

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS  
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CALIDAD DE LA ENERGÍA  
ELÉCTRICA EN LA PLANTA INDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE  
ALIMENTOS AGROINDUSTRIAS CIRNMA S.R.L. EN LA REGIÓN PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**BACHILLER. RAMOS RAMOS ERIK DAVID**

**BACHILLER. RIVEROS ARCAYA SCHADDAI EMANUEL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CALIDAD DE LA ENERGÍA  
ELÉCTRICA EN LA PLANTA INDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE  
ALIMENTOS AGROINDUSTRIAS CIRNMA S.R.L. EN LA REGIÓN PUNO

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

ERIK DAVID RAMOS RAMOS


SCHADDAI EMANUEL RIVEROS ARCAÑA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**APROBADA POR EL JURADO DICTAMINADOR:**

**PRESIDENTE:**

  
M.SC. ROBERTO JAIME QUIROZ SOSA


**PRIMER MIEMBRO:**

  
M.SC. ANGEL MARIO HURTADO CHAVEZ

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
ING. FREDY BERNARDO COYLA APAZA

**DIRECTOR / ASESOR:**

  
M.SC. JOSE MANUEL RAMOS CUTIPA

**ÁREA: CONTROL DE PROCESOS**

**TEMA: EFICIENCIA Y CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

## **DEDICATORIA**

*La presente tesis se la dedico a Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, y a mi familia que gracias a su apoyo en todo momento para continuar mi formación como mecánico electricista. A mi mamá Maritza y abuelos Eusebio y Andina por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado aconsejándome, a través de sus enseñanzas y amor, a mi hermanita Marial por estar siempre apoyándome en todo momento. A mi familia en general por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y profesional. A ti.*

*Schaddai Emanuel RIVEROS ARCAYA*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios por darme la dicha de la vida y desarrollar una carrera profesional. A mi familia por darme su apoyo y cariño constante en todo momento. A la Universidad Nacional del Altiplano por brindarme excelente educación y desarrollarme como mecánico electricista. A los profesores que me han enseñado a ser mejor en la vida y realizarme profesionalmente, a los asesores que me apoyaron en la realización de la presente Tesis.*

*Schaddai Emanuel RIVEROS ARCAYA*

## **DEDICATORIA**

*A Dios, a mis padres, Bernardo y Dora, por su confianza, apoyo moral e incondicional, a mis hermanos y hermanas Cinthia, Miriam, Sheddy, Catherine, Tomás, Kelvin, Joseph y a Huber y su familia, por su gran apoyo en la culminación de mi vida universitaria.*

*A la empresa AGROINDUSTRIAS CIRNMA S.R.L., por permitirnos el uso de sus instalaciones para el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.*

*A los Docentes de la Escuela Profesional Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano, mi ALMA MATER.*

*Erik David RAMOS RAMOS*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la Universidad Nacional del Altiplano, por la formación recibida.*

*A la empresa AGROINDUSTRIAS CIRNMA S.R.L., en especial al Ing. Fernando Zúñiga Yaquetto por permitirnos realizar la investigación.*

*Mi admiración a los ingenieros Paul Portocarrero Prado, Víctor Ramos, por su apoyo e influencia en la culminación de la presente Tesis.*

*Mis reconocimientos a los miembros integrantes del jurado calificador y nuestro Asesor de Tesis Ing. Jose Manuel Ramos Cutipa.*

*Un reconocimiento especial a mis docentes y compañeros de estudios Washinton Huanacuni, Yony Mulluni por la ayuda recibida, y a mis amigos de estudios, Henry Montalvo, Junior Mendoza y todos los que de alguna manera aportaron en la realización y culminación de la presente tesis.*

*Erik David RAMOS RAMOS*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>4</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	<b>7</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>11</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>13</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>14</b>
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b> .....	<b>15</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>16</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>18</b>
<b>CAPITULO 1</b> .....	<b>20</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	20
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.4. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	23
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	23
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
<b>CAPITULO 2</b> .....	<b>24</b>
<b>REVISION Y LITERATURA</b> .....	<b>24</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	24
2.2 MARCO TEORICO.....	25
2.2.1 DEFINICIONES, FORMULAS Y LEYES.....	25
2.3 EFICIENCIA ENERGETICA ELECTRICA (E3).....	29
2.3.1 CUESTIONES BASICAS SOBRE LA ( $e^3$ ).....	30
2.3.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA NO ES AHORRO DE ENERGÍA.....	31
2.4 TIPOS DE CARGAS ELECTRICAS Y POTENCIA.....	32
2.4.1 CARGA LINEAL.....	32
2.4.2 CARGA NO LINEAL.....	32

2.4.3	POTENCIA ACTIVA .....	33
2.4.4	POTENCIA APARENTE .....	33
2.4.5	POTENCIA REACTIVA.....	33
2.4.6	FACTOR DE POTENCIA DE DESPLAZAMIENTO FDP ( $\cos \phi$ ).....	34
2.5	CALIDAD DE ENERGIA.....	36
2.5.1	ORIGEN DE LA MALA CALIDAD DE ENERGIA.....	36
2.5.2	PROBLEMAS QUE GENERA LA MALA CALIDAD DE ENERGÍA .....	37
2.5.3	EFFECTOS DE LOS ARMÓNICOS EN LA RED.....	37
2.5.4	CRITERIO DE INSTALACION DE BANCO DE CONDENSADORES EN UNA INDUSTRIA.....	38
2.5.5	VARIACIONES DE TENSIÓN DE LARGA DURACIÓN .....	38
2.5.6	ARMONICOS.....	40
2.5.7	DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (TOTAL HARMONIC DISTORSION <THD>). 41	
2.6	NORMATIVA.....	42
2.6.1	NORMA TECNICA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS ELECTRICOS (D.S. N° 020-97-EM – NTCSE - URBANA).....	42
2.6.2	CALIDAD DE PRODUCTO.....	43
2.6.3	CALIDAD DE SUMINISTRO.....	48
2.6.4	NORMATIVA DE EFICIENCIA ENERGETICA .....	49
2.7	TARIFAS ELECTRICAS A USUARIOS FINALES.....	50
2.7.1	DEFINICIONES.....	50
2.7.2	FORMACION DE PRECIOS DE ENERGIA .....	51
2.7.3	CONDICIÓN ESPECÍFICA DE APLICACIÓN DE CADA OPCIÓN TARIFARIA .....	52
2.7.4	OPORTUNIDADES PARA REDUCCION DE COSTOS RELACIONADOS A LA OPCIÓN TARIFARIA .....	60
2.8	DESCRIPCION DE LA PLANTA DE PRODUCCION .....	62
2.9	ECONOMIA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA. ....	64
2.9.1	RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN (ROI) .....	64
2.9.2	PERIODO DE AMORTIZACIÓN.....	66
2.9.3	COSTE DEL CAPITAL.....	67
2.9.4	LA AMORTIZACIÓN DESCONTADA .....	68
2.9.5	EL VALOR ACTUAL.....	68
2.9.6	EL VALOR ACTUAL NETO (VAN) TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR) 68	
2.9.7	TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR).....	69



2.9.8	TASA CRÍTICA DE RENTABILIDAD .....	70
2.10	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	71
2.10.1	HIPOTESIS GENERAL.....	71
2.10.2	HIPOTESIS ESPECIFICAS .....	71
2.11	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	72
<b>CAPITULO 3 .....</b>		<b>73</b>
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>		<b>73</b>
3.1.	MATERIALES.....	73
3.1.1.	MEDIDOR DE ENERGÍA Y CALIDAD DE POTENCIA POWERLOGIC™ ION7650 (SCHNEIDER ELECTRIC).....	73
3.2.	MÉTODOS.....	75
3.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	75
3.4.	POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	76
3.4.1.	RECOLECCION DE DATOS.....	76
3.4.2.	CARGAS ELECTRICAS .....	76
3.4.3.	CARACTERISTICA DE LA SUBESTACIÓN ELECTRICA .....	78
3.4.4.	ANÁLISIS DEL HISTORICO DE ENERGIA.....	78
3.4.5.	ANÁLISIS DE LA DEMANDA HISTORICA POR RECIBOS .....	80
3.4.6.	ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN.....	82
3.4.7.	INSTALACION DE EQUIPO DE MEDICION.....	85
3.4.8.	EXTRACCION DE DATOS .....	85
3.4.9.	PROCESAMIENTO DE DATOS .....	85
3.4.10.	ANALISIS UNIVARIANTE .....	86
3.5.	ANÁLISIS DE LA TENSIÓN .....	86
3.6.	ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA .....	89
3.7.	ANÁLISIS DE CORRIENTE.....	91
3.8.	ANÁLISIS DE POTENCIAS (P, Q, S) .....	94
3.9.	ANÁLISIS DEL FDP (Cos $\Phi$ ).....	97
3.10.	ANALISIS DE POTENCIA REACTIVA.....	99
3.11.	ANALISIS DEL THD <sub>v</sub> .....	100
<b>CAPITULO 4 .....</b>		<b>102</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>102</b>
4.1.	RESULTADOS .....	102
4.1.1	ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA CALIDAD DE ENERGÍA.....	102

4.1.2	<i>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS SOBRE LA CALIDAD DE ENERGÍA</i>	
	102	
4.2	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA EFICIENCIA ENERGETICA .....	104
4.2.1	<i>CONSIDERANDO EL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA ACTUAL,</i>	
	<i>ESCENARIO SIN COMPENSACIÓN REACTIVA.....</i>	<i>104</i>
4.2.2	<i>CONSIDERANDO EL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA PARA UN</i>	
	<i>ESCENARIO CON COMPENSACIÓN REACTIVA.....</i>	<i>105</i>
4.2.3	<i>DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE BATERÍAS CAPACITIVAS .....</i>	<i>105</i>
4.2.4	<i>SIMULACION DE COMPORTAMIENTO DE BATERÍAS CAPACITIVAS Y</i>	
	<i>REDUCCION DE POTENCIA REACTIVA.....</i>	<i>106</i>
4.2.5	<i>COMPORTAMIENTO DE FDP DESPUÉS DE LA COMPENSACIÓN DE</i>	
	<i>ENERGÍA REACTIVA.....</i>	<i>109</i>
4.3	RESUMEN DE PARÁMETROS SOBRE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA CON	
	COMPENSACIÓN REACTIVA .....	112
4.3.1	<i>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS SOBRE LA EFICIENCIA</i>	
	<i>ENERGÉTICA.....</i>	<i>112</i>
4.4	SIMULACION DEL SISTEMA ELECTRICO EN SOFTWARE ETAP 12.6.0 .	113
4.4.1	<i>ANÁLISIS EN ETAP ESCENARIO SIN COMPENSACIÓN .....</i>	<i>113</i>
4.4.2	<i>ANÁLISIS EN ETAP ESCENARIO CON COMPENSACIÓN REACTIVA .....</i>	<i>114</i>
4.4.3	<i>ANÁLISIS EN ETAP.....</i>	<i>115</i>
4.5	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL COSTO DE ENERGIA ELECTRICA.....	116
4.5.1	<i>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS COSTOS DE ENERGIA ELECTRICA</i>	
	117	
	<b>CAPITULO 5 .....</b>	<b>118</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>118</b>
	<b>CAPITULO 6 .....</b>	<b>120</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>120</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>121</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>124</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1: RELACIÓN DE POTENCIAS:.....	34
FIGURA 2. 2: ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN.....	49
FIGURA 2.3: ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS .....	50
FIGURA 2. 4: CURVA DE DEMANDA.....	53
FIGURA 2. 5: CURVA DE DEMANDA DE LA PLANTA INDUSTRIAL CIRNMA S.R.L. .	61
FIGURA 3. 1: MEDIDOR DE ENERGÍA Y CALIDAD DE POTENCIA ION 7650.....	73
FIGURA 3. 2: COMPARACIÓN DEL CONSUMO HISTÓRICO DE ENERGÍA ACTIVA Y ENERGÍA REACTIVA .....	80
FIGURA 3. 3: COMPARACIÓN DE DEMANDAS HISTÓRICAS (MÁXIMA DEMANDA, POTENCIA GENERACIÓN Y POTENCIA DE DISTRIBUCIÓN) .....	82
FIGURA 3. 4: COMPARACIÓN DE FACTURACIÓN HISTÓRICA (ENERGÍA ACTIVA, ENERGÍA REACTIVA Y ENERGÍA TOTAL FACTURADA): .....	84
FIGURA 3. 5: COMPARACIÓN DE FACTURACIÓN HISTÓRICA (POTENCIA Y ENERGÍA).....	84
FIGURA 3. 6: ANÁLISIS UNIVARIANTE DE LA TENSIÓN .....	86
FIGURA 3. 7: VALORES DE TENSIÓN ENTRE FASES A – B.....	87
FIGURA 3. 8: VALORES DE TENSIÓN ENTRE FASES B – C.....	88
FIGURA 3. 9: VALORES DE TENSIÓN ENTRE FASES C – A.....	88
FIGURA 3. 10: VALORES PROMEDIO DE TENSIÓN DE FASES RST (A,B,C,) .....	89
FIGURA 3. 11: VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA SOSTENIDA.....	89
FIGURA 3. 12: ANÁLISIS UNIVARIANTE DE LA FRECUENCIA.....	90
FIGURA 3. 13: HISTOGRAMA PORCENTAJE DE FRECUENCIA.....	90
FIGURA 3. 14: FRECUENCIA DE VARIACIONES SÚBITAS.....	91
FIGURA 3. 15: ANÁLISIS UNIVARIANTE DE LA CORRIENTE .....	92
FIGURA 3. 16: VALORES DE CORRIENTE (FASES RST) DÍA 16/10/2017.....	93
FIGURA 3. 17: VALORES DE CORRIENTE (FASES RST) DÍA 17/10/2017.....	93
FIGURA 3. 18: VALORES DE CORRIENTE (FASES RST) DÍA 18/10/2017.....	94
FIGURA 3. 19: PERFIL DE POTENCIAS (P,Q,S) DÍA 16/10/2017.....	95
FIGURA 3. 20: PERFIL DE POTENCIAS (P,Q,S) DÍA 16/10/2017.....	95
FIGURA 3. 21: PERFIL DE POTENCIAS (P,Q,S) DÍA 18/10/2017.....	96
FIGURA 3. 22: ANÁLISIS UNIVARIANTE DE POTENCIAS (P, Q, S).....	96
FIGURA 3. 23: HISTOGRAMA PORCENTAJE DEL FDP (COS $\Phi$ ).....	97
FIGURA 3. 24: ANÁLISIS UNIVARIANTE DEL FDP (COS $\Phi$ ).....	98
FIGURA 3. 25: POTENCIA REACTIVA [KVAR].....	99

FIGURA 3. 26: THDV POR FASE .....	100
FIGURA 3. 27: HISTÓRICO DEL THDV .....	100
FIGURA 4. 1: ESCALONAMIENTO DE BATERÍAS CAPACITIVAS SEGÚN DEMANDA DE ENERGÍA REACTIVA .....	107
FIGURA 4. 2: CONSUMO DE ENERGÍA REACTIVA CON COMPENSACIÓN REACTIVA.....	107
FIGURA 4. 3: ANÁLISIS UNIVARIANTE DE POTENCIA REACTIVA COMPENSADA	108
FIGURA 4. 4: COMPORTAMIENTO DEL FDP COMPENSADO Y FDP INICIAL .....	109
FIGURA 4. 5: ANÁLISIS UNIVARIANTE DEL FDP INICIAL Y FDP COMPENSADO ...	110
FIGURA 4. 6: HISTOGRAMA DE FDP COMPENSADO Y A RANGOS ACEPTABLES.	111
FIGURA 4. 7: POTENCIA DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL SIN COMPENSACIÓN REACTIVA.....	114
FIGURA 4. 8: POTENCIA DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL CON COMPENSACIÓN REACTIVA.....	115

## INDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1 FACTOR K PARA CARGAS TÍPICAS PARA TRANSFORMADORES .....	29
TABLA 2. 2: ORDEN FRECUENCIA Y SECUENCIA DE LOS ARMÓNICOS .....	41
TABLA 2. 3: TOLERANCIA DE THD.....	47
TABLA 2. 4: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	72
TABLA 3. 1: POTENCIA INSTALADA Y MÁXIMAS DEMANDAS EN LA PLANTA CIRNMA S.R.L.....	77
TABLA 3. 2: CONSUMO HISTÓRICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	79
TABLA 3.3: DEMANDA HISTÓRICA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA:.....	81
TABLA 3. 4: FACTURACIÓN HISTÓRICA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....	83
TABLA 3.5: PARÁMETROS DESCRIPTIVOS DE LA TENSIÓN.....	87
TABLA 3. 6: PARÁMETROS DESCRIPTIVOS DE LA CORRIENTE .....	92
TABLA 3. 7 PARÁMETROS DESCRIPTIVOS DE LAS POTENCIAS (P, Q, S) .....	97
TABLA 3. 8: PARÁMETROS DESCRIPTIVOS DEL FDP (COS $\Phi$ ).....	98
TABLA 3. 9: RESUMEN DE THDV DEL SISTEMA ELECTRICO .....	101
TABLA 4. 1 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA CALIDAD DE ENERGÍA.....	103
TABLA 4. 2: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	104
TABLA 4. 3: VALORES MÍNIMO, PROMEDIO Y MÁXIMO DEL FDP, POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA. ....	105
TABLA 4. 4: RESUMEN DEL ANÁLISIS UNIVARIANTE DE LA POTENCIA COMPENSADA .....	108
TABLA 4. 5: RESUMEN DEL ANÁLISIS UNIVARIANTE DEL FDP (COS $\Phi$ ).....	110
TABLA 4. 6: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA EN UN ESCENARIO CON COMPENSACIÓN REACTIVA.....	112
TABLA 4. 7: FLUJO DE CAJA, VAN, TIR Y RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN .....	116

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: AUDITORIA ENERGETICA DE LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL CIRNMA S.R.L. ....	124
ANEXO 2: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MEDIDOR Y PROGRAMACIÓN.....	125
ANEXO 3: CALCULO DE LA POTENCIA A COMPENSAR - TABLA DE ELECCIÓN ..	145
ANEXO 4: DIAGRAMA BANCO DE CAPACITORES AUTOMATICO 72 KVAR.....	148
ANEXO 5: MODELAMIENTO DEL SISTEMA ELECTRICO ACTUAL SIN COMPENSACION REACTIVA CON SOFTWARE ETAP 12.6.0.....	149
ANEXO 6: MODELAMIENTO DEL SISTEMA ELECTRICO CON COMPENSACION REACTIVA SOFTWARE ETAP 12.6.0.....	151
ANEXO 7: PANEL FOTOGRAFICO .....	153
ANEXO 8: PRESUPUESTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BANCO DE CONDENSADORES 5 PASOS 72 KVAR PARA LA EMPRESA AGROINDUSTRIAS CIRNMA S.R.L.....	157
ANEXO 9: LISTA DE INSUMOS DEL PROYECTO .....	158
ANEXO 10: CONTRATO ALQUILER EQUIPO DE MEDICIÓN .....	159
ANEXO 11: CERTIFICADOS DE CALIBRACION DE EQUIPO ION 7650 SERIE MJ- 1011A227-02.....	161

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

**BT:** Baja Tensión

**e<sup>3</sup>:** Eficiencia Energética Eléctrica

**FDP:** Factor de Potencia de Desplazamiento ( $\cos\phi$ )

**FP:** Factor de Potencia ( $\cos\lambda$ )

**HFP:** Hora Fuera de Punta

**HP:** Hora Punta

**MD:** Máxima Demanda

**MT:** Media Tensión

**NTCSE:** Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos

**OSINERGMIN:** Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

**PURD:** Potencia por Uso de Redes de Distribución

**ROI:** Return On Investment (Retorno sobre la Inversión, Rentabilidad de la Inversión)

**THD:** Total Harmonic Distortion (Distorsión Armónica Total)

**TIR:** Tasa Interna de Rentabilidad

**VAN:** Valor Actual Neto

## RESUMEN

Este trabajo de investigación se desarrolló en la planta industrial de procesamiento de quinua “Agroindustrias CIRNMA S.R.L.” durante el mes de Octubre del año 2017, ubicada en el Centro Poblado de Salcedo distrito de Puno con el objetivo de medir y analizar la calidad de su suministro eléctrico, modelar el sistema eléctrico en un software especializado, proponer una solución técnica-económica para optimizar la eficiencia y calidad de energía, y demostrar una reducción de penalidades económicas. Se realizaron mediciones según metodologías recomendadas por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, el instrumento fue un medidor de energía y de calidad de energía PowerLogic ION 7650, el cual registro valores de tensiones, corrientes, potencias. Estos valores fueron analizados, demostrando el estado real del sistema eléctrico de la planta, además se realizó un análisis del historial del consumo de energía verificando la tarifa en que se encuentra; Se observó que los valores de tensión, frecuencia y THD de tensión están dentro de los límites y rangos aceptables por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos Decreto Supremo 020-97 Ministerio de Energía y Minas, se determina además que la empresa no tiene un eficiente consumo de energía eléctrica, esto es evidenciado ya que solo el 5.6 % del  $\cos \phi$  está dentro del margen definido como satisfactorio y el 5.6 % dentro del rango regular, lo cual indica que tiene un consumo de energía reactiva muy alto lo que repercute en sus pagos por energía reactiva. Luego de un diseño y simulación en software especializado se evidencia una mejora notable del  $\cos \phi$  cuando utilizamos una batería de condensadores para poder minimizar el consumo de potencia reactiva, notando que el  $\cos \phi$  dentro del rango aceptable aumenta de 5.6% a 70.8 % y del 5.6 % regular a 15.5 %, lo cual evitara que la industria CIRNMA realice pagos por el concepto de energía reactiva; los cuales fueron durante el año 2015 una cantidad de S/ 4 063.53 y el año 2016 la suma de S/ 5 694.97. Lo cual demuestra la



factibilidad técnica y económico de la batería de condensadores con un Valor Actual Neto mayor a 1 y una Tasa Interna de Retorno de 26 % y una recuperación de inversión en aproximadamente 2 años y 4 meses.

**Palabras Clave :** Eficiencia de Energía, Perturbaciones, Compensación de Potencia Reactiva.

## ABSTRACT

This research work was developed in the industrial processing plant of quinoa "Agroindustrias CIRNMA SRL" during the month of October of the year 2017, located in the town center of Salcedo district of Puno with the objective of measuring and analyzing the quality of its supply electrical, modeling the electrical system in a specialized software, propose a technical-economic solution to optimize the efficiency and quality of energy, and demonstrate a reduction of economic penalties. Measurements were made according to methodologies recommended by the Supervisory Body of Investment in Energy and Mining, the instrument was an energy and energy quality meter PowerLogic ION 7650, which recorded values of voltages, currents, powers. These values were analyzed, demonstrating the real state of the electrical system of the plant, in addition an analysis of the history of energy consumption was carried out, verifying the rate in which it is located; It was observed that the voltage, frequency and THD voltage values are within the limits and ranges acceptable by the Technical Standard for the Quality of Electric Services Supreme Decree 020-97 Ministry of Energy and Mines, it is further determined that the company does not have an efficient consumption of electrical energy, this is evidenced since only 5.6% of the  $\text{Cos } \phi$  is within the margin defined as satisfactory and 5.6% within the regular range, which indicates that it has a very high reactive energy consumption which has an impact on your payments for reactive energy. After a design and simulation in specialized software a remarkable improvement of the  $\text{Cos } \phi$  is evidenced when we use a capacitor bank to be able to minimize the reactive power consumption, noting that the  $\text{Cos } \phi$  within the acceptable range increases from 5.6% to 70.8% and of 5.6% regulate to 15.5%, which will prevent the CIRNMA industry from making payments for the concept of reactive energy; which were during the year

2015 an amount of S/ 4 063.53 and the year 2016 the sum of S/ 5694.97. This demonstrates the technical and economic feasibility of the capacitor bank with a Net Present Value greater than 1 and an Internal Rate of Return of 26% and an investment recovery in approximately 2 years and 4 months.

**Key Words:** Energy Efficiency, Disturbances, Reactive Power Compensation.

# CAPITULO 1

## 1.1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el aumento de la demanda de la energía eléctrica, el incremento de equipos electrónicos, uso de máquinas eléctricas rotatorias (motores eléctricos) en pequeñas industria implica implementar un ahorro energético realizando un uso adecuado de la energía eléctrica, además cuando una industria implementa una contabilidad energética que consiste en la práctica de recopilar, registrar y analizar los datos sobre la energía, es posible mejorar su instalación ya que no se puede mejorar lo que no se mide.

Esta investigación pretende dar una solución a los problemas de tiempo, calidad de producto descubriendo oportunidades de ahorro energético, asegurándose que las facturas eléctricas reflejen lo que realmente se consume. Se realizó mediciones con un medidor de energía y de calidad de energía PowerLogic ION 7650 fue posible tener un registro de la demanda diaria

En los siguientes párrafos se se detalla una breve introducción de los capítulos contenidos a lo largo de esta investigación:

En el primer capítulo se determina el planteamiento, formulación y justificación del problema, a continuación, los objetivos de la investigación.

En el segundo capítulo se realizará la una revisión de la teoría utilizada a lo largo de la presente tesis. Principalmente enfocando a la Calidad de energía, Eficiencia energética, tarifación eléctrica y análisis económico, que se explican en esta sección y su comprensión es necesaria para poder entender esta investigación

En el tercer capítulo se describe los materiales que fueron necesarios para desarrollar este trabajo. Además de la realización de un análisis profundo de las principales variables

En el capítulo cuatro se realiza el análisis del estado actual de la industria CIRNMA, seguidamente se procede a diseñar y dimensionar un banco de condensadores. De este diseño determina si esta inversión es rentable para la industria, para ello se realiza una auditoría a los consumos históricos de energía y las penalidades impuestas que la industria CIRNMA pagó por concepto de reactivos.

En los capítulos 5 y 6 se presentan las conclusiones y recomendaciones respectivamente, finalizando la presente tesis con las Referencia bibliográficas y anexos

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En la actualidad se viene efectuando un incremento de pequeñas industrias en nuestra región como usuarios de energía eléctrica en baja y media tensión, siendo este caso Agroindustrias CIRNMA, ubicada en el Centro Poblado de Salcedo distrito de Puno. A estos usuarios finales son afectados por una deficiente calidad de producto o suministro (interrupciones) y por el uso de equipos electrónicos, motores eléctricos y la variación de tipos de cargas que causan una deficiente calidad de energía que se ve reflejada en los consumos de energía reactiva (bajo Factor de Potencia de desplazamiento FDP ( $\cos \phi$ )), picos de máximas demandas que son facturadas mensualmente y ocasionan una pérdida económica al usuario, además de una reducción de la vida útil de los equipos y fallas en el sistema eléctrico.

Debido a las causas mencionadas, es necesario realizar la mejora de compensación reactiva, determinando si este es de forma automática o fija, esto tomando en cuenta que la máxima potencia activa se transmite a una carga cuando la tensión y corriente no están distorsionadas y están en fase, además se toma en cuenta las instalaciones eléctricas actuales.

### 1.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De lo enunciado anteriormente se desprende el siguiente Problema Central:

**¿En qué medida la optimización de la eficiencia y calidad de la energía eléctrica es una alternativa de solución técnico-económica para el mejoramiento en un sistema eléctrico en una pequeña empresa?**

De este problema central se desprende los siguientes problemas específicos:

1. ¿En qué grado una medición y análisis de los parámetros eléctricos puede demostrar y evidenciar el estado de un sistema eléctrico?
2. ¿El suministro eléctrico está dentro de los parámetros mínimos establecidos por la NTCSE - Urbano?
3. ¿Es posible una simulación del sistema eléctrico antes y después del estudio?
4. ¿En qué proporción una propuesta técnica - económica en relación a la tecnología actual generara un mayor valor agregado y una rentabilidad viable como propuesta de desarrollo a una pequeña empresa de nuestra región?

### 1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1. Este estudio demostrara que es necesario realizar mediciones para determinar calidad de producto eléctrico en la empresa AGROINDUSTRIAS CIRNMA.
2. Los motivos que nos llevaron a realizar la investigación, es investigar si la calidad de suministro en la empresa AGROINDUSTRIAS CIRNMA está dentro de los parámetros de la NTCSE – Urbano.
3. El motivo que nos lleva realizar un modelamiento del sistema eléctrico de la planta industrial de la empresa AGROINDUSTRIAS CIRNMA, es poder ver y analizar los posibles escenarios antes y después de un estudio de eficiencia y calidad de energía.

4. Este estudio mediante el análisis detallado de la potencia activa y reactiva, nos permitirá desarrollar y plantear una propuesta técnica - económica viable para solucionar los problemas de eficiencia y calidad de energía eléctrica.

## **1.4. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar, cuantificar y actualizar los parámetros de: Diseño, técnicos operativos de la tecnología para la eficiencia y calidad de energía, realizando mediciones y simulando mediante software (ETAP 12.6) la optimización del consumo de la energía eléctrica, para proponer una alternativa técnica – económica viable para optimizar el sistema eléctrico en una pequeña industria.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Medir y analizar experimentalmente la calidad de suministro eléctrico, de acuerdo a la NTCSE - Urbano.
2. Demostrar que la calidad de suministro de la empresa AGROINDUSTRIAS CIRNMA está dentro de los indicadores de la NTCSE - Urbano, durante el periodo de medición.
3. Actualizar y modelar escenarios del sistema eléctrico con el software ETAP v12.6.
4. Medir y analizar la potencia activa y reactiva de la planta industrial para plantear una alternativa de reducción de penalidades por concepto de reactivos impuestas por el concesionario.

## CAPITULO 2

### REVISION Y LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.

(MACHACA VILCA & COILA DELGADO, 2017), en su tesis titulado “ESTUDIO Y ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, UTILIZANDO UN ANALIZADOR DE REDES - 2016”, concluye:

Al realizar las pruebas de medición mediante el analizador de redes PowerQ4 Plus, se obtuvieron los resultados mostrados en el capítulo III, el cual se estudió y analizó por subestación eléctrica. Respecto a la frecuencia medida se podría decir que se encuentra correcta, sin embargo el voltaje suministrado por los transformadores dentro del campus de la UNA – PUNO se encuentra con 231.83V, el cual está en el límite del  $\pm 5\%$  permitido por la NTCSE - Urbano, esto puede provocar un deterioro de los equipos, El único déficit de la medición realizada es el factor de potencia, en especial la S.E. 01, con un factor de potencia de 0.74; el mayor consumo de energía reactiva se ve reflejada en la S.E. 03 con un valor de 81,037.38 kVAR-h. Considerándose el 41.41% de consumo total de energía reactiva; la alternativa de solución para optimizar costos sería realizar una compensación con filtros, por motivos que existen también armónicos de corriente, En el siguiente cuadro se detalla las características generales medidas en las subestaciones eléctricas.

Se podría indicar que la Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad de Puno Sociedad Anónima Abierta (Electro Puno S.A.A.), brinda un buen servicio, respecto a frecuencia y voltaje, ya que cumple con los parámetros mencionados por la NTCSE - Urbano.



Además, (Zapata, 2015) en su tesis “ANÁLISIS ELECTRÓNICO DE LAS SOLUCIONES QUE EXISTEN EN CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA” concluye:

Los conceptos de calidad de energía eléctrica y eficiencia energética son temas que preocupan a todos los sectores del país, aunque el tema de la eficiencia energética a tomado más relevancia en este último tiempo, la calidad de energía eléctrica no es menos importante y en la mayoría de los casos estos dos temas están directamente relacionados, ya que si no hay calidad en el sistema eléctrico tampoco hay eficiencia.

## **2.2 MARCO TEORICO**

### **2.2.1 DEFINICIONES, FORMULAS Y LEYES**

#### **TENSIÓN**

La tensión o diferencial de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico es, por definición el trabajo necesario para desplazar la unidad de carga eléctrica positiva de un punto al otro en contra o a favor de las fuerzas de campo, siendo el *Volt* su unidad de medida y su símbolo **V**.

#### **CORRIENTE**

La corriente eléctrica se define como el movimiento ordenado y permanente de las partículas cargadas en un conductor bajo la influencia de un campo eléctrico; siendo el campo eléctrico la zona que rodea a las cargas, en el cual se pone de manifiesto atracciones o repulsiones sobre otras cargas.

#### **INTENSIDAD DE CORRIENTE**

La intensidad de corriente eléctrica es la cantidad de carga que circula por segundo a través de una sección de conductor, siendo su unidad el *Ampere* y su símbolo **A**.

$$\text{Intensidad de Corriente} = \frac{\text{Cantidad de carga}}{\text{Tiempo de Circulación}} \quad (2.1)$$

### FRECUENCIA ELECTRICA

Magnitud importante y característica de la corriente alterna que se repite cíclicamente un número determinado de veces durante un segundo de tiempo, siendo su unidad el **Hertz** y el símbolo de la unidad **Hz**.

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Numero de ciclos}}{\text{Tiempo transcurrido}} \quad (2.2)$$

### VALORES EFICACES (RMS)

Se llama valor eficaz de una corriente alterna, al valor que tendría una corriente continua que produjera la misma potencia en corriente alterna (Müller, 1980).

$$Y_{\text{Eficaz}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y(t)^2 dt} \quad (2.3)$$

En una señal sinusoidal este valor es:

$$Y_{\text{Eficaz}} = \frac{Y_{\text{medio}}}{\sqrt{2}} \quad (2.4)$$

### IMPEDANCIA

Es la oposición al paso de la corriente en un circuito de corriente alterna, siendo compuesto vectorialmente por la resistencia (R) y la reactancia Inductiva ( $X_L$ ) o reactancia capacitiva ( $X_C$ ).

$$IZ^2 = R^2 + (X_C - X_L)^2 \quad (2.5)$$

Y en sus formas complejas:

$$Z = R \pm jX \quad (2.6)$$

Polar:

$$Z = Z \angle \varphi \quad (2.7)$$

### **ANGULO DE FASE**

Es el desplazamiento relativo entre la tensión y la corriente, este ángulo nos indica si las señales de tensión y corriente se encuentran en fase (Portocarrero & Mendoza, 2014).

### **FIABILIDAD**

Probabilidad de que el dispositivo desarrolle una determinada función, bajo ciertas condiciones y durante un periodo de tiempo determinado.

### **DISPONIBILIDAD**

Suministro ininterrumpido de energía o dentro de niveles aceptables de interrupciones.

### **PERTURBACION**

Se refiere a cualquier evento que altera el balance de potencia activa o reactiva del sistema. (MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, 2002)

### **MOTOR ASINCRONO**

Los motores asíncronos o motores de inducción son máquinas de impulsión eléctrica más utilizadas pues son sencillos, seguros y baratos. Los motores asíncronos se clasifican según el tipo de rotor en motores de rotor en jaula de ardilla (o motores con inducido en cortocircuito) y motores de rotor bobinado y anillos rozantes (Müller, 1980).

### **TABLERO O PANEL DE DISTRIBUCION**

Panel o conjunto de paneles diseñados para constituir un solo panel; incluye barras, dispositivos automáticos de sobrecorriente, y con o sin interruptores para el control de circuitos de alumbrado y fuerza; contruidos para su colocación en un gabinete adosado o empotrado en la pared y accesible solo por un frente (Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad, 2006).

### **FACTOR DE CARGA**

Es un indicador de la eficiencia de la producción, permite medir la eficiencia en la utilización de la capacidad de producción o potencia es el factor de carga, el cual se define como el ratio entre la carga o demanda promedio y la carga o demanda máxima durante el período analizado.(Dammert, Molinelli, & Carbajal, 2011)

$$\text{Factor de Carga } (fc) = \frac{\text{Carga promedio del periodo}}{\text{Carga maxima del periodo}} \quad (2.8)$$

### **FACTOR K**

Define la capacidad de un transformador para alimentar cargas no lineales sin exceder sus límites de temperatura.

$$\text{Factor K} = \frac{\text{sum } (I_h)^2 h^2}{I_{RMS}^2} \quad (2.9)$$

*TABLA 2. 1*  
*Factor K para cargas típicas para transformadores*

FACTOR K	TIPO DE CARGA
K-1	Cargas resistivas
	Lámparas Incandescentes
	Motores
	Transformadores de Control y/o Distribución
K-4	Máquinas de soldar
	Equipos de calefacción por inducción
	Lámparas fluorescentes
	UPS con filtrado de entrada opcional
	PLC y controladores de estado sólido (diferentes a variadores de velocidad)
K-13	Equipos de Telecomunicaciones
	Centros de Computo
	Equipos médicos
	UPS sin filtrado de entrada opcional
K-20	Cargas de computadoras <i>Main Frame</i>
	Variadores de velocidad de estado solido
	Equipo de procesamiento de datos

*Fuente: Catalogo de Transformadores - PROMELSA*

### 2.3 EFICIENCIA ENERGETICA ELECTRICA (e3)

Se entiende por eficiencia energética eléctrica, la reducción de las potencias y energías demandadas al sistema eléctrico sin que afecte a las actividades normales realizadas en edificios, industrias o cualquier proceso de transformación (Serra, 2009).

