

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



“PLAN DE AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE ENERGÍA DE DOS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 295KW Y 1000KW DE UN TERMINAL DE HIDROCARBUROS”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA

A handwritten signature in black ink, appearing to read "R. Franco", enclosed within a large, loopy oval shape.

ROBERTO FRANCO MORENO BENEDETTI
Callao, Diciembre, 2020
PERÚ

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Roberto Moreno", with the full name "ROBERTO MORENO" printed in black below it.

ACTA N° 003-2021 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGIA

LIBRO N° 001, FOLIO N° 041, ACTA N° 003-2021 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGIA

A los 23 días del mes Julio del año 2021., siendo las 16:00 horas, se reunió, en la sala meet: meet.google.com/jpq-ofcv-qsf , el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** para la obtención del título profesional de Ingeniero en Energía de la **Facultad de Ingeniería de Mecánica y de energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

Dr. Juan Manuel Palomino Correa	:	Presidente
Ing. Héctor Alberto Paz López	:	Secretario
Mg. Esteban Antonio Gutiérrez Hervias	:	Vocal
Mg. Martín Toribio Sihuay Fernández	:	Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **MORENO BENEDETTI, Roberto Franco**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN ENERGIA**, sustenta la tesis titulada "**PLAN DE AUDITORIA ENERGÉTICA PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE ENERGÍA DE DOS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 295Kw y 1000Kw DE UN TERMINAL DE HIDROCARBUROS**", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid- 19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativosuperior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la **16:00** hrs sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: **Dar por aprobado** con la escala de calificación **cuantitativa quince (15)**, la presente tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245 2018- CU del 30 de Octubre del 2018

Se dio por cerrada la Sesión a las **17:00 horas** del día 23 el mes y año en curso.



.....
Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Presidente



.....
Ing. Héctor Alberto Paz López
Secretario



.....
Mg. Esteban Antonio Gutiérrez Hervias
Vocal



.....
Mg. Martín Toribio Sihuay Fernández
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA
Jurado de Sustentación

I N F O R M E

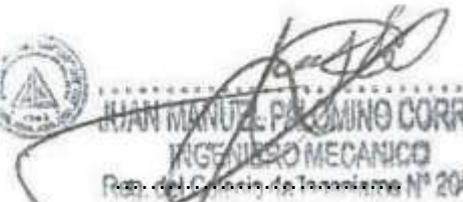
Vista, la Tesis Final, titulada: “**PLAN DE AUDITORIA ENERGÉTICA PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE ENERGÍA DE DOS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 295Kw y 1000Kw DE UN TERMINAL DE HIDROCARBUROS**”, presentada por el señor bachiller en Ingeniería en Energía, **MORENO BENEDETTI, ROBERTO FRANCO**.

A QUIEN CORRESPONDA:

El **Presidente del Jurado** del señor bachiller en Ingeniería en Energía, **Moreno Benedetti, Roberto Franco**, manifiesta que la Sustentación de Tesis, se realizó en forma virtual, mediante la sala meet: meet.google.com/jpq-ofcv-qsf, el día viernes 23 de julio de 2021 a las 16:00 horas, encontrándose observaciones, las mismas que han sido revisadas cuidadosamente por cada uno de los miembros del Jurado, y el interesado ha levantado correctamente.

En tal sentido, en mi calidad de Presidente de Jurado, emito el presente informe favorable para los fines pertinentes.

Bellavista, 08 de setiembre de 2021


.....
JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
INGENIERO MECANICO
Prof. del Consejo de Titulación N° 20184

Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Presidente de Jurado de Sustentación de Tesis

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo incondicional que me brindaron en todo el tiempo que desarrolle mi carrera profesional.

A mi familia por estar presente en cada momento de mi vida.

A Dios por acompañarme en todo momento de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor por apoyarme e impartir sus enseñanzas y experiencias para la culminación de mi tesis.

A todas aquellas personas que contribuyeron para la culminación de mi tesis

ÍNDICE

HOJA DE RESPETO.....	ii
HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	1
INDICE DE TABLAS	4
INDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE GRÁFICAS.....	8
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	13
1.2 Formulación del problema.....	15
1.2.1 Problema general	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Limitantes de la investigación	16
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Antecedentes	17
2.1.1 Internacionales	17
2.1.2. Nacionales.....	19
2.2 Bases teóricas	21
2.2.1 Metodología para realizar una auditoría energética	21
2.2.2 Enfoques sistematicos para la mejora de la eficiencia	

energetica.....	23
2.3 Conceptual.....	24
2.3.1 Auditoria energetica.....	24
2.3.2 Propuesta de plan de auditoria energética	24
2.3.3 Subestaciones eléctricas	30
2.3.4 Definición de eficiencia energética o eficiencia de la energía... 35	
2.3.5 Tableros eléctricos tipo CCM y CDC	36
2.3.6 Diagnóstico energético eléctrico: (Auli, 2012, p. 47).....	43
2.4 Definicion de términos básicos	44
III.HIPÓTESIS Y VARIABLES	45
3.1. Hipotesis	45
3.1.1. General.....	45
3.1.2 Específicas	45
3.2. Definicion conceptual de variables	46
3.2.1. Operacionalizacion de variable	47
IV.DISEÑO METODOLOGICO	48
4.1 Tipo y diseño de investigación.....	48
4.1.1 Tipo de investigacion	48
4.1.2 Diseño de investigacion.....	48
4.2 Metodo de investigación	49
4.3 Población y muestra	49
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	50
4.5 Tecnicas e instrumentos para la recolección de datos	50
4.6 Análisis y procesamiento de datos	55
4.6.1. Procesamiento estadístico.....	55
4.6.2. Análisis de datos.....	56
V.RESULTADOS	161
VI.DISCUSIÓN DE RESULTADOS	163
6.1. Contrastación y demostracion de la hipotesis con los resultados	163
6.2.Contrastación de los resultados con otros estudios similares	165

6.3.Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes....	167
CONCLUSIONES	168
RECOMENDACIONES	172
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	174
ANEXOS.....	176
ANEXO 1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA	176
ANEXO 2 – REPORTES FOTOGRÁFICOS.....	178

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Envoltente térmica.....	27
Tabla 2. Inversión - Proyecto 1	60
Tabla 3. Análisis de recuperación de inversión - Proyecto 1.....	61
Tabla 4. Indicadores Medibles en el Sistema de Gestión Propuesto	91
Tabla 5. Buenas prácticas operativas específicas sugeridas	92
Tabla 6. Buenas prácticas operativas generales.....	94
Tabla 7. Inversión - Proyecto 2	96
Tabla 8. Análisis de recuperación de inversión - Proyecto 2.....	97
Tabla 9. Especificaciones técnicas de la Bomba N° 223	100
Tabla 10. Datos del producto Combustible – Diesel	101
Tabla 11. Datos de succión y bombeo	104
Tabla 12. Detalle inversión - Proyecto 3	103
Tabla 13. Análisis de recuperación de inversión - Proyecto 3.....	107
Tabla 14. Análisis de recuperación de inversión - Proyecto 4.....	107
Tabla 15. Inventarios cargas iluminación	107
Tabla 16. Cambios sugeridos iluminación.....	111
Tabla 17. Especificaciones técnicas de los sistemas de iluminación sugeridos	112
Tabla 18. Cálculo de ahorro anual de consumo expresado en kWh por cambio de iluminación.....	113
Tabla 19. Cálculo del ahorro anual por cambio de iluminación.....	116
Tabla 20. Cálculo de la inversión total de cambio de iluminación	116
Tabla 21. Inversión - Proyecto 5	116
Tabla 22. Análisis de recuperación de inversión - Proyecto 5.....	117
Tabla 23. Montos aproximados facturados por principales parámetros de facturación: Subestación 1 – Suministro 0275090	117
Tabla 24 Análisis de recuperación de inversión - Proyecto 6.....	117
Tabla 25. Alternativa 1, Propuesta entregada por empresa TermoChilca.....	121
Tabla 26. Alternativa 2, Propuesta entregada por empresa Statkraft..	122

Tabla 27.	Alternativa 3, Estimación de precios para cliente Libre – ENEL.....	124
Tabla 28.	Alternativa 4, Precios cliente regulado – ENEL.....	125
Tabla 29.	Resumen de montos facturados según alternativa analizada.....	126
Tabla 30.	Alternativa 1, Propuesta entregada por empresa TermoChilca.....	129
Tabla 31.	Alternativa 2, Propuesta entregada por empresa Statkraft..	130
Tabla 32.	Alternativa 3, Estimación de precios para cliente Libre – ENEL.....	129
Tabla 33.	Alternativa 4, Precios cliente regulado – ENEL.....	130
Tabla 34.	Resumen de montos facturados según alternativa analizada.....	131
Tabla 35.	Comparación precios Enel Vs Termochilca.....	132
Tabla 36.	Comparación de propuestas de contrato ENEL vs Termochilca.....	133
Tabla 37.	Características del Equipo	136
Tabla 38.	Balance energético del equipo	134
Tabla 39.	Montos Aproximados Facturados por Principales Parámetros de Facturación- Subestación 2	136
Tabla 40.	Costo del sistema de autogeneración eléctrica	137
Tabla 41.	Costo operativo del sistema de autogeneración eléctrica ...	138
Tabla 42.	Análisis de recuperación de inversión	139
Tabla 43.	Pliego Tarifario en el agosto 2017.....	139
Tabla 44.	Parámetros de facturación terminal de hidrocarburos últimos 7 meses: Subestación 1 – Suministro 0275090.....	140
Tabla 45.	Parámetros de Facturación terminal de hidrocarburos Últimos 7 Meses: Subestación 2 – Suministro 0143993	145
Tabla 46.	Precios Unitarios por Parámetro de Facturación Subestación 1	147
Tabla 47.	Precios Unitarios por parámetro de facturación Subestación 2 – Suministro 0143993	147

Tabla 48.	Montos aproximados facturados por principales parámetros de facturación: Subestación 1 – Suministro 0275090	152
Tabla 49.	Montos aproximados facturados por principales parámetros de facturación: Subestación 2 – Suministro 0143993	150
Tabla 50.	Propuestas de Proyectos de Ahorro Energético	152
Tabla 51.	Inversión y análisis de viabilidad para cada propuesta de ahorro energético	154
Tabla 52.	Ahorro total y participación del ahorro por propuesta.....	156
Tabla 53.	Consumo de energía de Subestación 1	158
Tabla 54.	Consumo de energía de Subestación 2	159

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema Planta Terminal de hidrocarburos	14
Figura 2 Instrumentos de medición de tipo de analizadores de redes	28
Figura 3 Subestación convencional con celdas abiertas.....	31
Figura 4. Subestación convencional con celdas abiertas (autosoportadas)	32
Figura 5 Subestación compacta Tipo SCE	32
Figura 6. Subestación minicompacta tipo SCE	33
Figura 7. Subestación tipo bloque.....	33
Figura 8. Subestación modular	34
Figura 9. Tablero Eléctrico del Centro de Control de Motores CCM	36
Figura 10. Tablero Eléctrico CDC	37
Figura 11. Características normalizadas.....	42
Figura 12. Diagrama sistema de control de despacho actual.....	84
Figura 13. Diagrama sistema de control de despacho propuesto	86
Figura 14. Simulación variador de velocidad control de despacho propuesto	90
Figura 15. Arquitectura básica del sistema de telemetría propuesto.....	94
Figura 16. Vista de un sistema de gestión energética corporativo.....	95
Figura 17. Cálculo de presión de carga	105
Figura 18. Cálculo de presión de carga. Resultados de la simulación	106
Figura 19. Cálculo de altura total de carga.....	108
Figura 20. Cálculo de altura total de carga. Resultados de la simulación	109
Figura 21. Imagen Referencial Sistema de Autogeneración Eléctrica	136

