de transporte de personal, entre otros.

La División de Mantenimiento y Servicios del SIMA -Chimbote Astillero, cuenta con el Taller de Mantenimiento Eléctrico, que tiene a cargo el servicio de energía eléctrica a toda la planta, teniendo como principal objetivo el cuidado de la eficiencia energética, mediante la cual se debe garantizar la continuidad de operación de las máquinas, así como cumplir con la protección ambiental y seguridad.

SIMA Chimbote por ser un Astillero con maquinaria antigua cuenta con una infraestructura que consumen enormes cantidades de energía “reactiva”, especialmente como:

- Para habilitar la Poza Syncrolift del arenamiento, se realiza el servicio de Dragado, utilizando los motores de las electrobombas y la bomba DOP.
- Operaciones en el Syncrolift de varado y desvarado de las embarcaciones, se utilizan 14 motores (Winches) y bombas auxiliares.
- Abastecer de aire comprimido a todo el astillero, se genera con tres (03) Compresoras Estacionarias de 200kW de potencia.
- Por último, en los talleres de Construcciones Navales (TX-40) y Mecánica Naval (TX-37) existen máquinas con un elevado índice de consumo de energía reactiva; como las Grúas Puentes, Plegadoras, Rola, máquinas herramientas, etc., que cuentan con motores eléctricos que son necesario compensar la energía reactiva.

Vista esta problemática es importante disminuir el consumo de éste lastre energético y después de realizar una rigurosa investigación al respecto, y evaluar los mecanismo implementados en otras empresas del Perú y el mundo, se ha decidido realizar un estudio de la implementación de banco de condensadores en la planta con la finalidad de corregir el factor de

potencia y por ende disminuir el consumo eléctrico, a través de ésta investigación se logrará reducir el costo de la facturación además de alinearse a la tendencia mundial del ahorro energético y protección medioambiental.

Para ello, la enunciación del problema de la investigación: **¿En cuánto, la implementación de bancos de condensadores mejorará el factor de potencia de un astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash?**

La justificación del estudio:

El estudio se basa en la búsqueda de reducción de los costos de energía reactiva para un Astillero de la ciudad Chimbote, y para ello se debe implementar banco de condensadores que permita aumentar el factor de potencia y eliminar la facturación de energía reactiva, por consiguiente, de esa forma se evita la penalización de la empresa proveedora de servicio.

La necesidad de realizar el siguiente proyecto, también está enmarcado con el objeto del cuidado del medio ambiente, aumenta la vida útil de los equipos de la empresa, evita la caída de tensión en las redes de distribución y se obtienen bonificaciones por parte de la empresa distribuidora de energía eléctrica.

Justificación Teórica

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar conocimiento referente al ahorro de energía eléctrica usando la tecnología de bancos de condensadores. Los resultados de esta investigación podrán sistematizarse en una propuesta para ser implementado en un astillero de la ciudad de Chimbote, y con ello obtener ahorros considerables en las facturaciones eléctricas.

Justificación Práctica

Esta investigación se realiza, ya que existe la necesidad de bajar el consumo eléctrico y con ello disminuir el costo de la facturación además de prolongar la vida útil de las maquinarias de la empresa y todo ello con el fin de disminuir costos en la misma.

Justificación cuantitativa impacto económico

Esta inversión se justifica ya que permite el ahorro de costos asociados a energía por parte de la empresa, ya que cuando se aumenta el factor de potencia, se disminuyen considerable las cargas reactivas de compensación por parte de la empresa suministradora del servicio y por ende disminuyen los costos de facturación, además se evitan las multas impuestas por la compañía proveedora del servicio a la compañía consumidora, eso por la parte netamente de facturación, pero a su vez también hay que añadir que cuando el factor de potencia se aumenta y se acerca a la unidad la vida útil de los equipos se prolongan y se disminuyen costos operativos en base a lo que es mantenimiento correctivo y reposición de equipos ya que la vida útil y operativa de los mismos aumentan, lo mismo sucede” con las instalaciones eléctricas de la planta.

El objetivo general de la presente tesis es: **Realizar un estudio para poder implementar bancos de condensadores para mejorar el factor de potencia de un Astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash.**

Asimismo, los objetivos específicos son:

- Elaborar el diagnóstico de la situación anterior del bajo factor de potencia en un Astillero de la ciudad de Chimbote.
- Diseñar la implementación de bancos de condensadores para mejorar el factor de potencia en un Astillero de la ciudad de Chimbote.
- Aplicar la implementación de bancos de condensadores para mejorar el factor de potencia en un Astillero de la ciudad de Chimbote.

- Evaluar los resultados de la implementación de banco de condensadores para mejorar el factor de potencia en un Astillero de la ciudad de Chimbote.

También se propone la siguiente hipótesis: **Los bancos de condensadores logran mejorar el factor de potencia de un astillero de la ciudad de Chimbote – Ancash, en un 15%.**

Y las hipótesis específicas son:

- El exceso de potencia reactiva influye en la facturación del sistema eléctrico de un astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash, 2020.
- La determinación de la capacidad de los bancos de condensadores, es factible y viable en el sistema eléctrico de un astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash, 2020.
- La determinación de las pérdidas económicas durante el año 2019, por consumo de energía reactiva, es factible y viable en el sistema eléctrico de un astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Existen trabajos de investigación, en cuanto a la implementación de banco de condensadores, realizados en diferentes lugares, en los cuales utilizan metodologías para obtener resultados que conllevan al ahorro del consumo de energía eléctrica, los cuales al aplicarse constituyen la guía para realizar modificaciones, tanto de índole físico, como administrativo; entre las investigaciones analizadas, se tiene:

2.1 Antecedentes de la Investigación

LLumiquinga, Fredy (2012), en su tesis **“DISEÑO DE UN BANCO DE POTENCIA DE LA EMPRESA BANCHISFOOD S.A”**, tiene como objetivo diseñar un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa BANC HISFOOD S.A basado en un estudio técnico económico. Para la presente tesis se usará la metodología deductiva y analítica debido a que se va a partir de normas y leyes que permitirán obtener valores adecuados para el diseño del banco de condensadores y el análisis técnico económico. Se obtienen datos eléctricos. Se indican los conceptos básicos de los principales parámetros eléctricos: potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia; que sirven para entender mejor las ventajas que se obtienen al realizar la corrección del factor de potencia. Se determinan los beneficios técnicos y económicos que implica tener un factor de potencia mayor a 0.92. Se obtienen datos eléctricos de las partes y aéreas que conforman la empresa, mediante el analizador de carga; además se analizan las facturas de consumo eléctrico las mismas que servirán para el diseño técnico económico del banco de condensadores. Se realiza el levantamiento de carga del sistema eléctrico. Con el levantamiento de carga se realiza diagramas unifilares eléctricos de la planta los mismos que sirven para determinar la ubicación estratégica del banco de condensadores. Se determina el valor de potencia reactiva necesaria para corregir el factor de potencia y de esta manera no incurrir en penalizaciones. Se seleccionan equipos eléctricos, elementos de control y protección que permiten el funcionamiento apropiado del banco de condensadores. Se concluye

finalmente que el factor de potencia promedio es de 0,84 y para corregir este factor de potencia se empleará un banco de condensadores automático de 9 kVAr y de tres pasos. El banco de condensadores se lo colocará en el lado de baja tensión del transformador para evitar la penalización que impone la Empresa Eléctrica Quito. Mediante este método de condensadores, el ahorro que se obtendrá por evitar la penalización es de 194,31 USD/año, con una inversión de 1476,39 USD; con un período de recuperación de la inversión de 12 meses. Se recomienda a la empresa BANCHISFOOD S.A que implemente el diseño realizado pues quedan demostradas las ventajas tanto técnicas como económicas que se producirán con la instalación de un banco de condensadores automático.

Zapata, Yaneth (2010); en su tesis **“ANÁLISIS ELECTRÓNICO DE LAS SOLUCIONES QUE EXISTEN EN CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA”**, este estudio tuvo como objetivo: Definir el concepto de perturbaciones eléctricas y conocer cómo se producen, Investigar y analizar las soluciones integrales que existen actualmente, para estos problemas. Se desarrolla un estudio y análisis de las soluciones actuales que existen en el mercado que permiten mejorar las perturbaciones que ocurren en la red de energía eléctrica y que afectan a la calidad de esta. Este estudio también comprende un análisis de las soluciones adoptadas en Chile con respecto al tema de Eficiencia Energética, el cual ha adquirido gran importancia en los últimos años debido a las restricciones de gas y a la contaminación por gases de efecto invernadero. Se realiza un análisis de estándares y normas relacionadas con el concepto de calidad de servicio eléctrico, los cuales regulan los factores que determinan una buena o mala calidad de energía eléctrica. Se presenta un análisis electrónico de los equipos que se presentan como soluciones y que permiten mejorar la calidad de energía eléctrica, disminuyendo las perturbaciones e incluso la falta de energía eléctrica. Finalmente se concluye:

El uso de equipos que mejoran la calidad de energía, permite mantener las cargas sensibles en buen estado protegiendo su vida útil, en el caso de la industria permiten evitar pérdidas de energía para una mayor eficiencia. Con mayor razón si la generación de energía es mediante métodos no convencionales ya que esta generación de energía podría no ser de muy buena calidad, debido a la poca experiencia que se tiene con estos métodos. Con respecto a la eficiencia energética, se recomienda programas y políticas de gobierno, como es el caso de la creación del Programa País de Eficiencia Energética en el 2005 y el Ministerio de Energía el 2009, los cuales trabajan en la creación de instrumentos de gestión, regulación y fomento para lograr instalar en Chile una cultura de eficiencia energética, tanto a nivel doméstico como institucional e industrial. Por otro lado, gracias a la creación de equipos eficientes se ha podido disminuir el consumo energético del país, como por ejemplo el incentivar el uso de ampollitas de bajo consumo y motores eficientes ha sido una de las medidas creadas por el PPEE, que dejan demostrado que invertir en eficiencia es beneficioso para todos.

En otra tesis de título **“Metodología de Estudio del Diagrama de Carga para el Mejoramiento del Factor de potencia de la Planta Frigorífica de la Corporación Hayduk, S.A.**, (Calderón y Medina, 2015), donde los autores tuvieron como objetivo de su investigación: Aplicar la metodología de estudio del diagrama de carga en la planta frigorífica de la corporación Hayduk, S.A. para la mejora del factor de potencia. El presente informe de tesis trata acerca de la metodología del diagrama de carga para determinar el sistema de compensación reactiva para la Planta Frigorífica de la Empresa Hayduk S.A, la cual consta de una Cámara Frigorífica con 2 unidades y un Túnel de Congelamiento con 3 unidades, en donde los motores eléctricos de los compresores son los equipos con mayor demanda eléctrica. Al aplicarse la metodología del diagrama de carga se realiza un análisis del sistema teniendo en cuenta las estaciones (verano e invierno) y las condiciones de máxima y mínima demanda para la Cámara Frigorífica y el Túnel de Congelamiento, cada

uno de ellos con una particularidad en su operación diaria. Se tiene inicialmente un Factor de Potencia para toda la planta frigorífica de 0.8716, con lo cual se factura anualmente U\$ 11,831.00 en función a la normativa eléctrica peruana, la cual fija como límite el valor de un factor de potencia igual o mayor a 0.9567, para evitar la penalidad por energía reactiva inductiva. Se dimensionan 02 bancos de condensadores grupales uno para cada área (cámara Frigorífica y Túnel de congelamiento respectivamente, con capacidades de 220 V 210 KVAR, así como también se instalarán 14 condensadores individuales para los motores eléctricos de los compresores de tornillo. Se consigue mejorar el factor de potencia a un valor de 0.95981 superándose el valor meta con un periodo de recuperación de la inversión de 1 año y 9 meses. Finalmente se concluyó: Se visualiza un total de 14 condensadores individuales con los siguientes detalles: 6 motores de 134 kW (180HP), 2 motores de 111Kw (150HP) y 6 motores de 93 kW (125HP), y se obtiene un factor de potencia global de 0.9598 desde un valor inicial de 0.8712 mejorando en un 0.33% el valor neto fijado de 0.9567, valor en el cual se suprime la penalidad por consumo de energía reactiva, se obtiene un ahorro económico anual de S/. 37150 ó 11831 dólares, al instalar el sistema de compensación reactiva compuesto por 2 bancos de condensadores automáticos grupales, y 14 condensadores individuales para motores de potencia y se obtienen los siguientes indicadores de rentabilidad: valor actual neto 54873 dólares con tasa interna de retorno de 48% y un pay back de 1 año y 9 meses, con el cual, con una inversión de 22000 dólares, el proyecto de instalación de un sistema de compensación reactiva es rentable para la empresa. Se recomienda realizar un estudio de armónicos, luego de implementarse el sistema de compensación reactiva, ya que, ante la presencia de cargas no lineales, este fenómeno está presente en el sistema de compensación reactiva.

Otro tema de investigación “**Evaluación de las condiciones de estabilidad de tensión con banco de capacitores**” (Jeonidas, 2006), donde el autor tuvo como objetivo presentar los estudios necesarios para la inclusión del modelo matemático de la conexión automática del banco de capacitores en el cálculo

de los índices para la evaluación de las condiciones de seguridad de tensión. Problemas relacionados con la incapacidad del sistema en mantener las tensiones en las barras en niveles seguros de operación después de un disturbio se volvieron más frecuentes, entonces la compensación de potencia reactiva a través de la conexión automática de banco de capacitores es una manera de mejorar la capacidad de transmisión y la estabilidad de tensión de un sistema. Se concluye que la adecuación y la aplicabilidad de los índices de estabilidad de tensión fueron comprobadas de los resultados numéricos presentados, el resultado de acciones y esfuerzo es fácilmente evaluado, es decir es directa la comparación de la red con puntos distintos. Como continuidad de este trabajo, se recomienda análisis de casos de sistemas mayores con la inclusión del modelo matemático de la conexión de capacitores para control de tensión.

Otro tema de investigación que lleva como título **“Implementación de una batería de condensadores para corregir el factor de potencia de la empresa PEMUNA S.A.C”**, (Palomino, 2020) donde el autor centra su proyecto en la implementación de una batería de condensadores para mejorar el factor de potencia de 0.604 a 0.957, dado que el costo por el consumo de energía reactiva es S/. 1,461.00 al mes, el cual representa el 8.42 % del total de la facturación. Logrando el dimensionamiento de la batería de condensador automático del tipo centralizada de 120 kVAr mediante los recibos de facturación eléctrica.

Asimismo, tenemos una tesis de título **“Determinación de la influencia de un banco de condensadores para reducir el consumo de potencia reactiva en el sistema eléctrico EPASA – San Martín de Pangoa 2018”** (Miranda, 2018), donde el autor determina la influencia del banco de condensadores, para reducir por lo menos un 30% el consumo de potencia reactiva en el sistema eléctrico EPASA, San Martín de Pangoa, 2018., con la hipótesis que, el banco de condensadores influye positivamente en la reducción del consumo de

potencia reactiva en el sistema eléctrico EPASA, San Martín de Pangoa, 2018. El propósito de su investigación es que en base a los datos obtenidos se analizará la influencia de un banco de condensadores para mejorar la problemática encontrada en la unidad de análisis.

El autor concluye que a través de su investigación en la implementación de un banco de condensadores influye positivamente a la reducción de consumo de potencia reactiva, quedando demostrado que en condición actual obtuvo, en horas punta un consumo de 257.90 kVAR y en fuera de punta 230.53 kVAR, como valores máximos, logrando reducir a 167.90 kVAR en hora punta y fuera de punta a 120.52 kVAR.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Banco de Condensadores

La mejora del factor de potencia mediante la tecnología de bancos de condensadores se realiza con el fin de equiparar las cargas reactivas y así evitar las sanciones por parte de la empresa proveedora de energía eléctrica, gracias a esta tecnología se disminuyen las caídas de tensión, las pérdidas de energía, y se incrementa la capacidad de transmisión de potencia activa en los conductores. Los Bancos de Condensadores pueden ser fijos o automáticos, depende del diagrama de carga de energía reactiva, de la potencia a compensar, del nivel de tensión de la red eléctrica y del tipo de carga. Están fabricados para ser instalados en interiores con condiciones de techo o para ser instalados a la intemperie. Son modulares, auto soportados, fabricados con estructuras de planchas de hierro LAF de hasta 3mm, puertas, techo y tapas. El grado de protección estándar es IP20 y se pueden fabricar hasta con un grado de protección IP55 (protegido contra el polvo y contra chorros de agua en cualquier dirección). Todas las superficies metálicas son pintadas con dos capas de pintura de base anticorrosiva y dos capas de pintura de acabado color gris RAL7000 o el color especificado por el usuario.

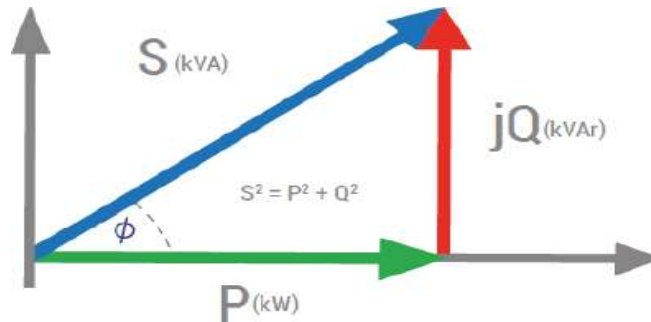
2.2.2 Potencia Eléctrica

La potencia se puede definir como la capacidad para efectuar un trabajo, en otras palabras, como la razón de transformación, variación o transferencia de energía por unidad de tiempo.

Para poder accionar diferentes equipos y máquinas que se encuentran dentro del ámbito eléctrico, se hacen presentes las siguientes potencias:

- Potencia Activa (P)
- Potencia Aparente (S)
- Potencia Reactiva (Q)

Figura 1: Triángulo de potencias.



Fuente: Dimensionamiento de Banco de Capacitores Automáticos para las subestaciones eléctricas (RETRESTO, Pág. 19).

2.2.3 Potencia Activa

Es aquella en la que el proceso de transformación de energía eléctrica se aprovecha como trabajo útil, su unidad es el vatio (w) y su símbolo es P. Para sistemas eléctricos trifásicos equilibrados y el triángulo de impedancias se tiene la siguiente ecuación:

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos \varphi \dots (1)$$

Donde:

V_L : Voltaje de línea a línea en voltios (V)

I_L : Corriente de línea en amperios (A)

P: Potencia activa en Watt (W)

$\cos \varphi$: Valor del ángulo que se forma entre P y S

$\sqrt{3}$: Constante para circuitos trifásicos

2.2.4 Potencia Reactiva

Es aquella encargada de generar el campo magnético que se requiere para el funcionamiento de los equipos eléctricos como pueden ser motores y transformadores, su unidad es Volt-Amper-reactivo (Var) y su símbolo Q.

La potencia reactiva en función de los valores de tensiones y corrientes de línea:

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_L * \sen \varphi \dots (2)$$

Donde:

V_L : Voltaje de línea a línea en voltios (V)

I_L : Corriente de línea en amperios (A)

Q: Potencia Reactiva en voltio amperios reactivos (VAr)

$\text{sen}\varphi$: Valor del ángulo que se forma entre Q y S

$\sqrt{3}$: Constante para circuitos trifásicos.

2.2.5 Potencia Aparente

Es aquella potencia eléctrica que realmente es absorbida por la carga y se obtiene a partir de la suma geométrica de las potencias activa y reactiva. También se calcula a partir Del producto de los valores de tensión y corriente, su unidad es Volt-Amper y su símbolo S.

La potencia aparente en función de los valores de tensiones y corrientes de líneas:

$$S = \sqrt{3} * V_L * I_L \dots (3)$$

ó

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots (4)$$

Donde:

V_L : Voltaje de línea a línea en voltios (V)

I_L : Corriente de línea en amperios (A)

P: Potencia activa en Watt (W)

Q: Potencia Reactiva en voltio amperios reactivos (VAr)

S: Potencia aparente en voltio amperios (VA)

En la Figura 2 se observa mediante una representación gráfica el comportamiento de las potencias activa, reactiva y aparente anteriormente mencionadas en un sistema eléctrico convencional.

Figura 2: Potencia activa, reactiva y aparente.



Fuente: Dimensionamiento de Banco de Capacitores Automáticos para las subestaciones eléctricas (RETRESTO, Pág. 22)

2.2.6 Tipos de Carga

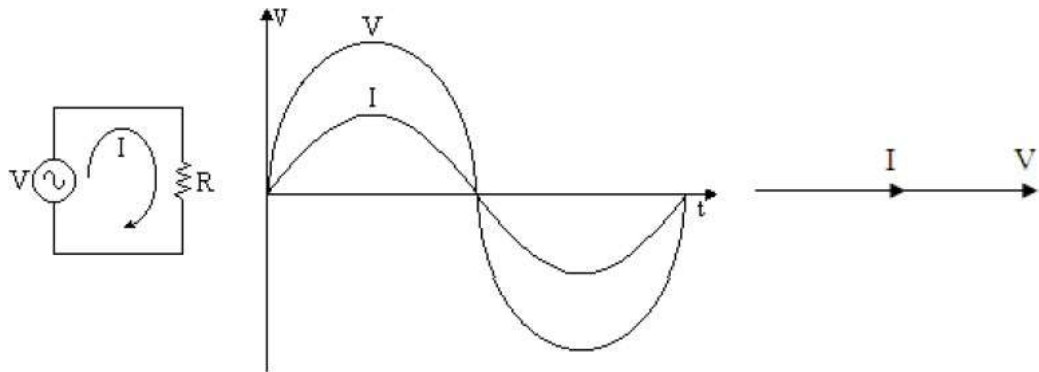
En una red o circuito eléctrico a los elementos pasivos se les conoce como cargas ya que por medio de ellos la energía eléctrica se consume dependiendo de la intensidad de corriente que circule en los mismos, por lo que a dicha corriente se le conoce como corriente de carga, de características resistiva, inductiva o capacitiva dependiendo del tipo de carga que el sistema posea. A continuación, daremos una breve descripción de las características de cada uno de estos circuitos.

2.2.6.1 Cargas resistivas

En las cargas resistivas como las lámparas incandescentes, calefactores, resistencias de carbón (es toda energía que se convierte en luz y calor) el voltaje y la corriente están en fase. En este caso, se tiene un factor de potencia unitario.

La característica de estas cargas es que el ángulo de desfase entre el voltaje y la corriente es cero, es decir, se encuentran en fase como se muestra en la *Figura3*.

Figura 3: Forma de onda de voltaje y la corriente para una carga resistiva.

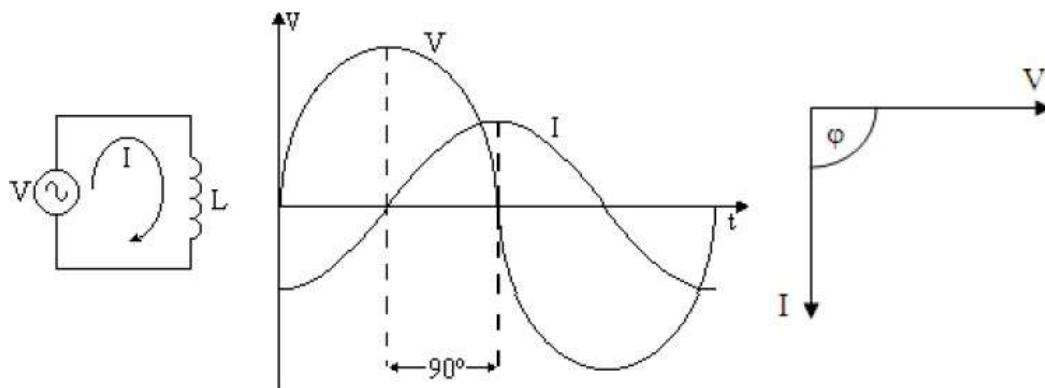


Fuente: Dimensionamiento de Banco de Capacitores Automáticos para las subestaciones eléctricas (RETRESTO, Pág. 23)

2.2.6.2 Cargas inductivas

En las cargas inductivas o bobinas como los motores y transformadores la característica principal de estos elementos es la de almacenar y consumir la energía eléctrica convirtiéndola en energía magnética por medio del campo magnético que genera al circular corriente eléctrica por estos elementos, la corriente se encuentra retrasada respecto al voltaje, es decir, existe un desfase negativo (-90°) como se puede ver en la *Figura 4*. En este caso se tiene un factor de potencia retrasado.

Figura 4: Forma de onda de voltaje y la corriente para una carga inductiva.

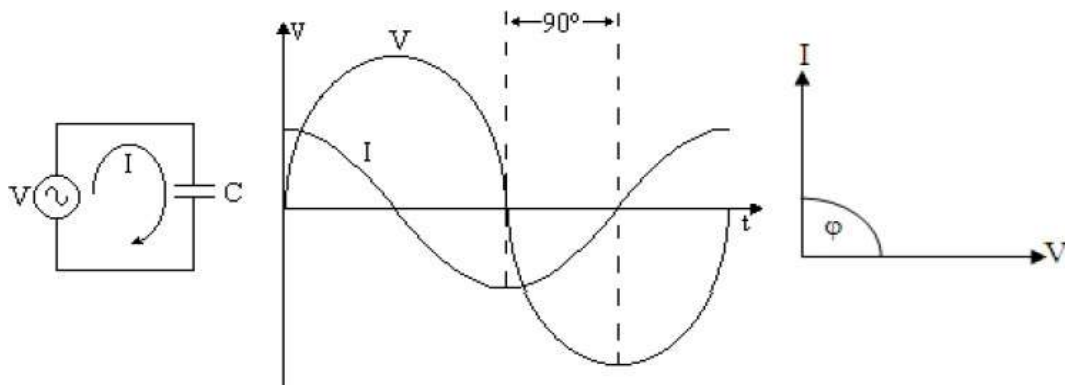


Fuente: Dimensionamiento de Banco de Capacitores Automáticos para las subestaciones eléctricas (RETRESTO, Pág. 23).

2.2.6.3 Cargas capacitivas

En las cargas capacitivas como los condensadores o cables aislados en media tensión tendidos en canalizaciones subterráneas, la corriente se encuentra adelantada respecto del voltaje por esta razón hay un desfase positivo como se observa en la *Figura 5*. En este caso se tiene un factor de potencia adelantado. Aquí la corriente se encuentra adelantada 90° con respecto al voltaje.

Figura 5: Forma de onda de voltaje y la corriente para una carga capacitiva.

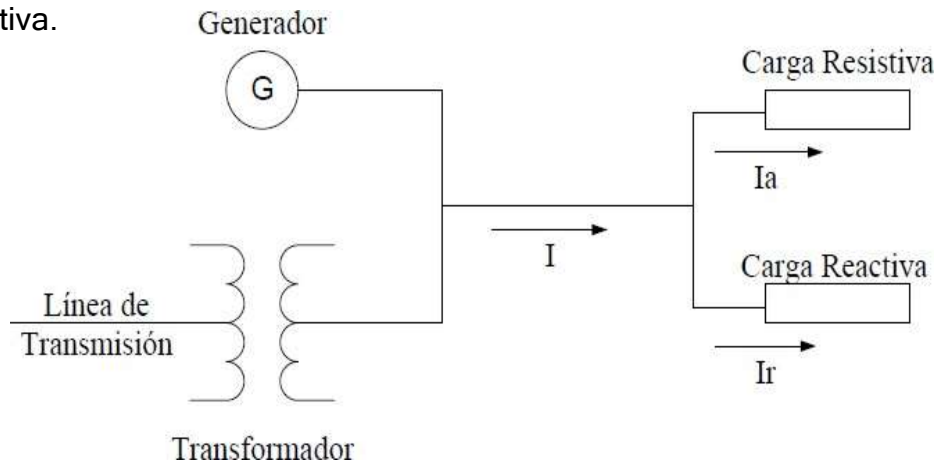


Fuente: Dimensionamiento de Banco de Capacitores Automáticos para las subestaciones eléctricas (RETRESTO, Pág. 24).

2.2.6.4 Carga compuesta

Una carga compuesta está formada por una parte puramente resistiva, dispuesta en paralelo con otra parte reactiva ideal, en cargas tales como las ocasionadas por lámparas incandescentes y aparatos de calefacción, la parte de carga reactiva puede considerarse como prácticamente nula. Sin embargo, en las cargas representadas por líneas de transmisión y distribución, transformadores, lámparas fluorescentes, motores eléctricos, equipos de soldadura, hornos eléctricos, etc., la parte reactiva de la carga suele ser de una magnitud similar a la de parte puramente resistiva.

Figura 6: Carga real compuesta por una carga resistiva y una carga reactiva.



Fuente: Dimensionamiento de Banco de Capacitores Automáticos para las subestaciones eléctricas (RETRESTO, Pág. 24)

En estos casos, además de la corriente activa necesaria para producir el trabajo, el calor o la función deseada, la carga toma algo adicional de corriente activa comparable en magnitud a la corriente reactiva, esta misma corriente si bien es indispensable para energizar los circuitos magnéticos de los equipos mencionados, representa una carga adicional de corriente para el cableado de las instalaciones industriales, los transformadores de potencia, las líneas eléctricas e incluso los generadores.

2.2.7 Factor de Potencia

Se denomina factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura, o sea que, el factor de potencia debe tratar de coincidir con el coseno ϕ , pero no es lo mismo.

También es término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. El valor ideal del factor de potencia es 1,

esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

El llamado triángulo de potencias es la mejor forma de observar y comprender la forma gráfica que es el factor de potencia o $\cos \phi$ y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna, además de observar la interacción de una potencia con respecto a las otras dos ya que al modificar una potencia repercutiría en la modificación de las otras dos potencias.

A. Cálculo del factor de potencia

- **Por Potencia:** Conociendo los valores demandados de potencia activa (kW) y de potencia aparente (KVA) en un periodo de tiempo, se utiliza la relación observada en la *ecuación 5* para obtener el valor del factor de potencia.

$$F. P = \frac{\text{Potencia Activa}}{\text{Potencia Aparente}} = \frac{P}{S} \dots (5)$$

O también:

$$F. P = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} \dots (6)$$

Donde:

P: Potencia activa (W)

Q: Potencia reactiva (VAr)

S: Potencia aparente (VA)

- **Por Energía:** Conociendo los valores demandados de energía activa (kWh) y de energía reactiva (kVAr.h) en un periodo de tiempo, se utiliza la relación observada en la *ecuación 7* para obtener el valor del factor de potencia.

$$F. P = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2+kVArh^2}} \dots (7)$$

Donde:

kWh: Energía activa

kVArh: Energía reactiva (VAr)

F.P: Factor de potencia

El factor de potencia expresa en términos generales, el desfaseamiento o no de la corriente con relación al voltaje y es utilizado como indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual puede tomar valores entre 0 y 1.0 siendo la unidad (1.0) el valor máximo de FP y por tanto el mejor aprovechamiento de energía.

Tabla 1: Tipo de cargas en relación al factor de potencia.

Carga	Capacitiva			Efectiva	Inductiva		
φ	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
$\cos\varphi$	0	0.5	0.87	1	-0.87	-0.5	0
Potencia	Reactiva			Real	Reactiva		

Fuente: CAICEDO, Omar, Corrección del factor de potencia y control de demanda.

B. Causas de un bajo factor de potencia

Todo aquello que genera cargas inductivas como lo son motores, balastos, transformadores, etc., son el origen del factor de potencia bajo, ya que éstas son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica, en este tipo de equipos el consumo de corriente tiene un desfase en relación al voltaje lo que provoca un bajo factor de potencia.

A continuación, se enunciarán algunas causas por la cual se produce un bajo factor de potencia:

- Iluminación de descarga o de arco (lámparas de vapor de mercurio, lámparas fluorescentes, etc.

- Motores de inducción de pequeña y gran capacidad.
- Motores operando en vacío.
- Motores sobredimensionados.
- Transformadores operando en vacío o con pequeñas cargas.
- Transformadores sobredimensionados.
- Nivel de voltaje por encima del nominal.
- Hornos eléctricos de arco voltaico.
- Soldadoras eléctricas de corriente alterna

En la siguiente tabla 2, los valores aproximados del factor de potencia para las cargas más comunes:

Tabla 2: Valores aproximados del factor de potencia para las cargas más comunes.

Aparato	Carga	Cos ϕ
Motor asíncrono	0%	0.17
	25%	0.55
	50%	0.73
	75%	0.80
	100%	0.85
Lámparas incandescentes		1
Lámparas fluorescentes		0.50
Lámparas de descarga		0.40 a 0.60
Hornos de resistencia		1
Hornos de inducción		0.85
Máquinas de soldar por resistencia		0.80 a 0.90
Soldadora de arco monofásica		0.50
Soldadora de arco con transformador - rectificador		0.70 a 0.90
Hornos de arco		0.80

Fuente: General Electric.

C. Consecuencias del bajo factor de potencia

En un sistema eléctrico o instalación eléctrica, cuando sea mayor la cantidad de energía reactiva, el factor de potencia irá disminuyendo y por lo tanto se necesitará mayor intensidad de corriente para las cargas.

Asimismo, el incremento de corriente, generara perdidas eléctricas en el sistema y económicas.

Los principales problemas ocasionados por el bajo factor de potencia son:

- Calentamiento de cables
- Calentamiento de embobinados de los transformadores de distribución
- Disparo sin causa aparente de los dispositivos
- Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución
- Aumento de la caída de tensión.
- Mayor consumo de corriente.
- Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de potencia en pérdidas.
- Penalizaciones económicas variadas, incluyendo corte de suministro en caso de factor potencia muy bajos.

D. Beneficios por corregir el bajo factor de potencia

Las empresas proveedoras del servicio eléctrico por lo general centran su atención en el Factor de Potencia demandado por sus clientes, ya que ésta es una de las razones por las que es necesario sobredimensionar la capacidad en potencia eléctrica de transformadores de distribución y los calibres de cables usados para el transporte de energía eléctrica. Este sobredimensionamiento obviamente ocasiona a las empresas proveedoras del servicio, un mayor esfuerzo y costo para el transporte de electricidad y por ende un incremento de las tarifas para el usuario y en casi siempre implica multas a los usuarios que exceden ciertos valores.

Dicho esto, muchas alternativas han sido planteadas para mejorar el factor de potencia de una instalación eléctrica sin que esto implique que el usuario reduzca su nivel de consumo o tener que prescindir de ciertos equipos

conectados a su red eléctrica, entre ellos el más común es la implementación de bancos de condensadores que corrigen el factor de potencia dando solución a este problema.

Beneficios en los equipos:

- Disminución de las pérdidas en conductores.
- Reducción de las caídas de tensión.
- Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.
- Incremento de la vida útil de las instalaciones.

Beneficios económicos:

- Reducción de los costos por facturación eléctrica.
- Eliminación del cargo por bajo factor de potencia.
- Menores secciones y protección.

2.2.8 Compensación

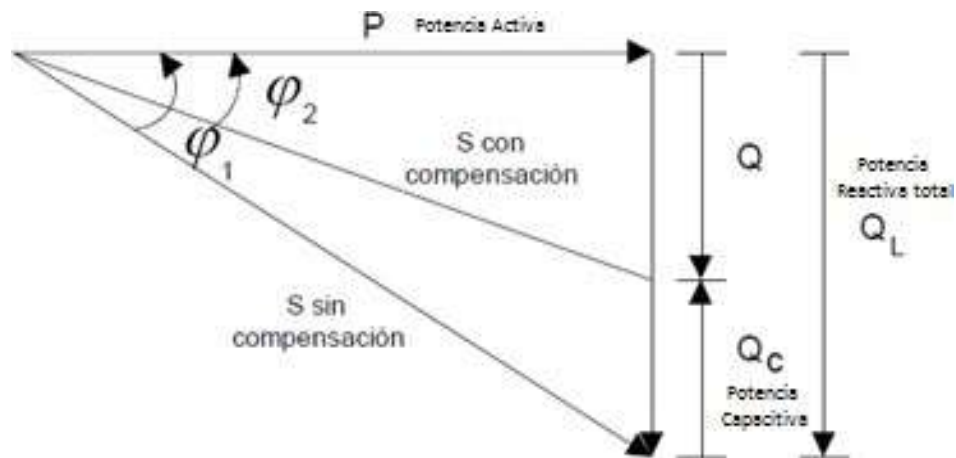
La compensación de reactivos dentro un sistema eléctrico, es debido a la diversidad de carga existen dentro de esta, mayormente este tipo de cargas son inductivos.

La finalidad de corregir el factor de potencia o compensar reactivos, el eliminar los costos por el consumo de la energía reactiva y evitar multas o penalizaciones. Dentro de los métodos que existen para corregir o mejorar el factor de potencia, se destacan la instalación de capacitores eléctricos y la aplicación de motores síncronos.

Al instalarse equipos de compensación, se logrará mantener la forma de onda correcta y se mejorara el funcionamiento más eficiente de los equipos que existen dentro del sistema eléctrico.

Con la compensación se reducirá la potencia reactiva y la intensidad de corriente, por lo cual se obtendrá la potencia real constante, en la *figura 7* se apreciará cómo se comporta el triángulo de potencia ante una compensación.

Figura 7: Triángulo de potencia compensado.



Fuente: CAICEDO, Omar, Corrección del factor de potencia y control de demanda, p. 11.

Para realizar el cálculo de Q_C se utiliza la ecuación 5, sin embargo, se puede utilizar la ecuación 7 la cual se obtiene a través de la *figura 7* donde en el primer caso el factor K se obtiene por medio de la *tabla 3*, donde se muestra el factor inicial el cual es el factor en el que nuestro sistema está en operación y el factor de potencia deseado, para encontrar el valor del factor K se toma el valor en el cual estos dos factores se interceptan, dichas ecuaciones se muestran a continuación:

$$Q_C = P * (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \dots (7)$$

$$Q_C = P * \text{Factor } K \dots (8)$$

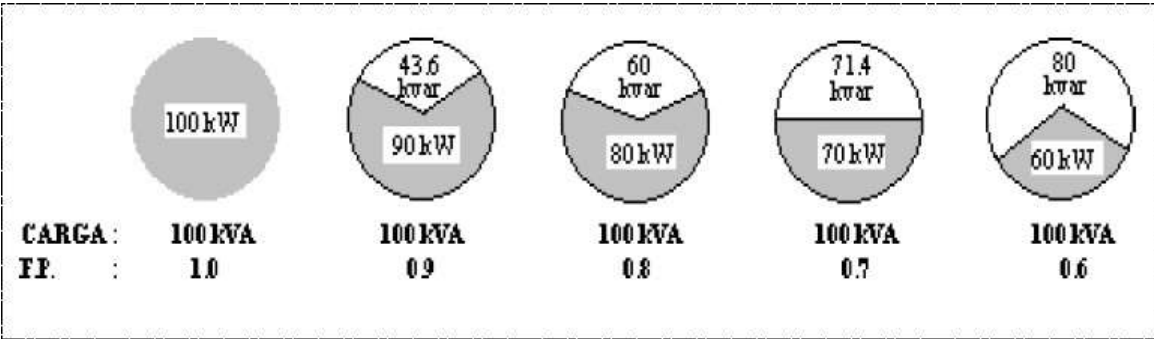
Tabla 3: Valores del factor K más usuales.

FP antes de compensar		Factor de potencia después de compensar											
		cos φ	0.800	0.840	0.880	0.900	0.920	0.950	0.960	0.970	0.980	0.990	1.000
		tg φ_2	0.750	0.646	0.540	0.484	0.426	0.329	0.292	0.251	0.203	0.142	0.000
cos φ	tg φ_1												
0.400	2.291	1.541	1.645	1.752	1.807	1.865	1.963	2.000	2.041	2.088	2.149	2.291	
0.430	2.100	1.350	1.454	1.560	1.615	1.674	1.771	1.808	1.849	1.897	1.957	2.100	
0.460	1.930	1.180	1.284	1.391	1.446	1.504	1.602	1.639	1.680	1.727	1.788	1.930	
0.490	1.779	1.029	1.133	1.239	1.295	1.353	1.450	1.487	1.528	1.576	1.637	1.779	
0.520	1.643	0.893	0.997	1.103	1.158	1.217	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1.643	
0.550	1.518	0.768	0.873	0.979	1.034	1.092	1.190	1.227	1.268	1.315	1.376	1.518	
0.580	1.405	0.655	0.759	0.865	0.920	0.979	1.076	1.113	1.154	1.201	1.262	1.405	
0.610	1.299	0.549	0.653	0.759	0.815	0.873	0.970	1.007	1.048	1.096	1.157	1.299	
0.640	1.201	0.451	0.555	0.661	0.716	0.775	0.872	0.909	0.950	0.998	1.058	1.201	
0.670	1.108	0.358	0.462	0.568	0.624	0.682	0.779	0.816	0.857	0.905	0.966	1.108	
0.700	1.020	0.270	0.374	0.480	0.536	0.594	0.692	0.729	0.770	0.817	0.878	1.020	
0.730	0.936	0.186	0.290	0.396	0.452	0.510	0.608	0.645	0.686	0.733	0.794	0.936	
0.760	0.855	0.105	0.209	0.315	0.371	0.429	0.526	0.563	0.605	0.652	0.713	0.855	
0.790	0.776	0.026	0.130	0.236	0.292	0.350	0.447	0.484	0.525	0.573	0.634	0.776	
0.800	0.750	-	0.104	0.210	0.266	0.324	0.421	0.458	0.499	0.547	0.608	0.750	
0.810	0.724	-	0.078	0.184	0.240	0.298	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724	
0.820	0.698	-	0.052	0.158	0.214	0.272	0.369	0.406	0.447	0.495	0.556	0.698	
0.830	0.672	-	0.026	0.132	0.188	0.246	0.343	0.380	0.421	0.469	0.530	0.672	
0.840	0.646	-	-	0.106	0.162	0.220	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646	
0.850	0.620	-	-	0.080	0.135	0.194	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620	
0.860	0.593	-	-	0.054	0.109	0.167	0.265	0.302	0.343	0.390	0.451	0.593	
0.870	0.567	-	-	0.027	0.082	0.141	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567	
0.880	0.540	-	-	-	0.055	0.114	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540	
0.890	0.512	-	-	-	0.028	0.086	0.184	0.221	0.262	0.309	0.370	0.512	
0.900	0.484	-	-	-	-	0.058	0.156	0.193	0.234	0.281	0.342	0.484	
0.910	0.456	-	-	-	-	0.030	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0.456	
0.920	0.426	-	-	-	-	-	0.097	0.134	0.175	0.223	0.284	0.426	
0.930	0.395	-	-	-	-	-	0.067	0.104	0.145	0.192	0.253	0.395	
0.940	0.363	-	-	-	-	-	0.034	0.071	0.112	0.160	0.220	0.363	
0.950	0.329	-	-	-	-	-	-	0.037	0.078	0.126	0.186	0.329	
0.960	0.292	-	-	-	-	-	-	-	0.041	0.089	0.149	0.292	
0.970	0.251	-	-	-	-	-	-	-	-	0.048	0.108	0.251	
0.980	0.203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.061	0.203	
0.990	0.142	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.142	

Fuente: Compensación de Energía Reactiva - RTR Energía.

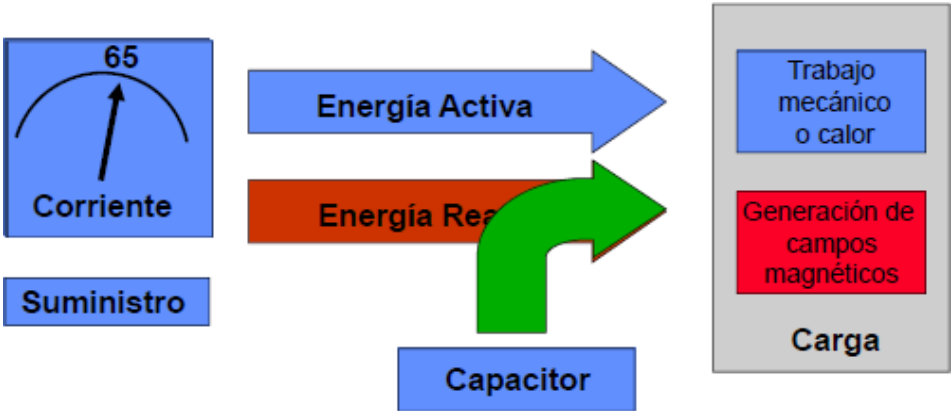
En la *Figura 8*, se puede observar el cambio que existe en las potencias activa y reactiva cuando el factor de potencia varía de 0.6 hasta la unidad, manteniendo la potencia aparente de la carga constante.

Figura 8: Cambio de potencia activa y reactiva con factor de potencia (F.P), mantenido la potencia aparente de la carga constante.



Fuente: Compensación de Energía Reactiva - RTR Energía.

Figura 9: Principio de funcionamiento de condensadores.



Fuente: CAICEDO, Omar, Corrección del factor de potencia y control de demanda, p. 24.

2.2.8.1 Tipos de Compensación

Para usuarios de media tensión existen 3 tipos de banco de condensadores los cuales son:

A. Banco de condensadores fijo

En este tipo de banco de condensador se realiza la compensación dadas medidas y cálculos puntuales.

Los pasos dados serian como, la selección de la protección y pilotos indicadores estos pasos se pueden activar de manera manual o remota o por medio de selectores respectivamente para cada uno de ellos y su ubicación seria en la puerta del banco de condensadores.

La potencia reactiva suministrada por la batería es constante e independiente de las variaciones del factor de potencia y de la carga de los equipos, y por lo tanto del consumo de energía reactiva.

Estos equipos se conectan a la instalación:

- De forma manual con un interruptor automático o un seccionador
- De forma semiautomática con un contactor por control remoto (Legrand, 2018).

Generalmente, estas baterías se utilizan en los siguientes casos:

- Instalaciones eléctricas de carga constante que operan 24 horas al día.
- Descarga de compensación de los transformadores.
- Compensación individual de motores (Legrand, 2018).

Figura 10: Banco de condensadores fijos.



Fuente: Empresa VEMAC.

B. Banco de condensadores automáticos

La potencia reactiva suministrada por la batería se puede modificar de acuerdo con las variaciones del factor de potencia y de la carga y por lo tanto del consumo de energía reactiva de la instalación.

Este tipo de equipo se compone de una combinación paralela de pasos del condensador (paso = condensador + contactor), cuya conexión o desconexión se controla por medio de un regulador varimétrico incorporado.

Generalmente, se utilizan en los siguientes casos:

- Instalaciones eléctricas de carga variable.
- Compensación de los cuadros de distribución o salidas principales (Legrand, 2018).

Figura 11: Banco de condensadores automáticos.



Fuente: Artech

C. Banco de condensadores mixtos

Para hacer la compensación del banco de condensadores mixto se hace de la misma manera que el automático porque estos 2 poseen las mismas características, pero a diferencia este posee 1 o más pasos fijos (ya sean estos medidos o calculados) estos se encargaran de compensar las pérdidas constantes obtenidas en el sistema eléctrico.

La señalización indica los pasos automáticos en el banco (S.A., 2015).

Figura 12: Banco de condensadores mixto.



Fuente: Transequipos S.A.

2.2.8.2 Tipos de compensación reactiva según su ubicación

Las inductancias se compensan con la conexión en paralelo de capacitancias conocida como compensación en paralelo. Esta forma de compensación es la más usual, especialmente en sistemas trifásicos.

A. Compensación Individual

La compensación individual se utiliza en equipos que tienen un ciclo continuo de operación y cuyo consumo de reactiva es considerable, principalmente motores eléctricos y transformadores. El condensador se instala en cada una de las cargas de manera que los únicos conductores afectados por la energía reactiva son los que unen la carga con el condensador.

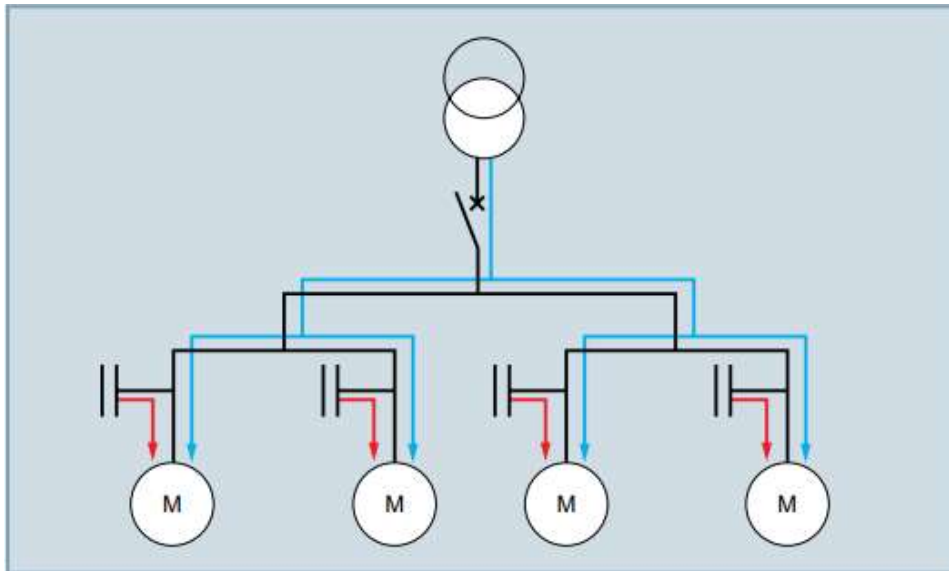
Las **ventajas** de esta configuración son:

- No hay penalización por energía reactiva.
- Desde un punto de vista técnico, es la solución ideal ya que la energía reactiva se produce en el mismo lugar en el que se consume. Por lo tanto, las pérdidas de calor por efecto Joule se reducen en las todas las líneas.
- Descarga el transformador.

Observación:

- Optimiza la instalación, pero es la solución más cara.

Figura 13: Compensación Individual.



Fuente: LEGRAND, Compensación de Energía Reactiva y Monitoreo de la Calidad de la Potencia, p.12.

B. Compensación en Grupo

La configuración de compensación en grupo se recomienda cuando un grupo de cargas, ya sean iguales o diferentes, se conectan simultáneamente y demandan una cantidad de reactiva constante.

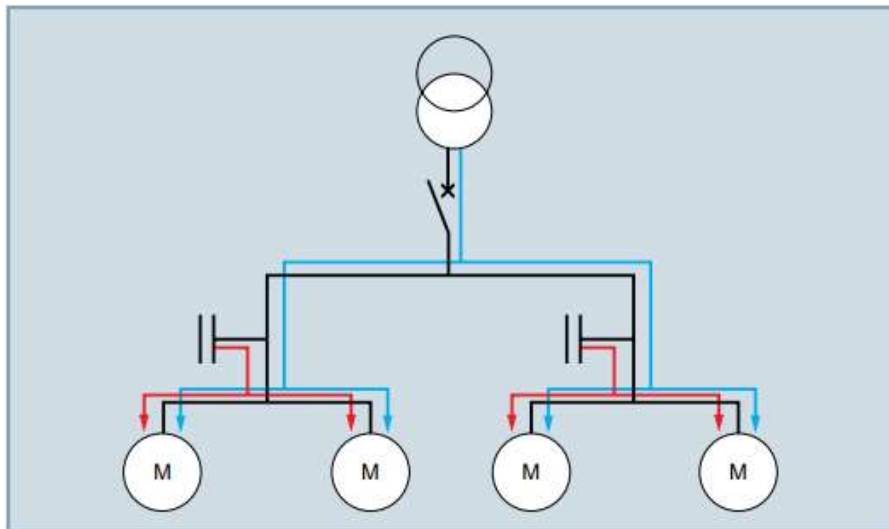
La configuración en grupo presenta las siguientes **ventajas**:

- No hay penalización por energía reactiva.
- Compensa una parte de la instalación y reduce las pérdidas por efecto Joule en esa zona.
- Solución económica.
- Descarga del transformador

Observación:

- Corriente reactiva presente desde los equipos de compensación hasta los receptores.