Además, una instalación eléctricamente eficiente permite su optimización técnica y económica. Es decir, la reducción de sus costes técnicos y económicos de explotación.

En definitiva, un estudio de eficiencia energética comporta tres puntos básicos(Serra, 2009):

- Ayudar a la sostenibilidad del sistema y medio ambiente mediante la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> al reducir la demanda de energía.

- Mejorar la gestión técnica de las instalaciones aumentando su rendimiento y evitando paradas de procesos y averías.
- Reducción, tanto del coste económico de la energía como del de explotación de las instalaciones.

Desde un punto de vista técnico, para la realización de una instalación eléctrica eficiente se plantean cuatro puntos básicos(Serra, 2009):

- Gestión y optimización de la contratación
- Gestión interna de la energía mediante sistemas de medida y supervisión
- Gestión de la demanda
- Mejoras de la productividad mediante el control y eliminación de perturbaciones.

### 2.3.1 CUESTIONES BASICAS SOBRE LA (e<sup>3</sup>)

La eficiencia energética eléctrica se cuestiona para identificar los objetivos a trabajar para tener una instalación eléctricamente eficiente.

- Gestión y optimización de la contratación (¿Es su contratación eléctrica la más adecuada a sus necesidades?)
- Medida (¿Es consciente de cómo, ¿cuándo y dónde consume la energía?)
- Gestión de la demanda (¿Puede reducir sus consumos de energía eléctrica sin afectar a los procesos o actividades realizadas?)
- Mejora de la productividad (¿Puede entonces mejorar la productividad de sus procesos?).

### PLANTEAMIENTO DE UN ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGETICA

El primer paso a realizar en un proceso de eficiencia energética eléctrica es la diagnosis y auditoría de energía eléctrica. En ella, se va a proceder a tomar e interpretar mediciones

de potencia y energía, así como de todas las variables necesarias para la posterior toma de decisiones (Serra, 2009)

Para ello, existen dos puntos claves a tener en cuenta:

- Qué se pretende obtener de las medidas
- Qué puntos de medida son los idóneos

No obstante, depende de la instalación objeto de estudio:

### **Instalaciones sin sistema de medida y supervisión**

En este caso, se tiene que realizar una campaña de mediciones mediante equipos. Estos equipos permiten el almacenamiento, en su memoria, de todas las variables seleccionadas (potencias, energías, THD, corriente, etc.)

Se realizan tantas medidas como puntos se hayan considerado críticos o necesarios.

En función del tipo de proceso, se determina la duración de cada una de las medidas, con el fin de que sea representativa del estado del punto medido. Los equipos portátiles de medida aportan una gran flexibilidad, pero, por contra, no permiten la realización de un seguimiento del consumo de energía una vez se han tomado las decisiones oportunas.

### **2.3.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA NO ES AHORRO DE ENERGÍA**

El uso eficiente de la energía busca producir un producto o servicio deseado como por ejemplo calor, luz, movimiento, etc. evitando que se pierda energía. El ahorro de energía significa disminuir el consumo energético, dejando de realizar ciertas actividades, o reduciendo su frecuencia. El ahorro de energía está normalmente asociado a momentos de escasez, en esos casos se conoce como “racionamiento”. Dejar de usar energía aun cuando es necesario, como no usar la calefacción en el invierno o no usar suficiente

iluminación durante la noche, no son formas eficientes de usar la energía, aun cuando puedan significar importantes ahorros en el gasto energético.(Zapata, 2015)

Ahora bien, la eficiencia energética apunta a usar menos energía, pero sin sacrificar el confort y sin perjudicar las actividades económicas. Principalmente la eficiencia energética contribuye a la reducción de costos, a la competitividad de las empresas, a la reducción de la contaminación local y global, a la reducción de la fragilidad y dependencia energética. Es por esto que el empleo de equipos y procesos de mejor eficiencia dan como resultado un menor consumo de energía.(Zapata, 2015)

## **2.4 TIPOS DE CARGAS ELECTRICAS Y POTENCIA**

### **2.4.1 CARGA LINEAL**

Cuando la tensión y corriente relacionadas por un factor constante (la impedancia puntual no cambia), la forma de onda de la corriente es la misma que la forma de onda de la tensión (cuando se aplica un voltaje senoidal directamente a cargas como resistencias, inductancias capacitores o una combinación de ellos se produce una corriente que también es senoidal) (Rios, 2014).

### **2.4.2 CARGA NO LINEAL**

Relación tensión/corriente no es una constante (la impedancia puntual cambia), la forma de onda de la corriente es diferente que la forma de onda de la tensión. La curva característica corriente – tensión de la carga define si es o no lineal su comportamiento y no se debe pensar que todos los equipos tienen semiconductores por definición son no lineales (Rios, 2014)



### 2.4.3 POTENCIA ACTIVA

Es la potencia útil, que se transforma íntegramente en energía mecánica (trabajo) y calor (perdidas), se la designa con la letra **P** siendo su unidad el **Watt** y el símbolo de la unidad **W**.

### 2.4.4 POTENCIA APARENTE

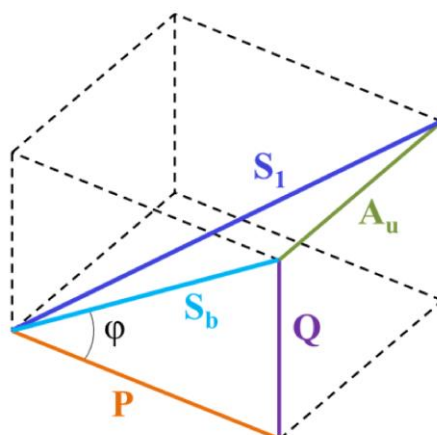
La potencia aparente de un circuito eléctrico de corriente alterna, es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes. Esta potencia no es la realmente consumida, salvo cuando el FDP ( $\cos \phi$ ) es la unidad, y nos señala que la red de alimentación de un circuito no sólo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de contarse con la que van a suministrar a bobinas y condensadores. Se la designa con la letra **S**, siendo su unidad el **VoltAmperio** y el símbolo de la unidad **VA** (Portocarrero & Mendoza, 2014).

### 2.4.5 POTENCIA REACTIVA

Es aquella que utilizan ciertos receptores para la creación de campos eléctricos y magnéticos (como motores, transformadores, reactancias, etc.).

Esta potencia no se convierte en trabajo útil, aumenta la potencia total a transportar y distribuir por las compañías suministradoras, así como las pérdidas en distribución, Se la designa con la letra **Q** siendo su unidad el **Voltamperio Reactivo** y el símbolo de la unidad **VAR**.

FIGURA 2. 1:  
Relación de Potencias:



Fuente: Calidad de Energía - TECSUP

#### 2.4.6 FACTOR DE POTENCIA DE DESPLAZAMIENTO FDP (Cos $\phi$ )

Se denomina factor de potencia de desplazamiento FDP 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  $\phi$  pero no es lo mismo (Portocarrero & Mendoza, 2014).

Hay una diferencia entre FDP (Cos  $\phi$ ) y el FP (Cos  $\lambda$ )

$$\cos \lambda = \frac{\cos \phi}{\sqrt{1 + THD_i^2}} \quad (2.10)$$

Y se cumple que:

$$\cos \phi \geq \cos \lambda \quad (2.11)$$

Cuando en un sistema eléctrico no existe distorsión, ambas son iguales.

Es aconsejable que en una instalación eléctrica el FDP ( $\text{Cos } \phi$ ) sea alto, si al usuario le facturan por concepto de energía reactiva, significa que el suministro eléctrico tiene un FDP ( $\text{Cos } \phi$ ) menor a 0,96. (Ministerio de Energía y Minas., 2011). También podemos decir que el FDP ( $\text{Cos } \phi$ ) es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (kW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (KVA).

El FDP ( $\text{Cos } \phi$ ) puede ser utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. El valor ideal del FDP ( $\text{Cos } \phi$ ) es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un FDP ( $\text{Cos } \phi$ ) menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, generadores, transformadores, etc. Este carácter reactivo obliga a que, junto al consumo de potencia activa (KW), se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de equipos y motores.

Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas generadoras de electricidad, aunque puede ser producida por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución. Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación. Dependiendo del tipo de carga, el FDP ( $\text{Cos } \phi$ ) puede ser: adelantado, retrasado, igual a 1.

En las cargas resistivas como las lámparas incandescentes, la tensión y la corriente están en fase en este caso, se tiene un FDP ( $\text{Cos } \phi$ ) unitario.

En las cargas inductivas como los motores y transformadores, la corriente se encuentra retrasada respecto a la tensión. En este caso se tiene un FDP ( $\text{Cos } \phi$ ) retrasado.

En las cargas capacitivas como los condensadores, la corriente se encuentra adelantada respecto al voltaje. En este caso se tiene un FDP ( $\text{Cos } \phi$ ) adelantado.

## 2.5 CALIDAD DE ENERGIA

Calidad de energía es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas, en términos de:

- Tensión o voltaje constante
- Frecuencia constante
- Forma de onda sinusoidal

### 2.5.1 ORIGEN DE LA MALA CALIDAD DE ENERGIA

Puede tener dos orígenes:

El primero, en la acometida de la red eléctrica que alimenta la instalación por deficiencias del suministro. El segundo, en la propia instalación (MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, 2016).

Los equipos electrónicos modernos (computadoras, variadores de frecuencia, UPS, balastos electrónicos) utilizan un dispositivo de electrónica de potencia (diodos, transistores y tiristores) que convierten la corriente alterna en corriente directa y trabajan en un modo de interrupción (switching), que funciona a manera de pulsaciones que no

tienen forma de onda de voltaje sinusoidal (MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, 2016).

Aproximadamente el 50% de la energía pasa por estos dispositivos antes de ser finalmente aprovechada.

Al resultar corrientes no sinusoidales se produce la distorsión armónica y consumos no lineales.

### **2.5.2 PROBLEMAS QUE GENERA LA MALA CALIDAD DE ENERGÍA**

- Variaciones de voltajes
- Generación de corrientes armónicas
- Fugas de corrientes en la red de tierra

Estos fenómenos técnicos ocurren por dos razones principalmente:

La instalación de equipo electrónico en un ambiente determinado sin haber hecho las modificaciones necesarias en la instalación eléctrica, de tal manera que no hay un equilibrio entre el consumo de energía y la instalación que soporta este consumo.

La construcción de edificaciones sin el conocimiento de la carga eléctrica que se requerirá.

### **2.5.3 EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS EN LA RED**

Los efectos que causan los armónicos en una red industrial compuesta en su mayoría por maquinas rotativa son los siguientes (Arcila, 2009):

- El incremento de calor debido a altas frecuencias, por lo tanto, los armónicos afectarán tanto la eficiencia y al torque desarrollado.
- Aumentar la emisión de ruidos audibles comparado con la excitación sinusoidal.

- El quinto y el séptimo armónico tienen el potencial de producir oscilaciones mecánicas en la combinación turbina – generador o en sistemas motor carga.
- Estas resultan cuando el torque oscila y es causado por una interacción entre las corrientes armónicas y el campo magnético de frecuencia fundamental. Por ejemplo, el quinto y el séptimo armónico pueden combinarse para producir una torsión en el rotor del generador a la frecuencia del sexto armónico. Si existe una resonancia mecánica de frecuencia cercana a la eléctrica, altas fuerzas mecánicas pueden ser desarrolladas en algunas partes del motor.
- Afectan el flujo giratorio de la máquina, por lo que es necesaria más corriente para producir el mismo trabajo, por lo tanto, la eficiencia disminuye y aumenta el consumo de Potencia.

#### **2.5.4 CRITERIO DE INSTALACION DE BANCO DE CONDENSADORES EN UNA INDUSTRIA**

La impedancia capacitiva es proporcionalmente inversa a la frecuencia, por lo cual se puede deducir que los condensadores disminuyen su impedancia con el aumento de la frecuencia; es decir el acoplamiento de corrientes parasitas y un mal funcionamiento de los dispositivos de protección podría llegar a quemarlos.

En la Practica se debe tener cuidado al instalar condensadores en instalaciones eléctricas con un THD mayor al 8 % (TECSUP, 2018)

#### **2.5.5 VARIACIONES DE TENSION DE LARGA DURACION**

Son aquellas desviaciones del valor eficaz (RMS) de la tensión que ocurren con una duración superior a un minuto.

## **SOBRETENSIÓN**

Es el incremento de la tensión a un nivel superior del valor nominal por una duración mayor de un minuto.

Las sobretensiones son usualmente el resultado de la desconexión de grandes cargas o debido a la conexión de bancos de capacitores. Generalmente se observa cuando el sistema es muy débil para mantener la regulación de la tensión o cuando el control de la tensión es inadecuado (Campos Avella, 2014).

La incorrecta selección del TAP en los transformadores ocasiona sobretensión en un sistema eléctrico (Campos Avella, 2014).

## **SUBTENSIÓN**

Se entiende por baja tensión la reducción en el valor RMS de la tensión a menos del valor nominal por una duración mayor de un minuto.

La conexión de una carga o la desconexión de un Banco de capacitores automático pueden causar una baja tensión hasta que los equipos de regulación actúen correctamente para restablecerlo (Campos Avella, 2014)

Los circuitos sobrecargados pueden producir baja tensión en los terminales de la carga.

La sobretensión y la baja tensión generalmente no se deben a fallas en el sistema. Estas son causadas comúnmente por variaciones de la carga u operaciones de conexión y desconexión (Campos Avella, 2014).

Estas variaciones se registran cuando se monitorea el valor RMS de la tensión

### 2.5.6 ARMONICOS

Los Armónicos son voltaje o corrientes sinusoidales con frecuencia que son múltiplos enteros de la frecuencia nominal del sistema (denominada frecuencia fundamental, usualmente de 60 Hz). Las ondas distorsionadas pueden ser descompuestas en una sumatoria de la frecuencia fundamental y los armónicos (Rios, 2014).

El orden el armónico, también referido como el rango del armónico, es la razón entre la frecuencia de un armónico  $f_n$  y la frecuencia del fundamental (60 Hz).

$$n = \frac{f_n}{f_1} \quad (2. 12)$$

Por principio, la fundamental  $f_1$  tiene rango 1

**Los Armónicos Impares:** Son aquellos que se encuentran en las instalaciones eléctricas y edificios comerciales. Los armónicos Pares: solo existen cuando se produce una asimetría en la señal debido a la componente continua. En general, son de escasa consideración en las instalaciones eléctricas industriales (Guachamin Cheza & Naranjo Andrade, 2011)(Rios, 2014).

Las frecuencias de los armónicos que más problemas generan en el flujo de potencia, son aquellas que son múltiplos enteros de la fundamental como son: 120, 180, 240, 300 y 360 ciclos/segundos y las que siguen. Obsérvese que la frecuencia del sistema es la primera armónica.

Es más difícil detectar una armónica que no es múltiplo de la frecuencia fundamental, porque no altera la longitud de onda de la misma manera, esto significa que no se ve un cambio estable en el osciloscopio cuando se estudia la onda, sin embargo, una vez que se detecta es mucho más fácil identificar su origen (Rios, 2014).



**TABLA 2. 2:**  
*Orden Frecuencia y Secuencia de los Armónicos*

Orden	1	2	3	4	
Frecuencia	60	120	180	240	
Secuencia	Positivo	Negativo	0	Positivo	
Orden	5	6	7	8	9
Frecuencia	300	360	420	480	540
Secuencia	Negativo	0	Positivo	Negativo	0

*Fuente: Calidad de Energía - TECSUP*

### Origen de los Armónicos

En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales, lo cual significa que su impedancia no es constante (está en función de la tensión). Estas cargas no lineales a pesar de ser alimentadas con una tensión sinusoidal absorben una intensidad no sinusoidal, pudiendo estar la corriente desfasada un ángulo respecto a la tensión. Para simplificar se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red (Rios, 2014).

### 2.5.7 DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (TOTAL HARMONIC

#### DISTORSION <THD>).

Término de uso común para definir el factor de distorsión del voltaje o de la corriente. Se calcula como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los valores RMS de los voltajes armónicos o de las corrientes armónicas, dividida por el valor RMS del voltaje o de la corriente fundamental:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{i=2,3,4,\dots,40} V_i^2}}{V_1} \times 100\% \tag{2.13}$$

## 2.6 NORMATIVA

### 2.6.1 NORMA TECNICA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS ELECTRICOS

#### (D.S. N° 020-97-EM – NTCSE - URBANA)

La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) - Urbana, fue aprobada por D.S. N° 020-97-EM estableciendo su base metodológica, establece los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos, para garantizarse a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno de las empresas eléctricas para los sectores típicos 1,2,3. Esta norma es de aplicación imperativa para suministros de servicios relacionados con la generación, transmisión y distribución de la electricidad sujetos a regulación de precios (Ministerio de Energía y Minas., 2013).

Esta norma dio inicio a un control, supervisión y penalización por parte de OSINERGMIN, hacia la Concesionaria Eléctrica que está obligada a cumplir, según las etapas propuestas a ser aplicadas e implementadas.

El control de calidad de los servicios eléctricos se realiza en los siguientes aspectos:

#### a) Calidad de Producto

- Tensión
- Frecuencia
- Perturbaciones (Flicker y Tensiones Armónicas)

#### b) Calidad de Suministro

- Interrupciones

#### c) Calidad de Servicio Comercial:

- Trato al Cliente
- Medios de Atención
- Precisión de Medida.

#### d) Calidad de Alumbrado Público

- Deficiencias del Alumbrado.

En esta investigación solo se tomarán en consideración a la calidad de producto y calidad de suministro.

#### 2.6.2 CALIDAD DE PRODUCTO

La Calidad de Producto suministrado al Cliente se evalúa por las transgresiones de las tolerancias en los niveles de tensión, frecuencia y perturbaciones en los puntos de entrega. El control de la Calidad de Producto se lleva a cabo en períodos mensuales, denominados “Períodos de Control” (Ministerio de Energía y Minas., 2013).

De acuerdo a lo especificado en cada caso, con equipos de uso múltiple o individuales, se llevan a cabo mediciones independientes de cada parámetro de la Calidad de Producto. El lapso mínimo de medición de un parámetro es de siete (7) días calendario continuos, con excepción de la frecuencia cuya medición es permanente durante el Período de Control. A estos períodos se les denomina “Períodos de Medición”.

#### TENSIÓN

**Indicador de Calidad.** - El indicador para evaluar la tensión de entrega, en un intervalo de medición (k) de quince (15) minutos de duración, es la diferencia ( $\Delta V_k$ ) entre la media de los valores eficaces (RMS) instantáneos medidos en el punto de entrega ( $V_k$ ) y el valor de la tensión nominal ( $V_N$ ) del mismo punto. Este indicador está expresado como un porcentaje de la tensión nominal del punto:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{(V_k - V_N)}{V_N} \times 100\% \quad (2.14)$$

**Tolerancias.** - Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las Etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el  $\pm 5.0\%$  de las tensiones nominales de tales puntos. Tratándose de redes secundarias en servicios calificados como Urbano-Rurales y/o Rurales, dichas tolerancias son de hasta el  $\pm 7.5\%$ . Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas en este literal, por un tiempo superior al cinco por ciento (5%) del periodo de medición.

## FRECUENCIA

**Indicadores de Calidad.** - El indicador principal para evaluar la frecuencia de entrega, en un intervalo de medición (k) de quince (15) minutos de duración, es la Diferencia ( $\Delta f_k$ ) entre la Media ( $f_k$ ) de los Valores Instantáneos de la Frecuencia, medidos en un punto cualquiera de la red de corriente alterna no aislado del punto de entrega en cuestión, y el Valor de la Frecuencia Nominal ( $f_N$ ) del sistema. Este indicador, denominado Variaciones Sostenidas de Frecuencia, está expresado como un porcentaje de la Frecuencia Nominal del sistema:

$$\Delta f_k(\%) = \frac{(f_k - f_N)}{f_N} \times 100\% \quad (2.15)$$

Adicionalmente, se controlan las Variaciones Súbitas de Frecuencia (VSF) por intervalos de un minuto; y la Integral de Variaciones Diarias de Frecuencia (IVDF). Ambos indicadores se definen en función de la Frecuencia Instantánea  $f(t)$  de la siguiente manera:

$$VSF = \sqrt{\left[ \frac{1}{1 \text{ minuto}} \int_0^{1 \text{ minuto}} f^2(t) dt \right]} - f_N \quad (2.16)$$

$$IVDF = \Gamma + \int_0^{24 \text{ Horas}} [f(t) - f_N] dt \quad (2.17)$$

Donde:

$\Gamma$ : Es la suma algebraica de los valores de la integral que aparece como segundo término en el miembro derecho, para cada uno de los días del año calendario, anteriores al día en que se evalúa la IVDF

**Tolerancias.** - Las tolerancias admitidas para variaciones sobre la frecuencia nominal, en todo nivel de tensión, son:

Variaciones Sostenidas ( $\Delta f^k$  (%)):  $\pm 0.6$  %.

Variaciones Súbitas (VSF'):  $\pm 1.0$  Hz.

Variaciones Diarias (IVDF'):  $\pm 600$  Ciclos.

Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, en cada caso:

Si las Variaciones Sostenidas de Frecuencia se encuentran fuera del rango de tolerancias por un tiempo acumulado superior al uno por ciento (1%) del Período de Medición.

Si en un Período de Medición se produce más de una Variación Súbita excediendo las tolerancias.

Si en un Período de Medición se producen violaciones a los límites establecidos para la Integral de Variaciones Diarias de Frecuencia.

### **PERTURBACIONES**

Si bien se propicia en control de todo tipo de perturbaciones, solo se controla el Flicker y las tensiones Armónicas.

El Flícker y las Armónicas se miden en el voltaje de Puntos de Acoplamiento Común (PAC) del sistema, de puntos indicados explícitamente en la Norma o de otros que especifique la Autoridad en su oportunidad.

**Indicadores de Calidad.** - Se consideran los siguientes indicadores de calidad:

a) Para FLÍCKER: El Índice de Severidad por Flícker de corta duración ( $P_{st}$ ) definido de acuerdo a las Normas IEC.

b) Para ARMÓNICAS: Las Tensiones Armónicas Individuales ( $V_i$ ) y el Factor de Distorsión Total por Armónicas (**THD**). Estos indicadores ( $P_{st}$ ,  $V_i$ , THD) se evalúan separadamente para cada Intervalo de Medición de diez (10) minutos durante el Período de Medición de perturbaciones, que como mínimo será (7) días calendario continuos.

**Tolerancias:**

Flícker. - El Índice de Severidad por Flícker ( $P_{st}$ ) no debe superar la unidad ( $P_{st} \leq 1$ ) en Muy Alta, Alta, Media ni Baja Tensión. Se considera el límite:  $P_{st}'=1$  como el umbral de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede ser soportada sin molestia por una muestra específica de población.

**Tensiones Armónicas.** - Los valores eficaces (RMS) de las Tensiones Armónicas Individuales ( $V_i$ ) y los THD, expresado como porcentaje de la tensión nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite ( $V_i'$  y THD') indicados en la siguiente tabla. Para efectos de esta Norma, se consideran las armónicas comprendidas entre la dos ( $2^\circ$ ) y la cuarenta ( $40^\circ$ ), ambas inclusive.

*TABLA 2. 3:*  
*Tolerancia de THD*

Orden (n) de la Armonica o THD	TOLERANCIA  Vi' ó  THD'	
	(% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición)	
	Alta y Muy Alta Tensión	Media y Baja Tensión
<i>(Armonicas impares no multiplos de 3)</i>		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
Mayores de 25	$0.1+2.5/n$	$0.2+12.5/n$
<i>(Armonicas impares multiplos de 3)</i>		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
<i>(Pares)</i>		
2	1.5	2
4	1	1
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores de 12	0.2	0.2
THD	3	8

*Fuente: NTCSE – Urbano - D.S. N° 020-97-EM*

El Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD) está definido como:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{i=2,3,4,\dots,40} V_i^2}}{V_1} \times 100\% \quad (2.18)$$

Donde:

$V_i$  .- Es el Valor eficaz (RMS) de la tensión armónica “i” (para  $i=2 \dots 40$ ) expresada en Voltios.

$V_1$  .- Es la tensión fundamental (primer armónico) del punto de medición expresada en Voltios.

Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si los indicadores de las perturbaciones medidas se encuentran fuera del rango de tolerancias establecidas en este numeral, por un tiempo superior al 5% del Período de Medición. Cada tipo de perturbación se considera por separado.

### 2.6.3 CALIDAD DE SUMINISTRO

La Calidad de Suministro se expresa en función de la continuidad del servicio eléctrico a los Clientes, es decir, de acuerdo a las interrupciones del servicio.

#### INTERRUPCIONES

Se considera como interrupción a toda falta de suministro eléctrico en un punto de entrega. Las interrupciones pueden ser causadas, entre otras razones, por salidas de equipos de las instalaciones del Suministrador u otras instalaciones que lo alimentan, y que se producen por mantenimiento, por maniobras, por ampliaciones, etc., o aleatoriamente por mal funcionamiento o fallas, lo que incluye, consecuentemente, aquellas que hayan sido programadas oportunamente. Para efectos de la Norma, no se consideran las interrupciones totales de suministro cuya duración es menor de tres (3)



minutos ni las relacionadas con casos de fuerza mayor debidamente comprobados y calificados como tales por la Autoridad (Ministerio de Energía y Minas., 2013)

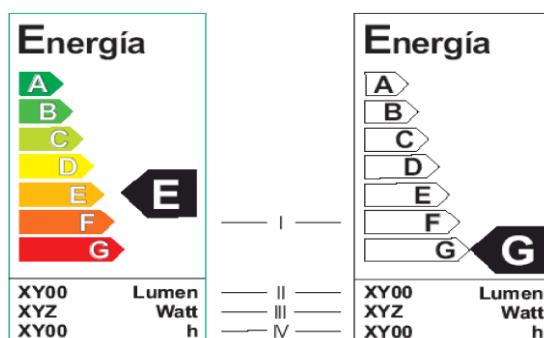
### 2.6.4 NORMATIVA DE EFICIENCIA ENERGETICA

Mediante Ley N° 27345: Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía, declara de interés nacional la promoción del uso eficiente de la energía, con la finalidad de asegurar el suministro, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía nacional y reducir el impacto ambiental negativo del uso y consumo energético.

El Ministerio de Energía y Minas, publica la Política Energética Nacional del Perú 2010 – 2014 D.S. N° 064-2010-EM, siendo uno de sus objetivos de contar con la mayor eficiencia en la cadena productiva y de uso de la energía.

Además, la aprobación del Reglamento Técnico sobre el Etiquetado de Eficiencia Energética para Equipos Energéticos, D.S. 009-2017-EM, donde se dispone la obligación para los productores e importadores de equipos energéticos, distribuidores y comerciantes la etiqueta de eficiencia

FIGURA 2. 2:  
*Etiqueta de Eficiencia Energética en Iluminación*



Fuente: D.S. 009-2017-EM

*FIGURA 2. 3:  
Etiqueta de Eficiencia Energética en Motores Eléctricos*

<b>ENERGIA</b>		<b>IE2</b>
Fabricante		XYZ
Modelo		XYZ
<b>Más eficiente (Menor consumo)</b>		
A		
B		B
C		
<b>Menos eficiente (Mayor consumo)</b>		
Los resultados se obtienen aplicando los métodos de ensayo descritos en las Normas Técnicas Peruanas e internacionales correspondientes		
La etiqueta debe ir adherida al motor, debiendo permanecer hasta ser adquirido por el consumidor		Entidad Certificadora

*Fuente: D.S. 009-2017-EM*

## 2.7 TARIFAS ELECTRICAS A USUARIOS FINALES

### 2.7.1 DEFINICIONES

**Usuarios en Media Tensión (MT):** Aquellos usuarios que están conectados en su empalme a redes cuya Tensión de suministro es igual o superior a 1 Kv y menores a 30 Kv.

**Usuario:** Consumidor final de electricidad

**Usuario Regulado:** Usuarios sujetos a regulación de precios unitarios de energía o potencia, regulados por la gerencia adjunta de regulación tarifaria (GART-OSINERGMIN)

**Hora Punta (HP):** Periodo comprendido entre las 18:00 horas a 23: horas de cada día del año.

**Hora Fuera de Punta (HFP):** Resto de horas del día no comprendidas en HP.

**Potencia Instalada:** Sumatoria de las potencias activas nominales de todos los artefactos y equipos.

**Potencia Contratada:** Potencia Activa Máxima que se puede utilizar un suministro y que ha sido convenida mediante contrato (usuario y concesionario).

**Exceso de Potencia:** Potencia utilizada por el usuario cuando supera la potencia contratada.

**Máxima Demanda Mensual:** Es el más alto valor de las demandas de potencia activa promediadas en periodos sucesivos de 15 minutos, en el periodo de facturación de un mes.

**Máxima Demanda Mensual en HP:** Es el más alto valor de las demandas de potencia activa promediadas en periodos sucesivos de 15 minutos, durante las horas punta a lo largo de un mes.

**Máxima Demanda Mensual en HFP:** Es el más alto valor de las demandas de potencia activa promediadas en periodos sucesivos de 15 minutos, durante las horas fuera de punta a lo largo de un mes.

**Periodo de Facturación:** Periodo de facturación mensual mayor a 28 días y menor a 33 días. No deberá haber más de 12 facturaciones en el año.

## 2.7.2 FORMACION DE PRECIOS DE ENERGIA

Las tarifarias para los usuarios MT, son compuestas tomando en cuenta la generación, transmisión y distribución eléctrica (OSINERGMIN, 2013)

### a) FACTURA ELECTRICA

#### PARAMETROS DE FACTURACIÓN

**Cargo Fijo Mensual:** Cargo asociado al costo por la lectura del medidor, procesamiento, emisión, reparto y cobranza.

**Cargo Fijo por Reposición y Mantenimiento de Conexión:** Cargo por mantenimiento de la conexión y su reposición al final de su vida útil.

**Cargo por Potencia Activa de Generación:** Cargo de Potencia correspondiente al costo de generación.

**Cargo por Potencia por Uso de Redes de Distribución:** Cargo de Potencia correspondiente al costo de la potencia por uso de las redes de distribución.

**Cargo por facturación de Energía Reactiva:** Cargo correspondiente al consumo de Energía Reactiva que excede el 30% de la Energía Activa total mensual.

**Alumbrado Público:** Cargo por la iluminación de vías, calles, avenidas y otros lugares públicos.

**IGV:** Impuesto general a las ventas (18%).

**Aporte para la Electrificación Rural:** Aporte de los usuarios de electricidad para la promoción y el desarrollo eficiente y sostenible de la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país.

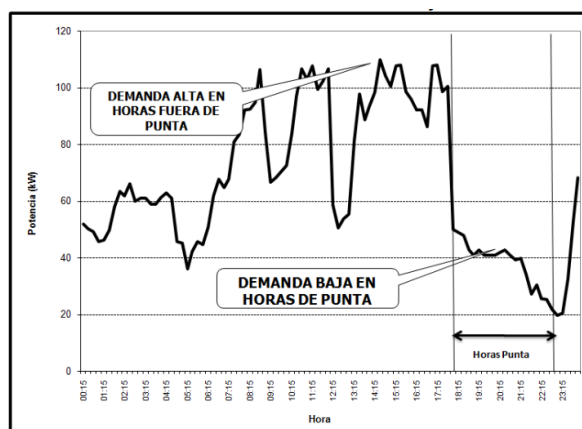
**Historial de Consumo del Usuario:** Para todas las opciones tarifarias, la empresa distribuidora incluirá dentro de la factura o recibo del usuario, el historial de consumo de energía y potencia del mismo de los 12 últimos meses.

### **2.7.3 CONDICIÓN ESPECÍFICA DE APLICACIÓN DE CADA OPCIÓN TARIFARIA**

#### **a) OPCION TARIFARIA MT2**

Esta opción tarifaria está dirigida para aquellos usuarios con consumos mínimos de demanda en periodos de HP. Se considera precios diferenciados para la facturación de potencia según si esta se efectúa en HP o bien en HFP (OSINERGMIN, 2013).

FIGURA 2. 4:  
Curva de Demanda



*Fuente: Guía de Orientación para la selección de la Tarifa Eléctrica a Usuarios*

*Finales en Media Tensión – MEM.*

Parámetros a Facturar:

**Facturación de la Energía Activa:** Para la facturación de los consumos de energía activa en horas punta, se exceptuará los días domingos, los días feriados nacionales del calendario regular anual y los feriados nacionales extraordinarios declarados en días hábiles.

La facturación de energía en horas punta y fuera de punta, se determinará en base al consumo registrado en dichos periodos por su respectivo precio unitario (expresado en S//kWh).

**Facturación del cargo por potencia activa de generación en HP:** Esta dada por la demanda máxima mensual en horas punta, multiplicado por el precio unitario de potencia activa de generación en horas punta.

**Facturación del cargo por potencia por uso de las redes de distribución HFP:** Toma en cuenta el promedio de las dos más altas demandas máximas de los últimos seis meses en el periodo de horas punta.

$$PURDHP = \frac{102.26 + 99.54}{2} \quad (2.19)$$

Al valor resultante (100.9 kW) se le multiplica por el precio unitario de potencia por uso de las redes de distribución en HP.

### **Facturación por exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas HFP**

Para determinar el exceso de potencia a facturar por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta, se resta el valor de la potencia por uso de distribución de horas fuera de punta menos la potencia por uso de redes de distribución a facturar en horas de punta. El exceso resultante será aplicable cuando el resultado sea positivo.

Exceso de Potencia por Uso de Redes de Distribución en Horas Fuera de Punta (EPURDHFP), para el mes de Octubre:

$$EPURDHFP = PURDHFP - PURDHP \quad (2.20)$$

$$EPURDHFP = 95.445 - 100.9 = -5.455 \text{ kW} \quad (2.21)$$

**Facturación por Energía Reactiva.** Si el consumo de energía reactiva exceda el 30% de la energía activa total mensual, la facturación se efectuará sobre el exceso de la energía reactiva.

Ejemplo:

Energía Activa consumida en el mes (EA octubre): 12 626.01 kWh

Energía Reactiva consumida en el mes (EA octubre): 13 198.68 Kvar.h

$$\text{Energía reactiva a Facturar} = ER \text{ mes} - 0.3(EA \text{ mes})$$

$$\text{Energía reactiva a Facturar} = 13\,198.68 - 0.3(12\,626.01)$$

$$\text{Energía reactiva a Facturar} = 9\,410.88 \text{ kVAR.h}$$

Al valor resultante (9 410.88 kVAR.h), se le multiplica por el precio unitario de la energía reactiva (expresado en S/ /kVAR.h).

#### **b) OPCION TARIFARIA MT3**

Esta opción tarifaria está dirigida para aquellos usuarios cuyos consumos de potencia se da durante las 24 horas al día o aquellos usuarios cuyo turno de trabajo empieza en horas de la mañana y acaban pasadas las 18:00 h (OSINERGMIN, 2013).

Esta tarifa considera precios diferenciados para las facturaciones de potencia, según si los usuarios se encuentran calificados como presentes en punta o presentes en fuera de punta.

Parámetros a facturar:

**Facturación de la Energía Activa:** Para la facturación de los consumos de energía activa en horas punta de la opción Tarifaria MT3, se exceptuará los días domingos, los días feriados nacionales del calendario regular anual y los feriados nacionales extraordinarios declarados en días hábiles.

La facturación de energía en horas punta y fuera de punta, se determinará en base al consumo registrado en dichos periodos por su respectivo precio unitario (expresado en S//Kw.h).

**Calificación tarifaria:** La calificación tarifaria del usuario será efectuada por la concesionaria según el grado de utilización de la potencia en horas punta o fuera de punta del usuario.

Para determinar la calificación tarifaria se utiliza la siguiente relación:

$$CALIFICACIÓN\ TARIFARIA = \frac{ENERGIA\ ACTIVA\ HP_{del\ mes} [kWh]}{MD_{del\ mes} [kW] \times HP_{del\ mes} [horas]} \quad (2.22)$$

Si el resultado es  $\geq 0,5$ , el usuario es considerado como cliente presente en punta.

Si el resultado es  $< 0,5$ , el usuario es considerado como cliente fuera de punta.

La diferencia se ser un usuario presente en punta o fuera de punta, está en el costo de la potencia de generación de la tarifa MT3.