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Análisis de consumo bruto mensual total: Subestación 1 Suministro 0275090 (2016 - 2017).....	51
Gráfica 2. Análisis de consumo bruto mensual HP (Hora Punta)- HFP (Hora Fuera de Punta) Subestación 1 – Suministro 0275090 (2016-2017).	52
Gráfica 3. Análisis de consumo bruto mensual total: Subestación 2.....	53
Gráfica 4. Análisis de consumo bruto mensual HP (Hora Punta) –HFP)	54
Gráfica 5. Análisis de la demanda máxima mensual: Subestación 1	55
Gráfica 6. Análisis del factor de calificación: Subestación 1	60
Gráfica 7. Análisis del Factor de calificación: Subestación 2	61
Gráfica 8. Análisis Consumo B223 (18 de agosto).....	76
Gráfica 9. Consumo mensual (Bbls) vs Consumo Eléctrico (kWh)	77
Gráfica 10. Consumo mensual (Bbls) vs Consumo Eléctrico (kWh)	78
Gráfica 11. Volumen disponible (marzo - junio 2017)	79
Gráfica 12. Factor de calificación terminal de hidrocarburos - Subestación	80
Gráfica 13. Consumo horario total (18 agosto 2017): Subestación 1	81
Gráfica 14. Factor calificación terminal de hidrocarburos: Subestación 1	82
Gráfica 15. Precio Histórico de Energía Activa	90
Gráfica 16. Precio Histórico Demanda Máxima de Generación: Subestación 1 – Suministro 0275090	99
Gráfica 17. Precio Histórico Demanda Máxima de Generación: Subestación 2 – Suministro 0143993	110
Gráfica 18. Factor de calificación histórico t terminal de hidrocarburos: Subestación 1 – Suministro 0275090	110
Gráfica 19. Factor de Calificación Histórico terminal de hidrocarburos: Subestación 2 – Suministro 0143993	118
Gráfica 20. Montos aproximados totales últimos 7 meses: Subestación 1.....	119

Gráfica 21. Montos Aproximados Totales Últimos 7 Meses: Subestación	
2.....	120
Gráfica 22. Consumo horario total según franja horaria: Subestación	142
Gráfica 23. Consumo promedio horario principales cargas: Subestación	
1.....	143
Gráfica 24. Consumo horario total según franja horaria: Subestación	144
Gráfica 25. Consumo promedio horario principales cargas: Subestación	
2.....	149
Gráfica 26. Consumo promedio horario principales cargas: Subestación	
2 Tablero interconexión - Suministro 0143993	151
Gráfica 27. Relación de Monto Mensual y Consumo de Energía.....	153
Gráfica 28. Monto mensual y consumo de energía.....	154

RESUMEN

La presente tesis titulada “PLAN DE AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE ENERGÍA DE DOS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 295KW Y 1000KW DE UN TERMINAL DE HIDROCARBUROS” tuvo como propósito desarrollar un plan de auditoría con el fin de incrementar la eficiencia energética y elaborar propuestas de planes de reducción del consumo eléctrico, ya que actualmente no se contaba con información de la capacidad de las subestaciones eléctricas y no se conocía si la tarifa actual que se tenía con la compañía eléctrica era la adecuada. Los beneficiarios del proyecto fueron los operadores de un Terminal de Hidrocarburos ya que los datos que se recogieron en campo, la medición de equipos y el procesamiento de la información se utilizaron para determinar las condiciones actuales de las dos subestaciones eléctricas. En el desarrollo del presente trabajo se realizaron las siguientes actividades: Se inició con la recolección de datos, luego se prosiguió con enlistar los equipos necesarios para tomar mediciones en las dos subestaciones. Con la obtención de estos datos recolectados en campo se realizaron los cálculos de los balances de energía y la elaboración de planos unifilares, luego del procesamiento de toda la información se pudo identificar los puntos de mayor consumo eléctrico e identificar las oportunidades que ofrecieron potencial de ahorro de energía.

Palabras Clave: Auditoría energética, subestaciones eléctricas, eficiencia energética, consumo eléctrico.

ABSTRACT

The present thesis entitled "ENERGY AUDIT PLAN TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF TWO ELECTRIC SUBSTATIONS OF 295KW AND 1000KW OF AN OIL TERMINAL" had the purpose of developing an audit plan in order to increase energy efficiency and elaborate proposals of plans to reduce electricity consumption, since currently there was no information on the capacity of the electric substations, and it was not known if the current tariff with the electric company is adequate. The beneficiaries of the project were the operators of a Hydrocarbon Terminal since the data was collected in the field, the measurement of equipment and the processing of the information was used to determine the current conditions of the two electric substations. In the development of this work, the following activities was carried out: It was beginning with the data collection, then we were continuing to list the necessary equipment to take measurements in the two substations. With the collection of these data collected in the field, the calculations of the energy balances and the preparation of single-line planes were carried out, after the processing of all the information we could identify the points of greatest electrical consumption and identify the opportunities that offer savings potential energy.

Keywords: Energy audit, electrical substations, energy efficiency, electricity consumption.

INTRODUCCIÓN

Es necesario conocer las necesidades de cómo desarrollar un plan de auditoría energética para incrementar la eficiencia de energía de subestaciones eléctricas, para lo cual se deberá los siguientes pasos a seguir:

- Elaborar un listado de equipos necesarios que nos permitan la recolección de la información de campo.
- Identificar los tipos de mediciones y registros de los parámetros eléctricos.
- Realizar los cálculos de balances de energía.
- Identificar los puntos de mayor consumo eléctrico.
- Identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía.
- Determinar y evaluar económicamente la capacidad de ahorro energético.

En suma, la importancia de la realización de este estudio nos permitirá en primera instancia, analizar las variables que determinaran un eficiente y correcto funcionamiento de las subestaciones eléctricas, con la finalidad de establecer propuestas de mejora energética.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La situación actual de las dos subestaciones eléctricas de un Terminal de Hidrocarburos presenta una problemática referente al consumo energético; y esto se ve reflejado por el aumento de cargas, este aumento de cargas no estuvo contemplado en los proyectos anteriores donde se tenía proyectado las dos subestaciones antes mencionadas, este aumento de cargas se debe a que se vienen realizando la ejecución de proyectos.

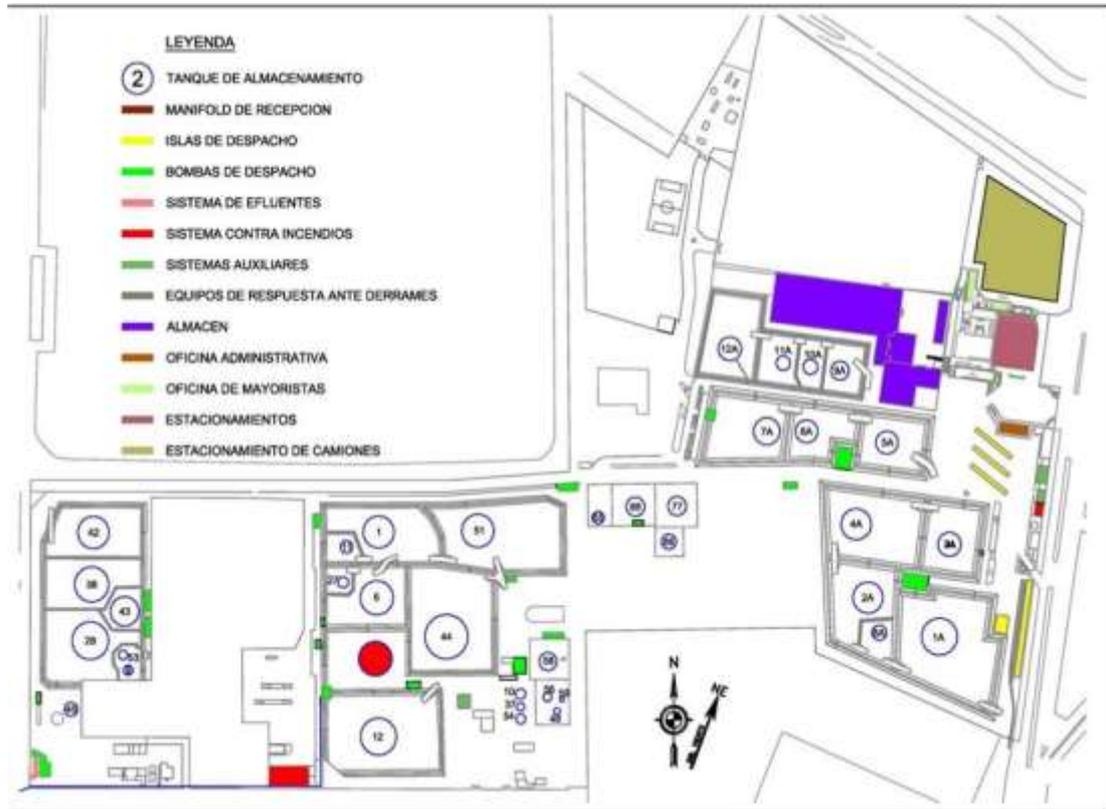
Los proyectos que se vienen ejecutando no cuentan con un estudio energético lo cual permitiría no sobrecargar el trabajo de las dos subestaciones y ocasionar pérdidas considerables en bienes materiales y personales. Este estudio energético contempla conocimiento del estado actual de las instalaciones, conocimiento de las capacidades máximas que puede soportar, cuantas subestaciones se necesitan, estudio de la eficiencia energética y el conocimiento de la demanda proyectada.

De no controlarse los consumos, no poseer información actualizada y no conocer la capacidad actual de la planta se llegará a un punto de desabastecimiento por la enorme demanda de energía que se tiene actualmente por los proyectos que se encuentran en ejecución y los futuros debido al crecimiento de la planta.

Conociendo el problema de investigación, se propone en desarrollar un plan de auditoria energética para incrementar la eficiencia de energía de dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW de un Terminal de Hidrocarburos, la cual permitirá proponer un plan de reducción del consumo energético.

1.1.1 Descripción del terminal de hidrocarburos

FIGURA 1 – CAPITULO I
ESQUEMA DE PLANTA TERMINAL DE HIDROCARBUROS



Fuente: Terminal de hidrocarburos.

- Ubicación:** Provincia Constitucional del Callao – Dpto. de Lima.
- Dirección:** Néstor Gambetta 1265 – Callao – Zonificación 13.
- Inicio de operaciones:** 1935 (Zona 2) 1958 (Zona 1).
- Área de Terreno:** 381,667.11 m²
- Sistemas de abastecimiento:** A través de Buques – Tanques que acoderan en el muelle por camión-tanque (para Alcohol Carburante y otros productos en caso de emergencia).
- Edificaciones y Obras Civiles:**
 - Oficinas administrativas.
 - Oficinas de mayoristas.
 - Talleres de contratistas.
 - Vestuarios y servicios higiénicos de contratistas.

- Servicios higiénicos de transportistas.
- Almacén general.
- Almacén de equipos de derrame.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo desarrollar un plan de auditoría energética para incrementar la eficiencia de energía de dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW de un Terminal de Hidrocarburos?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué instrumentos se necesitarán para la recolección de la información de campo para enlistar los equipos para el plan de auditoría energética?
- ¿Cómo determinar las mediciones y registros de los parámetros eléctricos de los cuales se obtendrá la información necesaria para ser procesada posteriormente en los cálculos?
- ¿Cómo realizar los cálculos de balances de energía para contabilizar los flujos de energía y determinar los índices de consumo?
- ¿Cómo identificar los puntos de mayor consumo eléctrico en las dos subestaciones eléctricas para determinar su magnitud y poder proponer proyectos de mejora?
- ¿Cómo identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía para proponer proyectos de mejora y reducir el consumo energético?
- ¿Cómo determinar y evaluar económicamente la capacidad de ahorro energético en las subestaciones eléctricas para poder reducir el consumo energético?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un plan de auditoría energética para incrementar la eficiencia de energía de dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW de un Terminal de Hidrocarburos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Elaborar un listado de equipos necesarios que nos permitan la recolección de la información de campo.
- Identificar los tipos de mediciones y registros de los parámetros eléctricos que se va a utilizar en la auditoria energética.
- Realizar los cálculos de balances de energía.
- Identificar los puntos de mayor consumo eléctrico en las dos subestaciones.
- Identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía.
- Determinar y evaluar económicamente la capacidad de ahorro energético.