Figura 14: Compensación en Grupo.



Fuente: LEGRAND, Compensación de Energía Reactiva y Monitoreo de la Calidad de la Potencia, p.12.

C. Compensación Centralizada

La potencia total de la batería de condensadores se instala en la acometida cerca de los tableros de distribución de la energía. La potencia total de la batería se divide en varios bloques o escalones comunicados con un regulador automático que los conecta o desconecta en cada momento, según el consumo de reactiva instantáneo.

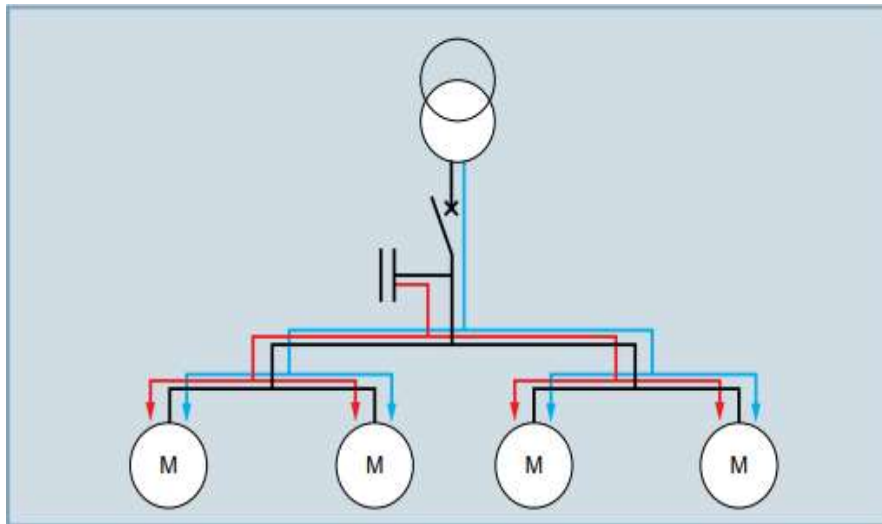
La compensación centralizada presenta las siguientes **ventajas**:

- No hay penalización por energía reactiva.
- Representa la solución más económica, ya que toda la potencia se concentra en un punto.
- La potencia aparente se ajusta a las necesidades de la instalación.
- Descarga el transformador.

Observación:

- Las pérdidas por efecto Joule en los cables (RI^2) no se reducen.
- Corriente reactiva presente desde el equipo de compensación hasta los receptores

Figura 15: Compensación Centralizada o Global.



Fuente: LEGRAND, Compensación de Energía Reactiva y Monitoreo de la Calidad de la Potencia, p.12.

2.2.8.3 Componentes de un banco de condensadores automático

Un banco de condensadores automático es capaz de adaptarse a la variación de la potencia reactiva y aproximarse al factor de potencia deseada.

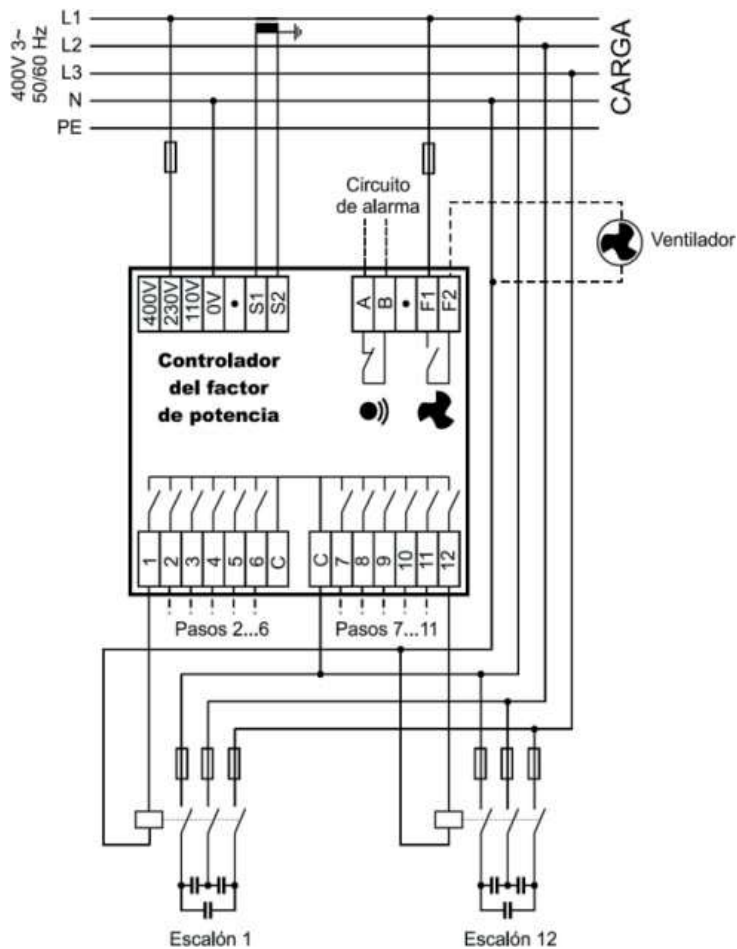
En los siguientes ítems, describiremos los componentes que conforman un banco de condensadores automático.

A. Controlador de potencia

La función principal del controlador es medir el $\cos\phi$ de la instalación y por medio de los contactores y escalones, acercarse a factor de potencia establecido, evitando la sobrecompensación y subcompensación.

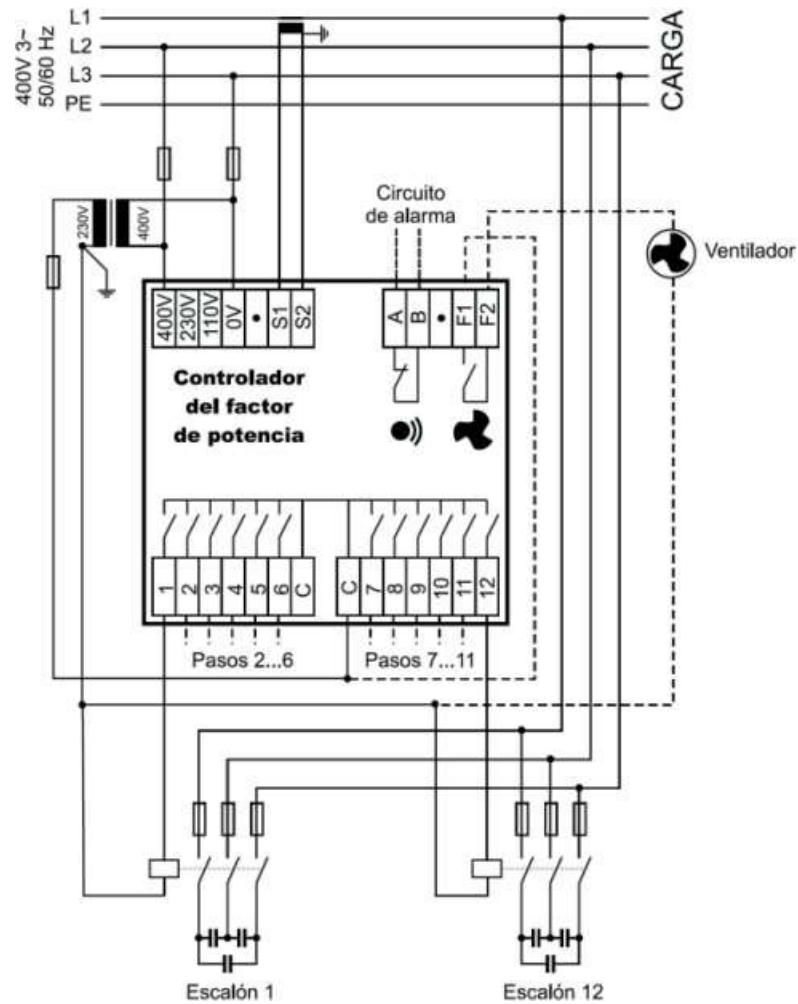
Según el mercado existe controladores de 3, 4, 5, 6, 8, 12 y 14 pasos, que se adecuan según el requerimiento de la potencia reactiva a compensar.

Figura 16: Conexión Fase - Neutro de controlador de potencia reactiva.



Fuente: Schneider Electric, Lista de precios, p.128.

Figura 17: Conexión Fase - fase de controlador de potencia reactiva.



Fuente: Schneider Electric, Lista de precios, p.128.

Para poder realizar la programación del controlador del factor de potencia se necesita:

- El ajuste del $\cos\phi$, que será el valor fundamental para poder mejorar el sistema eléctrico y no incurrir en pagos por el exceso de energía reactiva.
- Cálculo de sensibilidad, es la que permitirá regular la velocidad de intervención del controlador, este coeficiente realiza la conexión y desconexión de la potencia reactiva a compensar, este valor toma como referencia para poder conectar, la potencia reactiva del paso más pequeño.

El cálculo de sensibilidad (C/K) se realiza mediante ecuación:

$$C/K = \frac{Q_1/(\sqrt{3}*V)}{R_{TI}} \dots (9)$$

Donde:

C: Corriente del condensador más pequeño (A).

Q₁: Potencia reactiva del condensador más pequeño (VAR).

V: Tensión de línea (V).

R_{TI}: Relación de transformación del transformador de corriente conocido como factor K.

Asimismo, es necesario realizar el cálculo de la intensidad de corriente y el transformador de la corriente, aplicando la ecuación:

$$S = \sqrt{3} * V_L * I_L \dots (10)$$

Donde:

S: Potencia aparente (VA).

V_L: Tensión de línea (V).

I_L: Corriente de línea (A)

$\sqrt{3}$: Constante para circuitos trifásicos.

Despejando la I_L de la ecuación 10, se tiene que:

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3}*V_L} \dots (11)$$

Por lo tanto, para realizar el cálculo del transformador de corriente a emplear se aplica la siguiente ecuación:

$$T_C = \frac{I_L}{5} \dots (12)$$

Donde:

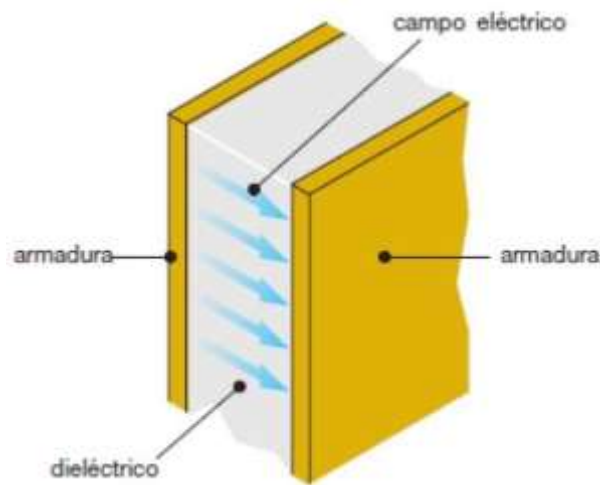
T_C: Transformador de corriente (A)

I_L: Corriente de línea (A)

B. Condensadores

Los condensadores son aquellos elementos que aportan energía reactiva al sistema eléctrico, que a través de la ordenación de electrones en el dieléctrico es capaz de almacenar energía, asimismo está constituida por laminas metálicas conductoras (armadura) y en el intermedio de ellas se encuentra el material dieléctrico de un espesor y calidad que son adecuados para resistir la tensión a la que funcionara.

Figura 18: Esquema de un condensador plano.



Fuente: ABB, Cuaderno de aplicaciones técnicas N°8.

Actualmente los condensadores son de tipo seco, que evita riesgos ambientales si se diera una pérdida de sustancia impregnante, asimismo mejora el tiempo de vida y las propiedades eléctricas.

Los condensadores normalmente para la corrección, son de uso trifásico que están constituidos por elementos monofásicos con películas de polipropileno metalizado y pueden ser autorregenerables. En el interior tienen resistencias de descarga, para poder reducir el voltaje después de la desconexión del condensador.

Para poder realizar el cálculo de la capacidad nominal del condensador se expresa la siguiente ecuación:

$$C = \frac{Q}{2 * f * V^2} \dots (13)$$

Donde:

C: Capacidad expresada en faradios (F).

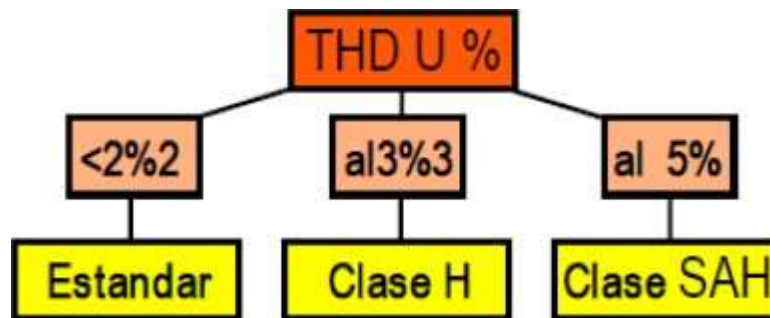
Q: Potencia reactiva (VAR).

f: Frecuencia (Hz).

V: Tensión de alimentación del condensador (V).

Cuando se dispone de banco de condensadores en el sistema eléctrico, no se generan armónicos, pero se puede amplificar los que ya existen.

Figura 19: Tipos de condensadores.



Fuente: Schneider Electric, Soluciones en calidad de potencia.

Cuando ocurre una posible ampliación de armónicos, se utiliza uno de los tres tipos de compensadores, dependiendo de las mediciones que se realiza en el disyuntor de protección, de lo contrario se utilizaría el esquema que se representa en la Figura 19.

El cálculo de la corriente nominal, de un condensador trifásico, esta expresada en la ecuación:

$$I_n = \frac{kVAR}{\sqrt{3} * kV} \dots (14)$$

Donde:

I_n : Corriente fase (A).

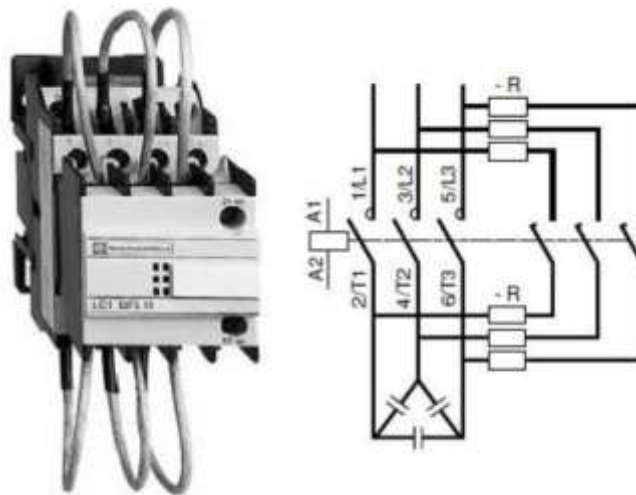
kVAR: Potencia reactiva nominal del condensador (VAR).

kV: Tensión Fase - Fase (V).

C. Contactores especiales para condensadores

Son equipos que se encargan de conectar y desconectar los distintos pasos que tiene configurando en el banco de condensadores, la característica fundamental que tienen estos contactores, es que disponen con resistencias de pre – carga, que permite limitar las sobrecorrientes.

Figura 20: Contactor especial para condensadores.



Fuente: Fredy Santiago, Diseño de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia.

Para la elección de un contactor se utiliza la ecuación:

$$C_e = 2 * I_n \dots (15)$$

Donde:

C_e : Contactor especial

I_n : Corriente nominal (A)

D. Fusibles

La protección de un banco de condensadores es la pieza fundamental para poder tener un funcionamiento continuo, en el caso de los fusibles para banco de condensadores se utiliza los tipos NH, de clase de servicio gL/gG. Resulta conveniente realizar la protección individual de cada condensador, brindando ventajas cuando se tiene un condensador averiado, facilitando la visualización cuando se tiene una unidad en falla y previniendo los daños en el sistema de compensación y en el sistema eléctrico.

Según la empresa Schneider Electric, cuando se utiliza condensadores tipo estándar y H la constante de multiplicación por la corriente nominal será de 1.6 y en el caso del tipo SAH, la constante será de 1.5.

El cálculo de corriente nominal de los fusibles se expresa en la ecuación:

$$I_{n_{\text{fusible}}} = 1.5 * I_{n_{\text{.....}}} \quad (16)$$

Donde:

$I_{n_{\text{fusible}}}$: Corriente nominal de fusible (A).

$I_{n_{\text{.....}}}$: Corriente nominal de condensador (A).

E. Interruptor

El interruptor es un equipo de protección contra las sobrecargas y cortocircuitos, que usualmente en el ámbito de la compensación de energía reactiva se utilizan los de tipo C60N/H o C120N/H. Para realizar el dimensionamiento de este equipo, se utiliza el factor de 1.43 por la corriente nominal.

$$I_{n_{\text{interruptor}}} = 1.43 * I_{n_{\text{.....}}} \quad (17)$$

Donde:

$I_{n \text{ interruptor}}$: Corriente nominal de interruptor (A).

I_n : Corriente nominal del banco (A).

F. Conductor

Los conductores eléctricos que alimentaran a los condensadores, deben calcularse tomando en cuenta que la corriente nominal de estos, pueden incrementar hasta en un 30 %. Por tanto, en el dimensionamiento de los conductores para el diseño del banco de condensadores, se tendrá en cuenta que la sección del conductor en el lado de protección será mayor al lado de los condensadores.

$$I_{\text{conductor}} = 1.3 * I_{\text{condensador}} \dots \dots (18)$$

Donde:

$I_{\text{conductor}}$: Corriente que soportará el conductor (A).

$I_{\text{condensador}}$: Corriente nominal del condensador (A).

G. Gabinete

El gabinete o modulo, es el elemento que contiene el sistema de protección, elementos de maniobra y los condensadores, la fabricación de estos gabinetes deben realizarse con lamina de acero galvanizado y acero inoxidable.

Según la empresa Schneider Electric, existe dos tipos de módulos para las tecnologías estándar y los SAH.

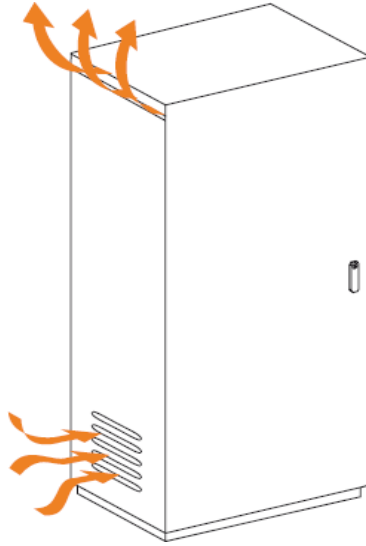
En el tipo estándar las uniones eléctricas de los componentes que existirán dentro del gabinete, el calor deber ser menor o igual a 2.5 W/kVAR.

Teniendo como condición que se aplicaran para:

- Módulos de 2.0 m de altura, 0.60, 0.70 u 0.80 m de ancho y de profundidad 0.40 y 0.50 m.
- Potencia menor o igual a 405 kVAR.

- Potencias menores a 100 kVAR la entrada de aire debe ser de 200 cm³.
- Potencias de 100 a 200 kVAR la entrada de aire debe ser de 400 cm³
- Potencias mayores a 200 kVAR el tipo de ventilación será forzada y su cálculo será mayor a 0.75 veces la potencia en kVAR.

Figura 21: Módulo tipo estándar con ventilación natural.



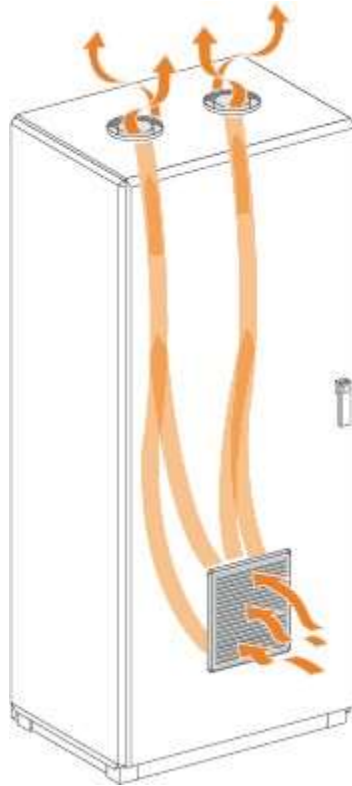
Fuente: Schneider Electric, Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos.

En el tipo SAH las uniones eléctricas de los componentes que existirán dentro del gabinete, el calor debe ser menor o igual a 8 W/kVAR.

Teniendo como condición que se aplicaran para:

- Módulos de 2.0 m de altura, 0.70 u 0.80 m de ancho y de profundidad 0.40 y 0.50 m.
- Potencia menor o igual a 250 kVAR.

Figura 22: Módulo tipo SAH con ventilación forzada.



Fuente: Schneider Electric, Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos.

2.3 Indicador de Rentabilidad de Proyectos

2.3.1 Valor Actual Neto

El valor Actual Neto (VAN) llamado también Valor Presente Neto, es una técnica que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci}}{(1+D)^i} \dots (9)$$

Donde:

K_0 : Inversión o capital inicial.

F_{ci} : Flujo de caja en el año i .

D : Tasa de Descuento.

n : número de periodos.

Si el retorno de la evaluación:

$VAN > 0$; el proyecto es aceptado.

$VAN < 0$; el proyecto es rechazado.

2.3.2 Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es aquella tasa de descuento para la cual el Valor Actual Neto resulte ser igual a cero, es decir, es aquella tasa de retorno donde los costos igualan a los beneficios y por lo tanto representa el tipo de interés o rendimiento que los beneficios que se van obteniendo de haber realizado la inversión del proyecto, solamente cubren dicha inversión y por lo tanto no se obtiene ninguna utilidad.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci}}{(1+TIR)^i} \dots (10)$$

Como se puede observar, esta ecuación no se puede resolver directamente, sino que se requiere de un análisis iterativo para obtener el valor de la TIR.

En nuestro caso se utilizará el paquete informático Excel.

El criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es el siguiente:

$TIR > i$; realizar el proyecto.

$TIR < i$; no realizar el proyecto.

$TIR = i$; el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.

2.3.3 Beneficio / Costo (B/C)

La relación Beneficio / Costo (B/C), es el cociente del valor presente de los beneficios entre el valor presente de los costos (ambos a una misma tasa de descuento) generados por el proyecto o a lo largo de su horizonte. Se ecuación es la siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{VPNB}{VPNC} \dots (11)$$

Donde:

VPNB: Valor Presente Netos de los Beneficios.

VPNC: Valor Presente Netos de los Costos.

Si el resultado de la evaluación:

B/C > 1; el proyecto es rentable.

B/C < 1; el proyecto no es rentable.

2.4 Definición de términos básicos

- A. Banco de Condensadores: Es un sistema que absorbe la energía reactiva originada en los motores y transformadores, reduciendo el registro de consumo de la misma y representando un ahorro en la facturación de energía reactiva del suministro.

- B. Condensador: Dispositivo que almacena carga eléctrica, que es separado por una lámina dieléctrica, esta puede ser de aire, tantalio, aluminio, cerámica, dependerá el tipo de uso y el propósito de este dispositivo es producir capacitancia en un circuito eléctrico. Su unidad de medida es el Faradio (F).

- C. Factor de potencia: Mide la eficiencia de un consumo eléctrico a la hora de convertirlo en potencia útil, asimismo es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

- D. Frecuencia:** Es aquello fenómeno físico que repite números de ciclos completos de tipo senoidal que se realizan por segundo.
- E. Potencia Activa:** Es la potencia o llamada potencia útil, que al momento de realizar su transformación se aprovecha como trabajo.
- F. Potencia aparente:** Es la cantidad de potencia que consume un equipo eléctrico, si tomar en cuenta el factor de potencia.
- G. Potencia reactiva:** Es aquella potencia imaginaria, ya que no produce trabajo útil, aparece dentro de una instalación cuando existen bobinas o condensadores y se requiere de esta para poder producir campos magnéticos.
- H. Motores trifásicos:** Son motores en los que el bobinado inductor colocado en el estator está formado por tres bobinados independientes desplazados 120° eléctricos entre sí y alimentados por un sistema trifásico de corriente alterna. Los podemos encontrar de dos tipos; rotor en cortocircuito (jaula de ardilla) y rotor bobinado.
- I. Flujo de caja o de efectivo:** Es una herramienta que posibilita anticipar los saldos en dinero de una empresa a partir de los ingresos y egresos proyectados para un período determinado.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación:

La investigación para esta tesis es aplicada debido a que se hará uso de los conocimientos y bases teóricas de la ingeniería en base a compensación de la potencia reactiva”. Este tipo de investigación soluciona problemas de la realidad.

El diseño es no experimental. En un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir sobre ellas.

3.2 Variables y operacionalización:

3.2.1 Variable Independiente:

Banco de condensadores.

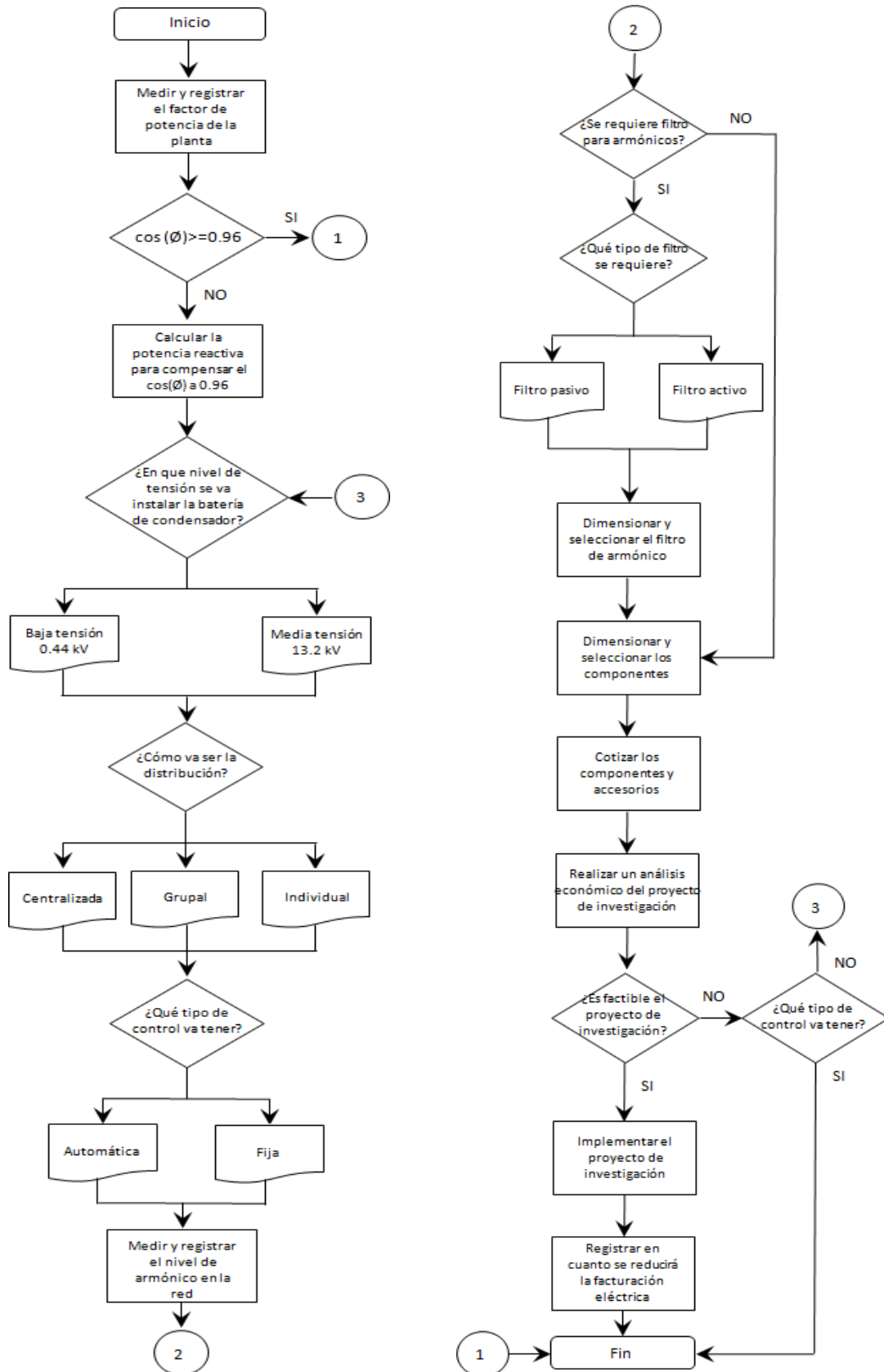
3.2.2 Variable Dependiente:

Potencia reactiva.

Para el desarrollo de la solución del proyecto de investigación de mejora se hizo una investigación aplicada, debido a que se buscaba mecanismos para lograr el objetivo general.

En el siguiente diagrama de flujo se detalla la secuencia del proceso y las diferentes alternativas de solución para cada subproceso.

Figura 23: Diagrama de flujo de metodología propuesta.



3.2.3 Operacionalización de Variables:

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala Medición	Dimensión	Instrumento
<p>Variable Dependiente</p> <p>Potencia reactiva</p>	<p>Es aquella potencia imaginaria, ya que no produce trabajo útil, aparece dentro de una instalación cuando existen bobinas o condensadores y se requiere de esta para poder producir campos magnéticos.</p>	<p>La potencia reactiva es utilizada para crear campos magnéticos en equipos que están conformados por bobinados condensadores esta potencia perjudica bastante en lo que es facturación mensual ya que la empresa nos sanciona por el exceso.</p>	<p>Consumo en kVAr</p>	<p>Razón</p>	<p>Consumo energético kWh, kVArh</p>	<p>Ficha de recolección de datos</p>
<p>Variable Independiente</p> <p>Banco de condensadores</p>	<p>Utilizados en subestaciones de baja y media tensión, donde se compensa la energía reactiva y mejora el factor de potencia, es utilizado mayormente para no pagar conceptos por energía reactiva, asimismo sirve para disminuir caídas de tensión, minimizar pérdidas de energía; entre otras.</p>	<p>Un banco de Condensadores es un equipo que está conformado por condensadores los cuales nos ayudan a corregir el factor de potencias.</p>	<p>Demanda máxima</p> <p>Potencia reactiva</p> <p>Voltaje</p> <p>Corriente máxima</p> <p>Factor de potencia</p> <p>Potencia Aparente</p>	<p>kW</p> <p>kVAr</p> <p>V</p> <p>A</p> <p>cosϕ</p> <p>kVA</p>		

3.3 Población, muestra y muestreo

La población para el trabajo de investigación es igual a la muestra y está dada por las instalaciones eléctricas de la empresa SIMA – Chimbote Astillero y los equipos que se encuentran en ella.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En esta investigación se aplicaron las técnicas de recolección de datos: entrevista, observación, análisis documental. Asimismo, los instrumentos de recolección de datos a utilizar serán:

- Análisis Documental para determinar los estándares de consumo de energía eléctrica.
- Guías de observación para realizar las mediciones de parámetros eléctricos.

3.5 Procedimientos

El procedimiento para la obtención de la información, se hizo con información histórica de consumo de energía eléctrica. Así mismo se hizo la medición correspondiente de dichos motores eléctricos de las principales máquinas del astillero, mediante un protocolo de mediciones previamente establecido, utilizando equipos de medición eléctrica calibrados. Las mediciones se realizaron con el asesoramiento de personal especializado en ahorro energético, así como también por parte de personal autorizado de la empresa industrial Astillero.

3.6 Método de análisis de datos

En este método los datos se van a analizar haciendo uso de ecuaciones matemáticas que vinculan valores de eficiencia, así como también valores de potencia (activa, reactiva y aparente), frecuencia, voltaje, intensidad de corriente, factor de potencia, así como la vinculación con las variables eléctricas, por lo cual es utilizado el Software Microsoft Excel y cálculo numérico para el desarrollo del mismo.

3.7 Aspectos éticos

El presente proyecto de investigación es realizado íntegramente con información real y con la autorización de la empresa industrial objeto de esta investigación, asimismo, el investigador asume el compromiso a respetar la autenticidad de los resultados.

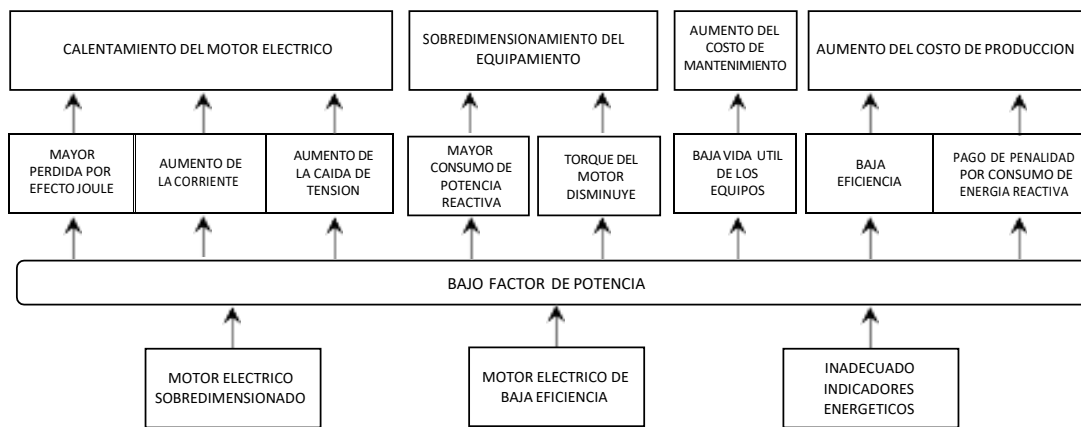
IV. RESULTADOS

4.1 Diagnostico situacional de la empresa

4.1.1 La empresa

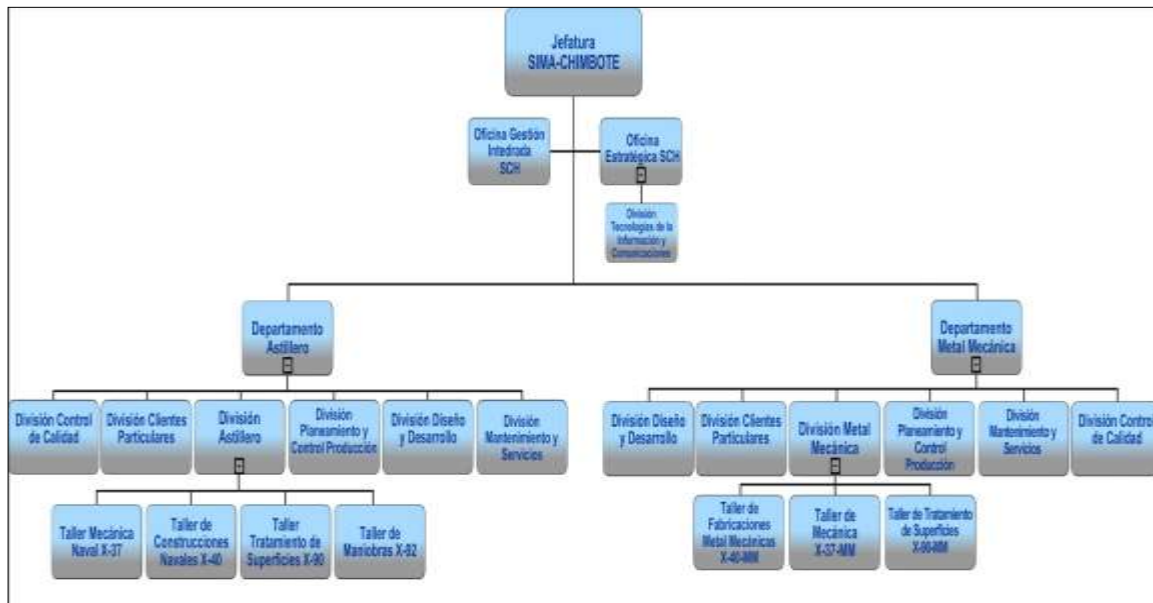
SIMA – Chimbote Astillero actualmente no cuenta con algún sistema de corrección de potencia, y debido a los altos consumos de energía reactiva generados por los motores que cuenta la planta posee un factor de potencia bajo.

Figura 24: Árbol del problema.



4.1.2 Organigrama de la empresa SIMA – Chimbote

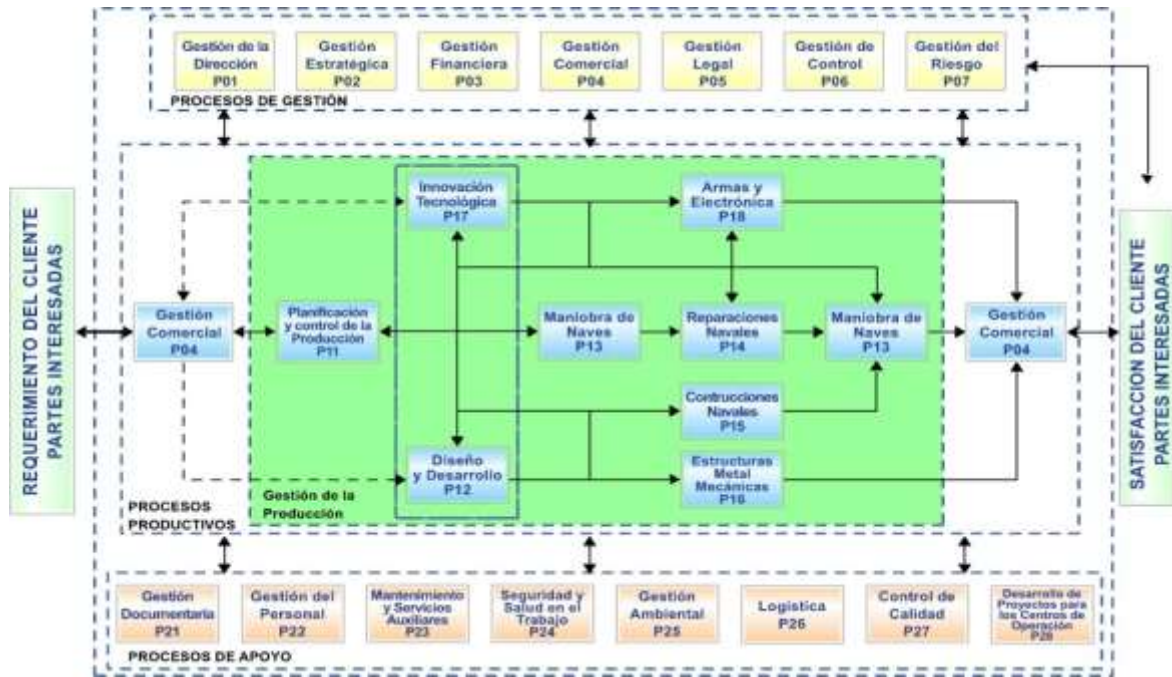
Figura 25: Organigrama de la empresa SIMA - Chimbote.



Fuente: SIMA - Chimbote Astillero.

4.1.3 Diagrama de Procesos de la empresa SIMA – Chimbote

Figura 26: Diagrama de Procesos.



Fuente: SIMA - Chimbote Astillero.

4.1.4 Suministro de Energía Eléctrica

4.1.4.1 Características del suministro:

La tensión de la red trifásica es de 13.2 kV y es suministrada por la empresa distribuidora Hidrandina S.A., los datos del suministro se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4: Datos de suministro N°49530352 - SIMA Chimbote Astillero.

Datos del Suministro			
N° de suministro	49530352	Sist. Eléctrico	SE0119 Chimbote (Sa(ST2))
Ruta	194-1261-10683	Tipo	Trifásica - Aérea (C5.4)
Tarifa	MT3	Medidor	Trifásico Electrónico
Medición	Media Tensión	Modalidad	Potencia Variable
Tensión y SED	13.2/7.62 kV / E-340594	Potencia contratada	1008 kW

Fuente: Adaptado de "Recibo de luz N°S551-26243055", Hidrandina, 2020. (Ver anexo A)

4.1.4.2 Pliego Tarifario

La tarifa eléctrica y el precio, para un usuario de Mercado Regulado se rigen por la norma de opciones tarifarias OSINERMIN – 206-2013-OS/CD, el cual entro en vigor el 1 de noviembre del 2013.

Tabla 5: Precio de Tarifa MT3

Cargo de Facturación	Unidad	Tarifa sin IGV
Cargo Fijo Mensual	S/. /mes	9.93
Cargo por Energía Activa en Punta	S/. /kW.h	0.2518
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	S/. /kW.h	0.2062
Cargo por Potencia Activa de Generación para Usuarios:		
Presentes en Punta	S/. /kW-mes	25.15
Presentes Fuera de Punta	S/. /kW-mes	32.77
Cargo por Potencia Activa de Redes de Distribución para Usuarios:		
Presentes en Punta	S/. /kW-mes	11.4
Presentes Fuera de Punta	S/. /kW-mes	11.37
Cargo por Energía Reactiva que excede el 30% del total de la Energía Activa	S/. /kVA.h	0.0432

Fuente: Adaptado de “Pliego tarifario máximo del servicio público de electricidad”, de OSINERMIN, 04 de febrero, 2020. Recuperado de (OSINERMIN, 2020)

La norma de opciones tarifarias OSINERMIN – 206-2013 – OS/CD, en su artículo N°16 indica lo siguiente con respecto a la facturación por concepto de energía reactiva:

La facturación por energía reactiva se incluirá en las opciones tarifarias BT2, BT3, BT4, MT2, MT3 y MT4 de acuerdo con lo siguiente:

- A.** Consumo de energía reactiva inductiva hasta el 30% de la energía activa total mensual (Sin cargo alguno).
- B.** Consumo de energía reactiva inductiva que exceda el 30% de la energía activa total mensual.

La facturación del exceso de la energía reactiva inductiva es igual al producto de dicho exceso por el costo unitario (expresado en S/. /kVAr.h), según se muestra en las siguientes relaciones:

$$\text{Factura} = \text{kVAr.h en exceso} \times \text{CER}$$

$$\text{CER} = \text{Cargo por energía reactiva, expresado en S/. /kVAr.h}$$

C. Inyección de energía reactiva capacitiva

No está permitida la inyección de energía reactiva capacitiva a la red. En todo caso, la empresa de distribución eléctrica deberá coordinar con el usuario la forma y plazos para corregir esta situación. De no cumplir con la corrección dentro de los plazos acordados entre las partes, la empresa de distribución eléctrica podrá facturar el total del volumen de la energía reactiva capacitiva registrada por el doble de la misma tarifa definida para el costo unitario de la energía reactiva inductiva.

D. Facturación de la energía reactiva

La facturación de energía reactiva deberá realizarse sobre la base de la medición mensual de la misma. (OSINERGMIN, 2016, pág. 24)

4.1.5 Cargas Eléctricas de la empresa SIMA – Chimbote Astillero

Tabla 6: Cuadro de cargas de la Sub Estación N°1

CARGAS ELECTRICAS - SUB ESTACIÓN N° 1						
Ítem	Descripción	Cantidad	Tensión (V)	Potencia Instalada		Potencia Total (kW)
				Hp	kW	
1	Sala de Compresoras N° 2					
1.1	Compresora	2	440	250	186.42	372.85
1.2	Lámparas Fluorescente	8	220	---	0.04	0.29
	Sub -Total					373.14
2	Jefatura División Astillero - Oficina Jefes de Proyecto N°1					
2.1	Computadoras	13	220	---	0.150	1.95
2.2	Impresora	3	220	---	0.012	0.04

2.3	Lámparas fluorescentes	36	220	---	0.036	1.30
2.4	Aire Acondicionado	3	220	---	2.400	7.20
	Sub -Total					10.48
3	División Control de Calidad					
3.1	Computadoras	14	220	---	0.150	2.10
3.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02
3.3	Lámparas fluorescentes	30	220	---	0.036	1.08
3.4	Prensa hidráulica	1	220	1.5	1.119	1.12
3.5	Aire Acondicionado	2	220		2.000	4.00
	Sub -Total					8.32
4	División Mantenimiento y Servicios					
4.1	Computadoras	7	220	---	0.150	1.05
4.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02
4.3	Lámparas fluorescentes	18	220	---	0.036	0.65
4.4	Aire Acondicionado	2	220	---	2.000	4.00
	Sub -Total					5.72
5	Taller Mecánico - Eléctrico					
5.1	Taladro Pedestal	1	220	3.8	2.834	2.83
5.2	Esmeril de banco	1	220	1	0.746	0.75
5.3	Lámparas fluorescentes	18	220	---	0.036	0.65
5.4	Reflectores	8	220	---	0.400	3.20
	Sub -Total					7.43
6	Oficina Seguridad y Salud Ocupacional					
6.1	Computadoras	4	220	---	0.150	0.60
6.2	Impresora	1	220	---	0.012	0.01
6.3	Lámparas fluorescentes	14	220	---	0.036	0.50
6.4	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					1.92
7	Oficina Taller de Tratamiento de Superficies					
7.1	Computadoras	3	220	---	0.150	0.45
7.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02
7.3	Lámparas fluorescentes	8	220	---	0.036	0.29

7.4	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					1.56
8	Oficina Taller de Maniobras					
8.1	Computadoras	2	220	---	0.150	0.30
8.2	Impresora	1	220	---	0.012	0.01
8.3	Lámparas fluorescentes	20	220	---	0.036	0.72
8.4	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					1.83
9	Oficina Protección Planta					
9.1	Computadoras	2	220	---	0.150	0.30
9.2	Impresora	1	220	---	0.012	0.01
9.3	Lámparas fluorescentes	8	220	---	0.036	0.29
	Sub -Total					0.60
10	Triaje					
10.1	Computadoras	1	220	---	0.150	0.15
10.2	Impresora	1	220	---	0.012	0.01
10.3	Lámparas fluorescentes	8	220	---	0.036	0.29
10.4	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					1.25
11	Oficina de Jefes de Proyecto N°2					
11.1	Computadoras	3	220	---	0.150	0.45
11.2	Impresora	1	220	---	0.012	0.01
11.3	Lámparas fluorescentes	10	220	---	0.036	0.36
	Sub -Total					0.82
12	Comedor					
12.1	Horno microondas	1	220	---	2.700	2.70
12.2	Refrigerador	1	220	---	0.350	0.35
12.3	Congelador	1	220	---	0.350	0.35
12.4	Licuada	1	220	---	0.700	0.70
12.5	Computadoras	1	220	---	0.150	0.15
12.6	Impresora	1	220	---	0.012	0.01
12.7	Lámparas fluorescentes	10	220	---	0.036	0.36
	Sub -Total					4.62
13	Sistema Contra incendio					
13.1	Electrobomba	1	440	35	26.100	26.10
	Sub -Total					26.10

14	Agua Potable					
14.1	Electrobomba	1	220	5	3.729	3.73
	Sub -Total					3.73
15	SSHH					
15.1	Lámparas fluorescentes	16	220	---	0.036	0.58
	Sub -Total					0.58
16	Cerco Perimétrico S.E. N°1					
16.1	Reflectores	16	220	---	0.400	6.40
	Sub -Total					6.40
17	Zona de contratistas					
17.1	Lámparas fluorescentes	48	220	---	0.036	1.73
17.2	Computadoras	14	220	---	0.150	2.10
	Sub -Total					3.83
Total						458.34

Tabla 7: Cuadro de cargas de la Sub Estación N°2

CARGAS ELECTRICAS - SUB ESTACIÓN N° 2						
Ítem	Descripción	Cantidad	Tensión (V)	Potencia Instalada		Potencia Total (kW)
				Hp	kW	
1	Taller Mecánica Naval - TX37					
1.1	Sierra Eléctrica	1	220	1.5	1.119	1.12
1.2	Torno 3Ø	3	220	5	3.729	11.19
1.3	Torno 3Ø	4	220	1.5	1.119	4.47
1.4	Torno 3Ø	4	220	10	7.457	29.83
1.5	Torno 3Ø	1	220	14	10.440	10.44
1.6	Torno 3Ø	1	220	22	16.406	16.41
1.7	Torno 3Ø	2	220	30	22.371	44.74
1.8	Torno para Hélices	1	220	8.5	6.339	6.34
1.9	Fresadora	2	220	4	2.983	5.97
1.10	Prensa Hidráulica 100TN	1	220	5	3.729	3.73
1.11	Taladro Radial 3Ø	1	220	3.8	2.834	2.83
1.12	Taladro Radial 3Ø	1	220	4.5	3.356	3.36
1.13	Taladro Radial 3Ø	1	220	18	13.423	13.42
1.14	Cepillo Eléctrico 3Ø	1	220	2	1.491	1.49
1.15	Cepillo Eléctrico 3Ø	3	220	4	2.983	8.95
1.16	Mandrinadora Universal 3Ø	1	220	5.5	4.101	4.10

1.17	Barreno de Codaste Eléctrico 3Ø	2	220	2	1.491	2.98
1.18	Esmeril de Banco	3	220	1	0.746	2.24
1.19	Grúa Puente	2	220	---	4.000	8.00
1.20	Reflectores	26	220	---	0.400	10.40
1.21	Lámparas Fluorescentes	14	220	---	0.036	0.50
1.22	Computadoras	8	220	---	0.150	1.20
1.23	Impresora	1	220	---	0.012	0.01
1.24	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					194.52
2	Taller Construcciones Navales - TX40					
2.1	CNC	1	440	---	90.000	90.00
2.2	Roladora	1	440	150	111.857	111.86
2.3	Cizalla	1	220	50	37.286	37.29
2.4	Torno para Hélices	1	220	8.5	6.339	6.34
2.5	Máquinas de soldar multiproceso 3Ø - 1000	1	220	---	54.000	54.00
2.6	Máquinas de soldar multiproceso 3Ø - 652	5	220	---	34.800	174.00
2.7	Máquinas de soldar multiproceso 3Ø - 350	5	220	---	11.200	56.00
2.8	Máquinas de soldar multiproceso 3Ø - 456	6	220	---	11.500	69.00
2.9	Máquinas de soldar TIG 3Ø - 350	1	220	---	12.400	12.40
2.10	Esmeril de Banco	2	220	1	0.746	1.49
2.11	Grúa Puente	3	220	---	20.000	60.00
2.12	Reflectores	24	220	---	0.400	9.60
2.13	Lámparas Fluorescente	16	220	---	0.036	0.58
2.14	Computadoras	6	220	---	0.150	0.90
2.15	Impresora	1	220	---	0.012	0.01
2.16	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					684.26
3	Sala de Compresoras Nº 1					