Ejemplo:

$$CALIFICACIÓN\ TARIFARIA_{mes\ octubre\ 2017} = \frac{2454.3 [kWh]}{96.81 [kW] \times 130 [horas]} = 0.195$$

$$= 0.2$$

#### **CALIFICACIÓN: PRESENTE EN FUERA DE PUNTA**

**Facturación del cargo por potencia activa de generación:** La potencia activa de generación a facturar, está dada por la demanda máxima mensual

Una vez calificado el usuario (cliente punta o cliente fuera de punta), la facturación de potencia activa de generación, se obtendrá multiplicando por la máxima demanda leída del mes expresada en kW, por el precio unitario de potencia activa de generación.

**Facturación del cargo por potencia por uso de las redes de distribución:** Se determina tomando el promedio de las dos más altas demandas máximas de los últimos seis meses en horas punta o fuera de punta, incluyendo el mes que se factura.



Al valor resultante (100.9 kW) se le multiplica por el precio unitario de potencia activa por uso de las redes de distribución, tomando en cuenta si el cliente es calificado como cliente presente en punta o fuera de punta.

**Facturación por Energía Reactiva.** Si el consumo de energía reactiva exceda el 30% de la energía activa total mensual, la facturación se efectuará sobre el exceso de la energía reactiva.

Ejemplo:

Energía Activa consumida en el mes (EA octubre): 12 626.01 kWh

Energía Reactiva consumida en el mes (EA octubre): 13 198.68 Kvar.h

$$\text{Energía reactiva a Facturar} = ER \text{ mes} - 0.3(EA \text{ mes})$$

$$\text{Energía reactiva a Facturar} = 13\ 198.68 - 0.3(12\ 626.01)$$

$$\text{Energía reactiva a Facturar} = 9\ 410.88 \text{ kVAR.h}$$

Al valor resultante (9 410.88 kVAR.h), se le multiplica por el precio unitario de la energía reactiva (expresado en S/ /kVAR.h).

#### c) OPCION TARIFARIA MT4

Esta opción tarifaria está dirigida para aquellos usuarios cuyos consumos de energía es intensivo en el periodo de horas punta (OSINERGMIN, 2013).

Parámetros a facturar:

#### **Facturación de la Energía Activa:**

La facturación de energía, se determinará en base al consumo registrado en dichos periodos por su respectivo precio unitario (expresado en S//Kw.h).

**Calificación tarifaria:** La calificación tarifaria del usuario será efectuada por la concesionaria según el grado de utilización de la potencia en horas punta o fuera de punta del usuario.

Para determinar la calificación tarifaria se utiliza la siguiente relación:

$$CALIFICACIÓN\ TARIFARIA = \frac{ENERGIA\ ACTIVA\ HP_{del\ mes} [kWh]}{MD_{del\ mes} [kW] \times HP_{del\ mes} [horas]} \quad (2.23)$$

Si el resultado es  $\geq 0,5$ , el usuario es considerado como cliente presente en punta.

Si el resultado es  $< 0,5$ , el usuario es considerado como cliente fuera de punta.

La diferencia se ser un usuario presente en punta o fuera de punta, está en el costo de la potencia de generación de la tarifa MT4.

$$CALIFICACIÓN\ TARIFARIA_{mes\ octubre\ 2017} = \frac{2454.3 [kWh]}{96.81 [kW] \times 130 [horas]} = 0.195$$

$$= 0.2$$

#### **CALIFICACIÓN: PRESENTE EN FUERA DE PUNTA**

Si el valor del factor de calificación fuese superior a 0.5, el usuario será calificado como cliente presente en punta, lo que implica que pagaría un precio unitario mayor por una facturación de potencia.

En la determinación del consumo en horas de punta, se exceptuará los días domingos, los días feriados nacionales del calendario regular anual y los feriados nacionales extraordinarios programados en días hábiles en el caso que el equipo de medición lo permita.

La concesionaria incluirá en la factura o recibo de electricidad del usuario, el resultado de la calificación, incluirá el detalle de los consumos de energía en horas punta, el número

de horas punta, la demanda máxima y la demanda media en horas punta, considerados para el cálculo de la calificación tarifaria; así como el valor resultante del factor de calificación.

**Facturación del cargo por potencia activa de generación:** La potencia activa de generación a facturar, está dada por la lectura de máxima demanda mensual.

Una vez calificado el usuario (cliente punta o cliente fuera de punta), la facturación de potencia activa de generación, se obtendrá multiplicando por la máxima demanda leída del mes expresada en kW, por el precio unitario de potencia activa de generación.

**Facturación del cargo por potencia por uso de las redes de distribución:** Se determina tomando el promedio de las dos más altas demandas máximas de los últimos seis meses en horas punta o fuera de punta, incluyendo el mes que se factura.

El PURD, se determina, tomando las dos más altas demandas máximas de los últimos seis meses, **no interesa, si las demandas se dan en horas punta o fuera de punta.**

Al valor resultante (100.9 kW) se le multiplica por el precio unitario de potencia activa por uso de las redes de distribución, tomando en cuenta si el cliente es calificado como cliente presente en punta o fuera de punta.

**Facturación por Energía Reactiva.** Si el consumo de energía reactiva exceda el 30% de la energía activa total mensual, la facturación se efectuará sobre el exceso de la energía reactiva.

Ejemplo:

Energía Activa consumida en el mes (EA octubre): 12 626.01 kWh

Energía Reactiva consumida en el mes (EA octubre): 13 198.68 Kvar.h

$$\text{Energía reactiva a Facturar} = ER \text{ mes} - 0.3(EA \text{ mes})$$

$$\text{Energía reactiva a Facturar} = 13\,198.68 - 0.3(12\,626.01)$$

$$\text{Energía reactiva a Facturar} = 9\,410.88 \text{ kVAR.h}$$

Al valor resultante (9 410.88 kVAR.h), se le multiplica por el precio unitario de la energía reactiva (expresado en S/ /kVAR.h).

## 2.7.4 OPORTUNIDADES PARA REDUCCION DE COSTOS

### RELACIONADOS A LA OPCIÓN TARIFARIA

Para optimizar el pago por consumo de energía y potencia, las recomendaciones están en función al consumo de potencia y energía reactiva (Ministerio de Energía y Minas., 2011).

#### Curva de Demanda

Una curva de demanda diaria confiable contiene información valiosa para realizar distintos análisis, como el cálculo de pérdidas técnicas de energía a partir de flujos de potencia horario (Álvarez, 2017).

#### a) Administración de la demanda

En las facturas eléctricas, a nivel de empresas, existen tres términos:

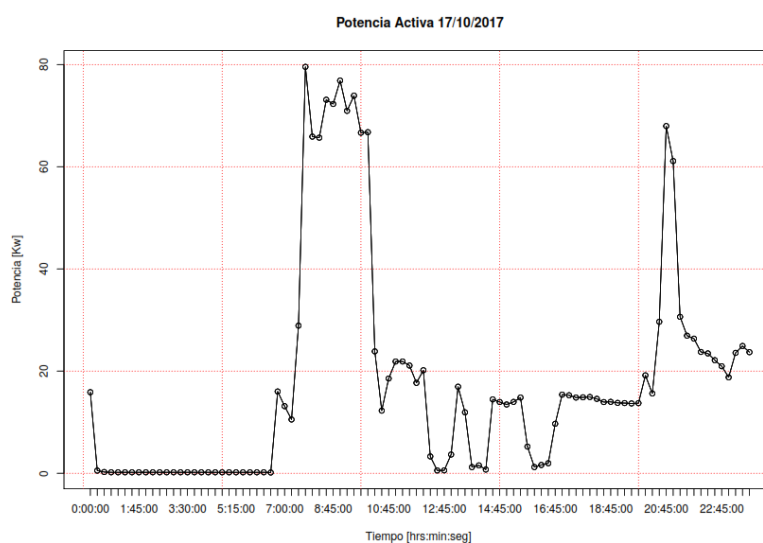
- Consumo de energía activa (kW.h).
- Consumo de energía reactiva (kVAR.h).
- Demanda (kW).

Una buena gestión de la demanda, permitirá tener un control adecuado de la máxima demanda. Para analizar la factibilidad de realizar un control de máxima demanda, se debe conocer el comportamiento de la potencia en el tiempo, para esto debe solicitar a la concesionaria el perfil de carga del suministro eléctrico, se deberán realizar registros de

potencia instalando un registrador en el totalizador de la planta, este registro debe ser como mínimo de 72 horas.

A continuación, se muestra un diagrama de carga mensual típico de un usuario tipo industrial:

**FIGURA 2. 5:**  
*Curva de Demanda de la Planta Industrial CIRNMA S.R.L.*



*Fuente: Elaboración Propia*

Nótese en el gráfico un pico elevado de demanda, este pico se origina por la operación simultánea de equipos en un periodo de tiempo de 15 minutos. Esta máxima demanda, la factura la concesionaria como si se consumiera en forma constante durante el mes.

Una buena administración de la demanda dependerá de la potencia que se va a controlar, la inversión dependerá si el control es del tipo manual o automático, por eso es recomendable la evaluación técnica económica de la posibilidad de reducir la facturación.

#### **b) Optimización de la Calificación Tarifaria**

Un factor a tener en cuenta para reducir costos de facturación es la calificación tarifaria. La calificación tarifaria solo se da en las opciones tarifarias MT3 y MT4.

La ventaja de ser calificado como un cliente calificado presente en fuera de punta, está en el precio unitario de la potencia de generación, es decir para un cliente calificado como fuera de punta el precio de la potencia es menor que la de un cliente calificado como presente en punta.

Si el usuario está calificado como cliente presente en punta, debe evaluar la factibilidad de poder ser calificado como cliente fuera de punta.

Para determinar el valor del factor de calificación tarifaria de un mes, se necesita la siguiente información:

- Periodo de facturación: determinado por las fechas de lecturas.
- Cantidad de días domingos y feriados en el periodo de facturación.
- Consumo de energía activa en horas punta del mes.
- Máxima demanda leída del mes.
- El número de horas punta del mes, teniendo en cuenta que las horas punta por día son cinco horas.

## 2.8 DESCRIPCION DE LA PLANTA DE PRODUCCION

Una planta de procesamiento de quinua requiere de los siguientes procesos:

**PROCESO 1: RECEPCION DE LA MATERIA PRIMA.** - Llegada del producto en campo como materia prima, para su certificación, clasificación y ordenamiento según su origen de procedencia, la variedad, y datos del productor.

**PROCESO 2: PRE LIMPIEZA.** - Salida de la materia prima hasta el ingreso a elevador de alimentación de máquina pre limpia, la maquina pre limpia se acero Inox selecciona el producto de materiales extraños como pajilla, piedra grande y polvillos.

Se tendrá 2 etapas de pre-limpieza.

**PROCESO 3: DESPEDRADO.** - Salida de la maquina pre limpia hasta el ingreso al elevador de alimentación de despedrado. Aquí se separa el material ajeno al producto como piedras y polvo, también se va seleccionando el producto de acuerdo a su diámetro, con la masa de las piedras es posible obtener un balance de la materia del proceso.

**PROCESO 4: ESCARIFICADO.** - Desde el término del proceso de despedrado hasta el ingreso a elevador continuo de alimentación de la escarificadora. El tipo de escarificado y de saponificado, se realiza por vía seca, por fricción (Candia Danz & Olaguivel Quisocala, 2016).

**PROCESO 5: PULIDO.** - Salida de la escarificadora hasta el proceso previo al clasificado. En este proceso se terminan de eliminar la saponina. El proceso se realiza en una máquina de acero Inox, con entradas de agua a una temperatura apropiada y aire a alta presión.

**PROCESO 6: CLASIFICACION – SELECCIÓN.** - Desde la salida de la secadora hasta la maquina seleccionadora. La máquina seleccionadora. La máquina clasificadora trabaja por: Densidad y por zaranda, seleccionando los granos de acuerdo el diámetro requerido por el cliente.

**PROCESO 7: SELECCIÓN DE PUNTOS NEGROS.** - Desde la salida de la maquina seleccionadora o clasificadora hasta la tolva de dosificación de envasado. Se realiza mediante una maquina neumática clasificadora de granos para la selección de puntos negros o variedades ajenas al proceso.

**PROCESO 8: ENVASADO.** - Desde el ingreso a zona de envasado hasta salida de producto terminado. Se realiza de forma manual por un operario con una balanza electrónica.

**PROCESO 9: ALMACENADO.** - Desde el ingreso al almacén de producto terminado, ordenado según peso, destino, bloque y variedad hasta salida de planta.

En el Anexo 1 se detalla el proceso de producción de la planta.

## **2.9 ECONOMIA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA.**

En los últimos tiempos el uso eficiente y racional de la energía ha pasado a ser un elemento importante dentro de la planificación energética de los países, así como de los diversos sectores y tipos de usuarios que tienen la energía como insumo dentro de su proceso productivo y por ende en su producto final. La adopción de esquemas de uso eficiente y racional de la energía dentro de la composición de las matrices energéticas permite aumentar los niveles de competitividad, minimizar el consumo de energía, crear nuevas fuentes y nichos de actuación industrial y comercial y reducir la huella de carbono de los países (Briano, Báez, & Moya, 2016).

La evaluación de los proyectos de eficiencia energética es de importancia económica vital, especialmente en un momento en que los precios, los recursos y el impacto medioambiental son ahora parte de la planificación de las empresas.

Los diversos métodos para evaluar los aspectos económicos de los proyectos de eficiencia energética con el fin de desarrollar un caso empresarial práctico o un marco de trabajo para su implementación.

### **2.9.1 RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN (ROI)**

Se trata de una serie de métodos, habilidades, herramientas, actividades e ideas. Se pueden combinar y utilizar de muchas formas distintas para evaluar el valor relativo de una inversión a lo largo del tiempo.

La aplicación de estos elementos en una situación particular obliga a elegir entre las ideas y los métodos disponibles y a realizar un análisis adecuado a la decisión disponible.



ROI es la rentabilidad de la inversión, o beneficio conseguido con la inversión. La inversión, o costes, se pueden describir con elementos tales como nuevos controles, nuevos equipos o nueva iluminación. La rentabilidad, o beneficios, se puede describir con ahorro de energía, mayor ocupación, aumento de ingresos o mayor eficiencia.

Hay dos tipos de beneficios que se pueden obtener gracias a la eficiencia energética: tangibles e intangibles.

Entre los beneficios tangibles están:

- Ahorro de energía
- Ahorro en gastos de explotación
- Ahorro en personal
- Ahorro de tiempo
- Mayor valor inmobiliario
- Evitar negocios perdidos
- Aumento de la tasa de utilidad

Entre los beneficios intangibles están:

- Satisfacción de los ocupantes
- Confort de los ocupantes
- Productividad
- Renombre comercial

**Determinación del ROI:** Es importante:

- Determinar qué indicadores financieros que se utilizan para analizar las inversiones.
- Obtener la información exacta necesaria para hacer el análisis ROI.
- Determinar cuál es el umbral de inversión o la tasa crítica de rentabilidad.

- Enumerar todos los beneficios para el cliente.
- Determinar de qué forma va a afectar al resultado, no sólo en ahorro de energía sino con todos los beneficios que acabamos de mencionar.

Es importante comprender perfectamente los términos financieros más habituales que se utilizan en el análisis ROI para explicárselos a los clientes cuando se les presente el cálculo de ROI.

- Periodo de amortización
- Coste del capital
- Amortización descontada
- Valor actual
- Valor actual neto
- Tasa interna de rentabilidad
- Tasa crítica de rentabilidad

### 2.9.2 PERIODO DE AMORTIZACIÓN

El Periodo de amortización contesta a las preguntas:

- ¿Cuándo recuperamos exactamente el dinero?
- ¿Cuándo cubrimos gastos con el proyecto?

Ventajas:

- Es fácil de calcular y comprender. Por tanto, resulta cómodo para hacer cálculos internos sencillos y tomar decisiones rápidas para rechazar una propuesta o continuar con el análisis.
- Se utiliza mucho.

Desventajas:

- Ignora los beneficios una vez terminado el periodo de amortización. El periodo de amortización sólo tiene en cuenta el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial. No mide de ningún modo los beneficios reales de la inversión. Podría llevar a rechazar buenos proyectos y a aceptar otros de menor nivel.
- Puede ser complicado calcularlo para inversiones periódicas. El cálculo puede complicarse si hay otras inversiones en años posteriores y/o variaciones interanuales en la rentabilidad o ahorro del proyecto.
- No tiene en cuenta el valor temporal del dinero y esta es la mayor desventaja del periodo de amortización como herramienta de toma de decisiones. Más adelante en el curso lo veremos en detalle.

### 2.9.3 COSTE DEL CAPITAL

Es la cifra que determina cómo puede obtener dinero una empresa para terminar el proyecto.

Es la rentabilidad necesaria para que un proyecto de presupuestación de capital merezca la pena. La tasa de rentabilidad es lo que obtendría la empresa si invirtiera el mismo dinero en otra parte con un riesgo similar. Las empresas comparan las inversiones utilizando normalmente un tipo de interés del mercado del 8%.

El coste del capital se divide en dos partes:

- El coste de la deuda es el tipo de interés que se cobra al cliente si financia el proyecto con un préstamo u obligación. Es el interés efectivo que paga una empresa por su deuda viva.
- El coste de los fondos propios representa la compensación que exige el mercado a cambio de soportar el riesgo de propiedad. Es la rentabilidad que los accionistas exigen a una empresa.

#### 2.9.4 LA AMORTIZACIÓN DESCONTADA

Es el Periodo de tiempo, similar al cálculo de amortización, excepto en que primero se descuentan los flujos de tesorería. El coste del capital se deduce de los pagos futuros. ¿Por qué? Porque es dinero que se obtendrá en el futuro y tendrá menos valor que hoy. De este modo ahora se tiene en cuenta el valor temporal del dinero.

#### 2.9.5 EL VALOR ACTUAL

Es una cifra que muestra el flujo de ingresos (o pagos) actuales y futuros expresados como una suma equivalente que se recibiera (o pagara) hoy. Es el importe de lo que vale hoy una suma de dinero futura. El cálculo del valor actual depende del tipo de interés y tiene en cuenta el valor temporal del dinero.

$$VA = \frac{\text{Importe futuro}}{(1 + i)^{\text{plazo}_{[\text{años}]}}} \quad (2.24)$$

#### 2.9.6 EL VALOR ACTUAL NETO (VAN) TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR)

El VAN es la cantidad final de dinero conseguida sumando todos los flujos de tesorería descontados, el VAN compara el valor actual del dinero con el valor del dinero en el futuro.

$$VAN = \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1 + i)^t} \quad (2.25)$$

Si el VAN es positivo, el proyecto debe aprobarse. Muestra que se está consiguiendo más dinero con la inversión del que se gasta en el coste del capital.

Si el VAN es negativo, entonces el proyecto no debe aprobarse porque se están pagando más intereses por el préstamo de lo que se está consiguiendo con el proyecto.

Ventajas tiene el método del VAN

- Tiene en cuenta el valor temporal del dinero
- Es fácil de calcular aun cuando los flujos de tesorería varíen de un año a otro.

Para calcular el VAN tiene que preguntar al cliente qué coste del capital interno utilizan (el tipo de interés,  $i$ , que se utiliza para calcular también se denomina coste del capital). El valor real utilizado es una decisión interna y una convención que elige el departamento financiero del cliente. Se puede considerar como una tasa crítica de rentabilidad interna. Tenga en cuenta que por lo general no es el tipo de interés predominante en el mercado crediticio externo (suele ser mayor).

### 2.9.7 TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR)

La TIR representa la rentabilidad que obtendría una empresa si invirtiera en sí misma y no en otra parte. Para analizar una compra importante o un proyecto le permite tener en cuenta el valor temporal del dinero. Fundamentalmente permite hallar el tipo de interés equivalente a la rentabilidad en euros que se espera del proyecto. Una vez conocida la tasa puede compararla con las que podría haber obtenido invirtiendo el dinero en otros proyectos o inversiones. TIR es el tipo de interés que hace que el VAN sea igual a cero en dinero.

$$TIR = \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (2.26)$$

Si la tasa interna de rentabilidad es inferior al coste del préstamo utilizado para financiar el proyecto, obviamente se perderá dinero con el proyecto.

Sin embargo, una empresa suele hacer hincapié en que para que un proyecto sea aceptable debe tener una TIR que sea al menos varios puntos porcentuales superior al coste del préstamo para compensar a la empresa por el riesgo, el tiempo y los problemas asociados con el proyecto.

Ventajas tiene la TIR

- Tiene en cuenta el valor temporal del dinero.

Desventajas tiene la TIR

- No tiene en cuenta el tamaño de la inversión inicial.

En algunos casos podría influir en la decisión de realizar proyectos menores con TIR superiores en lugar de grandes proyectos con porcentajes de TIR inferiores pero mayor VAN.

El cálculo puede dar a veces un resultado erróneo en el caso de grandes inversiones realizadas más adelante en el proyecto (de tal manera que el flujo de tesorería neto cambie de signo).

### **2.9.8 TASA CRÍTICA DE RENTABILIDAD**

Es la tasa de rentabilidad mínima que debe conseguirse para que una empresa acometa un proyecto concreto. La tasa crítica de rentabilidad se determina normalmente evaluando las oportunidades existentes para la expansión de las operaciones, la tasa de rentabilidad de las inversiones y otros factores que la dirección considere oportunos.

También se puede vincular una prima de riesgo a la tasa crítica de rentabilidad si la dirección cree que las oportunidades concretas conllevan más riesgos que otras que podrían realizarse con los mismos recursos.

Un gran problema cuando se utiliza una tasa crítica de rentabilidad es que se pueden descartar proyectos rentables. Por otra parte, una tasa crítica de rentabilidad demasiado elevada influirá a favor de los proyectos a corto plazo en detrimento de los proyectos a largo plazo.

Por eso, un método habitual para evaluar la tasa crítica de rentabilidad es aplicar el método del flujo de tesorería descontado al proyecto y después comparar esa cifra con la rentabilidad que se obtendría si los mismos recursos se invirtieran en valores.

## **2.10 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.10.1 HIPOTESIS GENERAL**

La eficiencia y calidad de energía causan una optimización significativa en un sistema eléctrico, siendo una alternativa técnica - económicamente viable para una pequeña industria.

### **2.10.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS**

1. La medición y análisis de parámetros eléctricos demuestran el estado real y actual del sistema eléctrico de la empresa Agroindustria CIRNMA 2.- Todos los parámetros eléctricos están dentro de la NTCSE - Urbano.
2. La calidad de suministro en la empresa AGROINDUSTRIAS CIRNMA estan dentro de la NTCSE - Urbano.
3. La modelación y actualización de los parámetros eléctricos es importante para evidenciar el estado de un sistema eléctrico en distintos escenarios.
4. Una pequeña industria puede reducir sus penalidades económicas, mejorar su eficiencia y calidad de energía eléctrica.

## 2.11 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

TABLA 2. 4:  
*Operacionalización de Variables*

Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Índice	Instrumento
Eficiencia Energética	Potencia Activa	Fp	> 0.96	Medidor Ion 7650
	Potencia Reactiva	Fp	> 0.96	Medidor Ion 7650
	Potencia Reactiva Compensada	Fp	> 0.96	Medidor Ion 7650
Calidad De Energía	Tensión	Ntcese-Urbano	±5.0% Tensión Nominal	Medidor Ion 7650
	Frecuencia	Ntcese-Urbano	Variaciones Sostenidas ( $\Delta F'k$ (%)): ± 0.6 %.	Medidor Ion 7650
			Variaciones Súbitas ( $Vsf'$ ): ± 1.0 Hz.	Medidor Ion 7650
Armónicas	Ntcese-Urbano	8% Con Respecto A La Tensión Nominal Del Punto De Medición	Medidor Ion 7650	
Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Indice	Instrumento
Costos	Tarifas Eléctricas	Facturas	Van Tir	

*Fuente: Elaboración Propia*



## CAPITULO 3

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. MATERIALES

Para el desarrollo de la investigación de la Tesis se utilizó como equipo de medición el medidor de energía y calidad de potencia PowerLogic™ ION7650 marca Schneider.

##### 3.1.1. MEDIDOR DE ENERGÍA Y CALIDAD DE POTENCIA

##### POWERLOGIC™ ION7650 (SCHNEIDER ELECTRIC)

El ION 7650 es un analizador de redes para montaje en tablero, que posee funcionalidades de medición, análisis de calidad de energía, facturación eléctrica, control de cargas y despliegue grafico información, ofreciendo mediciones de valores eficaces (RMS) reales y precisas de tensión, corriente y energía.

*FIGURA 3. 1:*  
*Medidor de Energía y Calidad de Potencia ION 7650*



*Fuente: Schneider Electric*

También se utilizar los medidores ION 7650 como dispositivos independientes, como parte de un sistema de gestión de energía empresarial (EEM).

Los sistemas de gestión de energía empresarial utilizan un control y una información en tiempo real para cubrir una amplia gama de necesidades en toda la cadena de suministro de alimentación. Estos sistemas ofrecen una solución integrada para gestionar nuevas estructuras de facturación, adquisición de energía, control de costes de energía, eficacia operativa, fiabilidad y calidad de potencia.

Los medidores ION7650 ofrece una medición de los siguientes parámetros:

**Energía:** Ofrece todos los parámetros de energía activa, reactiva y aparente comunes.

- KWh, kVARh, kVAh netos
- Volt-hora y amperios-hora
- Integración de cualquier medición instantánea

Todos los parámetros se energía representan el total de las tres fases.

**Demanda:** El medidor admite métodos de cálculo de demanda estándar, incluidos bloque, bloque rodante y demanda prevista. Estos pueden medir la demanda en cualquier valor instantáneo y registrar la demanda pico (máxima) y mínimas con marcas de fecha y hora con una precisión de segundos. Los registros de demanda pico pueden restablecerse automáticamente, dentro de las mediciones se incluye:

- Demanda de kW, kVAR, kVAh, min. /máx.
- Demanda de amperios, voltios, min. /máx.
- Demanda en cualquier medición instantánea

### **Mediciones Instantáneas**

El medidor ofrece mediciones de 1 segundos y alta precisión o de medio ciclo y alta velocidad, incluidos RMS reales, por fase y totales para:

- Tensión y corriente

- Potencia activa (kW) y potencia reactiva (kVAR)
- Potencia aparente (kVA)
- FDP ( $\cos \phi$ ) y frecuencia
- Desequilibrio de tensión y corriente
- Inversión de fase
- Armónicos

*(VER EL ANEXO 02 DONDE SE MUESTRA LA CONFIGURACION REALIZADA AL EQUIPO DE MEDICIÓN ION 7650)*

Tesis referidas a la eficiencia energética y calidad de energía eléctrica, catálogos de fabricantes eléctricos, textos.

Bibliografía actualizada centrada sobre eficiencia energética y calidad de energía eléctrica y páginas web.

Información de la concesionaria eléctrica (ELECTROPUNO), (energía, facturación de suministro).

Uso de software especializado en el área y aplicaciones web disponibles para el desarrollo de la investigación.

### **3.2. MÉTODOS**

La investigación se realizó realizando un análisis de las características de toda la instalación eléctrica, las cargas y equipos eléctricos de la planta.

### **3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación aplicada es de nivel explicativo, permitiéndonos obtener una comprensión más acertada de los fenómenos y sus causas.

### **3.4. POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

La población es toda la instalación eléctrica de la planta, incluyendo las mediciones realizadas.

Las mediciones se realizaron por 26 días, pero solo se tomaron para el análisis 7 días puesto que representan los días de mayor consumo de energía y dan una real performance de la planta; los parámetros eléctricos medidos fueron la tensión, frecuencia, potencias (activa, reactiva y aparente) y FDP ( $\text{Cos } \phi$ ).

También se recolectó y se analizó las facturas eléctricas desde su puesta en servicio, dichos datos fueron entregados por parte del propietario, teniendo en digital para su análisis de costos.

#### **3.4.1. RECOLECCION DE DATOS.**

La recopilación, monitoreo y análisis de datos en las mediciones de calidad de potencia eléctrica nacen de la necesidad de controlar y mejorar el rendimiento en el sistema de energía.

#### **3.4.2. CARGAS ELECTRICAS**

En una planta de procesamiento de quinua, según los procesos descritos, cada proceso tiene una cantidad de máquinas rotativas (motores asíncronos).

**TABLA 3. 1:**  
*Potencia Instalada y Máximas Demandas en la Planta CIRNMA S.R.L.*

DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA [KW]	FD	MAXIMA DEMANDA [KW]
<b>CARGAS DE ALUMBRADO Y TOMACORRIENTE (Sección 050, TABLA 14 CNE UTILIZACION)</b>			
Carga básica (los primeros 930 m2), área total 1144 m2			
50 W/m2 x 930 m2	46.5	0.9	41.85
Carga restante (214 m2)			
50 W/m2 x 214m2	10.7	0.7	7.49
<b>PRE LIMPIEZA 1</b>			
Ventilador: 1 Motor eléctrico trifásico de 0.75 KW, FP 0.78, 440/380/220 V.	0.75	0.60	0.45
Transmisor: 1 Motor eléctrico trifásico de 0.45 KW, FP 0.8, 440/380/220 V.	0.45	0.60	0.27
Vibrador 1 : Motor eléctrico trifásico de 0.37 KW, FP 0.75, 440/380/220 V.	0.37	0.60	0.22
Vibrador 2: Motor eléctricos trifásico de 0.37 KW, FP 0.75, 440/380/220 V.	0.37	0.60	0.22
Elevador 1: Motor eléctrico trifásico de 0.75 KW, FP 0.72, 440/380/220 V	0.75	0.60	0.45
Elevador 2: Motor eléctrico trifásico de 0.75 KW, FP 0.72, 440/380/220 V	0.75	0.60	0.45
<b>PRE LIMPIEZA 2</b>			
Ventilado 1: Motor eléctrico trifásico de 6.5 KW, FP 0.78, 440/380/220 V.	6.50	0.60	3.90
Vibrador 1 : Motor eléctrico trifásico de 0.37 KW, FP 0.75, 440/380/220 V.	0.37	0.60	0.22
Vibrador 2 : Motor eléctrico trifásico de 0.37 KW, FP 0.75, 440/380/220 V.	0.37	0.60	0.22
Elevador 1: Motor eléctrico trifásico de 0.75 KW, FP 0.72, 440/380/220 V	0.75	0.60	0.45
<b>DESPEDRADORA 1</b>			
Elevador 1: Motor eléctrico trifásico de 0.75 KW, FP 0.72, 440/380/220 V	0.75	0.60	0.45
Vibrador 1: Motor eléctrico trifásico cada uno de 0.45 KW, FP 0.7, 440/380/220 V	0.45	0.60	0.27
Vibrador 2: Motor eléctrico trifásico cada uno de 0.45 KW, FP 0.7, 440/380/220 V	0.45	0.60	0.27
Ventilador 1: Motor eléctrico trifásico de 3 KW, FP 0.87, 440/380/220 V.	3.00	0.60	1.80
<b>DESPEDRADORA 2</b>			
Vibrador1: Motor eléctrico trifásico de 1.1 KW, FP 0.75, 440/380/220 V.	1.10	0.60	0.66
Ventilador 1: Motor eléctricos trifásico cada uno de 5.5 KW, FP 0.78, 440/380/220 V.	5.50	0.60	3.30
<b>ESCARIFICADOR</b>			
Escarificador: Motor eléctrico trifásico de 37 KW, FP 0.87, 440/380/220 V.	37.00	0.60	22.20
Ventilador 1: Motor eléctricos trifásico de 11 KW, FP 0.89, 440/380/220 V.	11.00	0.60	6.60
Elevador 1: Motor eléctrico trifásico de 0.75 KW, FP 0.72, 440/380/220 V	0.75	0.60	0.45

Elevador 2: Motor eléctrico trifásico de 0.75 KW, FP 0.72, 440/380/220 V	0.75	0.60	0.45
<b>PULIDORA</b>			
La máquina tiene una potencia de 45 KW, FP 0.89 a 380/220 V.	45.00	1.00	45.00
<b>CLASIFICACION (GAVIMETRICA)</b>			
Ventilador 1: Motor eléctricos trifásico de 7.5 KW, FP 0.88, 440/380/220 V.	7.50	0.60	4.50
Elevador 1: Motor eléctrico trifásico de 0.75 KW, FP 0.72, 440/380/220 V	0.75	0.60	0.45
Vibrador1: Motor eléctrico trifásico de 1.1 KW, FP 0.65, 440/380/220 V.	0.75	0.60	0.45
<b>SELECCIÓN DE PUNTOS NEGROS</b>			
Faja transportadora tornillo sin fin: 1 Motor eléctrico trifásico de 1.5 KW, FP 0.78, 440/380/220 V.	1.50	0.60	0.90
Elevador 1: Motor eléctrico trifásico de 0.75 KW, FP 0.72, 440/380/220 V	0.75	0.60	0.45
Elevador 2: Motor eléctrico trifásico de 0.75 KW, FP 0.72, 440/380/220 V	0.75	0.60	0.45
Seleccionador Óptico: 2 KW, FP 0.9, 440/380/220 V.	2.00	0.60	1.20
Compresor de aire de tornillo: 1 Motor eléctricos trifásico de 7.5 KW, FP 0.75, 440/380/220 V.	7.50	0.60	7.50
<b>ENVASADO</b>			
2 Balanza eléctrica industrial: 1.8 KW monofásico 220 V.	3.60	0.60	2.16
2 Cosedora de bolsas: 0.48 KW monofásico 220 V.	0.96	0.60	0.58
<b>DEMANDA MAXIMA (ESTIMADA)</b>			156.3

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 3.4.3. CARACTERISTICA DE LA SUBESTACIÓN ELECTRICA

La subestación eléctrica se compone de una celda de llegada de MT (equipo de maniobra interruptor), celda de transformación (transformador trifásico 160 KVA) y la celda de baja tensión (tablero principal en BT).