1.4. Limitantes de la investigación

Según Sánchez (2018), enuncio que las Limitaciones en la investigación está “referido a las restricciones metodológicas que puede tener o ha tenido una investigación para así saber dentro de qué límites se mueven las conclusiones que se logren” (p.86)

La presente investigación no presenta restricciones teóricas, espaciales y temporales.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

2005, Ecuador, Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, Tesis de Pregrado, Ingeniero de Ejecución en Electromecánica, NÚÑEZ SALGUERO, en su tesis titulada “AUDITORÍA ENERGÉTICA EN LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO” tuvo como objetivo realizar una metodología de una auditoría energética de los sistemas eléctricos con la finalidad de reducir los costos de la planilla eléctrica por medio de la ejecución de propuestas fundamentadas de optimización del uso y administración de energía. Además, el estudio permitirá conocer cómo y dónde se utiliza la energía eléctrica con el fin de establecer el gasto innecesario de la misma. Las recomendaciones de la tesis antes mencionada es tratar a nivel institucional de las partes implicadas, tanto de la ESPE-LATACUNGA Y ELEPCO S.A.; una nueva política de cobro de tarifas y categorización de las instalaciones, ya que como se advierte es mejor ser un CONSUMIDOR CON DEMANDA HORARIA y no un CONSUMIDOR CON DEMANDA MEDIDA, y de lo investigado no se tiene ningún inconveniente para realizar este cambio.

Se debe implementar un plan de mantenimiento y operación para el sistema eléctrico existente, de acuerdo a las leyes y políticas de ELEPCO S.A. su jurisdicción llega únicamente hasta el medidor de energía eléctrica y hacia adentro es de absoluta responsabilidad de la ESPE-LATACUNGA.

Realizar una campaña del uso racional de la energía eléctrica, en la cual intervengan todos los miembros de ESPE-LATACUNGA, ya que una adecuada cultura de consumo puede llegar a ser fundamental al momento de reducir costos por facturación de energía eléctrica.

Este trabajo de tesis sirve como guía base para desarrollar un plan de auditoría energética de las subestaciones las cuales se consideran la secuencia de actividades realizadas para poder implementarlas al que se desarrollara, la metodología para la toma de datos y elaboración de los diversos cálculos realizados.

2011, Colombia, Universidad Simón Bolívar, Tesis de Pregrado, Ingeniero Electricista, ARIAS SÁNCHEZ, en su tesis titulada “AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE UNA ENTIDAD BANCARIA”, cuyo objetivo fue evaluar el potencial de ahorro energético del sistema de iluminación de una entidad bancaria.

Las conclusiones fueron que luego del análisis del consumo y demanda eléctrica de forma general, mediante el histórico de consumo y demanda mensual, se obtuvo una tendencia de aumento de ambos aspectos antes del año 2010. Sin embargo, con estos datos se levantaron los indicadores energéticos, los cuales permiten un continuo análisis y una mejora en la gestión de los diferentes sistemas energéticos, así como del consumo de energía eléctrica en general. En este caso se aprecia que el edificio posee índices más elevados que las referencias internacionales.

Esto demuestra que la aplicación de ciertas recomendaciones en los potenciales en ahorro energético permitirá una mayor competitividad y productividad a nivel internacional; a su vez que disminuirá la demanda bien sea en poca proporción, concediendo un rango adicional utilizable en otras áreas o sistemas de este edificio.

Este trabajo de tesis nos ayudara para conocer la forma como se debe de evaluar el potencial de ahorro en el sistema de iluminación de las subestaciones el cual propone alternativas viables y eficientes para el ahorro energético.

2.1.2. Nacionales

2014, Perú, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Tesis de Pregrado, Ingeniero Industrial SALGADO MUÑOZ, en su tesis titulada “PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN UNA EMPRESA DEL SECTOR ALIMENTOS”, cuyo objetivo fue plantear propuestas que permitan mejorar el sistema de gestión energética en una empresa del sector alimentos, con la finalidad de disminuir los costos de consumo eléctrico.

Las conclusiones fueron según lo mostrado en la evaluación económica de las 02 alternativas de solución, es bastante rentable considerar la inversión en un sistema de control de demanda máxima ECS, que permitirá tener la información de demanda máxima y consumos en tiempo real y poder configurar alarmas y salidas de control para poder bloquear otros consumidores no prioritarios cuando se está llegando a demandas máximas por encima de las normales de trabajo para cumplir con la función de la empresa. Así también, se podrá controlar el factor de calificación que aseguraría un corto periodo de recupero de la inversión en el sistema ECS.

Para la implementación de un sistema de gestión energética se requiere un trabajo planificado que se mantenga en el tiempo, trazándose metas concretas y haciendo las evaluaciones respectivas. Como complemento a lo planteado se recomienda implementar este sistema de gestión energética según la norma ISO 50001.

Este trabajo de tesis nos brinda la importancia de elaborar una auditoria energética para desarrollar una gestión de eficiencia energética.

2014, Perú, Universidad Nacional del Callao, Tesis de Pregrado, Ingeniero en Energía, GONZALES VARGAS, en su tesis titulada “DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS - LIMA”, cuyo objetivo fue realizar un diagnóstico energético mediante un análisis sistemático para obtener un plan de ahorro de energía eléctrica en un edificio público – Lima.

Se concluye que a partir el análisis sistemático realizado para la investigación y aplicando las medidas recomendadas se logró el ahorro de energía eléctrica para el edificio, se obtiene un ahorro anual de 170,000 kwh/año, fotovoltaica en cubierta que genera un ahorro de 62,000 kwh/año.

Luego del análisis realizado se determinó que uno de los mayores consumos de energía eléctrica se debe a que en muchas áreas del edificio existen lámparas comandadas por un mismo interruptor.

Se desperdicia gran cantidad de energía debido a que el personal deja encendido las luminarias de manera irresponsable, esto es por falta de hábitos en ahorro de energía eléctrica, generándose pérdidas de 512 kw al mes como medidas para reducir las pérdidas se propone realizar campañas de sensibilización.

A partir de los resultados obtenidos del diagnóstico se ha generado el mejoramiento del consumo y de la eficiencia energética, dentro de un plan a realizar que no requiere mucha inversión sería realizar campañas de sensibilización constante para mejorar los hábitos del consumo de energía en todo el personal.

Este trabajo de tesis nos ayudara en como analizar los índices de consumo y realizar una metodología para desarrollar propuestas de mejoras en las dos subestaciones eléctricas.

2016, Perú, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Tesis de Pregrado, Ingeniero Mecánico-Electricista, VÁSQUEZ, FRANK, en su estudio titulado: "AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA PLANTA PROCESADORA FRUTÍCOLA PROFRUSA, Distrito De Olmos, Lambayeque, 2016", el objetivo de este estudio fue reducir el proceso productivo, ya que actualmente esta empresa no cuenta con un Modelo ni un Plan de Gestión para

el Ahorro Energético, debido a la demanda, el crecimiento de la planta se ha ido construyendo sin ningún plan de gestión, ni siguiendo un modelo para poder respetar el balance, el orden y el ahorro; además de estar haciendo un derroche de energía, reducen el tiempo de vida de los equipos.

En este trabajo se llegó a la conclusión que el consumo energético promedio anual estimado es de 667 191,452 kWh, un promedio mensual estimado de 55 599,2876 kWh y un promedio diario estimado de 1 853,3095 kWh. El índice de consumo energético por Tonelada antes de aplicar las mejoras es de 20,94 kWh/T. El índice de consumo energético antes de aplicar las mejoras tiene un coste promedio de 10,43011 soles por tonelada, mientras que después de aplicar las mejoras es de 5,4895 soles por tonelada.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Metodología para realizar una auditoría energética

Según Núñez (2005) en su tesis titulada “AUDITORÍA ENERGÉTICA EN LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO” menciona la siguiente metodología:

- Recolección de información básica e inventario general de las instalaciones.
- Elaborar balances de energía.
- Determinar la incidencia de consumo de energía.
- Obtener índices de consumo de energía.
- Determinar los potenciales de ahorro de energía.
- Identificar las medidas apropiadas de ahorro de energía.
- Evaluación de los ahorros de energía en términos de costo.

a) Recolección de información básica e inventario general de las instalaciones: Identificación del proceso productivo y/o áreas principales, de las fuentes de energía, de los consumidores de energía, de la capacidad instalada y horas de operación. Recolección de información histórica de las facturas de los suministradores de energía.

b) Elaborar balances de energía: Con el objetivo de conocer la distribución de energía en las diferentes fases del proceso productivo y/o áreas, es decir la

caracterización de cargas se realiza toma de datos mediante registros y mediciones puntuales, las diferentes formas de energía que entran o salen del sistema deben estar referidas a un mismo periodo de tiempo y expresadas en las mismas unidades. Los balances deben regirse por el principio de que la energía que se aporta al sistema es idéntica a la que éste cede.

- c)** Determinar la incidencia del consumo de energía: Para la determinación de la incidencia del consumo de energía se debe realizar para cada equipo o grupo de equipos en el consumo de energía total y por lo tanto en el costo total.

- d)** Obtener índices de consumo de energía: Los cuales pueden ser usados para determinar la eficiencia energética de las operaciones y consecuentemente el potencial de ahorro de energía. Índices típicos: consumo específico de energía y factor de carga.

- e)** Determinar los potenciales de ahorro de energía: Se realiza por equipos, áreas o centros de costos mediante una evaluación técnica detallada en los diferentes campos como: sistemas eléctricos, mecánicos, térmicos.

- f)** Identificar las medidas apropiadas de ahorro de energía: Se analiza toda la información recolectada con el fin de identificar las medidas apropiadas de ahorro de energía, las mismas que pueden ser de dos tipos:
 - De operación y mantenimiento (a corto plazo).
 - Medidas intensivas (a largo plazo).

- g)** Evaluación de los ahorros de energía en términos de costos: Se lleva a cabo una evaluación económica que permite realizar un análisis en función de los desembolsos requeridos para poner en práctica las recomendaciones de la auditoría.

2.2.2. Enfoque sistemático para la mejora de la eficiencia energética

Según Nueva iso 14001 (2020) , menciona que la ISO 50001 es una regulación internacional desarrollada por ISO (Organización Internacional de Normalización) que tiene como objetivo mantener y mejorar un sistema de gestión de energía en una organización, cuyo propósito es permitir la mejora continua en eficiencia energética, seguridad energética, Uso y consumo de energía con un enfoque sistemático. Este estándar tiene como objetivo permitir a las organizaciones mejorar continuamente la eficiencia, los costos relacionados con la energía y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Este estándar fue publicado por ISO en junio de 2011 y es aplicable a cualquier tipo de organización, independientemente de su tamaño, sector o ubicación geográfica. Se ha modelado según la norma ISO 9001 para sistemas de gestión de calidad y la norma ISO 14001 para sistemas de gestión ambiental.

Uno de los atributos más destacados de ISO 50001 es el requisito de «mejorar el sistema de gestión de energía y el rendimiento energético resultante». Las otras dos normas mencionadas ISO 9001 e ISO 14001 requieren mejoras en la efectividad del sistema de gestión, pero no en la calidad del producto/servicio (ISO 9001) o el desempeño ambiental (ISO 14001).

De esta manera, la norma ISO 50001 ha dado un salto importante al exigir a la organización que demuestre su compromiso de mejorar su rendimiento energético. Los objetivos cuantitativos no se especifican, pero cada organización elige los objetivos que desea establecer y luego diseña un plan de acción para lograr estos objetivos. Con este enfoque estructurado, es más probable que una organización vea beneficios financieros tangibles.

El objetivo principal de la norma es mejorar continuamente el rendimiento energético y la eficiencia energética, e identificar oportunidades adicionales

para reducir el uso de energía. Este enfoque sistemático ayudará a las organizaciones a establecer sistemas y procesos.

La gestión energética constante ayuda a las organizaciones a descubrir y aprovechar su potencial de eficiencia energética. Pueden beneficiarse del ahorro económico y hacer una contribución significativa a la protección del clima y el medio ambiente. El estándar debería incitar a los empleados, y en particular al nivel ejecutivo y gerencial, sobre posibles ganancias a largo plazo en relación con su consumo de energía. La organización puede descubrir ahorros potenciales y ventajas competitivas. Incluso puede ser un fortalecimiento importante para la imagen de la empresa.

2.3. Conceptual

2.3.1. Auditoría energética

Según FENERCOM en su artículo procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid (2009) definió auditoría energética “como un procedimiento sistemático para obtener un adecuado conocimiento del perfil de los consumos energéticos en una instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico (p.17).