3.1	Compresora	1	440	250	186.428	186.43
3.2	Lámparas Fluorescente	6	220	---	0.036	0.22
	Sub -Total					186.64
4	Jefatura SIMA - Chimbote					
4.1	Computadoras	6	220	---	0.150	0.90
4.2	Impresora	4	220	---	0.012	0.05
4.3	Proyector	1	220	---	0.298	0.30
4.4	Lámparas fluorescentes	20	220	---	0.036	0.72
4.5	Despensa	1	220	---	0.750	0.75
4.6	Aire Acondicionado	2	220	---	2.700	5.40
	Sub -Total					8.12
5	Jefatura Departamento de Producción					
5.1	Computadoras	4	220	---	0.150	0.60
5.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02
5.3	Proyector	1	220	---	0.298	0.30
5.4	Lámparas fluorescentes	16	220	---	0.036	0.58
5.5	Despensa	1	220	---	0.750	0.75
5.6	Aire Acondicionado	2	220	---	2.400	4.80
	Sub -Total					7.05
6	División Diseño y Desarrollo Astillero					
6.1	Computadoras	20	220	---	0.150	3.00
6.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02
6.3	Plotter	1	220	---	0.035	0.04
6.4	Lámparas fluorescentes	20	220	---	0.036	0.72
6.5	Aire Acondicionado	1	220	---	1.200	1.20
	Sub -Total					4.98
7	División Planeamiento y Control de Producción					
7.1	Computadoras	10	220	---	0.150	1.50
7.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02
7.3	Lámparas fluorescentes	12	220	---	0.036	0.43
7.4	Aire Acondicionado	1	220	---	1.200	1.20
	Sub -Total					3.16
8	División Clientes Particulares					

8.1	Computadoras	5	220	---	0.150	0.75
8.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02
8.3	Lámparas fluorescentes	10	220	---	0.036	0.36
8.4	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					1.93
9	División Tecnologías de la Información y Comunicaciones					
9.1	Computadoras	10	220	---	0.150	1.50
9.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02
9.3	Lámparas fluorescentes	18	220	---	0.036	0.65
9.4	Servidores	2	220	---	0.150	0.30
9.5	Estabilizadores	4	220	---	4.000	16.00
9.6	Aire Acondicionado	1	220	---	1.200	1.20
	Sub -Total					19.67
10	División Contabilidad					
10.1	Computadoras	7	220	---	0.150	1.05
10.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02
10.3	Lámparas fluorescentes	10	220	---	0.036	0.36
10.4	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					2.23
11	Oficina Financiera					
11.1	Computadoras	3	220	---	0.150	0.45
11.2	Impresora	1	220	---	0.012	0.01
11.3	Lámparas fluorescentes	6	220	---	0.036	0.22
11.4	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					1.48
12	Oficina Logística					
12.1	Computadoras	15	220	---	0.150	2.25
12.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02
12.3	Lámparas fluorescentes	16	220	---	0.036	0.58
12.4	Aire Acondicionado	1	220	---	2.000	2.00
	Sub -Total					4.85
13	Oficina de Personal					
13.1	Computadoras	9	220	---	0.150	1.35
13.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02

13.3	Lámparas fluorescentes	20	220	---	0.036	0.72
13.4	Aire Acondicionado	1	220	---	2.000	2.00
	Sub -Total					4.09
14	Oficina Gestión Integrada					
14.1	Computadoras	5	220	---	0.150	0.75
14.2	Impresora	1	220	---	0.012	0.01
14.3	Lámparas fluorescentes	6	220	---	0.036	0.22
14.4	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					1.78
15	Almacén					
15.1	Computadoras	8	220	---	0.150	1.20
15.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02
15.3	Lámparas fluorescentes	10	220	---	0.036	0.36
15.4	Reflectores	24	220	---	0.400	9.60
15.5	Balanzas	2	220	---	0.015	0.03
15.6	Horno para soldadura	1	220	---	0.500	0.50
15.7	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					12.51
16	Taller y Oficina de Tuberías					
16.1	Computadoras	6	220	---	0.150	0.90
16.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02
16.3	Lámparas fluorescentes	16	220	---	0.036	0.58
16.4	Reflectores	4	220	---	0.400	1.60
16.5	Esmeril de Banco	2	220	0.5	0.373	0.75
16.6	Máquinas de soldar multiproceso 3Ø	4	220	---	11.200	44.80
16.7	Máquinas de corte	2	220		0.800	1.60
	Sub -Total					50.25
17	Tópico					
17.1	Computadoras	1	220	---	0.150	0.15
17.2	Lámparas fluorescentes	6	220	---	0.036	0.22
17.3	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					1.17
18	Caja					
18.1	Computadoras	4	220	---	0.150	0.60
18.2	Impresora	2	220	---	0.012	0.02

18.3	Lámparas fluorescentes	8	220	---	0.036	0.29
18.4	Aire Acondicionado	1	220	---	0.800	0.80
	Sub -Total					1.71
19	Vestuarios y SSHH - Obreros					
19.1	Lámparas fluorescentes	16	220	---	0.036	0.58
	Sub -Total					0.58
20	Vestuarios y SSHH - Empleados					
20.1	Lámparas fluorescentes	10	220	---	0.036	0.36
	Sub -Total					0.36
21	Cerco Perimétrico S.E. N°2					
21.1	Reflectores	20	220	---	0.400	8.00
	Sub -Total					8.00
Total						1199.34

Tabla 8: Cuadro de cargas de la Sub Estación N°3

CARGAS ELECTRICAS - SUB ESTACIÓN N° 3						
Ítem	Descripción	Cantidad	Tensión (V)	Potencia Instalada		Potencia Total (kW)
				Hp	kW	
1	Sistema de Dragado					
1.1	Bomba DOP	1	440	---	200.00	200.00
1.2	Bombas auxiliar N°1	1	440	---	75.00	75.00
1.3	Bombas auxiliar N°2	1	440	---	55.00	55.00
	Sub -Total					330.00
2	Syncrolift					
2.1	Winches Syncrolift 180 TN	8	440	25	18.643	149.14
2.2	Winches Syncrolift 135 TN	6	440	20	14.914	89.49
2.3	Winches Pullpack 600LBS - 1000LBS	4	220	7.5	5.593	22.37
2.4	Winches Pullpack 500LBS - 600LBS	2	220	5	3.729	7.46
2.5	Winches Pullpack	1	220	10	7.457	7.46
	Sub -Total					275.91
3	Caseta de Control Syncrolift					
3.1	Consola de Fuerza	1	220	---	0.600	0.60
3.2	Lámparas fluorescentes	1	220	---	0.036	0.04
						0.64

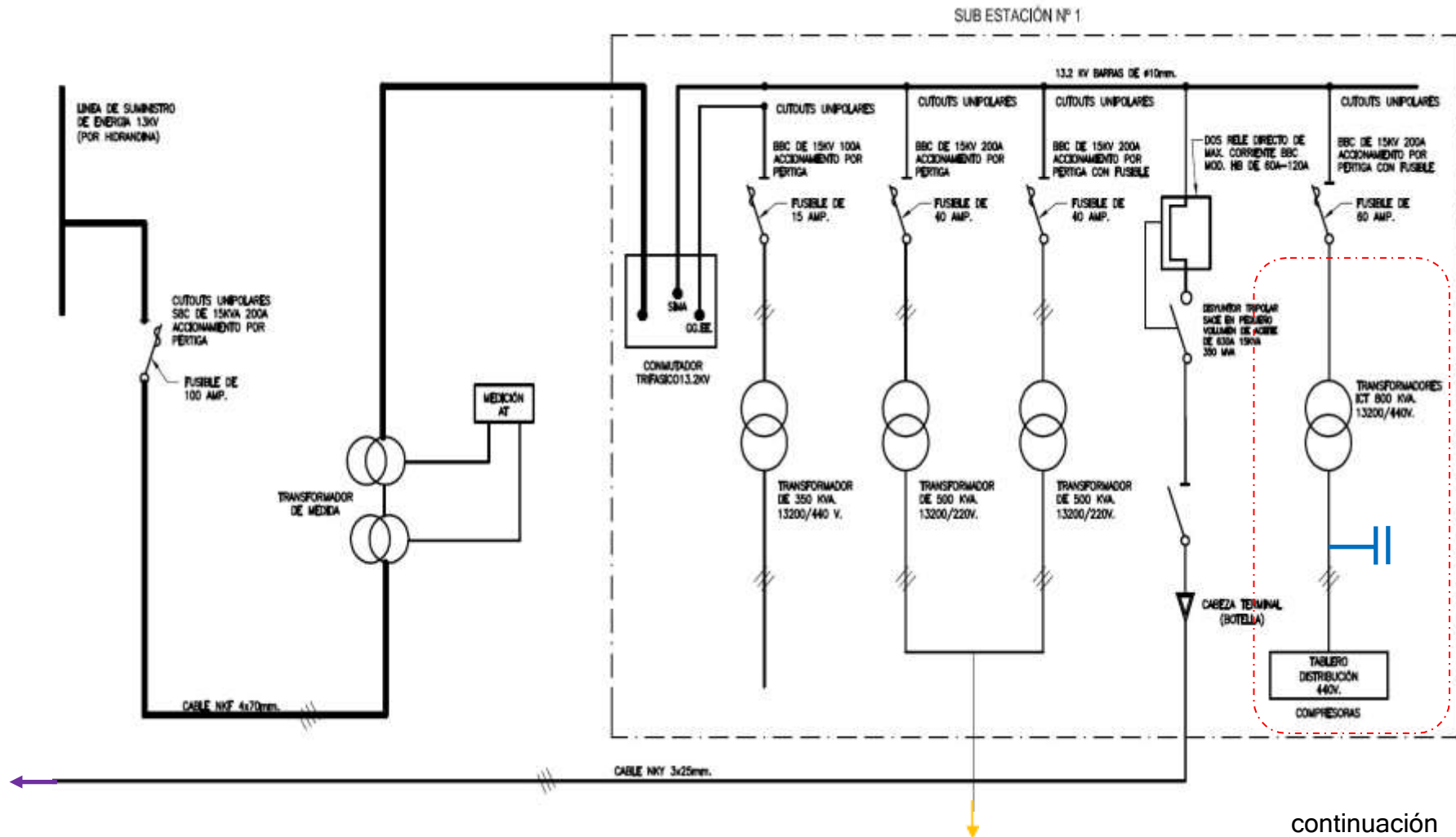
4	Pañol - SSHH					
4.1	Lámparas fluorescentes	8	220	---	0.036	0.29
	Sub -Total					0.29
5	Cerco Perimétrico S.E. N°3					
5.1	Reflectores	14	220	---	0.400	5.60
	Sub -Total					5.60
Total						612.44

Tabla 9: Cuadro de cargas de la planta.

Sub Estación	Carga Instalada (kW)	F. D	M.D (kW)
Sub Estación N° 1	458.34	0.75	343.75
Sub Estación N° 2	1199.34	0.50	599.67
Sub Estación N° 3	612.44	0.60	367.46
Total			1310.88
Factor de Simultaneidad			0.72
Máxima Demanda Final			937.44

4.1.6 Diagrama Unifilar SIMA – Chimbote Astillero

Figura 27: Diagrama unifilar Sub Estación N°1.



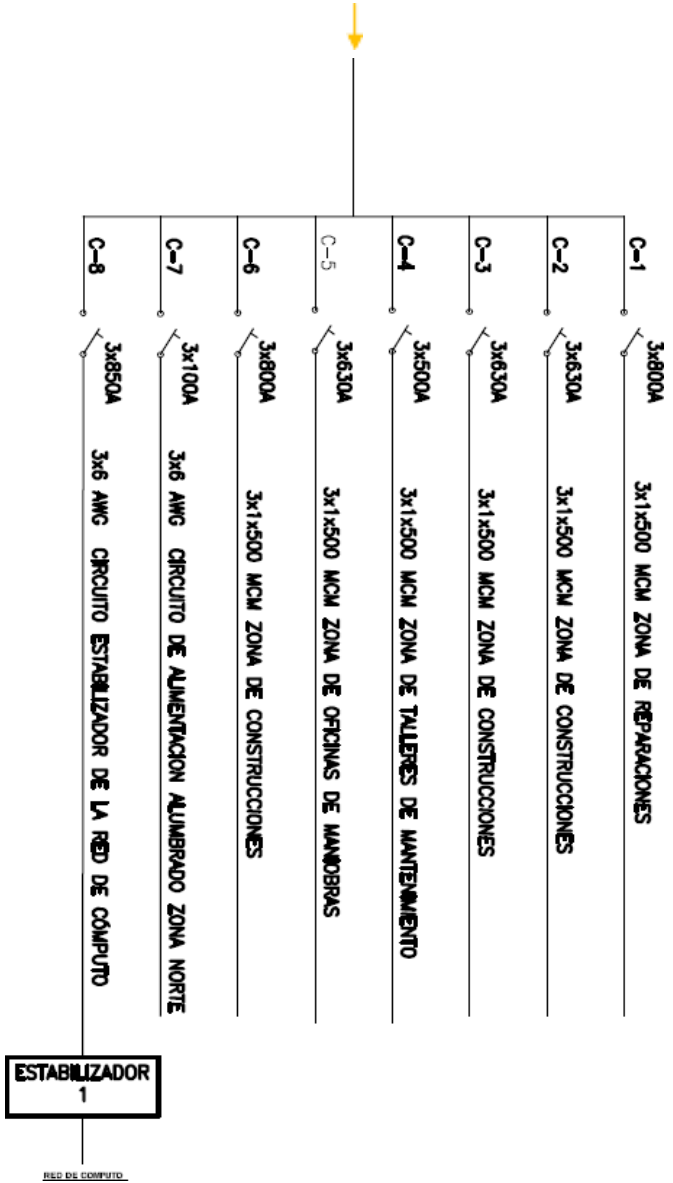


Figura 28: Diagrama unifilar Sub Estación N°2.

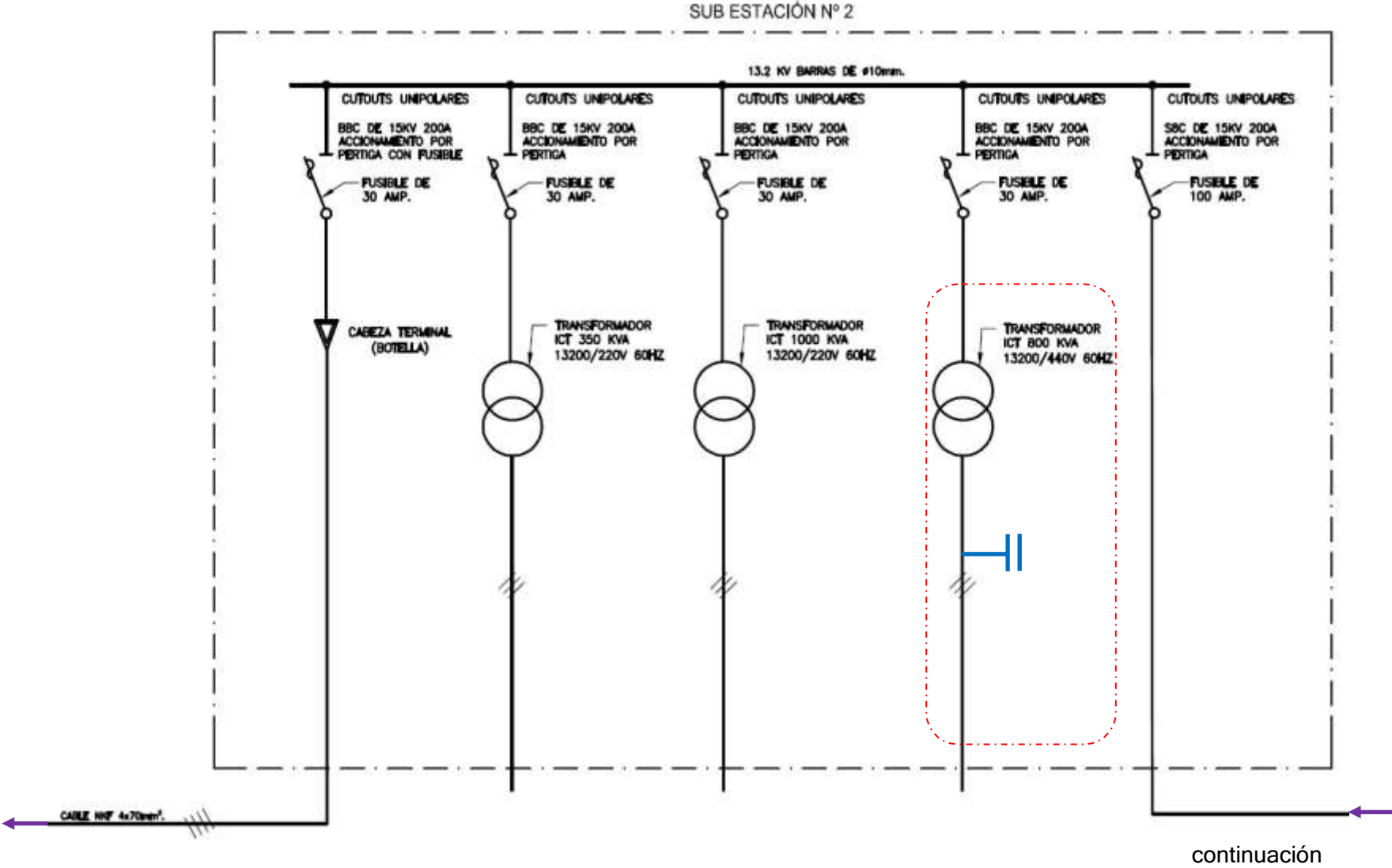
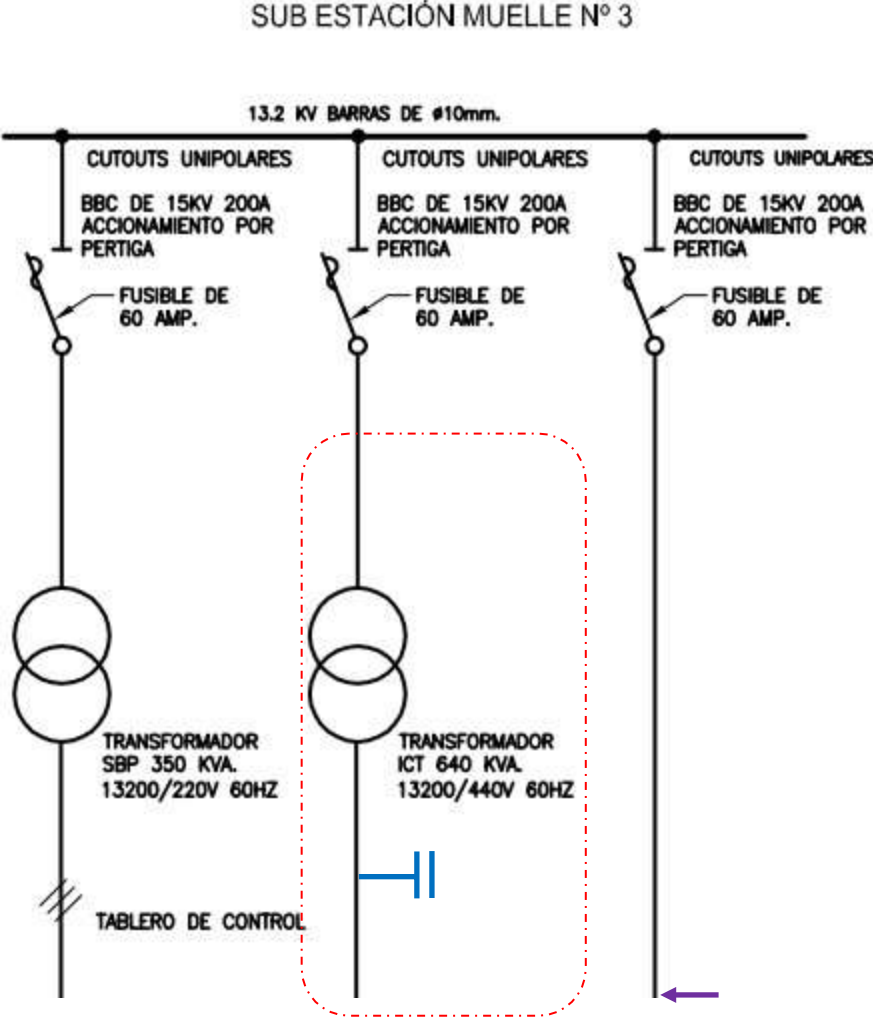


Figura 29: Diagrama unifilar Sub Estación N°3.



4.1.7 Facturación eléctrica

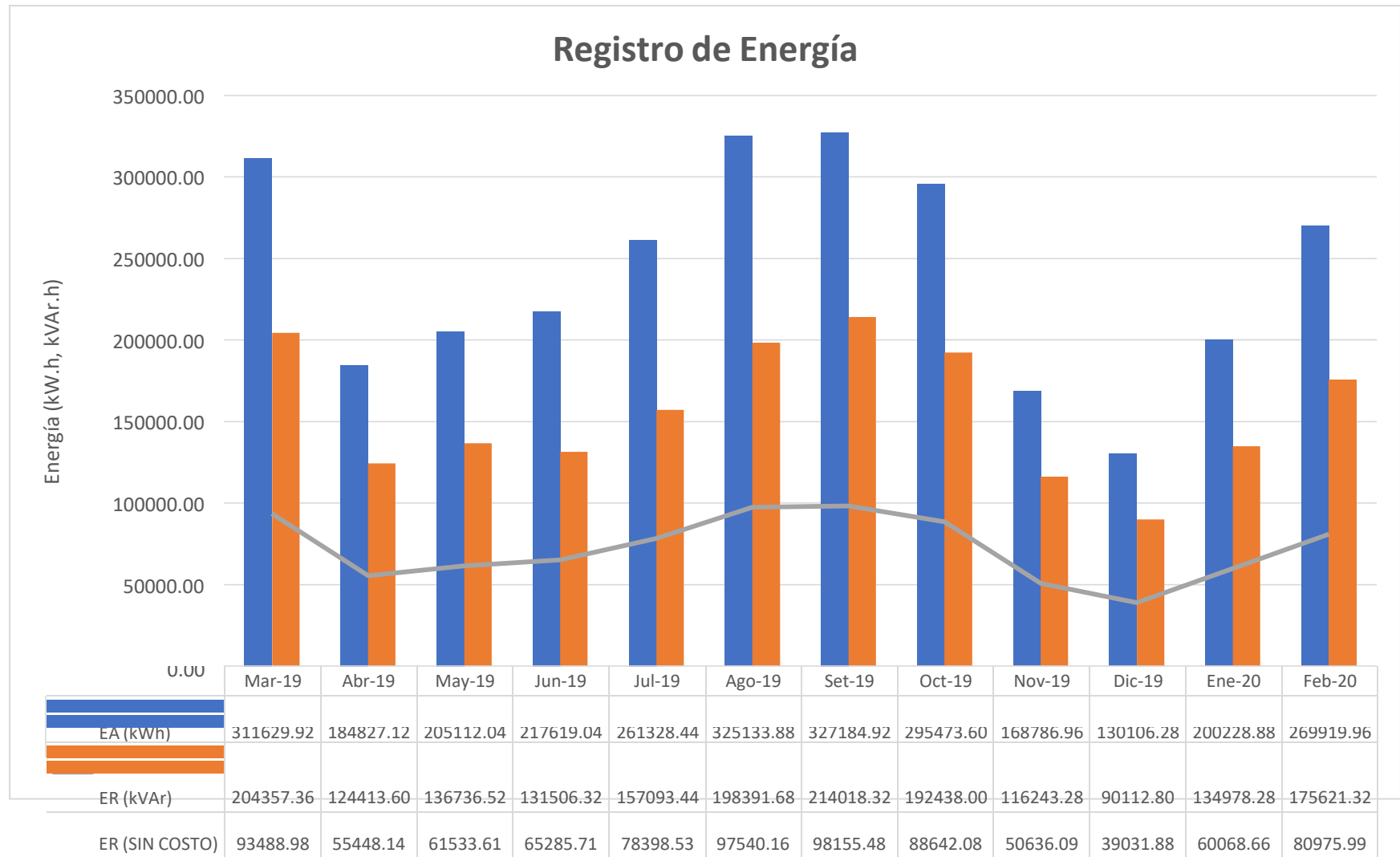
Las facturas eléctricas emitidas por la empresa distribuidora Hidrandina S.A. nos muestra un historial de consumo de potencia y energía en HFP y HP. En la siguiente tabla se muestra el historial de la facturación eléctrica de un periodo de 12 meses.

Tabla 10: Resumen anual de facturación.

Mes	Energía Activa			Máxima Demanda		Energía Reactiva		Importe (S/.)	Facturación Eléctrica Gasto total (Con IGV) S/.
	HP	HFP	Total	HP	HFP	Registrado	Facturado		
	(kW.h)	(kW.h)	(kW.h)	(kW)	(kW)	(kVAr.h)	(kVAr.h)		
Mar-19	55478.16	256151.76	311629.92	883.08	860.04	204357.36	110868.38	4756.25	126937.80
Abr-19	25225.56	159601.56	184827.12	439.20	597.24	124413.60	68965.46	2951.72	83241.40
May-19	33597.72	171514.32	205112.04	707.40	663.12	136736.52	75202.91	3218.68	94514.30
Jun-19	32685.72	184933.32	217619.04	823.32	853.20	131506.32	66220.61	2834.24	101498.70
Jul-19	47888.88	213439.56	261328.44	886.32	891.36	157093.44	78694.91	3368.14	111014.40
Ago-19	59618.16	265515.72	325133.88	871.92	897.12	198391.68	100851.52	4316.44	157298.10
Set-19	60400.92	266784.00	327184.92	874.44	852.84	214018.32	115862.84	5086.38	157162.70
Oct-19	52294.08	243179.52	295473.60	915.12	886.68	192438.00	103795.92	4546.26	125019.40
Nov-19	25361.40	143425.56	168786.96	609.12	642.24	116243.28	65607.19	2834.23	86123.90
Dic-19	16326.00	113780.28	130106.28	554.04	522.00	90112.80	51080.92	2206.70	71856.30
Ene-20	31243.32	168985.56	200228.88	696.60	766.08	134978.28	74909.62	3236.10	101082.00
Feb-20	48146.64	221773.32	269919.96	897.48	891.36	175621.32	94645.33	4088.68	124755.50
Total			2897351.04			1875910.92	1006705.61	43443.84	1340504.50

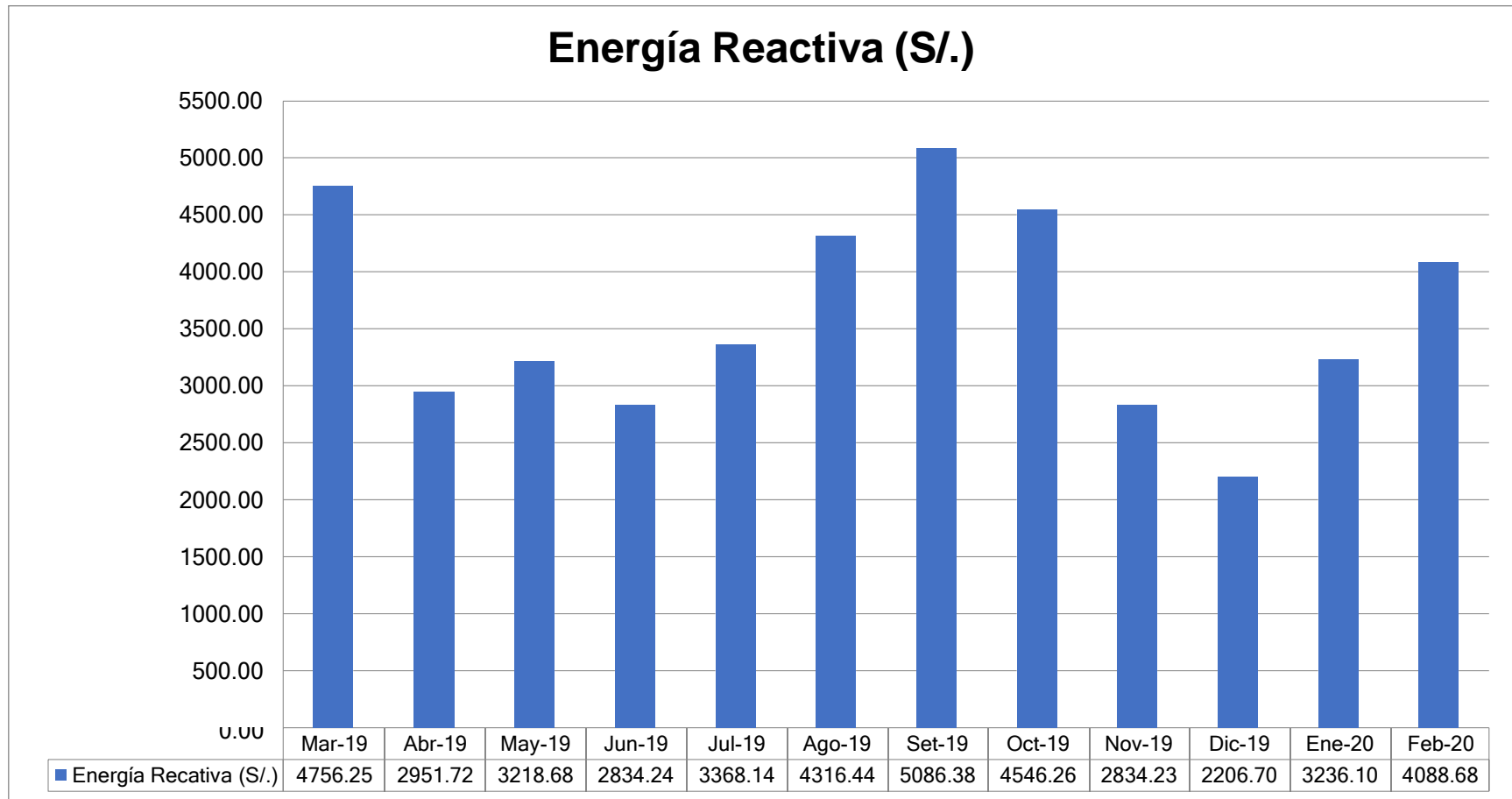
Nota. Para mayor detalle del recibo de luz. (Ver anexo A).

Figura 30: Registro de energía activa reactiva.



Nota. Del grafico se observa que el consumo de energía reactiva sobrepasa el límite del 30 % de la energía activa total.

Figura 31: Importe por consumo de energía reactiva.



Nota. El exceso de consumo de energía reactiva conlleva a pagar una penalidad, el cual tiene un costo de 0.0432 (S/. kVAr.h). Este importe se refleja en la facturación eléctrica de cada mes y en los 12 meses analizados el costo fue de S/. 43,443.84 con un promedio mensual de S/ 3,620.32.

4.2 Diseño del banco de condensadores

4.2.1 Factor de potencia de la planta industrial

Existen varios métodos para determinar el factor de potencia de la planta.

- Un método consiste en ver la placa de característica del motor, donde aparece el factor de potencia, pero esto tiene un problema porque el $\cos\phi$ varía en función de la carga (tabla 2) motivo por lo cual, no es un método muy fiable.
- Otro método consiste en utilizar un analizador de carga para registrar los parámetros eléctricos y ver como fluctúa el factor de potencia en determinadas horas.
- Además, también se puede determinar mediante la facturación eléctrica, ya que en el recibo viene registrado el consumo de energía activa y reactiva, aunque no es un método muy preciso, pero da un estimado.

En esta ocasión se va a determinar el factor de potencia de la planta mediante el registro de la facturación eléctrica, usando la Tabla 10 y un analizador de cargas.

4.2.2 Cálculo del factor de potencia inicial de cada mes

Mes de marzo del 2019

Energía Activa Total (EA): EA = 311629.92 kWh

Energía Reactiva Total (ER): ER = 204357.36 kVARh

$$\tan \phi_{\text{inicial}} = \frac{ER}{EA} = \frac{204357.36}{311629.92} = 0.6558$$

$$\phi_{\text{inicial}} = \tan^{-1} 0.6558 = 33.26^\circ$$

$$FP_{\text{inicial}} = \cos 33.26^\circ = 0.8362$$

Siguiendo el mismo procedimiento se determinó el factor de potencia de los meses restantes, los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 11: Factor de potencial mensual.

Mes	EA (kWh)	ER (kVAr.h)	tg(ϕ 1)	ϕ 1	cos(ϕ 1)
Mar-19	311629.92	204357.36	0.6558	33.26	0.8362
Abr-19	184827.12	124413.60	0.6731	33.95	0.8296
May-19	205112.04	136736.52	0.6666	33.69	0.8321
Jun-19	217619.04	131506.32	0.6043	31.14	0.8559
Jul-19	261328.44	157093.44	0.6011	31.01	0.8571
Ago-19	325133.88	198391.68	0.6102	31.39	0.8536
Set-19	327184.92	214018.32	0.6541	33.19	0.8369
Oct-19	295473.60	192438.00	0.6513	33.08	0.8380
Nov-19	168786.96	116243.28	0.6887	34.56	0.8236
Dic-19	130106.28	90112.80	0.6926	34.71	0.8221
Ene-20	200228.88	134978.28	0.6741	33.98	0.8292
Feb-20	269919.96	175621.32	0.6506	33.05	0.8382

Nota. El factor de potencia mínimo fue de 0.8221 y el máximo de 0.8571.

Elaboración propia.

4.2.3 Cálculo de las horas laboradas al mes

En la empresa se trabaja entre dos hasta tres turnos por día.

Tabla 12: Registro de horas trabajadas.

Mes	Días	Domingo	Feriados	Días Laborables	Horas/día	Hora/mes
Mar-19	31	5	0	26	14	364
Abr-19	30	4	2	24	14	336
May-19	31	4	1	26	12	312
Jun-19	30	5	1	24	11	264
Jul-19	31	4	1	26	12	312
Ago-19	31	4	2	25	15	375
Set-19	30	5	0	25	15	375
Oct-19	31	4	2	25	13	325
Nov-19	30	4	1	25	11	275
Dic-19	31	5	1	25	10	250
Ene-20	31	4	1	26	11	286
Feb-20	29	4	0	25	13	325

Nota. Elaboración propia.

4.2.4 Cálculo de la potencia activa de cada mes

La fórmula para determinar la potencia activa promedio de cada mes es:

$$P(\text{kW}) = \frac{EA(\text{kWh})}{h}$$

Tabla 13: Potencia activa promedio al mes.

Mes	EA (kWh)	Hora/mes	P (kW)
Mar-19	311629.92	364	856.126
Abr-19	184827.12	336	550.081
May-19	205112.04	312	657.410
Jun-19	217619.04	264	824.315
Jul-19	261328.44	312	837.591
Ago-19	325133.88	375	867.024
Set-19	327184.92	375	872.493
Oct-19	295473.60	325	909.150
Nov-19	168786.96	275	613.771
Dic-19	130106.28	250	520.425
Ene-20	200228.88	286	700.101
Feb-20	269919.96	325	830.523

Nota. La potencia mínima es de 520.425 kW, la media de 753.251 kW y la máxima de 909.150 kW. Elaboración propia.

4.2.5 Cálculo del factor de potencia promedio

La fórmula para determinar el factor de potencia promedio es:

$$FP_{\text{promedio}} = \frac{\sum_i^n P(\text{kW}) * FP_i}{\sum_i^n P(\text{kW})}$$

Resolviendo la ecuación se obtiene:

$$FP_{\text{promedio}} = \frac{7584.702}{9039.009} = 0.8391$$

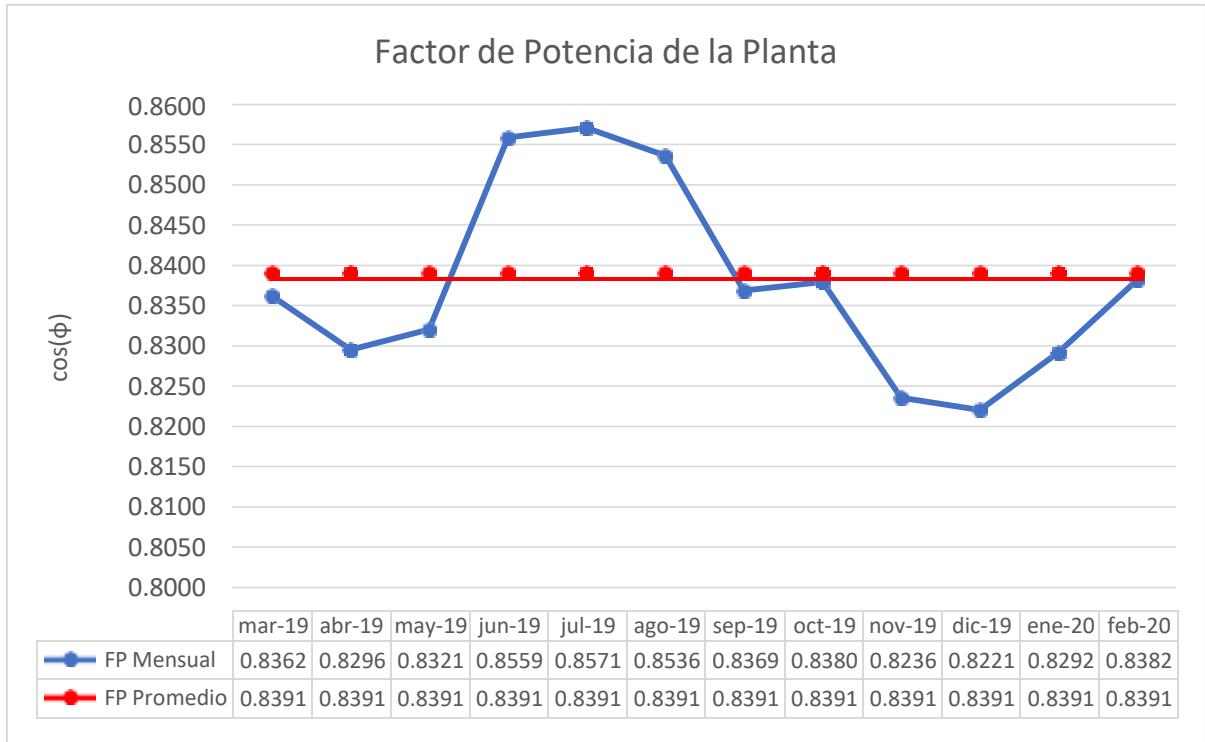
Nota. Valores obtenidos de la Tabla 14.

Tabla 14: Factor de potencia promedio.

Mes	P (kW)	cos(ϕ 1)	P*cos(ϕ 1)
Mar-19	856.126	0.8362	715.920
Abr-19	550.081	0.8296	456.328
May-19	657.410	0.8321	547.004
Jun-19	824.315	0.8559	705.503
Jul-19	837.591	0.8571	717.869
Ago-19	867.024	0.8536	740.121
Set-19	872.493	0.8369	730.159
Oct-19	909.150	0.8380	761.822
Nov-19	613.771	0.8236	505.490
Dic-19	520.425	0.8221	427.829
Ene-20	700.101	0.8292	580.515
Feb-20	830.523	0.8382	696.142
Total	9039.009	---	7584.702

Nota. Hoja de resumen para determinar el factor de potencia promedio.
Elaboración propia.

Figura 32: Factor de potencia promedio.



Nota. La diferencia entre el factor de potencia promedio y el mínimo es 0.0170 y entre el valor máximo es 0.0180. Elaboración propia.

4.2.6 Cálculo de la potencia reactiva

El consumo de energía reactiva inductiva de la planta no debe exceder el 30 % de la energía activa total mensual, para que no sea facturado.

4.2.7 Cálculo del factor de potencia final

$$ER_{\text{facturada}} = ER_{\text{leída}} - (0.3 * \text{Energía Activa Total})$$

$$0 = ER_{\text{leída}} - (0.3 * \text{Energía Activa Total})$$

$$\frac{ER_{\text{leída}}}{\text{Energía Activa Total}} = \frac{0.3}{1} \rightarrow \tan \varphi_{\text{final}} = 0.3$$

Luego el Factor de Potencia meta es de:

$$FP_{\text{final}} = \cos(\tan^{-1}(\frac{ER_{\text{leída}}}{\text{Energía Activa Total}})) = \cos(\tan^{-1}(0.3))$$

$$FP_{\text{final}} = \cos \varphi_{\text{final}} = 0.9578$$

4.2.8 Cálculo de la potencia de la batería de condensadores

Para determinar la potencia que debe tener la batería de condensadores, utilizamos la ecuación:

$$Q_c = \frac{EA}{t} * (\tan \varphi_{\text{inicial}} - \tan \varphi_{\text{final}})$$

Resolviendo la ecuación para el mes de marzo del 2019, se obtiene como resultado

$$Q_c = \frac{311629.92}{364} * (0.6558 - 0.3) = 304.583 \text{ kVAr}$$

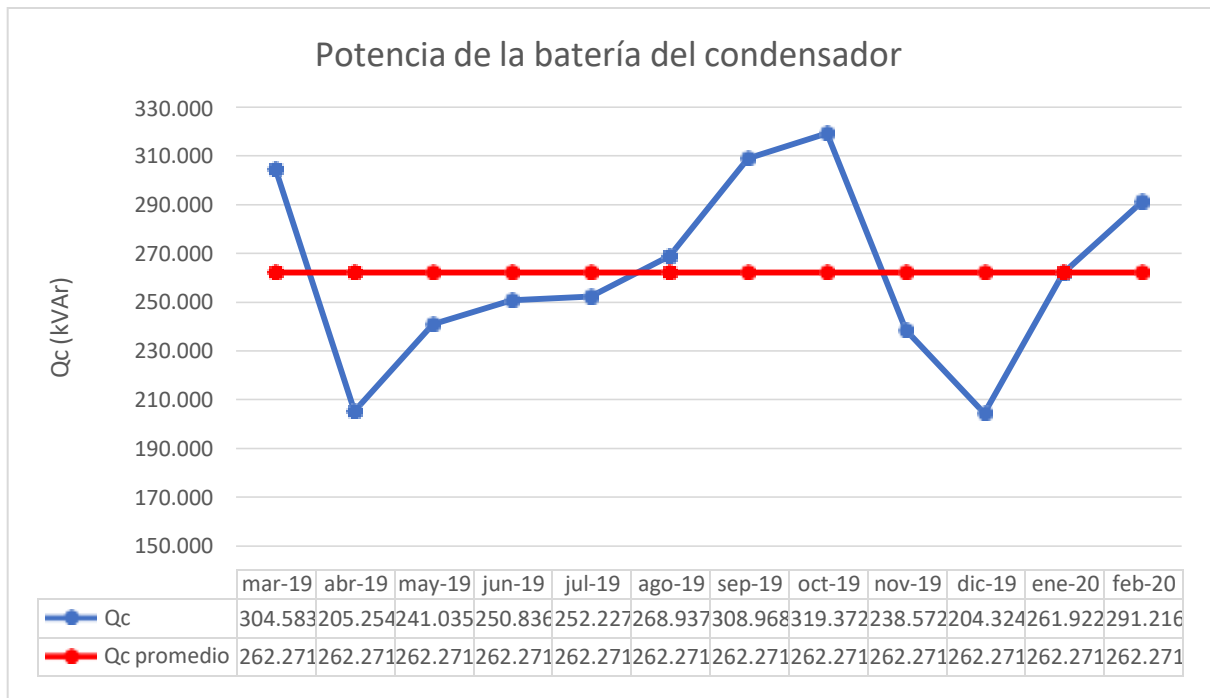
Siguiendo el mismo procedimiento se determinó la potencia de la batería de condensador de los meses restantes, los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 15: Potencia de la batería de condensador.

Mes	EA (kWh)	Hora/mes	$\tan(\varphi_{\text{inicial}})$	$\tan(\varphi_{\text{final}})$	Qc (kVAr)
Mar-19	311629.92	364	0.6558	0.3	304.583
Abr-19	184827.12	336	0.6731	0.3	205.254
May-19	205112.04	312	0.6666	0.3	241.035
Jun-19	217619.04	264	0.6043	0.3	250.836
Jul-19	261328.44	312	0.6011	0.3	252.227
Ago-19	325133.88	375	0.6102	0.3	268.937
Set-19	327184.92	375	0.6541	0.3	308.968
Oct-19	295473.60	325	0.6513	0.3	319.372
Nov-19	168786.96	275	0.6887	0.3	238.572
Dic-19	130106.28	250	0.6926	0.3	204.324
Ene-20	200228.88	286	0.6741	0.3	261.922
Feb-20	269919.96	325	0.6506	0.3	291.216
Promedio	---	---	---	---	262.271

Nota. La potencia de la batería de condensador mínima es de 204.324 kVAr y la máxima de 319.372 kVAr. Elaboración propia.

Figura 33: Potencia de la batería de condensador.



Nota. La diferencia entre Qc (promedio) y Qc (mínimo) es de 57.947 kVAr (22.09%) y con respecto a Qc (máximo) es de 57.102 kVAr (21.77%). Elaboración propia.

La potencia del banco de condensador a diseñar sería:

$$Q_C = 1.3 * Q_{C_{\text{promedio}}} = 1.3 * 262.271 = 304.952 \text{ kVAr} \cong 325 \text{ kVAr}$$

Se sobredimensiona la capacidad para un aumento de cargas futuras.

4.2.9 Cálculo del grado de polución de armónicos

Para determinar el grado de contaminación de armónicos en la red es conveniente efectuar una monitorización y registro de cargas generadoras de armónicos, pero cuando no se dispone del registro, puede realizarse una primera evaluación de riesgo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Grado de polución} = \frac{S_H}{S_T}$$

S_H (kVA): es la potencia total de todas las cargas generadoras de armónicos en la red (cargas no lineales).

S_T (kVA): es la potencia nominal del transformador.

En función al grado de polución, las marcas de condensadores Legrand, Lifasa y Schneider Electric, recomiendan el tipo de condensador y los equipos a emplear para mitigar los armónicos.

Tabla 16: Grado de polución de armónicos de la marca Legrand.

Grado de polución	Equipo por emplear
$G.P \leq 15\%$	Batería de condensador tipo estándar
$15\% < G.P \leq 25\%$	Batería de condensador tipo H (reforzada)
$25\% < G.P \leq 35\%$	Batería de condensador tipo SAH con inductancia antiarmónicos
$35\% < G.P \leq 50\%$	Batería de condensador tipo SAH con inductancia antiarmónicos (reforzada)
$G.P > 50\%$	Batería de condensador tipo FH (filtros sintonizados)

Fuente: Adaptado de “Compensación de energía reactiva y monitoreo de la calidad de potencia”, Legrand. 13 de mayo, 2020. Recuperado de (Legrand, 2020).

Tabla 17: Grado de polución de armónicos de la marca Lifasa.

Grado de polución	Equipo por emplear
$G.P \leq 10\%$	Batería de condensador tipo estándar.
$10\% < G.P \leq 25\%$	Batería de condensador especiales reforzados, sobredimensionados. Filtro de rechazo: reactancia de sintonización más condensador.
$25\% < G.P \leq 65\%$	Filtro de rechazo: reactancia más condensador especial.
$G.P > 65\%$	Filtros activos.

Fuente: Adaptado de “Condensadores de potencia y armónicos”, Lifasa. 12 de agosto, 2020. Recuperado de (Lifasa, 2020).

Tabla 18: Grado de polución de armónicos de la marca Schneider Electric.

Grado de polución	Equipo por emplear
$G.P < 15\%$	Equipos estándar.
$15\% \leq G.P \leq 50\%$	Equipos SAH.
$G.P > 50\%$	Filtros activos o pasivos.

Fuente: Adaptado de “Compensación de energía reactiva y filtrado de armónico”, Schneider Electric. 12 agosto, 2020. Recuperado de (Schneider Electric, 2020)

Como se observa en las tablas 16, 17 y 18, cada fabricante tiene un rango según el grado de polución para seleccionar el tipo de batería de condensador y el equipamiento.

La planta Industrial cuenta con tres sub estaciones y cada sub estación emplean transformadores de 13200/440 de 800 kVA (Para la sub estación N°1 y N°2) y 640 kVA (Para la sub estación N°3).

El grado de polución para la sub estación N°1 es:

$$\text{Grado de polución} = \frac{S_H}{S_T} = \frac{31.07}{800} = 3.88 \%$$

Siguiendo el mismo procedimiento se determinó el grado de polución de los dos sub estaciones restantes, los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 19: Grado de polución de las Sub Estaciones.

Sub - Estación	Transformador			Potencias		G.P
	N°	Tensión (kV)	kVA	P(kW)	S(kVA)	
SE - 1	1	13.2/0.44	800	26.10	31.07	3.88%
SE - 2	2	13.2/0.44	800	111.86	133.16	16.65%
SE - 3	3	13.2/0.44	640	55.00	65.48	10.23%

En conclusión: como el grado de polución para la 3 sub estaciones se encuentra entre 3.88% y 16.65%, según las tablas 16, 17 y 18 se recomienda utilizar batería de condensadores del tipo estándar y/o reforzada. Razón por la cual para este proyecto no se requiere realizar un estudio de armónicos.

4.2.10 Evaluación del tipo de compensación, selección del nivel de tensión

En la empresa SIMA – Chimbote Astillero existen 3 niveles de tensión donde se puede instalar el banco de condensadores, tanto en 13.2 kV, 440 V y 220 V. Para determinar en qué nivel de tensión se debe instalar la batería de condensadores de 325 kVAr, se va evaluar los aspectos técnicos y económicos.

A. Aspecto técnico

Según el comportamiento de la carga. Circutor (2012) afirma: Consumos de potencia reactiva muy variables o inferiores a 1000 kVAr aproximadamente, es mejor plantear la compensación de reactiva en BT. Para consumos estables con pocas variaciones de consumo, uno o dos niveles de consumo de potencia reactiva, o superiores a 1000 kVAr, puede estudiarse la posibilidad de compensar en MT. (p.18)

B. Aspecto económico

Circutor (2012) afirma: Desde el punto de vista económico, el coste de condensadores en kVAr/€ es más bajo en MT que en BT. Para potencias superiores a los 1000 kVAr, la diferencia es superior a 1,7 veces entre condensadores de MT o BT (p.18)

En conclusión: debido a que la potencia de la batería de condensadores de la planta a implementarse es de 325 kVAr, se selecciona una compensación en BT porque no cumple los criterios para realizar una evaluación en MT y a la vez, se obtienen mayores beneficios técnicos y económicos. La planta cuenta con tres Sub Estaciones, siendo las cargas más representativas conectadas en 440V, por lo tanto, el estudio de implementación de banco de condensadores se realizará a cada Sub Estación de forma independiente, contribuyendo de esta forma a corregir el factor de potencia de toda la planta.