### 3.4.4. ANÁLISIS DEL HISTORICO DE ENERGIA

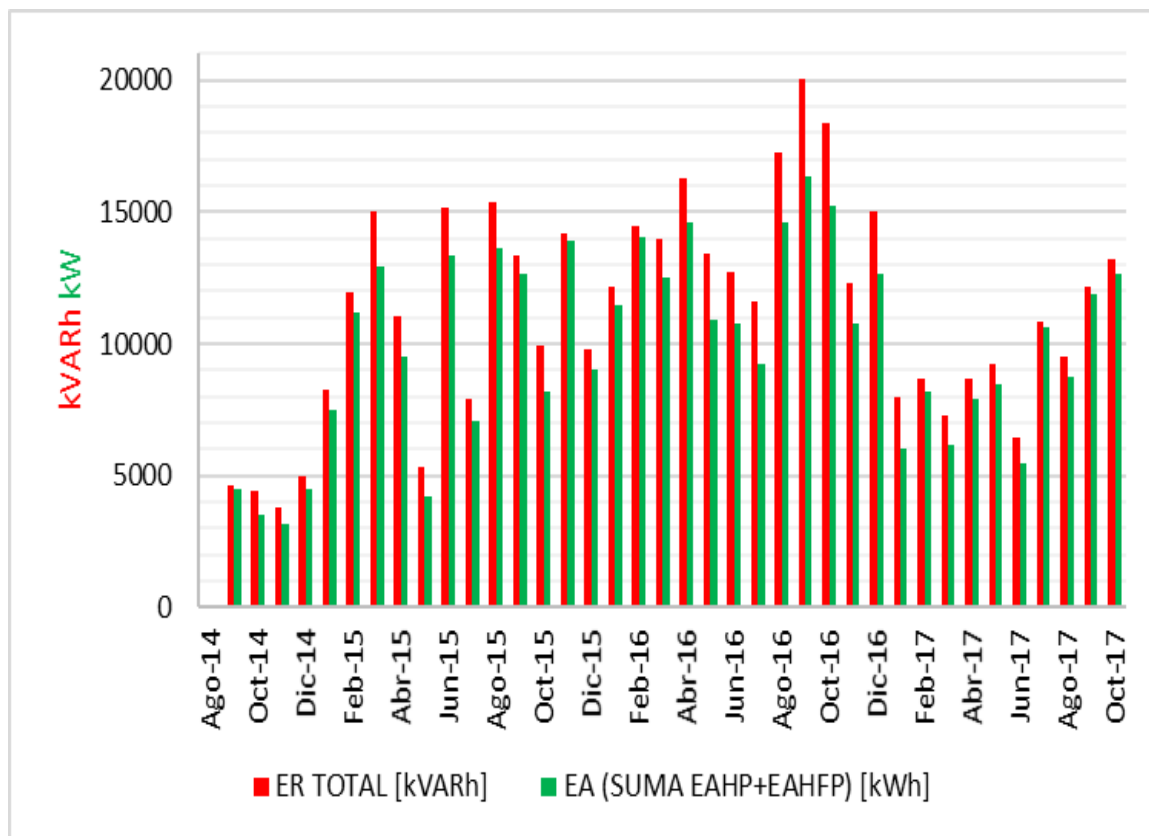
Con los datos proporcionados por la concesionaria eléctrica, a través del estado de cuenta corriente fue posible analizar la energía eléctrica de la planta:

**TABLA 3. 2:**  
*Consumo Histórico de Energía Eléctrica*

MES	CONSUMOS					
	EA (SUMA EAHP+EAHFP) [kWh]	30% EA [kWh]	EAHP [kWh]	EAHFP [kWh]	ER TOTAL [kVARh]	ER FACTURADO [kVARh]
Oct-14	3545.100	1063.530	136.350	3408.750	4445.010	3381.48
Nov-14	3136.050	940.815	409.050	2727.000	3763.260	2822.45
Dic-14	4499.550	1349.865	272.700	4226.850	4976.780	3626.92
Ene-15	7499.250	2249.775	409.050	7090.200	8262.810	6013.04
Feb-15	11180.700	3354.210	409.050	10771.650	11971.530	8617.32
Mar-15	12953.250	3885.975	3136.050	9817.200	14998.500	11112.53
Abr-15	9544.500	2863.350	2181.600	7362.900	11085.260	8221.91
May-15	4226.850	1268.055	136.350	4090.500	5317.650	4049.60
Jun-15	13362.300	4008.690	4635.900	8726.400	15189.390	11180.70
Jul-15	7090.200	2127.060	1227.150	5863.050	7935.570	5808.51
Ago-15	13635.000	4090.500	4772.250	8862.750	15366.650	11276.15
Set-15	12680.550	3804.165	4226.850	8453.700	13375.940	9571.78
Oct-15	8181.000	2454.300	2863.350	5317.650	9953.550	7499.25
Nov-15	13907.700	4172.310	4363.200	9544.500	14221.310	10049.00
Dic-15	8999.100	2699.730	3272.400	5726.700	9776.300	7076.57
Ene-16	11453.400	3436.020	4363.200	7090.200	12135.150	8699.13
Feb-16	14044.050	4213.215	3272.400	10771.650	14453.100	10239.89
Mar-16	12544.200	3763.260	3545.100	8999.100	13962.240	10198.98
Abr-16	14589.450	4376.835	4908.600	9680.850	16252.920	11876.09
May-16	10908.000	3272.400	3408.750	7499.250	13444.110	10171.71
Jun-16	10771.650	3231.495	3545.100	7226.550	12694.190	9462.70
Jul-16	9271.800	2781.540	2999.700	6272.100	11576.120	8794.58
Ago-16	14589.450	4376.835	3272.400	11317.050	17248.280	12871.45
Set-16	16362.000	4908.600	3545.100	12816.900	20084.360	15175.76
Oct-16	15271.200	4581.360	4226.850	11044.350	18407.250	13825.89
Nov-16	10771.650	3231.495	3272.400	7499.250	12285.140	9053.65
Dic-16	12680.550	3804.165	3272.400	9408.150	15025.770	11221.61
Ene-17	5999.400	1881.630	1908.900	4090.500	8003.740	6122.11
Feb-17	8181.000	2372.490	1227.150	6953.850	8685.490	6313.00
Mar-17	6135.750	1840.725	1772.550	4363.200	7294.730	5454.01
Abr-17	7908.300	2372.490	2590.650	5317.650	8699.130	6326.64
May-17	8453.700	2536.110	1090.800	7362.900	9271.800	6735.69
Jun-17	5454.000	1636.200	818.100	4635.900	6449.360	4813.16
Jul-17	10635.300	3190.590	2317.950	8317.350	10867.100	7676.51
Ago-17	8726.400	2617.920	2181.600	6544.800	9489.960	6872.04
Set-17	11862.450	3558.735	2727.000	9135.450	12189.690	8630.96
Oct-17	12626.010	3787.803	2454.300	10171.710	13198.680	9410.88
Nov-17	606.760	182.028	6.820	599.940	1118.070	936.04
Dic-17	538.580	161.574	129.530	409.050	1036.260	874.69

*Fuente: ElectroPuno.S.A.A*

**FIGURA 3. 2:**  
*Comparación del Consumo Histórico de Energía Activa y Energía Reactiva*



*Fuente: ElectroPuno.S.A.A*

### 3.4.5. ANÁLISIS DE LA DEMANDA HISTORICA POR RECIBOS

Además, con los datos proporcionados por la concesionaria, a través del estado de cuenta corriente fue posible analizar la demanda de la planta:

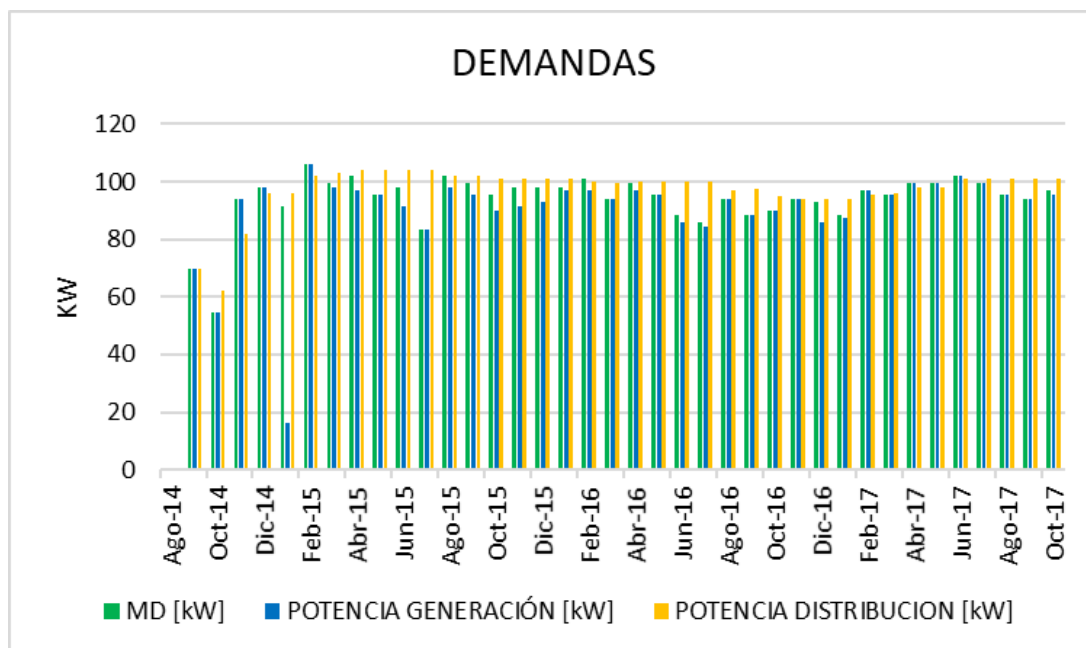


**TABLA 3.3:**  
*Demanda Histórica de la Energía Eléctrica:*

MES	DEMANDA				
	MD [kW]	MDHFP [kW]	MDHP [kW]	POTENCIA GENERACIÓN [kW]	POTENCIA DISTRIBUCION [kW]
Oct-14	54.540	54.540	31.360	54.5400	62.0400
Nov-14	94.080	94.080	74.990	94.0800	81.8100
Dic-14	98.170	98.170	89.990	98.1700	96.1250
Ene-15	91.350	16.360	91.350	16.3600	96.1250
Feb-15	106.350	106.350	94.080	106.3500	102.2600
Mar-15	99.540	98.170	99.540	98.1700	102.9450
Abr-15	102.260	96.810	102.260	96.8100	104.3050
May-15	95.450	95.450	5.450	95.4500	104.3050
Jun-15	98.170	91.350	98.170	91.3500	104.3050
Jul-15	83.170	83.170	83.170	83.1700	104.3050
Ago-15	102.260	98.170	102.260	98.1700	102.2600
Set-15	99.540	95.450	99.540	95.4500	102.2600
Oct-15	95.450	89.990	95.450	89.9900	100.9000
Nov-15	98.170	91.350	98.170	91.3500	100.9000
Dic-15	98.170	92.720	98.170	92.7200	100.9000
Ene-16	98.170	96.810	98.170	96.8100	100.9000
Feb-16	100.900	96.810	100.900	96.8100	100.2200
Mar-16	94.080	94.080	94.080	94.0800	99.5350
Abr-16	99.540	96.810	99.540	96.8100	100.2200
May-16	95.450	95.450	94.080	95.4500	100.2200
Jun-16	88.630	85.900	88.630	85.9000	100.2200
Jul-16	85.900	84.540	85.900	84.5400	100.2200
Ago-16	94.080	94.080	94.080	94.0800	96.8100
Set-16	88.630	88.630	83.170	88.6300	97.4950
Oct-16	89.990	89.990	88.630	89.9900	94.7650
Nov-16	94.080	94.080	92.720	94.0800	94.0800
Dic-16	92.720	85.900	92.720	85.9000	94.0800
Ene-17	88.630	87.260	88.630	87.2600	94.0800
Feb-17	96.810	96.810	81.810	96.8100	95.4450
Mar-17	95.450	95.450	92.720	95.4500	96.1300
Abr-17	99.540	99.540	95.450	99.5400	98.1750
May-17	99.540	99.540	83.170	99.5400	98.1750
Jun-17	102.260	102.260	89.990	102.2600	100.9000
Jul-17	99.540	99.540	91.350	99.5400	100.9000
Ago-17	95.450	95.450	91.350	95.4500	100.90
Set-17	94.080	94.080	94.080	94.0800	100.90
Oct-17	96.810	95.450	96.810	95.4500	100.90

*Fuente: ElectroPuno.S.A.A*

**FIGURA 3. 3:**  
*Comparación de Demandas Históricas (Máxima Demanda, Potencia Generación y Potencia de Distribución)*



*Fuente: ElectroPuno.S.A.A*

### 3.4.6. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

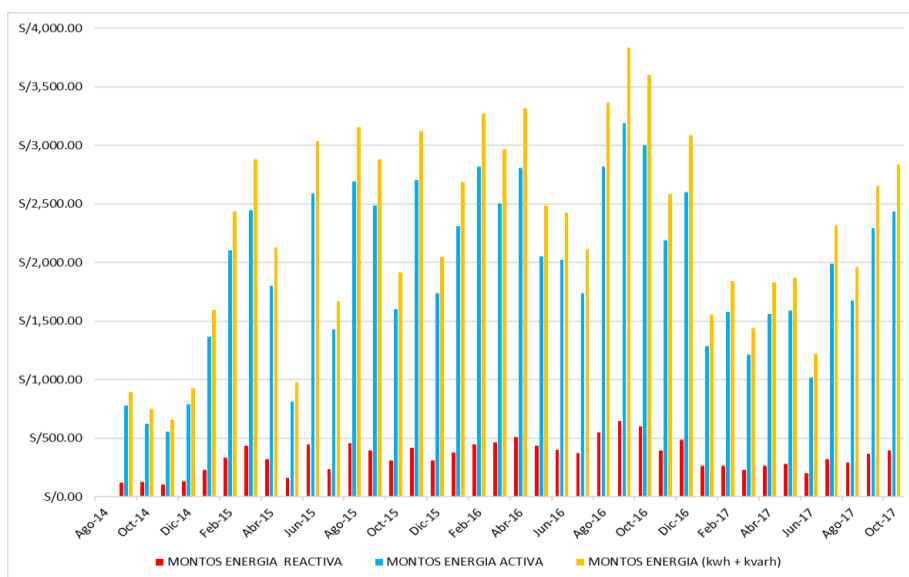
Con los datos proporcionados por la concesionaria, a través del estado de cuenta corriente fue posible analizar los montos de pago mensuales que se efectuó a la concesionaria eléctrica (ELECTROPUNO S.A.A.), hasta la fecha de esta investigación.

**TABLA 3. 4:**  
*Facturación Histórica de la Energía Eléctrica*

MONTOS			
MES	ENERGIA REACTIVA	ENERGIA ACTIVA	ENERGIA (kwh + kvarh)
Ago-14	S/0.00	S/0.00	S/0.00
Set-14	S/118.95	S/776.17	S/895.12
Oct-14	S/125.11	S/625.75	S/750.86
Nov-14	S/104.43	S/553.51	S/657.94
Dic-14	S/134.20	S/792.37	S/926.57
Ene-15	S/230.30	S/1,367.56	S/1,597.86
Feb-15	S/333.92	S/2,103.01	S/2,436.93
Mar-15	S/435.61	S/2,446.87	S/2,882.48
Abr-15	S/322.30	S/1,802.96	S/2,125.26
May-15	S/162.39	S/814.97	S/977.36
Jun-15	S/448.35	S/2,589.61	S/3,037.96
Jul-15	S/236.41	S/1,430.93	S/1,667.34
Ago-15	S/458.94	S/2,695.64	S/3,154.58
Set-15	S/398.19	S/2,484.74	S/2,882.93
Oct-15	S/311.97	S/1,604.29	S/1,916.26
Nov-15	S/418.04	S/2,702.27	S/3,120.31
Dic-15	S/307.12	S/1,741.20	S/2,048.32
Ene-16	S/381.02	S/2,308.14	S/2,689.16
Feb-16	S/448.51	S/2,821.45	S/3,269.96
Mar-16	S/462.01	S/2,505.78	S/2,967.79
Abr-16	S/507.11	S/2,809.75	S/3,316.86
May-16	S/434.33	S/2,050.70	S/2,485.03
Jun-16	S/404.06	S/2,022.92	S/2,426.98
Jul-16	S/375.53	S/1,741.24	S/2,116.77
Ago-16	S/549.61	S/2,818.68	S/3,368.29
Set-16	S/648.00	S/3,190.59	S/3,838.59
Oct-16	S/602.81	S/3,001.08	S/3,603.89
Nov-16	S/393.83	S/2,189.88	S/2,583.71
Dic-16	S/488.14	S/2,602.05	S/3,090.19
Ene-17	S/266.31	S/1,287.03	S/1,553.34
Feb-17	S/265.78	S/1,577.22	S/1,843.00
Mar-17	S/229.61	S/1,211.20	S/1,440.81
Abr-17	S/266.35	S/1,561.10	S/1,827.45
May-17	S/283.57	S/1,588.45	S/1,872.02
Jun-17	S/202.63	S/1,018.81	S/1,221.44
Jul-17	S/323.18	S/1,990.93	S/2,314.11
Ago-17	S/290.00	S/1,673.72	S/1,963.72
Set-17	S/364.23	S/2,290.64	S/2,654.87
Oct-17	S/397.14	S/2,438.08	S/2,835.22

*Fuente: ElectroPuno.S.A.A*

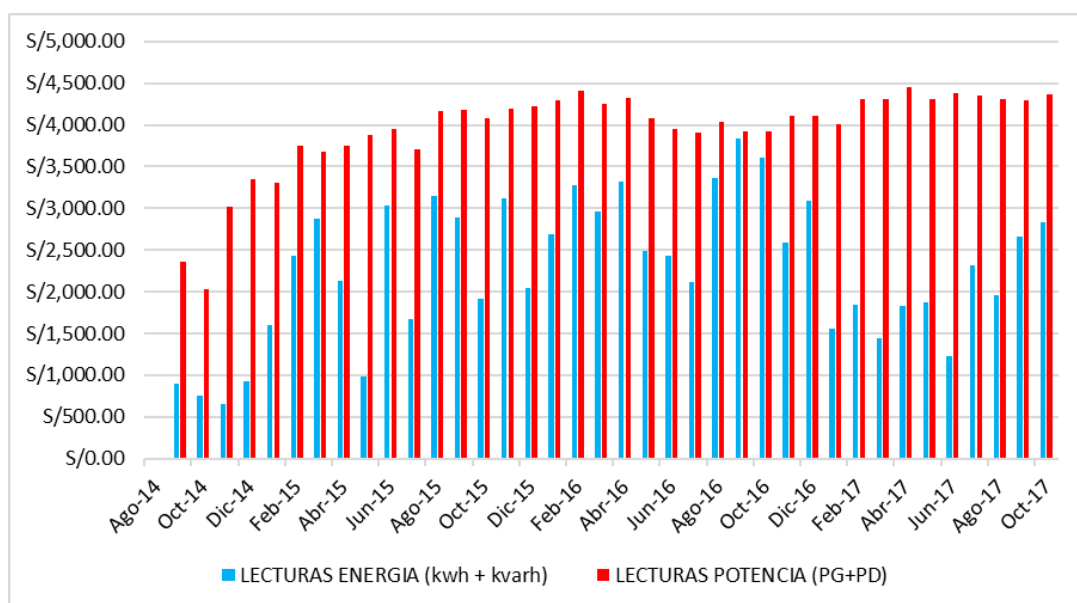
**FIGURA 3. 4:**  
*Comparación de Facturación Histórica (Energía Activa, Energía Reactiva y Energía Total Facturada):*



*Fuente: ElectroPuno.S.A.A*

Además, considerando que la instalación eléctrica cuenta con una tarifa MT4, se muestra una comparación de la facturación de Potencia y Energía.

**FIGURA 3. 5:**  
*Comparación de Facturación Histórica (Potencia y Energía)*



*Fuente: ElectroPuno.S.A.A*

### **3.4.7. INSTALACION DE EQUIPO DE MEDICION**

Una vez con el equipo de medición configurado y con la conexión recomendada por el fabricante, se procedió a instalarlo en la celda de baja tensión, en la salida del transformador trifásico, para esta actividad no se necesitó cortar el suministro eléctrico, es decir que se realizó con el tablero energizado, cabe precisar que los transformadores de corriente por ser de núcleo partido fue posible realizar este procedimiento.

Se tomaron las acciones adecuadas con respecto a seguridad personal, dado el riesgo eléctrico existente en una subestación eléctrica.

El equipo registro durante 26 días, 96 lecturas diarias y continuas, puesto que se configuro a cada 15 minutos (OSINERGMIN, 2008).

Concluido este periodo se procedió a retirar el equipo de medición y se empezó con la extracción de datos.

### **3.4.8. EXTRACCION DE DATOS**

Se procedió por tanto a realizar la extracción desde la base de datos donde se registran los parámetros eléctricos (tensión, frecuencia, armónicos, potencias (activas, reactivas, aparentes). Los datos fueron extraídos para su análisis, para lo cual se utilizó el software PowerLogic ION Setup Versión 3.0.

Para realizar esta tarea fue necesario el uso como interfaz el puerto de comunicación Ethernet RJ45, para luego exportarlo en formato .xls.

### **3.4.9. PROCESAMIENTO DE DATOS**

El procesamiento de datos implica presentarlos inicialmente de una manera acorde a la forma como van a ser trabajados, de todas las muestras obtenidas solo se analizó una semana puesto que se encuentran los datos más importantes.

### 3.4.10. ANALISIS UNIVARIANTE

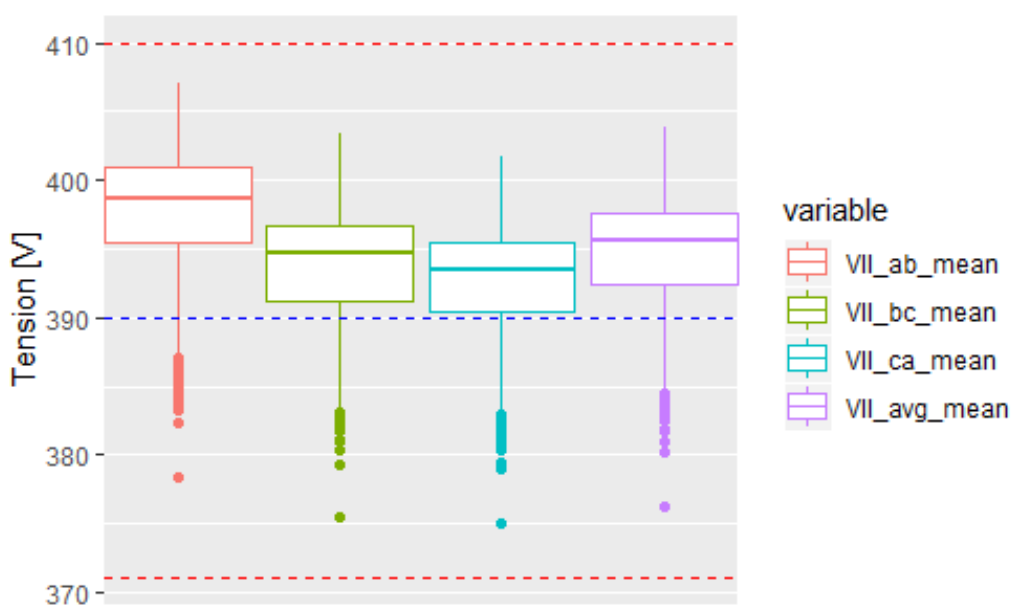
Se comienza por la realización de un análisis descriptivo de cada una de las variables. Las variables cuantitativas se describen a partir de las medidas de centralización y dispersión, acompañadas de gráficos. Las medidas de centralización calculadas son la media y la mediana, mientras que las medidas de dispersión son la varianza, desviación estándar, mínimo, máximo, rango y cuartiles. Los gráficos seleccionados para describir las variables son el de cajas y bigotes y el histograma (Jordán Núñez, 2015)

Para el caso de este estudio, los días seleccionados de 96 lecturas diarias de quince minutos fueron analizados según los parámetros eléctricos:

### 3.5. ANÁLISIS DE LA TENSIÓN

En la figura 3.6, se puede observar los valores obtenidos por el equipo de medición.

*FIGURA 3. 6:  
Análisis Univariante de la Tensión*



*Fuente: Elaboración Propia*

Además, la TABLA 3.5 muestra los parámetros descriptivos de la Tensión.

**TABLA 3.5:**  
Parámetros descriptivos de la Tensión

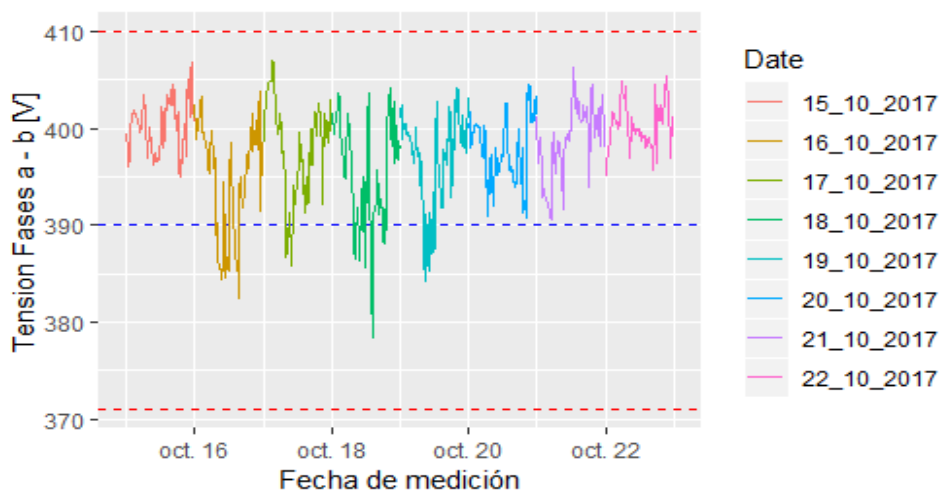
	Tensión a - b [V]	Tensión b - c [V]	Tensión c - a [V]	Tension Promedio [V]
Minima	378.4	375.5	375	376.3
1er Cuartil	395.4	391.2	390.5	392.4
Mediana	398.6	394.7	393.5	395.5
Media	397.7	393.6	392.5	394.6
3er Cuartil	401	396.6	395.4	397.6
Maxima	407	403.4	401.7	403.9

*Fuente: Elaboración Propia*

En la FIGURA 3.7, se muestran el perfil de tensión en un periodo de 8 días (192 horas).

El comportamiento de la tensión promedio entre las fases R y S (A y B) es de 397.7 V.

**FIGURA 3. 7:**  
Valores de tensión entre fases A – B

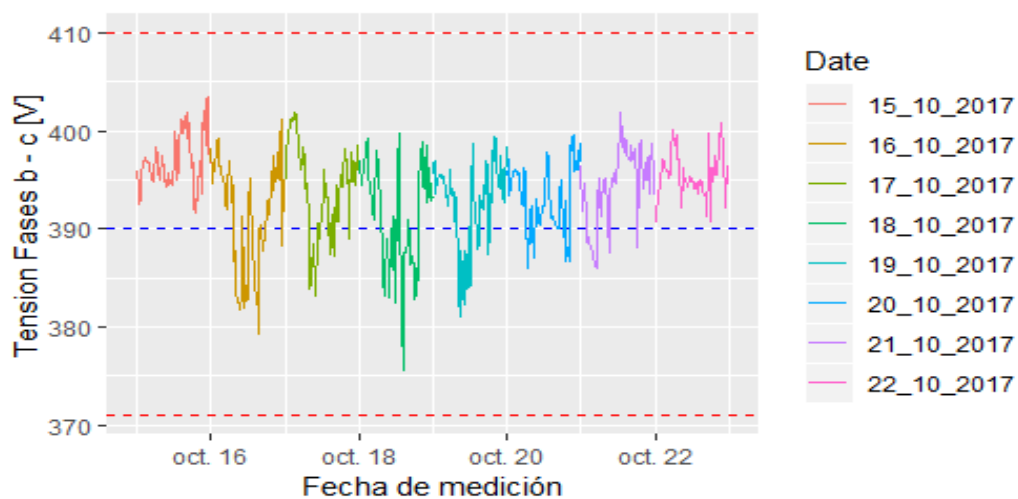


*Fuente: Elaboración Propia*

La FIGURA 3.8, se muestran el perfil de tensión en un periodo de 8 días (192 horas).

El comportamiento de la tensión promedio entre las fases S y T (B y C) es de 393.6 V.

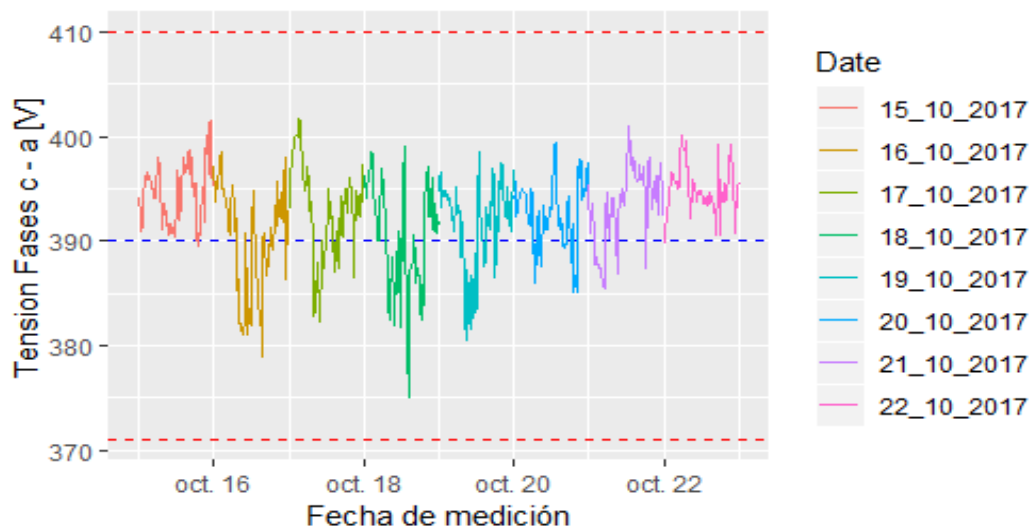
*FIGURA 3. 8:  
Valores de tensión entre fases B – C*



*Fuente: Elaboración Propia*

En la FIGURA 3.9, se muestran el perfil de tensión en un periodo de 8 días (192 horas). El comportamiento de la tensión promedio entre las fases T y R (B y A) es de 392.5 V.

*FIGURA 3. 9:  
Valores de tensión entre fases C – A*

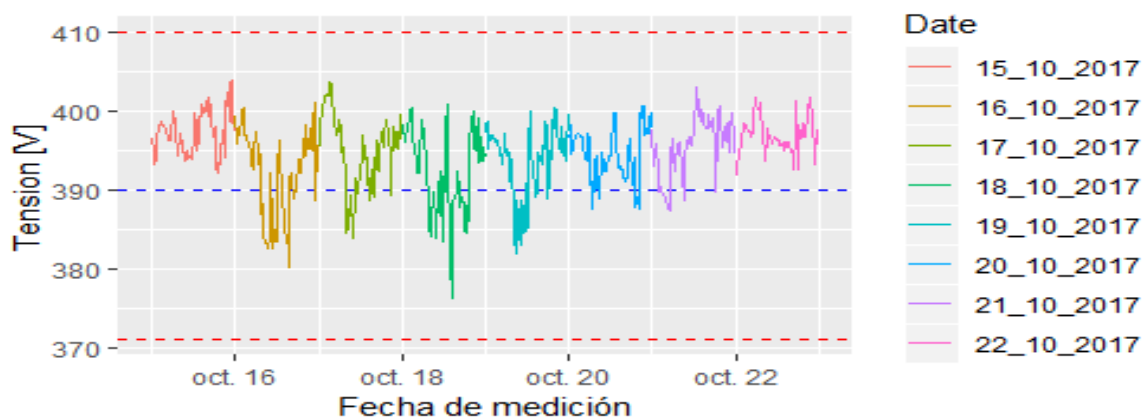


*Fuente: Elaboración Propia*



En la FIGURA 3.10, se muestran el perfil de tensión en un periodo de 8 días (192 horas). El comportamiento de la tensión promedio de todas las fases R, S, T (A, B, C) es de 394.6 V.

*FIGURA 3. 10:  
Valores Promedio de tensión de Fases RST (A,B,C,)*

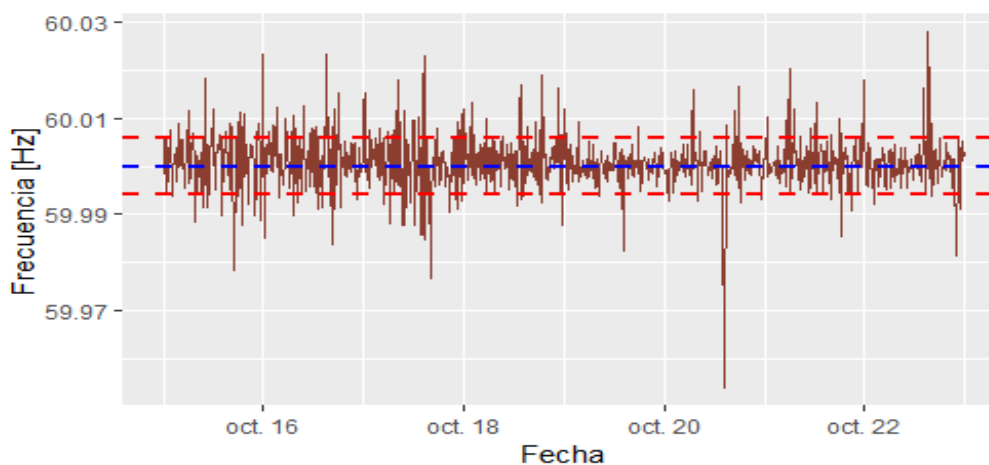


*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.6. ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA

En la FIGURA 3.11, se muestra el comportamiento de la frecuencia, de un periodo de 8 días (192 horas).

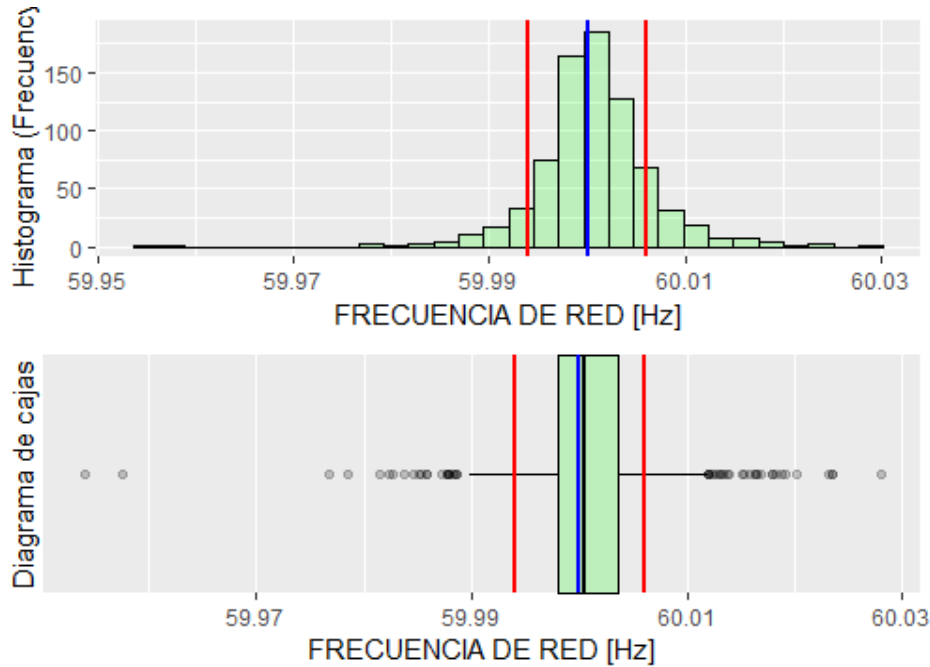
*FIGURA 3. 11:  
Variación de la Frecuencia Sostenida*



*Fuente: Elaboración Propia*

La FIGURA 3.12 se observa los dos picos de la frecuencia (59.99 Hz y 60.01Hz).

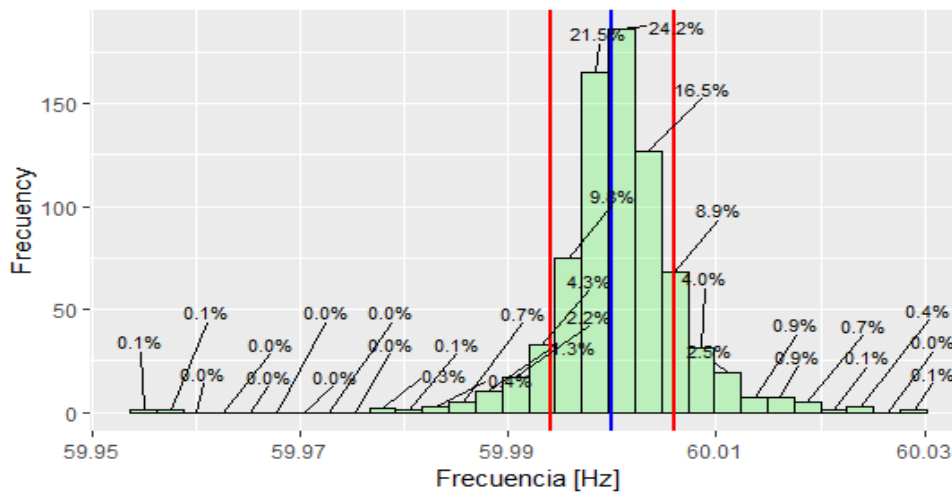
**FIGURA 3. 12:**  
*Análisis Univariante de la Frecuencia*



*Fuente: Elaboración Propia*

La Figura 19, representa el gradiente de Frecuencia del sistema eléctrico, entre la frecuencia eléctrica central y periférica ( $Grad = Frecuencia_{central} - Frecuencia_{periferica}$ ), se detalla:

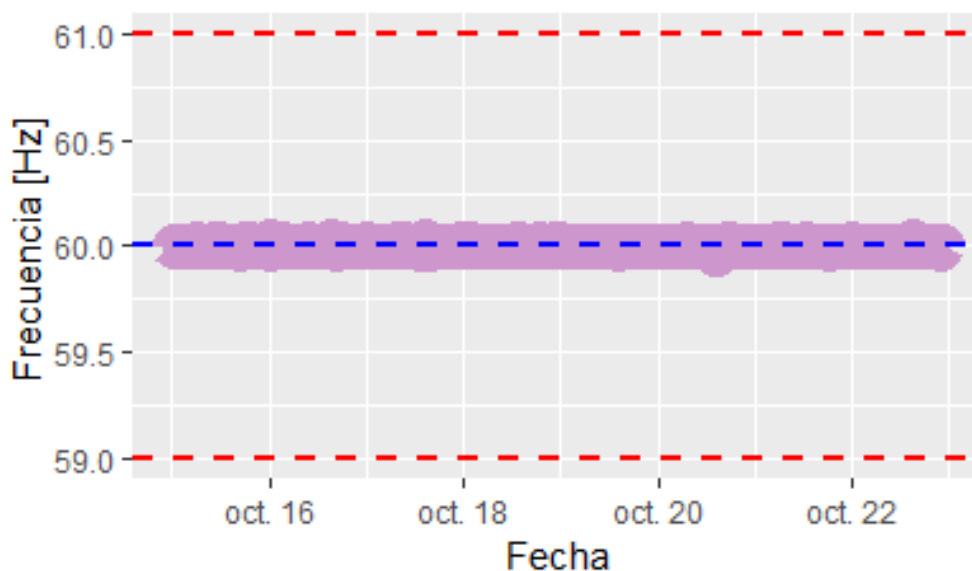
**FIGURA 3. 13:**  
*Histograma Porcentaje de Frecuencia*



*Fuente: Elaboración Propia*

La FIGURA 3.14, representa la Frecuencia Variaciones Súbitas registradas en los días de medición.