2.3.2 Propuesta de plan de auditoria energética

La auditoría energética consiste en la realización de un estudio completo de una subestación y de sus instalaciones para poder obtener información objetiva sobre la energía consumida por el mismo, de manera que contempla la valoración tanto de aspectos técnicos como económicos que influyen en el consumo energético de todas las instalaciones y de cualquier otro equipo consumidor de energía, siendo su objetivo principal poder comprender como el mismo gestiona dicho consumo, detectar los puntos débiles donde se pierde o se emplea de forma inadecuada y proponer medidas de mejora que reduzcan el consumo y mejoren la eficiencia energética. (www.construccion21.org)

Normalmente la auditoria requiere de varias fases en su desarrollo que se centran en obtener información real sobre la subestación y su consumo energético para de ese modo poder compararla con la información teórica obtenida mediante una simulación y poder detectar en qué zonas no se gestiona adecuadamente la energía, de manera que en este Plan de Auditoría explicaremos de forma clara y sencilla cuáles son sus fases, que se detallan a continuación.

a. Recopilación de información sobre la subestación y planificación de la auditoria:

Dentro de este apartado se obtendrá la mayor información sobre el mismo, su envolvente e instalaciones, así como del comportamiento de los usuarios resumiéndose en:

Información previa:

- Documentación gráfica y escrita sobre los sistemas constructivos, así como de las instalaciones de la subestación (memorias, planos, mediciones y presupuestos de los proyectos de obra y de instalaciones).
- Facturas de los consumos energéticos.
- Horarios de uso y ocupación.
- Datos climatológicos de la zona donde se ubica.
- Relación de máquinas y equipos que consumen energía.
- Año de construcción y relación de posibles intervenciones o reformas realizadas que afecten a la envolvente o a las instalaciones.
- Otros aspectos que el técnico considere de interés.

Trabajo de despacho:

- Planificación de las fases de trabajo de nuestra auditoría.
- Simulación para estimar el comportamiento energético de la subestación y calcular un balance inicial teórico de cargas y demandas.

b. Visita a las instalaciones de la subestación: Estado actual, pruebas y comprobaciones.

Verificación del estado actual:

En una adecuada auditoria energética se deberá de verificar el estado en que se encuentra la subestación e instalaciones en relación a la documentación técnica previamente analizada, para lo cual será conveniente poder reflejarla en unas fichas de comprobación previamente elaboradas donde se refleje toda esa información.

Observación de los hábitos de los usuarios:

Se deberá comprobar cuáles son los hábitos de los empleados y usuarios en relación con las instalaciones energéticas, y se deberá de reflejar como en el caso anterior en una ficha, además es recomendable pasar un cuestionario sobre hábitos y mantenimiento que clarifique de manera objetiva como se gestionan los equipos e instalaciones.

Toma de mediciones y registros:

Planificación de las mediciones a realizar, de manera que se organicen cuáles son los parámetros que evaluar, con qué equipos de medición se realizarán y donde se localiza dicha actuación dentro de la subestación.

Mediciones y equipos a emplear, de manera que se tome como norma general; se realizarán las que a continuación se describen:

En la envolvente de la subestación:

En la siguiente tabla se reflejan las actuaciones a realizar y los parámetros que deben de verificarse en los elementos constructivos de la envolvente térmica:

**TABLA 1 – CAPITULO II
ENVOLVENTE TÉRMICA**

Parámetro analizado	Equipo de medida	Zona de la medición
Condiciones interiores: Temperatura seca y húmeda del aire	Termómetro	Estancias y zonas de trabajo
Condiciones interiores: Humedad relativa del aire	Higrómetro	Recintos habitables en la subestación.
Transmitancia Térmica: Flujo de calor que atraviesa un Elemento constructivo.	Termoflujómetros	Fachadas u otros cerramientos de la envolvente térmica. Particiones con espacios no habitables, etc
Infiltraciones de aire	Medidor de infiltraciones	Juntas de puertas y ventanas.
Puentes térmicos o zonas con pérdidas de calor. Zonas con aislamiento térmico deteriorado o sin aislamiento.	Cámaras Termográficas	Encuentros de salas de tablero, transformadores, equipos de control, cámaras de conexiones de cableado eléctrico, etc.

Fuente: Elaboración propia

En las instalaciones o suministro eléctrico de la subestación:

Se medirán los parámetros como la tensión, la potencia, la energía activa y reactiva, los factores de potencia, etc., para lo que se emplearán analizadores de redes eléctricas.

FIGURA 2 – CAPITULO II
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE TIPO DE ANALIZADORES DE REDES



Fuente: Informe de Auditoria TRESKO

En los equipos de iluminación de la subestación

Se medirán los niveles de iluminación de las estancias ocupables de las subestaciones y sus zonas, para lo cual se requiere el empleo de LUXÓMETROS, estos equipos se componen de una célula fotosensible y de un analizador.

En otras instalaciones de la subestación

Para poder evaluar el funcionamiento, así como el rendimiento de equipos como calentadores o calderas, se realiza el análisis de los gases de combustión y de ese modo saber a ciencia cierta sobre la forma en que tales equipos consumen el combustible y para esto se suelen medir de aspectos como la concentración de nitrógeno, de oxígeno, de monóxido de carbono y otros compuestos como el azufre, etc.

También se requiere obtener información sobre otros parámetros que nos informan del rendimiento real de la instalación, por ejemplo medir en el caso de las instalación de agua caliente sanitaria y calefacción, medir cual es el caudal que circula por una tubería con CAUDALÍMETROS o bien la presión del agua en las tuberías con MEDIDORES DE PRESION en este aspecto cuanto mayor sea

el número de pruebas y el rango de nuestras mediciones podremos obtener conclusiones lo más fiable posibles sobre el rendimiento de las mismas y ver donde existen problemas o cualquier anomalía o patología

c. Estudio y análisis del comportamiento energético

Se deberá de analizar la información aportada en los dos puntos anteriores, que nos van a permitir obtener las conclusiones más relevantes con relación a:

- Distribución de consumos eléctricos según periodos tarifarios, realizaremos un resumen que clarifique estos consumos por área o zona, durante los períodos valle, llano y punta.
- Obtención de las gráficas que muestren el consumo eléctrico y del resto de servicios energéticos, estimado de forma anual, mensual, diario y horario, así como intentar averiguar si algunos equipos están funcionando fuera de los horarios de trabajo.
- Estudiar la facturación energética para poder valorar si la tarifa contratada es la más adecuada a la subestación considerado en función de cómo se gestiona el consumo energético en el mismo, buscando la que mejor se acople a sus necesidades.

La comparación de resultados obtenidos en la simulación realizada para cada uno de los servicios energéticos de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación con los datos reales que nos han aportado la facturación y las mediciones en campo nos van a permitir identificar zonas o partes de la subestación y de sus instalaciones donde existen problemas, bien sea por que la instalación o cualquiera de sus componentes tienen algún problema, avería o falta de mantenimiento, o bien por que la envolvente presenta excesivas pérdidas, aspecto este que debe ser analizado también en función de los resultados obtenidos en las termografías realizadas.

d. Propuestas de mejora

Se deben proponer todas aquellas mejoras técnicas necesarias en la subestación, las instalaciones u otros factores que consideremos adecuadas

para reducir el consumo de energía y combustible, y permitir que sus elementos de envolvente e instalaciones puedan funcionar adecuadamente con un rendimiento óptimo, por tanto también será conveniente agruparlas en varios bloques o grupos, sistemas constructivos de envolvente, instalación de climatización, de renovación de aire, recuperación de energía, etc., siempre buscando un consumo energético adecuado u optimizado al tipo de subestación utilizada.

e. Estudio de viabilidad económica

Se debe de realizar un análisis económico de las medidas de mejora incluidas en la auditoría para valorar el periodo de amortización a partir de la estimación del coste de la inversión, así como del ahorro de energía conseguido, precio de la energía y combustibles, etc., de manera que se estimarán los períodos de retorno de cada una de dichas propuestas.

f.- Emisión del informe

Para concluir la auditoria se redactará un informe en el que se haga constar los objetivos perseguidos por la misma, el tipo de subestación y sus características técnicas y constructivas, las mediciones realizadas con los equipos de medida, y el resultado y las medidas correctoras propuestas para mejorar la eficiencia energética y subsanar los problemas detectados, en definitiva se pretende aportar unas pautas que permitan optimizar su eficiencia energética, corrigiendo si fuese necesario los hábitos de sus usuarios para tal fin.

2.3.3. Subestaciones eléctricas

Según Botto (2015) en su presentación menciona “es un conjunto de equipos eléctricos convenientemente seleccionados y adecuadamente dispuestos para distribuir y/o transformar la energía eléctrica, estos equipos son: de maniobra en media tensión, de transformación, de maniobra en baja tensión, de protección, de medición, de seguridad” (p.3).

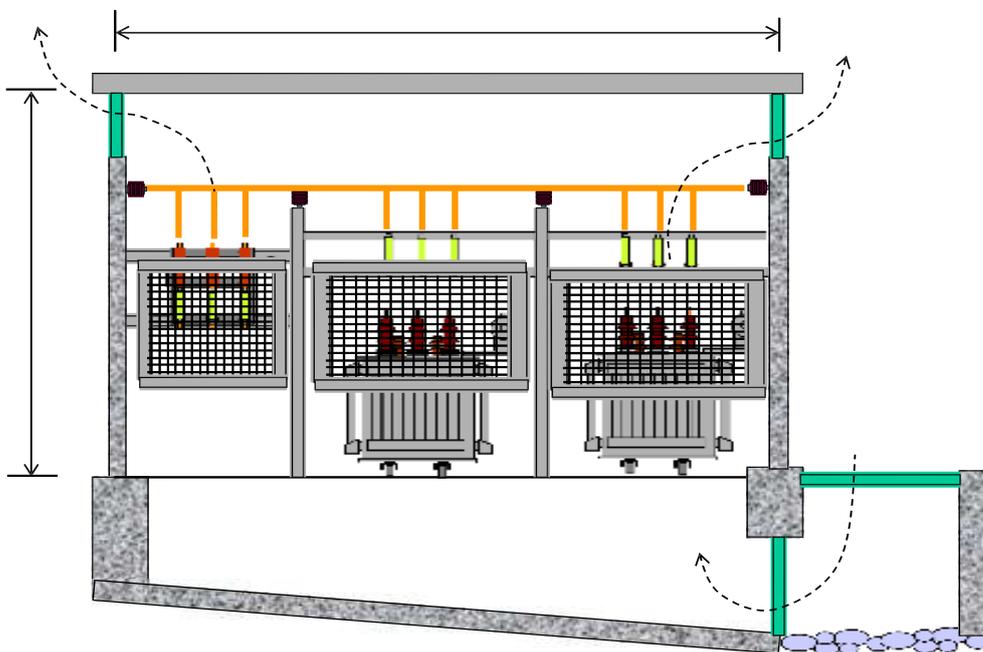
- Tipos de subestaciones eléctricas

Según Botto (2015) en su presentación mencionó lo siguiente (p.21-46):

a) Subestaciones convencionales: Son las que se muestran a continuación:

a.1) Con celdas de mampostería: Son aquellas que generalmente requieren de un edificio especialmente adecuado, dotado de canales para la eliminación del aceite de los transformadores (fugas) ductos y ventanas para la ventilación, puertas y rejillas, tabiquerías para la separación de celdas, mallas de protección, etc. El sistema de barras y conexiones son realizados en obra. Sus edificios requieren de dimensiones considerables.

**FIGURA 3 – CAPITULO II
SUBESTACIÓN CONVENCIONAL CON CELDAS ABIERTAS**



Fuente: www.elecinperu.com

a.2) Con celdas auto soportadas “metal enclosed”: Son aquellas que generalmente requieren de un edificio especialmente adecuado, dotado de canales para la eliminación del aceite de los transformadores (fugas) ductos y ventanas para la ventilación, puertas y rejillas; en cambio las celdas son

totalmente ensambladas y probadas en los talleres del fabricante; tienen el “frente muerto”, es decir no es posible el contacto humano con las partes vivas.