4.2.11 Selección del tipo de control

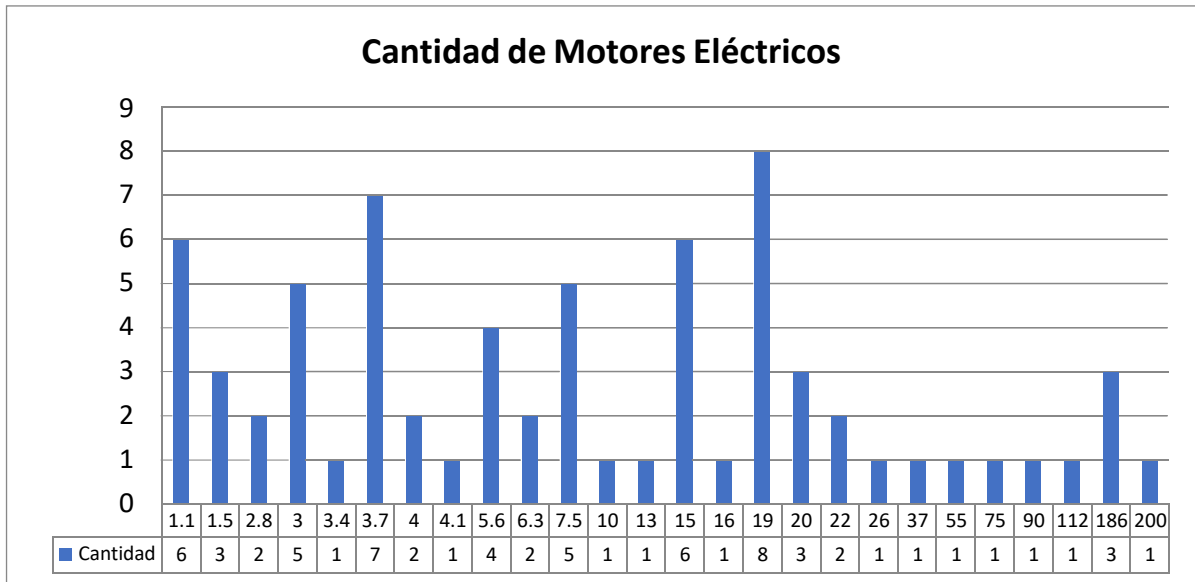
Como se observa en la figura 33, la potencia reactiva a compensar es variable y las variaciones van desde -57.947 kVAr (22.09 %) hasta 57.102 kVAr (21.77 %) con respecto a Q_c (promedio) que es 262.271 kVAr. Por lo tanto, una compensación tipo fija no sería factible.

Por consiguiente, se tendría que usar un regulador automático que regule la entrega de potencia reactiva capacitiva, en función de la potencia reactiva requerida por la planta.

4.2.12 Selección del tipo de distribución

La distribución de la batería de condensadores puede ser de tres tipos; individual, sectorizado y central. Para determinar cuál es el tipo de distribución más adecuado se hizo una evaluación del cuadro de carga, los datos se muestran a continuación.

Figura 34: Cantidad de motores eléctricos según potencia activa.



Nota. Los valores de los motores eléctricos fluctúan entre un mínimo de 1.1 kW, una media de 36 kW y un máximo de 200 kW. Los valores fueron extraídos del cuadro de carga de las tablas N°6, 7 y 8.

De acuerdo al punto 4.2.10 de la evaluación del tipo de compensación, la selección del nivel de tensión será en baja tensión específicamente en 440V, en tal sentido se presentan los valores obtenidos de potencia activa total (P), potencia reactiva total (Q) y $\cos\phi$ correspondientes al día 11 de febrero del 2020, los cuales se realizaron con un equipo de analizador de redes en el tablero de distribución de la Sub Estación N°1, cabe indicar que los circuitos conectados corresponden a dos compresoras y una electrobomba para contra incendio. En la siguiente tabla se detallan los respectivos consumos de potencia.

Tabla 20: Valores totales obtenidos por el analizador de carga de Potencia Activa (P), Potencia Reactiva (Q) y factor de potencia ($\cos\phi$).

Día - Hora	PTOT (kW)	QTOT (kVAr)	$\cos\phi$ TOTAL
11/02/2020 07:30	370.55	206.42	0.87
11/02/2020 07:45	371.56	206.74	0.87
11/02/2020 08:00	371.52	206.98	0.87
11/02/2020 08:15	370.63	206.48	0.87

11/02/2020 08:30	372.42	206.74	0.87
11/02/2020 08:45	371.36	206.57	0.87
11/02/2020 09:00	371.22	206.07	0.87
11/02/2020 09:15	372.55	207.06	0.87
11/02/2020 09:30	372.74	205.87	0.88
11/02/2020 09:45	371.52	205.63	0.87
11/02/2020 10:00	371.98	205.26	0.88
11/02/2020 10:15	371.88	205.63	0.88
11/02/2020 10:30	371.67	206.35	0.87
11/02/2020 10:45	371.74	206.44	0.87
11/02/2020 11:00	371.80	206.78	0.87
11/02/2020 11:15	398.45	206.85	0.89
11/02/2020 11:30	398.59	205.78	0.89
11/02/2020 11:45	398.87	205.36	0.89
11/02/2020 12:00	398.44	205.26	0.89
11/02/2020 12:15	372.36	205.48	0.88
11/02/2020 12:30	372.65	206.58	0.87
11/02/2020 12:45	25.12	13.45	0.88
11/02/2020 13:00	24.63	13.57	0.88
11/02/2020 13:15	25.36	13.88	0.88
11/02/2020 13:30	25.72	13.66	0.88
11/02/2020 13:45	185.47	101.26	0.88
11/02/2020 14:00	186.25	101.33	0.88
11/02/2020 14:15	186.40	101.39	0.88
11/02/2020 14:30	186.77	101.08	0.88
11/02/2020 14:45	186.25	101.45	0.88
11/02/2020 15:00	186.35	101.82	0.88
11/02/2020 15:15	186.66	101.39	0.88
11/02/2020 15:30	186.45	101.78	0.88
11/02/2020 15:45	186.66	101.54	0.88
11/02/2020 16:00	186.42	101.36	0.88
11/02/2020 16:15	186.22	101.89	0.88
11/02/2020 16:30	186.36	101.81	0.88
11/02/2020 16:45	186.33	101.74	0.88
11/02/2020 17:00	186.17	101.77	0.88

Fuente: Elaboración propia, Herramienta usada Analizador de Redes

Los datos a utilizar para obtener la potencia reactiva en las Sub Estación N°1 son: la potencia activa, el $\cos\emptyset$ inicial (tomado por el analizador de carga), el ángulo \emptyset inicial y el ángulo \emptyset final ($\cos\emptyset$ final deseado 0,99 debido que para el cálculo se necesitará el ángulo \emptyset este es igual a 0,16 expresado en radianes).

En la siguiente tabla se muestran los valores calculados de potencia reactiva (Q_c) necesarios para corregir el factor de potencia los mismos que fueron tomados del periodo de tiempo de 7:30 am del 11 de febrero hasta las 7:30 am del 12 de febrero del 2020 para asegurar un factor de potencia que se acerque lo más posible a 0,99.

Tabla 21: Potencia del banco de condensador de la Sub Estación N°1.

Día - Hora	P_{TOTAL} (Kw)	$\cos\emptyset_{TOTAL}$	$\emptyset_{inicial}$	\emptyset_{final}	Q_c (kVAR) = $P(\tan\emptyset_1 - \tan\emptyset_2)$
11/02/2020 07:30	370.55	0.87	0.51	0.14	153.62
11/02/2020 08:30	372.42	0.87	0.51	0.14	153.67
11/02/2020 09:30	372.74	0.88	0.50	0.14	152.76
11/02/2020 10:30	371.67	0.87	0.51	0.14	153.39
11/02/2020 11:30	398.59	0.88	0.50	0.14	159.35
11/02/2020 12:30	372.65	0.87	0.51	0.14	153.48
11/02/2020 13:30	25.72	0.88	0.49	0.14	10.00
11/02/2020 14:30	186.77	0.88	0.50	0.14	74.47
11/02/2020 15:30	186.45	0.88	0.50	0.14	75.21
11/02/2020 16:30	186.36	0.88	0.50	0.14	75.26
11/02/2020 17:30	186.32	0.88	0.50	0.14	75.33
11/02/2020 18:30	186.02	0.88	0.49	0.14	73.75
11/02/2020 19:30	186.44	0.88	0.49	0.14	73.85
11/02/2020 20:30	186.39	0.88	0.50	0.14	74.77
11/02/2020 21:30	186.26	0.88	0.50	0.14	74.82
11/02/2020 22:30	372.15	0.88	0.50	0.14	152.45
11/02/2020 23:30	372.33	0.88	0.51	0.14	152.90

12/02/2020 00:30	372.66	0.88	0.50	0.14	152.27
12/02/2020 01:30	372.36	0.88	0.50	0.14	152.32
12/02/2020 02:30	371.98	0.87	0.51	0.14	152.88
12/02/2020 03:30	371.38	0.87	0.51	0.14	152.96
12/02/2020 04:30	371.24	0.87	0.51	0.14	152.59
12/02/2020 05:30	186.24	0.88	0.50	0.14	74.74
12/02/2020 06:30	186.42	0.88	0.50	0.14	74.52
12/02/2020 07:30	371.69	0.87	0.51	0.14	152.90

Nota: Los valores obtenidos de potencia reactiva a compensar de la Sub Estación N° 1, fluctúan entre un mínimo de 10 kVAr, una media de 116.17 kVAR y un máximo de 159.35 kVAr.

Asimismo, se presenta la siguiente tabla resumen con los valores máximos obtenidos.

Tabla 22: Valores máximos de Potencia Reactiva Qc necesarios para corregir el factor de potencia de la Sub Estación N°1.

Equipos	Banco de condensadores (kVAr)		
	Individual	Sectorizada	Centralizada
Compresora N°1	75.33	150.66	160.66
Compresora N°2	75.33		
Electrobomba	10	10	

De los datos obtenidos en la figura 33 y tabla 22 se analizará la compensación en los 3 tipos de distribución.

A. Compensación de distribución Individual.

Los requisitos para que una compensación del tipo individual sea factible son:

- La carga individual tenga un valor muy importante en relación con la carga total.
- El tiempo de conexión de la carga sea prolongado.
- El factor de potencia de la carga sea constante.

Como se muestra en la figura 33, el motor eléctrico de mayor potencia es de 200 kW, el cual representa el 11.88 % de la carga total de 1683.6 kW, lo cual no es un valor muy importante. En segundo lugar, la carga de 200 kW corresponde al motor principal de la bomba de sistema de dragado el cual tiene una carga variable y, por lo tanto, su factor de potencia no es constante. En tercer lugar, el tiempo de conexión de la carga no es continuo porque su funcionamiento está condicionado por la atención de remover la sedimentación por arenamiento de la plataforma Syncrolift, trabajo necesario para continuar con el proceso de varada y desvarada de embarcaciones. De manera que, una compensación de distribución individual no es factible.

B. Compensación de distribución sectorizada.

De las tablas 20, 21 y 22 concerniente a la evaluación de la Sub Estación N°1 a través de un analizador de redes, se puede observar que las cargas son variables debido al ingreso al sistema de aire comprimido de 1 o 2 compresoras de forma independiente o en simultáneo, así mismo pueden entrar en funcionamiento las 3 cargas (dos compresoras y una electrobomba). Realizar una compensación por sectores no sería rentable. En primer lugar, porque los costos de equipamiento y control se duplicaría (costo de banco de condensadores por 2 compresoras y 1 por la electrobomba). En segundo lugar, porque la electrobomba contra incendio no siempre trabaja (Tiempo de operación entre 1 a 2 horas al día por 4 veces a la semana) además que se tendría que compensar sólo 10 kVAr que representa el 6.22% de un total de potencia reactiva de 160.66 kVAR teniendo además el mismo factor de potencia promedio de 0.88. De manera que, una batería de condensadores se quedaría en stand by (por lo general de la electrobomba). Por consiguiente, el tiempo de retorno de la inversión sería mayor. De modo que, una compensación de distribución sectorizada no es factible.

C. Compensación de distribución centralizada.

Una compensación centralizada nos permite optimizar los costos. En primer lugar, porque solo se requeriría instalar un grupo de baterías de condensadores próximo o en el tablero general. En segundo lugar, se adapta mejor a las variaciones de la carga, como observamos de las tablas correspondientes a la Sub Estación N°1 tenemos una potencia reactiva a compensar mínima de 10 kVAr y una máxima de 160.66 kVAr, por lo tanto al compensar la máxima potencia reactiva central conseguimos aumentar el factor de potencia de 0.88 a 0.99, el mismo panorama se presenta en las Sub Estaciones N° 2 y N° 3 los cuales sumados compensarían la potencia reactiva de la planta y se dejaría de facturar por penalización de reactiva, asimismo el retorno de la inversión sería aproximadamente entre 18 a 24 meses. Por todo esto, una compensación de distribución centralizada en cada Sub Estación en baja tensión en 440 V es la opción más adecuada para el presente proyecto.

Conclusión: La empresa deberá realizar una compensación automática y centralizada en baja tensión en 440V de cada Sub Estación. Por lo tanto, se realizarán los cálculos para implementación de tres bancos de condensadores.

4.3 Aplicación de la implementación del banco de condensadores

4.3.1 Cálculo de la potencia reactiva de la SUB-ESTACION N°1

La sub-estación N°1, se encuentra ubicada en lado sur de la planta, cuenta con un transformador de 800 kVA - 13200/440V (punto de desarrollo de la investigación) y dos transformadores de 500 kVA - 13200/220V cada uno, asimismo con tableros general de distribución. Las cargas eléctricas más representativas en baja tensión de 440V son:

- a) **Dos Compresoras de tornillo rotativo lubricado de dos etapas SULLARI TS-32:** Diseño en tándem único de excepcional estabilidad térmica y baja relación de compresión, son 11 a 13% de mayor capacidad a plena carga versus los compresores de una etapa, control interno de

volumen variable entre 9 a 14% de ahorro energético adicional con un arreglo de rodamientos axiales flotantes y rodamientos radiales asilados les extiende las horas de operación hasta más de 100000 antes de un overhaul. Este modelo opera con un motor trifásico de 250 HP.

Figura 35: Compresoras N°1 y N°2 de la sala de compresoras N°2



Fuente: SIMA - Chimbote Astillero.

b) **Electrobomba del sistema contra incendio**

El astillero cuenta con un sistema contra incendio, donde la red y/o distribución tiene un caudal de 20LPS con 12 buzones de tomas y 2 tanques de agua de 18.5 m³ y 17.5 m³ accionado por una bomba centrífuga la cual opera con un motor trifásico de 35 HP.

Figura 36: Electrobomba del sistema contra incendio.



Fuente: SIMA - Chimbote Astillero.

Consideraciones:

- Compresora N°1 = 186.43 kW
- Compresora N°2 = 186.43 kW
- Electrobomba = 26.10 kW
- Potencia Activa Total: **P = 398.96 kW.**
- Se considera el factor de potencia en 0.88 medido físicamente. ($\cos\Phi_1=0.88$).
- Se considera un factor de potencia deseado de 0.99 (máximo alcanzado).
- De la Tabla N° 3, con los $\cos\Phi_1=0.88$ y $\cos\Phi_2=0.99$, seleccionamos el Factor K = 0.397.

Cálculo de la Potencia Reactiva:

$$Q_c = P * (\operatorname{tg}(\varphi_1) - \operatorname{tg}(\varphi_2)) = P * \text{Factor K}$$

$$Q_c = 398.96 \text{ kW} * 0.397$$

$$Q_c = 158.39 \text{ kVAR}$$

Para prever posibles ampliaciones se incrementa el valor Q_c entre 10 – 20%:

$$Q_c = 158.39 \text{ kVAR} * 1.1$$

$$Q_c = 174.23 \text{ kVAR}$$

Nota: Normalizado se seleccionará un banco de condensadores de **175 kVAR.**

4.3.2 Cálculo de la potencia reactiva de la SUB-ESTACION N°2

La sub-estación N°2, se encuentra ubicada en lado norte de la planta, cuenta con un transformador de 800 kVA – 13200/440V (punto de desarrollo de la investigación), un transformador de 1000 kVA – 13200/220V, un transformador de 350 kVA – 13200/200V y tableros generales de distribución. Las cargas más representativas son:

a) **Compresora de tornillo rotativo lubricado de dos etapas SULLARI TS-32:**

Figura 37: Compresoras N°3 de la sala de compresoras N°1.



Fuente: SIMA - Chimbote Astillero.

b) **Control Numérico Computarizado (CNC) – Hyperthem HPR400**

El sistema de plasma HyPerformance HPR400 ha sido diseñado y fabricado para ofrecer máximo rendimiento y productividad en operaciones de corte x-y, biselado y robótico. El versátil sistema con una capacidad nominal de 400 A combina velocidades rápidas de corte, veloces ciclos de procesos, conversiones rápidas y alta confiabilidad, y le ofrece una calidad de corte de acero al carbono HyPerformance de hasta 80 mm (3.2 pulg.), más capacidad para aluminio y una calidad de corte de acero inoxidable.

Figura 38: Control Numérico Computarizado (CNC) del Taller de Construcciones Navales.



Fuente: SIMA - Chimbote Astillero.

c) Roladora eléctrica de planchas

Una de las más importantes operaciones del conformado mecánico es el proceso de doblado, en el cual el metal es obligado a tomar una nueva forma, por movimiento o flujo másico. La Roladora tipo PINCH, se encuentra formada por tres rodillos, cuyos centros forman un triángulo isósceles, su vértice superior es el centro del rodillo de mayor diámetro el mismo que es graduable y transmite la fuerza de doblez. Los rodillos inferiores son de menor diámetro que el de superior, y no tiene tracción su funcionamiento está dado por el roce con el material; estos rodillos son fijos. En general el movimiento de estos rodillos se lo hace por medio de motores, cuya velocidad de giro de los rodillos es controlada por un sistema de engranajes.

Figura 39: Rola eléctrica de planchas del Taller de Construcciones Navales.



Fuente: SIMA - Chimbote Astillero.

Consideraciones:

- CNC = 90 kW
- Rola = 111.86 kW
- Compresora N° 3 = 186.43 kW
- Potencia Activa Total: **P = 388.29 kW.**
- Se considera el factor de potencia en 0.88 medido físicamente. ($\cos\Phi_1=0.88$).

- Se considera un factor de potencia deseado de 0.99 (máximo alcanzado).
- De la Tabla N° 3, con los $\cos\Phi_1=0.88$ y $\cos\Phi_2=0.99$, seleccionamos el Factor $K = 0.397$.

Cálculo de la Potencia Reactiva:

$$Q_C = P * (\operatorname{tg}(\varphi_1) - \operatorname{tg}(\varphi_2)) = P * \text{Factor } K$$

$$Q_C = 388.29 \text{ kW} * 0.397$$

$$Q_C = 154.15 \text{ kVAR}$$

Para prever posibles ampliaciones se incrementa el valor Q_C entre 10 – 20%:

$$Q_C = 154.15 \text{ kVAR} * 1.1$$

$$Q_C = 169.57 \text{ kVAR}$$

Nota: Normalizado se seleccionará un banco de condensadores de **175 kVAR**.

4.3.3 Cálculo de la potencia reactiva de la SUB-ESTACION N°3

La sub-estación N°3, se encuentra ubicada en lado noroeste de la planta, cuenta con un transformador de 640 kVA – 13200/440V (punto de desarrollo de la investigación), un transformador de 350 kVA - 13200/220V y tableros generales de distribución.

Cabe indicar que el sistema de dragado por arenamiento de la zona de la plataforma Syncrolift (muelle) se realiza si el calado se encuentra por debajo de los 12 ft, una vez obtenido el calado superior se procede a las maniobras de varadas y desvaradas de embarcaciones.

Las cargas más representativas son:

a) Bomba de dragado DOP N° 01 MODELO 2320

La bomba de dragado Damen posee un propulsor de alta eficiencia que garantiza una excelente succión, están especialmente diseñadas para las

aplicaciones de dragado, para recoger y manejar lodos con un alto contenido de sólidos abrasivos (hasta un 80%). Están construidas con materiales de alta dureza y están equipados con un sistema de agitación. Este modelo opera con un motor eléctrico trifásico de 200 kW.

Figura 40: Bomba DOP del Sistema de Dragado de la plataforma Syncrolift.



Fuente: SIMA - Chimbote Astillero.

b) Bomba auxiliar N°1

El trabajo de esta electrobomba es inyectar agua a la línea de descarga del dragado, la descarga se realiza a través de una tubería es de 10" de diámetro con una longitud aproximada de 250 m.

Figura 41: Electrobomba N°1 del Sistema de Dragado.



Fuente: SIMA - Chimbote Astillero.

c) Bomba auxiliar N°2

Al igual que la Bomba auxiliar N°1 también se encuentra conectada a la línea de descarga, la cual puede trabajar en paralelo con la otra bomba o en forma alternada.

Figura 42: Electrobomba N°2 del Sistema de Dragado.



Fuente: SIMA - Chimbote Astillero.

d) Winches de 180 Toneladas de la Plataforma Syncrolift

Es un equipo accionado por un motor trifásico, el cual se utiliza para el ascenso y descenso de una plataforma de acero estructural y llevar a cabo el varado y desvarado de embarcaciones. Actualmente este sistema sincronizado (Syncrolift) cuenta con 10 Winches de este tipo.

Figura 43: Winche de 180 Toneladas de la plataforma Syncrolift.



Fuente: SIMA - Chimbote Astillero.

e) Winches de 135 Toneladas de la Plataforma Syncrolift

Estos Winches también forman parte de este sistema sincronizado (Syncrolift) de varado y desvarado de embarcaciones, operando 4 Winches de esta capacidad.

Figura 44: Winche de 135 Toneladas de la plataforma Syncrolift.



Fuente: SIMA - Chimbote Astillero.

Consideraciones:

Para el Sistema de Dragado

- Bomba de dragado = 200 kW
- Bomba auxiliar N° 1 = 75 kW
- Bomba auxiliar N° 2 = 55 kW
- Potencia Activa Total: **P = 330 kW**.
- Se considera el factor de potencia en 0.84 medido físicamente. ($\cos\Phi_1=0.84$).
- Se considera un factor de potencia deseado de 0.99 (máximo alcanzado).
- De la Tabla N° 3, con los $\cos\Phi_1=0.84$ y $\cos\Phi_2=0.99$, seleccionamos el Factor K = 0.53.
- Cálculo en fase de dragado sin considerar la fase de maniobra, Q_c (dragado) > Q_c (maniobra).

Cálculo de la Potencia Reactiva:

$$Q_C = P * (\operatorname{tg}(\varphi_1) - \operatorname{tg}(\varphi_2)) = P * \text{Factor K}$$

$$Q_C = 330\text{kW} * 0.53$$

$$Q_C = 174.90 \text{ kVAR}$$

Para prever posibles ampliaciones se incrementa el valor Q_C entre 10 – 20%:

$$Q_C = 174.90 \text{ kVAR} * 1.2$$

$$Q_C = 209 \text{ kVAR}$$

Nota: Normalizado se seleccionará un banco de condensadores de **225 kVAR**.

Resultado:

- La instalación de la corrección se dará en la línea de alimentación central de los motores referidos (Bombas).
- Se tiene que Q_C (dragado) = 0.84 < Q_C (maniobra) = 0.987
- Esto amerita la adecuación de una corrección automática (al dragado y a la maniobra).
- Se considera que la corrección entonces se realiza sobre la fase de “dragado” (0.84), desconectando la corrección en la fase de “maniobra” (0.987), por lo que no se requiere precaución adicional por armónicos en los condensadores.
- Los capacitores considerados deben ser Heavy Duty, por las condiciones de voltaje en la sub estación 3.
- El sistema automático se debe componer básicamente de: juego (banco) de condensadores de 225 kVAR, controlador automático, contactores por capacitor y mandos de control, además del cable y terminales.

Tabla 23: Resumen de Banco de Condensadores por Sub Estación.

Sub Estación	Tensión (V)	Banco de Condensadores Q_C (kVAr)
S.E. N°1	440	175
S.E. N°2	440	175
S.E. N°3	440	225

4.3.4 Cálculo del número de condensadores

Los criterios de selección de los pasos de un banco de condensador son:

- a) Desde la perspectiva de adaptación al $\cos \emptyset$, deseado; mientras más pequeño sea la potencia del condensador de escalón base, mejor se podrá amoldar a la variación de la demanda de energía reactiva.
- b) Desde la perspectiva del costo del equipo; mientras más escalones físicos requiera la batería de condensadores, más caro será el precio del equipo.

Siguiendo los criterios a y b, y según el cuadro de carga de la tabla 9, se selecciona la siguiente configuración.

Tabla 24: Potencia del condensador por escalón para banco de condensadores de 175 kVAr.

Número de escalón	Configuración	Q_c (kVAr)
1	1	25
2	1	25
3	1	25
4	2	50
5	2	50

Tabla 25: Potencia del condensador por escalón para banco de condensadores de 225 kVAr.

Número de escalón	Configuración	Q_c (kVAr)
1	1	25
2	1	25
3	1	25
4	2	50
5	2	50
6	2	50

4.3.5 Cálculo de la corriente de falla

Para determinar las características eléctricas de los componentes, se tiene que conocer la corriente de cortocircuito para el correcto dimensionamiento, ajuste y coordinación de las protecciones eléctricas.

Método del MVA para el cálculo del cortocircuito.

Para utilizar este método, cada elemento del circuito se convierte a un valor en MVA y la red se reduce tratando cada valor como una admitancia.

Las fórmulas para conversión son las siguientes:

a) Los MVA de la compañía suministradora.

$MVA_{Acc} =$ Valor suministrado por la compañía de distribución

También:

$$MVA_{Acc} = \frac{kV^2}{Z} \text{(cuando se da en ohms la impedancia equivalente)}$$

Donde:

MVA_{Acc} : Nivel de cortocircuito expresado en MVA.

kV: Voltaje de la compañía suministradora en kV.

Z: Impedancia equivalente de la compañía suministradora en Ω .

b) Para cables de potencia.

$$MVA_{Acc} = \frac{kV^2}{Z(\Omega)}$$

c) Para motores, generadores y transformadores.

$$MVA_{Acc} = \frac{MVA}{Z_{pu}}$$

Donde:

MVA_{Acc} : MVA nominales.

Z_{pu} : Impedancia por unidad.

d) Combinación serie y paralelo.

Como es necesario hacer combinaciones en serie y paralelo de los elementos del sistema, los elementos en serie se combinan de acuerdo con la siguiente expresión:

$$MVA_3 = \frac{MVA_1 * MVA_2}{MVA_1 + MVA_2}$$

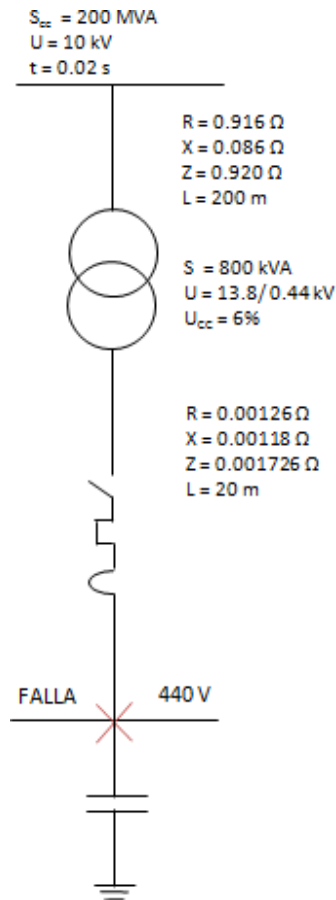
Los elementos en paralelo simplemente se suman:

$$MVA_3 = MVA_1 + MVA_2$$

4.3.6 Desarrollo del método MVA

En la siguiente figura, se muestran los parámetros de la planta.

Figura 45: Diagrama unifilar de la falla de cortocircuito.



MVA de la compañía suministradora:

$$MVA_{\text{Sistema}} = 200 \text{ MVA}$$

MVA para el cable de MT:

$$MVA_{\text{Cable MT}} = \frac{KV^2}{Z(\Omega)} = \frac{13.8^2}{0.92} = 207 \text{ MVA}$$

MVA para el transformador:

$$MVA_{\text{Transformador}} = \frac{MVA}{Z(\text{pu})} = \frac{0.800}{0.060} = 13.3 \text{ MVA}$$

MVA para el cable de BT:

$$MVA_{\text{Cable BT}} = \frac{KV^2}{Z} = \frac{0.440^2}{0.001726} = 112.2 \text{ MVA}$$

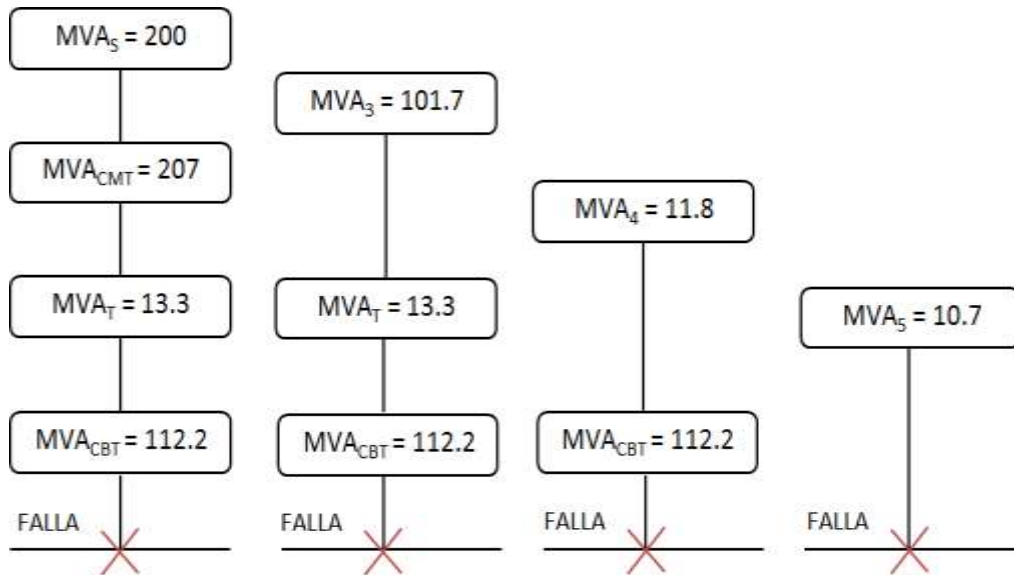
Elementos en serie:

$$MVA_3 = \frac{MVA_S * MVA_{CMT}}{MVA_S + MVA_{CMT}} = \frac{200 * 207}{200 + 207} = 101.7 \text{ MVA}$$

$$MVA_4 = \frac{MVA_3 * MVA_T}{MVA_3 + MVA_T} = \frac{101.7 * 13.3}{101.7 + 13.3} = 11.8 \text{ MVA}$$

$$MVA_5 = \frac{MVA_4 * MVA_{CBT}}{MVA_4 + MVA_{CBT}} = \frac{11.8 * 112.2}{11.8 + 112.2} = 10.7 \text{ MVA}$$

Figura 46: Esquema de falla de cortocircuito.



Corriente de cortocircuito en la barra es:

$$I_{CC} = \frac{MVA_5}{\sqrt{3} * U} = \frac{10.7 \text{ M}}{\sqrt{3} * 0.440 \text{ k}} = 14.04 \text{ kA}$$

Siguiendo el mismo procedimiento se determinó la corriente de cortocircuito en barra correspondiente al transformador de 640 kVA ($U_{CC} = 4\%$) de la Sub Estación N°3, los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 26: Corriente de cortocircuito.

Sub Estación	Transformador (kVA)	U_{CC} (%)	Tensión (V)	Método (MVA)	I_{cc} (kA)
S.E. N°1	800	6	440	10.7	14.04
S.E. N°2	800	6	440	10.7	14.04
S.E. N°3	640	4	440	12.3	16.14

4.3.7 Dimensionamiento de la batería de condensador automático de 175 kVAr y 225 kVAr.

Como datos de inicio para el dimensionamiento de la batería de condensadores tenemos:

Tabla 27: Características de inicio de la batería de condensadores de 175 kVAr.

Características	Parámetros
Nivel de tensión	Baja tensión
Tipo de control	Automático
Tipo de distribución	Centralizada
Presencia de armónicos	Negativo
Potencia reactiva	175 kVAr
Tensión del sistema de fuerza	440 V
Tensión del sistema de control	220 V
Corriente de cortocircuito	14.04 kA
Numero de pasos	5
Escalón N°1	25 kVAr
Escalón N°2	25 kVAr
Escalón N°3	25 kVAr
Escalón N°4	50 kVAr
Escalón N°5	50 kVAr

Tabla 28: Características de inicio de la batería de condensadores de 225 kVAr.

Características	Parámetros
Nivel de tensión	Baja tensión
Tipo de control	Automático
Tipo de distribución	Centralizada
Presencia de armónicos	Negativo
Potencia reactiva	225 kVAr
Tensión del sistema de fuerza	440 V
Tensión del sistema de control	220 V
Corriente de cortocircuito	16.14 kA
Numero de pasos	6
Escalón N°1	25 kVAr
Escalón N°2	25 kVAr
Escalón N°3	25 kVAr
Escalón N°4	50 kVAr
Escalón N°5	50 kVAr
Escalón N°6	50 kVAr

4.3.7.1 Sistema de fuerza

El sistema de fuerza consta de los siguientes componentes:

- Conductor eléctrico de la acometida.
- Interruptor principal del tablero.

- Barra de cobre de derivación.
- Aislador de soporte para la barra.
- Conductor eléctrico de cada escalón.
- Interruptor termomagnético de cada escalón.
- Contactor con resistencia de preinserción de cada escalón.
- Condensador trifásico de cada escalón.

4.3.8 Dimensionamiento del condensador

Los parámetros eléctricos para dimensionar un condensador son: la potencia reactiva, la tensión nominal, la frecuencia, la resistencia de descarga y la altitud de trabajo.

a) Cálculo de la potencia reactiva.

La potencia reactiva de los condensadores se diseña en tensiones nominales de 230 V, 400 V, 440 V, 480 V y 525 V.

La potencia reactiva que aporta el condensador, aplicando la tensión de servicio se determina con la siguiente fórmula:

$$Q_S = \left(\frac{U_S}{U_N}\right)^2 * Q_C$$

Donde:

U_S : Tensión de servicio.

U_N : Tensión nominal de placa.

Q_C : Potencia reactiva a la tensión nominal de placa

Q_S : Potencia reactiva a la tensión de servicio.

Tabla 29: Valores comerciales del condensador.

$U_n = 3 \times 440 \text{ V} / 60 \text{ Hz}$

Tipo	Código	kvar 400 V	kvar 440 V	Hz	Dimensiones (mm) (d x h)	Peso (kg)	Tapa	Terminal
CLZ-FPT-44/1,25-60Hz-HD	R2H641	1	1,25	60	63,5 x 98	0,34	-	F
CLZ-FPT-44/2,5-60Hz-HD	R2H642	2,1	2,5	60	63,5 x 127	0,44	-	F
CLZ-FPT-44/3-60Hz-HD	R2H643	2,5	3	60	63,5 x 127	0,44	-	F
CLZ-FPT-44/3,75-60Hz-HD	R2H644	3,1	3,75	60	63,5 x 127	0,44	-	F
CLZ-FPT-44/5-60Hz-HD	R2H646	4,15	5	60	63,5 x 127	0,44	-	F
CLZ-FP-44/6,25-60Hz-HD	R2H647	5,2	6,25	60	85 x 175	0,8	1	A
CLZ-FP-44/7,5-60Hz-HD	R2H648	6,2	7,5	60	85 x 175	0,9	1	A
CLZ-FP-44/10-60Hz-HD	R2H64B	8,3	10	60	85 x 175	1,0	1	A
CLZ-FP-44/12,5-60Hz-HD	R2H64D	10,3	12,5	60	85 x 245	1,1	1	A
CLZ-FP-44/15-60Hz-HD	R2H64E	12,4	15	60	85 x 245	1,2	1	A
CLZ-FP-44/20-60Hz-HD	R2H64J	16,5	20	60	85 x 245	1,5	1	A
CLZ-FP-44/25-60Hz-HD	R2H64L	20,7	25	60	100 x 245	2,0	7	A
CLZ-FP-44/30-60Hz-HD	R2H64N	24,8	30	60	116 x 245	2,3	2	B
CLZ-FP-44/40-60Hz-HD	R2H64R	33,1	40	60	136 x 220	2,8	2	B
CLZ-FP-44/50-60Hz-HD	R2H64S	41,3	50	60	136 x 355	5,6	-	C

Nota. Recuperado de “Condensadores Heavy Duty”, de Circutor, 30 de julio, 2019.
Recuperado de (Circutor, 2019)

- Para un banco de condensadores de 175 kVAR:

De la tabla 20, se selecciona los condensadores de 25 KVAR y 50 kVAR en un nivel de tensión de 440 V.

- Para un banco de condensadores de 225 kVAR:

De la tabla 21, se selecciona los condensadores de 25 KVAR y 50 kVAR en un nivel de tensión de 440 V.

b) Cálculo de la corriente.

La corriente del condensador se determina mediante la siguiente fórmula:

$$I_c = \frac{Q_s}{\sqrt{3} * U_s}$$

Desarrollando la ecuación tenemos;

- Para un banco de condensadores de 175 kVAr:

$$I_{C-1,2,3} = \frac{25 * 1000 \text{ VAr}}{\sqrt{3} * 440 \text{ V}} = 32.8 \text{ A}$$

$$I_{C-4,5} = \frac{50 * 1000 \text{ VAr}}{\sqrt{3} * 440 \text{ V}} = 65.6 \text{ A}$$

- Para un banco de condensadores de 225 kVAr:

$$I_{C-1,2,3} = \frac{25 * 1000 \text{ VAr}}{\sqrt{3} * 440 \text{ V}} = 32.8 \text{ A}$$

$$I_{C-4,5,6} = \frac{50 * 1000 \text{ VAr}}{\sqrt{3} * 440 \text{ V}} = 65.6 \text{ A}$$

c) Cálculo de la capacitancia.

Para determinar la capacitancia total del condensador, se emplea la siguiente fórmula.

$$Q_s = 2\pi * f * C_{\text{total}} * (U_s)^2$$

$$C = \frac{Q_s}{2\pi (U_s)^2}$$

Desarrollando la ecuación tenemos;

- Para un banco de condensadores de 175 kVAr:

$$C_{1,2,3} = \frac{25 * 1000}{2\pi * 60 * (440)^2} = 342.534 \mu\text{F}$$

$$C_{4,5} = \frac{50 * 1000}{2\pi * 60 * (440)^2} = 685.068 \mu\text{F}$$

- Para un banco de condensadores de 225 kVAr:

$$C_{1,2,3} = \frac{25 * 1000}{2\pi * 60 * (440)^2} = 342.534 \mu\text{F}$$

$$C_{4,5,6} = \frac{50 * 1000}{2\pi * 60 * (440)^2} = 685.068 \mu\text{F}$$

d) Resistencia de descarga.

Si en la placa de característica del condensador indica que cumple con la norma IEC EN 60831, está indicando indirectamente que cuenta con resistencia de descarga.

4.3.8.1 Selección del condensador

La selección del condensador se realizará mediante la comparación de las especificaciones técnicas de tres marcas Schneider, Lifasa y Circutor.

Tabla 30: Comparación técnica de condensadores.

Marca	Schneider	Lifasa	Circutor
Modelo	VarPlus Can	POLB-Z-HD	CLZ-FP-HD
Sobrecorriente	1.8*In	2*In	1.8*In
Sobretensión	1.1*Un	1.1*Un	1.1*Un
Resistencia de descarga	50 V/ 1 min	50 V/ 1 min	50 V/ 1 min
Pérdidas	0.5 W / kVAr	0.4 W / kVAr	0.4 W / kVAr
Corriente máxima	250*In	400*In	400*In
Vida útil	130 000 horas	150 000 horas	150 000 horas
Grado de protección	20	20	20
Precio S/.	405	344	285.7

Nota. Para más detalle técnico del condensador de marca Schneider. (ver anexo B). Para más detalle técnico del condensador de marca Lifasa. (ver anexo C). Para más detalle técnico del condensador de marca Circutor. (ver anexo D).
Elaboración propia.

En la tabla 30, se puede percatar que el condensador POLB-Z-HD de la marca Lifasa nos ofrece mejor características técnicas que las otras dos alternativas, pero su costo tiene un valor intermedio, motivo por lo cual se

seleccionó un condensador Circutor que ofrece casi las mismas características a un menor precio.

La descripción técnica para poder realizar la cotización, se indica en la siguiente tabla.

Tabla 31: Descripción técnica del condensador (B.C. - 175 kVAr)

Escalón	1,2,3	4,5
Q (kVAr)-440 V	25	50
F (Hz)	60	60
Ic (A)	32.8	65.6
C (µF)	342.534	685.068
Norma	IEC EN 60831	IEC EN 60831
Marca	Circutor	Circutor
Modelo	CLZ-FP-44/25	CLZ-FP-44/50
Tipo	60Hz-HD	60Hz-HD
Código	R2H64L	R2H64S
Dimensión (d*h) mm	100*245	136*355
Peso (kg)	2	5.6
Tapa	TCLZ-FP-100	-
Terminal (mm ²)	25	35

Tabla 32: Descripción técnica del condensador (B. C. - 225 kVAr).

Escalón	1,2,3	4,5,6
Q (kVAr)-440 V	25	50
F (Hz)	60	60
Ic (A)	32.8	65.6
C (µF)	342.534	685.068
Norma	IEC EN 60831	IEC EN 60831
Marca	Circutor	Circutor
Modelo	CLZ-FP-44/25	CLZ-FP-44/50
Tipo	60Hz-HD	60Hz-HD
Código	R2H64L	R2H64S
Dimensión (d*h) mm	100*245	136*355
Peso (kg)	2	5.6
Tapa	TCLZ-FP-100	-
Terminal (mm ²)	25	35

Nota. Para más detalle del condensador. (ver anexo D). Elaboración propia.

4.3.9 Dimensionamiento del contactor

En el código nacional de electricidad indica que cuando se usa contactores para el seccionamiento de condensadores, estos se deben sobredimensionar según el tipo de contactor cerrado o abierto.

- Contactores de tipo cerrado 150 % (CNE)
- Contactores de tipo abierto 135 % (CNE)

La fórmula para determinar la corriente del contactor:

$$I_K = (1.35 - 1.5) * I_C$$

Donde:

I_K : Corriente del contactor (A)

I_C : Corriente nominal del condensador (A)

Tabla 33: Valores comerciales del contactor.

Operational power at 50/60 Hz ⁽¹⁾ $\theta \leq 60^\circ\text{C}$ ⁽²⁾				Instantaneous auxiliary contacts		Tightening torque on cable end	Basic reference, to be completed by adding the voltage code ⁽²⁾	Weight
230 V	400 V 415 V	440 V	690 V	N/O	N/C	N.m		kg
7	12.5	12.5	21	1	2	1.7	LC1DFK●●	0.430
9.5	16.7	16.7	28.5	1	2	2.5	LC1DGK●●	0.450
11	20	21	33	1	2	2.5	LC1DLK●●	0.600
14	25	27	42	1	2	2.5	LC1DMK●●	0.630
17	30	32	50	1	2	5	LC1DPK●●	1.300
22	40	43	67	1	2	5	LC1DTK●●	1.300
35	63	67	104	1	2	9	LC1DWK12●●	1.650

Fuente: Recuperado de "Tesis catalogue 2018" de Schneider Electric, 20 de julio, 2019. Recuperado de (Schneider Electric, 2019)

De la tabla 33, se observa que los contactores con bloques de contactos de paso con precierre y con resistencia de preinserción, se seleccionan por la potencia reactiva de operación.

Tabla 34: Resumen de parámetros del contactor, para B.C. - 175 kVAr.

Paso	Q (kVAr) 440V	Ic*1.35	Ic*1.5	Contactador Q (kVAr) 440V	U (V) bobina	Norma
1,2,3	25	44.28	49.2	27	220	IEC 60947
4,5	50	88.56	94.4	67	220	IEC 60947

Tabla 35: Resumen de parámetros del contactor, para B.C. - 225 kVAr.

Paso	Q (kVAr) 440V	Ic*1.35	Ic*1.5	Contactador Q (kVAr) 440V	U (V) bobina	Norma
1,2,3	25	44.28	49.2	27	220	IEC 60947
4,5,6	50	88.56	94.4	67	220	IEC 60947

4.3.9.1 Selección del contactor

La selección del contactor se realizará mediante la comparación de las especificaciones técnicas de tres marcas Schneider, Lifasa y CIRCUTOR.

Tabla 36: Comparación técnica de contactores.

Marca	Schneider	Lifasa	CIRCUTOR
Modelo	LC1DMKM7	KML-25	CMC-32B
Potencia 440 V	27 kVAr	25 kVAr	25 kVAr
Tensión de bobina	220 V	230 V	230 V
Tolerancia de tensión de bobina	---	(0.85 - 1.1)*Un	(0.85 - 1.1)*Un
Tensión de funcionamiento	690 V	690 V	690 V
Corriente	36 A	36 A	36 A
Durabilidad eléctrica	300 000 ciclos	125 000 ciclos	200 000 ciclos
Maniobras	240 ciclo/hora		120 ciclo/hora
Temperatura de trabajo	-25 ... +60 C	-25 ... +55 C	-25 ... +55 C
Grado de protección	410 acorde a IEC60529	IP 20	IP 20
Contactores auxiliares	2NC + 1NA	2NC + 1NA	2NC
Categoría de empleo	AC-B6	AC-B6	AC-B6
Norma	IEC 60947-1	IEC 60947-1	IEC 60947-1

Nota. Para más detalle técnico del contactor de marca Schneider. (Ver anexo E). Para más detalle técnico del contactor de marca Lifasa. (Ver anexo F). Para más detalle técnico del contactor de marca Circutor. (Ver anexo G). Elaboración propia.

De la tabla 36, se observa que el contactor LC1DMKM7 de la marca Schneider nos ofrece mejores características técnicas que las otras dos alternativas. Una característica diferenciadora es su durabilidad eléctrica que es de 300 000 ciclos, lo cual representa un 50% mayor en comparación a la marca Circutor y un 140% mayor que la marca Lifasa.

La descripción técnica para poder realizar la cotización se detalla en la tabla 37.

Tabla 37: Descripción técnica del contactor.

Escalón	1,2,3	4,5
Q (kVAr)-440 V	27	67
U(V) Bobina	220	220
Marca	Schneider Electric	Schneider Electric
Modelo	LC1DMKM7	LC1DWM12M7
Norma	IEC 60947-4-1	IEC 60947-4-1

Nota. Para más detalle del contactor. (Ver anexo E). Elaboración propia.

4.3.10 Dimensionamiento del interruptor de escalón

El dispositivo de protección del condensador debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Resistir las sobrecorrientes periódicas o permanentes debido a los armónicos de voltaje y a la tolerancia admitida respecto al valor nominal de la capacidad.
- Resistir las corrientes transitorias que se produce por la desconexión y la inserción del condensador.

Las normas IEC EN 60831-1 e IEC EN 60931-1 afirman que:

- Los condensadores deben poder funcionar a régimen con una corriente de valor eficaz de hasta un 30% superior a su intensidad nominal IC.

- Se admite una tolerancia (variante 1 de la susodicha norma) del +10 % respecto al valor de la capacidad en baterías de hasta 100 kVAr y del 5% para baterías superiores a 100 kVAr. (ABB, 2015, pág. 26)

De manera que, la corriente máxima que puede consumir la batería de condensador es:

$$Q_C \leq 100 \text{ kVAr} \rightarrow I_{Cmax} = 1.3 * 1.1 * \left(\frac{Q_C}{\sqrt{3} * U_N} \right) = 1.43 * I_{CN}$$

$$Q_C \geq 100 \text{ kVAr} \rightarrow I_{Cmax} = 1.3 * 1.05 * \left(\frac{Q_C}{\sqrt{3} * U_N} \right) = 1.365 * I_{CN}$$

Tabla 38: Valores comerciales de interruptor.

3 polos protegidos

Tensión de empleo: 220/440 VAC
Curva C: Disparo magnético entre 5 y 10 In.

Referencia	Tipo	In (A)	Capacidad de interrupción última			
			IEC60898-1 400VAC (A)	IEC60947-2		
				230VAC (kA)	400VAC (kA)	440VAC (kA)
A9F74301	IC60N	1	6000	50	50	25
A9F74302	IC60N	2	6000	50	50	25
A9F74304	IC60N	4	6000	50	50	25
A9F74306	IC60N	6	6000	20	10	6
A9F74310	IC60N	10	6000	20	10	6
A9F74316	IC60N	16	6000	20	10	6
A9F74320	IC60N	20	6000	20	10	6
A9F74325	IC60N	25	6000	20	10	6
A9F74332	IC60N	32	6000	20	10	6
A9F74340	IC60N	40	6000	20	10	6
A9F74350	IC60N	50	6000	20	10	6
A9F74363	IC60N	63	6000	20	10	6
A9N18365	C120N	80	10000	20	10	6
A9N18367	C120N	100	10000	20	10	6
A9N18369	C120N	125	10000	20	10	6

Fuente: Recuperado de “Distribución eléctrica en baja tensión” de Schneider Electric, 20 de julio, 2019. Recuperado de (Schneider Electric, 2019)

Tabla 39: Resumen de parámetros del interruptor de escalón (B.C. - 175 kVAr)

Escalón	Q (kVAr)	Ic (A)	I interruptor (A)	I tabla (A)	Icc (kA)
1,2,3	25	32.8	46.9	50	14.04
4,5	50	65.6	93.8	100	14.04

Tabla 40: Resumen de parámetros del interruptor de escalón (B.C. - 225 kVAr)

Escalón	Q (kVAr)	I _c (A)	I _{interruptor} (A)	I _{tabla} (A)	I _{cc} (kA)
1,2,3	25	32.8	46.9	50	16.14
4,5,6	50	65.6	93.8	100	16.14

4.3.10.1 Selección del interruptor

La selección del interruptor se realizará mediante la comparación de las especificaciones técnicas de tres modelos distintos de la marca Schneider Electric.

Tabla 41: Comparación técnica de interruptores.

Tipo	IK60N	IC60N	IC60H
Modelo	Acti 9	Acti 9	Acti 9
Corriente (A)	50	50	50
Curva	C	C	C
Tecnología	Térmico magnético	Térmico magnético	Térmico magnético
Poder de corte (A)	6k	6k	10k
Norma	IEC 60898-1	IEC 60898-1	IEC 60898-1
Limite magnético	5... 10*I _n	8*I _n	8*I _n
Indicador de posición	N/A	Si	Si
Endurancia mecánica	20 000 ciclos	20 000 ciclos	20 000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10 000 ciclos	10 000 ciclos	10 000 ciclos
IP	20	20	20
Precio	250.53	342	412.58

Nota. Para más detalle técnico del interruptor modelo IK60N. (ver anexo H). Para más detalle técnico del interruptor modelo IC60N. (ver anexo I). Para más detalle técnico del interruptor modelo IC60H. (ver anexo J). Elaboración propia.