*FIGURA 3. 14:  
Frecuencia de Variaciones Súbitas*

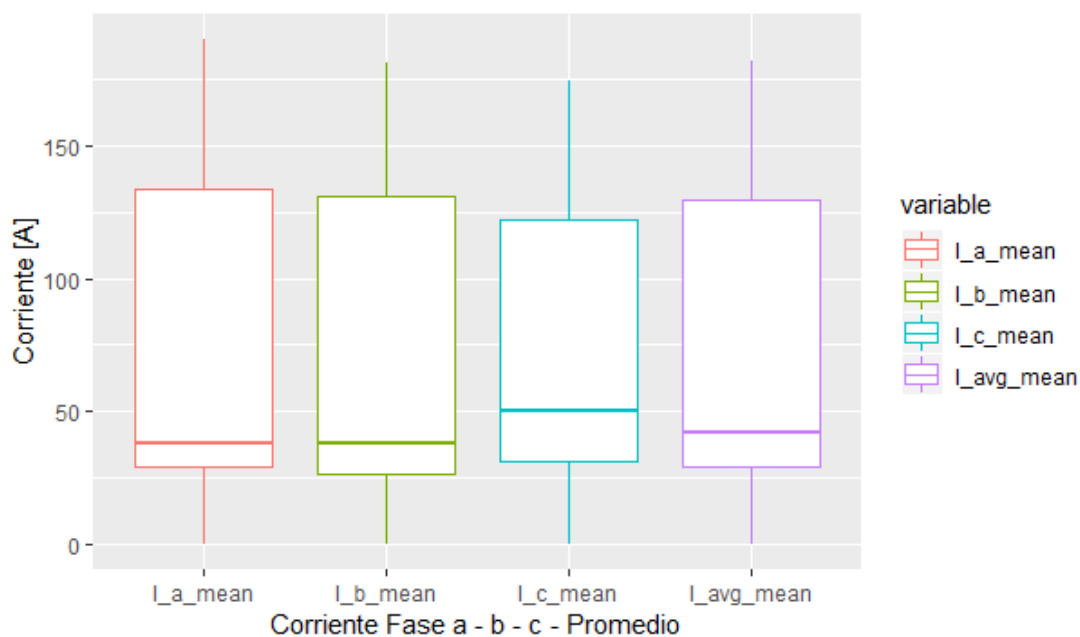


*Fuente: Elaboración Propia*

### **3.7. ANÁLISIS DE CORRIENTE**

En la FIGURA 3.15, se muestra el análisis Univariante de la Corriente, además las Figuras 2.16, 2.17 y 2.18, muestran los perfiles del corriente de las fases R, S, T (A, B, C), de un periodo de 3 días (72 horas). Se registró los valores de las corrientes promedio durante el período normal de operación. En el período completo de monitoreo también registró las corrientes mínimas y máximas (TABLA 3.6).

FIGURA 3. 15:  
Análisis Univariante de la Corriente



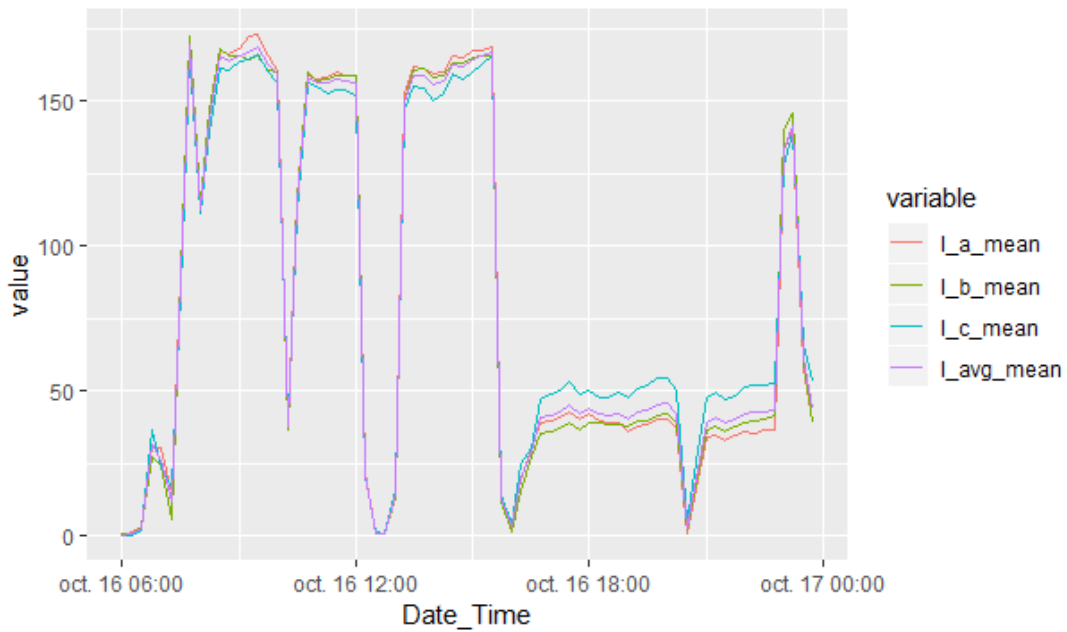
Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3. 6:  
Parámetros descriptivos de la Corriente

	Corriente A (R) [A]	Corriente B (S) [A]	Corriente C (T) [A]	Corriente Promedio [A]
Mínimo	0.149	0.356	0.087	0.273
1er Cuartil	29.467	26.537	30.910	29.109
Mediana	37.814	38.323	49.993	42.095
Media	68.072	67.352	69.490	68.304
3er Cuartil	133.776	130.950	122.375	129.773
Máxima	190.007	181.354	173.953	181.771

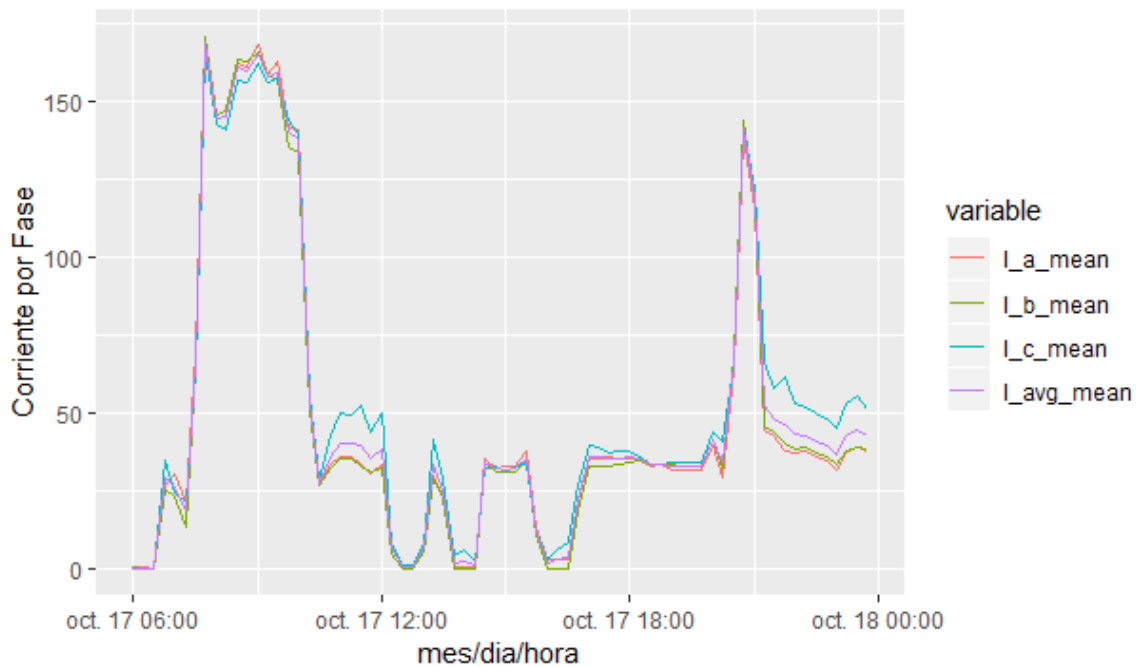
Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA 3. 16:**  
*Valores de Corriente (fases RST) Día 16/10/2017*



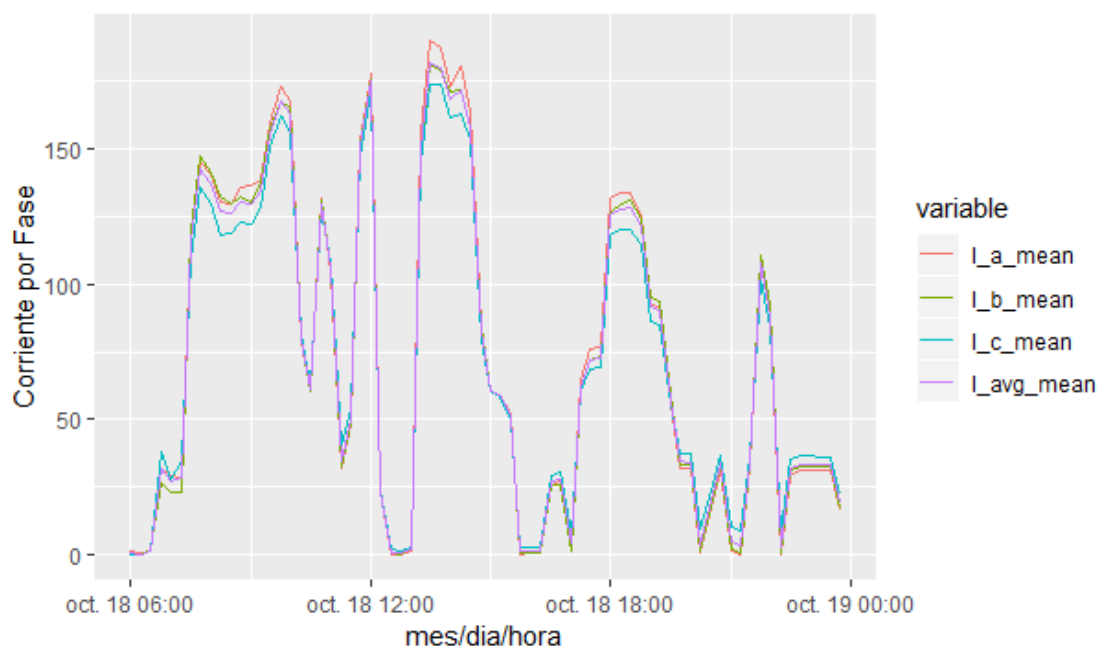
*Fuente: Elaboración Propia*

**FIGURA 3. 17:**  
*Valores de Corriente (fases RST) Día 17/10/2017*



*Fuente: Elaboración Propia*

**FIGURA 3. 18:**  
*Valores de Corriente (fases RST) Día 18/10/2017*

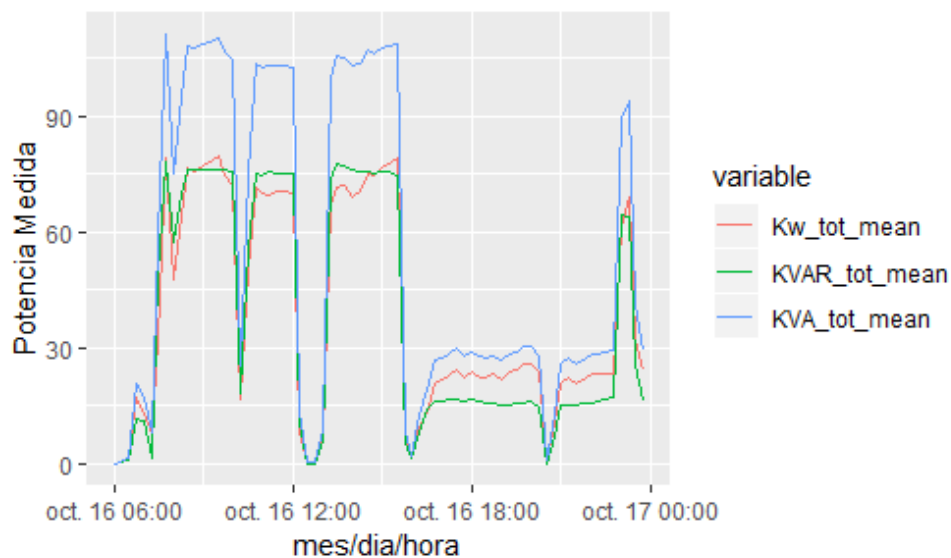


*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.8. ANÁLISIS DE POTENCIAS (P, Q, S)

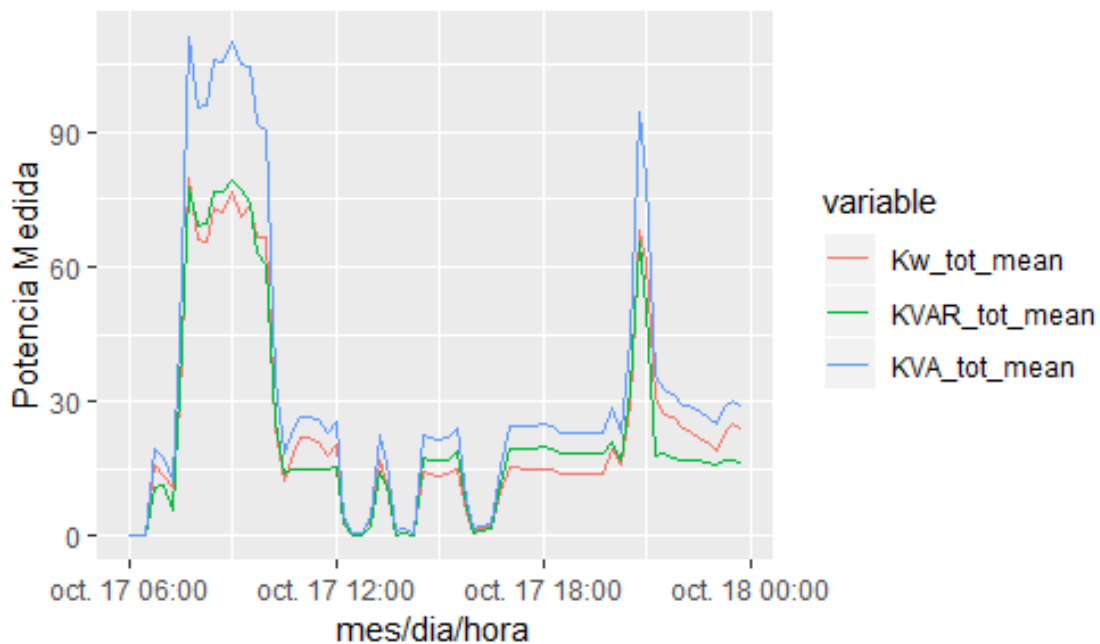
En las Figuras 2.19, 2.20, 2.21, se puede observar las demandas de potencia real en kW, reactiva en kVAR y aparente del sistema eléctrico en KVA, durante periodo de 3 días (72 horas). El valor de potencia real promedio durante el período de operación normal fue de 33 kW, registrando un valor máximo de 91.33 kW. En el periodo completo de operación se registró una potencia mínima real de 0.2 kW.

FIGURA 3. 19:  
Perfil de Potencias (P,Q,S) Día 16/10/2017



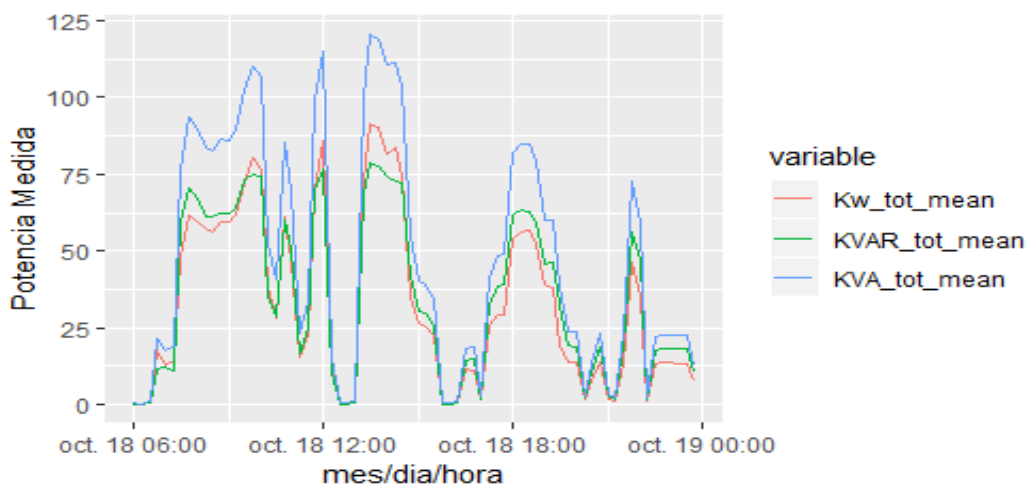
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3. 20:  
Perfil de Potencias (P,Q,S) Día 16/10/2017



Fuente: Elaboración Propia

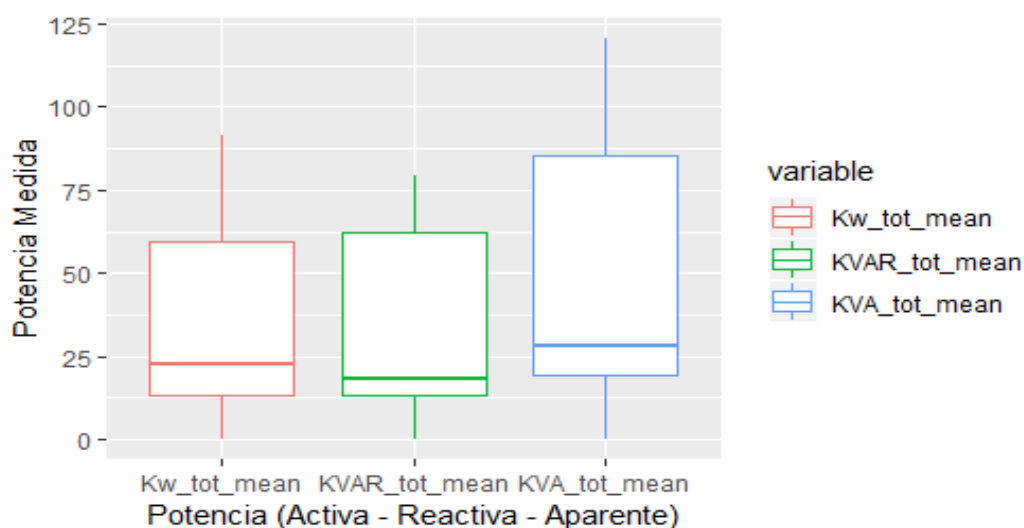
FIGURA 3. 21:  
Perfil de Potencias (P,Q,S) Día 18/10/2017



Fuente: Elaboración Propia

El TABLA 3.7, presenta el análisis Univariante de las potencias (P, Q, S) del sistema eléctrico, a través del análisis descriptivo y mostrado en un diagrama de caja y bigote en la FIGURA 3.22.

FIGURA 3. 22:  
Análisis Univariante de Potencias (P, Q, S).



Fuente: Elaboración Propia



**TABLA 3. 7**  
*Parámetros descriptivos de las Potencias (P, Q, S).*

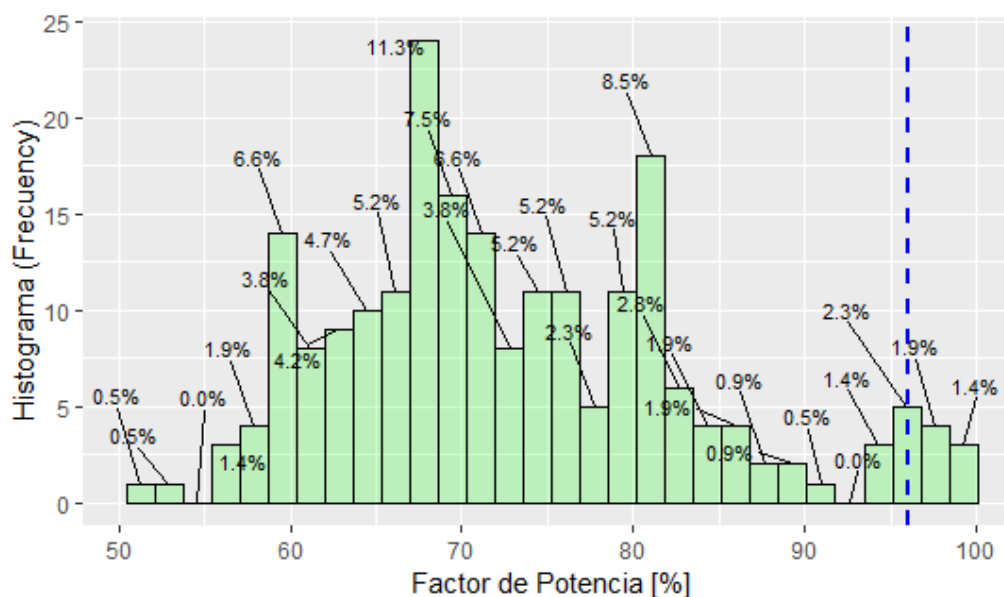
	POTENCIA ACTIVA (P) [kW]	POTENCIA REACTIVA (Q) [kVAR]	POTENCIA APARENTE (S) [kVA]
Mínimo	0.218	0.023	0.257
1er Cuartil	11.333	11.573	18.116
Mediana	25.549	30.056	39.868
Media	33.006	35.062	48.364
3er Cuartil	56.887	61.782	84.647
Máxima	91.338	78.894	120.750

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.9. ANÁLISIS DEL FDP (Cos φ)

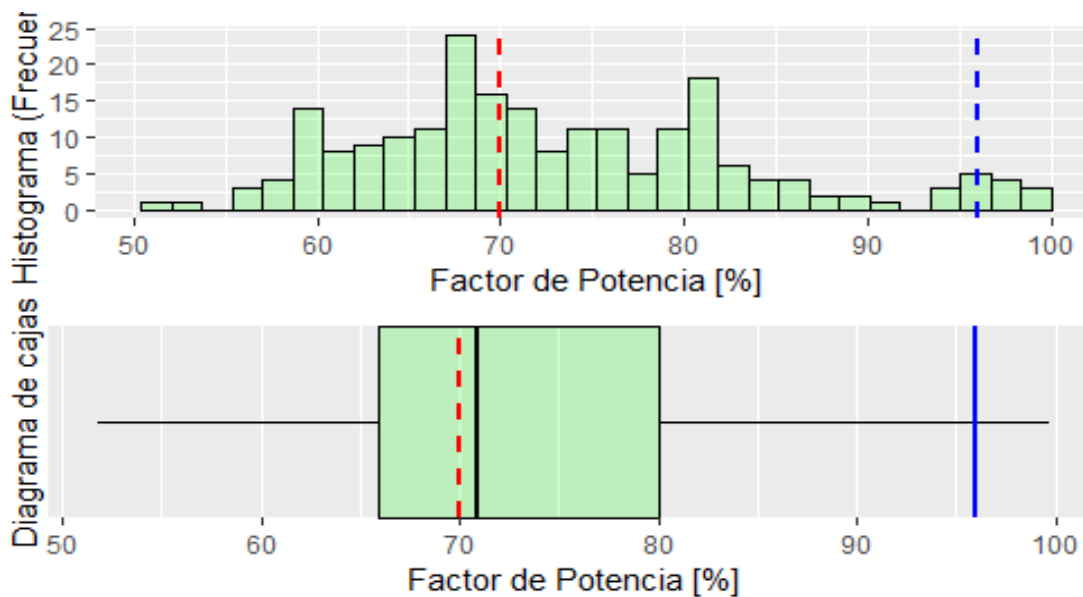
En las Figuras 2.23 y 2.24, se puede observar el comportamiento del FDP (Cos φ) durante periodo de 8 días (192 horas).

**FIGURA 3. 23:**  
*Histograma Porcentaje del FDP (Cos φ)*



*Fuente: Elaboración Propia*

**FIGURA 3. 24:**  
*Análisis Univariante del FDP (Cos  $\phi$ )*



*Fuente: Elaboración Propia*

El valor del FDP (Cos  $\phi$ ) promedio durante el período de operación normal fue 72.88%, registrando un valor de 99.71% (inductivo). En el periodo completo de operación se registró un FDP (Cos  $\phi$ ) mínimo de 51.73% (TABLA 3.8).

**TABLA 3. 8:**  
*Parámetros descriptivos del FDP (Cos  $\phi$ )*

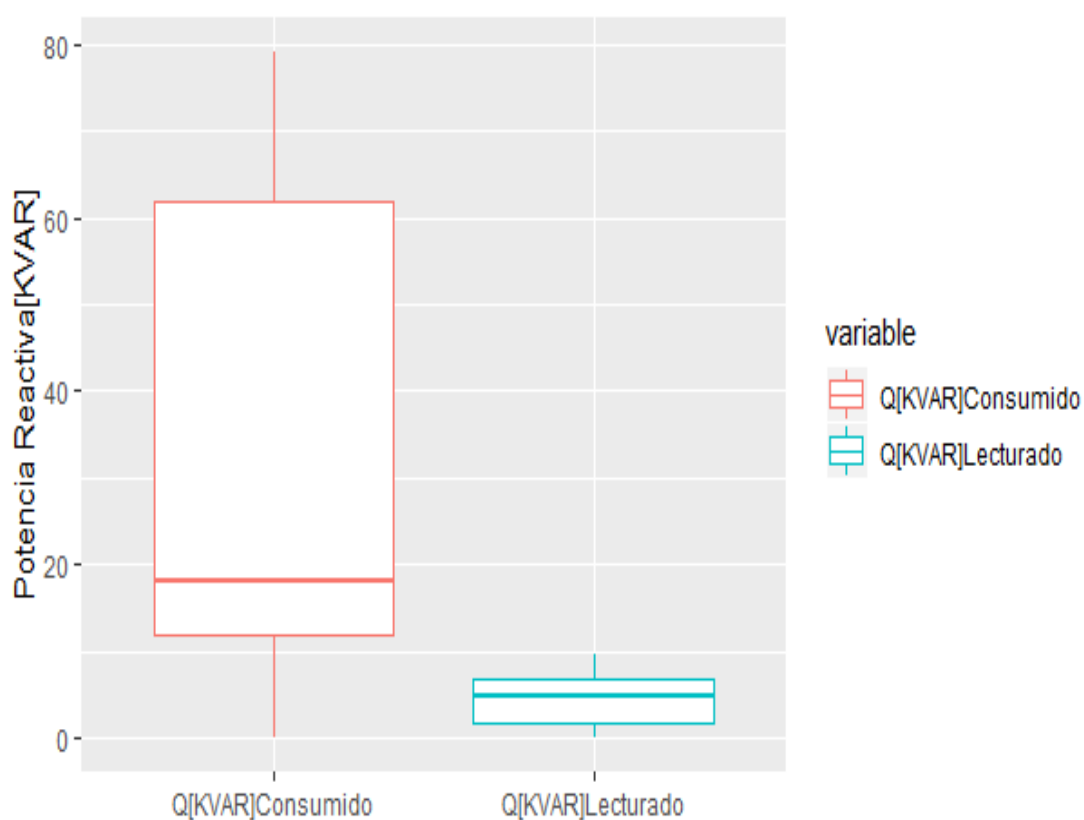
FDP (Cos $\phi$ ) (%)	
<i>Mínimo</i>	51.76
<i>1er Cuartil</i>	65.97
<i>Mediana</i>	70.95
<i>Media</i>	72.89
<i>3er Cuartil</i>	80
<i>Máxima</i>	99.71

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.10. ANALISIS DE POTENCIA REACTIVA

En la FIGURA 3.25, se puede observar la demanda de potencia reactiva mínima de 0.23 kVAR durante periodo de 8 días (192 horas). El valor de potencia reactiva promedio durante el período de operación normal fue de 35.062 kVAR, registrando un valor máximo 78.89 kVAR.

FIGURA 3. 25:  
Potencia Reactiva [kVAR]

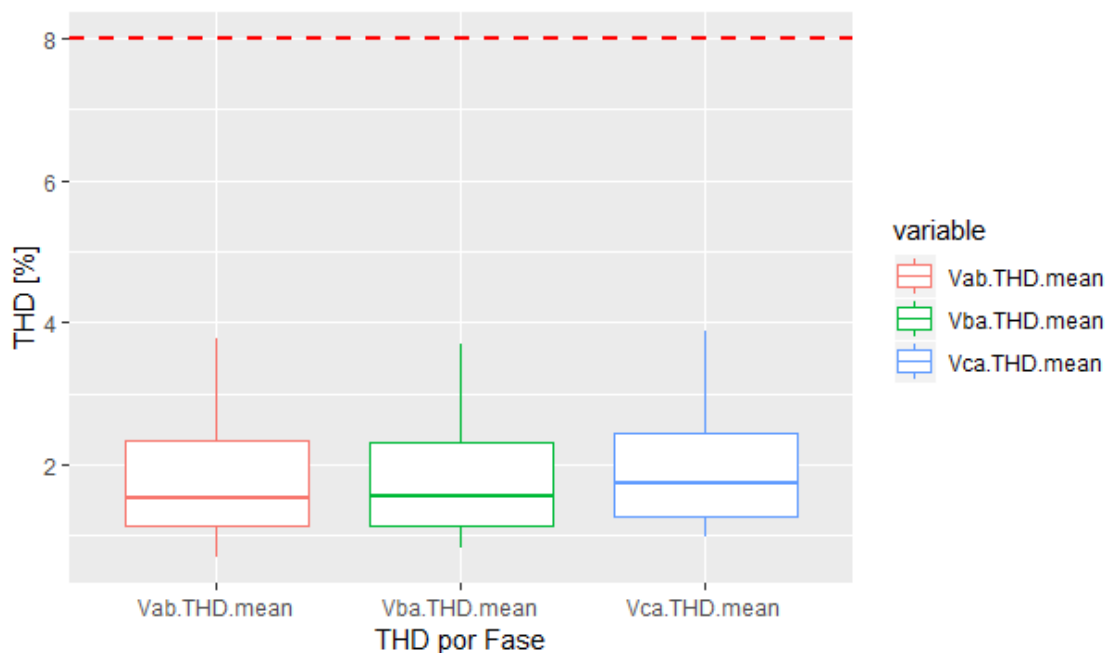


Fuente: Elaboración Propia

### 3.11. ANALISIS DEL THD<sub>v</sub>

En la FIGURA 3.26, se puede observar los registros de THD<sub>v</sub> durante periodo de 8 días (192 horas).

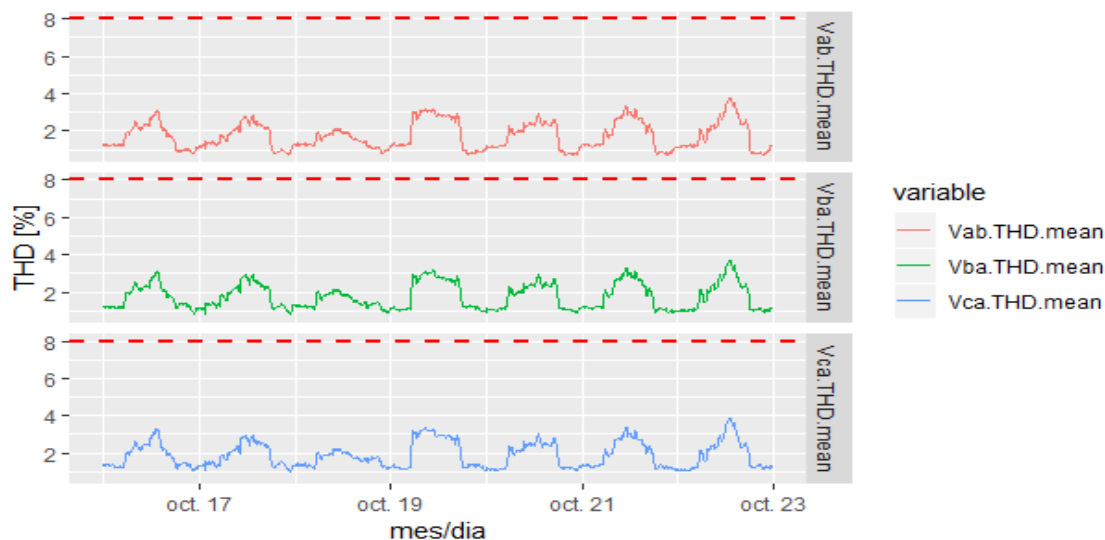
FIGURA 3. 26:  
THD<sub>v</sub> por fase



Fuente: Elaboración Propia

También en la FIGURA 3.26, se puede observar el registro histórico del THD<sub>v</sub>.

FIGURA 3. 27:  
Histórico del THD<sub>v</sub>



Fuente: Elaboración Propia

El valor del THDv promedio durante el período de operación normal fue 1.7384% en las fases R-S (a-b), 1.7629% en las fases S-T (b-c) y 1.9001% en las fases T-R (c-a). (TABLA 3.9).

*TABLA 3. 9:  
Resumen de THDv del Sistema Electrico*

	THDv a - b [%]	THDv b - c [%]	THDv c - a [%]
Mínimo	0.7007	0.8173	0.9958
1er Cuartil	1.1515	1.1362	1.2818
Mediana	1.5446	1.5581	1.7344
Media	1.7384	1.7629	1.9001
3er Cuartil	2.3284	2.3221	2.4432
Máxima	3.763	3.6956	3.8771

*Fuente: Elaboración Propia*

## CAPITULO 4

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA CALIDAD DE ENERGÍA

De la TABLA 4.1, se puede ver que los valores de la tensión, frecuencia Variaciones Súbitas (VSF') y la tasa de distorsión armónica (THD) están dentro de los límites y/o rangos aceptables por la NTCSE- Urbano. La frecuencia, para el caso de Variaciones Sostenidas [ $\Delta f^k$  (%)] solo se encuentra un 80.90% del total del estudio dentro de las tolerancias aceptables de la NTCSE- Urbano.

##### 4.1.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS SOBRE LA CALIDAD DE ENERGÍA

De la TABLA 4.1 se determina que la empresa tiene un suministro de energía eléctrica dentro de los rangos aceptables de la NTCSE- Urbano, excepto para el caso de Variaciones Sostenidas de Frecuencia [ $\Delta f^k$  (%)], la cual se puede explicar debido a un desbalance energético entre Potencias de Generación y Potencias de consumo, este parámetro es categorizados con una calificación Regular debido a que la carga (Industria CIRNMA) no utiliza equipos que requieran una Frecuencia muy precisa y estas leves variaciones fuera de la norma no afectaran el ciclo de trabajo.