FIGURA 4 – CAPITULO II
SUBESTACIÓN CONVENCIONAL CON CELDAS ABIERTAS
(AUTOSOPORTADAS)



Fuente: www.elecinperu.com

b) Subestaciones compactas: Este tipo de subestaciones se caracteriza por reunir en un solo conjunto a todos los elementos de maniobra en media tensión, de transformación, de baja tensión, de medición, etc.

b.1) Tipo SCE: Se recomienda para potencias entre 160 y 500 KVA

FIGURA 5 – CAPITULO II
SUBESTACIÓN COMPACTA TIPO SCE



Fuente: www.elecinperu.com

b.2) **Tipo SMC:** Se recomienda entre 75 y 250 KVA (mini compactas).

**FIGURA 6 – CAPITULO II
SUBESTACIÓN MINICOMPACTA TIPO SCE**



Fuente: www.elecinperu.com

c) **Subestaciones tipo bloque:** Son semejantes a las subestaciones compactas, pero sin celda de transformación; el transformador va provisto de su propia cubierta que sirve además para la protección de las barras de conexión hacia la celda de llegada de media tensión, así como al tablero de baja tensión. Se aplica generalmente para potencias de 500 KVA o mayores.

**FIGURA 7 – CAPITULO II
SUBESTACIÓN TIPO BLOQUE**



Fuente: www.elecinperu.com

d) Subestaciones modulares: Se caracterizan por incorporar celdas modulares muy compactas que permiten satisfacer diversos esquemas eléctricos versátiles en espacios reducidos, con transformadores cubiertos que no necesitan de celdas de transformación o incorporados en celdas también muy compactas.

**FIGURA 8 – CAPITULO II
SUBESTACIÓN MODULAR**



Fuente: www.elecinperu.com

• **Componentes de las subestaciones eléctricas**

Según Botto (2015) en su presentación mencionó las siguientes componentes (p.21-46): el transformador, fusibles, interruptor automático, celdas modulares, ventilación de subestaciones eléctricas.

Arreglo de barras de subestaciones

Las subestaciones eléctricas en transmisión y distribución se diseñan también para tener, en la medida de lo posible, una máxima confiabilidad y flexibilidad de operación. La facilidad para desconectar equipo y sacarlo de servicio para salidas programadas o no programadas, manteniéndolo en operación, es esencial para la operación confiable de los sistemas.

Existen varios arreglos de barras para las subestaciones, que son usados por las distintas empresas eléctricas para satisfacer el requerimiento de una operación confiable y flexible del sistema. Algunos de estos arreglos se usan en las subestaciones de los sistemas eléctricos de potencia, pero también en instalaciones para grandes usuarios industriales y comerciales.

La selección de un arreglo de barras en particular y su representación en un diagrama unifilar, de los llamados simplificados, requiere de un estudio previo donde se determinen: los requerimientos de la demanda de energía, las ampliaciones del sistema y la afectación que esto pueda tener, la flexibilidad y facilidad para el mantenimiento, así como los costos asociados a la cantidad de equipo que interviene en cada tipo de arreglo de barras,

Los arreglos de barras más comunes son los que se indican a continuación, en orden de complejidad y costo:

- a) Barra simple o sencilla.
- b) Barra seccionada.
- c) Barra principal y barra de interconexión.
- d) Barra principal y barra de transferencias.
- e) Barra principal y barra auxiliar.
- f) Barra principal, barra auxiliar y barra de transferencia
- g) Interruptor y medio
- h) Doble barra, doble interruptor.

2.3.4. Definición de eficiencia energética o eficiencia de la energía

Según DISNORTE mencionó que: la eficiencia energética es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos, lo cual se puede lograr a través de la implementación de mejores hábitos de consumo de inversiones a nivel tecnológico.

2.3.5. Tableros Eléctricos Tipo CCM y CDC

* Tableros Eléctricos Tipo CCM

Centro de Control de Motor ANSI/NEMA Clase 600V CCM EVOLUTION E9000.
(Revista Electro industria - CDC y CCM de LOGSTRUP)

Características

- Evolución con capacidad mínima de 65KAIC: Brinda la posibilidad de expandirse a medida que crecen sus necesidades.
- Clasificación sísmica: Certificación de prueba IBC-2006 3D y calificado para los requisitos sísmicos IEEE-693-2005.
- Dispositivos de arranque enchufables hasta tamaño 5: pueden enchufar los dispositivos de arranque de GE hasta en un tamaño 5, lo que permite una instalación y desmontaje sencillo. Además, los dispositivos de arranque de tamaño 5 han sido reducidos a 36" de altura, por lo que ahora pueden entrar dos en una sola sección de MCC.

FIGURA 9 – CAPITULO II
TABLERO ELÉCTRICO DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES CCM



Fuente: Revista Electro industria LOGSTRUP

- Los interruptores de alimentador enchufable ahora hasta 600 A: la más amplia gama de GE de alimentadores enchufables en la industria brinda a los clientes más flexibilidad para mover las cubetas rápidamente.
- Variadores de 100kAIC: Los variadores de GE tienen una clasificación de 100kAIC sin fusibles, lo que hace que los clientes ahorren espacios y gastos extra.
- Supresor de transitorios de voltaje integrado: Los componentes TVSS aseguran el suavizado de los picos y el ruido inherente en la potencia de la utilidad/generador que fluye a través de su centro de control del motor.

*** Tableros Eléctricos Tipo CDC**

a) CDC y CCM de Logstrup licenciados a CLAS Ingeniería Eléctrica

**FIGURA 10 – CAPITULO II
TABLERO ELÉCTRICO CDC**



Fuente: Revista Electro industria LOGSTRUP

Los sistemas modulares de Tableros de Distribución de Potencia (CDC - Switchgear) y de Centro de Control de Motores (CCM - Controlgear) de Logstrup, modelo OMEGA, han sido diseñados acorde a los requerimientos de la Norma IEC 60439-1 en cuanto a segregación interior (Forma 1 a 4, A y B), cumpliendo además las pruebas de tipo para ensambles de maniobras y de control, haciendo

de estos sistemas tableros de tipo TTA y PTTA. Asimismo, cuentan con prueba de arco interno, barreras de arco e inspección termográfica de áreas (IEC 61641). (Revista Electro industria-CDC y CCM de LOGSTRUP).

Ambos equipos han sido fabricados para voltajes de aislación de 1000 Vac y de servicio de 690 Vac, con barras principales horizontales hasta 8500 Amp. / 130 kA/1s, y barras verticales hasta 1600 Amp. / 130 kA/1s. Por último, tienen un grado de protección IP 2X hasta IP 44.

Cabe destacar que CLAS Ingeniería Eléctrica ha sido licenciado por Logstrup para cotizar, integrar, proyectar, configurar y ensamblar estos sistemas de tableros utilizando el software Logdesign y Logcalculation.

b) Normas Técnicas Eléctricas Internacionales

Las subestaciones 1 y 2 han sido diseñadas y operan bajo las normas NEMA la cual fue preparada por un comité técnico de NEMA Industrial Sección de productos y sistemas de control de automatización. Fue aprobado de acuerdo con los estatutos de NEMA y reemplaza la Publicación de Estándares NEMA indicada. Esta norma La publicación fue publicada originalmente en ICS 3-1993 Factory Built Assemblies como parte 1: Motor Centros de control clasificados no más de 600 voltios de CA.

Las partes 2 y 3 del estándar original ICS 3-1993 se han vuelto a numerar como Partes 1 y 2 y renombrado Control Industrial ICS 3-2000 y Sistemas: Controladores de Media Tensión Calificados 2001 a 7200 voltios de CA.

Los estándares proporcionan información práctica sobre calificaciones, construcción, prueba, rendimiento y fabricación de equipos de control industrial. Estos estándares son utilizados por la industria eléctrica para proporcionar directrices para la fabricación y aplicación adecuada de confiables productos y equipos y para promover los beneficios de la fabricación repetitiva y generalizada disponibilidad de producto.

Los estándares NEMA representan el resultado de muchos años de investigación, investigación y experiencia por los miembros de NEMA, sus predecesores, sus Secciones y Comités. Ellos han estado desarrollado a través de consultas continuas entre fabricantes, usuarios y sociedades de ingeniería y han resultado en una mejor capacidad de servicio de los productos eléctricos con economías a los fabricantes y usuarios.

Uno de los propósitos principales de esta publicación de normas es alentar la producción de equipo de control confiable que, en sí mismo, funciona de acuerdo con estos aceptados estándares. Algunas partes de estos estándares, como espaciamientos eléctricos e interrupción calificaciones, tienen una relación directa con la seguridad; casi todos los artículos de esta publicación, cuando se aplican adecuadamente, contribuye a la seguridad de una manera u otra.

El equipo de control industrial construido adecuadamente es, sin embargo, solo un factor para minimizar los peligros que pueden estar asociados con el uso de electricidad. La reducción del peligro involucra los esfuerzos conjuntos de los diversos fabricantes de equipos, el diseñador de sistemas, el instalador y el usuario. La información se proporciona en este documento para ayudar a los usuarios y a otros en la selección adecuada de equipo de control.

La norma se limita necesariamente a definir los requisitos de construcción para equipos de control industrial y para proporcionar recomendaciones para la selección adecuada para su uso bajo condiciones normales o ciertas condiciones específicas. Dado que cualquier pieza de equipo de control industrial puede ser instalado, operado y mantenido de tal manera que puedan resultar en condiciones peligrosas, el cumplimiento de esta publicación no garantiza por sí solo una instalación segura. Cuando, sin embargo, el equipo que cumple con estos estándares se selecciona correctamente y se instala de conformidad con el Código Eléctrico Nacional y mantenido adecuadamente, los peligros para las personas y la propiedad será reducido.

c) Centros de control de motores

General

Estándares referenciados

La Norma NEMA, se hace referencia a los estándares enumerados a continuación. Las copias son disponibles de las fuentes indicadas.

Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos

ICS 1-2000 Requisitos generales de control industrial y sistemas

ICS 1.3-1986 (2001) Mantenimiento Preventivo de Equipos de Control y Sistemas Industriales.

ICS 2-2000 Control y sistemas industriales: controladores, contactores y sobrecarga de Relés.

ICS 2.3-1995 Control y Sistemas Industriales: Controladores, Instrucciones para el Manejo, Instalación, operación y mantenimiento de los centros de control de motores
ICS 6-1993 (R2001) Control y sistemas industriales: envolventes.

NEMA 250-1997 Recintos para equipos eléctricos (1000 voltios como máximo).

Underwriters Laboratories de Estándares Nacionales

ANSI C62.2-1987 Guía para la aplicación de pararrayos con descarga de silicona y carburo de silicio para Sistemas de corriente alterna.

Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

Procedimiento de prueba IEEE C37.09-1999 para disyuntor de alto voltaje de CA
IEEE C37.26-1972 Métodos de mediciones del factor de potencia para circuitos de prueba inductiva de baja tensión.

IEEE 141-1993 Práctica recomendada para la distribución de energía eléctrica para plantas industriales.

IEEE 4-1995 Técnicas para pruebas de alto voltaje.

IEEE 100-2000 Diccionario estándar de términos eléctricos y electrónicos.

Referencias normativas

Las definiciones y estándares de la Publicación de Normas NEMA No. 250, ICS 1, ICS 6 y partes de ICS2 también se aplican a esta parte. Los interruptores automáticos Compact NSX y los auxiliares cumplen las siguientes normas:

- Recomendaciones internacionales:
- IEC 60947-1: normas generales
- IEC 60947-2: interruptores automáticos
- IEC 60947-3: interruptores seccionadores
- IEC 60947-4: contactores y arrancadores
- IEC 60947-5.1 y siguientes: aparatos de circuitos de control y elementos de conmutación; componentes de control automático
- Normas europeas (EN 60947-1 y EN 60947-2) y las normas nacionales correspondientes.

Características normalizadas indicadas en la placa de especificaciones:

- 1 Tipo de aparato: calibre y clase de poder de corte.
- 1 U_i : tensión asignada de aislamiento.
- 2 U_{imp} : tensión asignada soportada al impulso.
- 3 I_{cs} : poder de corte de servicio asignado en cortocircuito.
- 4 I_{cu} : poder de corte último en cortocircuito según la tensión de empleo U_e .
- 5 U_e : tensión de empleo.
- 6 Etiqueta de color que indica el tipo de poder de corte.
- 7 Símbolo de interruptor seccionador.
- 8 Norma de referencia.
- 9 Principales normas que cumple el aparato.