De la tabla 41, se observa que los interruptores solamente se diferencian por el tipo de norma, poder de corte y precio. En primer lugar, el interruptor IK60N queda descartado porque la norma IEC 60898-1 es aplicado solo para uso residencial. En segundo lugar, el interruptor IC60H cumple todas las características, pero su precio es el más elevado. En tercer lugar, el interruptor IC60N, cumple todas las condiciones y tiene un precio medio. Por consiguiente, se selecciona en interruptor IC60N.

La descripción técnica para poder realizar la cotización, se indica en la siguiente tabla.

Tabla 42: Descripción técnica del interruptor de escalón (B.C. - 175 kVAr).

Escalón	1,2,3	4,5
Marca	Schneider Electric	Schneider Electric
Modelo	Acti 9	Acti 9
Tipo	IC60N	IC60N
Tecnología	Térmico magnético	Térmico magnético
Corriente (A)	50	100
Curva		
Tensión (V)	440	440
Poder de corte (A)	10k	10k
Norma	IEC 60947-2	IEC 60947-2
Referencia	A9F74350	A9N18367

Tabla 43: Descripción técnica del interruptor de escalón (B.C. - 225 kVAr).

Escalón	1,2,3	4,5,6
Marca	Schneider Electric	Schneider Electric
Modelo	Acti 9	Acti 9
Tipo	IC60N	IC60N
Tecnología	Térmico magnético	Térmico magnético
Corriente (A)	50	100
Curva		
Tensión (V)	440	440
Poder de corte (A)	10k	10k
Norma	IEC 60947-2	IEC 60947-2
Referencia	A9F74350	A9N18367

Nota. Para más detalle del interruptor. (ver anexo I). Elaboración propia.

4.3.11 Dimensión del conductor eléctrico

La capacidad de corriente de los conductores de alimentadores y circuitos derivados que alimenten a condensadores no debe ser menor que el 135 %

de la corriente nominal del condensador (Ministerio de Energía y Minas, 2006, pág. 90).

Por lo tanto, la corriente de diseño I_D será:

$$I_D = 1.35 * I_c$$

Donde:

I_D = Corriente del diseño del conductor (A)

I_c = Corriente nominal del condensador (A)

Tabla 44: Valores comerciales del conductor.

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm ²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (°)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

Nota. Recuperado de "THW-90" de Indeco, 13 de mayo, 2020. Recuperado de (Indeco, 2020)

Tabla 45: Resumen de parámetros del conductor (B.C. - 175 kVAr)

Paso	Q (kVAr)	I_n (A)	I_D (A)	I_{tabla} (A)	Sección (mm ²)
1,2,3	25	32.8	44.28	44	6
4,5	50	65.6	88.56	107	25
Alimentador	175	229.6	309.96	318	150

Tabla 46: Resumen de parámetros del conductor (B.C. - 225 kVAr)

Paso	Q (kVAr)	I _n (A)	I _D (A)	I _{tabla} (A)	Sección (mm ²)
1,2,3	25	32.8	44.28	44	6
4,5,6	50	65.6	88.56	107	25
Alimentador	225	295.2	398.52	406	240

Nota. Para más detalle de la sección del conductor. (ver anexo K). Elaboración propia.

4.3.11.1 Selección del conductor

La descripción técnica para poder realizar la cotización, se detalla en la tabla 47 y 48.

Tabla 47: Descripción técnica del conductor (B.C. - 175 kVAr)

Paso	1,2,3	4,5	Alimentación
Tipo	THW-90	THW-90	THW-90
Sección (mm ²)	6	25	150
Corriente (A)	44	107	318
Longitud (m)	1.5	1.5	5

Tabla 48: Descripción técnica del conductor (B.C. - 225 kVAr)

Paso	1,2,3	4,5,6	Alimentación
Tipo	THW-90	THW-90	THW-90
Sección (mm ²)	6	25	240
Corriente (A)	44	107	406
Longitud (m)	1.5	1.5	5

Nota. Para más detalle de la sección del conductor. (ver anexo K). Elaboración propia.

4.3.12 Dimensionamiento de la barra.

La corriente de diseño de la barra I_{DB} será:

$$I_{DB} = 1.35 * I_{BT}$$

Donde:

I_{DB}= Corriente del diseño de la barra (A)

I_C= Corriente nominal del condensador (A)

a) **Cálculo de la corriente de diseño.**

Las barras de cobre se fabrican en medidas estandarizadas, las medidas se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 49: Valores comerciales de la corriente eléctrica en barra.

INTENSIDAD ADMISIBLE. DIN 43671																						
Temperatura ambiente 35°C • Temperatura final barras 65°C • Conductividad 56 M/Ωmm ² (ρ= 0,0178Ωmm ² /m)																						
Ancho x Espesor	Corriente alterna hasta 60 Hz								Corriente continua y alterna 16 2/3 Hz								CARACTERISTICAS ESTATICAS					
	Pintado				Brillante				Pintado				Brillante					Jy cm ⁴	Wy cm ³	ly cm		
	Número de Barras		Número de Barras		Número de Barras		Número de Barras		Número de Barras		Número de Barras		Número de Barras									
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	Jx cm ⁴	Wx cm ³	lx cm	Jy cm ⁴	Wy cm ³	ly cm	
12 x 2	123	202	228		108	182	216		123	202	233		108	182	220		0,0288	0,0480	0,346	0,000800	0,00800	0,0577
15 x 2	148	240	261		128	212	247		148	240	267		128	212	252		0,0563	0,0750		0,00100	0,0100	0,0577
15 x 3	187	316	381		162	282	361		187	316	387		162	282	365		0,0844	0,113	0,433	0,00338	0,0225	0,0866
20 x 2	189	302	313		162	264	298		189	302	321		162	266	303		0,133	0,133		0,00133	0,0133	0,0577
20 x 3	237	394	454		204	348	431		237	394	463		204	348	437		0,200	0,200		0,00450	0,0300	0,0866
20 x 5	319	560	728		274	500	690		320	562	729		274	502	687		0,333	0,333	0,577	0,02080	0,0833	0,1440
20 x 10	497	924	1320		427	825	1180		499	932	1300		428	832	1210		0,667	0,667		0,16700	0,3330	0,2890
25 x 3	287	470	525		245	412	498		287	470	536		245	414	506		0,391	0,313		0,00563	0,0375	0,0866
25 x 5	384	662	969		327	586	795		384	664	841		327	590	794		0,651	0,521	0,722	0,02600	0,1040	0,1440
30 x 3	337	544	593		285	476	564		337	546	608		286	478	575		0,675	0,450		0,00675	0,0450	0,0866
30 x 5	447	760	944		379	672	896		448	766	950		380	676	897		1,130	0,750	0,866	0,03130	0,1250	0,1440
30 x 10	676	1200	1670		573	1060	1480		683	1230	1630		579	1080	1520		2,250	1,500		0,25000	0,5000	0,2890
40 x 3	435	692	725		366	600	690		436	696	748		367	604	708		1,60	0,800		0,00900	0,0600	0,0866
40 x 5	573	952	1140		482	836	1090		576	966	1160		484	848	1100		2,67	1,330	1,15	0,04170	0,1670	0,1440
40 x 10	850	1470	2000	2580	715	1290	1770	2280	865	1530	2000		728	1350	1880		5,33	2,670		0,33300	0,6670	0,2890
50 x 5	697	1140	1330	2010	583	994	1260	1920	703	1170	1370		588	1020	1300		5,21	2,08	1,44	0,0521	0,208	0,144
50 x 10	1020	1720	2320	2950	852	1510	2040	2600	1050	1830	2360		875	1610	2220		10,40	4,17		0,4170	0,833	0,289
60 x 5	826	1330	1510	2310	688	1150	1440	2210	836	1370	1580	2060	696	1190	1500	1970	9,00	3,00	1,73	0,0625	0,250	0,144
60 x 10	1180	1960	2610	3290	985	1720	2300	2900	1230	2130	2720	3580	1020	1870	2570	3390	18,00	6,00		0,5000	1,000	0,289
80 x 5	1070	1680	1830	2830	885	1450	1750	2720	1090	1770	1990	2570	992	1530	1880	2460	21,30	5,33	2,31	0,0833	0,333	0,144
80 x 10	1500	2410	3170	3930	1240	2110	2790	3450	1590	2730	3420	4490	1310	2380	3240	4280	42,70	10,70		0,6670	1,330	0,289
100 x 5	1300	2010	2150	3300	1080	1730	2050	3190	1340	2160	2380	3080	1110	1810	2270	2960	41,70	8,33	2,89	0,1040	0,417	0,144
100 x 10	1810	2850	3720	4530	1490	2480	3260	3980	1940	3310	4100	5310	1600	2890	3900	5150	83,30	16,70		0,8330	1,670	0,289
120 x 10	2110	3280	4270	5130	1740	2860	3740	4500	2300	3900	4780	6260	1890	3390	4560	6010	144,00	24,00		3,46	1,0000	2,000
160 x 10	2700	4130	5360	6320	2220	3590	4680	5530	3010	5060	6130	8010	2470	4400	5860	7110	341,00	42,70		4,62	1,3300	2,670
200 x 10	3290	4970	6430	7490	2690	4310	5610	6540	3720	6220	7460	9730	3040	5390	7150	9390	667,00	66,70	5,77	1,6700	3,330	0,2890

Fuente: Recuperado de "Pletina de cobre para aplicaciones eléctricas según EN 13601" de Bronmetal, 22 de julio, 2019. Recuperado de (Bronmetal, 2019)

$$I_{DB} = 1.35 * I_{BT}$$

$$I_{DB} = 1.35 * 229.6 = 309.96 \text{ A}$$

De la tabla 41, se selecciona:

$$\therefore \text{AREA}_{\text{BARRA}}: (\text{Ancho} \times \text{espesor}) = 25 \text{ mm} * 5 \text{ mm} = 125 \text{ mm}^2$$

$$\therefore \text{Corriente de tabla} : 327 \text{ A}$$

b) Cálculo de la distancia mínima entre barra.

La distancia mínima entre barra según el CNE, se determina con la siguiente fórmula:

$$d_{\min} = 0.1 + \frac{0.01 \text{ m}}{\text{kV}} = 0.1 + \frac{0.01 \text{ m}}{0.44 \text{ kV}} = 0.123 \text{ m}$$

Figura 47: Distribución de barra.



Por lo tanto, consideramos $d=15\text{cm}$; una disposición de barra horizontal; una separación entre apoyo $L=50 \text{ cm}$; el espesor de la barra de $b= 5 \text{ mm}$; con un ancho de $h=25 \text{ mm}$.

c) Cálculo de la corriente de choque.

La corriente máxima de cortocircuito se determina mediante la siguiente fórmula:

$$I_{CH} = 1.8 * \sqrt{2} * I_{CC} = 2.55 * I_{CC}$$

$$I_{CH} = 2.55 * 14.04 \text{ kA} = 35.8 \text{ kA}$$

d) Esfuerzo entre barras.

$$F = 2.04 * I_{CH}^2 * \frac{L}{d^3} * 10^{-8}$$

$$F = 2.04 * (35.8 * 10^3)^2 * \frac{50}{15^3} * 10^{-8} = 87.15 \text{ kg}$$

e) Momento resistente de la barra.

$$W_b = \frac{b * h^2}{6000} = \frac{5 * 25^2}{6000} = 0.52 \text{ cm}^3$$

f) Tensión de flexión.

$$M_f = \frac{F * L}{12 * W_b} = \frac{87.15 * 50}{12 * 0.52} = 698.32 \text{ kgf/cm}^2$$

Como el esfuerzo máximo del cobre es 1200 kgf/cm² y el valor calculado es inferior, por lo tanto, si soportara el esfuerzo.

Tabla 50: Dimensionamiento de la barra de los Bancos de Condensadores.

Banco de Condensador	I _{DB} (A)	I _{Tabla} (A)	d _{min} (m)	I _{CH} (kA)	F (kg)	W _b (cm ³)	M _f (kgf/cm ²)
175 kVAr	309.96	327	0.123	35.8	87.15	0.52	698.32
225 kVAr	398.52	427	0.123	41.2	115.43	0.67	717.85

4.3.12.1 Selección de la barra.

La descripción técnica para poder realizar la cotización, se indica en la siguiente tabla.

Tabla 51: Descripción técnica de la barra de cobre (B.C. - 125 kVAr).

Parámetros	Área (cm ²)	Longitud (cm)	N° de barras en paralelo	Pintado	Conductividad M/Ω*mm ²
Barra Cu	125	50	1	No	56

Tabla 52: Descripción técnica de la barra de cobre (B.C. - 225 kVAr).

Parámetros	Área (cm ²)	Longitud (cm)	N° de barras en paralelo	Pintado	Conductividad M/Ω*mm ²
Barra Cu	200	50	1	No	56

Nota. Para más detalle de la barra de cobre. (ver anexo L)

4.3.13 Dimensionamiento del aislador.

Los aisladores van a servir como soporte de las barras de cobre, el esfuerzo de ruptura en la punta del aislador estará dado por dicha fuerza dividida por un coeficiente de seguridad.

$$P_{(Qc=175 \text{ kVAr})} = \frac{F}{C.S.} = \frac{87.15}{0.5} = 174.3 \text{ kgf}$$

$$P_{(Qc=225 \text{ kVAr})} = \frac{F}{C.S.} = \frac{115.43}{0.5} = 230.9 \text{ kgf}$$

De la tabla 53, se selecciona el aislador A08-205 que soporta una tensión mecánica de 400 kgf.

Tabla 53: Valores comerciales de aisladores.

MODELO	GENERALES				ELECTRICAS				MECANICAS				INSERTOS		PESO		
	SERIE	TIPO	ALTURA		DISTANCIA DE FUGA	VOLTAJE MAXIMO DE OPERACION	POTENCIAL APLICADO 60 Hz, 1 min	VOLTAJE RUPTURA SOLO TIPO B	VOLTAJE DE FLAMEO EN SECO A 2240 m.s.n.m.	CANTILIVER	COMPRESION	TENSION	PAR DE APRIETE	CUERDA		PROFUNDIDAD	
			(A ó B)	Pulg.													mm.
A08-205	A	B	1.000	25.40	25.40	450	2450	35	17	40	3000	400	12	16	1/4-20	5/16	0.024
A10-205	A	B	1.250	31.17	31.70	450	2450	50	19	40	3000	400	12	16	1/4-20	5/16	0.030
A16-205	A	A	2.000	50.80	50.80	600	2600	NA	28	40	3000	400	12	16	1/4-20	5/16	0.045
A16-257	A	B	2.000	50.80	50.80	600	2600	70	28	40	3000	400	15	20	5/16-18	7/16	0.048
B08-205	B	B	1.000	25.40	26.90	450	2450	32	20	40	3000	350	12	16	1/4-20	5/16	0.021
B11-307	B	B	1.375	34.90	41.20	600	2600	52	23	169	9000	1000	25	34	3/8-16	3/8	0.084
C12-257	C	B	1.500	38.10	44.50	1500	3500	65	25	197	9000	900	15	20	5/16-18	7/16	0.080
C12-307	C	B	1.500	38.10	44.50	1500	3500	65	25	197	9000	900	25	34	3/8-16	3/8	0.080
D30-309	D	A	3.750	95.20	97.00	4500	6500	NA	53	197	6000	600	30	40	3/8-16	9/16	0.197
E14-257	E	B	1.750	44.40	50.80	2000	4000	69	28	197	9000	900	15	20	5/16-18	7/16	0.104
E14-307	E	B	1.750	44.40	50.80	2000	4000	69	28	197	9000	900	25	34	3/8-16	3/8	0.100

Fuente: Recuperado de “Aisladores” de Equipos eléctricos Core, 13 de mayo, 2020. Recuperado de (EECORE, 2019)

4.3.14 Dimensionamiento del interruptor principal.

La norma IEC EN 60931-1, indica que, si los interruptores son utilizados para el seccionamiento de condensadores, estos se deben sobredimensionar según la potencia de la batería de condensadores. De

manera que, la corriente máxima que puede consumir la batería de condensador es:

$$Q_C \leq 100 \text{ kVAr} \rightarrow I_{Cmax} = 1.3 * 1.1 * \left(\frac{Q_C}{\sqrt{3} * U_N} \right) = 1.43 * I_{CN}$$

$$Q_C \geq 100 \text{ kVAr} \rightarrow I_{Cmax} = 1.3 * 1.05 * \left(\frac{Q_C}{\sqrt{3} * U_N} \right) = 1.365 * I_{CN}$$

Tabla 54: Valores comerciales del interruptor.

EasyPact EZC circuit breakers			EZC250N	EZC250H	EZCV250N	EZCV250H	EZC400N	EZC400H
Fixed version			■	■	■	■	■	■
Plug-in version			■	■	■	■	-	-
Number of poles			4	4	3-4	3-4	3-4	3-4
Rated current (A)	I_n	at 40 °C	63, 80, 100, 125, 150, 160, 175, 200, 225, 250	63, 80, 100, 125, 150, 160, 175, 200, 225, 250	63, 80, 100, 125, 150, 160, 175, 200, 225, 250	63, 80, 100, 125, 150, 160, 175, 200, 225, 250	320, 350, 400	320, 350, 400
Rated insulation voltage (V)	U_i		690	690	440	440	690	690
Rated impulse withstand voltage (kV)	U_{imp}		6	6	6	6	6	6
Rated operational voltage (V)	U_e	AC 50/60 Hz	550	550	440	440	440	440
		DC	250	250	-	-	-	-

Nota. Recuperado de “Distribución eléctrica en baja tensión” de Schneider Electric, 13 de mayo, 2020. Recuperado de (Schneider, 2020)

Tabla 55: Resumen de parámetros del interruptor de escalón (B.C. - 175 kVAr).

Parámetros	Q (kVAr)	Ic (A)	$I_{Interruptor}$ (A)	Itabla (A)	Icc (kA)
Interruptor	175	229.6	313.4	400	42

Tabla 56: Resumen de parámetros del interruptor de escalón (B.C. - 225 kVAr).

Parámetros	Q (kVAr)	Ic (A)	$I_{Interruptor}$ (A)	Itabla (A)	Icc (kA)
Interruptor	225	295.2	402.9	400	42

4.3.14.1 Selección del interruptor

La selección del interruptor se realizará mediante la comparación de las especificaciones técnicas de tres modelos distintos de la marca Schneider Electric.

Tabla 57: Comparación técnica de interruptores.

Tipo	EZC400N	NSX400F TMD	NSX400F Micrologic
Modelo	Easypact	Compact	Compact

Corriente (A)	400	400	400
Tecnología	Térmico magnético	Térmico magnético	Electrónico
Funciones de protección de unidad de control	N/A	LI	Lsol
Poder de corte (A)	36 k	36 k	36 k
Norma	IEC 60947-2	IEC 60947-2	IEC 60947-2
Endurecía mecánica	10 000 ciclos	20 000 ciclos	20 000 ciclos
Durabilidad eléctrica	15 000 ciclos	15 000 ciclos	15 000 ciclos
IP	20	40	40
Precio	1310.57	2078.46	2344.58

Nota. Para más detalle técnico del interruptor modelo EZC400N. (ver anexo N).
 Para más detalle técnico del interruptor modelo NSX400F TMD. (ver anexo O).
 Para más detalle técnico del interruptor modelo NSX400F Micrologic. (ver anexo P). Elaboración propia.

En la tabla 57, se percata que todos los interruptores cumplen con las características técnicas requeridas. Pero se selecciona el interruptor EZC400N porque su precio es un 58.5 % menor con respecto al NSX400F TMD y un 78.9% menor con respecto al NSX400F Micrologic. La descripción técnica para poder realizar la cotización, se detalla en las tablas 58 y 59.

Tabla 58: Descripción técnica del interruptor principal (B.C. - 175 kVAr)

Descripción	Marca	Modelo	Tipo	Tecnología	Corriente (A)	Poder de corte (kA)
Interruptor	Schneider Electric	Easypact	EZC400N	Término magnético	400	36

Tabla 59: Descripción técnica del interruptor principal (B.C. - 225 kVAr)

Descripción	Marca	Modelo	Tipo	Tecnología	Corriente (A)	Poder de corte (kA)
Interruptor	Schneider Electric	Easypact	EZC400N	Término magnético	400	36

Nota. Para más detalle del interruptor. (ver anexo N). Elaboración propia.

4.3.15 Dimensionamiento del sistema de control.

Los equipos que conforman el sistema de control son:

- Transformador de corriente.
- Regulador automático.
-

4.3.16 Dimensionamiento del transformador de corriente.

El transformador de corriente tiene la siguiente función; medir la corriente sin interrumpir el servicio y reducir la alta corriente del lado primario a valores estandarizados de 1A o 5A en el lado del secundario.

Tabla 60: Valores comercial del transformador de corriente.

Tipo	TCH 6.2				TCH 6				TCH 8			
Pletina (mm)	30 x 10				40 x 10				60 x 12			
A \ V-A	Clase			Código	Clase			Código	Clase			Código
	0,2S	0,2	0,5S		0,2S	0,2	0,5S		0,2S	0,2	0,5S	
50/5		0,5		M7044B								
60/5		0,5		M7044C								
100/5	1	1,5	2,5	M70441								
125/5	1	1,5	2,5	M70442								
150/5	2,5	3,5	3,5	M70443	1	1,25	1,5	M70431				
200/5	3,5	5	5	M70444	1,25	1,5	2	M70432				
250/5	5	5	5	M70445	1,5	1,75	2,25	M70433				
300/5	5	5	5	M70446	1,75	2	2,5	M70434				
400/5	7,5	7,5	7,5	M70447	1	5	5	M70435				
500/5					5	7,5	7,5	M70436				
600/5					5	7,5	7,5	M70437	5	10	10	M70463
750/5					7,5	10	10	M70438	7,5	10	10	M70464
800/5					7,5	10	10	M70439	7,5	10	10	M70465
1 000/5									10	15	15	M70466
1 200/5									10	15	15	M70467
1 250/5									10	15	15	M7046A
1 500/5									10	15	15	M70468
1 600/5									10	15	15	M70469

Nota. Recuperado de “Transformador de corriente de alta precisión para medida” de Circutor, 13 de mayo, 2020. Recuperado de (Circutor, 2020)

a) Cálculo de la corriente primaria.

$$I_{BT (175 \text{ kVar})} = \frac{Q_T}{\sqrt{3} * U} = \frac{175 * 1000}{\sqrt{3} * 440} = 229.63 \text{ A}$$

$$I_{BT (225 \text{ kVar})} = \frac{Q_T}{\sqrt{3} * U} = \frac{225 * 1000}{\sqrt{3} * 440} = 295.24 \text{ A}$$

∴ Se selecciona una relación de 300 A

b) Cálculo de la corriente secundaria.

Las salidas de secundario más habituales son X/5 A o X/1 A. También existen los transformadores eficientes, con un secundario X/250 mA.

∴ Se selecciona una relación de x/5

c) Cálculo de la potencia.

La potencia que consume el regulador automático es de 2 VA, la sección del cable es de 2.5 mm² y la longitud, es 10 m (ida + vuelta).

$$R_{Cable} = \frac{\rho * l}{A} = \frac{0.018 * 10}{2.5} = 0.072 \Omega$$

$$S_{Cable} = I^2 * R_{Cable} = 5^2 * 0.072 = 1.8 \text{ VA}$$

$$S_{Regulador} = 2 \text{ VA}$$

$$S_{TI} = S_{Regulador} + S_{Cable} = 2 + 1.8 = 3.8 \text{ VA}$$

∴ S_{TI} = 5 VA (Valor comercial)

d) Características constructivas.

La barra donde se va a montar el transformador de corriente tiene una medida de 30 mm de ancho y 5 mm de espesor.

4.3.16.1 Selección del transformador de corriente

La descripción técnica para poder realizar la cotización, se indica en la siguiente tabla.

Tabla 61: Descripción técnica del transformador de corriente.

Descripción	Relación	Potencia (VA)	Clase	Diámetro interior (mm)	Marca	Modelo
Transformador de corriente	300/5	5	0.2	30	Circuitor	TCH-6.2

Nota. Para más detalle técnico. (ver anexo Q). Elaboración propia

4.3.17 Dimensionamiento del regulador de factor de potencia

El regulador nos permite controlar constantemente el $\cos\phi$ de la instalación, se encarga de dar la señal de desconexión y conexión de los escalones de la batería de condensadores, para conseguir el $\cos\phi$ deseado.

a) Cálculo del C/K.

Para desconectar o conectar un escalón el regulador debe conocer cuál será la potencia reactiva que la batería inyectará en la instalación.

Para ello se utiliza el índice C/K que permite controlar este valor.

$$C/k = \frac{Q_1/(\sqrt{3} * U)}{R_{T1}}$$

Donde:

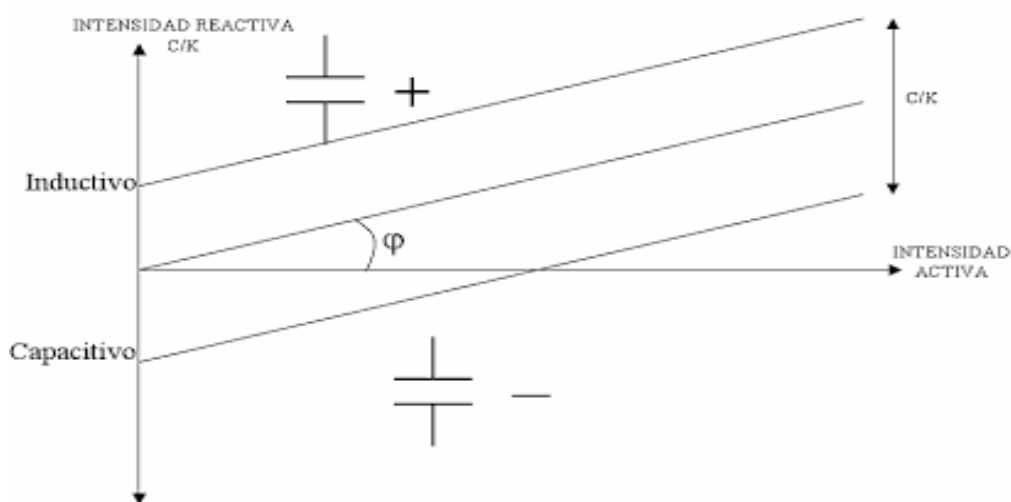
U: es la tensión de línea-línea.

Q1: es la potencia reactiva del primer escalón (VAr)

RT1: es la relación del transformador de intensidad (x/5)

El ajuste C/K es de gran importancia, ya que toda batería tiene un escalonamiento mínimo definido, de tal forma que la batería solo puede ajustar el factor de potencia deseado si la demanda de la instalación coincide exactamente con este valor o un múltiplo del mismo.

Figura 48: Interpretación del ajuste C/K en el regulador



Fuente: Recuperado de “La compensación de la energía reactiva” de Schneider Electric, 15 de julio del 2019. Recuperado de (Schneider Electric, 2019)

El valor del C/K del banco de condensador a diseñar es:

$$C/k = \frac{25000/(\sqrt{3} * 440)}{300/5} = 0.546 \cong 0.55$$

Entonces cuando se fije el valor de C/K de 0,55 el condensador de 25 kVAr actuará únicamente cuando los requerimientos de potencia reactiva excedan los 14 kVAr ($0,55 * 25 \approx 14$), esto asegurará que si se presenta una demanda de carga mínima no se produzca una sobrecompensación. Además, el controlador de factor de potencia al detectar un factor de potencia mayor al fijado dejará automáticamente de entregar potencia reactiva al sistema eléctrico de la planta.

4.3.17.1 Selección del regulador de factor de potencia

La selección del regulador se realizará mediante la comparación de las especificaciones técnicas de tres marcas Schneider, Lifasa y Circutor.

Tabla 62: Descripción

Marca	Schneider	Lifasa	Circutor
Modelo	VarPlus VL12	MCE ADV-12	Computer Max 12
Tensión de alimentación y medida.	90...550 V	230/400/480 V	230/400/480 V
Frecuencia	50/60 Hz	45...65 Hz	45...65 Hz
Rango de Ti	1 ó 5 A	5 A	5 A
Consumo	6 VA	8.5 VA	6 VA
Contacto relé de salida	5 A/ 250 VAC	4 A/ 250 VAC	10 A/ 250 VAC
cos Ø	0.7 i - 0.7 c	0.85 i - 0.95 c	0.85 i - 0.95 c
Nº de relés de salida	12	12	12
Relé de alarma	Si	No	No
Comunicación	RS 485	No	No
Sonda de temperatura	Si	No	No
Grado de protección	54	40	52
Programa de conexión	Todos	1.1.1.1., 1.2.2.2., 1.2.4.4., 1.2.4.8., 1.1.2.2.	1.1.1.1., 1.2.2.2., 1.2.4.4., 1.1.2.2., 1.2.4.8., 1.1.2.4., 1.2.3.3., 1.2.3.4., 1.2.3.6., 1.2.4.6.,
Temperatura de trabajo	-20...+60 °C	-10...+50 °C	-10...+50 °C
Estrategia de control	Automático, LIFO, Progresivo	Automático	FCP
Medidas	U, I, F, S, P, Q, PF, cosØ THDU (H3- H19)	U, I, cosØ	U, I, cosØ, THDi

En la tabla 62, se percata que el regulador de factor de potencia VarPlus VL12 de la marca Schneider nos ofrecen mejores características técnicas que las otras dos alternativas. Una característica diferenciadora es que

cuenta con comunicación RS 485 que nos permitirá realizar el monitorearlo desde un centro de control, también tiene un mejor algoritmo de control y otras características que se muestran en la tabla.

4.3.18 Gestión del proceso de la implementación de Bancos de Condensadores

4.3.18.1 Planificación

La planificación consiste en el conjunto de actividades que se van estableciendo, desarrollando y llevando a cabo con el fin último de establecer y encontrar solución a una problemática existente.

Tabla 63: Matriz explicativa del proceso de planificación de la Implementación de Bancos de Condensadores.

Item	Actividad	Descripción	Métodos
1	Diagnostico	En esta actividad se debió realizar un estudio para determinar ¿Cuál era la falla en la empresa? Por la cual, los recibos de facturación salían con elevados costos y se debía pagar penalidades de importe.	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Se revisaron los costos de facturación 2019-2020. 2.- Medición de la potencia reactiva, potencia activa y factor de potencia usando un analizador de redes. 3.- Se determina que hay una alta exigencia de carga reactiva, sobre todo en baj tensión en 440 V 4.- Se determina la falla. (La facturación elevada se debe a la presencia de carga reactiva en las líneas de transmisión eléctrica dentro de la planta).
2	Propuesta	Para poder establecer una propuesta, se armó un equipo técnico formado por un ingeniero mecánico eléctrico supervisor, un consultor independiente y 3 operarios de la planta que elaborarán un informe donde se evaluarán 3 propuestas.	El equipo técnico tuvo 5 días desde el día lunes 6 de Abril al 10 de Abril del año 2015 para realizar un informe en donde se establecía que el problema de altos costos de facturación se deben a la presencia de cargas reactivas en las líneas eléctricas de la planta de producción y realizar una propuesta con al menos 3 posibles soluciones para la compañía.
3	Seleccionar Propuesta	En esta actividad se establece el mecanismo a usar para seleccionar la propuesta más viable para la compañía.	<p>En dicha junta se establecieron 3 propuestas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción de las horas de trabajo (Negada) 2. Cambio de los motores de arranques por motores más modernos (Nec) 3. Implementación de bancos de condensadores (Aprobada)
4	Realizar Investigación	En esta actividad, el equipo técnico que se encargó del diagnóstico de falla, establecer propuestas y dar con la solución debe ahora encargarse de realizar un proceso de investigación relacionado a la factibilidad y realización del proyecto.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar investigaciones online sobre cargas reactivas y sus consecuencias directas e indirectas 2. Realizar investigaciones online sobre el funcionamiento, operatividad y beneficios de un banco de condensadores 3. Realizar investigaciones acerca de los proveedores y costos de bancos de condensadores.
5	Evaluar costos	Aquí se establece la rentabilidad del proyecto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se evalúan y comparan costos de los distintos fabricantes y proveedores de bancos de condensadores. 2. Se evalúa la relación costo/beneficio de la adquisición e instalación de un banco de condensadores

4.3.18.2 Diagrama de Gantt

Tabla 64: Cronograma de actividades de la instalación de los Bancos de Condensadores.

ITEM	ACTIVIDAD	SEMANAS			
		1	2	3	4
1	Adecuación de las bases, gabinete y marcos de instrumentación.	3 días			
2	Instalación del Banco y pruebas con carga. Sub-estación # 1		1 día		
3	Instalación del Banco y pruebas con carga. Sub-estación # 2			1 día	
4	Instalación del Banco y pruebas con carga. Sub-estación # 3				1 día

4.3.18.3 Brecha de Adquisición

Debido a que el Astillero no cuenta con algún sistema de corrección de potencia, estos equipos (bancos de condensadores) cubrirán las necesidades de adecuación del factor de potencia.

Tabla 65: Brecha de Adquisición por implementación de Bancos de Condensadores.

Taller/ Oficina/ Dpto.	Servicio (proceso)	Máquinas Asociadas al Servicio	Indicador	Demanda	Oferta promedio	Brecha
Taller de Maniobras Muelle – Taller de Tratamiento de superficies – Taller de Maquinado – Taller de Calderería y Soldadura.	Suministro eléctrico a los motores del sistema de dragado y maniobras, motores de los 3 compresores estacionarios, y motores de las grúas puente, tornos, taladros y sierras, etc.	Banco de condensadores # 1	Factor de Potencia (Cos φ)	0.99	0.88	11.11 %
		Banco de condensadores # 2		0.99	0.88	11.11 %
		Banco de condensadores # 3		0.99	0.84	15.15 %

Brecha del Servicio = 0.15 Cosφ promedio.

$$\% \text{ Cierre de Brecha} = \frac{\text{Demanda} - \text{Oferta}}{\text{Demanda}} \times 100\% = \frac{0.99 - 0.84}{0.99} \times 100\%$$

$$\% \text{ Cierre de Brecha} = 15.15 \%$$

4.3.19 Planos

Figura 49: Diagrama de fuerza B.C. 175 kVAr.

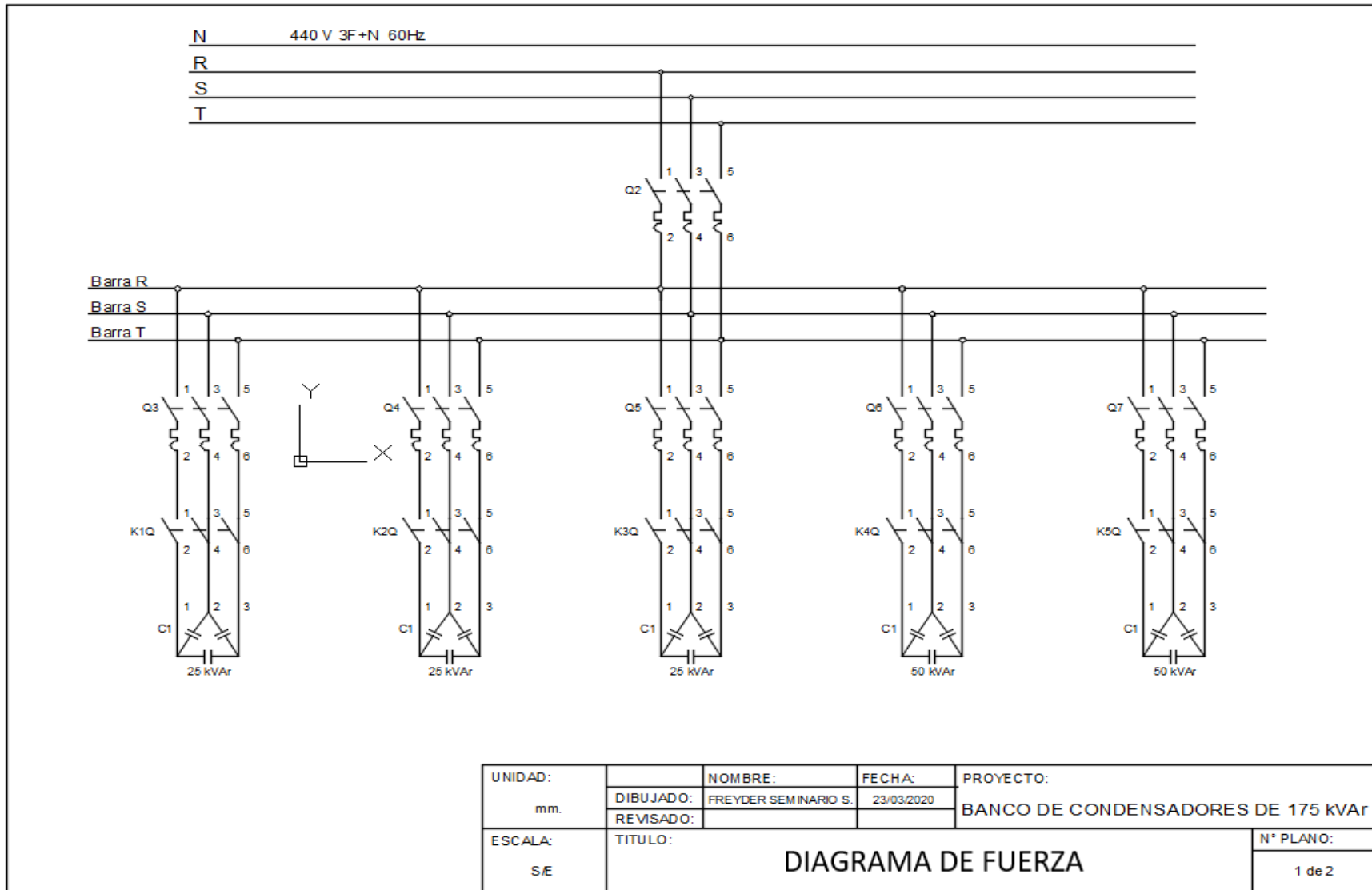
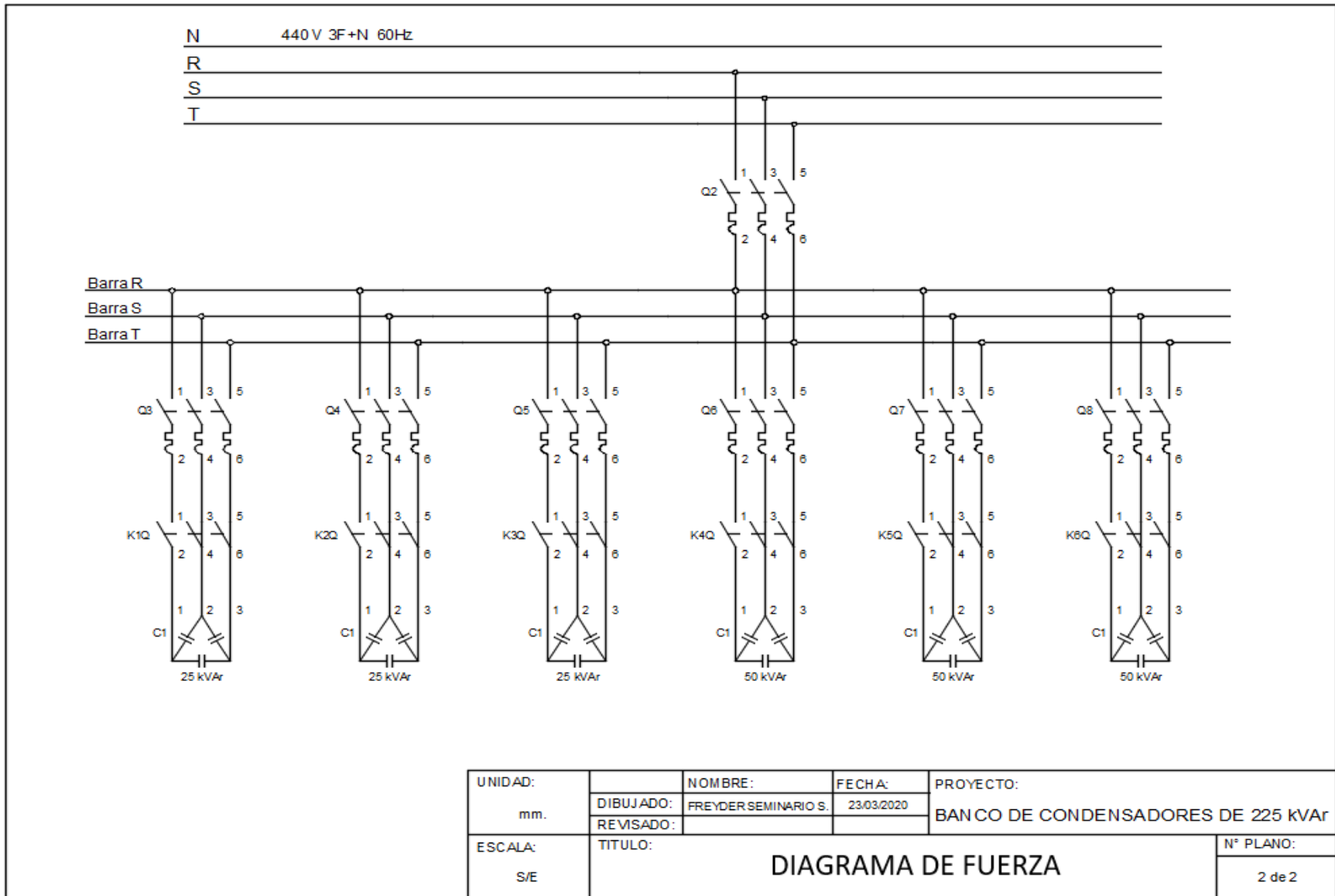


Figura 50: Diagrama de fuerza B.C. 225 kVAr.



4.4 Evaluar los resultados de la implementación de banco de condensadores

4.4.1 Costo de la implementación

El costo del proyecto depende del valor de los materiales y mano de obra.

4.4.1.1 Costo de material.

La lista detallada de los componentes y materiales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 66: Costo de materiales para Banco de Condensadores de 175 kVAr.

N°	Descripción	Marca/Modelo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Valor Venta (S/.)
1	Condensador 25 kVAr, 440, 60 Hz, 3Ø	Circuitor / CLZ-FP HD R2H64L	Pza	3	316.41	949.23
2	Condensador 50 kVAr, 440, 60 Hz, 3Ø	Circuitor / CLZ-FP HD R2H64S	Pza	2	614.12	1,228.24
3	Contactador con resistencia de preinserción kVAr, 440 V, 60 Hz, 3Ø, bobina 220 V	Schneider Electric / LC1DMKM7	Pza	3	578.00	1,734.00
4	Contactador con resistencia de preinserción kVAr, 440 V, 60 Hz, 3Ø, bobina 220 V	Schneider Electric / LC1DWM12M7	Pza	2	1666.50	3,333.00
5	Interruptor Automático 400 A, 3Ø	Schneider Electric / EZC400N	Pza	1	1310.57	1,310.57
6	Interruptor Termomagnético 50 A, 3Ø	Schneider Electric / Acti 9 A9F74350	Pza	3	255.00	765.00
7	Interruptor Termomagnético 100 A, 3Ø	Schneider Electric / Acti 9 A9N18367	Pza	2	662.00	1,324.00
8	Barra de cobre 25*3*3000 mm		Pza	1	139.83	139.83
9	Aislador de resina cónico altura: 40 mm		Pza	7	4.32	30.24
10	Armario 2100*1200*600 - IP 55, NEMA 12	RITTAL	Pza	1	3056.13	3,056.13
11	Regulador de factor de potencia 5 paso, 220 V	Schneider Electric / VarPlus VPL12N	Pza	1	1583.51	1,583.51
12	Transformador de corriente 300/5 A, 5 VA, CL: 02		Pza	1	124.00	124.00

13	Borne seccionable, circuito: medida de corriente	Phoenix Contact / URTK/S	Pza	2	15.67	31.34
14	Interruptor Termomagnético 2 A, 3Ø	Schneider Electric / IC60N	Pza	1	105.00	105.00
15	Borne universal 0.14-2.5 mm ²	Phoenix Contact / UT 2.5	Pza	25	1.81	45.25
16	Tope Final para Riel Simétrico, Clipfix 35		Pza	4	1.50	6.00
17	Tira Zack Horizontal, ZB5, LGS: 1-10, para Borne de A=5.2 mm	Phoenix Contact /	Pza	1	2.02	2.02
18	Tira Zack Horizontal, ZB5, LGS: 1-20, para Borne de A=5.2 mm		Pza	1	2.02	2.02
19	Tira Zack Horizontal, ZB5, LGS: 21-30, para Borne de A=5.2 mm		Pza	1	2.02	2.02
20	Porta fusible seccionable 10*38 mm		Pza	6	14.40	86.40
21	Fusible cilíndrico 10*38 mm 0.5 A, Cg		Pza	6	2.28	13.68
22	Riel DIN ranurado 35 mm, 2 m		Pza	1	13.50	13.50
23	Canaleta 40*60 mm, 2 m		Pza	2	26.80	53.60
24	Ventilación forzada 39 m ³ , 92*92 mm	Schneider Electric	Pza	1	255.00	255.00
25	Cable THW 6 mm ²	Indeco	m	100	2.25	225.00
26	Cable THW 25 mm ²	Indeco	m	40	9.25	370.00
27	Cable THW 150 mm ²	Indeco	m	15	63.50	952.50
28	Cable de tierra verde amarillo 35 mm ²		m	5	21.00	105.00
29	Materiales varios		Pza	1	200.00	200.00
Total, Valor de Venta						18,046.08
IGV 18%						3,248.29
Importe Total S/.						21,294.37

Nota. Elaboración propia.

Tabla 67: Costo de materiales para Banco de Condensadores de 225 kVAr.

N°	Descripción	Marca/Modelo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Valor Venta (S/.)
1	Condensador 25 kVAr, 440, 60 Hz, 3Ø	Circutor / CLZ-FP HD R2H64L	Pza	3	316.41	949.23
2	Condensador 50 kVAr, 440, 60 Hz, 3Ø	Circutor / CLZ-FP HD R2H64S	Pza	3	614.12	1,842.36
3	Contacto con resistencia de preinserción kVAr, 440 V, 60 Hz, 3Ø, bobina 220 V	Schneider Electric / LC1DMKM7	Pza	3	578.00	1,734.00
4	Contacto con resistencia de preinserción kVAr, 440 V, 60 Hz, 3Ø, bobina 220 V	Schneider Electric / LC1DWK12M7	Pza	3	1666.50	4,999.50
5	Interruptor Automático 400 A, 3Ø	Schneider Electric / EZC400N	Pza	1	1310.57	1,310.57
6	Interruptor Termomagnético 50 A, 3Ø	Schneider Electric / Acti 9 A9F74350	Pza	3	255.00	765.00
7	Interruptor Termomagnético 100 A, 3Ø	Schneider Electric / Acti 9 A9N18367	Pza	3	662.00	1,986.00
8	Barra de cobre 25*3*3000 mm		Pza	1	139.83	139.83
9	Aislador de resina cónico altura: 40 mm		Pza	8	4.32	34.56
10	Armario 2100*1200*600 - IP 55, NEMA 12	RITTAL	Pza	1	3056.13	3,056.13
11	Regulador de factor de potencia 5 paso, 220 V	Schneider Electric / VarPlus VPL12N	Pza	1	1583.51	1,583.51
12	Transformador de corriente 300/5 A, 5 VA, CL: 02		Pza	1	124.00	124.00
13	Borne seccionable, circuito: medida de corriente	Phoenix Contact / URTK/S	Pza	2	15.67	31.34
14	Interruptor Termomagnético 2 A, 3Ø	Schneider Electric / IC60N	Pza	1	105.00	105.00
15	Borne universal 0.14-2.5 mm ²	Phoenix Contact / UT 2.5	Pza	26	1.81	47.06
16	Tope Final para Riel Simétrico, Clipfix 35		Pza	6	1.50	9.00
17	Tira Zack Horizontal, ZB5, LGS: 1-10, para Borne de A=5.2 mm	Phoenix Contact /	Pza	1	2.02	2.02

18	Tira Zack Horizontal, ZB5, LGS: 1-20, para Borne de A=5.2 mm		Pza	1	2.02	2.02
19	Tira Zack Horizontal, ZB5, LGS: 21-30, para Borne de A=5.2 mm		Pza	1	2.02	2.02
20	Porta fusible seccionable 10*38 mm		Pza	7	14.40	100.80
21	Fusible cilíndrico 10*38 mm 0.5 A, Cg		Pza	7	2.28	15.96
22	Riel DIN ranurado 35 mm, 2 m		Pza	1	13.50	13.50
23	Canaleta 40*60 mm, 2 m		Pza	2	26.80	53.60
24	Ventilación forzada 39 m3, 92*92 mm	Schneider Electric	Pza	1	255.00	255.00
25	Cable THW 6 mm2	Indeco	m	100	2.25	225.00
26	Cable THW 25 mm2	Indeco	m	40	9.25	370.00
27	Cable THW 240 mm2	Indeco	m	15	83.50	1,252.50
28	Cable de tierra verde amarillo 35 mm2		m	5	21.00	105.00
29	Materiales varios		Pza	1	200.00	200.00
Total, Valor de Venta						21,009.51
IGV 18%						3,781.71
Importe Total S/.						24,791.22

Nota. Elaboración propia.

4.4.1.2 Costo de mano de obra

Para desarrollar el proyecto se requiere el servicio de un Ing. Mecánico Electricista para que realice el dimensionamiento y la selección de componentes. También, se requiere el servicio de dos técnicos para el montaje de los tableros eléctricos y la instalación de los componentes de los tres bancos de condensadores (02 bancos de condensadores de 175 kVAr y un banco de condensadores de 225 kVAr) para las Sub Estaciones N°1, 2 y 3, los cuales serán ejecutados por el taller de mantenimiento eléctrico.

El servicio tiene una duración de 3 días la primera semana y 1 día las otras 3 semanas según cronograma, considerando S/. 24.75 por hora (información proporcionada por el área de comercial).

Tabla 68: Costo de mano de obra.

N°	Descripción	Precio Total
1	Ingeniero y Operarios	3,564.00
2	Diseño de Ingeniería	1,200.00
Importe Total S/.		4,764.00

4.4.1.3 Costo Total

El presupuesto del proyecto asciende a S/. 67,379.96.

Tabla 69: Costo total

N°	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Materiales (B.C. 175 kVAr)	2	21294.37	42,588.74
2	Materiales (B.C. 225 kVAr)	1	24791.22	24,791.22
3	Mano de obra	---	---	4,764.00
Importe Total S/.				67,379.96

4.4.2 Flujo de caja

El flujo de caja de inversión (FCI), es la variación de capital procedente de la diferencia entre las entradas y salidas de efectivo procedentes de inversiones en instrumentos financieros.

Para el presente proyecto se van a considerar las siguientes condiciones:

- Vida útil del banco de condensador es de 15 años.
- Costo de adquisición de materiales e instalación de los equipos (S/. 67,379.96), es la inversión inicial.
- Costo de mantenimiento de los equipos (S/. 900) cada año.
- Costo de repuesto (S/. 1,200) cada 4 años
- Depreciación por equipo, 25% el primer año y 5% los años posteriores.
- El ahorro económico por no consumir energía reactiva es (S/. 43,443.84) cada año.