**TABLA 4. 1**  
*Análisis del Estado Actual de la Calidad de Energía*

VARIABLE	CATEGORÍA	INDICADOR	OBSERVACIONES	RESULTADO	INSTRUMENTO
ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA	TENSIÓN	NTCSE - Urbano	PORCENTAJE DENTRO DEL RANGO NORMATIVO ACEPTABLE	'-----'	'-----'
	V ab	Rango aceptable +/- 5% de la Tensión Nominal	100%	Satisfactorio	Medidor ION 7650
	V ba	Rango aceptable +/- 5% de la Tensión Nominal	100%	Satisfactorio	Medidor ION 7650
	V ca	Rango aceptable +/- 5% de la Tensión Nominal	100%	Satisfactorio	Medidor ION 7650
	FRECUENCIA	NTCSE- Urbano	PORCENTAJE DENTRO DEL RANGO NORMATIVO ACEPTABLE	'-----'	'-----'
	Variaciones Sostenidas [ $\Delta f^k$ (%)]	Rango aceptable +/- 0.6 % de la Frecuencia Nominal	80.90%	Regular	Medidor ION 7650
	Variaciones Súbitas (VSF')	Rango aceptable +/- 1 [Hz]	100%	Satisfactorio	Medidor ION 7650
	ARMÓNICOS	NTCSE - Urbano	PORCENTAJE DENTRO DEL RANGO NORMATIVO ACEPTABLE	'-----'	'-----'
	THD Fases V ab	Rango aceptable +/- 8% de la Tensión Nominal	100%	Satisfactorio	Medidor ION 7650
	THD Fases V bc	Rango aceptable +/- 8% de la Tensión Nominal	100%	Satisfactorio	Medidor ION 7651
THD Fases V ca	Rango aceptable +/- 8% de la Tensión Nominal	100%	Satisfactorio	Medidor ION 7652	

*Fuente: Elaboración Propia*

## 4.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA EFICIENCIA

### ENERGETICA

#### 4.2.1 CONSIDERANDO EL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA

#### ACTUAL, ESCENARIO SIN COMPENSACIÓN REACTIVA.

*TABLA 4. 2:*  
Análisis Descriptivo de la Eficiencia Energética

VARIABLE	CATEGORÍA	INDICADOR		RESULTADO	INSTRUMENTO
ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA A	Potencia	Máximo Registrado			
	Potencia Activa	Máximo 91.33 Kw	Depende del consumo de la Planta industrial. Está en un rango considerable cercano al valor de Potencia activa; lo cual indica un FDP muy bajo.	Satisfactorio	Medidor ION 7650
	Potencia Reactiva	Máximo 78.89 KVAR	La Potencia del Transformador es de 160 KVA, y el consumo Máximo registrado de Potencia aparente no supera esta cantidad.	Insatisfactorio	Medidor ION 7650
	Potencia Aparente	Máximo 120.8 KVA		Satisfactorio	Medidor ION 7650
	FDP	“GUÍA DE ORIENTACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE LA TARIFA ELÉCTRICA PARA USUARIOS EN MEDIA TENSIÓN” Ministerio de Energía y Minas			
	Fdp Sin compensación de reactivos	Un fdp Menor a 0.96 , de lo contrario, se facturará por consumo de energía reactiva	Fdp>0.96 satisfactorio 0.85<Fdp<0.96 regular 0.85>Fdp Insatisfactorio	5.6 % 5.6 % 88.8%	Insatisfactorio

*Fuente: Elaboración Propia*



**4.2.2 CONSIDERANDO EL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA PARA UN ESCENARIO CON COMPENSACIÓN REACTIVA.**

Debido a que el FDP (Cos  $\phi$ ) es mayor a 0.96 en solamente un 5.6% de todas las mediciones, de proceder a diseñar un Banco de capacitores automático para poder mejorar el FDP (Cos  $\phi$ ).

**4.2.3 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE BATERÍAS CAPACITIVAS**

Para diseñar y dimensionar un Banco de capacitores automático utilizamos la metodología sugerida por la empresa Schneider Electric y el método de Triángulos de Potencia. A partir de los datos suministrados por los fabricantes de los diferentes receptores, tales como la potencia activa, el índice de carga, el cos  $\phi$ , etc. y conociendo el factor de simultaneidad de cada uno en la instalación, se pueden determinar los niveles de potencia activa y reactiva consumida por el total de la instalación. ((SCHNEIDER ELECTRIC), 2007)

Teniendo en cuenta los siguientes datos:

*TABLA 4. 3:  
Valores mínimo, promedio y máximo del FDP, Potencia Activa y Reactiva.*

FDP (Cos $\phi$ ) [%]		
MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO
51.76	70.95	99.71
POTENCIA ACTIVA [Kw]		
MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO
0.2178	25.5485	91.3383
POTENCIA REACTIVA [KVAR]		
MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO
0.02294	30.05605	78.89423

*Fuente: Elaboración Propia*

Para llegar de un FDP = 0.71 a un FDP=0.98, utilizamos la tabla del (ANEXO 3: CALCULO DE LA POTENCIA A COMPENSAR – TABLA DE ELECCION) y se procederá a demostrar el cálculo en el (ANEXO 3-a : CALCULO DE LA POTENCIA A COMPENSAR – METODOS DE TRIANGULOS DE POTENCIA), el cual nos da un factor de multiplicación = 0.789 en ambos casos , luego de ello multiplicamos nuestro valor máximo de Potencia Activa = 99.3383 por dicho factor y obtenemos nuestra potencia reactiva a compensar:

$$Q = P \text{ max} * 0.789 \quad (4.1)$$

$$Q = 91.3383 * 0.789 \quad (4.2)$$

$$Q = 72.0659187 = 72 \text{ [KVAR]} \quad (4.3)$$

Debido a que el comportamiento de la carga es dinámico, se procede a disponer el equipo de compensación en 5 escalones, de baterías estándar de 21 KVAR – 21 KVAR – 10 KVAR– 10 KVAR– 10 KVAR, los cuales hacen un total de 72 KVAR.

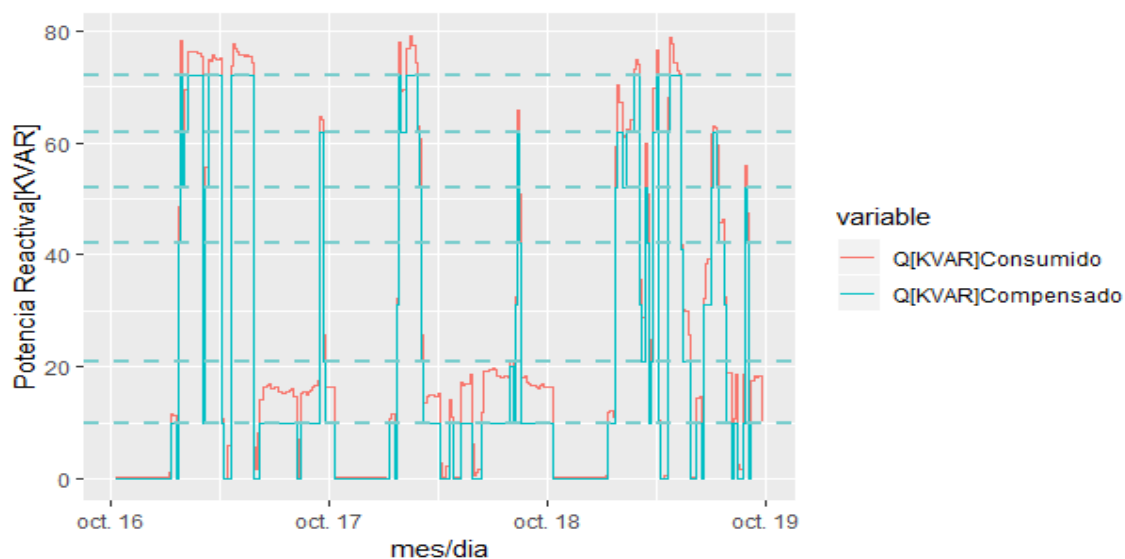
#### **4.2.4 SIMULACION DE COMPORTAMIENTO DE BATERÍAS**

##### **CAPACITIVAS Y REDUCCION DE POTENCIA REACTIVA**

Simulando la compensación reactiva durante los días 16, 17 y 18 de octubre del 2017, el comportamiento de compensación reactiva se manifiesta como se muestra en la FIGURA 4.1 (Escalonamiento de Baterías capacitivas según demanda de energía Reactiva), donde las líneas horizontales son la potencia compensada de valores 10 KVAR - 21 KVAR – 42 KVAR – 52 KVAR– 62 KVAR– 72 KVAR, según será el consumo de Potencia reactiva (Q[KVAR]Consumido).

FIGURA 4. 1:

*Escalonamiento de Baterías Capacitivas según Demanda de Energía Reactiva*

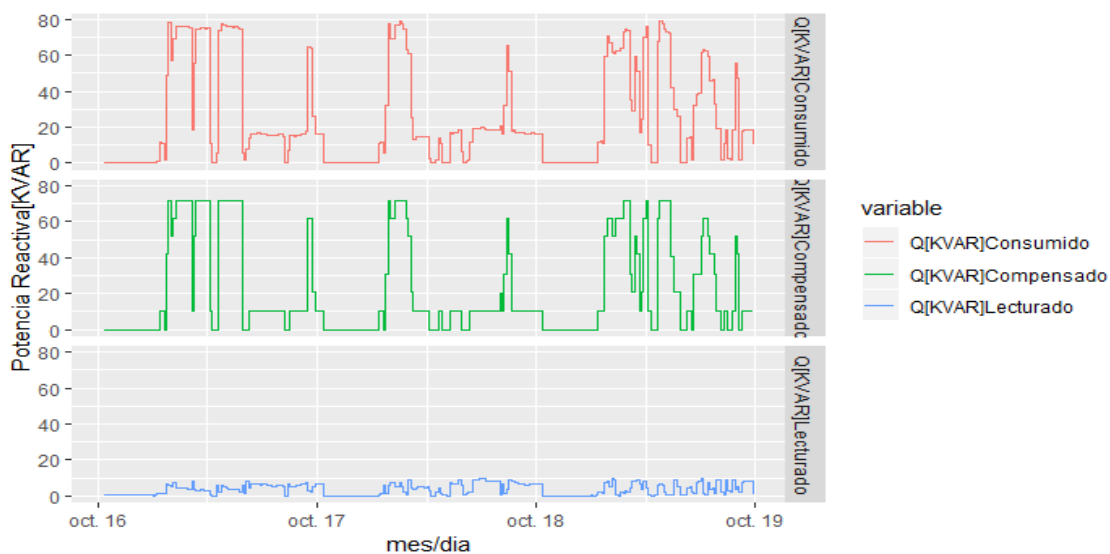


*Fuente: Elaboración Propia*

Analizando la FIGURA 4.2, se observa que el consumo de potencia reactiva (línea roja) por parte de la industria será reducida y/o compensada por las baterías capacitivas (línea verde). La energía que será registrada como consumo (línea azul).

FIGURA 4. 2:

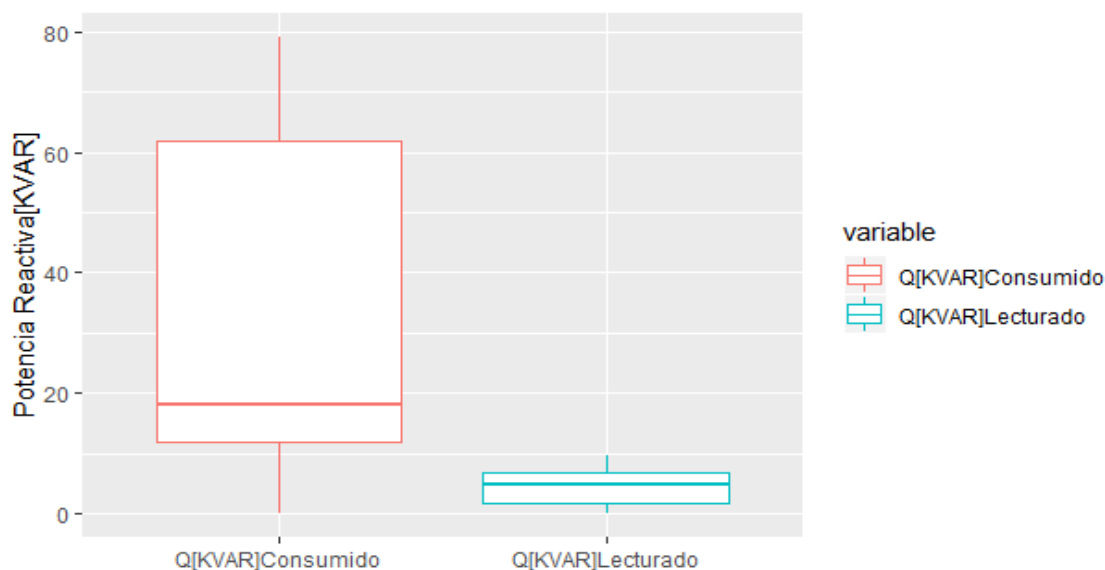
*Consumo de Energía Reactiva con Compensación Reactiva*



*Fuente: Elaboración Propia*

Para entender la reducción de potencia reactiva al agregar una batería de capacitores, resumimos el comportamiento de la planta mediante el consumo de potencia con un diagrama de cajas en la FIGURA 4.3: Análisis uní-variante de Potencia reactiva compensada; la cual es resumida en la TABLA 4.4.

**FIGURA 4. 3:**  
*Análisis Univariante de Potencia Reactiva Compensada*



*Fuente: Elaboración Propia*

**TABLA 4. 4:**  
*Resumen del Análisis Univariante de la Potencia Compensada*

Q[KVAR] Consumido INICIAL					
MINIMO	1st Qu	Promedio	Media	3rd Qu	Max.
0.02294	11.57322	30.05605	35.06246	61.78224	78.89423
Q[KVAR] Lecturado FINAL					
MINIMO	1st Qu	Promedio	Media	3rd Qu	Max.
0.004832	1.715224	4.777368	4.490532	6.808302	9.701593

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.2.5 COMPORTAMIENTO DE FDP DESPUÉS DE LA COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

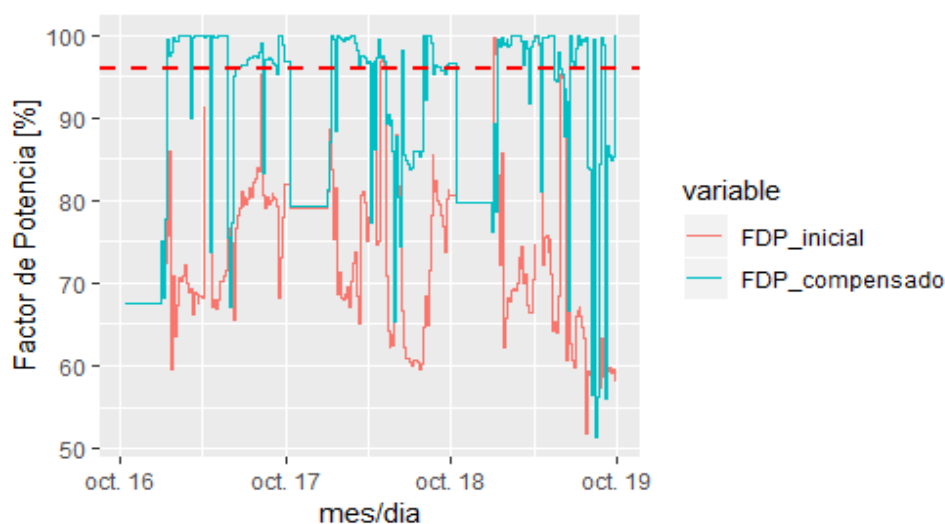
Para obtener el nuevo FDP o FDP compensado, realizamos la siguiente operación:

$$FDP_{compensado} = \frac{P_{activa}}{S_{aparente}} \quad (4.4)$$

$$FDP_{compensado} = \frac{P_{activa}}{\sqrt{[Q_{final - compensado}]^2 + [P_{activa}]^2}} \quad (4.5)$$

Este procedimiento se realiza para cada lectura de potencia activa y aparente de la industria, así logramos obtener los nuevos valores de FDP los cuales llamaremos FDP compensado (FIGURA 4.4).

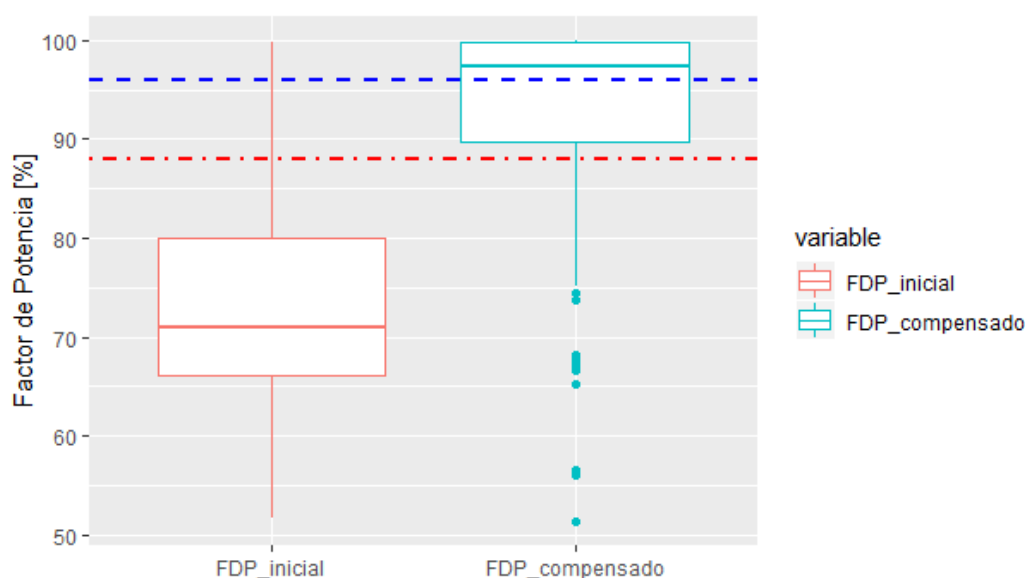
FIGURA 4. 4:  
Comportamiento del FDP compensado y FDP inicial



Fuente: Elaboración Propia

Para entender mejor el comportamiento del FDP compensado, resumimos los principales indicadores en un diagrama de cajas Figura 38 y el cuadro resumen de este, en la TABLA 4.5.

**FIGURA 4. 5:**  
*Análisis Univariante del FDP inicial y FDP compensado*



*Fuente: Elaboración Propia*

**TABLA 4. 5:**  
Resumen del Análisis Univariante del FDP (Cos  $\phi$ )

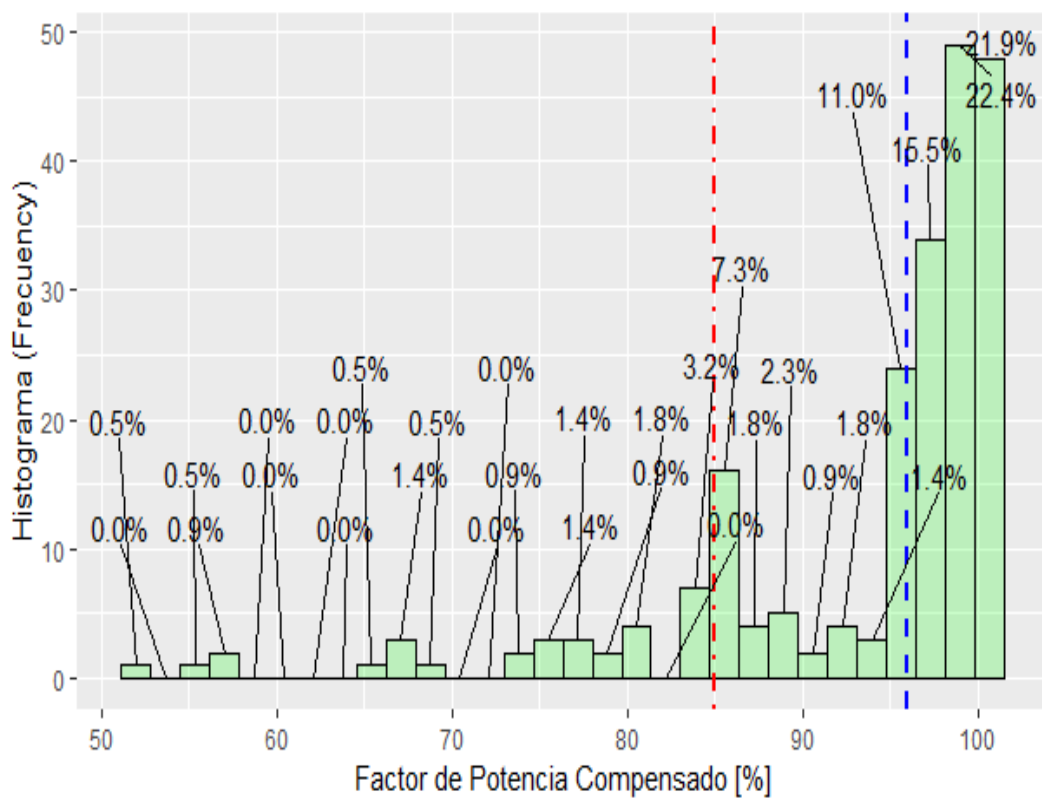
FDP INICIAL					
MINIMO	1st Qu	Promedio	Media	3rd Qu	Max.
51.76	66.09	72.93	70.95	79.99	99.71
FDP FINAL					
MINIMO	1st Qu	Promedio	Media	3rd Qu	Max.
51.35	89.79	93.60	97.39	99.72	99.72

*Fuente: Elaboración Propia*

Para analizar si el nuevo FDP (FDP compensado) está dentro de los rangos aceptables realizamos un histograma (FIGURA 4.6), en donde la línea azul vertical representa un

valor de FDP 0.96 que consideraremos satisfactorio, una línea punteada azul indica un FDP de rango entre 0.85 y 0.96 lo cual nos señala un FDP regular.

*FIGURA 4. 6:  
Histograma de FDP compensado y a rangos aceptables.*



*Fuente: Elaboración Propia*

### 4.3 RESUMEN DE PARÁMETROS SOBRE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA CON COMPENSACIÓN REACTIVA

**TABLA 4. 6:**  
*Análisis descriptivo de la eficiencia energética eléctrica en un escenario con compensación reactiva.*

VARIABLE	CATEGORÍA	INDICADOR		RESULTADO	INSTRUMENTO	
ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	Potencia	Máximo Registrado				
	Potencia Reactiva Compensada	Máximo 9.70 KVAR	Está en un rango considerablemente bajo respecto a la potencia activa consumida	satisfactorio	Simulación en Software RStudio	
	FDP	“GUÍA DE ORIENTACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE LA TARIFA ELÉCTRICA PARA USUARIOS EN MEDIA TENSIÓN” Ministerio de Energía y Minas				
	fdp compensada	Un fdp Menor a 0.96 , de lo contrario, se facturará	Fdp>0.96 satisfactorio	70.8 %		
			0.85<Fdp<0.96 regular	15.5 %	satisfactorio	Simulación en Software RStudio
		0.85>Fdp Insatisfactorio	13.7%			

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.3.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS SOBRE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

De la TABLA 4.1, donde se analiza la situación actual, se determina que la empresa no tiene un eficiente consumo de energía eléctrica, esto es evidenciado ya que solo el 5.6 % del FDP está dentro del margen definido como satisfactorio y el 5.6 % dentro del rango regular, lo cual indica que tiene un consumo de energía reactiva muy alto lo que repercute en sus pagos por energía reactiva.

De la TABLA 4.6, podemos evidenciar una mejora notable del FDP cuando utilizamos una batería de condensadores para poder minimizar el consumo de potencia reactiva,



notando que el FDP dentro del rango aceptable aumenta de 5.6% a 70.8 % y del 5.6% regular a 15.5 %, lo cual evitara que la industria CIRNMA realice pagos por el concepto de energía reactiva. Lo cual demuestra la factibilidad técnica de la batería de condensadores.

#### **4.4 SIMULACION DEL SISTEMA ELECTRICO EN SOFTWARE**

##### **ETAP 12.6.0**

Para analizar el funcionamiento del sistema eléctrico se utilizó la herramienta computacional ETAP 12.6.0, donde se modelo y analizo las variables eléctricas de la planta.

El software ETAP ofrece varias opciones integradas de ingeniería eléctrica, entre las prestaciones que posee se encuentran: Flujo de carga, análisis de cortocircuito, capacidad de cables.

Trabajando en base al modelo de la planta, se creó el diagrama unifilar con dos escenarios, el primero en la situación actual (ANEXO 5) y el segundo en la situación de instalación de Banco de capacitores automático (ANEXO 6).

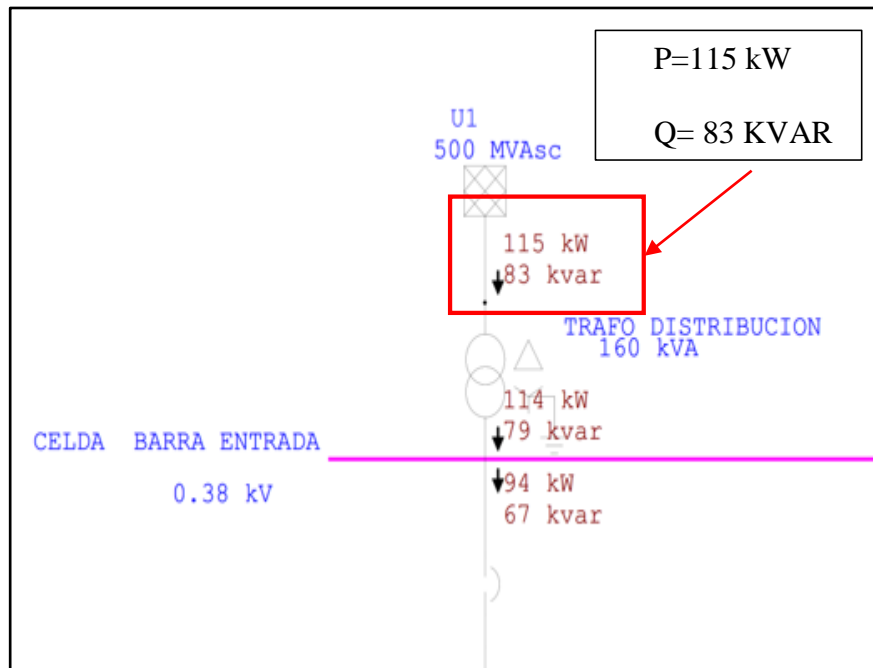
##### **Limitaciones**

La licencia del software ETAP está limitada a 50 barras.

##### **4.4.1 ANÁLISIS EN ETAP ESCENARIO SIN COMPENSACIÓN**

Del Anexo 5, se observa que la Potencia Activa del Transformado es de 115 KW, y la Potencia Reactiva de 83 KVAR (Ver FIGURA 4.7)

FIGURA 4. 7:  
Potencia del Transformador principal sin Compensación Reactiva.



Fuente: Elaboración Propia

Aplicando la fórmula de Potencia Aparente:

$$S \text{ aparente} = \sqrt{P \text{ activa}^2 + Q \text{ reactiva}^2} \tag{4.6}$$

$$S = \sqrt{115^2 + 83^2} \text{ [kVA]} \tag{4.7}$$

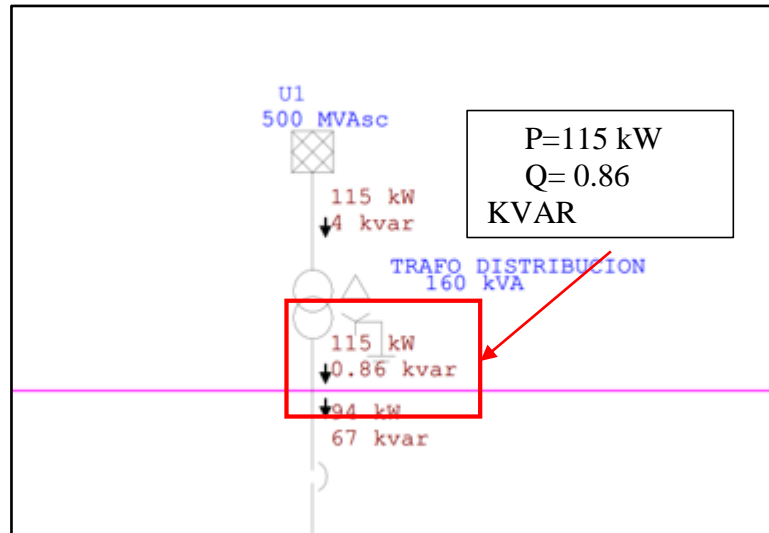
$$S = 141.82 \text{ [kVA]} \tag{4.8}$$

La potencia Aparente del transformador en un escenario sin compensación reactiva es de 141.82 KVAR

#### 4.4.2 ANÁLISIS EN ETAP ESCENARIO CON COMPENSACIÓN REACTIVA

Del Anexo 6, se observa que la Potencia Activa del Transformado en un escenario compensado por un banco de condensadores es de 115 KW, y la Potencia Reactiva se reduce a 0.86 KVAR (Ver FIGURA 4.8)

FIGURA 4. 8:  
Potencia del Transformador principal con Compensación Reactiva.



Fuente: Elaboración Propia

Aplicando la fórmula de Potencia Aparente:

$$S \text{ aparente} = \sqrt{P \text{ activa}^2 + Q \text{ reactiva}^2} \quad (4.9)$$

$$S = \sqrt{115^2 + 0.86^2} \text{ [kVA]} \quad (4.10)$$

$$S = 116 \text{ [kVA]} \quad (4.11)$$

La potencia Aparente del transformador en un escenario con compensación reactiva se reduce a 116 kVA.

#### 4.4.3 ANÁLISIS EN ETAP

La modelación del sistema eléctrico con el software ETAP, demostró que la potencia aparente del transformador se redujo de 142 kVA (Fig. 40) a 116 KVA (Fig. 41), lo que significa una liberación de potencia del 18.3 %.

## 4.5 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL COSTO DE ENERGIA

### ELECTRICA

Para poder analizar si la inversión de una instalación de Banco de capacitores automático, es factible y rentable económicamente se realizará un estudio económico para analizar la rentabilidad del proyecto y saber si este será rentable a lo largo de los años.

Según la TABLA 3.4: Facturación Histórica de la Energía Eléctrica, la empresa CIRMA pagó por concepto de energía reactiva S/ 4063.53 soles el año 2015 y S/ 5 694.97 soles durante el 2016, para poder analizar consideraremos un promedio de facturación de consumo de energía reactiva de S/ 4879 soles, y consideraremos esta cantidad como flujo de caja positivo durante un horizonte de 3 años y una tasa de interés 2.50% (referencial al Banco de la Nación). Consideraremos además un costo de inversión de S/12 004.83 soles (**Ver ANEXO 8: Presupuesto de Instalaciones Eléctricas de Banco de Condensadores 5 pasos 72 KVAR para la empresa AGROINDUSTRIAS CIRNMA S.R.L. Y ANEXO 9: Lista de insumos del Proyecto**) para la instalación y puesta en funcionamiento de los equipos de compensación reactiva.

*TABLA 4. 7:  
Flujo de Caja, VAN, TIR y Recuperación de Inversión*

AÑOS	0	1	2	3	4
Flujo de caja	-S/ 12004.83	S/ 4 879.25	S/ 4 879.25	S/ 4 879.25	S/ 4 879.25
TASA REF (BN)	2.50%				
VAN	6350.78				
TIR	22%				
RECUP. DE INV.	2.34 AÑOS				

*Fuente: Elaboración Propia*

#### **4.5.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS COSTOS DE ENERGIA ELECTRICA**

En la TABLA 4.7, observamos que al  $VAN > 1$ , este indicador demuestra que el proyecto es rentable económicamente y que se recuperará en 2 años y 4 meses aproximadamente.

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES

**Primero.-** Al realizar las mediciones de los parámetros eléctricos de la planta CIRNMA, desarrollados en el capítulo III, de la presente investigación, se llega a la conclusión que tiene una calidad de suministro eléctrico aceptable/satisfactoria dentro de las tolerancias mínimas que son establecidas por la NTCSE- Urbano para los parámetros de Tensión el cual tiene un límite de  $\pm 5\%$  y el  $100\%$  de las medidas tomadas están dentro de este margen; se pudo demostrar que los armónicos de tensión están dentro de las tolerancias establecidas por la norma la cual da una tolerancia de  $\pm 8\%$ ; para el caso de Variaciones Súbitas (VSF) la NTCSE- Urbano da como rango aceptable [ $\pm 1$  Hz] evidenciando que el  $100\%$  de mediciones están dentro de la tolerancia establecida. El déficit encontrado se localizó al analizar la Frecuencia de red para el caso de Variaciones Sostenidas [ $\Delta f_k$  (%)], donde se evidenció que solamente el  $80.9\%$  está dentro de la tolerancia aceptable por la NTCSE- Urbano estando todas las mediciones tomadas dentro del rango del  $\pm 5\%$  que establece esta norma como aceptable  $\pm 0.6\%$  de la Frecuencia Nominal.

**Segundo.-** Durante las mediciones realizadas no se apreció ninguna interrupción de suministro eléctrico, el suministro eléctrico de tensión fue continuo durante toda la medición y dentro de la tolerancia [ $\pm 5\%$ ] establecida por la NTCSE- Urbano, lo cual demuestra un suministro confiable y sin interrupciones por parte del concesionario eléctrico.

**Tercero.-** Al actualizar el diagrama eléctrico unifilar de la planta industrial de procesamiento de alimentos Agroindustrias CIRNMA S.R.L. y modelarlo con software ETAP v.12.6 se logró para simular los parámetros eléctricos. Observando que la Potencia aparente inicial sin compensación es de 142.81 KVA; luego de la simulación con Banco de capacitores automático la Potencia aparente se redujo a 116 KVA, liberando al transformador un total de 18.3 % de potencia Aparente.

**Cuarto.-** La instalación de un Banco de capacitores automático de 5 pasos lograra incrementar un FDP ( $\text{Cos } \phi$ ) óptimo [ $\text{FDP} > 0.98$ ] de un 5.6 % a un 70.8 %, mejorando significativamente la eficiencia de consumo energético de la planta; además se demostró que la inversión para la instalación y puesta en funcionamiento de este equipo compensador se recuperará en tan solo 2 años y 4 meses, demostrando así la factibilidad técnica y económica de esta inversión.

## CAPITULO 6

### RECOMENDACIONES

**Primero.-** Se recomienda analizar los efectos negativos que podría causar la Frecuencia en los equipos eléctricos ya que se demostró que solo el 80.9 % está dentro de la tolerancia aceptable por la NTCSE- Urbano; también al realizar un estudio de calidad de eficiencia y calidad de energía se tiene que considerar el uso de equipos electrónicos en el control de motores eléctricos e iluminación led ya que estos generan armónicos (3th, 5th, 7th).

**Segundo.-** Se recomienda que, al hacer estudios de calidad de suministro de energía eléctrica, se tengan en cuenta el tipo de carga que se tiene presente, es decir si esta es lineal o no lineal, ya que este determinara la presencia de armónicos en la red; para realizar una buena gestión de energía.

**Tercero.-** Se recomienda realizar un estudio de coordinación de protecciones en la Planta industrial debido a que se observó que la Potencia Aparente del transformador se redujo un 18.3% lo cual indica que las corrientes de Corto Circuito tendrán nuevos valores.

**Cuarto.-** Se recomienda que, al instalar un banco de capacitores automático, se tenga en cuenta la presencia de armónicos, si bien es cierto que un banco de capacitores no genera armónicos, este los amplifica y es el primer equipo en ser afectado incluso pudiendo llegar a un estado de resonancia eléctrica.



## REFERENCIAS

- (SCHNEIDER ELECTRIC). (2007). Compensación de Energía Reactiva y Filtrado de Armónicos Baja y Media Tensión. *Catalogo -Tarifa Diciembre 2007*, 176.
- Álvarez, J. C. (2017). *Metodología para la estimación de curva de carga diaria para un circuito de media tensión (13.2 kV) a partir de técnicas inteligentes*.
- Arcila, J. D. (2009). IEB S.A. ARMÓNICOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS Página 1 de 26. *INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A., 1*, 1–26.
- Briano, J. I., Báez, M. J., & Moya, R. (2016). Eficiencia energética en Perú : Identificación de oportunidades, 49.
- Campos Avella, J. C. (Universidad de A. (2014). Calidad de la energia electrica. *Upme-Colciencias*, 22.
- Candia Danz, L., & Olaguivel Quisocala, A. I. (2016). *Diseño y Evaluacion de una Escarificadora para la extraccion de Saponina de la Quinoa - Region Puno*.
- Dammert, A., Molinelli, F., & Carbajal, M. A. (2011). *Fundamentos Técnicos y Económicos del Sector Eléctrico Peruano*.
- Guachamin Cheza, V. P., & Naranjo Andrade, E. G. (2011). Análisis y Estudio de la Calidad de Energia Eléctrica en la Planta Industrial de Quito Imprenta Mariscal, 1–7.
- Jordán Núñez, J. (2015). Estudio de la Evolución de Estados Prefebriles, para su Modelización Mediante Técnicas de Análisis Multivariantes.  
<https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/51222>
- MACHACA VILCA, J. C., & COILA DELGADO, A. A. (2017). *Estudio y Análisis*

*Experimental de la Calidad del Suministro Eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano, Utilizando Un Analizador de Redes - 2016.*

Ministerio de Energía y Minas. (2011). *Guía De Orientación Para La Selección De La Tarifa Eléctrica Para Usuarios En Media Tensión ”.*

Ministerio de Energía y Minas. (2013). *Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (pp. 1–57).*

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. (2002). *Norma Técnica de Operación en Tiempo Real de los Sistemas Interconectados.*

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. (2016). *CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA, 1–8.*

Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad. (2006). *Código Nacional de Electricidad. Utilización (2006th ed.).* Lima: MIEM.