FIGURA 11 – CAPITULO II
CARACTERÍSTICAS NORMALIZADAS

The image shows a technical specification card for a Schneider Electric Compact NSX250 H circuit breaker. The card is dark blue with white text. It features the Schneider Electric logo at the top. Below the logo, the model name 'Compact NSX250 H' is displayed. Two callout lines, labeled 1 and 2, point to the 'Compact' and 'NSX250 H' text respectively. Below the model name, the rated voltage 'Ui 800 V' and the impulse withstand voltage 'Uimp 8 kV' are listed. Callout line 3 points to 'Uimp 8 kV'. A table follows, with columns for 'Ue (V)', 'Icu (kA)', and 'Ics'. Callout lines 4, 5, and 6 point to the 'Icu (kA)' and 'Ics' columns. The table lists specifications for various voltage levels: 220/240, 380/415, 440, 500, 525, and 660/690 V. Below the table, the frequency '50/60Hz' and category 'cat A' are specified. Callout line 7 points to 'cat A'. Below that, the standards 'IEC / EN 60947-2' and 'NEMA AB1' are listed. Callout line 8 points to 'IEC / EN 60947-2'. A table below shows 'NEMA AB1' and 'MIC (kA)' values for 240V, 480V, and 600V. Callout lines 9 and 10 point to 'NEMA AB1' and 'MIC (kA)' respectively.

Ue (V)	Icu (kA)	Ics
220/240	100	100
380/415	70	70
440	65	65
500	50	50
525	35	35
660/690	10	10

NEMA AB1	MIC (kA)
240V	100
480V	65
600V	35

Fuente: Informe de Auditoria TRESCO

Índice de Consumo Energético (ICE): (Chuquitarco, 2012, p.39)

Es el indicador que se utiliza para determinar la cuanta energía que se está utilizando y el producto que se está produciendo.

Los ICE, son muy importantes porque permiten a las empresas tener un valor objetivo de cómo están realizando el consumo de electricidad, en algunos países estos están normados y son de cumplimiento obligatorio.

Es por ello, que dependiendo del sistema de producción son calculados en periodos largos de tiempo, pues en estos periodos la información con que se cuenta es más amplia, por lo tanto, el valor obtenido se acerca más a la realidad estudiada.

Puede desarrollarse indicadores de consumo energético a nivel global, es decir de toda la planta, como a nivel de equipos

CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGÍA = (CONSUMO DE ENERGÍA (kWh)) / (CANTIDAD DE PRODUCTO FINAL (TON.))

Dando así la relación la cantidad de energía usada para lograr obtener cierta cantidad de producto procesado.

2.3.6. Diagnóstico energético eléctrico: (Auli, 2012, p. 47)

El diagnóstico energético eléctrico nos permite conocer cómo se está utilizando la energía eléctrica en una empresa, y constituye una herramienta básica para establecer el grado de eficiencia en su utilización.

Las compañías eléctricas penalizan en consumo de energía reactiva con el objetivo de incentivar su corrección, uno de los grandes beneficios al corregir el factor de potencia, es contar con potencia extra, además las instalaciones se ven aumentadas en su capacidad.

Entonces, para el control del factor de potencia, se utiliza condensadores en paralelo con las cargas inductivas.

La capacidad del banco de condensadores lo calculamos así:

$$Q_c = P * (tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$$

Ecuación 1: Corrección del factor de potencia

Donde:

Q_c : Corrección del factor de potencia

P: Potencia Activa en Kw

$(tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$: Factor de corrección X

Fuente: Informe de Auditoría TRESCO

La energía reactiva facturada no debe sobrepasar el 30% de la energía activa.

2.4. Definición de términos básicos

- **Bunker Diésel:** Petróleo en almacén subterráneo
- **Bushing:** Buje, cojinete, manga.
- **CNE:** Código Nacional Eléctrico
- **CCM:** Centro de Control de Motores
- **CDC:** Centro de Distribución de Carga
- **Eficiencia:** Capacidad de disponer de alguien o algo para conseguir un efecto determinado.
- **ICS:** Industrial Control and System.
- **IEC:** International Electrotechnical Commission.
- **ITM:** Interruptor Termo Magnético
- **Interruptor:** Mecanismo destinado a interrumpir o establecer un circuito eléctrico.
- **Fusible:** Hilo o chapa metálica que se coloca en algunas partes de las instalaciones eléctricas para que cuando la corriente sea excesiva, la interrumpa fundiéndose.
- **Mampostería:** Obra hecha con mampuestos colocados y ajustados unos con otros sin sujeción a determinado orden de hiladas o tamaños.
- **NEMA:** National Electric Manufacturers Association.
- **Pick Up:** Recogida.
- **Proceso:** Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial.
- **SPAT:** Sistema Puesta a tierra
- **Software PTW:** es el Power Factory 15.2 subtulado Quasi-Dynamic simulation- Distribution BT con título de Digsilent power Factory 15.2.
- **Subestación:** Instalación generalmente eléctrica dependiente de otra principal, que da servicio a una zona determinada.
- **SPAT:** Sistema Puesta a tierra
- **Transformador:** Aparato para convertir la corriente alterna de alta tensión y débil intensidad en otra de baja tensión y gran intensidad o viceversa.
- **UPS:** Ininterruptible Power Supply.

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1 General

El desarrollar un plan de auditoria energética en dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW de un Terminal de Hidrocarburos, permitirá incrementar la eficiencia de energía y la propuesta de un plan de reducción del consumo eléctrico.

3.1.2 Específicas

- La elaboración de un listado de equipos necesarios nos permitirá obtener la información de campo.
- La identificación de los tipos de mediciones y registros de los parámetros eléctricos ayudaran a la elaboración de datos que se va a utilizar en la auditoria energética.
- El realizar los cálculos de balances de energía nos permitirá conocer la demanda actual de consumos de energía de las dos subestaciones.
- La identificación de los puntos de mayor consumo eléctrico en las dos subestaciones nos permitirá realizar estudios de mejora energética.
- La identificación de las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía nos ayudara en nuestra propuesta para el ahorro de energía.
- El determinar y evaluar económicamente la capacidad de ahorro energético, permitirá la elaboración de la propuesta de ahorro energético.

3.2. Definición conceptual de variables

Variable I: Plan de auditoría energética

Según FENERCOM en su artículo procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid (2009) definió **auditoría energética** “como un procedimiento sistemático para obtener un adecuado conocimiento del perfil de los consumos energéticos en una instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico (p.17).

Plan de auditoría, define específicamente los detalles de la auditoría, incluyendo el conjunto actividades que **se programa en la agenda** para llevar a cabo cada auditoría de primera, segunda o tercera parte, precisando datos mínimos como proceso/actividad/requisito auditado, fecha, hora, responsable auditado, y equipo auditor asignado. (Nueva Iso 9001:2015)

Variable II: Eficiencia energética

Según DISNORTE mencionó que: la eficiencia energética es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos, lo cual se puede lograr a través de la implementación de mejores hábitos de consumo de inversiones a nivel tecnológico.

3.2.1. Operacionalización de variable

Variable	Dimensión	Indicador	Índice	Método - Técnica
Plan de auditoría energética	<ul style="list-style-type: none"> Recolección de información. 	<ul style="list-style-type: none"> Ficha de datos. Historial de mantenimiento. Certificados de calidad de equipos. Fichas técnicas de equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> Documentación técnica de equipos y consumos. 	Cualitativo-Observación
	<ul style="list-style-type: none"> Medición y registros de parámetros eléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> Cámara termográfica. Analizador de redes. Pinza amperimétrica. Ohmímetro. 	<ul style="list-style-type: none"> Instrumentos de medición eléctricos. 	Cualitativo-Observación
	<ul style="list-style-type: none"> Cálculos energéticos y elaboración de planos unifilares. 	<ul style="list-style-type: none"> Balance de energía. Cargamento de transformadores. Toque y paso de malla de tierra. 	<ul style="list-style-type: none"> KWH / BBLS 	Cuantitativo-Observación
	<ul style="list-style-type: none"> Reportes de ejecución. 	<ul style="list-style-type: none"> Registros y procedimientos de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo promedio horario KWH 	Cuantitativo-Observación
	<ul style="list-style-type: none"> Propuestas de mejora. 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del consumo eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> Costo de Inversión en US\$ / KWH 	Cuantitativo-Documental
Eficiencia energética	<ul style="list-style-type: none"> Consumo de energía eléctrica de las dos subestaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> Facturas de consumo mensual de energía eléctrica. Consumo de energía de tableros eléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> S. / KWH 	Cuantitativo-Documental

IV. DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

Según Espinoza (2014), enuncio que “la investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que beneficien a la sociedad. Sus niveles son la experimentación y la aplicación “(p.90).

El tipo de investigación de la presente tesis es tecnológica, ya que aplica los conocimientos científicos relacionados con el desarrollo de un plan de auditoria energética para incrementar la eficiencia de energía de dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW para dar una solución al problema de la demanda de energía actual y la que se necesita en el futuro por el crecimiento de un Terminal de Hidrocarburos, mediante este plan de auditoria energética y la eficiencia de energía se podrá sustentar la ampliación de nuevas subestaciones que podrá cubrir las demandas energéticas a proyectos futuros.

4.1.2 Diseño de investigación

Diseño no experimental

Según Hernández (2010), enuncio que “es no experimental la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables” (p. 149).

Diseño transversal

Según Hernández (2010), enuncio que la investigación “es transversal ya que su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede” (p.151).

Diseño descriptivo simple

Según Espinoza (2014), enuncio que una descripción simple “busca recoger información actualizada sobre el objeto de investigación. Sirve para estudios de diagnóstico descriptivo, caracterizaciones, perfiles, etc.” (p.93).

La presente investigación presenta un diseño no experimental, transversal y del tipo descriptivo.

4.2. Método de investigación

Según Reyes y Boente (2019), enuncio que el método hipotético – deductivo:

A través de observaciones realizadas de un caso particular se plantea un problema. Este lleva a un proceso de inducción que remite el problema a una teoría para formular una hipótesis, que a través de un razonamiento deductivo intenta validar la hipótesis empíricamente. (p.57)

Se empleará el método hipotético deductivo ya que se demostrará que a través de un plan de auditoría energética en las dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW de un Terminal de Hidrocarburos se logrará incrementar la eficiencia de energía y la propuesta de un plan de reducción del consumo eléctrico.

4.3. Población y muestra

Según Chávez (2007), la población “es el universo de estudio de la investigación, sobre el cual se pretende generalizar los resultados, constituida por características o estratos que le permiten distinguir los sujetos, unos de otros” (p.162).

Según Bavaresco (2006), refiere que “cuando se hace difícil el estudio de toda la población, es necesario extraer una muestra, la cual no es más que un subconjunto de la población, con la que se va a trabajar” (p. 92).

Para la presente tesis la población representa a las dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW de un Terminal del Hidrocarburos, así como también la muestra, ya que tiene las mismas características de la población.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

Terminales Hidrocarburos del Perú, Provincia Constitucional del Callao – Dpto. de Lima. Néstor Gambetta 1265 – Callao – Zonificación 13. Periodo 2018.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Para el presente trabajo de investigación se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos:

4.5.1 Técnicas de recolección de la información

- **Observación**

Esta técnica consistió en realizar las visitas en campo de la zona de trabajo, la cual nos permitió observar los diversos procesos que se realizan en las dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW de un Terminal de Hidrocarburos, analizar datos relevantes la cual nos ayudara en empezar la etapa de desarrollo del plan de auditoria energética.

- **Revisión bibliográfica**

Nos permitió tener la normativa que se basara el plan de auditoria energética y mejora de la eficiencia energética, la cual avalara el trabajo de investigación.