Tabla 70: Flujo de caja.

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
INGRESOS															
Ahorro de E.R. (S/.)	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84
Sub total disponible	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84	43443.84
EGRESOS															
Inversión de Activos fijos	67379.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo por mantenimiento	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
Costo por repuestos	0	0	0	1200	0	0	0	1200	0	0	0	1200	0	0	0
Depreciación	16844.99	3369	3369	3369	3369	3369	3369	3369	3369	3369	3369	3369	3369	3369	3369
Sub total egresos	85124.95	4269	4269	5469	4269	4269	4269	5469	4269	4269	4269	5469	4269	4269	4269
SALDO NETO	-41681.11	39174.84	39174.84	37974.84	39174.84	39174.84	39174.84	37974.84	39174.84	39174.84	39174.84	37974.84	39174.84	39174.84	39174.84
SALDO ACUMULADO	-41681.11	-2506.27	36668.57	74643.42	113818.26	152993.10	192167.94	230142.78	269317.63	308492.47	347667.31	385642.15	424816.99	463991.84	503166.68

4.4.3 Indicadores de evaluación económica

Las siguientes herramientas nos permitirán evaluar si la inversión es recomendable o no, para tomar una correcta decisión.

4.4.3.1 Valor Actual Neto (VAN)

“El valor actual neto (VAN), también conocido como valor presente neto (VPN), mide el resultado de descontar la inversión de un proyecto al valor actual o presente del flujo de caja neto que tendrá. Si el resultado es positivo es porque existe una ganancia y, por tanto, el proyecto es rentable” (Crece Negocios, 2019).

EL VAN se determina a través de la ecuación 9, queda expresada:

$$VAN_{(i\%)} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+i)^1} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \frac{F_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

F: Flujo netos de caja de cada periodo.

i: Tasa de retorno del negocio actual.

I₀: Inversión inicial.

Indicadores del VAN:

VAN < 0, El proyecto no es rentable

VAN = 0, El proyecto es rentable también, porque ya está incorporada ganancia de la TD.

VAN > 0, El proyecto es rentable

Tabla 71: Valor Actual Neto (VAN)

Tasa de Retorno		i = 10%	
Periodo (años)	Flujo	Factor	Valor Actual
0	-67379.96	1	-67379.96
1	-41981.11	0.9091	-37891.92
2	39174.84	0.8264	32375.90
3	39174.84	0.7513	29432.64
4	37974.84	0.6830	26937.33
5	39174.84	0.6209	24324.49
6	39174.84	0.5645	22113.18
7	39174.84	0.5132	20102.89
8	37974.84	0.4665	17715.54
9	39174.84	0.4241	16613.96
10	39174.84	0.3855	15103.60
11	39174.84	0.3505	13309.95
12	37974.84	0.3186	12099.95
13	39174.84	0.2897	11347.56
14	39174.84	0.2633	10315.96
15	39174.84	0.2394	9378.15
VAN			154899.22

4.4.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

“La TIR es la tasa de descuento de un proyecto de inversión que permite que el VAN sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la máxima tasa de descuento que puede tener un proyecto para que sea rentable, pues una mayor tasa ocasionaría que el VAN sea menor que la inversión (VAN menor que 0)” (Crece Negocios, 2019).

$$VAN_{(TIR)} = 0$$

$$TIR = 29.37\%$$

4.4.3.3 Razón Beneficio Costo (B/C)

“Este indicador financiero expresa la rentabilidad en términos relativos. La interpretación de tales resultados es en centavos por cada "soles" o "dólar" que se ha invertido” (Aula fácil, 2019)

$$B/C = \frac{\text{Ingreso Equivalente}}{\text{Egreso Equivalente}}$$

Indicador del B/C:

B/C > 0; el proyecto debe aceptarse.

B/C < 0; el proyecto debe aceptarse.

Tabla 72: Razón beneficio costo (B/C).

Tasa de descuento 10%		
Periodo (años)	Ingreso (Beneficio)	Egreso (Costo)
0		67379.96
1	43443.84	85124.95
2	43443.84	4269.00
3	43443.84	4269.00
4	43443.84	5469.00
5	43443.84	4269.00
6	43443.84	4269.00
7	43443.84	4269.00
8	43443.84	5469.00
9	43443.84	4269.00
10	43443.84	4269.00
11	43443.84	4269.00
12	43443.84	5469.00
13	43443.84	4269.00
14	43443.84	4269.00
15	43443.84	4269.00
VAN	S/. 651657.60	S/. 215870.88
B/C	3.02	

4.4.3.4 Periodo de Recupero (PRI)

Es el tiempo que tarda la empresa, en recuperar la inversión inicial, con sus flujos de fondos positivos. Mientras más corto sea el PRI, menor riesgoso será el proyecto.

Tabla 73: Flujo de caja resumido

Año	1	2	3	4	...	15
Saldo neto	-41681.11	39174.84	39174.84	39174.84	...	39174.84
Saldo acumulado	-41681.11	-2506.27	36668.57	74643.42	...	503166.68

$$PRI = 1 + \left(\frac{41681.11}{36668.57} \right) = 2.14 \text{ años}$$

4.4.3.5 Retorno de la Inversión (ROI)

Es el beneficio que obtenemos por cada unidad monetaria invertida en tecnología durante un periodo de tiempo. Suele utilizarse para analizar la viabilidad de un proyecto y medir su éxito.

$$ROI = \frac{\text{Ingreso} - \text{Gasto}}{\text{Gasto}}$$

Tabla 74: Retorno de la Inversión (ROI).

Periodo (año)	Ingreso S/.	Egreso S/.
1	43443.84	85124.95
2	43443.84	4269
3	43443.84	4269
4	43443.84	5469
5	43443.84	4269
6	43443.84	4269
7	43443.84	4269
8	43443.84	5469
9	43443.84	4269
10	43443.84	4269
11	43443.84	4269
12	43443.84	5469
13	43443.84	4269
14	43443.84	4269

15	43443.84	4269
Total	651657.60	148491
ROI	3.39	

4.4.4 Resumen de indicadores económicos

Para los indicadores de rentabilidad se consideró una tasa de interés de 10% y un horizonte de evaluación de 15 años.

Tabla 75: Resumen de indicadores económicos.

Indicador	Valor	Detalle
Valor Actual Neto (VAN)	154899.22	$VAN > 0$, el proyecto es rentable
Tasa Interna de Retorno (TIR)	29.37%	$TIR > 10\%$, el proyecto es rentable
Razón Beneficio Costo (B/C)	3.02	$B/C > 0$, el proyecto es rentable
Periodo de Recupero de Inversión (PRI)	2.14	$PRI < 5$, el proyecto es rentable
Retorno de Inversión (ROI)	3.39	$ROI > 1$, el proyecto es rentable

V. DISCUSIÓN

En base al resultado obtenido; podemos afirmar que mediante lo mencionado en el capítulo 4 determinamos los resultados que se propuso desde un principio que es mejorar el factor de potencia.

Para lograr el objetivo propuesto se tuvieron que implementar tres bancos de condensadores los cuales nos ayudarán a aumentar el factor de potencia por consiguiente reducimos las facturaciones de energía reactiva, pero para poder implementar el sistema se tuvo que realizar cálculos entre ellos eléctricos, mediciones con instrumentos, además de revisar fichas técnicas de los equipos instalados y Normas de funcionamiento que están vigentes en el Perú.

Para lograr aumentar el factor de potencia se utilizó condensadores que compensan la energía de la red al momento del arranque de los motores, la implementación de bancos de condensadores también nos ayudará a prolongar la vida útil de los equipos y disminución de la frecuencia de mantenimiento de dichos equipos.

Los bancos de condensadores deben tener un mantenimiento preventivo semestral para poder mantener las minimizaciones en consumo energético y costo energético. Cabe mencionar que el banco de condensadores trabaja con equipos electrónicos por tal motivo es necesario plantear un mantenimiento preventivo para el sistema y evitar fallas futuras.

Según el Autor Mirando Urbano, J. L., en su tesis "Determinación de la influencia de un banco de condensadores para reducir el consumo de potencia reactiva en el sistema eléctrico EPASA – San Martín de Pangoa 2018". Logra mejorar el factor de potencia de 0.84 a 0.96, con un banco de condensadores automático de capacidad 110 kVAR, con una inversión de

S/. 31,060.89, un ahorro económico de S/. 24,316.00 soles/año y recuperación de inversión de 1.27 años.

En la presente tesis se logra mejorar de 0.84 a 0.99, reduciendo el consumo de exceso de potencia reactiva en un 99%, logrando obtener un ahorro económico de S/. 43,443.84 soles/año, con una inversión de S/. 67,379.96 soles y que serán recuperados en un periodo de 2.14 años. Asimismo, el diseño que se propone está enfocado a un astillero, empresa industrial que tiene gran cantidad de consumo de potencia reactiva.

VI. CONCLUSIONES

- Del presente estudio de investigación el Astillero presenta un exceso en el consumo de energía reactiva que conlleva a pagar penalidad, el cual tiene un costo de 0.0432 (S/. kVAr.h). Este importe se refleja en la facturación eléctrica de cada mes y en los 12 meses analizados el costo fue de S/. 43,443.84 con un promedio mensual de S/ 3,620.32.
- Al realizar un estudio a partir de la facturación eléctrica, se logró calcular un bajo factor de potencia de la planta industrial el cual fue de 0.84, por lo que se empleó un analizador de cargas para evaluar las potencias reactivas y $\cos\phi$ obteniendo los valores de 0.88, 0.88 y 0.84 en las tres Sub Estaciones respectivamente, con estos valores se le planteó a la empresa hacer un diseño para implementar tres bancos de condensadores y que al realizar una compensación automática y centralizada en baja tensión en 440 V a cada Sub Estación se podrá mejorar el factor potencia a 0.99 y evitar así el pago por las penalizaciones de la empresa concesionaria.
- Se logró determinar la potencia reactiva de los bancos de condensadores para alcanzar el factor de potencia deseado de 0.99, para la Sub Estación N°1 la potencia tiene que ser de 158.39 kVAr (automático), pero se sobredimensionó a 175 kVAr, la Sub Estación N°2 con una potencia de 154.15 kVAr (automático) y se sobredimensionó a 175 kVAr y la Sub Estación N°3 con una potencia de 174.90 kVAr y se sobredimensionó a 225 kVAr. Se logró determinar el comportamiento de la carga, los pasos del regulador deben ser de 1:1:1:2:2 con una potencia base de 25 kVAr para la Sub Estación N°1 y N°2 ($Q_c = 175$ kVAr cada uno).

También se logró determinar el comportamiento de la carga, los pasos del regulador deben ser de 1:1:1:2:2:2 con una potencia base de 25 kVAr para la Sub estación N°3 ($Q_c = 225$ kVAr). Se seleccionaron los componentes mediante la técnica de la comparación entre tres fabricantes del mismo producto, también se hizo una correcta especificación técnica describiendo

los parámetros eléctricos y mecánicos del componente.

- Se logró demostrar que el proyecto es rentable, tanto técnicamente como económicamente, porque resulto factible según los cinco indicadores económicos (VAN, TIR, B/C, PRI y ROI) que se muestran en la tabla 75.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la empresa SIMA Chimbote Astillero implemente el diseño realizado pues queda demostrado las ventajas tanto técnicas como económicas que se producirán con la instalación de bancos de condensadores automáticos en las tres Sub Estaciones.
- Para los valores de potencia, corriente de los equipos y protecciones calculadas para los bancos de condensadores, se recomienda seleccionar el valor de potencia y corriente más cercano al valor calculado; y, que existan en el mercado.
- Se recomienda invertir en el proyecto ya que la inversión se recupera a corto plazo, tan solo por los ahorros que se tienen al evitar los recargos por bajo factor de potencia en la factura de energía eléctrica.
- De acuerdo al análisis, el proyecto debe aplicarse inmediatamente y de esta manera aprovechar los costos actuales de inversión, puesto que con estos costos el proyecto es totalmente factible.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABB. (2015). Corrección del factor de potencia y filtrado de armónicos en las instalaciones eléctricas. Recuperado el 10 de julio de 2019, de https://library.e.abb.com/public/897462d590876b5fc125791a003bd1e0/1TXA007107G0701_CT8.pdf
- Andura García, P. (2017). Estudio e implementación de compensación reactiva para reducir pérdidas en el sistema eléctrico de una mina polimetálica. (Tesis doctoral), Universidad de Oviedo, Oviedo, España.
- Aula fácil. (2019). Relación Beneficio Costo. Recuperado el 25 de julio de 2019, de <https://www.aulafacil.com/cursos/organizacion/gestion-de-proyectos/relacion-beneficio-costo-l19712>.
- Bronmetal. (2019). Pletina de cobre para aplicaciones eléctricas según EN 13601. Recuperado el 13 de mayo de 2020, de https://www.bronmetal.com/datos/noticias/archivo32/ficha_tecnica_pletina_de_cobre.pdf.
- Circutor. (2012). ¿Compensar la energía reactiva en BT o en MT? Circutor, 18-19. Obtenido de <http://circutor.es/es/documentacion-es/articulos/675-compensar-la-energia-reactiva-en-bt-o-en-mt>.
- Circutor. (2019). Condensadores Heavy Duty. Recuperado el 30 de julio de 2019, de http://circutor.es/docs/DP_CLZ-HD_SP.pdf.
- Circutor. (2019). Transformadores de corriente de alta precisión para medida. Recuperado el 24 de julio de 2019, de http://circutor.es/docs/FT_TCH_SP.pdf.
- Crece Negocios. (2019). El VAN y el TIR. Recuperado el 25 de julio de 2019, de <https://www.crecenegocios.com/van-y-tir/>
- Equipos Eléctricos Core. (2013). Aisladores. Recuperado el 13 de mayo de 2020, de http://www.eecore.com/PDF/Aislador_BajaTension.pdf.
- Indeco. (2019). THW-90. Recuperado el 13 de mayo de 2020, de <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000464.pdf>.
- Legrand. (13 de mayo de 2020). Obtenido de <https://legrand.com.pe/wp-content/uploads/2018/04/Banco-de-Condensadores.pdf>.

- Ministerio de Energía y Minas. (2006). Código Nacional de Electricidad - utilización. Lima. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe/>
- OSINERGMIN. (2016). Opciones tarifarias y condiciones de aplicación de las tarifas a usuario final. Lima. Recuperado el 15 de Setiembre de 2017, de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/OSINERGMIN-N206-2013-OS-CD.pdf
- Pemuna. (2019). Productos. Recuperado el 8 de julio de 2019, de <https://www.pemuna.com.pe/perumundo/pemuna/pemu4.html>
- Pereira Cárdenas, E. O. (2014). Estudio e implementación de compensación reactiva para reducir pérdidas en el sistema eléctrico de una mina polimetálica. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Ramón, S. (2016). Análisis de factibilidad técnica y económica de corrección de factor de potencia con bancos de capacitores distribuidos en Valeo sistemas Electrónicos S.R.L. de C.V. (Tesis de maestría), CIMAV, México, México.

ANEXOS


Anexo A: Recibos de Energía Eléctrica de la empresa SIMA - Chimbote Astillero, emitidos por Hidrandina.

Recibo N° 551-24597837
Chimbote/Santa

Recibo por Consumo del 01/03/2019 al 31/03/2019

Cliencia: Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERÚ S.A.
R.U.C.: 20100503351
Dirección: Av. Pescadores S/N, Sec. Industrial 27 de Oct.
Referencia:
Ruta: 194-1261-10683
Tarifa: MT3
Medición: Medida Tensional
Tensión y SED: 13.2/7.02 kV / E-540564
Sist. Eléctrico: SED118 Chimbote (Sa (ST2))
Tipo Suministro: Trifásica-Aerolínea(05-4)

Serie Medidor: 00000012944983 - Electrón.
N° de Medidor: 4
Modalidad: Potencia Variable
Inicio Contrato: 01/11/2005
Término Contrato: 31/10/2019



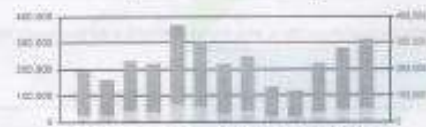
Marzo-2019

CÓDIGO 49530352

Protección Máxima Demanda: 937.4400
Polea de Contrabida: 1.028.0000

Calificación: Fuera de Punta
Horas/Punta: 130

Magnitud Lida	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	12.888.1311	12.888.6227	289.6916	311.623.9200	Carga Fija		0.7225	6.70
Energía Activa Hora Punta (kWh)	2.040.0754	2.060.3125	46.2318	395.478.1600	Cargo por Reparación y Mantenimiento			18.38
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	10.889.2567	10.873.8126	-215.4596	200.151.7600	Energía Activa HP	28478.1600	0.2261	19042.88
Energía Reactiva (kVArh)	8.728.7200	8.899.4047	170.6879	204.937.3600	Energía Activa FP	336151.7600	0.1015	46055.98
Potencia Hora Punta (kW)	0.9984	0.7269	-0.2715	533.0800	Energía Reactiva	110888.3840	0.0429	4750.28
Potencia Fuera Punta (kW)	0.7162	0.7167	0.0005	900.0400	Pot. Activa Redes Distrib. FP	507.4400	14.1100	13227.29
Factor Calificación: 0.6033		Fac. Medida: 1.200.0000			Pot. Activa Generación FP	883.0600	26.4600	33095.30
					Alumbrado Público Alcantara - Si 0.4718			1981.80
					Sub TOTAL			128150.28
					Imp. Orib. a las Ventas	1.0000	-0.0400	-0.34
					Sendo por reducción		-0.0400	-0.34
					Diferencia de intereses			
					Aporte Ley N° 18749 - 0.0004	311623.9200	0.0004	2817.89
TOTAL RECIBO DE MARZO 2019								128937.89
Total a Pagar (Excluye Aporte FODS Ley N°18749) S/ 329.47								

Reporte 2 Clientes Meses Pasados
Ene - 2019 S/ 31076.40 Feb - 2019 S/ 11021.30

REPORTES DE CONSUMOS Y DEMANDAS

Cliente	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
551-24597837	11400	8800	9576	2410	3475	4421	2244	1027	8058	3096	2099	2410	51133
551-24597837	3014	2200	3000	1201	2200	2116	667	1447	1489	2171	1444	1411	17110
551-24597837	3014	8000	10100	3410	4675	6537	3111	1474	12169	5267	3543	3821	58243
551-24597837	1014	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	12000

TOTAL S/ **126,937.80**


Emission 04/04/2019 Vencimiento 22/04/2019

Su AMT es: A3243 - TRAZO de SE de Potencia: S.E. TRAPECIO

Son: CIENTO VEINTISEIS MIL NOVECIENTOS TREINTA Y SEIS Y 80/100 SOLES

(*) El importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Marzo 2019. Consultar en: según RS-007-09 SUNAT Cap. I Art. 4 inciso 5) b


Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un comprobante a: pagoshdta@hidrandina.com.pe Revela el estado de cuenta de su recibo en: <http://www.hidrandina.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.asp?empresa=3>



Facturación: Marzo-2019

Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERÚ S.A.
Suministro: 49530352
Dirección: Av. Pescadores S/N, Sec. Industrial 27
Ruta: 194-1261-10683
Emisión: 04/04/2019
Vencimiento: 22/04/2019

Recibo N°: 551-24597837
Chimbote/Santa
TOTAL A PAGAR S/ **126,937.80**



Recibo N° 551-24694463

Chimbote/Santa

Recibo por Consumo del 01/04/2019 al 30/04/2019

Cliente **Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERU S.A.**
 R.U.C. **2010080351**
 Dirección **Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27 de Oct.**
 Referencia
 Ruta **194-1261-10683**
 Tarifa **MT3** Serie Medidor **00000012944503 - Electron.**
 Medición **Medio Tension** N° Hilos Medidor **4**
 Tensión y SED **13,27.62 kV / E-340564** Modalidad **Potencia Variable**
 Sist. Eléctrico **SE0119 Chimbote (S4 (ST2))** Inicio Contrato **01/11/2005**
 Tipo Suministro **Trifásica-Aérea(CS.4)** Término Contrato **31/10/2019**

CARBO

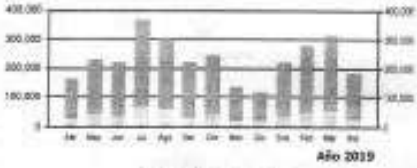
Hidrandina

EMPRESA NACIONAL DE SERVICIOS ENERGÉTICOS S.A.
SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
18 Calle de Ayacucho - Sur -
S.A.S. 0000000000

Abril-2019

CÓDIGO 49530352

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	12,998,8227	13,112,8493	154,0226	184,827,1293	Cargo Fijo		5.7000	6.70
Energía Activa Hora Punta (kWh)	2,095,3102	2,107,3015	21,0213	25,225,5600	Cargo por Reparación y Mantenimiento			15.96
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	10,872,5125	11,005,5138	133,0213	159,601,5600	Energía Activa HP	25225,5600	0.2351	5920.51
Energía Reactiva (kVArh)	8,696,4247	8,002,1027	693,6760	124,413,9000	Energía Activa FP	159601,5600	0.1416	22650.70
Potencia Hora Punta (kW)	0.7939	0.9660	0.3660	439,2300	Energía Reactiva	68665,4640	0.0425	2915.72
Potencia Hora Punta (kV)	0.7167	0.4877	0.4677	697,2400	Por Uso Redes Distrib.	479,1200	14.1900	6796.58
Factor Calificación: 0.3531	Fac. Medid: 1,299,0000				Por Activa Generación FP	367,2400	26.4900	9722.97
					Alumbrado Público (Alcaldía - \$ 0.0252)			1560.62
					Imp. Dist. a las Ventas			8922.77
					Gasto por Redondeo	1,0000	0.0400	0.04
					Diferencia de redondeo		0.0400	0.04
					Aporte Ley Nro. 28746 - 0.5584	194827,1200	0.0084	1632.58
TOTAL RECIBO DE ABRIL-2019								82261.69



Reporte 2 Últimos Meses Periodo
FEB-2019 al 11/2019 DE MAR-2019 al 29/03/20

HISTÓRICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

Mo	Ma	Je	Vi	Do	Lu	Mi	Ju	Ag	Se	Oct	Nov	Dic	Jan	Feb	Mar	Abr
2019 Ago	1750	1610	1690	1650	1500	1400	1300	1200	1100	1000	900	800	700	600	500	400
2019 Ago	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
2019 Ago	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
2019 Ago	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250

SIMA CHIMBOTE ASTILLERO
RECIBIDO
 14 MAYO 2019 / 10:20
 JEFATURA P.P. ASTILLERO

Emisión 04/05/2019 Vencimiento 23/05/2019 TOTAL S/*****83,241.40

Su AMT es : A3242 - TRAF02 de SE de Potencia : S.E. TRAPECIO

San OCHOENTA Y TRES MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y UNO (83242) SOLES

(*) El importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Abril-2019 Computable, emitido según RS-007-99-SUNAT Cap I Art.4, inciso 6.1.c

Si realiza el pago via transferencia bancaria debe enviar un
 correo a pago@hidrandina.com.pe Revise el estado de
 cuenta de su recibo en:
<http://www.distribuid.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.asp>
 x?empresa=3

Handwritten signature

Hidrandina S.A.S. 0000000000

Facturación: **Abril-2019**
 Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERU S.A.
 Suministro 49530352
 Dirección Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27
 Ruta 194-1261-10683
 Emisión 04/05/2019

Recibo N° 551-24694463
 Chimbote/Santa
TOTAL A PAGAR S/ ***83,241.40**



Recibo N° 551-24894501

Chimbote/Santa

Recibo por Consumo del 01/05/2019 al 31/05/2019



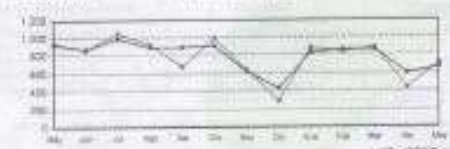
Mayo-2019

CÓDIGO 49530352

Cliente: Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERU S.A.
R.U.C.: 20100803351
Dirección: Av. Pescadores S/N, Sec. Industrial 27 de Oct.
Referencia:
Ruta: 194-1261-10683
Tarifa: MT3 **Serie Medidor:** 020005012944/063 - Electrón.
Medición: Media Tension **N° Hilo Medidor:** 4
Tensión y SED: 15.207.02 MV (E-340564) **Modalidad:** Potencia Variable
Sist. Eléctrico: SE0119 Chimbote (Sa. 5712) **Inicio Contrato:** 01/11/2005
Tipo Suministro: Trifásico-Aéreo(CA-E) **Termino Contrato:** 31/10/2019

Promedio Muestra Demanda: 879.1200 **Potencia Contratada:** 1.028.0000
Calificación: Fuera de Punta **Horas/Punta:** 130

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	10.112.8433	13.269.7720	3.156.9287	205.112.9450	Cargo Fijo		0.7000	143.00
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	2.107.3310	2.199.3296	91.9986	33.597.7200	Cargo por Reparación y Mantenimiento		0.2999	1023.14
Energía Activa Punta (kWh)	11.205.5123	11.146.4424	-59.0699	171.514.3200	Energía Activa FP	3357.7200	0.2999	1007.19
Energía Reactiva (kVarh)	0.002.1027	0.118.0498	0.115.9471	136.736.5200	Energía Activa PP	171514.3200	0.1940	33479.79
Potencia Hora Punta (kW)	0.3885	0.3892	0.0007	331.4000	Energía Reactiva	7322.9200	0.5400	3975.63
Potencia Fuera Punta (kW)	0.4077	0.5338	0.1261	893.1300	Pos. Uso Fuera Punta FP	879.1200	14.8000	12999.58
Factor Calificación: 0.3883	Fac. Medic. 1.893.0000				Pos. Activa Generación FP	107.4300	26.6400	2864.14
					Alumbrado/Público (Alcaldía - S/ 0.2000)			2024.80
					SUB-TOTAL			79585.76
					Imp. Dist. a las Ventas	1.0000	0.1400	140.00
					Exención de Retención		0.0000	0.00
					Diferencia de Retención		0.0000	0.00
					Aporte Ley Nro. 28740 - 0.0004	205112.0400	0.0004	82.00
					TOTAL RECIBO DE MAYO-2019			84514.30



CENTRO DE OPERACIONES PISCADEROS
 No. 20-0-0-126011-00 No. 000-0214-0-0341-00
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO Y DEMANDA

Indicador	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Cumplimiento	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00
Demanda	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
PP kW	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
FP kW	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

Emisión: 04/06/2019 **Vencimiento:** 20/06/2019 **TOTAL:** S/*****94,514.30

Su AMT es : A3243 - TRAF02 de SE de Potencia - S.E. TRIAPECIO
 Son: NOVENA Y CUATRO MIL CINCUENTA Y SEIS (94516) SOLES
 (I.E. 19.0000) en donde queda referencial el total del recibo del mes de Mayo-2019. Compruebe emisión según RG-007-98-SUNAT Cap. I Art. 4. inciso 5.1.2.
 Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a pagos@hidrandina.com.pe o revisar el estado de cuenta de su recibo en <http://www.hidrandina.com.pe/ConsultaRecibo/ConsultaRecibo.asp?x?empl=04-3>

Facturación: Mayo-2019
 Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERU S.A.
 Suministro: 49530352
 Dirección: Av. Pescadores S/N, Sec. Industrial 27
 Ruta: 194-1261-10683
 Emisión: 04/06/2019
 Vencimiento: 20/06/2019

Recibo N° 551-24894501
 Chimbote/Santa
TOTAL A PAGAR: S/ *****94,514.30

Recibo N° 551-25043186

Chimbote/Santa

Recibo por Consumo del 01/06/2019 al 30/06/2019



Junio-2019

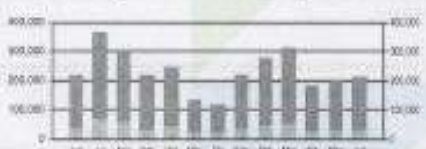
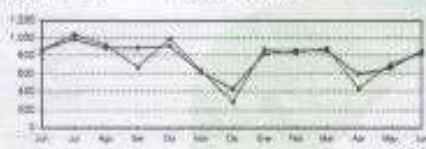
Junio-2019

CÓDIGO 49530352

Cliente	Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERÚ S.A.		
R.U.C.	2010003351		
Dirección	Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27 de Oct.		
Referencia			
Ruta	194-1261-10883		
Tarifa	MT3	Serie Medidor	00000012944963 - Electrón.
Medidor	Medida Tension	N° Hilos Medidor	4
Tensión y SED	13.2/7.82 kV / E-340594	Modelidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SED119 Chimbote (Se. ST2)	Inicio Contrato	01/11/2005
Tipo Suministro	T trifásica-Aérea(C1.4)	Termino Contrato	31/10/2010

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada		
879.1200	1.000.0000		
Calificación	Fuera de Punta	Horas Punta	120

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	12,283.7730	13,483.1212	1,199.3482	217.619.0400	Carga Fija		6.7000	6.70
Energía Activa Hora Punta (kWh)	2,135.3299	2,162.9677	27.6378	32.886.7200	Cargo por Reparación y Mantenimiento			15.90
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	11,148.4434	11,320.1535	154.7101	184.032.3200	Energía Activa HP	30666.7200	0.2586	7920.26
Energía Reactiva (kVArh)	9,110.5428	9,225.0384	104.4956	131.036.3200	Energía Activa FP	194033.3200	0.1940	38671.00
Potencia Hora Punta (kW)	0.5695	0.5691	-0.0004	623.3200	Energía Reactiva	66220.6080	0.0428	2834.24
Potencia Fuera Punta (kW)	0.3320	0.7110	0.3790	603.2000	Pot. Uso Redes Distrito FP	879.1200	14.8038	13028.96
Factor Calificación: 0.2150	Fac.Medic.: 1,200.0000				Pot. Activa Generación FP	883.2000	25.6400	22729.20
					Alumbrado Público (Rafaela - S/O 3424)			2199.80
					SUB TOTAL			54498.72
					Imp. Gen. a las Ventas			18204.01
					Cargo por Instalación	1.0000	0.0200	-0.00
					Diferencia de facturación			-0.00
					Aporte Ley 1611 2014B	0.0264	217616.0400	0.0264
								1820.00
					TOTAL RECIBO DE JUNIO-2019			101498.70



VERIFICAR 2 Últimos Meses Facturados

del 2018 al 2018 (1) del 2019 al 2019 (2)

HISTORICO DE CONSUMO Y DEMANDA

	Jan	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Consumo	669	2002	3274	3862	2094	1071	623	1006	2088	3676	3602	1111
Demanda	141	140	140	140	141	141	141	141	141	141	141	141
Factor Cal	0.1750	0.0700	0.0400	0.0360	0.0670	0.1300	0.2200	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1200
Fac.Medic	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400

Emisión 04/07/2019 Vencimiento 22/07/2019 TOTAL S/****101,498.70

Su ANT es : A3243 - TRAF02 de SE de Potencia : S.E. TRAPECIO

Seis CIENTO UNO MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y OCHO 7 70100 SOLES
 (El monto en miles hace referencia al total del recibo del mes de Junio-2019 Generación emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I Art. 4, inciso 5.1.2)

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a: pagos@hidrandina.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en <http://www.distribuidora.com.pe/ConsultaRecibo/ConsultaRecibo.asp?Empresa=3>

Hidrandina S.A.S. 2013000000
 Facturación: **Junio-2019**
 Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERÚ S.A.
 Suministro 49530352
 Dirección Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27
 Ruta 194-1261-10883
 Emisión 04/07/2019
 Vencimiento 22/07/2019

Recibo N° 551-25043186
 Chimbote/Santa
TOTAL A PAGAR S/ **101,498.70**



CARGO

Hidrandina

COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A.
D. PISCADEROS S/N. SEC. INDUSTRIAL 27. LIMA
TEL: 011 426 0000

Julio-2019

CÓDIGO 49530352

Recibo N° 551-25192056

Chimbote/Santa

Recibo por Consumo del 01/07/2019 al 31/07/2019

Cliente: **Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERÚ S.A.**
 R.U.G.: **28-60003381**
 Dirección: **Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27 de Oct.**
 Referencia:
 Ruta: **194-1261-10683**
 Tarifa: **MT3** Sema Medidor: **00000012944503 - Electrón.**
 Medición: **Medida Tension** N° Hilo Medidor: **4**
 Tensión y SED: **15,27,62 kV / 6-340594** Modalidad: **Potencia Variable**
 Sist. Eléctrico: **SEDI-19 Chimbote (Se (STZ))** Inicio Contrato: **01/11/2008**
 Tipo Suministro: **Tribólica-Aéreo(CSA)** Término Contrato: **31/10/2019**

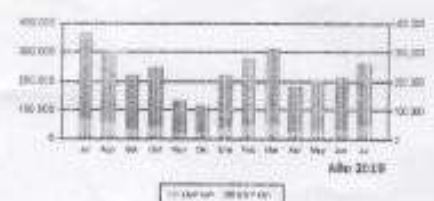
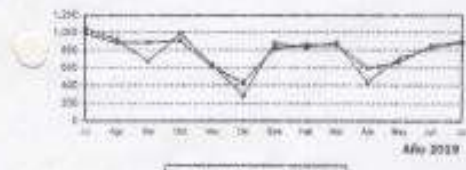
Procedo Máxima Demanda	Potencia Contratada
887.200	1.008.000

Catificación	Punto de Ruta	Horas/Punto	SE

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda
Energía Activa Total (kWh)	13.465.1212	13.002.8545	217.7157	201.325.4400
Energía Activa Hora Punta (kWh)	2.782.9677	2.002.4751	39.6074	47.888.6600
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	11.302.5636	11.490.4198	177.8852	275.433.5600
Energía Reactiva (kVarh)	0.025.0264	0.038.0490	130.0172	107.002.4400
Potencia Hora Punta (kW)	0.6661	0.7388	0.7388	380.3200
Potencia Fuera Punta (kW)	0.7118	0.7425	0.7425	491.3600

Factor Catificación: 4.4129 Fac. Medid.: 1.200.0000

Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Cargo Fijo		0.5591	4.92
Cargo por Recopilación y Mantenimiento			15.30
Energía Activa HP	4788.6600	2.2884	11421.00
Energía Activa FP	275433.5600	0.1941	4487.27
Energía Reactiva	7094.3000	2.0421	1369.14
Pot. Activa Demanda HP	380.3200	14.6254	12149.67
Pot. Activa Demanda FP	391.3600	28.8351	2309.23
Alumbrado P. Alameda (Alameda - S/O 2072)			223.21
Ajuste Tensión	1.0000	-05.8301	-51.62
SUS TOTAL			55402.47
Imp. Gral. a las Ventas			17183.33
Saldo por cobrarse	1.0000	0.0193	0.37
Diferencia de redondeo		-0.0101	-0.37
D.S. 005-97-EM	1.0000	-3001.8293	-3001.83
Aporte Ley Nro 28748 - S1004	201325.4400	0.0284	2703.75
TOTAL RECIBO DE JULIO-2019			111014.40



Informe de Otros Medios de Pago
 May - 2019 a Julio 2019 Jun - 2019 a Julio 2019

Historial de consumos y demandas

Med	May	Jun	Jul	May	Jun	Jul
Consumo	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Demanda	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Tasa de Pago sobre Cuenta FONDECOL WU19101013410000



Emisión: **04/08/2019** Vencimiento: **21/08/2019** **TOTAL S/*****111,014.40**

Su AMT es: A3243 - TRAF002 de RE de Potencia - S.E. TRAFECIO

Señ. CIENTO ONCE MIL CATORCE Y ADOCE SO, 00
 (1) El importe en letra hace referencia al pago del recibo del mes de Julio-2019. Compárenlo con el según PS-2017-09 SUNAT Cap I, Art. 4, inciso 6.1.1.

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a: pagos@hidrandina.com.pe Revise el estado de su cuenta de su recibo en: <http://www.distribuz.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.asp> y/tempestad

Hidrandina COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A.
Facturación Julio-2019
 Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERÚ S.A.
 Sucesión: 49530352
 Dirección: Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27
 Ruta: 194-1261-10683
 Emisión: 04/08/2019

Recibo N°: 551-25192056
 Chimbote/Santa
TOTAL A PAGAR S/ ***111,014.40**



Recibo N° 551-25491141

Chimbo/Santa

Recibo por Consumo del 01/09/2019 al 30/09/2019



Cliente: Servicio Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERU S.A.
 R.U.C.: 2019000351
 Dirección: Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27 de Oct. - Chimbo, Santa - Ancash.
 Referencia:
 Ruta: 194-1261-10683
 Tipo: MT3 Serie Medidor: 00000012944503 - Electrón.
 Medición: Modos Tensión: N° Hubs Medidor: 4
 Tensión y SED: 13.2/162 kV / E-240594: Medición: Potencia Variable.
 Sist. Eléctrico: SE0119 Chimbo (Sa ST2): Inicio Contrato: 01/11/2006
 Tipo Suministro: Trifásico-Antes(CS.4): Término Contrato: 31/10/2019

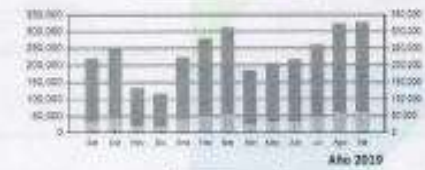
Setiembre-2019

CÓDIGO 49530352

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
694.2400	1.008.0000

Calificación: Horas Punta: Horas NoPunta: 125

Magnitud Lida	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	13.953.8398	14.226.4330	272.5931	327.184.9200	Cargo Fijo		8.1450	6.75
Energía Activa Hora Punta (kWh)	2.252.1568	2.302.4870	50.3302	60.400.9200	Cargo por Reparación y Mantenimiento de la Conexión			77.25
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	11.701.6830	11.924.0029	222.3208	266.784.0000	Energía Activa HP	60490.8200	0.2323	14043.21
Energía Reactiva (kVArh)	8.521.8700	8.706.0245	179.1548	214.078.3200	Energía Activa FP	266794.0000	0.1897	50547.14
Potencia Hora Punta (kW)	0.7268	0.7287	0.0287	874.4400	Energía Reactiva	179062.8400	0.0429	7680.38
Potencia Fuera Punta (kW)	0.7478	0.7107	-0.0371	852.8400	Pot. Lida Redes Distrib-HP	694.2400	14.6180	10118.02
Factor Calificación: 0.8528	Fac. Medid: 1.200.0000				Pot. Activa Conexión HP	874.4400	10.6490	9290.52
					Acumulado Pábrica (Alcance) T0 0.8500			7214.80
					SUB TOTAL			130669.39
					Imp. Gen. a las Ventas			25844.72
					Solo por retardo	1.0000	0.0490	0.04
					Redondeo		0.0380	0.03
					Ayuda Ley Nro. 28748	327184.9200	0.0084	2748.35
					TOTAL RECIBO DE SEPTIEMBRE 2019			157162.73
					Ayuda Ley Nro. 28748			



Meses 2 Últimos Meses Pasados
 Jul. 2019 N° 111914.97 Ago. 2019 N° 111986.76

HISTORIO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	
Consumo	1859	8898	1151	8870	1089	2286	8914	9821	1751	1602	1194	1194	2812	2812	2812	2812	2812	2812	
Demanda	199	499	297	380	380	484	528	588	388	388	388	388	388	388	388	388	388	388	
HP (kWh)	8028	3434	1028	1736	2188	3188	3188	3188	3188	3188	3188	3188	3188	3188	3188	3188	3188	3188	3188
FP (kWh)	1056	5464	1123	5034	8702	8626	6623	6623	6623	6623	6623	6623	6623	6623	6623	6623	6623	6623	6623

Emisión: 04/10/2019 Vencimiento: 21/10/2019 TOTAL: S/****157,162.70

Su AMT es: A3243 - TRAF02 de SE de Potencia - S.E. TRAFECIO
 Son CIENTO CINCUENTA Y SIETE MIL CIENTO SESENTA Y DOS YNOBIO SOLES
 El Imposto de los valores referencial al 10% del total del mes de Setiembre-2019 Computado según Ley N° 28748 Ley N° 28748.

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a: pago@distruz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en: <http://www.distruz.com.pe/ConsultaRedes/ConsultaRecibo.asp> (Empresario)

Facturador: Setiembre-2019
 Servicio Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERU S.A.
 Suministro: 49530352
 Dirección: Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27
 Ruta: 194-1261-10683
 Emisión: 04/10/2019
 Vencimiento: 21/10/2019

Recibo N° 551-25491141
 Chimbo/Santa
TOTAL A PAGAR S/ **157,162.70**



Recibo N° 551-25641040
Chimbot/Santa

Recibo por Consumo del 01/10/2019 al 31/10/2019

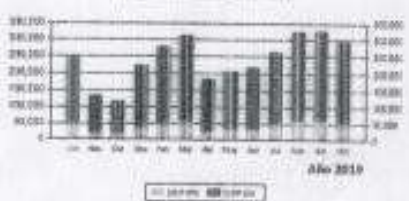
Cliente: Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERÚ S.A.
R.U.C.: 2010003391
Dirección: Av. Pescadores S/N, Sec. Industrial 27 de Oct.
Referencia:
Ruta: 194-1261-10683
Terma: MTS Serie Medidor: 00900012944563 - Electrón.
Medición: Modo Tensión Nº Hnos Medidor: 4
Tensión y SED: 13.2/7.62 KV / E-340994 Modalidad: Potencia Variable
S.E. (Medidas): SED119 Chimbot/S (Se (STC)) Inicio Control: 01/11/2001
Tipo Suministro: Trifásico-Aéreo(CS-A) Término Control: 31/10/2020



Octubre-2019

CÓDIGO 49530352

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	14,226,4939	14,472,7218	246,2276	256,472,8396	Cargo Fijo		0,7500	8,75
Energía Activa Hora Punta (kWh)	2,302,4910	3,348,0864	41,5744	52,294,3360	Cargo por Reparación y Mantenimiento			17,39
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	11,204,0029	12,128,6354	202,6368	343,178,5036	Energía Activa PP	5284,9630	0,0400	211,39
Energía Reactiva (kVArh)	9,700,2246	9,860,1899	163,3958	182,438,3392	Energía Activa FP	24078,5200	0,1000	2407,85
Potencia Hora Punta (kW)	0,7287	0,7500	0,1038	916,1390	Energía Reactiva	10078,4200	0,0400	403,14
Potencia Fuera Punta (kW)	0,7107	0,7300	0,1398	998,0000	Por Uso Redes Clientes CP	896,1200	14,0000	125,45
Factor de Corrección (0,8299)	Por Medir	1,000000			Por Activo Generación FP	895,1200	20,0000	179,02
					Administración (Alquiler - S/ 0,3488)			34,88
					SUB TOTAL			3142,91
					Imp. Grat. a las Ventas			384,18
					Saldo por reembolso	1,0000	-0,0000	-0,00
					Diferencial de recargas			0,00
					Regulación Transmisión D.S. 085-87-UR	1,0000	-190,1000	-190,10
					Aplicación Ley Nro. 26743 - 0,0084	236473,6800	0,0084	1980,18
					TOTAL RECIBO DE OCTUBRE 2019			3109,98



Informe 2. Déficit de Facturación

Año: 2019 al 10/10/19 S.E. - 2019 al 10/10/19

REPORTE DE DEBITOS Y CANCELACIONES

Período	Jan	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Debitos	2000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
Cancelaciones	1000	1200	1500	1800	2200	2500	2800	3200	3500	3800	4200	4500
Saldo	1000	300	500	700	800	1000	1200	1300	1500	1700	1800	2000

Emisión: 04/11/2019 Vencimiento: 20/11/2019

TOTAL S/ 3109,98

Su AMT es: 43343 - TRANS de SE de Potencia: S.E. TRAPEZOID

Se le cobró CREDITO DE CANCELACIONES Y ABONO SOLICITADO

El presente es un recibo referencial al final del recibo del mes de Octubre-2019. Demos-trasero emite según RD-001-99 SUNAT Cap. I Art.4, inciso 8.1.2

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a: pagocliente@distruz.com.pe. Revise el estado de su cuenta de su recibo en: <http://www.distruz.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.asp> y/impresor-S

Referencia: Octubre-2019
Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERÚ S.A.
Suministro: 49530352
Dirección: Av. Pescadores S/N, Sec. Industrial 27
Ruta: 194-1261-10683
Emisión: 04/11/2019
Vencimiento: 20/11/2019

Recibo N° 551-25641040
Chimbot/Santa
TOTAL A PAGAR S/ 3109,98



Recibo Nº 551-25791069

Chimbote/Santa

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



Cliente: Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERÚ S.A.

R.U.C.: 3018093381

Dirección: Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27 de Oct.

Referencia:

Ruta: 194-1261-10683

Tarifa: MT3

Serie Medidor: 00000012944563 - Electrón.

Medición: Medida Tension

Nº Hilo Medidor: 4

Tensión y SED: 13,27.62 kV / E-340384

Modalidad: Potencia Variable

Sist. Eléctrico: SED118 Chimbote (Se (STZ)

Inicio Contrato: 01/11/2005

Tipo Suministro: Trifásico-Aéreo(CS 4)

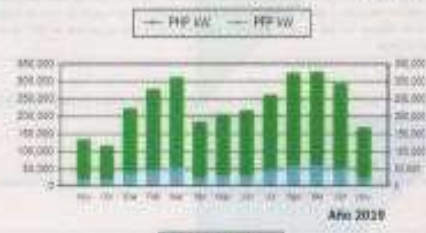
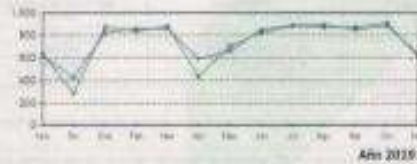
Termino Contrato: 31/10/2020

Noviembre-2019

CÓDIGO 49530352

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada		
906.1200	1.008.0000		
Calificación	Fuera de Punta	HorasPunta	125

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	14,472.7219	14,913.3777	540.6558	168,766.9600	Cargo Fijo		0.9200	9.920
Energía Activa Hora Punta (kWh)	3,348.0994	3,387.2038	39.1045	21,1345	Cargo por Reparación y Mantenimiento			16.96
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	12,128.6625	12,246.1739	117.5213	143,425.9600	Energía Activa HP	25081.4000	0.2532	6421.51
Energía Reactiva (kVArh)	8,668.5686	9,207.4020	538.8334	118,243.2800	Energía Activa FP	140425.5000	0.2070	29088.08
Potencia Hora Punta (kW)	0.7039	0.9076	0.2037	669.1200	Energía Reactiva	66667.1600	0.0432	2884.25
Potencia Fuera Punta (kW)	0.7389	0.5352	-0.2037	642.2400	Pre Uso Redes Distrib FP	906.1200	10.0300	9013.28
Factor Calificación: 0.7359	Fac. Medid: 1,200.0000				Pre. Activa Generación FP	642.2400	35.3600	21425.15
					AumentadoPúblico (Acuerdo: SI 0.5248)			1574.70
					SUB TOTAL			71794.62
					Imp. Gral. a las Ventas			12821.27
					Saldo por redondeo	1.0000	-0.0100	-0.01
					Diferencia de redondeo		0.0100	0.01
					Aporte Ley No. 28740	0.0384	156788.9800	5.0084
					TOTAL RECIBO DE NOVIEMBRE-2019			86123.99



Reporte 3 Otros Meses Facturados
 Del 2019 al 10/10/19 Del 2019 al 13/01/20

HISTORICO DE CONSUMO Y DEMANDAS

Mes	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Consumo	17071	18889	20900	22900	24900	26900	28900	30900	32900	34900	36900
Demanda	3271	3487	3710	3944	4175	4410	4650	4890	5130	5370	5610
HP kW	79100	82000	84900	87800	90700	93600	96500	99400	102300	105200	108100
FP kW	20300	21200	22100	23000	23900	24800	25700	26600	27500	28400	29300

Emisión 04/12/2019 **Vencimiento** 19/12/2019 **TOTAL** S/*****86,123.90

Su AMT es: A3243 - TRA802 de SE de Potencia: S.E. TRAPECIDO
 Sin - COHEMTA y SEIS MIL CIENTO VEINTITRES Y 90/100 SOLES
 (*) El Importe en Letras debe referenciar al total del recibo del mes de Noviembre-2019. Compromiso emitido según RS-007-09 SUNAT Cap. 1, Art. 4, inciso 5.1.d.

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un comprobante a: pago@hidrandina.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en: <http://www.distribuz.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.asp?x=empresa>

Hidrandina S.A.S. 3018093381
Facturación: Noviembre-2019
 Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERÚ S.A.
 Suministro: 49530352
 Dirección: Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27
 Ruta: 194-1261-10683
 Emisión: 04/12/2019
 Vencimiento: 19/12/2019

Recibo Nº 551-25791069
 Chimbote/Santa
TOTAL A PAGAR S/ ***86,123.90**



Recibo N° 551-25941483

Chimbote/Santa

Recibo por Consumo del 01/12/2019 al 31/12/2019

Cliete: Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERÚ S.A.

R.U.C: 2619603351

Dirección: Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27 de Oct.

Referencia:

Ruta: 194-1261-10683

Tarifa: MT3

Medición: Medio Tensión

Tensión y SED: 13.2/7.62 kV / E-340294

Sit. Eléctrico: SED119 Chimbote (Ba (ST2))

Tipo Suministro: Trifásico-Admra(C5.4)

Serie Medidor: 00000012944563 - Electrón

N° Hilos Medidor: 4

Modalidad: Potencia Variable

Inicio Contrato: 01/11/2005

Termino Contrato: 31/10/2020



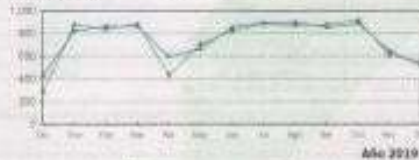
COMPAÑÍA PERUANA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A. (S.A. DISTRIBUCIÓN)

Diciembre-2019

CÓDIGO 49530352

Calificación: Fuera de Punto Hora/Punto: 125

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	14,613,3777	14,721,7988	108,4219	130,106,2900	Cargo Fijo		0,0000	8,89
Energía Activa Hora Punta (kWh)	3,367,2029	3,380,8089	13,6060	15,326,0000	Cargo por Reposición y Mantenimiento			15,90
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	12,246,1738	12,340,9897	94,8158	113,780,2900	Energía Activa EP	10326,0000	0,2540	4140,80
Energía Reactiva (kVh)	8,997,4590	10,032,5530	10,3540	90,112,9000	Energía Activa FP	113780,2900	0,2078	23643,04
Potencia Hora Punta (kW)	8,8079	8,4817	-0,4817	604,0400	Energía Reactiva	81085,9180	0,0432	2300,70
Potencia Fuera Punta (kW)	8,4352	8,4350	-0,0002	523,0000	Por Uso Redes Datos FP	906,1200	10,0000	9064,22
Factor Calificación: 0,2507	Por Medir: 1,200,0000				Por Admra Generación FP	954,0400	30,4900	18554,80
					Alumbrado Público (Alcanta: 5/ 0,5267)			1590,10
					SUB TOTAL			69805,89
					Imp. Dir. a las Ventas			10704,42
					Saldo por redondeo	1,0000	-0,2100	-0,21
					Diferencia de redondeo			0,2100
					Aporte Ley No. 26744 - 2,0084	130106,2900	0,3084	1002,89
					TOTAL RECIBO DE DICIEMBRE-2019			71856,30



Importe 2 Últimos Meses Facturados: Oct - 2019 S/ 128019,40 Nov - 2019 S/ 60103,00

HISTORIO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

Fact. Mes	Jan	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fact. Mes	899	9086	10260	9820	9860	10794	9860	9894	9878	10242	14485	10794
Fact. Mes	997	9970	9999	9949	9924	1088	998	999	999	999	999	999
Fact. Mes	12,880	12,880	12,880	12,880	12,880	12,880	12,880	12,880	12,880	12,880	12,880	12,880
Fact. Mes	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

Emisión: 04/01/2020

Vencimiento: 21/01/2020



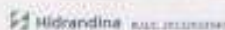
TOTAL S/*****71,856.30

Bu AMT es : A3243 - TRAB02 de SE de Potencia : S.E. TRAPECIO

Bu: SETENTA Y UNO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y SEIS 100130 SOLES

[*] El importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Diciembre-2019 Compromiso emitido según RS-007-88 SUNAT Cap. I Art. 4, Inciso 8.1.4

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a: pagomrta@distribuz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en: <http://www.distribuz.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.asp?Empresa=3>



Facturación: Diciembre-2019

Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERÚ S.A.