Müller, W. (1980). *Electrotecnia de Potencias Curso Superior - GTZ.*

OSINERGMIN. (2008). *Procedimiento para la Supervisión de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos y su Base Metodológica.*

OSINERGMIN. (2013). *Norma: Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final.*

Portocarrero, F., & Mendoza, W. (2014). *Estudio de Eficiencia Eléctrica para el Ahorro de Energía Eléctrica en la Empresa ANNIC S.A.*

Rios, R. (2014). *Incidencias de Cargas no Lineales en Transformadores de Distribución, 1, 33–51.*

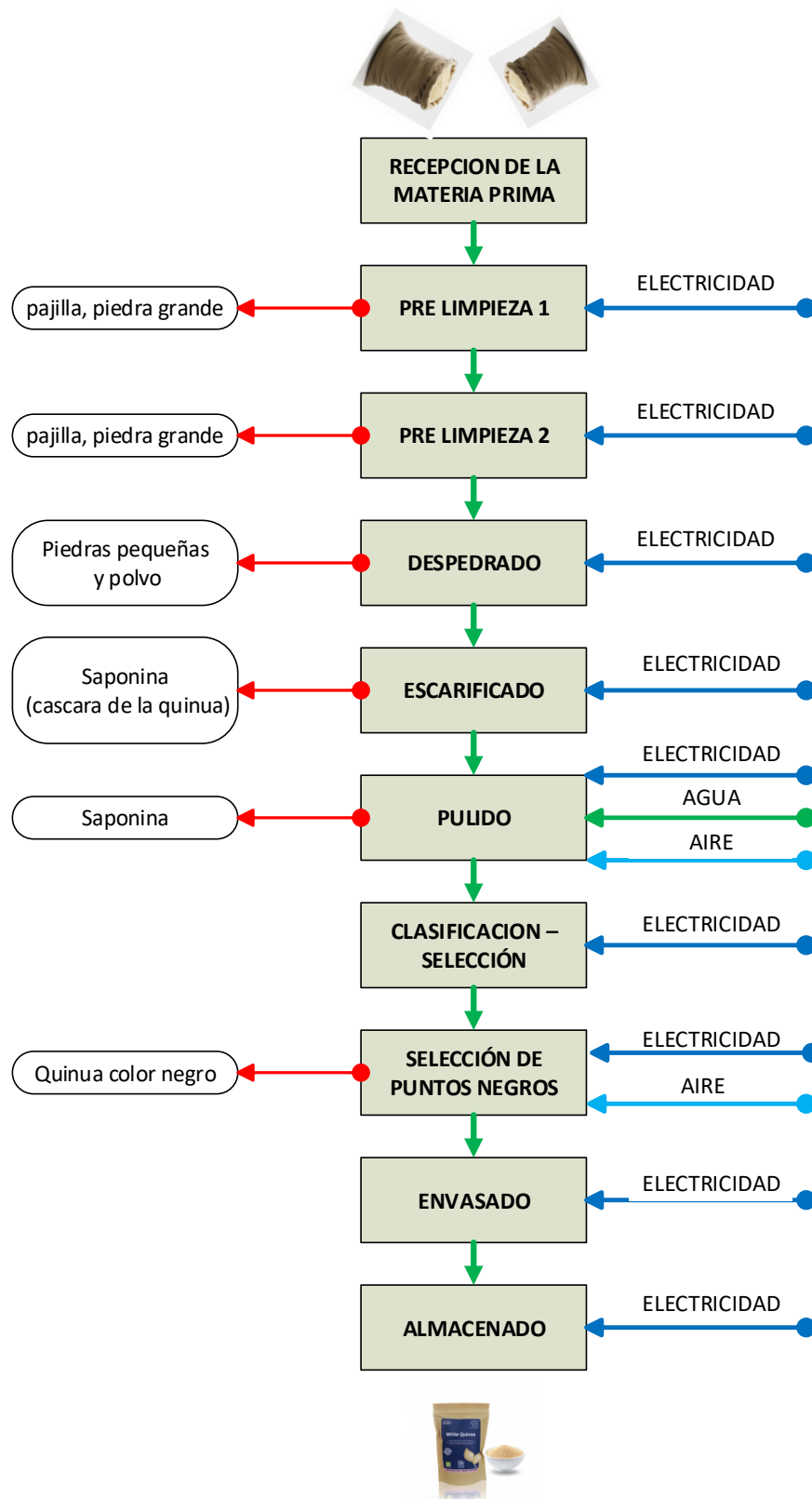
Serra, J. (2009). *Guía Técnica de Eficiencia Energética Eléctrica.* (CIRCUITOR, Ed.).

TECSUP. (2018). *Calidad de Energia* (Primera Ed). LIMA - PERÚ: TECSUP,  
Programa de capacitaciòn continua.

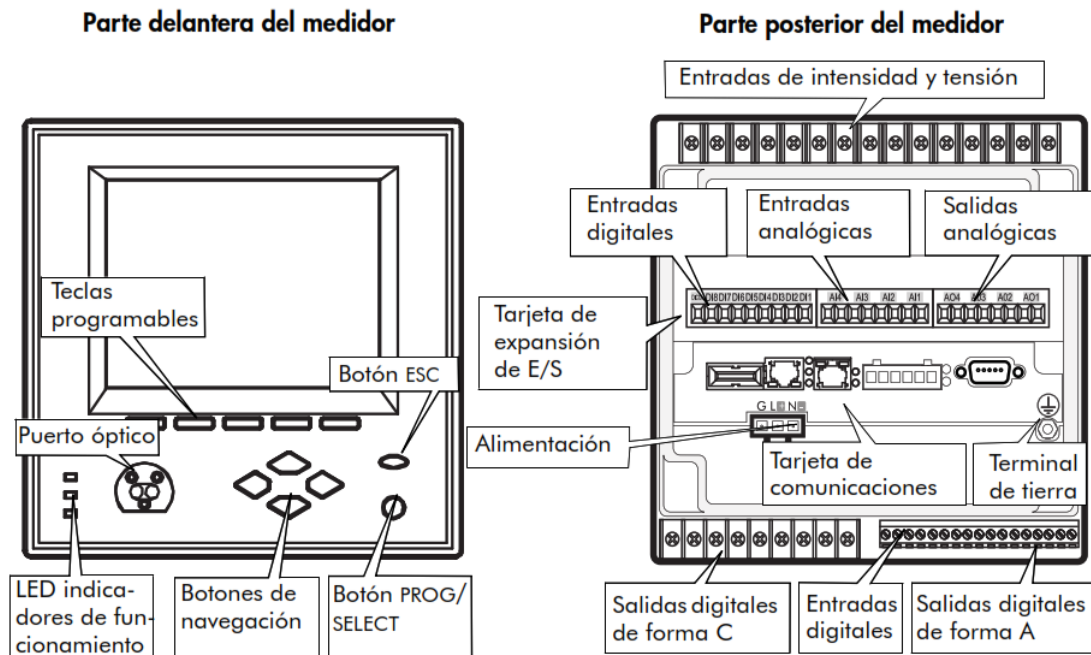
Zapata, Y. (2015). Analisis Electronico de las Soluciones que Existen en Calidad de  
Energia Electrica y Eficiencia Energetica, 1–23.

## ANEXOS

### ANEXO 1: AUDITORIA ENERGETICA DE LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL CIRNMA S.R.L.



## ANEXO 2: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MEDIDOR Y PROGRAMACIÓN



### Funciones de los botones del panel frontal



**PROG/SELECT:** Pulse el botón PROG/SELECT (PROGRAMAR O SELECCIONAR) para entrar en el modo de configuración. En el modo de configuración, pulse el botón PROG/SELECT para aceptar cambios.



**ESC:** Pulse el botón ESC (Escape) para volver a un menú anterior o abandonar un cambio de configuración.



**NAVEGACIÓN:** Pulse los botones de flechas ARRIBA / ABAJO para resaltar elementos de menús o incrementar / disminuir números.

**TECLA PROGRAMABLE:** Pulse un botón de TECLA



PROGRAMABLE para seleccionar el parámetro que desea configurar desde los submenús.

### PASO 1: MONTAJE DEL MEDIDOR

Para el montaje del medidor se tomó cuenta las siguientes especificaciones ambientales:

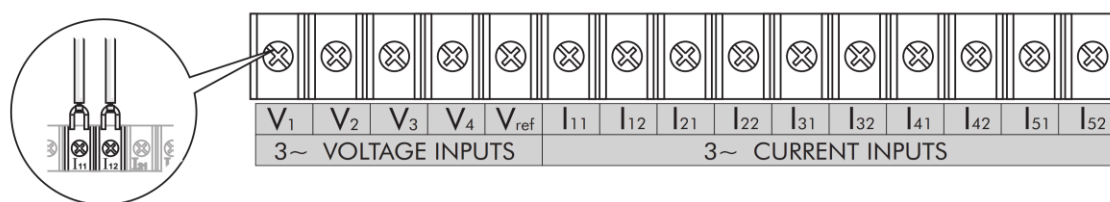
Ubicación de Montaje	Uso en interiores
Nivel de contaminación	2
Intervalo de funcionamiento	-20 a + 70 °C - Fuente de alimentación estándar. -20 a + 50 °C - Fuente de alimentación de CC de baja tensión Sin formación de hielo
Intervalo de funcionamiento de la pantalla	-20 a + 70 °C
Intervalo de almacenamiento	-40 a + 85 °C
Intervalo de humedad relativa	0 a 95% (sin condensación)

Los soportes de las ranuras de la parte posterior del medidor deben estar fijados, sin apretar demasiado.

**PASO 2: CONECTAR EL TERMINAL A TIERRA**

Conecte el terminal a tierra correctamente con un cable de 2.1 mm<sup>2</sup> (14 AWG). Asegurar que el ajuste o apriete perfectamente la tuerca del terminal al cable de tierra. No utilice bisagras metálicas como punto de puesta a tierra.

**PASO 3: CONEXIÓN DE LAS ENTRADAS DE TENSIÓN E INTENSIDAD**



**Entradas de Tensión**

Tipo de conector	Conector de anillo o de anillo deslizante
Sección de cable	3.3 a 2.1 mm <sup>2</sup> (12 a 14 AWG)
Valores nominales de las entradas	347 V L-N RMS / 600 V L-L RMS
Captura de Fallos	1200 V de punta (L-N)
Sobrecarga	1500 VCA RMS continua
Rigidez dieléctrica	2500 VCA RMS a 60 Hz durante 60s
Impedancia de entrada	5 MΩ/fase (fase – Vref)
Categoría de Instalación	III

**Entradas de Intensidad: Entradas de intensidad de clase 20 (Opción de 5 A)**

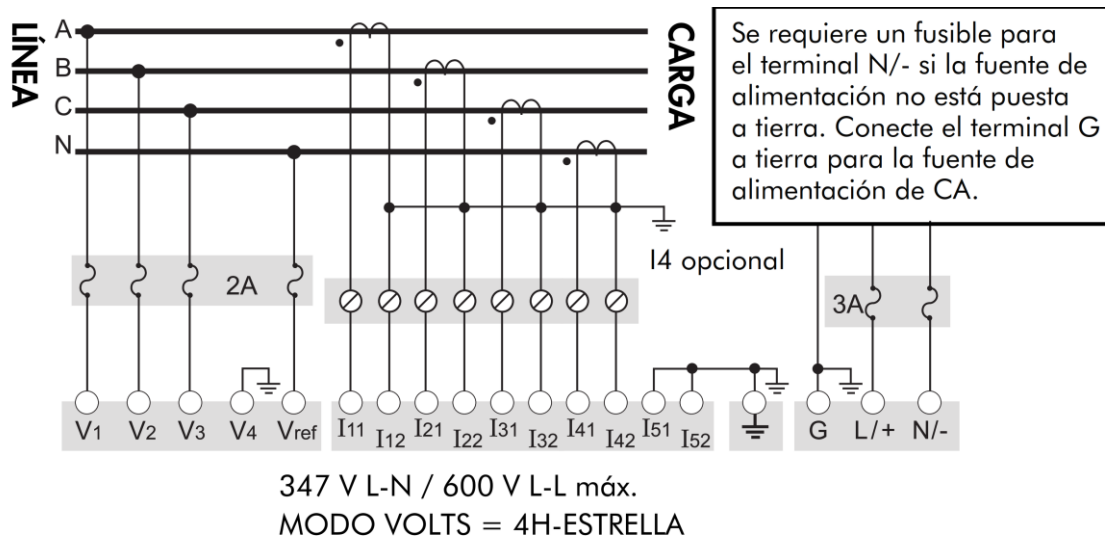
Tipo de conector	Conector de anillo o de anillo deslizante
------------------	---

Sección de cable	5.3 a 3.3 mm <sup>2</sup> (10 a 12 AWG): Utilice 8.4 mm <sup>2</sup> (8AWG) para aplicaciones de 10 – 20 A
Valores nominales de las entradas	5 A, 10 A y/o 20 A RMS
Intensidad de arranque	0.005 A RMS
Captura de fallos	70 A de punta
Tensión máxima	600 V RMS (IEC61010-1 CAT III)
Sobrecarga	500 A RMS durante 1 s, no recurrente
Rigidez dieléctrica	2500 VCA RMS a 60 Hz durante 60s
Carga	0.05 VA por fase (a 5 A)
Impedancia	0.002 $\Omega$ por fase

### DIAGRAMA DE CONEXIÓN

Dada la naturaleza de red en baja tensión donde se muestra un sistema 380/220 V (sistema estrella), es decir existen 3 fases y 1 neutro, se realizó la conexión según indicaciones del fabricante, que corresponde al diagrama de conexión directa, 3 elementos, estrella de 4 hilos.





Nótese que la señal de tensión es conectada directamente al equipo de medición por medio de conductores apantallados, en cambio para la toma de las señales de corriente es necesario el uso de Transformadores de Corriente.

### Transformador de Corriente (TC)

Conformado por un devanado secundario y algunas veces primario. Si hay devanado de primario, el número de vueltas es pequeño. En la mayoría de los casos, el primario solo es una vuelta o un simple conductor conectado en serie a la carga cuya corriente se va a medir. El devanado secundario tiene un numero grande de vueltas y se conecta al medidor. A menudo el devanado primario es un solo conductor en forma de una barra gruesa de cobre o latón insertada en el núcleo del transformador. A este TC se conoce como tipo barra. El devanado secundario del TC se diseña para que dé una corriente 5 A.

### Transformador de Corriente de Núcleo Partido Para Medida

Los transformadores de núcleo abierto permiten la medida de intensidad de corriente sin necesidad de cortar el suministro. Es decir, no es necesario desmontar la instalación para colocarlos.

Para la medición de la intensidad de corrientes se utilizó este tipo de TC, ya que se instaló el instrumento sin cortar el suministro eléctrico de la planta.

Las características técnicas de los TC fueron:

<b>Transformador de Corriente</b>	
Relación de Transformación	500/5
Tensión de Aislamiento	3 Kv C.A.
Corriente Térmica de Cortocircuito, $I_{th}$	60 $I_n$
Temperatura de Trabajo	-5 a 40 °C
Código / Modelo	M70124 / TP-58

### **Cuidados al Instalar un Transformador de Corriente**

El devanado secundario de un TC SIEMPRE DEBE ESTAR EN CORTOCIRCUITO. Un TC NUNCA DEBE TENER EL SECUNDARIO ABIERTO MIENTRAS EL PRIMARIO CONDUZCA CORRIENTE. Si se instala un TC directamente al circuito de carga, con el devanado secundario en circuito abierto, el voltaje desarrollado a través de sus terminales abiertas puede ser muy alto (en razón de los voltajes) y es muy probable que el aislamiento se perfora entre los devanados secundarios.; se debe conservar siempre cerrado a través del medidor, o simplemente en cortocircuito. Una falla en alguna de estas precauciones puede causar un daño serio al equipo o al personal de Instalación.

**PASO 4: CONEXIÓN DE ALIMENTACION ELECTRICA AL EQUIPO DE MEDICION**

	<b>Especificación</b>	<b>Fuente de alimentación estándar</b>	<b>CC de baja tensión</b>
	Tipo	Conector de conexión por resorte	
	Cable	3,3 -2.1 mm <sup>2</sup> (12 – 14 AWG)	2.1 -0.8 mm <sup>2</sup> (14 – 18 AWG)
	Valores nominales de las entradas	85-240 VCA ± 10% (47-63 Hz) o 110-300 VCC ± 10%	20-60 VCC ± 10%
	Categoría de instalación	II	II
	Rigidez dieléctrica	2500 VCA RMS a 60 Hz durante 60 s	
	Carga	35 VA máx. (15 VA normal) 15 W máx.	18 W máx. (12 W normal)
	Trabajo	100 ms (6 ciclos a 60 Hz) min.	Ninguna

**PASO 5: APLICAR TENSION AL MEDIDOR**

1. Verificar que el cable de tierra este perfectamente conectado en ambos extremos.
2. Verificar que la tensión de alimentación está dentro del intervalo admisible.

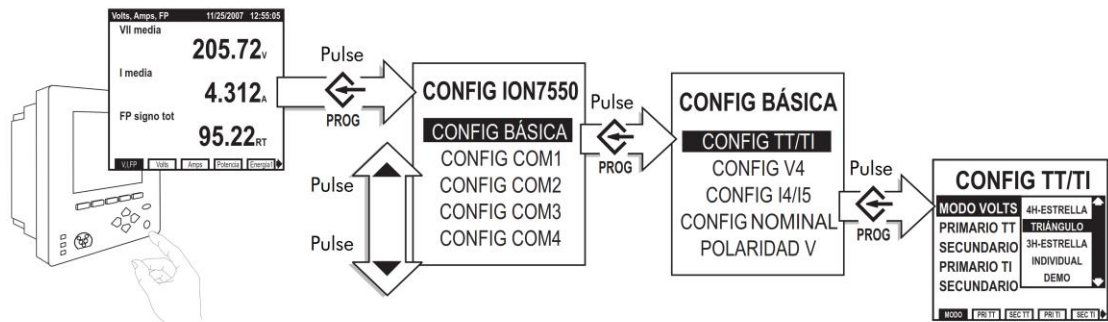
3. Encender el medidor.

### **PASO 6: CONFIGURAR EL MEDIDOR CON EL PANEL FRONTAL**

Para la configuración del medidor a través del panel frontal, están disponibles las pantallas de configuración siguiente:

- **CONFIG BASICA**
- **CONFIG COM1**
- **CONFIG COM2**
- **CONFIG COM3**
- **CONFIG COM4**
- **CONFIG RED**
- **CONFIG CE**
- **CONFIG FORMATO**
- **CONFIG PANTALLA**
- **CONFIG TIEMPO**
- **CONFIG SEGURIDAD**
- **REESTABL MEDIDOR**

Utilizar los botones PROG/SELECT, ESC, las teclas programables y los botones de flecha para configurar los parámetros. El ejemplo siguiente muestra la configuración del Modo Volts utilizando el panel frontal del medidor.



Pulse PROG/SELECT para pasar al modo de configuración desde el modo de presentación.

Utilice los botones de flechas para desplazarse por la lista subiendo y bajando. Pulse PROG/SELECT para seleccionar Config Básica.

Utilice los botones de flechas para desplazarse por la lista subiendo y bajando. Pulse PROG/SELECT para seleccionar Config TT/TI.

Pulse la tecla programable Mode. Utilice los botones de flechas para desplazarse por la lista subiendo y bajando. Pulse PROG/SELECT para seleccionar Triángulo.

### Ajustes del menú Configuración del panel frontal

La tabla siguiente muestra todos los valores que es posible configurar a través

Menú	Valor	Descripción	Intervalo (valores)	Predeterminado	Valor Configurado
<b>CONFIGURACION BASICA</b>	MODO VOLTS	La configuración del sistema de alimentación: ESTRELLA, TRIÁNGULO, etc.	4H-ESTRELLA, TRIÁNGULO, 3H-ESTRELLA, MONOFÁSICO, DEMO	4H-ESTRELLA	4H-ESTRELLA
	PRIMARIO TT	La tensión nominal del devanado primario del transformador de tensión	1 a 999.999,99	120,00	380,00
	SECUNDARIO TT	La tensión nominal del devanado secundario del transformador de tensión	1 a 999.999,99	120,00	380,00
	PRIMARIO TI	La tensión nominal del devanado primario del transformador de intensidad	1 a 999.999,99	5,00	5,00
	SECUNDARIO TI	La tensión nominal del devanado secundario del transformador de intensidad	1 a 999.999,99	5,00	5,00
	PRIMARIO V4	La tensión nominal del devanado primario del transformador de tensión en V4	1 a 999.999,99	120,00	0

	SECUNDARIO V4	La tensión nominal del devanado secundario del transformador de tensión en V4	1 a 999.999,99	120,00	0
	PRIMARIO I4	La tensión nominal del devanado primario del transformador de intensidad en I4	1 a 999.999,99	5,00	5,00
	SECUNDARIO I4	La tensión nominal del devanado secundario del transformador de intensidad en I4	1 a 999.999,99	5,00	5,00
	PRIMARIO I5	La tensión nominal del devanado primario del transformador de intensidad en I5	1 a 999.999,99	5,00	5,00
	SECUNDARIO I5	La tensión nominal del devanado secundario del transformador de intensidad en I5	1 a 999.999,99	5,00	5,00
	V NOMINAL	La tensión nominal de V1, V2 y V3 usada en los cálculos de armónicos	1,000 a 999.999,000	120,00	380,00
	V4 NOMINAL	La tensión nominal de V4 usada en los cálculos de armónicos	1,000 a 999.999,000	120,00	0
	POLARIDAD Va	La polaridad del transformador de tensión en Va	Normal o Invertido	Normal	Normal
	POLARIDAD Vb	La polaridad del transformador de tensión en Vb	Normal o Invertido	Normal	Normal
	POLARIDAD Vc	La polaridad del transformador de tensión en Vc	Normal o Invertido	Normal	Normal
	POLARIDAD V4	La polaridad del transformador de tensión en V4	Normal o Invertido	Normal	Normal
	POLARIDAD Ia	La polaridad del transformador de intensidad en Ia	Normal o Invertido	Normal	Normal

Menú	Valor	Descripción	Intervalo (valores)	Predeterminado	Valor Configurado
<b>CONFIGURACION BASICA</b>	POLARIDAD Ib	La polaridad del transformador de intensidad en Ib	Normal o Invertido	Normal	Normal
	POLARIDAD Ic	La polaridad del transformador de intensidad en Ic	Normal o Invertido	Normal	Normal

	POLARIDAD I4	La polaridad del transformador de intensidad en I4	Normal o Invertido	Normal	Normal
	POLARIDAD I5	La polaridad del transformador de intensidad en I5	Normal o Invertido	Normal	Normal
	SONDA AMPER	El tipo de sondas amperimétricas que se utilizan con el medidor	Config Fab, Definido p Usuario 1, Definido p Usuario 2	Config Fab	Definido p Usuario 1
<b>CONFIG COM1</b>	PROTOCOLO	El protocolo de comunicaciones	ION, Modbus RTU, Modbus Master, DNP V3.00, GPS:Truetime/Datum, GPS:Arbiter, GPS:Arbiter-Vorne, Fábrica, EtherGate, ModemGate	ION	ION
	VEL. BAUDIOS	La velocidad de los datos en bits por segundo	300i, 1.200, 2.400, 4.800, 9.600, 19.200, 38.400, 57.600, 115.200	19.200	19.200
	RETARDO TRANS	El retardo de transmisión en segundos	0 a 1	0,010	0,010
	ID UNID	Todos los medidores de una red RS-485 deben tener un número de ID de unidad único	1 a 9.999	Del número de serie2	Del número de serie2
	PUERTO SERIE	Paridad y bits de parada del puerto	8N1, 8N2, 8E1, 8E2, 8O1, 8O2	8N1	8N1
	MODO	Modo de hardware para el puerto	RS232 o RS485	RS232	RS232
	CONTROL FLUJO	Especifica el modo de protocolo de enlace cuando COM1 está configurado como RS232	RTS + RETARDO o RTS/CTS	RTS + RETARDO	RTS + RETARDO
	POLARIDAD RS485	Activa la polarización al usar como maestro el bus RS-485	CON o DES	DES	DES
	<b>CONF JG</b>	PROTOCOLO	El protocolo de comunicaciones	Consulte el protocolo de COM1	ION

VEL. BAUDIOS	La velocidad de los datos en bits por segundo	3001, 1.200, 2.400, 4.800, 9.600, 19.200, 38.400, 57.600, 115.200	19.200	19.200
RETARDO TRANS	El retardo de transmisión en segundos	0 a 1	0,010	0,010
ID UNID	Todos los medidores de una red RS-485 deben tener un número de ID de unidad único	1 a 9.999	101	101
PUERTO SERIE	Paridad y bits de parada del puerto	8N1, 8N2, 8E1, 8E2, 8O1, 8O2	8N1	8N1
POLARIDAD RS485	Activa la polarización al usar como maestro el bus RS-485	CON o DES	DES	DES

Menú	Valor	Descripción	Intervalo (valores)	Predeterminado	Valor Configurado
<b>CONFIG COM3</b>	PROTOCOLO	El protocolo de comunicaciones	ION, Modbus RTU, Modbus Master, DNP V3.00, GPS:Truetime/Datum, GPS:Arbiter, GPS:Arbiter-Vorne, Fábrica	ION	ION
	VEL. BAUDIOS	La velocidad de los datos en bits por segundo	3001, 1.200, 2.400, 4.800, 9.600, 19.200, 38.400, 57.600, 115.200	19.200	19.200
	RETARDO TRANS	El retardo de transmisión en segundos	0 a 1	0,010	0,010
	ID UNID	Todos los medidores de una red RS-485 deben tener un número de ID de unidad único	1 a 9.999	102	102
	LLAMDS HR RESPU	El número de llamadas durante las horas de respuesta definidas	0 a 255	1	1



	LLAMADS HR NO RESPU	El número de llamadas durante las horas de no respuesta definidas	0 a 255	5	5
<b>CONFIG COM4</b>	PROTOCOLO	El protocolo de comunicaciones	ION, Modbus RTU, DNP V3.00, Fábrica	ION	ION
	VEL. BAUDIOS	La velocidad de los datos en bits por segundo	1.200, 2.400, 4.800, 9.600, 19.200	9.6	9.6
	RETARDO TRANS	El retardo de transmisión en segundos	0 a 1	0,010	0,010
	ID UNID	Todos los medidores de una red RS-485 deben tener un número de ID de unidad único	1 a 9.999	103	103
	PUERTO SERIE	Paridad y bits de parada del puerto	8N1, 8N2, 8E1, 8E2, 8O1, 8O2	8N1	8N1
<b>CONFIG RED</b>	DIRECCIÓN IP	Define la dirección IP para el medidor	000.000.000.000 a 999.999.999.999	varías	varías
	MÁSCAR SUBRED	Se utiliza si la conexión de subred es aplicable a la red	000.000.000.000 a 999.999.999.999	255.240.0.0	255.240.0.0
	PASARELA	Se utilizan en configuraciones con varias redes	000.000.000.000 a 999.999.999.999	0.0.0.0	0.0.0.0
	DNS PRIMARIO	Establece la dirección del servidor de DNS primario que está configurado para resolver los nombres de dominio	000.000.000.000 a 999.999.999.999	ninguna	ninguna
	DNS SECUNDARIO	Establece la dirección del servidor de DNS secundario que está configurado para resolver los nombres de dominio	000.000.000.000 a 999.999.999.999	ninguna	ninguna
	CONFIG 10/100BT	Establece la máxima velocidad de enlace y la	Auto, Bid No Simul 10BT, Bidirec simul 10BT, Bid	Auto	Auto

		bidireccionalidad de la red BASE-T Ethernet	No Simul 100BTX, Bidirec simul 100BTX		
	CONFIG 100BFX	Establece la bidireccionalidad de la fibra de la red Ethernet	Bidirec simultánea o Bidirec no simultánea	Bidirec simultánea	Bidirec simultánea
	SERVIDOR SNMP	Determina si hay un protocolo SNMP habilitado o no en la central de medida	Habilitado o Deshabilitado	Deshabilitado	Deshabilitado

Menú	Valor	Descripción	Intervalo (valores)	Predeterminado	Valor Configurado
<b>CONFIG CE</b>	LÍMITE SUBIDA	Especifica la magnitud que debe superar una entrada para que se registre una subida	100 a 1000	106	106
	LÍMITE BAJADA	Especifica la magnitud a la que debe caer una entrada para que se registre una bajada	0 a 100	88	88
	CRITERIOS CAMB	Especifica la cantidad en la que debe variar una entrada durante una perturbación para que se considere una subperturbación nueva	0 a 100	10	10
	TENSIÓN NOMINAL <sup>4</sup>	Especifica la tensión nominal del sistema de alimentación	0 a 1.000.000	0	220
	PRIORID EVENTO	Asigna un nivel de prioridad a los eventos de subida y bajada	0 a 255	200	200
<b>CONF JG</b>	GRUPO DIGITAL	Especifica los símbolos utilizados para delimitar los miles	1000.0 o 1,000.0 o 1000,0	1000.0	1000.0

		y el separador de decimales			
	DECIMALES TENS	Número de cifras decimales que se muestran para tensiones	1, a 123456789,XXX	1,XX	1,XX
	DECIMALES INT	Número de cifras decimales que se muestran para intensidades	1, a 123456789,XXX	1,XXX	1,XXX
	DECIMALES POT	Número de cifras decimales que se muestran para mediciones de potencia	1, a 123456789,XXX	1,XXX	1,XXX
	SÍMBOLOS MED	Especifica la convención usada para mostrar las mediciones	IEEE o IEC	IEEE	IEEE
	ETIQUETA FASE	Especifica cómo se etiquetan las fases	ABC, RST, XYZ, RYB, RWB, 123	ABC	ABC
	SIGNO FP	Especifica la convención de signos usada para el factor de potencia	IEEE o IEC	IEEE	IEEE
	SÍMBOLO FP	Establece la manera en que se etiqueta el factor de potencia (AVAN = avance/RETR = retardo)	AVAN/RETR, +/-, CAP/IND	AVAN/RETR	AVAN/RETR
	FORMATO FECHA	Especifica cómo se muestran las fechas	MM/DD/AAAA, DD/MM/ AAAA, AAAA/MM/DD	MM/DD/AAAA	MM/DD/AAAA
	FORMATO TIEMPO	Especifica si la hora se muestra en formato de reloj de 12 o de 24 horas	12 H o 24 H	24 H	24 H

	VISUAL HOR VER	Especifica si se visualiza el horario de verano o no	Sí o No	Sí	Sí
<b>CONFIG PANTALLA</b>	VELOC ACTUA-LIZ	Determina cuándo se actualiza la pantalla	1 a 6 (segundos)	1	1
	CONTRASTE	Los números más altos corresponden a mayor nitidez	0 a 9	7	7
	VECTORES TRIÁN	Especifica como se muestran los diagramas vectoriales cuando se está en modo Triángulo	Sistema o Instrumento	Sistema	Sistema
	IDIOMA	Especifica el idioma del panel frontal de la central de medida	English (Inglés), Español, Français (Francés), Russian (Ruso)	English	Español

Menú	Valor	Descripción	Intervalo (valores)	Predeterminado	Valor Configurado
<b>CONFIG TIEMPO</b>	DIFER ZH	Configura la zona horaria para la ubicación del medidor en relación con la UTC	-12:00 a +13:00	+00:00	+00:00
	DIF H VER	Establece la desviación del horario de verano para la ubicación del medidor	-3:00 a +3:00	+00:00	+00:00
	FUENTE SINC	Configura el puerto para que reciba señales de sincronización horaria	Ethernet, COM1, COM2, COM3, COM4	COM1	COM1
	TIPO SINC	Especifica si las señales de sincronización horaria se reciben según la hora local o la UTC	Hora local o UTC	UTC	UTC

	FUENTE RELOJ	Especifica el origen de la sincronización horaria	Interno, Frec red o COM	Frec red	Frec red
	FECHA LOCAL	Establece la fecha local	Igual que el parámetro Formato Fecha		
	HORA LOCAL	Establece la hora local			
<b>CONFIG SEGURIDAD</b>	CONTRASEÑA	Establece la contraseña del medidor	00000000 a 99999999	0	0
	HABILITADO	Habilita o deshabilita la seguridad del medidor	Sí o No	No	No
	CONFIG WEB	Habilita o deshabilita la configuración del explorador web del medidor	Habilitado o Deshabilitado	Habilitado	Habilitado
	WEB ACTIVA	Habilita o deshabilita el servidor web interno del medidor	Sí o No	Sí	Sí

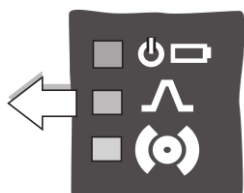
### PASO 7. Verificar Funcionamiento del Medidor

Los indicadores LED del panel frontal indican lo siguiente:

El indicador LED superior (verde) indica que el medidor está operativo. Cuando el medidor está en servicio, la luz debe estar siempre encendida.

El indicador LED medio (rojo) es un generador de impulsos de vatios-hora. Durante el funcionamiento normal, este indicador LED debería parpadear intermitentemente según el medidor mide la energía.

Impulsos  
vatios-hora



El indicador LED inferior (rojo) es programable por el usuario. Se puede utilizar para la notificación de alarmas. Consulte el Manual del usuario de ION7550 / ION7650 para obtener información adicional.