4.5.2 Instrumentos de recolección de la información

- Fichas o formularios de observación
- Formatos de auditorias

Información de recolección de datos realizados por la empresa eléctrica TRESKO

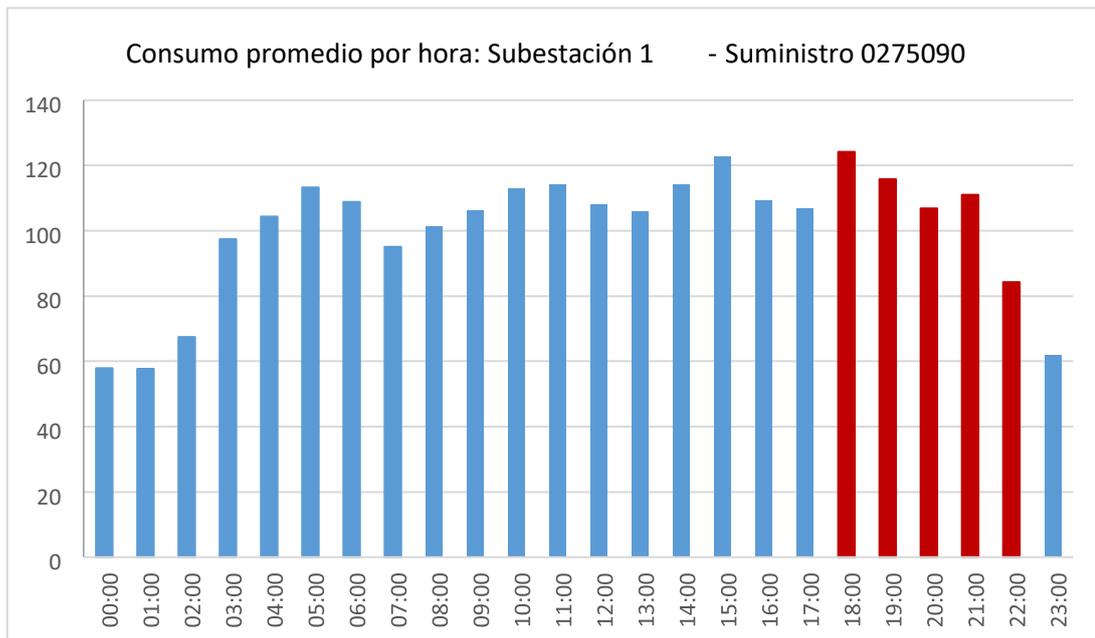
Tipología de Consumo Energético

Se presenta un resumen de los resultados más importantes alcanzados por el presente estudio.

Consumo mensual de energía eléctrica de la subestación N° 1 en KWh sin proyectos de mejora.

GRÁFICA 1 – CAPITULO IV

CONSUMO HORARIO TOTAL SEGÚN FRANJA HORARIA: SUBESTACIÓN 1

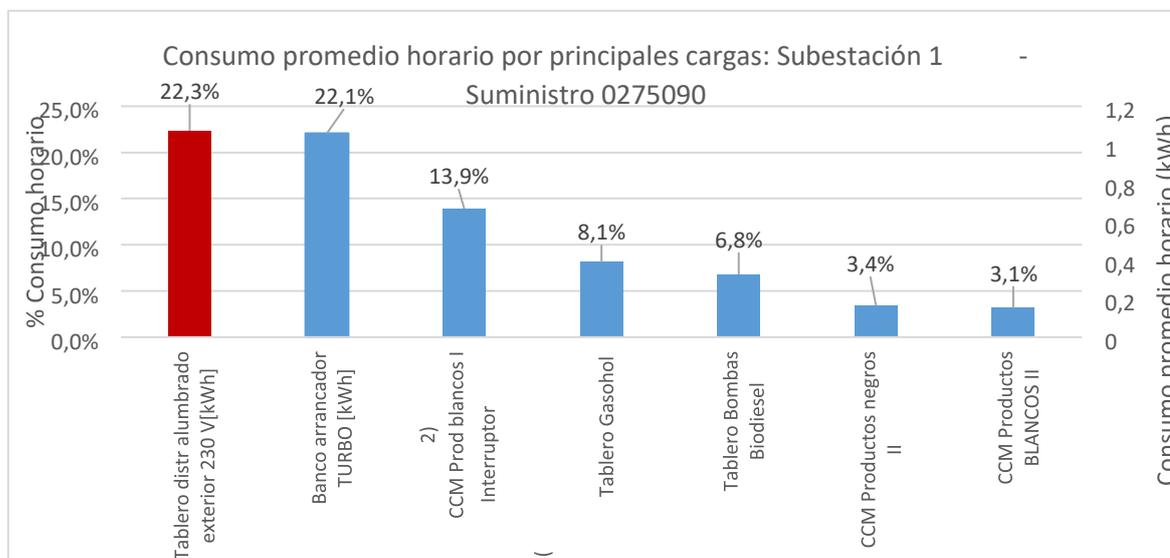


Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con en el gráfico 1. Consumo horario total según franja horaria: Subestación 1 – Suministro 0275090, que muestra el consumo promedio horario de la subestación 1, se observa que la franja horaria de hora punta (barras rojas) son ligeramente mayor a la franja normal (barras celestes) alcanzando un pico de 124.17 kWh a las 18:00 horas.

GRÁFICA 2 – CAPITULO IV

CONSUMO PROMEDIO HORARIO PRINCIPALES CARGAS: SUBESTACIÓN 1



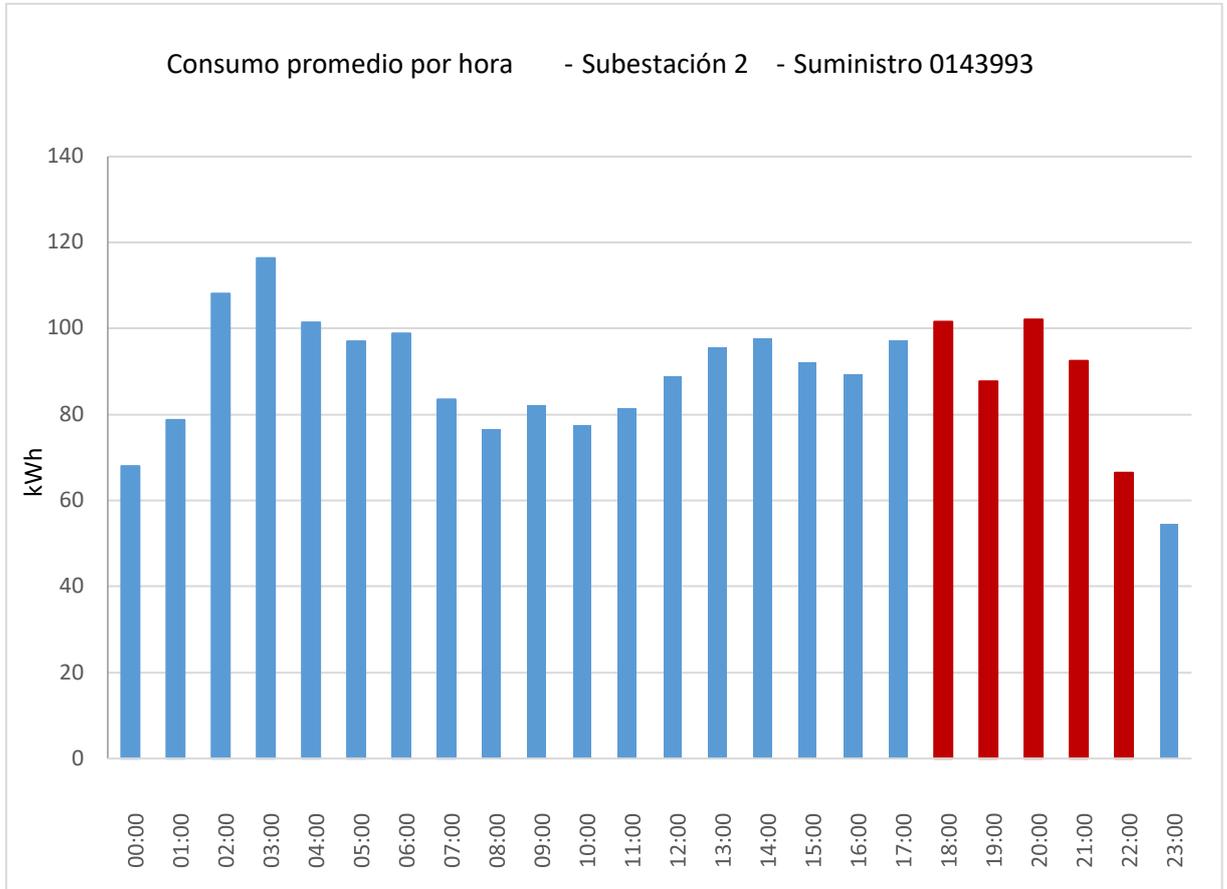
Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra en el gráfico 2. Consumo promedio horario principales cargas: Subestación 1 - Suministro 0275090, el tablero de distribución de alumbrado exterior de 230V representa el 22.3% del consumo de la subestación 1 con un consumo promedio 22.13 kWh por 7 días de medición.

GRÁFICA 3 – CAPITULO IV

CONSUMO HORARIO TOTAL SEGÚN FRANJA HORARIA: SUBESTACIÓN

2

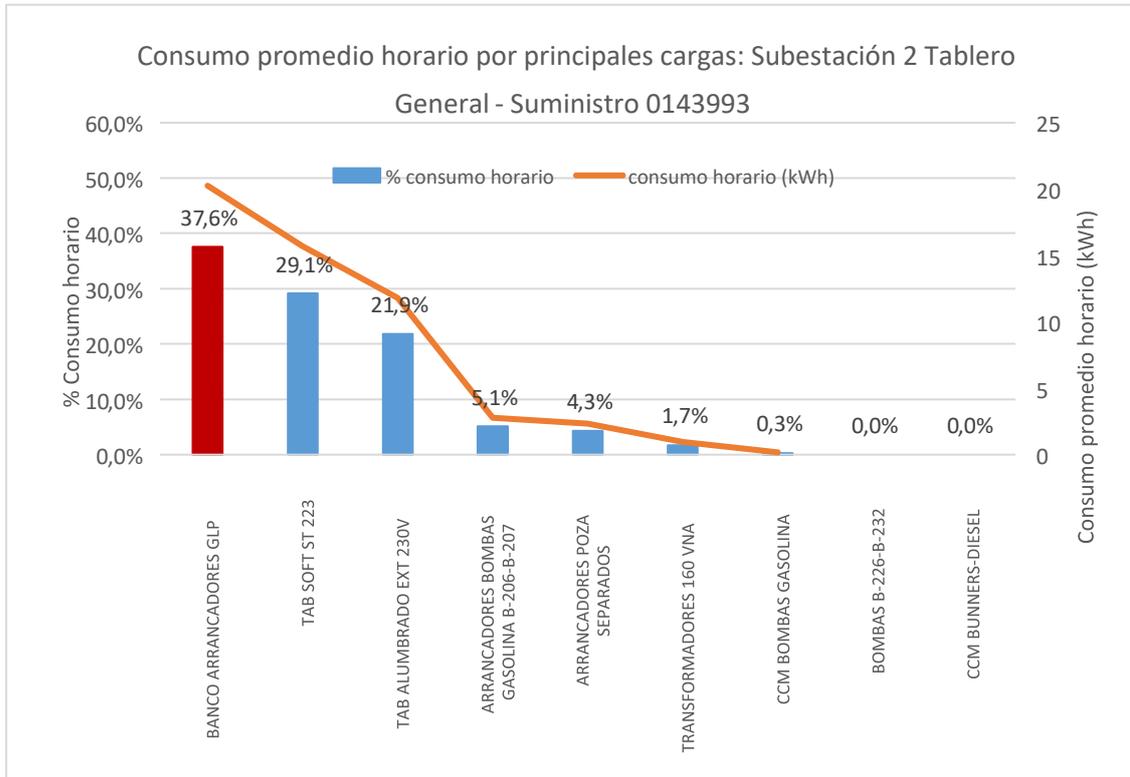


Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el gráfico 3. Consumo horario total según franja horaria: Subestación 2 - Suministro 0143993, no se observa una gran diferencia entre el consumo horario de cada una de las dos franjas, lo que no permite identificar claramente una tipología de consumo distinto.