Suministro: 49530352

Dirección: Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27

Ruta: 194-1261-10683

Emisión: 04/01/2020

Vencimiento: 21/01/2020

Recibo N° 551-25941483

Chimbote/Santa

TOTAL A PAGAR S/ *****71,856.30



Recibo N° 5551-26092106
 Chimbote/Santa
 Recibo por Consumo del 01/01/2020 al 31/01/2020

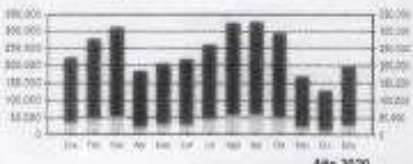
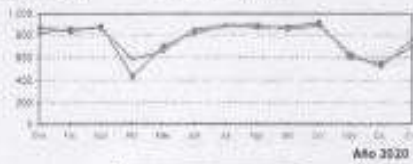


Cliete: Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERU S.A.
 R.U.C.: 2010003351
 Dirección: Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27 de Oct.
 Referencia:
 Ruta: 194-1261-10683
 Tarifa: MT3 Serie Medidor: 000000012944563 - Electrón
 Medición: Medida Tarifa N° Hilo Medidor: 4
 Tensión y SED: 12.27 kV / E-340594 Modalidad: Potencia Variable Promedio Máxima Demanda: 908.1200 Potencia Contratada: 1.000.0000
 Sit. Eléctrico: 050119 Chimbote (Sa (ST2)) Inicio Contrato: 01/11/2005
 Tipo Suministro: Trifásico-Aérea(C.E.4) Término Contrato: 31/10/2020 Cálificación: Fuera de Pauta Horas/Pauta: 130

Enero-2020

CÓDIGO 49530352

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	14.721.7966	14.896.0570	166.8074	200.228.8800	Cargo Fijo		0.0000	0.00
Energía Activa Fuera Pauta (kWh)	2.280.0000	2.400.9450	26.0301	37.243.3200	Cargo por Reparación y Mantenimiento			10.00
Energía Activa Fuera Pauta (kWh)	12.240.0007	12.461.8120	140.6213	166.883.5600	Energía Activa HP	31240.3200	0.2545	7945.80
Energía Reactiva (kVarh)	10.000.0530	10.140.0369	112.4919	134.478.2800	Energía Activa FP	168890.8950	0.2078	35115.20
Potencia Hora Pauta (kW)	0.4617	0.5800	0.3900	895.8000	Energía Reactiva	24890.6160	0.0432	1070.10
Potencia Fuera Pauta (kW)	0.0200	0.0264	0.0264	760.0000	Pot. Uso Redes Distrib. FP	806.1200	11.3700	9202.50
Factor Cálificación: 0.3157	Fec. Medio: 1.300.0000				Pot. Activa Generación FP	790.0000	33.5100	26571.34
					Alumbrado Público (Alcaldía: SI 0.4780)			1815.60
					SUB TOTAL			84205.40
					Incl. Grad. a las Ventas			10126.00
					Saldo por redondeo	1.8000	-0.0100	-0.01
					Diferencia de redondeo		-0.0000	-0.00
					Aporta Ley Nro. 28743 0.0000	200226.8800	0.0080	1701.07
					TOTAL RECIBO DE ENERO-2020			101082.00



Importe 2 Dólares Feculables
 Nro.: 2019 0 8113300 Qc.: 2019 0 7145630

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

Ed	En	Ma	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Consumo kWh	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Demanda kW	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000



Emisión: 04/02/2020 Vencimiento: 20/02/2020 TOTAL S/****101,082.00

Su AMT es : A3243 - TRAPEZIO de SE de Potencia : S.E. TRAPEZIO

Se: DIENTO UNO MIL OCHENTA Y DOS YSOS BOLES
 (*) El importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Enero-2020. Comprobante emitido según RS-007-09 SUNAT Cap. 1 Art. 4. Anexo 6.1.6

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a: pagoshidra@hidrandina.com.pe Revisa el estado de cuenta de su recibo en: http://www.hidrandina.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.asp c/empresa=0

[Handwritten Signature]

Recibo N° 5551-26092106
 Chimbote/Santa
TOTAL A PAGAR S/ **101,082.00**



Hidrandina S.A.C. 2010032394
Facturación: Enero-2020
 Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERU S.A.
 Suministro: 49530352
 Dirección: Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27
 Ruta: 194-1261-10683
 Emisión: 04/02/2020
 Vencimiento: 20/02/2020

Recibo N° 5551-26243055

Chimbote/Santa

Recibo por Consumo del 01/02/2020 al 29/02/2020



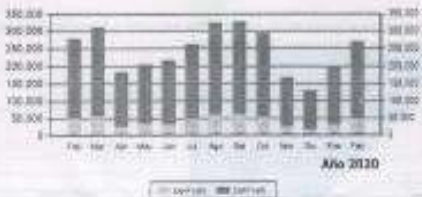
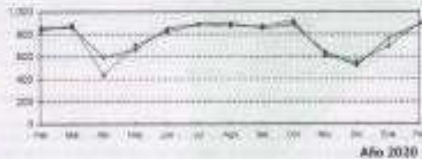
Cliente: **Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERU S.A.**
 R.U.C: **20100603351**
 Dirección: **Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27 de Oct.**
 Referencia:
 Ruta: **194-1261-10683**
 Tarifa: **MT3** Sane Medidor: **00000012944563 - Electrón.**
 Medición: **Medta Tension** N° Híca Medidor: **4**
 Tensión y SED: **13.2/7.62 kV / E-340594** Modalidad: **Potencia Variable**
 Sist. Eléctric: **S00110 Chimbote (Se) (ST2)** Inicio Contrato: **01/11/2000**
 Tipo Suministro: **Teléfrica-Aérea(CS 4)** Término Contrato: **31/10/2020**

Febrero-2020

CÓDIGO 49530352

Promedio Máxima Demanda: **906.3000** Potencia Contratada: **1.000.0000**
 Cálculador: **Fuera de Punta** Horas/Punta: **125**

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	14.588.6570	15.113.8993	234.9330	209.910.8800	Cargo Fijo		9.9300	9.93
Energía Activa Hora Punta (kWh)	2.402.0490	2.440.9072	48.7222	48.149.8400	Cargo por Reparación y Mantenimiento		14.90	14.90
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	12.481.6120	12.669.9221	188.3111	221.770.2000	Energía Activa HP	48149.8400	0.2519	12123.02
Energía Reactiva (kVarh)	10.148.0340	10.281.3880	148.3611	175.601.5000	Energía Activa FP	221770.2000	0.2062	45729.98
Potencia Hora Punta (kW)	0.5605	0.7479	0.7478	897.4600	Energía Reactiva	8945.3300	0.5402	4084.28
Potencia Fuera Punta (kW)	0.6284	0.7428	0.7428	897.3600	Por Uso Retea Distrib	906.3000	11.7700	10554.62
Factor Corrección - 0.4292		Fac. Medto - 1.398.0000			Por Activo Generación FP	897.4600	22.8500	20462.22
					Alumbrado Público (Alcuzta - 5/ 0.0000)			2000.40
					SLB TOTAL			103797.74
					Imp. Dist. a las Ventas			18879.36
					Saldo por cobros	1.0000	0.0300	6.00
					Diferencia de redondeo			0.0000
					Aporte Ley No. 20746 - 0.0000	209210.9000	0.0000	2161.91
					TOTAL RECIBO DE FEBRERO-2020			124755.58



Inciso 2 Último Mes Facturado
 De: 2019 S/ 1958.30 Cte: 2020 S/ 181602.00

HISTÓRICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

Consumo	HP	FP	MT	MA	ME	MI	MA	MI	MA	MI	MA	MI	MA	MI	MA	MI	MA	MI	MA
Consumo	2080	2040	1860	1710	1640	2140	2070	2070	2070	1440	1390	1400	1470						
Demanda	490	547	524	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550						
HP kW	61.60	60.04	57.02	60.70	61.20	61.90	61.50	62.00	62.00	62.00	62.00	62.00	62.00						
FP kW	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00						

Emisión 06/03/2020 Vencimiento 23/03/2020 TOTAL S/****124,755.50

Su AMT es : A3242 - TRA002 de SE de Potencia : S.E. TRAPECIO

Seis CIENTO VEINTICUATRO MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y CINCO (S/168.905.58)

(*) El importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Febrero-2020. Compárese artículo según RD-007-00 SUNAT Dep. I-Art.4, inciso 8.1.4

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a: pago@hidra@distruz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en: <http://www.distruz.com.pe/ConsultaRecibo/ConsultaRecibo.asp?Empresa=1>

Hidrandina S.A.S. INDECOPI

Facturación: **Febrero-2020**
 Servicios Industriales de la Marina S.A. - SIMA PERU S.A.
 Suministro: **49530352**
 Dirección: **Av. Pescadores S/N. Sec. Industrial 27**
 Ruta: **194-1261-10683**
 Emisión: **06/03/2020**
 Vencimiento: **23/03/2020**

Recibo N°: **5551-26243055**
 Chimbote/Santa
TOTAL A PAGAR S/ **124,755.50**



Anexo B: Condensador marca SCHNEIDER ELECTRIC.

Hoja de características del producto

Especificaciones



VarPlus Can HDuty Capacitor - 50/0 kvar - 440 V - 50/60Hz

BLRCH500A000B44

Principal

Gama de producto	VarPlus Can
Tipo de producto o componente	Sensor de gas pesado
Frecuencia de red	50/60 Hz
Nombre de serie	HDuty
Contenido de armónicos de la red	$\leq 22\%$
Electrical parameters	50 kvar 50 Hz
Tensión máxima admisible	1,1 x U_n - tipo de cable: 8 horas en 24 horas)
Continuous overcurrent capacity	1,5 x I_n
Tensión nominal	440 V AC 50/60 Hz

Complementario

Pérdidas dieléctricas	$\leq 0,2$ W/kvar
Pérdidas de potencia	$\leq 0,5$ W/kVAr
Tolerancia sobre o valor de la capacidad	-5 % a 10 %
Test de tensión	2,15 U_n AC entre terminales para 10 s \Rightarrow 660 V - 3 kV AC entre o terminal y o condensador para 10 s \Rightarrow 660 V - 5 kV AC entre o terminal y o condensador para 10 s
Corriente de inserción	250 x I_n
Maximum switching operation per year	7000
Vida útil en horas	130000 H
Material dieléctrico	Film polipropileno metalizado con una aleación de Zn/Al, resistencia y perfil especial (wave cut)
Material impregnado	Sin PCB resina seca PUR Biodegradable
Tipo de instalación	Instalación interior
Conexiones - terminales	Terminales de perno
Tipo de montaje	Vertical / horizontal
Diámetro	136 mm
Altura	321 mm

Peso del producto	5,3 kg
-------------------	--------

Entorno

Normas	IEC 60631-1 IEC 60631-2
Grado de protección IP	IP00
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m
Clasif. de temperatura	D
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...55 °C
Humedad relativa	95 %

Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	5,334 kg
Paquete 1 Altura	1,850 dm
Paquete 1 ancho	1,850 dm
Paquete 1 Longitud	3,800 dm
Tipo de unidad del paquete 2	P08
Número de unidades en el paquete 2	12
Peso del paquete 2	77,008 kg
Paquete 2 Altura	80 cm
Ancho del paquete 2	80 cm
Longitud del paquete 2	80 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Conforme con REACH sin SVHC	Si
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Si
Sin mercurio	Si
Información sobre exenciones de RoHS	Si
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

Anexo C: Condensador marca LIFASA.

POLB HD 60Hz CONDENSADOR CILÍNDRICO TRIFÁSICO THREE PHASE CYLINDRICAL CAPACITOR

10 ... 50 kvar

HEAVY DUTY

Descripción / Description

La gama de condensadores **Heavy Duty (HD)** ha sido diseñada para asegurar un largo servicio y ofrecer un alto rendimiento debido a sus características eléctricas mejoradas.

Son condensadores auto-regenerantes con dieléctrico de polipropileno de bajas pérdidas, rellenos con gas inerte N_2 , e incorporan un sistema de desconexión por sobrepresión, el cual ofrece un máximo nivel de seguridad ante defectos, al cortar las 3 fases en caso de actuación.

Los condensadores se presentan montados en recipientes de aluminio provistos de saliente roscado M12 para su fijación y puesta a tierra.

La conexión se realiza por regleta con bornes tipo mordaza.

La placa de características del condensador incorpora un código QR, el cual permite la descarga del certificado individual de verificación (ensayo de rutina) que, además, otorga una protección anticopia.

Heavy Duty (HD series) capacitors are designed to offer long time expectancy and outstanding performance with its higher electrical characteristics.

It is a self-healing capacitor with low losses metallized polypropylene dielectric, filled with inert gas N_2 . They have an overpressure disconnection system which provides a high level of safety against internal defects cutting the 3 phases.

Capacitors are built in cylindrical aluminum cans, provided with a M12 stud for fixing and earthing. Connector is made by a terminal block with clamp type terminals.

The name plate includes a QR code associated, allowing you to download the individual routine test certificate, and it also offers a copy protection.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS / TECHNICAL CHARACTERISTICS

• Tensión Nominal / Rated Voltage	230 ... 690V
• Frecuencia / Frequency	60 Hz
• Dieléctrico / Dielectric	Polipropileno / Polypropylene
• Resistencia de descarga / Discharge resistor	Integradas / Fitted
• Pérdidas dieléctricas / Dielectric losses	≤ 0.2 W/kvar
• Pérdidas totales / Total losses	≤ 0.4 W/kvar
• Sobretensión máx. ⁽¹⁾ / Max. Overvoltage ⁽¹⁾	1.1 U_N
• Sobreintensidad máx. / Max. Overcurrent	2 I_N
• Sobreintensidad transitoria / Transient Overcurrent	400 I_N
• Nivel de aislamiento / Isolation level	3/8 kV
• Tolerancia de potencia / Power tolerance	- 5 / + 10 %
• Gama climática ⁽²⁾ / Climatic range ⁽²⁾	- 40 / D (+60°C)
• Expectativa de vida / Life expectancy	> 150.000 horas / hours
• Borne de conexión / Terminal block	Tipo / Type A : 16 mm ² ; 3 Nm max. Pozidriv head screws Tipo / Type B : 25 mm ² ; 3 Nm max. Pozidriv head screws Tipo / Type C : 35 mm ² ; 3.7 Nm max. Hex socket head screws
• Protección / Protection	IP20 IP54 con espaldas hasta Ø116mm / with hood up to Ø116mm
• Normas / Standards	EC 60831, EN 60831, UL 810 Certificación UL en curso / UL certification in progress

Remarks / Notas:

(1) Intensidad de corriente máxima durante 48 horas de operación / Maximum current for 48 hours continuous operation.

(Tested as per IEC 60831-1:2014 Class 13).

(2) Temperatura máxima / Maximum temperature as per IEC 60831-1:2014, Class 4.1

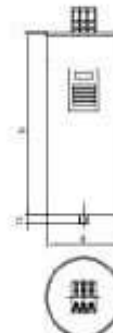
40/D (60 °C) Referencia / Refer: 60 °C Temperatura puntual máxima / Maximum punctual temperature.

45 °C Temperatura media máxima por un período de 24 h / Highest mean temperature over any period of 24 h.

35 °C Temperatura media máxima por un período de 1 año / Highest mean temperature over any period of a year.

HD Features

$I_{max}^{(1)} = 2 I_N$
 $I_{peak} = 400 I_N$
 Life Time Expectancy: 150.000 h
 Temperature Class ⁽²⁾: -40/D(60°C)



POLB HD 60Hz CONDENSADORES HEAVY DUTY
HEAVY DUTY CAPACITORS

Referencia Part Number	60 Hz						CN (*) (µF)	Dimensiones Dimension d x h (mm)	Peso Weight (kg)	Borneo Terminal Block
	230 V		220 V		340 V					
	Qn (kvar)	In (A)	Qn (kvar)	In (A)	Qn (kvar)	In (A)				
POLB23025ZHD	2,5	6,3	2	6,0	3	6,5	3 x 62,7	85 x 175	0,9	A
POLB23050ZHD	5	12,6	4,6	12,0	5,4	13,1	3 x 125,4	85 x 175	1,3	A
POLB23075ZHD	7,5	18,8	7	18,0	8	19,6	3 x 188,0	85 x 245	1,7	A
POLB23100ZHD	10	25,1	9	24,0	11	26,2	3 x 250,7	85 x 245	2,0	A
POLB23135ZHD	13	31,4	11	30,0	14	32,7	3 x 313,4	100 x 245	3,3	A
POLB23150ZHD	15	37,7	14	36,0	16	39,3	3 x 376,1	100 x 245	3,3	A

Referencia Part Number	60 Hz						CN (*) (µF)	Dimensiones Dimension d x h (mm)	Peso Weight (kg)	Borneo Terminal Block
	440 V		400 V		415 V					
	Qn (kvar)	In (A)	Qn (kvar)	In (A)	Qn (kvar)	In (A)				
POLB44100ZHD	10	13,1	8	11,9	9	12,4	3 x 68,5	85 x 175	1,0	A
POLB44135ZHD	12,5	16,4	10,3	14,9	11,3	15,5	3 x 85,6	85 x 245	1,2	A
POLB44150ZHD	15	19,7	13	17,9	13	18,6	3 x 102,8	85 x 245	1,3	A
POLB44182ZHD	18	23,9	15	21,8	16	22,6	3 x 125,0	85 x 245	1,9	A
POLB44200ZHD	20	26,2	16	23,9	18	24,8	3 x 137,0	85 x 245	1,9	A
POLB44250ZHD	25	32,8	20	29,8	22	30,9	3 x 171,3	100 x 245	2,1	A
POLB44300ZHD	30	39,4	25	35,8	27	37,1	3 x 205,5	116 x 245	3,3	B
POLB44364ZHD	36	47,8	30,1	43,4	32,4	45,0	3 x 249,4	116 x 245	3,3	B
POLB44400ZHD	40	52,5	33	47,7	36	49,5	3 x 274,0	136 x 220	4,0	B
POLB44500ZHD	50	65,6	40	59,6	44	61,9	3 x 342,5	136 x 355	5,5	C
POLB40500ZHD	-	-	50	72,0	-	-	3 x 342,5	136 x 355	5,5	C

Referencia Part Number	60 Hz						CN (*) (µF)	Dimensiones Dimension d x h (mm)	Peso Weight (kg)	Borneo Terminal Block
	440 V		400 V		440 V					
	Qn (kvar)	In (A)	Qn (kvar)	In (A)	Qn (kvar)	In (A)				
POLB46025ZHD	2,5	3,1	2	2,7	2	3,0	3 x 15,7	85 x 175	0,9	A
POLB46050ZHD	5	6,3	3,8	5,5	4,6	6,0	3 x 31,3	85 x 175	0,9	A
POLB46075ZHD	7,5	9,4	6	8,2	7	9,0	3 x 47,0	85 x 175	1,1	A
POLB46100ZHD	10	12,6	8	10,9	9	12,0	3 x 62,7	85 x 245	1,1	A
POLB46135ZHD	13	15,7	9	13,6	11	15,0	3 x 78,3	85 x 245	1,2	A
POLB46150ZHD	15	18,8	11	16,4	14	18,0	3 x 94,0	85 x 245	1,4	A
POLB46200ZHD	20	25,1	15	21,8	18	24,0	3 x 125,4	100 x 245	1,9	A
POLB46250ZHD	25	31,4	18,9	27,3	22,9	30,0	3 x 156,7	100 x 245	2,1	A
POLB46300ZHD	30	37,7	23	32,7	27	36,0	3 x 188,0	116 x 245	3,0	B

Otras potencias, tensiones y frecuencias bajo pedido/ Other power, voltages and frequencies on request

(*) Capacidad Medida (Aparente) [Ver Nota Técnica TS 03-020] (*) Measured (Apparent) [Refer to the technical note: TS 03-020]

Anexo D: Condensador CIRCUTOR.

CLZ-FP-HD
CLZ-FPT-HD



Condensador tubular

Descripción

La gama CLZ-HD son condensadores en envoltorio tubular, de tipo seco, abarcando un amplio rango de potencias y tensiones nominales a 50 o 60 Hz. Los condensadores CLZ-HD están diseñados para trabajar en instalaciones con las más rigurosas condiciones de trabajo. Los procesos de diseño, fabricación y ensayos de estos garantizan la producción de equipos duraderos y de alta fiabilidad. Además, los condensadores CLZ disponen de tecnología de refrigeración mediante gas nitrógeno[®], siendo un sistema refrigerante de altas prestaciones, inerte y anti-inflamable.

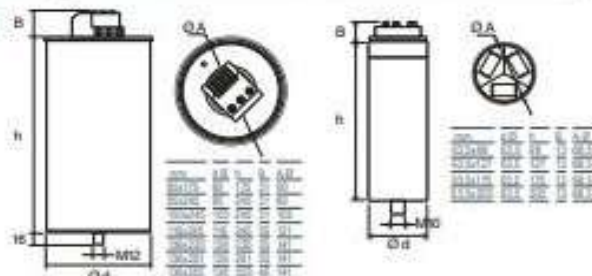
Aplicaciones

Su aplicación se centra en la compensación en instalaciones tanto en cargas fijas como en variaciones de cargas (baterías de condensadores). Especialmente diseñados para su instalación en entornos con las más exigentes condiciones de trabajo debido a su mayor vida útil y resistencia a altas temperaturas.

Características técnicas

Características eléctricas	Subcorriente	1,8 veces la corriente nominal de forma permanente
	Corriente máxima	400 veces la corriente nominal I_n
	Sobretensión	10 % 8 horas diarias
		15 % hasta 30 minutos en 24 horas
		20 % hasta 5 minutos en 24 horas
		30 % hasta 1 minuto en 24 horas
	Nivel de aislamiento	3/3 kV (CLZ-FP-HD) - 3/17 kV (CLZ-FPT-HD)
	Frecuencia	50 / 60 Hz
	Tolerancia	± 5, ± 10%
	Resistencia de descarga	50 V / 7 minutos (0,5 - 50 kvar) 75 V / 3 minutos (10 - 100 kvar)
Pérdidas	Dielectrico: 0,2 W / kvar total e D.A.W. / kvar	
Protecciones	Reprotección: doble filtro Sobretensión: expansión	
Características mecánicas	Envoltorio	Aluminio
	Bases de potencia	M30
	Tornillos de sujeción	M12
	Vida útil	≥ 25.000 horas
	Grado de protección	IP 20
		IP 54 con fase subterránea (opciona) (que a su vez es IP 65, 100, 115, etc)
Condiciones ambientales	Temperatura Clase 0	Máxima: +45 °C
		Méda: +25 °C
		Mínima: -25 °C
		Mínima: -55 °C
Condiciones de montaje	Humedad relativa	95% sin condensación
	Altitud máxima	4.000 m
Condiciones de montaje	Tipo de montaje	Vertical / Horizontal
	Verticidad	Nada o si fuerza según diseño de montaje
	Distancia entre condensadores	Mínimo 2 cm
Normas	IEC 60831-2016	

Dimensiones



CLZ-FP-HD

Condensador tubular

Referencias

U_n = 3 x 240 V / 60 Hz

Tipo	Código	kvar 230 V	kvar 240 V	Hz	Dimensiones (mm) (d x h)	Peso (kg)	Tapa	Terminal
CLZ-FPT-24/2,5-60Hz-HD	R2H622	2,5	2,5	60	63,5 x 127	0,44	-	F
CLZ-FP-24/5-60Hz-HD	R2H626	4,6	5	60	85 x 175	1,0	1	A
CLZ-FP-24/8,25-60Hz-HD	R2H627	5,75	6,25	60	85 x 175	1,3	1	A
CLZ-FP-24/12,5-60Hz-HD	R2H628	6,8	7,5	60	85 x 245	1,3	1	A
CLZ-FP-24/10-60Hz-HD	R2H628	9,2	10	60	85 x 245	1,7	1	A
CLZ-FP-24/12,5-60Hz-HD	R2H62D	11,5	12,5	60	85 x 245	1,6	1	A
CLZ-FP-24/15-60Hz-HD	R2H62E	13,8	15	60	100 x 245	2,1	2	A

U_n = 3 x 440 V / 60 Hz

Tipo	Código	kvar 400 V	kvar 440 V	Hz	Dimensiones (mm) (d x h)	Peso (kg)	Tapa	Terminal
CLZ-FPT-44/1,25-60Hz-HD	R2H641	1	1,25	60	63,5 x 98	0,34	-	F
CLZ-FPT-44/2,5-60Hz-HD	R2H642	2,1	2,5	60	63,5 x 127	0,44	-	F
CLZ-FPT-44/3-60Hz-HD	R2H643	2,5	3	60	63,5 x 127	0,44	-	F
CLZ-FPT-44/3,75-60Hz-HD	R2H644	3,1	3,75	60	63,5 x 127	0,44	-	F
CLZ-FPT-44/5-60Hz-HD	R2H646	4,25	5	60	63,5 x 127	0,44	-	F
CLZ-FP-44/6,25-60Hz-HD	R2H647	5,2	6,25	60	85 x 175	0,8	1	A
CLZ-FP-44/7,5-60Hz-HD	R2H648	6,2	7,5	60	85 x 175	0,9	1	A
CLZ-FP-44/10-60Hz-HD	R2H648	8,3	10	60	85 x 175	1,0	1	A
CLZ-FP-44/12,5-60Hz-HD	R2H64D	10,3	12,5	60	85 x 245	1,1	1	A
CLZ-FP-44/15-60Hz-HD	R2H64E	12,4	15	60	85 x 245	1,2	1	A
CLZ-FP-44/20-60Hz-HD	R2H64J	16,5	20	60	85 x 245	1,5	1	A
CLZ-FP-44/25-60Hz-HD	R2H64L	20,7	25	60	100 x 245	2,0	2	A
CLZ-FP-44/30-60Hz-HD	R2H64M	24,9	30	60	118 x 245	2,3	2	B
CLZ-FP-44/40-60Hz-HD	R2H64R	33,1	40	60	138 x 220	2,8	2	B
CLZ-FP-44/50-60Hz-HD	R2H64S	41,3	50	60	138 x 255	3,8	1	C

U_n = 3 x 480 V / 60 Hz

Tipo	Código	kvar 460 V	kvar 480 V	Hz	Dimensiones (mm) (d x h)	Peso (kg)	Tapa	Terminal
CLZ-FPT-48/2,5-60Hz-HD	R2H762	2,3	2,5	60	63,5 x 127	0,3	-	F
CLZ-FPT-48/5-60Hz-HD	R2H766	4,6	5	60	63,5 x 175	0,8	-	F
CLZ-FPT-48/6,25-60Hz-HD	R2H767	5,75	6,25	60	63,5 x 175	0,9	-	F
CLZ-FPT-48/7,5-60Hz-HD	R2H768	6,8	7,5	60	63,5 x 175	0,9	-	F
CLZ-FP-48/10-60Hz-HD	R2H868	9,2	10	60	85 x 175	1,1	1	A
CLZ-FP-48/12,5-60Hz-HD	R2H86D	11,5	12,5	60	85 x 245	1,2	1	A
CLZ-FP-48/15-60Hz-HD	R2H86E	13,8	15	60	85 x 245	1,3	1	A
CLZ-FP-48/20-60Hz-HD	R2H86J	18,4	20	60	100 x 245	1,8	2	A
CLZ-FP-48/25-60Hz-HD	R2H86L	23	25	60	100 x 245	2,2	2	B
CLZ-FP-48/30-60Hz-HD	R2H86M	27,8	30	60	118 x 245	2,4	2	B
CLZ-FP-48/40-60Hz-HD	R2H86R	36,75	40	60	138 x 220	3,8	-	B
CLZ-FP-48/50-60Hz-HD	R2H86S	45,8	50	60	138 x 255	5,9	-	C

Todos los tipos son con gas seco, excepto los de 63,5 mm de diámetro y el tamaño 138x255 mm.

Dimensiones (d x h) con tubo al lado. Para el tamaño total ver dibujo dimensiones.

Terminal: en máxima sección cable tipo A: 16 mm², tipo B: 25 mm², tipo C:

35 mm², y F en los 6, 3x0,8 mm y con cable máximo 12 A.



Tapas IP 54 para CLZ

Nº Tapa	Tipo	Código
1	TCLZ-FF05	R29911
2	TCLZ-FF10	R29917
3	TCLZ-FF100	R29918

Anexo E: Contactor SCHNEIDER ELECTRIC.

Ficha técnica del producto


Especificaciones

Contactor para condensador TeSys D 3P(1NA+2NC) 25 kVAR 400V Bobina 220VAC

LC1DMKM7

Principal	
Gama	TeSys TeSys Deca
Nombre del producto	TeSys LE TeSys DF
Tipo de producto o componente	Contactor para condensador
Nombre corto del dispositivo	LC1DMK
Aplicación del dispositivo	Control
Aplicación del contactor	Corrección factor potencia
Categoría de empleo	AC-6B
Número de polos	3P
Power pole contact composition	3 NA
Ubicación del dispositivo en el sistema	Interrupción de línea Dentro de la interrupción delta
[Ue] tensión asignada de empleo	Circuito de alimentación, estado 1 690 V CA 50/60 Hz
Potencia reactiva	14 kvar en 230 V CA 50 Hz en +60 °C 25 kvar en 400 V CA 50 Hz en +60 °C 27 kvar en 440 V CA 50 Hz en +60 °C 42 kvar en 690 V CA 50 Hz en +60 °C
Tipo de circuito de control	CA en 50/60 Hz
[Uc] tensión del circuito de control	220 V CA 50/60 Hz
Composición de los contactos auxiliares	1 a + 2 NC instantáneo
Durabilidad eléctrica	300000 ciclos en Ue 400 V 200000 ciclos en Ue 690 V
Tipo de montaje	Carril DIN Placa
Normas	EN/IEC 60947-1 EN/IEC 60947-4-1 IEC 60035-1
Certificaciones de producto	Esquema IECEE CB UKCA
Conexiones - terminales	Circuito de control, estado 1 terminales de fijación por tornillo 1 1...4 mm ² - rigidez del cable sólido Circuito de control, estado 1 terminales de fijación por tornillo 2 1...4 mm ² - rigidez del cable sólido Circuito de control, estado 1 terminales de fijación por tornillo 1 1...4 mm ² - rigidez del cable Flexible an terminal Circuito de control, estado 1 terminales de fijación por tornillo 2 1...4 mm ² - rigidez del cable Flexible an terminal

24/11/2021
UNION | 
1

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Contactor Paracap 60Kvar 400V 1Na+2Nc 220V 50/60Hz

LC1DVK12M7

Principal

Distancia	TeSys
Nombre del producto	TeSys LE
Tipo de producto o componente	Contactor de servicio de condensador
Modelo de dispositivo	LC1DVK
Aplicación del dispositivo	Controlar
Aplicación de contactor	Conexión factor potencia
Categoría de empleo	AC-BB
Número de polos	3P
Power pole contact composition	3 NO
Tensión asignada de empleo	Circuito de alimentación: 690 V CA 50/60 Hz
Potencia reactiva	35 kvar a 230 V CA 50 Hz a +60 °C 63 kvar a 400 V CA 50 Hz a +60 °C 87 kvar a 440 V CA 50 Hz a +60 °C 104 kvar a 690 V CA 50 Hz a +60 °C 30 kvar a 230 V CA 60 Hz a +60 °C 60 kvar a 480 V CA 60 Hz a +60 °C 80 kvar a 575 V CA 60 Hz a +60 °C
Tipo de circuito de control	CA a 50/60 Hz
Tensión de circuito de control	220 V CA 50/60 Hz
Contactos auxiliares disponibles en cada contactor	1 NA + 2 NC instantáneo
Endurancia eléctrica	300000 ciclos a Ue 400 V 200000 ciclos a Ue 690 V
Soporte de montaje	Canti DIN Paca
Normas	ENIEC 60947-1 ENIEC 60947-4-1 UL 60947-4-1 CSA C22.2 No 60947-4-1
Certificados de producto	Esquema IECCE CB UL CSA UKCA
Conexiones - terminales	Circuito de control: conexión tornillo de estribo 1 1...4 mm ² - rigidez de cable: sólido Circuito de control: conexión tornillo de estribo 2 1...4 mm ² - rigidez de cable: sólido Circuito de control: conexión tornillo de estribo 1 1...4 mm ² - rigidez de cable: flexible sin extremo de cable Circuito de control: conexión tornillo de estribo 2 1...4 mm ² - rigidez de cable: flexible sin extremo de cable Circuito de control: conexión tornillo de estribo 1 1...4 mm ² - rigidez de cable: flexible con extr. cable Circuito de control: conexión tornillo de estribo 2 1...2,5 mm ² - rigidez de cable: flexible con extr. cable Circuito de alimentación: conector 1 4...50 mm ² - rigidez de cable: sólido

22/11/2021

schneider

1



CONTACTOR PARA CONDENSADORES
CONTACTOR FOR CAPACITORS

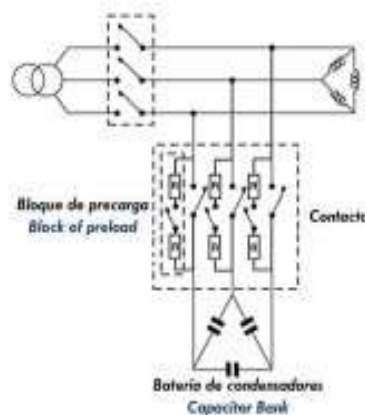
Descripción / Description

Los nuevos contactores KML están diseñados conforme a la norma IEC 60947-1 y son adecuados para la maniobra de conexión de condensadores trifásicos de potencia. Gracias a su bloque de precarga montado en el mismo contactor, se reducen las fuertes puntas de corriente producidas en el momento de conexión de los condensadores y se protege a la vez el propio contactor.

El bloque de precarga consiste en tres contactos auxiliares de precierre y resistencias de amortiguamiento (2 por fase) a través de los cuales los capacitores son preconectados a la red. Una vez las resistencias han amortiguado los picos de corriente se produce la apertura automática de los contactos auxiliares con el objetivo de no tener pérdidas innecesarias.

The new KML contactors are designed in compliance with IEC 60947-1 standard and are suitable for operating three-phase power capacitors. Thanks to the block of preload built-in the same contactor, high currents peaks are reduced when connecting the capacitors and protecting as well the contactor.

The block of preload consists of three auxiliary contacts of preclosing, along with resistance (two by phase) through which the capacitors are preconnected to the network, cushioning therefore the peaks of connection current. Once the preload resistances have reduced the current peaks that take place in the connection of the capacitor, automatic opening of the auxiliary contacts occurs with the objective of not having unnecessary losses.



Referencia Part number	Potencia reactiva máxima (kvar) Maximum reactive power (kvar)					Pérdidas totales at 1e/400V/AC6b Total losses (W)	In (A)
	230~240V (50/60 Hz)	400~440V (50/60 Hz)	460~480V (50/60 Hz)	500~550V (50/60 Hz)	600~690V (50/60 Hz)		
KML12	6,7	12,5	14	15	18	8,98	18
KML25	14	25	29	30	35	13,43	36
KML30	20	30	33	35	40	15,56	44
KML50	29	50	58	60	70	30,66	72
KML60	32	60	65	70	80	27,9	87
KML80	45	80	90	100	115	54,26	116

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS / TECHNICAL CHARACTERISTICS

	KML 12	KML 25 / KML 30	KML 50	KML 60	KML 80
Bobina de tensión Coil Voltage	230 V				
Tolerancia bobina de tensión Coil voltage tolerance	0,85 to 1,1 Un				
Frecuencia Frequency	50 / 60 Hz				
Tensión nominal de empleo Insulating rating	690 V				
Endurancia eléctrica Electrical endurance	250.000	125.000	125.000	125.000	75.000
Grado de protección Degree of protection	IP 20			IP 00	
Temperatura de funcionamiento Operating temperature	-25° hasta 55° -25° to 55°				
N°Contactos auxiliares Auxiliary contacts N°	2 NC	2 NC 1 NO	2 NC 1 NO	2 NC 1 NO	2 NO + 2 NC
Peso (kg) Weight (kg)	0,316	0,40	0,945	0,968	2,45
Montaje Assembly	Carril Din o atornillado DIN track or screwed				
Par de apriete (Nm) Contactos de potencia Contactos auxiliares Tightening torque (Nm) Main circuit Auxiliary circuit	1,2 0,8	1,6 0,8	3-4 0,8	3-4 0,8	2,5-3 0,8

CMC-B

Contactores para Condensadores de potencia



Descripción

La serie **CMC-B** son contactores para la conexión de uno o varios condensadores. Con un alto número de operaciones y alta resistencia eléctrica que los convierten en unos contactores robustos y duraderos.

Aplicación

Para la conexión de uno o varios condensadores de potencia.

Características técnicas

Características eléctricas	Tensión de funcionamiento	230...690 V
	Frecuencia	50 / 60 Hz
	Corriente a tensión nominal 400 V	11...116 A
	Tensión en bobina	230 V 50-60 Hz
	Tolerancia de tensión en bobina	0,85...1,1 U _n
	Resistencia al impulso de tensión	8 kV
	Cadencia de maniobras	240/h para CMC-7.5B - CMC-12B 120/h para CMC-20B 100/h para CMC-32B hasta CMC-150B
Durabilidad eléctrica	200.000 para CMC-7.5B, CMC-40B	
	100.000 para CMC-7.5B hasta CMC-150B	
Características constructivas	Nivel de aislamiento	690...1000 V ¹
	Grado de protección	IP 00
Contactos auxiliares	Tipo	NC x2
Condiciones ambientales	Temperatura de trabajo	-25...+55 °C
	Humedad relativa	5...95% sin condensación
	Altitud	2000 m
Normas	IEC 60947-4-1, VDE 0660	

Referencias

Tipo	Código	Potencia máxima (kvar)				Resistencias Am.
		230 V	400-440-480 V	500-550 V	660-690 V	
CMC-7.5B	R281A5	4	7,5	9	11	No disponible
CMC-12B	R281A6	6,7	12,5	15	18	Incluido
CMC-20B	R281A4	11	20	24	30	Incluido
CMC-32B	R281A8	14	25	30	35	Incluido
CMC-40B	R281A1	20	30	35	40	Incluido
CMC-75B	R281A9	29	50	60	70	Incluido
CMC-85B	R281A3	32	60	70	80	Incluido
CMC-150B	R281A0	45	80	100	115	Incluido

Anexo H: Interruptor SCHNEIDER IK60N.

Hoja de datos del producto Características

A9K24350
IK60N 3P 50A C



Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Distancia	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 IK60
Tipo de producto o componente	Disyuntor en miniatura
Modelo de dispositivo	IK60N
Número de polos	3P
Número de polos protegidos	3
Corriente nominal	50 A a 30 °C
Tipo de red	CA
Tipo de unidad de control	Térmico-magnético
Código de curva de disparo ins	C
Poder de corte	6000 A Icn a 400 V CA 50/60 Hz conforme a EN / IEC 60898-1
Idoneidad para el seccionamiento	Si conforme a EN / IEC 60898-1
Normas	EN / IEC 60898-1

Complementario

Frecuencia asignada de empleo	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	6000 A, 100 % conforme a EN / IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz
Clase de limitación	3 conforme a EN / IEC 60898-1
Tensión asignada de aislamiento	440 V CA 50/60 Hz conforme a EN / IEC 60898-1
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	4 kV conforme a EN / IEC 60898-1
Indicación de contacto positivo	No
Tipo de control	Palanca de conmutación
Señalizaciones frontales	Indicación encendido/apagado
Modo de montaje	Clip-on
Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	6
Alto	86 mm
Ancho	54 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	300 g
Color	Blanco
Endurancia mecánica	20000 ciclos
Endurancia eléctrica	10000 ciclos
Descripción opciones bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Terminal tipo túnel (arriba o abajo) 1...35 mm ² rígido Terminal tipo túnel (arriba o abajo) 1...25 mm ² flexible
Longitud de pelado de cable	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	3,5 N.m arriba o abajo
Protección de fugas a tierra	Sin

Anexo I: Interruptor SCHNEIDER IC60N.

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Interruptor Termomagnético Riel Acti 9 iC60N 3P 50 A Curva C 6 kA (IEC 60898-1) 20 kA (IEC 60947-2)

AGF74350

Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iC65 RCBO
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	IC60N
Número de polos	3P
Número de polos protegidos	3
Corriente nominal (In)	50 A
Tipo de red	DC CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Poder de corte	6000 A Icu en 400 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 36 kA Icu en 12...80 V CA 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en 380...415 V CA 50/60 Hz acorde a Icu 20 kA Icu en 220...240 V CA 50/60 Hz acorde a Icu 6 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a Icu 36 kA Icu en 100...133 V CA 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en \leq 180 V DC acorde a Icu
Categoría de utilización	Categoría A acorde a HB1 Categoría A acorde a En \geq 50 A
Apto para seccionamiento	Si acorde a EN 60898-1 Si acorde a HB1 Si acorde a IEC 60898-1 Si acorde a En \geq 50 A
Normas	IEC 60898-1 HB1 EN 60898-1 En \geq 50 A

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	8 x In \pm 20%
[Ics] poder de corte en servicio	15 kA 75 % acorde a HB1 - 220...240 V CA 50/60 Hz 7.5 kA 75 % acorde a HB1 - 380...415 V CA 50/60 Hz 4.5 kA 75 % acorde a HB1 - 440 V CA 50/60 Hz 15 kA 75 % acorde a En \geq 50 A - 220...240 V CA 50/60 Hz 7.5 kA 75 % acorde a En \geq 50 A - 380...415 V CA 50/60 Hz 4.5 kA 75 % acorde a En \geq 50 A - 440 V CA 50/60 Hz 27 kA 75 % acorde a En \geq 50 A - 12...133 V CA 50/60 Hz

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Interrupor Termomagnético Riel Din Acti9 C120N 3P 100 A Curva C 10kA (IEC 60898-1) 10 kA (IEC 60947-2)

AGN18367

Principal

Gama de producto	Dardo Plus
Gama	Acti 9
Nombre del producto	C120
Tipo de producto o componente	Interrupor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	C120N
Aplicación del dispositivo	Distribución
Número de polos	3P
Número de polos protegidos	3
Corriente nominal (In)	100 A en 30 °C
Tipo de red	CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Poder de corte	10000 A Icn en 230...400 V CA 50/60 Hz acorde a ENIEC 60898-1 6 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a Icu 20 kA Icu en 220...240 V CA 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en 380...415 V CA 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en \leq 375 V DC acorde a Icu
Apto para seccionamiento	Si acorde a En \geq 50 A

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] tensión asignada de empleo	\leq 375 V DC 380...415 V CA 50/60 Hz 220...240 V CA 50/60 Hz 440 V CA 50/60 Hz 230...400 V CA 50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	7500 A 75 % acorde a ENIEC 60898-1 - 230...400 V CA 50/60 Hz 4.5 kA 75 % acorde a Icu - 440 V CA 50/60 Hz 7.5 kA 75 % acorde a Icu - 380...415 V CA 50/60 Hz 15 kA 75 % acorde a Icu - 220...240 V CA 50/60 Hz 10 kA 100 % acorde a Icu - \leq 375 V DC
Clase de limitación	3 acorde a Icu
[Ui] tensión asignada de aislamiento	500 V CA 50/60 Hz acorde a Icu

Anexo J: Interruptor SCHNEIDER IC60H.

Ficha técnica del producto A9F87350

Características

Interruptor termomagnético iC60H 3P 50A curva C 70kA



Principal

Aplicación de dispositivo	Distribución
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iC60
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	IC60H
Descripción de los polos	3P
Número de polos protegidos	3
Corriente nominal (In)	50 A
Tipo de red	AC CC
Trip unit technology (!*)	Térmico-magnético
Código de curva	C
Poder de corte	10 kA Icu conforme a EN/IEC 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA Icu conforming to EN/IEC 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 30 kA Icu conforming to EN/IEC 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 10000 A Icn conforming to EN/IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz 42 kA Icu conforming to EN/IEC 60947-2 - 12...60 V AC 50/60 Hz 42 kA Icu conforming to EN/IEC 60947-2 - 100...133 V AC 50/60 Hz 15 kA Icu conforming to EN/IEC 60947-2 - <= 180 V DC
Categoría de utilización	Categoría A conforme a EN 60947-2 Categoría A conforme a IEC 60947-2
Apto para seccionamiento	Sí conforme a EN 60947-2 Sí conforme a IEC 60947-2 Sí conforme a EN 60898-1 Sí conforme a IEC 60898-1
Normas	EN 60898-1 EN 60947-2 IEC 60898-1 IEC 60947-2
Etiquetas de calidad	NF

03-01-2016

Libri On Schneider

1

Anexo K: Conductor THW-90 (mm²) INDECO.



THW-90

Usos

Aplicación general en instalaciones fijas, edificaciones, interior de locales con ambiente seco o húmedo, conexiones de tableros de control y en general en todas las instalaciones que requieran mayor capacidad de corriente al TW-80.

Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido, cableado ó flexible. Aislamiento de PVC.

Características

Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceite y al calor hasta la temperatura de servicio. Retardante a la llama.

Marca

INDECO S.A. THW-90 450/750 V <Sección> <Año de Fabricación>

Calibres

2.5 mm² - 500 mm²

Embalaje

De 2.5 a 10 mm²: En rollos estándar de 100 metros.
De 16 a 500 mm²: En carretes de madera.

Colores

De 2.5 a 10 mm²: Amarillo, azul, blanco, negro, rojo y verde.
Mayores de 16 mm²: Solo en color negro.



Normas de Fabricación
NTP 370.252
Tensión de servicio
450/750 V
Temperatura de operación
90°C

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm ²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.68	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.8	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (AWG / MCM)									
CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	40	30
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	59	56	40
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	80	56
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	107	75
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	141	96
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	192	130
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	260	170
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	300	197
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	350	226
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1109	406	260
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2	1289	457	290
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	505	321
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6	1769	569	350
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	699	429

(*) NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO / TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

Anexo L: Barra de Cobre.



ES/PT

PLETINAS de COBRE para APLICACIONES ELÉCTRICAS SEGÚN EN 13601

BARRA RECTANGULAR de COBRE para APLICAÇÕES ELÉTRICAS S/ EN 13601

INTENSIDAD ADMISIBLE. DIN 43671

- Temperatura ambiente 35°C
- Temperatura final barras 65°C
- Conductividad 56 M/(mm²) (ρ= 0,0178Ωmm²/m)

INTENSIDADE ADMISÍVEL. DIN 43671

- T° ambiente 35°C
- T° final cavilhas 65°C
- Condutividade 56 M/(mm²) (ρ= 0,0178Ωmm²/m)

Ancho x Espesor	Corriente alterna hasta 60 Hz Corrente alternada até 60 Hz								Corriente continua y alterna 16 2/3 Hz Corrente contínua + alternada 16 2/3 Hz								Características estáticas Características estáticas						
	Pintado Pintado				Brillante Brilhante				Pintado Pintado				Brillante Brilhante				X			Y			
	N° barras / N° Cavilhas		N° barras / N° Cavilhas		N° barras / N° Cavilhas		N° barras / N° Cavilhas		N° barras / N° Cavilhas		N° barras / N° Cavilhas		N° barras / N° Cavilhas		Jx	Wx	Ix	Jy	Wy	Iy			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	cm	cm²	cm	cm²	cm		
12 x 2	125	202	228		108	183	218		123	202	233		108	182	220		0,0288	0,048	0,346	0,0028	0,008	0,0577	
15 x 2	148	240	281		128	212	247		148	240	287		128	212	252		0,0583	0,075	0,433	0,0041	0,01	0,0577	
15 x 3	187	318	381		162	282	361		187	318	387		162	282	365		0,0844	0,113	0,433	0,00338	0,0225	0,0866	
20 x 2	189	302	313		162	284	298		189	302	321		162	288	303		0,133	0,133	0,577	0,00133	0,0133	0,0577	
20 x 3	217	394	454		204	348	431		217	394	483		204	348	437		0,2	0,2	0,577	0,0045	0,03	0,0866	
20 x 5	319	580	728		274	500	690		320	582	729		274	502	687		0,333	0,333	0,577	0,0208	0,0833	0,144	
20 x 10	487	924	1320		427	825	1180		489	932	1300		428	832	1210		0,667	0,667	0,577	0,167	0,333	0,289	
25 x 3	287	470	525		245	412	488		287	470	536		245	414	508		0,351	0,313	0,722	0,00583	0,0375	0,0866	
25 x 5	384	652	869		327	588	795		384	654	841		327	590	794		0,651	0,521	0,722	0,028	0,104	0,144	
30 x 3	337	544	593		285	476	564		337	546	608		288	478	575		0,675	0,45	0,866	0,00675	0,045	0,0866	
30 x 5	447	780	944		379	672	898		448	786	950		380	678	897		1,13	0,75	0,866	0,0313	0,125	0,144	
30 x 10	678	1200	1670		573	1080	1480		683	1220	1630		579	1080	1520		2,25	1,5	0,866	0,25	0,5	0,289	
40 x 3	435	692	725		366	600	690		436	698	748		367	604	708		1,8	0,8	1,15	0,059	0,08	0,0866	
40 x 5	573	952	1140		482	836	1090		576	966	1160		484	848	1100		2,67	1,33	1,15	0,0417	0,167	0,144	
40 x 10	850	1470	2000	2580	715	1280	1770	2280	865	1530	2030		728	1350	1880		5,33	2,67	1,15	0,333	0,867	0,289	
50 x 5	697	1140	1330	2010	583	994	1280	1820	703	1170	1370		588	1020	1300		9,21	3,08	1,44	0,0521	0,208	0,144	
50 x 10	1020	1720	2320	2950	852	1510	2040	2600	1050	1830	2380		875	1610	2220		10,4	4,17	1,44	0,417	0,833	0,289	
60 x 5	826	1330	1510	2310	688	1150	1440	2210	838	1370	1580	2060	698	1190	1500	1970		9	3	1,73	0,0625	0,25	0,144
60 x 10	1180	1960	2610	3290	885	1720	2300	2960	1230	2130	2720	3580	1020	1870	2570	3300		18	6	1,73	0,5	1	0,289
80 x 5	1070	1680	1830	2830	685	1450	1750	2720	1090	1770	1990	2970	902	1530	1890	2480		21,3	5,33	2,31	0,0633	0,333	0,144
80 x 10	1500	2410	3170	3930	1240	2110	2780	3450	1580	2730	3420	4400	1310	2380	3240	4280		42,7	10,7	2,31	0,867	1,33	0,289
100 x 5	1300	2010	2150	3300	1080	1730	2050	3190	1340	2160	2380	3680	1110	1810	2270	3060		41,7	8,33	2,89	0,104	0,417	0,144
100 x 10	1810	2850	3720	4530	1490	2480	3280	3980	1840	3310	4100	5310	1600	2890	3900	5190		83,3	16,7	2,89	0,333	1,67	0,289
120 x 10	2110	3280	4270	5130	1740	2880	3740	4900	2200	3900	4790	6280	1880	3390	4580	6010		144	34	3,40	1	2	0,289
160 x 10	2700	4130	5380	6320	2220	3590	4680	5930	3010	5060	6130	8010	2470	4400	5860	7110		341	42,7	4,82	1,33	2,67	0,289
200 x 10	3290	4670	6430	7490	2690	4310	5610	6940	3720	6220	7480	9730	3040	5390	7190	9290		667	66,7	5,77	1,87	3,33	0,289

En el caso de varias barras en paralelo, la distancia entre las barras se toma igual al espesor. Para corriente alterna la distancia neta entre las fases se toma > 0,8 la distancia entre ejes de fases.