### PASO 8. Examine los datos del Medidor

Tecla programable	Contenido
V,I,FP	Voltios, Amperios, Factor de potencia
Volts	Voltios
Amps	Amperios
Potencia	Potencia total
Energía1	Energía suministrada
Demanda1	Demanda suministrada
DmndPta1	Demanda de punta suministrada
Gráf V, Gráf I, Gráf P	Gráficos de barras de tensión, intensidad y potencia
Resumen1, Resumen2	Resumen de voltios y amperios, Resumen de energía
Ents D	Entradas digitales
ED-E/S	E/S digitales en la tarjeta de expansión de E/S
Salids D	Salidas digitales
E/S anlg	Salidas y entradas analógicas

Fasores	Fasores
PlacaDat	Información de la placa de datos
Eventos	Eventos
Umbral	Estado de umbral
Energía2	Energía recibida
Demanda2	Demanda recibida
DmndPta2	Demanda de punta recibida
DAT	Distorsión armónica total de voltios y amperios
Arm V1, Arm V2...	Armónicos de V1, V2, V3, V4
Arm I1, Arm I2...	Armónicos de I1, I2, I3, I4, I5
TDU	Tarifa / Temporada de TDU activo
TDU Ener	Energía suministrada de TDU
TDU Dem1 y TDU Dem2	Demanda punta 1 y 2 de TDU
*CE Frec	Calidad de energía – Frecuencia de alimentación
*CE Vmag1	Calidad de energía – Tensión de alimentación 1
*CE Vmag2	Calidad de energía – Tensión de alimentación 2
*CE Flk1	Calidad de energía – Fluctuación 1
*CE Flk2	Calidad de energía – Fluctuación 2

*CE PertV	Calidad de energía – Perturbación de tensión
*CE DesV	Calidad de energía – Desequilibrio de tensión
*CE Arm1V	Calidad de energía – Tensión armónica 1
*CE Arm2V	Calidad de energía – Tensión armónica 2
Tenden V, Tenden I, Tenden P	Tendencias de tensión, intensidad y energía



**ANEXO 3:  
CALCULO DE LA POTENCIA A COMPENSAR - TABLA DE ELECCIÓN**

$$Q_c = P(tang\varphi_{inicial} - tang\varphi_{final})$$

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

### ANEXO 3-a: CALCULO DE LA POTENCIA A COMPENSAR – METODOS DE TRIANGULOS DE POTENCIA

Según La tabla 4.3, la Potencia activa inicial es de 91.338 kW y un FDP inicial promedio de 0.7095:

$$fdp_{inicial} = 0.7095 \cong 0.71Q = P \max * 0.789$$

$$fdp_{inicial} = \cos \theta_{inicial} = 0.71$$

$$\theta_{inicial} = \cos^{-1} 0.71 = 44.765^\circ$$

Por lo tanto, la Potencia Reactiva inicial será:

$$Q_{inicial} = P_{inicial} * \tan \theta_{inicial}$$

$$Q_{inicial} = 91.338 * \tan 44.765^\circ$$

$$Q_{inicial} = 90.592 \text{ KVAR}$$

Desenamos obtener un fdp igual a 0.98

$$fdp_{deseado} = \cos \theta_{deseado} = 0.98$$

$$\theta_{deseado} = \cos^{-1} 0.98 = 11.4783^\circ$$

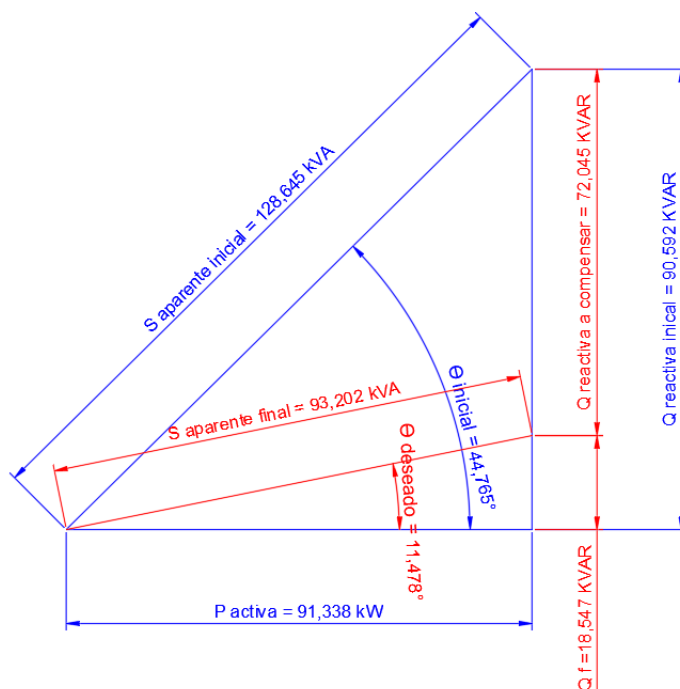
Con lo cual obtenemos una Potencia Reactiva Final de:

$$Q_{final} = P_{inicial} * \tan \theta_{deseado}$$

$$Q_{final} = 91.338 * \tan 11.478^\circ$$

$$Q_{final} = 18.547 \text{ KVAR}$$

Y así, obtenemos gráficamente:



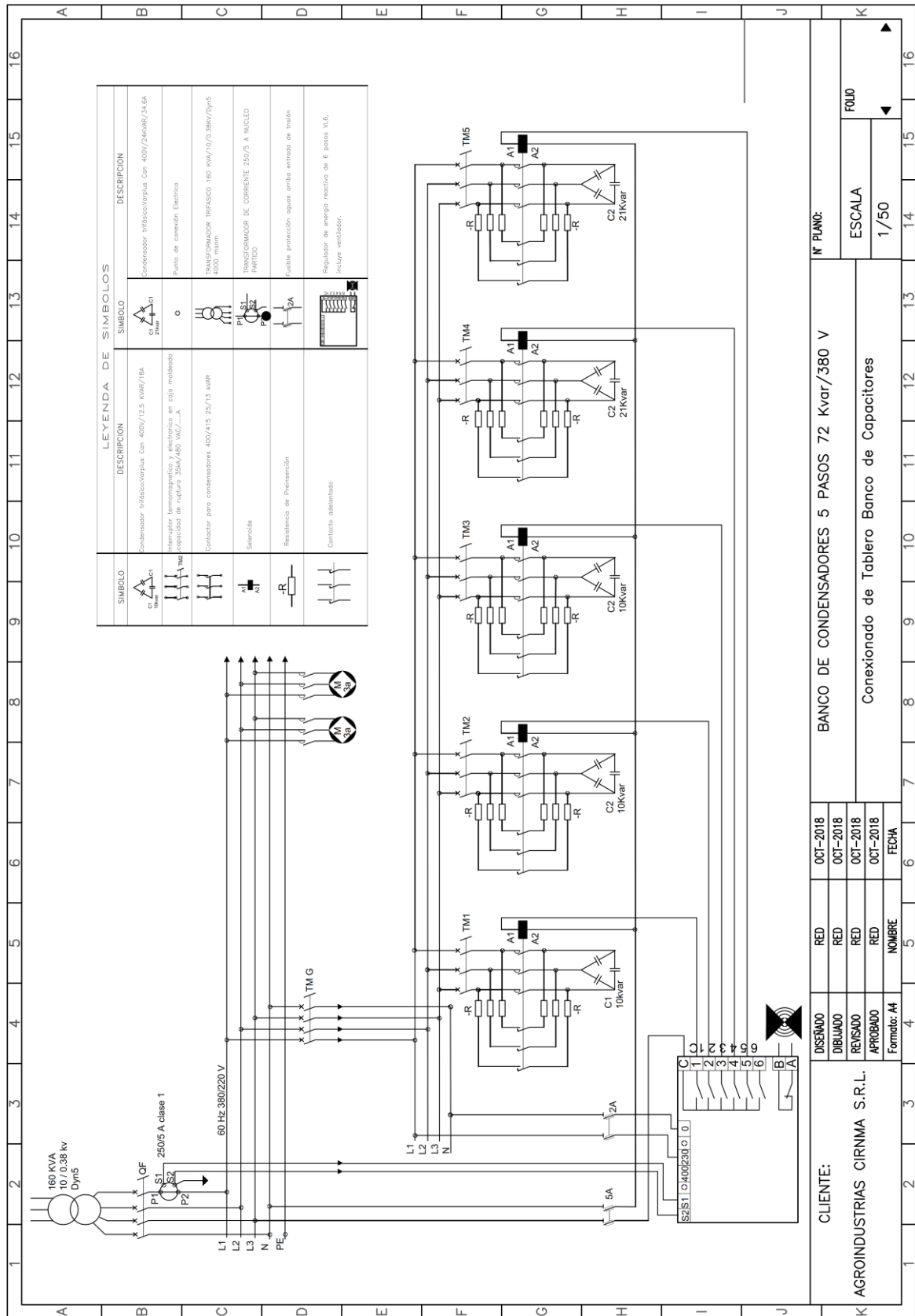
La potencia reactiva a compensar será la diferencia entre la Potencia reactiva inicial y la Potencia reactiva final

$$Q \text{ a compensar} = Q \text{ inicial} - Q \text{ final}$$

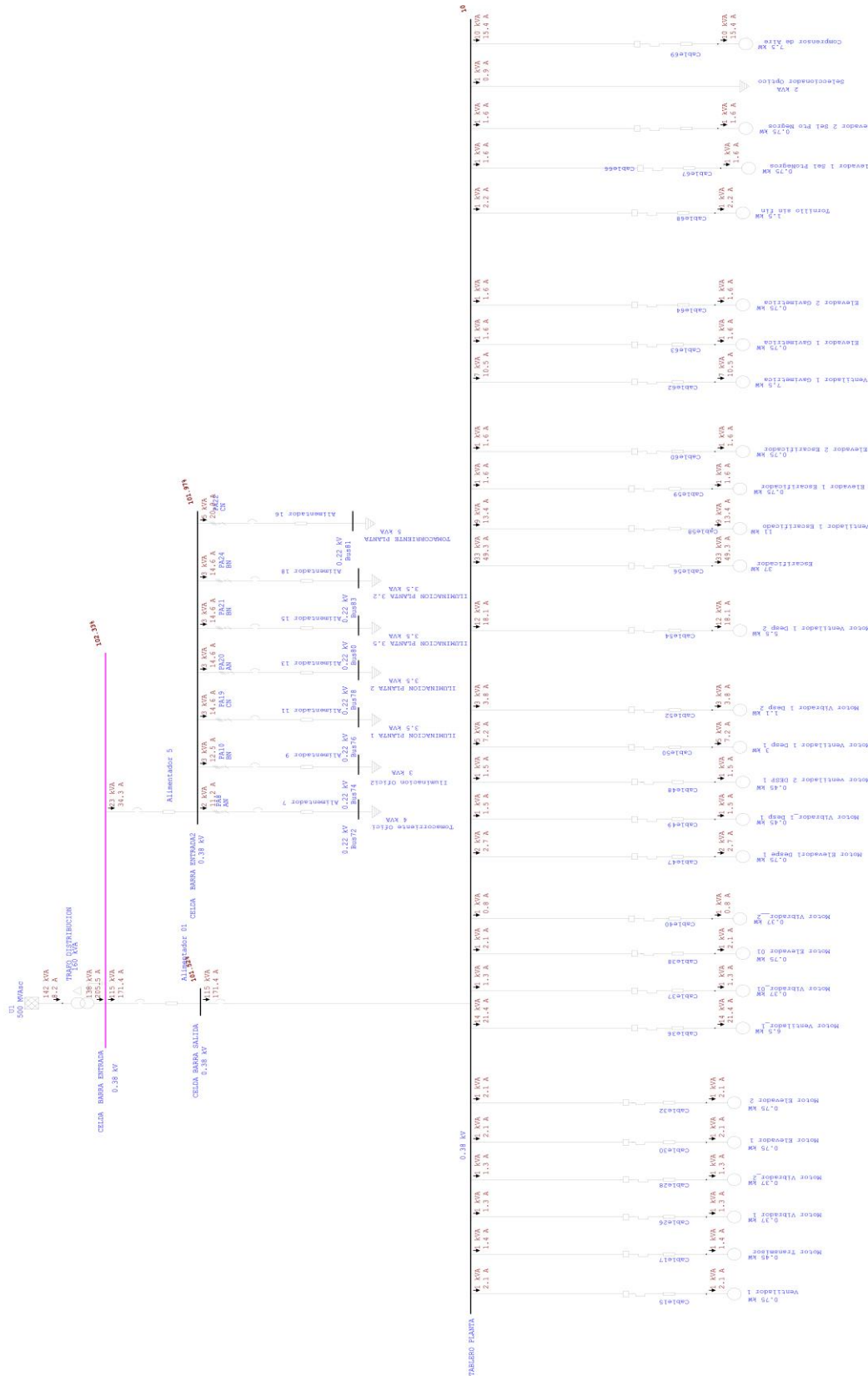
$$Q \text{ a compensar} = 90.592 \text{ KVAR} - 18.547 \text{ KVAR}$$

$$Q \text{ a compensar} = 72.045 \text{ KVAR}$$

**ANEXO 4:  
DIAGRAMA BANCO DE CAPACITORES AUTOMATICO 72 KVAR**



### ANEXO 5: MODELAMIENTO DEL SISTEMA ELECTRICO ACTUAL SIN COMPENSACION REACTIVA CON SOFTWARE ETAP 12.6.0







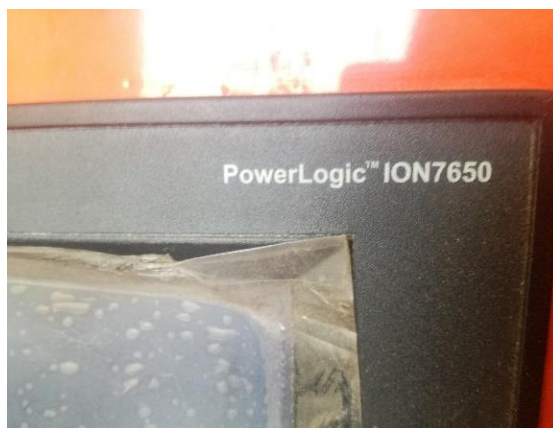




**ANEXO 7:  
PANEL FOTOGRAFICO**



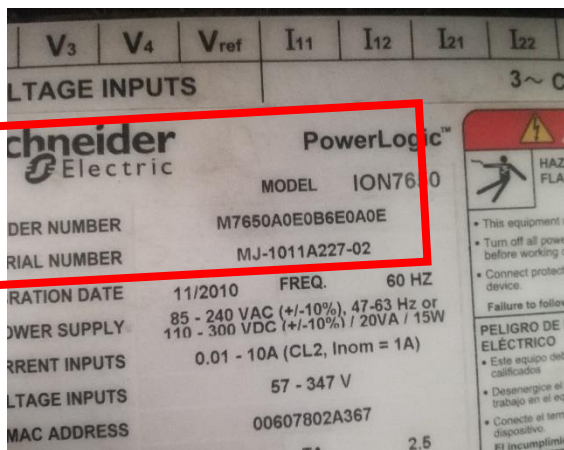
*FOTO 01.- Medidor ION 7650  
Marca Schneider Electric (Panel Frontal)*



*FOTO 02.- Medidor de energía y de calidad de energía PowerLogic ION 7650*



*FOTO 03.- Panel Posterior ION 7650 (Configuración eléctrica de Medidor)*



*FOTO 04.- Placa de Datos de Medidor de energía y de calidad de energía PowerLogic ION 7650 (Serial Number : MJ-1011A22/-02)*



FOTO 05.- Caja de Transformador de Corriente CIRCUTOR modelo TP-58 500/5A, Serie N° 8171402234



FOTO 06.- Transformador de Corriente CIRCUTOR modelo TP-58 500/5A.



FOTO 07.- Placa de Datos de Transformador de Corriente CIRCUTOR (Relación de Transformación de 500/5; 60 Hz)



FOTO 08.- Transformadores de Corriente CIRCUTOR.



FOTO 09.- AGROINDUSTRIA CIRMA (Planta Industrial de Procesamiento de Quinua)



FOTO 10.- Transformador Eléctrico Principal de Planta Industrial de Procesamiento de Quinua CIRNMA



FOTO 11.- Placa de Datos de Transformador Eléctrico (Potencia Aparente = 160 KVA, Ucc = 3.5 %, ONAN refrigeración natural, Configuración Dyn5)



*FOTO 12.- Instalación y montaje de Medidor de energía y de calidad de energía PowerLogic ION 7650 en celdas*



*FOTO 13.- Instalación y montaje de Transformadores de Corriente*



*FOTO 14.- Transformadores de Corriente CIRCUTOR modelo TP-58 500/5 instalados aguas abajo del transformador (Entre Transformador y carga industrial)*

**ANEXO 8:  
PRESUPUESTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BANCO DE  
CONDENSADORES 5 PASOS 72 KVAR PARA LA EMPRESA  
AGROINDUSTRIAS CIRNMA S.R.L.**



BACH. RIVEROS ARCAAYA SCHADDAI EMANUEL

"ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGETICA Y CALIDAD  
DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LA PLANTA  
INDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS AGROINDUSTRIAS  
CIRNMA S.R.L. EN LA REGIÓN PUNO"



NAPOLO  
ENGINEERING & CONSTRUCTION

**PRESUPUESTO DE OBRA**

PROYECTO : Instalaciones Eléctricas de Banco de Condensadores 5 pasos 72 KVAR  
PROPIETARIO : AGROINDUSTRIAS CIRNMA S.R.L.  
UBICACION : DPTO:PUNO PROV:PUNO DIST:PUNO LOC:Parque Industrial  
FECHA PROYECTO : 30/10/2018

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
1.0	<b>SUMINISTRO DE MATERIALES</b>					<b>8 493.83</b>
1.1	Suministro de Contactor Para Condensadores 400/415 V 13 KVAR, Incluye Resistencias de Preinsercion	und	3.00	256.47	769.41	
1.2	Suministro de Contactor Para Condensadores 400/415 V 25 KVAR, Incluye Resistencias de Preinsercion	und	2.00	435.69	871.38	
1.3	Suministro de Regulador de energía reactiva VL6 de 6 pasos, comunicación Modbus doble cos phi, mide energía activa y reactiva , 19th armónicos	und	1.00	1 752.18	1 752.18	
1.4	Suministro de Condensadores trifásicos Varplus Can 400V/12.5 KVAR/18A	und	3.00	290.00	870.00	
1.5	Suministro de Condensadores trifásicos Varplus Can 400V/24 KVAR/18A	und	2.00	475.00	950.00	
1.6	Suministro de Transformador de corriente 250/5 A Clase 1	und	1.00	104.16	104.16	
1.7	Suministro de Interruptor Termomagnético y Eléctricos en Caja Moldeada, Capacidad de ruptura 35 kA/480 VAC/50A	und	2.00	504.85	1 009.70	
1.8	Suministro de Interruptor Termomagnético y Eléctrico en Caja Moldeada, Capacidad de ruptura 35 kA/480 VAC/20A	und	3.00	504.85	1 514.55	
1.9	Suministro de Interruptor Termomagnético y Eléctrico en Caja Moldeada, Capacidad de ruptura 35 kA/480 VAC/150A	und	1.00	532.45	532.45	
1.10	Suministro de Portafusibles certificados de 2 A (incluye fusibles) dos bornes	und	1.00	60.00	60.00	
1.11	Suministro de Portafusibles certificados de 5 A (incluye fusibles) dos bornes	und	1.00	60.00	60.00	
2.0	<b>INSTALACION Y MONTAJE DE BANCO DE CAPACITORES</b>					<b>3 511.00</b>
2.1	Suministro y Montaje de Tablero Autosoportado 300 x 1200 x 150	gbl	1.00	521.00	521.00	
2.2	Instalación de Cable unipolar THW 1x10mm <sup>2</sup>	m	40.00	4.00	160.00	
2.3	Instalación de Cable unipolar THW 1x4mm <sup>2</sup>	m	50.00	3.00	150.00	
2.4	Instalación de Cable de Control THW 7x2.5mm <sup>2</sup>	m	40.00	2.00	80.00	
2.5	Instalación de Terminales (10 mm <sup>2</sup> , 4 mm <sup>2</sup> , 2.5mm <sup>2</sup> )	und	100.00	2.00	200.00	
2.6	Montaje e Instalación de Banco de Condensadores 5 pasos 72 KVAR	hh	30.00	80.00	2 400.00	

Costo Directo	12 004.83
Gastos Generales	0.00%
<b>TOTAL :</b>	<b>12 004.83</b>

[Son: doce mil cuatro Soles con ochenta y tres céntimos]

**ANEXO 9:  
LISTA DE INSUMOS DEL PROYECTO**



BACH. RIVEROS ARCAAYA SCHADDAI EMANUEL

"ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGETICA Y CALIDAD DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LA PLANTA INDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS AGROINDUSTRIAS CIRNMA S.R.L. EN LA REGIÓN PUNO"



NAPOLLO  
ENGINEERING & CONSTRUCTION

**LISTA DE INSUMOS DEL PROYECTO**

PROYECTO : Instalaciones Eléctricas de Banco de Condensadores 5 pasos 72 KVAR  
 PROPIETARIO : AGROINDUSTRIAS CIRNMA S.R.L.  
 UBICACION : DPTO:PUNO PROV:PUNO DIST:PUNO LOC:Parque Industrial  
 FECHA PROYECTO : 30/10/2018

Ind.	Descripción	Unid.	Cantidad	Costo	Total
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>2 400.00</b>
47	Instrumentista Eléctrico	hh	30.0000	80.00	2 400.00
<b>MATERIALES</b>					<b>590.00</b>
19	Cable unipolar THW 1x10mm2	m	40.0000	4.00	160.00
19	Cable unipolar THW 1x4mm2	m	50.0000	3.00	150.00
19	Cable de Control THW 7x2.5mm2	m	40.0000	2.00	80.00
12	Terminales (10 mm2, 4 mm2, 2.5mm2)	und	100.0000	2.00	200.00
<b>EQUIPO</b>					<b>9 014.83</b>
48	Contactora Para Condensadores 400/415 V 13 KVAR, Incluye Resistenicas de Preinsercion	und	3.0000	256.47	769.41
48	Contactora Para Condensadores 400/415 V 25 KVAR, Incluye Resistenicas de Preinsercion	und	2.0000	435.69	871.38
48	Regulador de energia reactiva VL6 de 6 pasos	und	1.0000	1 752.18	1 752.18
48	Condensadores trifásicos Varplus Can 400V/12.5 KVAR/18A	und	3.0000	290.00	870.00
48	Condensador trifásicos Varplus Can 400V/24 KVAR/18A	und	2.0000	475.00	950.00
48	Transformador de corriente 250/5 A Clase 1	und	1.0000	104.16	104.16
48	Interruptor Termomagnético y Electrónico en Caja Moldeada, Capacidad de ruptura 35 kA/480 VAC/50A	und	2.0000	504.85	1 009.70
48	Interruptor Termomagnético y Electrónico en Caja Moldeada, Capacidad de ruptura 35 kA/480 VAC/20A	und	3.0000	504.85	1 514.55
48	Interruptor Termomagnético y Electrónico en Caja Moldeada, Capacidad de ruptura 35 kA/480 VAC/150A	und	1.0000	532.45	532.45
11	Portafusibles certificados de 2 A (incluye fusibles) dos bornes	und	1.0000	60.00	60.00
11	Portafusibles certificados de 5 A (incluye fusibles) dos bornes	und	1.0000	60.00	60.00
12	Tablero Autosoportado 300 x 1200 x 150	und	1.0000	521.00	521.00
<b>TOTAL:</b>					<b>12 004.83</b>

## ANEXO 10: CONTRATO ALQUILER EQUIPO DE MEDICIÓN



Ejecutores y Consultores de Obras en Ingeniería Contratistas Generales S.R.L.

RUC N° 20447714036  
RNP Servicios N° S0140109  
RNP Bienes N° B0039621

### CONTRATO DE ALQUILER DE EQUIPO DE MEDICIÓN

Conste por el presente documento el contrato de alquiler de un **equipo de medición** para los servicios que ejecuta la Empresa ECOING Contratistas Generales S.R.L., que celebran, de una parte la Empresa ECOING Contratistas Generales S.R.L., con RUC N° 20447714036, representado por el Sr. Víctor Raúl Ramos Gómez, con D.N.I. 02447435, domiciliado en el Jr. Carabaya N° 560 de la ciudad de Juliaca, a quien en adelante se denominará **ARRENDADOR**; y de la otra parte el Sr. Erik David Ramos Ramos, identificado con D.N.I. N° 44531488 con domicilio en el Jr. Sillustani 227 int. A ciudad de Puno y el Sr. Schaddai Emanuel Riveros Arcaya, con DNI 70366623, con domicilio Urbanización Aziruni II Etapa Mz J Lote 17 C.P. Salcedo - Puno, a quien en adelante se denominará **LOS CONTRATANTES**; bajo los términos y condiciones siguientes:

#### **ANTECEDENTES:**

**PRIMERA.- LOS CONTRATANTES** son personas naturales de derecho público, que desea alquilar un equipo de medición por contrato.

**SEGUNDA.- LOS CONTRATANTES** requiere contratar un equipo de medición para realización de un proyecto de investigación.

#### **OBJETO DEL CONTRATO:**

**TERCERA.-** Por lo señalado en la cláusula precedente, **LOS CONTRATANTES** contrata el equipo de medición de **EL ARRENDADOR**, los mismos que se desarrollarán y tendrán validez, mientras dure el proyecto de investigación mencionado en la cláusula segunda, a cambio del monto convenido en la cláusula quinta.

#### **PRESTACIÓN DE SERVICIOS:**

##### **CUARTA.-**

**EL ARRENDADOR** preverá el siguiente equipo, que además deberán permanecer en obra a libre disposición de **LOS CONTRATANTES**.

##### **CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE MEDICIÓN**

Medidor de Energía y Calidad de alimentación para la red ION7560.

Marca: Schneider Electric.

Numero de Orden: M7650A0E0B6E0A0E

Numero Serial: MJ-1011A227-02

Normativa: IEC 61000 – 4 – 30 clase A; IEEE 519/1159; EN50160, Supervisión del cumplimiento de la calidad de la alimentación IEC 61000-4-7/4-15.

Dicho equipo de medición esta perfecta condición de operatividad y seguridad, con sus respectivos certificados de conformidad e informe de pruebas.

#### **MONTO CONTRATADO**

**QUINTA.- EL ARRENDADOR** percibirá como contraprestación del uso y alquiler del equipo de medición por el monto de S/ **2160.00 (Dos mil ciento sesenta con 00/100 Nuevos Soles)**.

#### **DURACIÓN DEL CONTRATO**

**SEXTA.-** El plazo del presente contrato inicia el 12 de Octubre del 2017 hasta finalización de la etapa de mediciones, previstas de finalizar para el 12 de Noviembre del 2017.

**SÉTIMA.-** Las partes podrán prorrogar o renovar el presente contrato si al término del mismo la obra no se hallase concluida. En todo caso la duración de la prórroga o renovación será la de duración de la obra, siendo entonces el Plazo Contractual.

Oficina: Jr. Carabaya N° 560 – Barrio Manco Capac – Juliaca  
Puno – Perú

Teléfono: 951854826 / RPMs: #889443, #685624  
E-mail: [ecoing\\_srl@hotmail.com](mailto:ecoing_srl@hotmail.com)



Ejecutores y Consultores de Obras en Ingeniería Contratas Generales S.R.L.

RUC N° 20447714036  
RNP Servicios N° S0140109  
RNP Bienes N° B0039621

**DOMICILIO**

**OCTAVA.-** Las partes señalan como sus respectivos domicilios los especificados en la introducción del presente contrato, por lo que se reputarán válidas todas las comunicaciones y notificaciones dirigidas a las mismas con motivo de la ejecución del presente contrato.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en la ciudad de Juliaca, 08 días del mes Octubre del 2017.

ING. VICTOR R. RAMOS GÓMEZ  
INGENIERO GENERAL

ECOING Contratas Generales S.R.L.  
ARRENDADOR  
DNI 02447435

Sr. Erik Ramos Ramos  
EL CONTRATANTE  
DNI 44531488

Sr. Schaddai Riveros Arcaya  
EL CONTRATANTE  
DNI 70366623





**ANEXO 11:  
CERTIFICADOS DE CALIBRACION DE EQUIPO ION 7650 SERIE MJ-  
1011A227-02**



# REPORT

For

## Schneider Electric

2195 Keating Cross Road  
Saanichton, British Columbia  
V8M 2A5, Canada

Date: September 09, 2014  
Report No.: 12238-1E  
Revision No.: 0  
Project No.: 12238  
Equipment: Digital Power Meter  
Model No.: ION 7650

ONE STOP GLOBAL CERTIFICATION SOLUTIONS



3153-20500 Westminster Hwy, Richmond, BC  
V8V 2W3, Canada  
Phone: 604-247-0444  
Fax: 604-247-0442  
[www.labtestcert.com](http://www.labtestcert.com)





Prepared by:	LabTest Certification Inc.	Client:	Schneider Electric
Date Issued:	Sep. 09, 2014	Report No.:	12236-1E
Project No:	12236	Revision No.:	0

**TABLE OF CONTENTS**

TEST REPORT .....	3
General product information: .....	4
Frequencies .....	5
List of ancillary and/or support equipment provided by the applicant .....	5
Description of Interface Cables for Testing .....	6
Software and Firmware .....	6
Worst-case configuration and mode of operation during testing .....	6
Modifications Required for Compliance .....	7
Measurement Uncertainty .....	7
Markings .....	7
Test Summary .....	7
Test of Conducted Emissions.....	8
Test Setup.....	8
Test Result.....	8
Test of Radiated Emissions.....	13
Test Setup for Scan.....	13
Test Result.....	13
APPENDIX A: Test equipment used for tests .....	18
APPENDIX B: Test setup photos .....	19
APPENDIX C: ISO 17025:2005 Accreditation Certificate .....	21





Prepared by:	LabTest Certification Inc.	Client:	Schneider Electric
Date Issued:	Sep. 09, 2014	Report No.:	12236-1E
Project No:	12236	Revision No.:	0

<b>TEST REPORT</b>	
<b>EN 55022</b>	
Report reference No..... :	12236-1E
Report Revision History:	✓ Rev. 0: September 09, 2014
Tested by (printed name and signature) .....	Jeremy LEE 
Approved by (printed name and signature) .....	Kavinder Dhillon, Eng.L. 
Date of issue .....	September 09, 2014
<p>Note: By signing this report, both the Testing Technician and the Reviewer hereby declare to abide by the applicable LabTest policies:</p> <p>1.) Statement of Independence # 3014 (LabTest Employees),</p> <p>2.) Independence, Impartiality, and Integrity #1039, clause 11 (Engineering Service Subcontractors), or</p> <p>3. ) Independence, Impartiality, and Integrity #1019, clause 3.5 (Testing Subcontractors).</p>	
Testing Laboratory Name .....	LabTest Certification Inc.
Address .....	3133 – 20800 Westminster Hwy, Richmond, B.C. V6V-2W3
Test Location Name .....	Same as Test Laboratory
Address .....	Same as Test Laboratory
Applicant's Name .....	Schneider Electric
Address .....	2195 Keating Cross Road, Saanichton, B.C. V8M 2A5, Canada
Type of Test .....	<b>EMC Directive 2004/108/EC</b>
Standards Emissions .....	➤ EN 55022:2010/AC:2011, Class B
Standards Immunity .....	➤ N/A
Test item description .....	EMC
Trademark .....	None
Manufacturer .....	Same as Applicant
Model and/or type reference .....	ION 7560
Serial numbers .....	MJ-1011A227-02
Rating(s) .....	230VAC, 50Hz, Single Phase



Prepared by: LabTest Certification Inc.  
 Date Issued: Sep. 09, 2014  
 Project No: 12236

Client: Schneider Electric  
 Report No.: 12236-1E  
 Revision No.: 0

<b>TEST REPORT</b>	
<b>EN 55022</b>	
Report reference No.....:	12236-1E
Report Revision History:	✓ Rev. 0: September 09, 2014
Tested by (printed name and signature) .....	Jeremy LEE 
Approved by (printed name and signature) .....	Kavinder Dhillon, Eng.L. 
Date of issue .....	September 09, 2014
<p><b>Note: By signing this report, both the Testing Technician and the Reviewer hereby declare to abide by the applicable LabTest policies:</b></p> <p>1.) Statement of Independence # 3014 (LabTest Employees),                  2.) Independence, Impartiality, and Integrity #1039, clause 11 (Engineering Service Subcontractors), or                  3. ) Independence, Impartiality, and Integrity #1019, clause 3.5 (Testing Subcontractors).</p>	
Testing Laboratory Name .....	LabTest Certification Inc.
Address .....	3133 – 20800 Westminster Hwy, Richmond, B.C. V6V-2W3
Test Location Name .....	Same as Test Laboratory
Address .....	Same as Test Laboratory
Applicant's Name .....	Schneider Electric
Address .....	2195 Keating Cross Road, Saanichton, B.C. V8M 2A5, Canada
Type of Test .....	<b>EMC Directive 2004/108/EC</b>
Standards Emissions .....	➤ EN 55022:2010/AC:2011, Class B
Standards Immunity .....	➤ N/A
Test item description .....	EMC
Trademark .....	None
Manufacturer .....	Same as Applicant
Model and/or type reference .....	ION 7560
Serial numbers .....	MJ-1011A227-02
Rating(s) .....	230VAC, 50Hz, Single Phase



Prepared by: LabTest Certification Inc.  
 Date Issued: Sep. 09, 2014  
 Project No: 12236

Client:  
 Report No.:  
 Revision No.:

Schneider Electric  
 12236-1E  
 0

Particulars: test item vs. test requirements	
Equipment mobility .....	No
Operating condition .....	-20 to 70 °C
Mass of equipment (kg).....	2.0
Dimension(Width X Depth X Height)	190.5mm X 177.8mm X 152.4 mm
Test case verdicts	
Test case does not apply to the test object :	N/A
Test item does meet the requirement .....	Pass
Test item does not meet the requirement .. :	Fail
Testing	
Date of receipt of test item .....	September 04, 2014
Date(s) of performance of test .....	September 04 & 05, 2014
General remarks	
<p>The test result presented in this report relate only to the object(s) tested.                      This report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of the Issuing testing laboratory.                      "(see Enclosure #)" refers to additional information appended to the report.                      "(see appended table)" refers to a table appended to the report.</p> <p><input type="checkbox"/> Throughout this report a comma is used as the decimal separator.  <input checked="" type="checkbox"/> Throughout this report a period is used as the decimal separator.</p>	
General product information:	
<p>PowerLogic ION 7650 Digital Power Meter                      Model: ION 7650                      Order Number: M7650B1C0B5F1N0A                      Function: Intelligent Metering and Control Device                      Power: 85-240 VAC, 50/60 Hz</p> <p>Measures Electrical Power and Energy.                      Measurements are displayed or available for reading by multiple communication media( ex. Serial, Ethernet, IR and etc.)                      Monitors and controls digital and analog inputs.                      Meter is a black "cube" with a front panel display.</p>	

Prepared by: LabTest Certification Inc.

Client:

Schneider Electric

Prepared by: LabTest Certification Inc.  
 Date Issued: Sep. 09, 2014  
 Project No: 12236

Client: Schneider Electric  
 Report No.: 12236-1E  
 Revision No.: 0

**Frequencies**

Module	Signal	Frequencies (MHz)
CPU Board	FPGA and DSP Oscillator	25
CPU Board	FPGA	100
CPU Board	DSP Memory bus(SYSCLK3)	100
CPU Board	DSP core clock(SYSCLK1)	166
CPU Board	DSP some other clock(SYSCLK2)	83
CPU Board	PPC core clock	66
CPU Board	PPC bus clock	33
CPU/Display Board	PPC display clock	2.75
Comms Card	Oscillator for Ethernet switch	25
IO Card	PIC Clock	10

**List of ancillary and/or support equipment provided by the applicant**

Model No.	Description	Manufacturer	Approvals/Standards
Voltage Loads	Provides 120VAC to measurement inputs	Schneider	N/A
Current Loads	Provides 1A or 5A Current	Schneider	N/A
COM128	RS485 to RS232 Converter	Schneider	CE
Laptop	Exercise EUT Comms during test	Dell	CE

**EUT Configuration as Tested**

Order Number: M7650B1C0B5F1N0A  
 - ION7650, With Ethernet/Serial COMM Card  
 - Also with Analog/Digital I/O Card, Model P760AE

Module Name	Revision
CPU Board	14000-0175-220
Comm Card	14000-0150-110A
IO Card	14000-0232-110B
Power Supply	14000-0174-110C
Display	14000-0177-230A
LCD Panel	EW51000BMW

Prepared by:	LabTest Certification Inc.	Client:	Schneider Electric
Date Issued:	Sep. 09, 2014	Report No.:	12236-1E
Project No:	12236	Revision No.:	0

**Description of Interface Cables for Testing**

Connected port	Cable Type	Cable length	Ferrite
Digital Outputs (Main Board)	4x2 Wire 2k Terminated	2 m	No
Digital Inputs (Main Board)	8x1 Wire + 1Wire(com) 1k Terminated	2 m	No
Digital Inputs (IO Card)	8x1 Wire + 1Wire(com) 1k Terminated	2 m	No
Analog Outputs (IO Card)	4x2 Wire 1k Terminated	2 m	No
Analog Inputs (IO Card)	4x2 Wire 500R Terminated	2 m	No
Power Cord	120V/60Hz	1.5m	No
Safety Ground Terminal	1 Wire, 16 Gauge Connected to Ground Plane	1m	No
V1, V2, V3,Vref	4x16 AWG, 120/230VAC Load	1m above plane 3m below plane	No
I1,I2,I3,I4	8x16 AWG, 1 A Load	1m above plane 3m below plane	No
Ethernet	Unshielded Ethernet to Laptop	1m above plane 5m below plane	No
RS232	Shielded RS232 Cable to Laptop	1m above plane 5m below plane	No
RS-485 (Comm Card)	Shielded To Com32 RS485 to RS232 Converter to Laptop	1m above plane 5m below plane	No

**ARRANGEMENT OF INTERFACE CABLES:** All the above equipment/interface cables were placed in worst case positions to maximize emission signals during emission test. (please reference photographs).

**Grounding:** Grounding was in accordance with the manufacturer’s requirements and conditions for the intended use.

**Software and Firmware**

Description	Version
PM8000 Meter Firmware	R2

**Worst-case configuration and mode of operation during testing**

Support Laptop running ION Setup Software used to constantly communicate with EUT and poll data. The running communications are:

- Ethernet 1: Laptop to EUT. Real-time Screens data poll.
- RS232: Laptop to EUT. Real-time Screens data pool
- RS-485: Laptop to RS485/232 Converter (COM128) to EUT. Real-time Screens data poll.

All Voltage and Currents connected by support equipment. 120V and 1A single phase.

Prepared by: LabTest Certification Inc.  
 Date Issued: Sep. 09, 2014  
 Project No: 12236

Client: Schneider Electric  
 Report No.: 12236-1E  
 Revision No.: 0

**Modifications Required for Compliance**

None.

**Measurement Uncertainty**

Where relevant, the following measurement uncertainty levels have been estimated for tests:

Parameter	Uncertainty(dB)
Radiated Emission, 30 to 1,000MHz	4.67
Conducted Measurements	3.59

Uncertainty figures are valid to a confidence level of 95%.

**Markings**

Blank
-------

**Test Summary**

When configured and operated as specified in this report, the product was found to comply with the requirements as indicated below.

Test Standard	Test	Comment
<b>Emissions</b>		
EN 55022	Conducted Emissions, Class B	Pass
EN 55022	Radiated Emissions, Class B	Pass