* Distancia mínima.

No caso de varias cavilhas em paralelo, a distância entre as cavilhas é igual à sua espessura. Para corrente alternada, a distância neta entre as fases é > 0,8 da distância entre os eixos de fases.

* Distância mínima.



PESOS TEÓRICOS Formato Pletina / PESOS TEÓRICOS Formato Plano

		FORMULA: Ancho x espesor x 8,96 / 1000 = Kg / Metro																		
		FORMULA: (A) Largura x (B) Espessura x 8,96 / 1000 = Kg / Metro																		
A \ B	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	100	120	125	150	200	250	
2	0,16	0,22	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	0,90	1,08	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0,27	0,32	0,40	0,54	0,67	0,81	0,94	1,08	1,21	1,34	1,61	1,88	2,15	2,69	-	-	-	-	-	-
4	0,36	0,43	0,54	0,72	0,90	1,08	1,26	1,43	1,61	1,79	2,15	2,51	2,87	3,58	4,30	-	-	-	-	-
5	0,45	0,54	0,67	0,90	1,12	1,34	1,57	1,79	2,02	2,24	2,69	3,14	3,58	4,48	5,38	5,90	6,72	8,96	-	-
6	-	0,65	0,81	1,08	1,34	1,61	1,88	2,15	2,42	2,69	3,23	3,76	4,30	5,38	6,45	6,72	8,06	10,75	-	-
7	-	-	0,94	1,25	1,57	1,88	2,20	2,51	2,82	3,14	3,76	4,39	5,02	6,27	7,53	7,84	9,41	12,54	-	-
8	-	-	1,08	1,43	1,79	2,15	2,51	2,87	3,23	3,58	4,30	5,02	5,73	7,17	8,60	8,96	10,75	14,34	-	-
10	-	-	1,34	1,79	2,24	2,69	3,14	3,58	4,03	4,48	5,38	6,27	7,17	8,96	10,75	11,20	13,44	17,92	22,40	-
12	-	-	-	-	2,69	3,23	3,76	4,30	4,84	5,38	6,45	7,53	8,60	10,75	12,90	13,40	16,13	21,50	26,90	-
15	-	-	-	-	3,36	4,03	4,70	5,38	6,05	6,72	8,06	9,41	10,75	13,44	16,13	-	20,16	26,88	33,60	-
20	-	-	-	-	4,48	5,38	6,27	7,17	8,06	8,96	10,75	12,54	14,34	17,92	21,50	-	26,88	35,87	44,80	-
25	-	-	-	-	-	6,72	7,84	8,96	10,08	11,20	13,44	15,68	17,92	22,40	26,88	-	33,60	44,80	-	-
30	-	-	-	-	-	-	9,41	10,75	12,09	13,44	16,13	18,82	21,50	26,88	32,26	-	40,32	53,76	-	-
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,82	21,95	25,09	31,36	37,63	-	47,04	62,72	-	-
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,50	25,09	28,67	35,84	43,01	-	53,76	71,68	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,84	44,80	53,76	-	67,20	89,60	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53,76	64,51	-	80,64	107,52	-	-
70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62,72	75,03	-	94,08	125,40	-	-

También disponible con recubrimiento de estaño. Posibilidad de suministro en medidas especiales.
Também disponível com revestimento de estanho. Possibilidade de fornecimento em medidas especiais.

Anexo M: Aisladores.



Equipos Eléctricos Corra S.A.
Confiabilidad e Innovación

Catálogo Comercial 2013
Aisladores

Aisladores

AISLADOR SOPORTE SERVICIO INTERIOR PARA BAJA TENSION

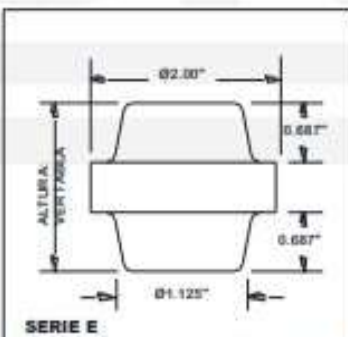
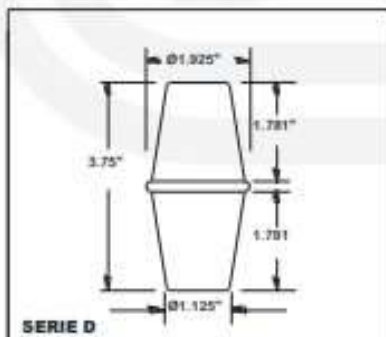
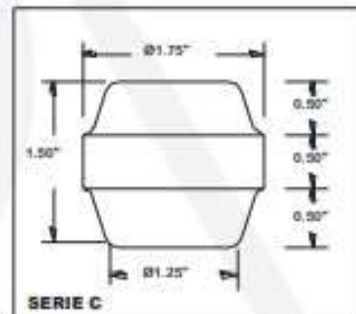
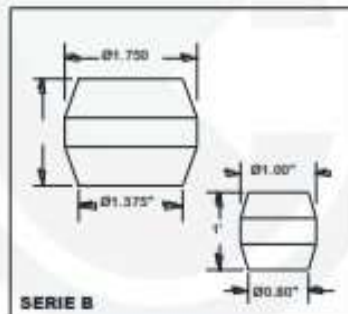
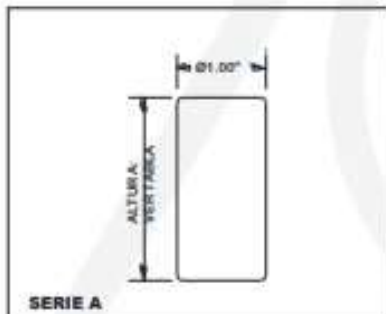
CARACTERISTICAS TECNICAS Y DIMENSIONES DE LAS SERIES A, B, C, D, F, G, H, I, J, K.

CARACTERISTICAS:

MOLDEADOS EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (B.M.C.), EN COLOR ROJO. CON APROBACION UL No. E133111(S) y E172541(S) INSERTOS DE ALUMINIO 6061T6 EN LA PARTE SUPERIOR E INFERIOR

APLICACION:

EN TABLEROS, INTERRUPTORES, SUBESTACIONES, ELECTRODUCTOS Y APLICACIONES GENERALES, ETC.



NOTA: ESTAS DIMENSIONES PUEDEN TENER VARIACIONES DE $\pm (0.01 d + 0.2) \text{mm}$, DONDE d= DIMENSION A MEDIR EN mm.



**AISLADOR SOPORTE
SERVICIO INTERIOR PARA BAJA TENSION**

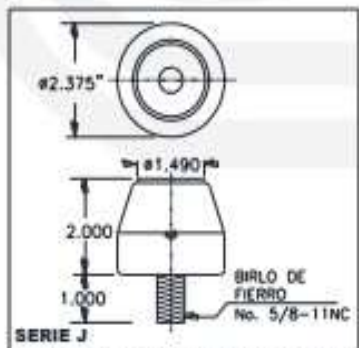
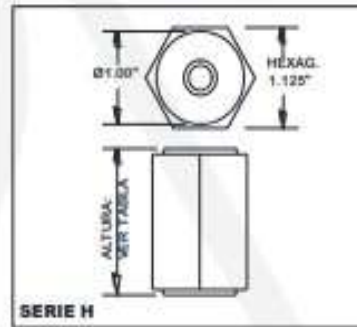
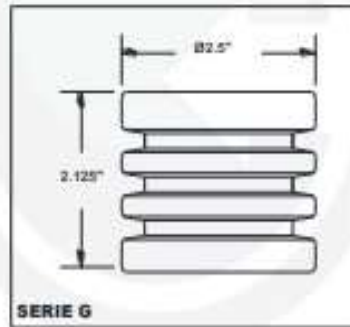
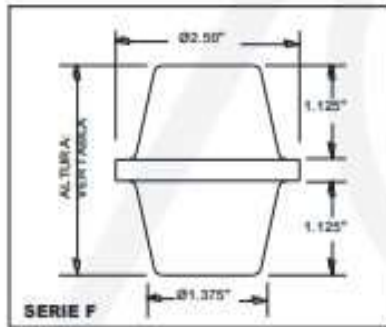
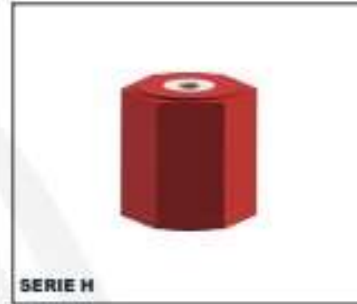
CARACTERISTICAS TECNICAS Y DIMENSIONES DE LAS SERIES A, B, C, D, E, F, G, H, J.

CARACTERISTICAS:

MOLDEADOS EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (E.N.C.), EN COLOR ROJO. CON APROBACION UL No. E133111(S) y E172541(S) INSERTOS DE ALUMINO 6061T6 EN LA PARTE SUPERIOR E INFERIOR

APLICACION:

EN TABLEROS, INTERRUPTORES, SUBESTACIONES, ELECTRODUCTOS Y APLICACIONES GENERALES, ETC.



NOTA: ESTAS DIMENSIONES PUEDEN TENER VARIACIONES DE $\pm (0.01 d + 0.2)mm$, DONDE d= DIMENSION A MEDIR EN mm.



**AISLADOR SOPORTE
SERVICIO INTERIOR PARA BAJA TENSION
CUERDAS ESTANDAR**

TABLAS DE PROPIEDADES ELECTRICAS Y MECANICAS

MODELO	GENERALES				ELECTRICAS				MECANICAS				INSERTOS		PESO		
	SERIE	TIPO	ALTURA	DISTANCIA DE FUGA	VOLTAJE MAXIMO DE OPERACION	POTENCIAL APLICADO 60 Hz, 1 min	VOLTAJE RUPTURA SOLO TIPO B	VOLTAJE DE FLAMEO EN SECO A 240 m.-s.n.m.	CANTILIVER	COMPRESION	TENSION	PAR DE APRIETE	CUERDA	PROFUNDIDAD			
																(A o B)	Pulg.
A08-205	A	B	1.000	25.40	25.40	450	2450	35	17	40	3000	400	12	16	1/4-20	5/16	0.024
A10-205	A	B	1.250	31.17	31.70	450	2450	50	19	40	3000	400	12	16	1/4-20	5/16	0.030
A16-205	A	A	2.000	50.80	50.80	800	2600	NA	28	40	3000	400	12	16	1/4-20	5/16	0.045
A16-257	A	B	2.000	50.80	50.80	600	2600	70	28	40	3000	400	15	20	5/16-18	7/16	0.046
B08-205	B	B	1.000	25.40	26.90	450	2450	32	20	40	3000	350	12	16	1/4-20	5/16	0.021
B11-307	B	B	1.375	34.90	41.20	800	2600	52	23	169	9000	1000	25	34	3/8-16	3/8	0.084
C12-257	C	B	1.500	38.10	44.50	1500	3500	65	25	197	9000	900	15	20	5/16-18	7/16	0.080
C12-307	C	B	1.500	38.10	44.50	1500	3500	65	25	197	9000	900	25	34	3/8-16	3/8	0.080
D30-309	D	A	3.750	95.20	97.00	4500	6500	NA	53	197	6000	600	30	40	3/8-16	9/16	0.197
E14-257	E	B	1.750	44.40	50.80	2000	4000	69	28	197	9000	900	15	20	5/16-18	7/16	0.104
E14-307	E	B	1.750	44.40	50.80	2000	4000	69	28	197	9000	900	25	34	3/8-16	3/8	0.100
E14-U007	E	B	1.750	44.40	50.80	2000	4000	69	28	-	-	-	-	-	10-32NF	7/16	-
E16-309	E	B	2.000	50.80	57.10	2300	4300	69	30	197	9000	900	30	40	3/8-16	9/16	0.120
E16-410	E	B	2.000	50.80	57.10	2300	4300	64	30	197	9000	900	50	67	1/2-13	5/8	0.117
E18-309	E	B	2.250	57.10	63.50	2700	4700	66	35	197	9000	900	30	40	3/8-16	9/16	0.140
E18-410	E	B	2.250	57.10	63.50	2700	4700	77	35	197	9000	900	50	67	1/2-13	5/8	0.140
F20-309	F	B	2.500	63.50	71.40	3200	5200	81	38	197	9000	900	30	40	3/8-16	9/16	0.194
F20-410	F	B	2.500	63.50	71.40	3200	5200	78	36	339	11300	1100	50	67	1/2-13	5/8	0.204
F22-309	F	B	2.750	69.80	77.70	3600	5600	72	39	339	11300	1100	30	40	3/8-16	9/16	0.240
F22-410	F	B	2.750	69.80	77.70	3600	5600	69	39	339	11300	1100	50	67	1/2-13	5/8	0.240
F24-309	F	B	3.000	76.20	84.10	4100	6100	89	43	339	11300	1100	30	40	3/8-16	9/16	0.268
F24-410	F	B	3.000	76.20	84.10	4100	6100	83	43	339	11300	1100	50	67	1/2-13	5/8	0.370
F26-309	F	A	3.250	82.50	90.40	4500	6500	NA	39	339	11300	1100	30	40	3/8-16	9/16	0.310
F26-410	F	B	3.250	82.50	90.40	4500	6500	96	39	339	11300	1100	50	67	1/2-13	5/8	0.310
F28-309	F	A	3.500	88.90	96.80	5000	7000	NA	45	339	11300	1100	30	40	3/8-16	9/16	0.350
F28-410	F	A	3.500	88.90	96.80	5000	7000	NA	45	339	11300	1100	50	67	1/2-13	5/8	0.350
F28-511	F	B	3.500	88.90	96.80	5000	7000	102	45	339	11300	1100	60	81	5/8-11	11/16	0.352
G17-309	G	B	2.125	53.90	62.50	2500	4500	59	31	395	27200	1350	30	40	3/8-16	9/16	0.277
G17-410	G	B	2.125	53.90	62.50	2500	4500	59	31	395	27200	1350	50	67	1/2-13	5/8	0.259
G17-511	G	B	2.125	53.90	62.50	2500	4500	59	31	395	27200	1350	60	81	5/8-11	11/16	0.261
H08-205	H	B	1.000	25.40	25.40	600	2600	44	17	45	450	1350	12	16	1/4-20	5/16	0.034
H10-205	H	B	1.250	31.70	31.70	600	2600	37	19	45	450		12	16	1/4-20	5/16	0.040
H12-308	I	B	1.450	36.83	60.90	600	2600	52	23				30	40	3/8-16	9/16	0.193
J16-511	J	B	2.000	50.80	55.80	1500	3500	60	25				81	81	5/8-11	11/16	0.195
J16-514	J	B	2.000	50.80	55.80	1500	3500	60	25						5/8-11	7/8	0.195
K10-408	K	B	1.250	31.70	41.20	1000	2600	52	23	169	9000	1000	50	67	1/2-13	7/16	0.097

NOTA 1: LOS VALORES DE FLAMEO EN SECO PUEDEN SER MENORES HASTA EN UN 20%, CUANDO EXISTE UNA ALTA HUMEDAD Y CONDESACION EN EL MEDIO AMBIENTE.

NOTA 2: PARA NO ROMPER EL AISLADOR EN SU MONTAJE ES INDISPENSABLE UTILIZAR LA LONGITUD DE LOS TORNILLOS Y ROLDANAS APROPIADAS, RESPETANDO COMO MINIMO UN 90% DE LA PROFUNDIDAD DE LA CUERDA.

NOTA 3: EL VOLTAJE EN LA PRUEVA DE POTENCIAL APLICADO, SE OBTIENE DE LA SUMATORIA DEL VOLTAJE MAXIMO DE OPERACION MAS 2,000 VOLTS.



**AISLADOR SOPORTE
SERVICIO INTERIOR PARA BAJA TENSION**

CARACTERISTICAS TECNICAS Y DIMENSIONES DE LA SERIE "L"

Rev. 1 29/04/13

CARACTERISTICAS:

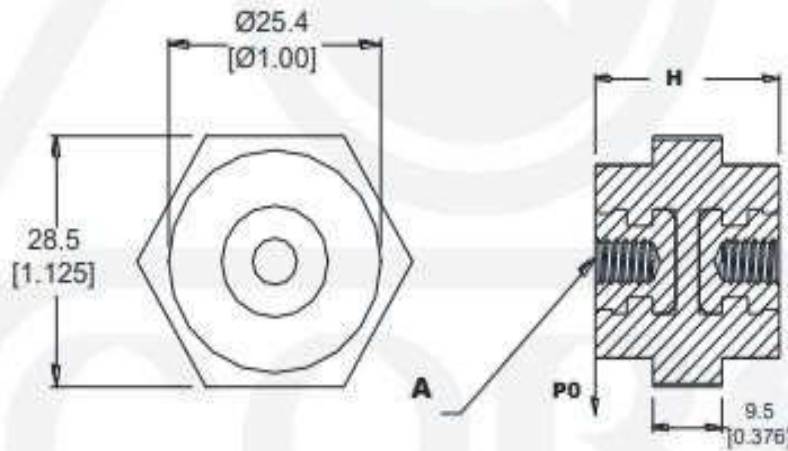
MOLDEADO EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (B.M.C.), EN COLOR ROJO. CON APROBACION UL No. E133111(S) y E172541(S) INSERTOS DE ALUMINIO 6061T6 EN LA PARTE SUPERIOR E INFERIOR.

APLICACION:

EN TABLEROS, INTERRUPTORES, SUBESTACIONES, ELECTRODUCTOS Y APLICACIONES GENERALES, ETC.

TABLA 1: ESPECIFICACIONES MECANICAS

CANTILIVER	COMPRESION	TENSION	PAR DE APRIETE	
			16 N-m	12 Lb-pie
40 N-m	3000 Kg	400 Kg	*20 N-m	*15 Lb-pie



MODELO	PROPIEDADES ELECTRICAS			INSERTO "A"	DIMENSIONES GENERALES	
	VOLTAJE DE OPERACION	POTENCIAL APLICADO	VOLTAJE DE FLAMBO EN SECO	CUERDA	ALTURA "H"	PESO gr
L08-205	400 Volts	2450 Volts	17 kV	1 / 4 "	1.00"	
L10-205	400 Volts	2450 Volts	19 kV	1 / 4 "	1.25"	
L16-205	400 Volts	2450 Volts	28 kV	1 / 4 "	2.00"	
*L16-257	400 Volts	2450 Volts	28 kV	5 / 16 "	2.00"	

* Ver par de Apriete para este modelo en la tabla 1

NOTA: ESTAS DIMENSIONES PUEDEN TENER VARIACIONES DE $\pm (0.01 d + 0.2)mm$, DONDE d= DIMENSION A MEDIR EN mm.

Anexo N: Interruptor Principal EZC400N.

Product data sheet

Specifications



circuit breaker EasyPact EZC400N - TMD - 400 A - 3 poles 3d

EZC400N3400N

Main

Range of product	EasyPact
Product or component type	Circuit breaker
Device short name	EasyPact EZC400N
Circuit breaker name	EasyPact EZC400N
Device application	Distribution
Poles description	3P
Protected poles description	3I
Network type	AC DC
Network frequency	50/60 Hz
[In] rated current	400 A at 40 °C
[U _I] rated insulation voltage	800 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2
[U _{imp}] rated impulse withstand voltage	6 kV conforming to IEC 60947-2
[U _o] rated operational voltage	250 V DC conforming to IEC 60947-2 440 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2
Breaking capacity code	N
Breaking capacity	36 kA Icu at 440 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2 40 kA Icu at 220/230 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2 36 kA Icu at 380 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2 36 kA Icu at 400/415 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2
[Ics] rated service breaking capacity	18 kA at 440 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2 20 kA at 220/230 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2 18 kA at 380 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2 18 kA at 400/415 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2
Suitability for isolation	Yes conforming to IEC 60947-2
Utilisation category	Category A
Trip unit name	TMD
Trip unit technology	Thermal-magnetic
Trip unit rating	400 A at 50 °C
Protection type	Overload protection Short-circuit protection
Pollution degree	3 conforming to IEC 60947

Anexo O: Interruptor Principal NSX400F TMD.

Product datasheet

Specifications



circuit breaker Compact NSX400F DC - TM-DC - 400 A - 4P

LV438262

Main

Range	Compact
Product name	Compact NSX DC
Range of product	Compact NSX400...630 DC
Device short name	NSX400F DC
Product or component type	Circuit breaker
Device application	Distribution
Number of poles	4P
Protected poles description	4I
Neutral position	Left
[In] rated current	400 A at 40 °C
[Ue] rated operational voltage	750 V DC
Network type	DC
Suitability for isolation	Yes conforming to EN/IEC 60947-2
Utilisation category	Category A
[Icu] rated ultimate short-circuit breaking capacity	36 kA Icu at 250 V DC 1P conforming to IEC 60947-2 36 kA Icu at 500 V DC 2P conforming to IEC 60947-2 36 kA Icu at 750 V DC 3P conforming to IEC 60947-2 36 kA Icu at 750 V DC 4P conforming to IEC 60947-2
Performance level	F 36 kA 750 V DC
Trip unit name	TM-DC
Trip unit technology	Thermal-magnetic
Control type	Toggle
Circuit breaker mounting mode	Fixed

Complementary

[Ui] rated insulation voltage	750 V DC conforming to IEC 60947-2
[Uimp] rated impulse withstand voltage	8 kV conforming to IEC 60947-2
[Ics] rated service short-circuit breaking capacity	36 kA at 750 V DC conforming to IEC 60947-2
Mechanical durability	5000 cycles
Electrical durability	1000 cycles at 750 V In

Dec 12, 2021

LV 438262 | Schneider

1

Anexo P: Interruptor Principal NSX400F Micrologic.

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Interruptor Automático Compact NSX400F MicroLogic 2.3 400 A 3P3D

LV432676

Principal

Gama	Compact
Nombre del producto	Compact NSX
Gama de producto	Compact NSX400...630 DC
Nombre corto del dispositivo	NSX400F
Tipo de producto o componente	Interruptor automático
Aplicación del dispositivo	Distribución
Number of poles	3P
Descripción de polos protegidos	3I
Corriente nominal (In)	400 A en 40 °C
[Uc] tensión asignada de empleo	690 V CA 50/60 Hz
Tipo de red	CA
Frecuencia de red	50/60 Hz
Apto para seccionamiento	Si acorde a Icu
Categoría de empleo	Categoría A
[Icu] rated ultimate short-circuit breaking capacity	40 kA Icu en 220/240 V CA 50/60 Hz acorde a En 50 A 85 kA Icu en 240 V CA 50/60 Hz acorde a UL 508 25 kA Icu en 500 V CA 50/60 Hz acorde a En 50 A 36 kA Icu en 380/415 V CA 50/60 Hz acorde a En 50 A 10 kA Icu en 690/690 V CA 50/60 Hz acorde a En 50 A 35 kA en 480 V CA 50/60 Hz acorde a UL 508 20 kA en 600 V CA 50/60 Hz acorde a UL 508 20 kA Icu en 525 V CA 50/60 Hz acorde a En 50 A 30 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a En 50 A
Performance level	En 50 A 36 kA 415 V CA
Unidad de control	Micrologic 2.3
Tecnología de unidad de disparo	Electrónico
Funciones de protección de unidad de control	LSel
Tipo de control	Maneta
Circuit breaker mounting mode	Fijo

Anexo Q: Transformador de corriente CIRCUTOR.

TCH

Transformador de corriente de alta precisión para medida



Descripción

- Tipo: barra pasante
- Tipos desde 40 hasta 4000 A
- Diámetro interior desde 20,3 hasta 63 mm, según tipo
- Dimensión platinas desde 25 x 5 mm hasta 30 x 100 mm
- Se adjunta en una hoja el certificado del transformador
- Accesorio para fijación en carril DIN (Tipos TCH5 y TCH6)
- Tipos codificables de secundario .../5 A (bajo demanda .../1 A)

Aplicaciones

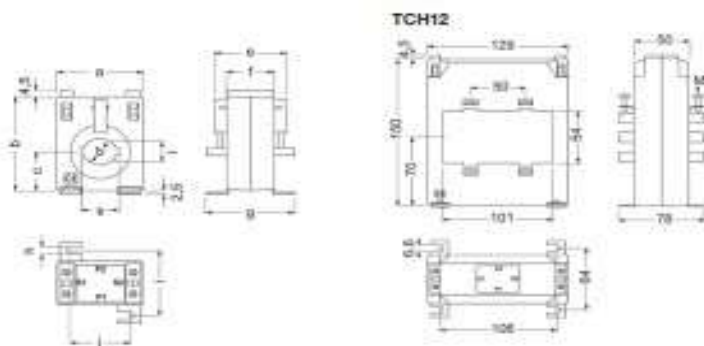
Convertir una corriente nominal elevada a una de más baja para poder ser medida por un equipo. En instalaciones donde es posible parar el suministro eléctrico para poder instalar los transformadores.

Características técnicas

Características eléctricas	Frecuencia	50 / 60 Hz
Tensión de aislamiento	3 kVc.a.	
Corriente técnica de cortocircuito, I_{sc}	60 A	
Corriente dinámica, I_{dyn}	2,5 A	
Tensión más elevada para el material	0,72 kVc.a.	
Clase térmica	B (130 °C)	
Tipo de encapsulado	Plástico VO autoextinguible	
Factor de seguridad	FS 5	
Bornes secundarios prescristalables	SI	
Terminales secundarios	Ø 20	
Fijación en carril DIN	TCH5 y TCH6	
Normas	IEC 44-1, BS2627	

Dimensiones

mm	TCH5	TCH5.2	TCH6.2	TCH6	TCH6	TCH6.2	TCH10
a	52	58	64	64	64,5	64,2	108
b	70	70	80,5	80,5	102	100	130
c	29	28	34	34	46	34	61
d	20,3	22	26	28,5	44	31	63
e	40	40	60,5	60,5	68	60,5	-
f	32	32	44	44	50	44	55
g	58	58	71	71,2	78	71	78
h	5,5	5,5	5,5	5,5	6,8	5,5	8,0
i	48	48	60	60	64	60	64
j	38	38	48	48	62	48	68
k	25,8	30,0	30,8	40,8	60,8	40,8	80,8
l	15,8	15,8	20,8	25,2	30,8	25,2	30,8



Referencias

Tipo		TCH 6.2				TCH 6				TCH 6			
Plata (mm)		30 x 10				40 x 10				60 x 12			
V-A	A	Clase			Codigo	Clase			Codigo	Clase			Codigo
		0,25	0,2	0,5S		0,25	0,2	0,5S		0,25	0,2	0,5S	
50/5		0,5			M7044B								
50/5		0,5			M7044C								
100/5	1	1,5	2,5		M70441								
125/5	1	1,5	2,5		M70442								
150/5	2,5	3,0	3,5		M70443	1	1,25	1,5	M70431				
200/5	3,5	5	5		M70444	1,25	1,5	2	M70432				
250/5	5	5	5		M70445	1,5	1,75	2,25	M70433				
300/5	5	5	5		M70446	1,75	2	2,5	M70434				
400/5	7,5	7,5	7,5		M70447	1	5	3	M70435				
500/5						5	7,5	7,5	M70436				
600/5						5	7,5	7,5	M70437	5	10	10	M70463
750/5						7,5	10	10	M70438	7,5	10	10	M70464
800/5						7,5	10	10	M70439	7,5	10	10	M70465
1 000/5										10	10	10	M70466
1 200/5										10	15	15	M70467
1 250/5										10	15	15	M7046A
1 500/5										10	15	15	M7046B
1 600/5										10	15	15	M7046D
Tipo		TCH 10				TCH 12							
Plata (mm)		50 x 30 60 x 30 80 x 30				3 x 100 x 10							
V-A	A	Clase			Codigo	Clase			Codigo				
		0,25	0,2	0,5S		0,25	0,2	0,5S					
800/5		7,5	10	10	M70472								
1 000/5		7,5	10	10	M70473								
1 200/5	10	10	10	10	M70474	10	15	15	M70482				
1 250/5	10	10	10	10	M7047C	10	15	15	M7048C				
1 500/5	10	10	15		M70475	10	15	15	M70483				
1 600/5	10	10	15		M70476	10	15	15	M70484				
2 000/5	10	10	15		M70477	10	15	15	M70485				
2 500/5	10	10	15		M70478	15	20	20	M70486				
3 000/5	10	10	15		M70479	20	25	25	M70487				
3 200/5						20	25	25	M7048B				
4 000/5						25	30	30	M7048D				

Anexo R: Regulador automático de energía reactiva SCHNEIDER.

VarPlus Logic Serie VL
Manual del usuario

Datos técnicos

Características técnicas

Tipo	Descripción
Tensión (entrada y alimentación común)	90 - 550 V, 1 fase, 50/60 Hz, 6 VA 300 V LN / 519 V LL CAT III o 550 V CAT II.
Intensidad	15 mA - 6 A, 1 fase, < 1 VA, 100 A - 1 s
Salidas de control (salida de escalón)	VL6: 6 relés VL12: 12 relés Contacto NA: 250 V LN o LL CAT III 48 V CC / 1 A, 250 V CA / 5 A Raíz común: 10 A máx.
Control de ventilador	Relé, contacto NA: 48 V CC / 1 A, 250 V CA / 5 A
Contacto de alarma	El contacto del relé está abierto cuando el regulador está energizado sin alarma y se cerrará en caso de alarma. El relé está en estado NC (normalmente cerrado) cuando el regulador no está energizado. Calibre: 48 V CC / 1 A, 250 V CA / 5 A
Entrada digital para Cos phi 2 objetivo	Contacto seco (alimentación interna 5 V, 10 mA)
Puerto serie RS485 Modbus (RTU)	Terminación / polarización de línea, no se incluye
Interfaz TTL	Solo para usos internos
Temperatura de funcionamiento	-20 °C a +60 °C
Sonda de Temperatura interna	Sí
Almacenamiento	-40 °C a +85 °C
Humedad	0 % - 95 %, sin condensación para funcionamiento y almacenaje
Grado de contaminación máximo	2
Altitud máxima	≤ 2000 m
Conexión	Tipo tornillo, enchufable. Sección: 0,2 - 2,5 mm ² (0,2 - 1 mm ² para Modbus y entrada digital)
Caso	Frontal: plástico RAL 7016 para la carcasa de instrumentos Posterior: metal
Grado de protección	Frontal: IP41, (IP54 usando una junta) Posterior: IP20
Peso	0,6 kg
Tamaño	144 x 144 x 58 mm (Al x An x P)
Troquelado del panel	138 x 138 (+0,5) mm, espesor 1 - 3 mm
Protección contra caídas de tensión	Desconexión automática de escalones por caídas > 15 ms (protección del condensador)
Pantalla	LCD gráfica 56 x 25
Registro de alarmas	5 últimas alarmas
Distorsión	H1 a H19
Medidas mostradas y precisión	U, I, F, ...: ±1 % S, P, Q, DQ, PF, Cos phi, THDU: ±2 % Armónicos de U (H3 a H19): ±3 % Temperatura interna: ±3 °C
Normas	IEC 61010-1 IEC 61000 6-2 IEC 61000 6-4 IEC 61326-1 UL 61010
Conformidad y homologaciones	CE, NRTL, c NRTL, EAC
Algoritmo del programa	AUTOMÁTICO (mejor ajuste) LIFO PROGRESIVO
Ajuste de regulación	Desde Cos φ 0,7c a 0,7i
Tiempo de reconexión	De 1 a 6500 s
Tiempo de respuesta	De 1 a 6500 s
Rango de TI	Rango primario: hasta 9600 A Rango secundario: 1 A o 5 A

Anexo S: Regulador automático de energía reactiva Lifasa.

DATASHEET

MCE ADV

REGULADOR ESTANDAR STANDARD CONTROLLER

Descripción / Description

Los reguladores de energía de la serie MCE ADV están diseñados para medir las necesidades de energía reactiva de una instalación y dar los correspondientes órdenes de conexión y desconexión de condensadores para mantener el coseno ϕ prefijado.

Power factor controllers MCE-6 ADV (6 steps) and MCE-12 ADV (12 steps) measure the $\cos \phi$ of a supply system and control the automatic connection and disconnection of compensation capacitors, according to desired $\cos \phi$.



Características técnicas / Technical characteristics

• Tensión nominal alimentación / Supply and measurement voltage	230/400/480 V
• Frecuencia / Frequency range	45 ... 65 Hz (ajuste automático) / (automatic adjust)
• Consumo / Power consumption	MCE ADV-6 3VA (sin relés/no relays) y/and 5,5VA (6 relés conectados/6 relays on) MCE ADV-12 4VA (sin relés/no relays) y/and 8,5VA (12 relés conectados/12 relays on) /5 A (no incluida/not included)
• Transformador de intensidad externa / External current transformer	
• Precisión de la medida de corriente / Accuracy of voltage measurement	1%
• Selección de programas de trabajo / Working program selection	1.1.1.1., 1.2.2.2., 1.2.4.4., 1.2.4.8. y/and 1.1.2.2. ...
• Ajuste continuo del cos ϕ / Adjustment of $\cos \phi$	0.85 Ind - 0.95 Cap (digital)
• Display LCD / LCD Display	1 línea/línea 3 dígitos/digits 7 segmentos/segments + 20 iconos/icons
• Lectura del cos ϕ / Lecture of $\cos \phi$	Display LCD
• Precisión de la medida del cos ϕ / Accuracy of $\cos \phi$ measurement	2% \pm 1 dígito/digit
• Ajuste del factor C/K / Adjustment of C/K factor	0.02 ... 1 (digital)
• Selección tiempo conexión condensadores / Connection time between steps	4 ... 999 seg./sec. (10s por defecto/default)
• Selección tiempo de reconexión / Reconnection time of capacitors	5 veces el tiempo de conexión/5 times T connection
• Temperatura de trabajo / Climatic range	-10/+50°C
• Conexión / Wiring	Regleta de bornes/Connection terminal
• Grado de protección / Degree of protection	IP40 montado en panel (según EN60529) IP40 mounted on panel board (as per EN60529)
• Seguridad/Aislamiento / Safety/Insulation	EN61010-1, Cat. III Ambiente 2/Environment 2
• Dimensiones regulador / Dimensions	144x144mm (agujero para montaje/hole 138x138mm)
• Profundidad total / Total depth	60mm
• Peso aproximada / Weight	538g
• Selección nº de relés de salida / Selection the number of output relays	MCE ADV-6: 6 relés/6 relays MCE ADV-12: 12 relés/12 relays
• Estrategia de control / Control strategy	{Programa que minimiza el nº de maniobras / algorithm to minimize switching operations }
• Contactos de relés de salida / Output relays contacts	4 A/ 250V AC1

Referencia Code	Modelo Model	Alimentación Power (V)	Dimensiones Size (mm)	Escala Steps
MCE06ADV230	MCE ADV 6	230	144 x 144	6
MCE06ADV400	MCE ADV 6	400	144 x 144	6
MCE12ADV230	MCE ADV 12	230	144 x 144	12
MCE12ADV400	MCE ADV 12	400	144 x 144	12

Anexo T: Regulador automático de energía reactiva Circutor.

Computer Max plug & play



Regulador automático de energía reactiva

Descripción

La serie de reguladores **computer Max plug & play** de alta tecnología, están pensados para una regulación sencilla y eficaz. Como toda la gama de reguladores **computer** se basa en el sistema FCP de Circutor (Fast Computerized Program), que dan al regulador unas prestaciones únicas en el mercado. Otras características son:

- Sistema Plug & Play, que permite la programación del parámetro C/K y la selección de fase en la cual está instalado el transformador de corriente de forma totalmente automática.
- Visualiza por display: $\cos \phi$, tensión, corriente, THDI y registra máximos alcanzados de tensión y corriente.
- Incorpora la función "selección de fase" que permite al usuario seleccionar la fase en la cual está instalado el transformador de corriente.
- Permite ver por display el comportamiento del $\cos \phi$, I y THDI, ante la conexión y desconexión manual de los condensadores.
- Indicación por display o mediante relé de las siguientes alarmas: Falta de compensación, Sobrecompensación, Sobretensión, Sobrecorriente, Transformador desconectado, Corriente por debajo del límite.

Aplicación

Computer Max plug & play es el regulador ideal para compensar instalaciones equilibradas, donde la facilidad de programación, robustez y precisión, sean requisitos imprescindibles. Su sistema de programación sencillo e intuitivo facilita al usuario su instalación y mantenimiento.

Características técnicas

Circuito de tensión	Tensión de alimentación	230, 400, 480 Vc.a. (según tipo)
	Tolerancia	-10... +10 %
	Consumos	5 VA (max R) - 8,8 VA (max I2)
	Frecuencia	45 ... 65 Hz
Circuito medida	Tensión de medida	230, 400, 480 Vc.a. (según tipo)
	Corriente de medida	Transformador 5 / 5 A $\pm 0,5\%$
Relé de salida	Tensión máxima	230 Vc.a.
	Corriente nominal	6 A
	Vida eléctrica / Vida mecánica	5x10 ⁶ / 2x10 ⁷
Relé de alarma	Relé	Último relé (si no está configurado para compensar)
	Alarmas	Falta de compensación, sobrecompensación, sobretensión, sobrecorriente, transformador desconectado y corriente por debajo del límite
Características constructivas	Temperatura de trabajo	-20 ... +60 °C
	Montaje	Panel
	Dimensiones	144 x 144 mm
	Conexión	Regate
	Grado protección	IP 40 (frontal) / IP 20 (parte posterior)
Prestaciones	Función Plug & Play	Configuración automática del C/K y la fase en la cual está instalado el transformador
	Medida parámetros eléctricos	$\cos \phi$, tensión, corriente, THDI, máximo de U y de I
	Función "selección de fase"	Permite seleccionar la fase donde se instaló el transformador de corriente
	Sistema de control	FCP / 4 cuadrantes
	Programas de conexión	1.1.1.1 / 1.2.2.2 / 1.3.4.4 / 1.1.2.2 / 1.2.4.8 / 1.1.2.4 / 1.2.2.4 / 1.2.3.3 / 1.2.3.4 / 1.2.3.6 / 1.2.4.6
	Función Test	Test Compensación y Test Resonancia Armónica
	Retardo de conexión Tc	4 ... 500 s
	Retardo de seguridad Ts	5 Tc
Normas		IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-3, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-11

Computer Max

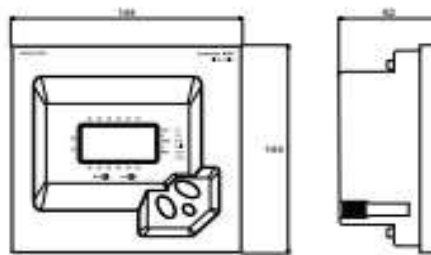
plug & play

Regulador automático de energía reactiva

Referencias

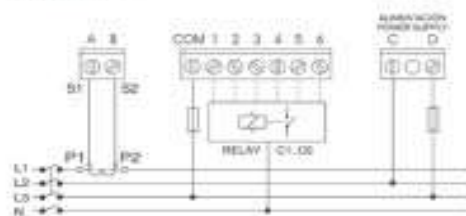
Tipo	Código	Tensión alimentación	Nº pasos
Computer Max 6	R10671	400 Vc.a.	6
Computer Max 12	R10672	400 Vc.a.	12
Computer Max 6	R10671002	230 Vc.a.	6
Computer Max 12	R10672002	230 Vc.a.	12
Computer Max 6	R10671004	480 Vc.a.	6
Computer Max 12	R10672004	480 Vc.a.	12

Dimensiones

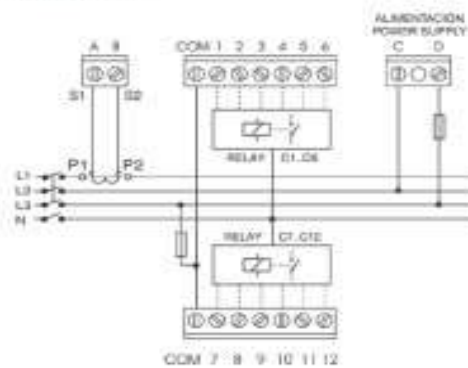


Conexiones

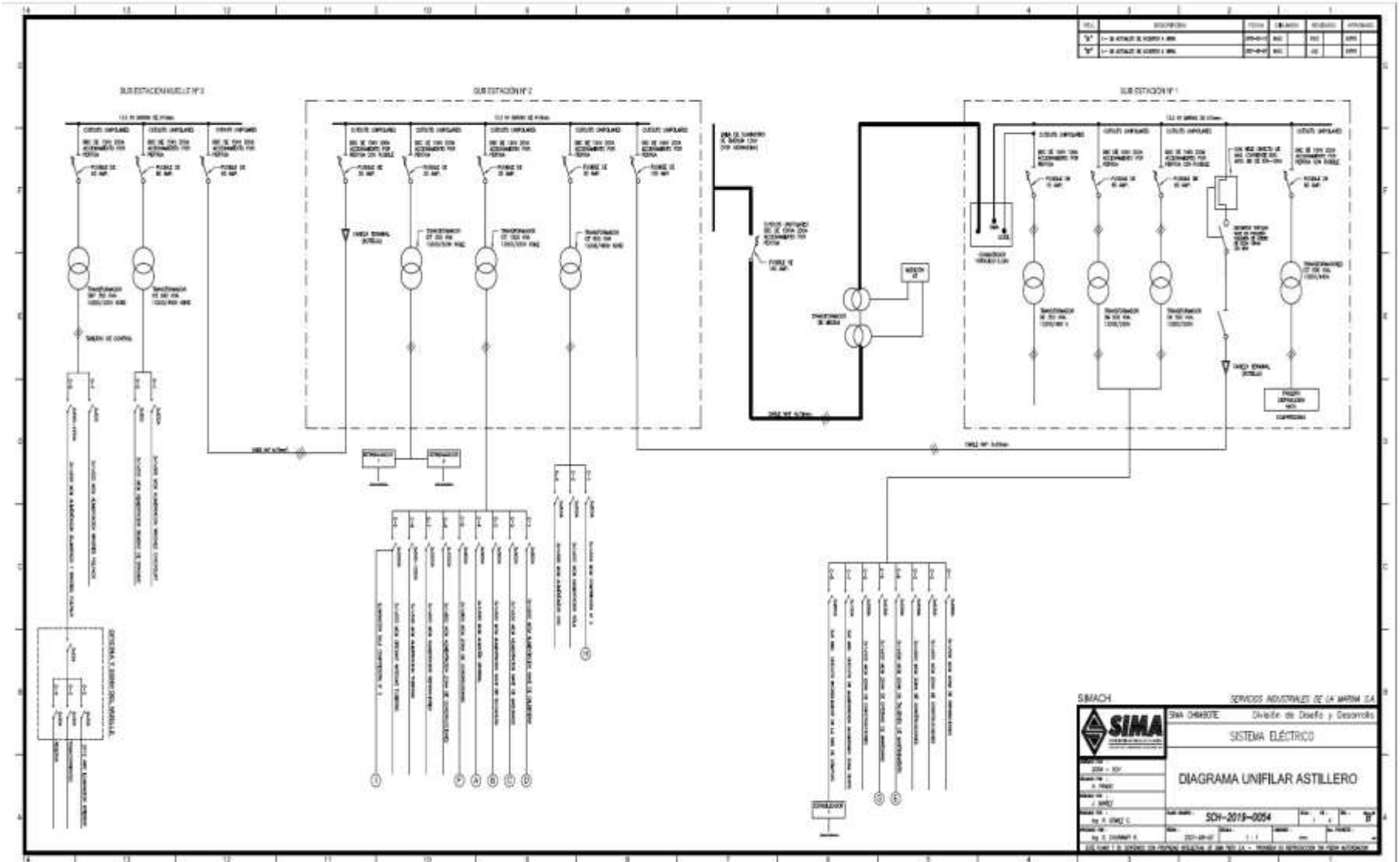
Computer Max 6



Computer Max 12



Anexo U: Diagrama unifilar SIMA - Chimbote Astillero



Anexo X: Matriz de consistencia.

Estudio de la Implementación de Bancos de Condensadores para Mejorar el Factor de Potencia de un Astillero de la Ciudad de Chimbote - Ancash			
Problema	Objetivo General	Hipótesis	Metodología
¿En cuánto, la implementación de bancos de condensadores mejorará el factor de potencia de un astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash?	Realizar un estudio para poder implementar bancos de condensadores para mejorar el factor de potencia de un Astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash.	Los bancos de condensadores logran mejorar el factor de potencia de un astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash en un 15%.	<p>Tipo de investigación: Por el tipo de investigación, la presente tesis reúne las condiciones de una investigación aplicada.</p> <p>Nivel de la Investigación: De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo y analítico.</p> <p>Diseño de la Investigación: No experimental - transaccional descriptivo.</p> <p>Población: N = 1</p> <p>Muestra: n = 1</p> <p>Técnicas e instrumentos: Técnica documental, Registros de lectura y facturaciones.</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	
<p>¿Será factible analizar la influencia del exceso de potencia reactiva en la facturación del sistema eléctrico de un astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash, 2020?</p> <p>¿Será factible determinar la capacidad de los bancos de condensadores en el sistema eléctrico de un astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash, 2020?</p> <p>¿Será factible determinar las pérdidas económicas durante el año 2019, por consumo de energía reactiva en el sistema eléctrico de un astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash, 2020?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar el diagnóstico de la situación anterior del bajo factor de potencia en un Astillero de la ciudad de Chimbote. - Diseñar la implementación de bancos de condensadores para mejorar el factor de potencia en un Astillero de la ciudad de Chimbote. - Aplicar la implementación de bancos de condensadores para mejorar el factor de potencia en un Astillero de la ciudad de Chimbote. - Evaluar los resultados de la implementación de banco de condensadores para mejorar el factor de potencia en un Astillero de la ciudad de Chimbote. 	<ul style="list-style-type: none"> - El exceso de potencia reactiva influye en la facturación del sistema eléctrico de un astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash, 2020. - La determinación de la capacidad de los bancos de condensadores, es factible y viable en el sistema eléctrico de un astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash, 2020. - La determinación de las pérdidas económicas durante el año 2019, por consumo de energía reactiva, es factible y viable en el sistema eléctrico de un astillero de la ciudad de Chimbote - Ancash, 2020. 	

Anexo Y: Instrumentos de Validación.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN								Observaciones (Si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)	
	Suficiencia ¹		Claridad ²		Coherencia ³		Relevancia ⁴			
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No		
1	✓		✓		✓		✓		—	
2										
3										
4										
Aspectos Generales								Si	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros.								✓		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación.								✓		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiere añadir ítems.								✓		
VALIDEZ										
APLICABLE								✓	NO APLICABLE	
Procede su aplicación atendiendo a las observaciones que se adjuntan										

¹Suficiencia: Los ítems que pertenecen a una mínima dimensión bastan para obtener la medición de ésta.

²Claridad: El ítem se comprende fácilmente, es decir su sintáctica y semántica son adecuadas.

³Coherencia: El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.

⁴Relevancia: El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.

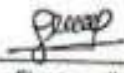
DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y Nombres: *MANDRAGON QUIPE JOSÉ LUIS*

Profesión: *INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO*

Institución donde labora: *SIMA*

Cargo: *JEFE DE PROYECTO*


 Firma y sello del experto
 CIP: 64860

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN								Observaciones (Si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Suficiencia ¹		Claridad ²		Coherencia ³		Relevancia ⁴		
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
1									
2	X		X		X		X		-
3									
4									
Aspectos Generales							Si	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros.							X		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación.							X		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiere añadir ítems.							X		
VALIDEZ									
APLICABLE					X		NO APLICABLE		
Procede su aplicación atendiendo a las observaciones que se adjuntan									

¹Suficiencia: Los ítems que pertenecen a una mínima dimensión bastan para obtener la medición de esta.

²Claridad: El ítem se comprende fácilmente, es decir su sintáctica y semántica son adecuadas.

³Coherencia: El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.

⁴Relevancia: El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.

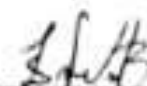
DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y Nombres: *Zavaleto Aguilar Vicente Leonides*

Profesión: *Iny Mecánico*

Institución donde labora: *SEMA*

Cargo: *Jefe de Proyecto*


 Firma y sello del experto
 CIP: *91267*

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACION								Observaciones (Si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Suficiencia ¹		Claridad ²		Coherencia ³		Relevancia ⁴		
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
1									
2									
3	X		X		X		X		—
4									
Aspectos Generales							Si	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros.							X		
Los ítems permiten lograr la obtención de datos importantes para la investigación.							X		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiere añadir ítems.							X		
VALIDEZ									
APLICABLE							X	NO APLICABLE	
Procede su aplicación atendiendo a las observaciones que se adjuntan									

¹Suficiencia: Los ítems que pertenecen a una mínima dimensión bastan para obtener la medición de ésta.

²Claridad: El ítem se comprende fácilmente, es decir su sintáctica y semántica son adecuadas.

³Coherencia: El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.

⁴Relevancia: El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y Nombres: *Liano Lozada Eduardo*

Profesión: *Ing. Mecánico*

Institución donde labora: *SIMA-CHIMBOTE*

Cargo: *Jefe de División Control de Calidad*


 Firma y sello del experto
 CIP: 45616