GRÁFICA 4 – CAPITULO IV

CONSUMO PROMEDIO HORARIO PRINCIPALES CARGAS: SUBESTACIÓN 2

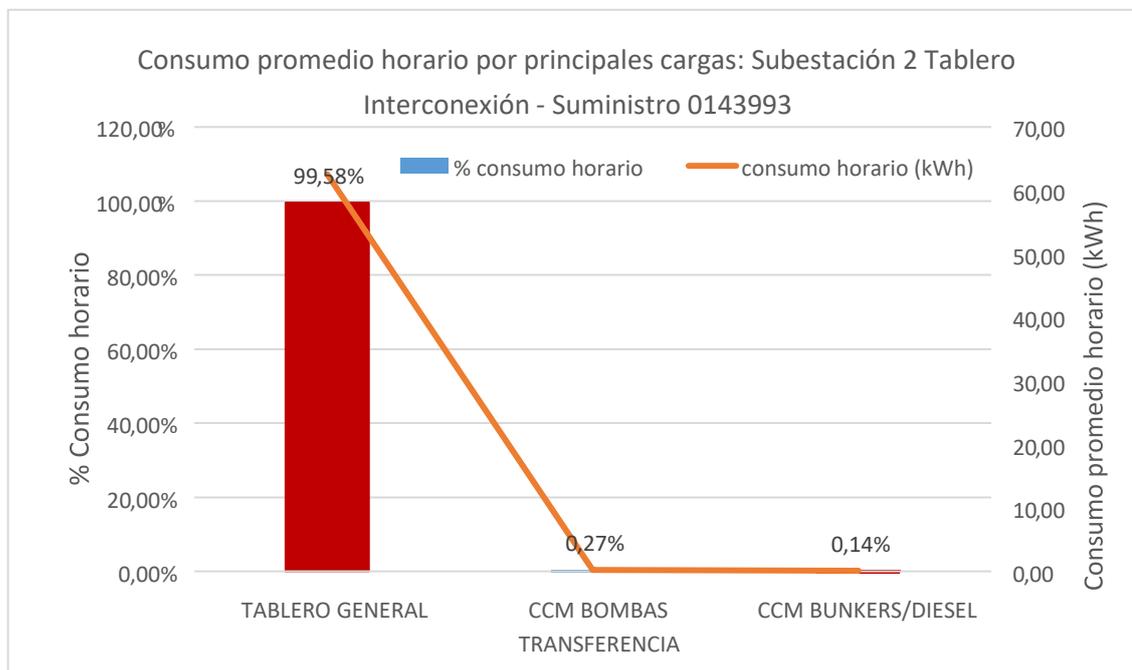


Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra en el gráfico 4. Consumo promedio horario principales cargas: Subestación 2 Tablero general – Suministro 0143993, el banco de arrancadores GLP representa 37.6 % del consumo, el consumo promedio registrado fue de 20.26 kWh por 7 días de medición.

GRÁFICA 5 – CAPITULO IV

CONSUMO PROMEDIO HORARIO PRINCIPALES CARGAS: SUBESTACIÓN 2 TABLERO INTERCONEXIÓN - SUMINISTRO 0143993



Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra en el gráfico 5. Consumo promedio horario principales cargas: Subestación 2 Tablero interconexión - Suministro 0143993, el tablero general representa el 99.58 % del consumo, el consumo promedio registrado fue de 62.56 kWh por 7 días de medición.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

4.6.1 Análisis de datos

Según Espinoza (2014), enunció que “la descripción de los datos obtenidos a cerca de las variables se describe mediante la distribución de frecuencias, las medidas de tendencia central y las medidas de dispersión” (p.109).

El trabajo de investigación se basó en la estadística descriptiva, ya que se necesita de las medidas de tendencia central y de dispersión para mostrar cómo se desarrolló un plan de auditoría energética para incrementar la eficiencia de

energía de dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW de un Terminal de Hidrocarburos.

Para la demostración de la hipótesis se han utilizado indirectamente dos variables relacionadas al Plan de Auditoría Energética y al incremento de la eficiencia de la energía de las dos subestaciones. Debido a que solo se tiene datos y mediciones del monto de facturación mensual del consumo de energía en S/. de las dos subestaciones y los consumos de energía activa en KWh en los meses de febrero a agosto del 2017, se utilizarán estos datos para el procesamiento estadístico y verificar la relación entre estas dos variables.

Dicha información corresponde al funcionamiento de las dos subestaciones sin los proyectos de mejora y servirán para comparar el consumo de energía y los montos facturados con la aplicación de los 7 proyectos propuestos.

4.6.2. Procesamiento estadístico

El procesamiento estadístico se realizará teniendo en cuenta las variables principales de la operatividad de una subestación que son: el consumo mensual de energía eléctrica en KWh y los costos de dichos consumos en soles, que nos permitirá evaluar la eficiencia energética de la subestación sin proyecto y se comparará con los consumos mensuales de energía eléctrica y los costos respectivos con las mejoras de los proyectos propuestos para ambas subestaciones y de ese modo demostrar que dicho Plan de Auditoría Energética permite incrementar la eficiencia de energía de dos subestaciones eléctricas de 295 kW y 1000 kW de un terminal de hidrocarburos de Petroperú ubicado en el Puerto Terminal del Callao – Perú.

Para dichos cálculos utilizaremos las definiciones y las fórmulas de potencia activa en KW, energía activa en KVAR y potencia total en KVA. También usaremos los conceptos y fórmulas de la eficiencia de energía de una subestación eléctrica en KW.h

Energía Activa (Ea): Se expresa en Kilovatios-hora (kWh). Se puede utilizar, después de que la carga la transforme, en forma de trabajo o calor. Esta energía corresponde a la potencia activa P (kW).

Energía Reactiva (Er): Se expresa en Kilovoltiamperios reactivos reactivos-hora (kVArh). Se utiliza en motores y transformadores bobinados para crear un campo magnético, el cual es esencial para el funcionamiento. Esta energía corresponde a la potencia reactiva Q (kVAr). A diferencia de la energía anterior, se dice que esta “no es productiva” para el usuario.

Cálculo de energía

$$\vec{E}_{ap} = \vec{Ea} + \vec{Er}$$

$$E_{ap} = \sqrt{Ea^2 + Er^2}$$

Cálculo de potencia

$$\vec{S} = \vec{P} + \vec{Q}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Para suministro monofásico

$$S = VI$$

$$P = VI \cos \phi$$

$$Q = VI \sin \phi$$

Para suministro trifásico

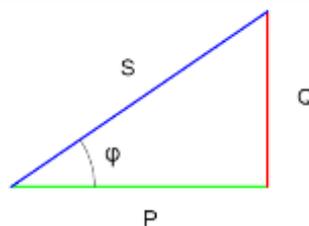
$$S = \sqrt{3}VI$$

$$P = \sqrt{3}VI \cos \phi$$

$$Q = \sqrt{3}VI \sin \phi$$

Triángulo de energías Eléctricas

Esta energía, expresada generalmente en Kilovoltiamperios-hora (kVAh), corresponde a la potencia aparente S (KVA), y puede desglosarse de la siguiente forma:



Factor de potencia

Por definición, el factor de potencia o $\cos \phi$, es igual al cociente entre la potencia activa P (KW) y la potencia aparente S (KVA), pudiendo variar de 0 a 1.

$$\cos \phi = \frac{P(kW)}{S(kVA)}$$

De este modo, puede utilizarse para identificar el nivel de consumo de energía reactiva de los equipos instalados.

- Un factor de potencia igual a 1 tendrá como resultado un consumo de energía reactiva cero (resistencia pura).
- Un factor de potencia menor que 1 tendrá como resultado un consumo de energía reactiva, la cual aumentará a medida que alcance 0 (inductancia pura).

En una instalación eléctrica, el factor de potencia puede variar de una red a otra, dependiendo de las cargas instaladas y de la forma en que estas se utilizan (plena carga, bajos regímenes de carga, etc).

Desde hace tiempo, los equipos de medida indican el consumo de energía activa y reactiva de manera más fácil y precisa. Otro término a tener en cuenta a la hora de analizar el consumo de energía reactiva es la $\text{tg } \phi$,

Cálculo de $\text{tg } \phi$

$$\text{tg } \phi = \frac{Er(kVARh)}{Ea(kWh)}$$

$\text{Tg } \phi$ es el cociente entre la energía reactiva Er (kVARh) y la energía activa Ea (kWh) utilizada durante el mismo periodo.

Es fácil observar, que el valor de $\text{tg } \phi$ debe ser lo más bajo posible para tener el consumo de energía reactiva mínimo.

Eficiencia Eléctrica

La definición más reciente sobre Eficiencia Energética está contenida en la norma internacional ISO 50001 sobre "Sistemas de Gestión de la Energía",

editada con fecha septiembre de 2011: "Proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño de servicios, de bienes o de salida de energía y la entrada de energía".

$$\text{Eficiencia de Energía Eléctrica} = \frac{\text{Salida de Energía Eléctrica}}{\text{Entrada Total de Energía Eléctrica}}$$

En el caso de la electricidad, la Eficiencia Energética Eléctrica se calcula en términos de Consumo Específico Eléctrico. Es decir, la cantidad de energía eléctrica necesaria para fabricar un determinado producto o para prestar un determinado servicio. Técnicamente se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Consumo Específico Eléctrico} = \frac{\text{Energía Consumida en kW . h}}{\text{Unidad de Producto o de Servicio}}$$

Se realizará un procesamiento estadístico del consumo global en kilowatts horade las subestaciones y su relación con los montos facturados en soles con los datos medidos en los últimos 7 meses del 2017, este procesamiento se realizará con la hoja de cálculo Excel.

Datos aproximados del consumo de energía

Sea X: Consumo de energía activa en KWh

Y: Monto mensual facturado en S/.

TABLA 2 – CAPITULO IV

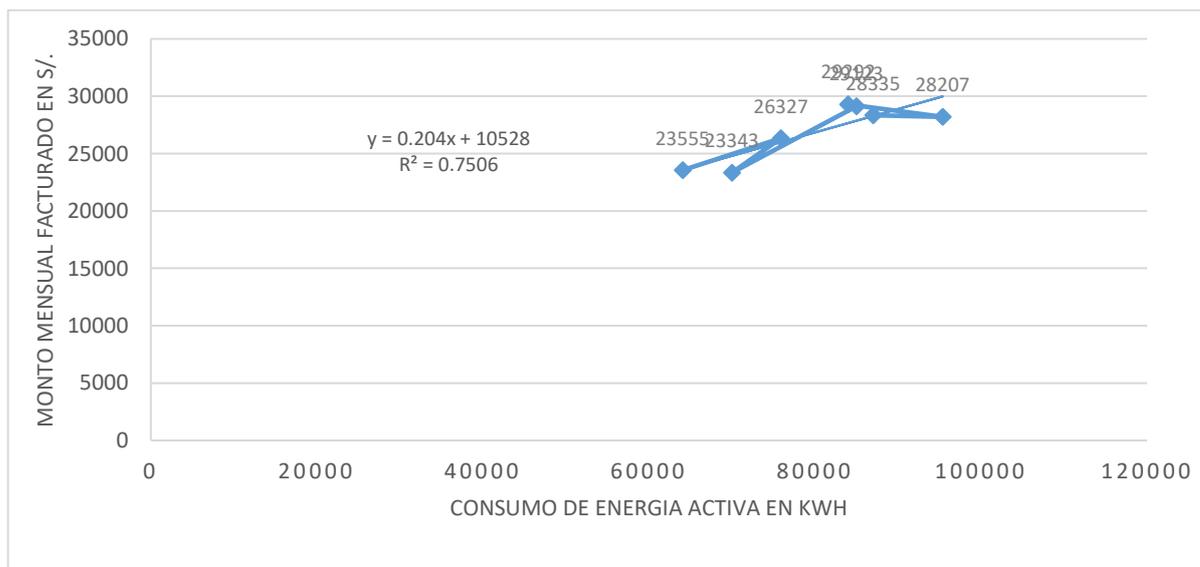
CONSUMO DE ENERGÍA DE SUBESTACIÓN 1

SUBESTACION N° 1-AÑO 2007		
MESES	X	Y
FEB	87000	28335
MAR	95364	28207
ABR	84000	29292
MAY	85000	29123
JUN	70000	23343
JUL	75900	26327
AGO	64068	23555

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA 6 – CAPITULO IV

RELACIÓN DE MONTO MENSUAL Y CONSUMO DE ENERGÍA



Fuente: Elaboración propia

TABLA 3 – CAPITULO IV

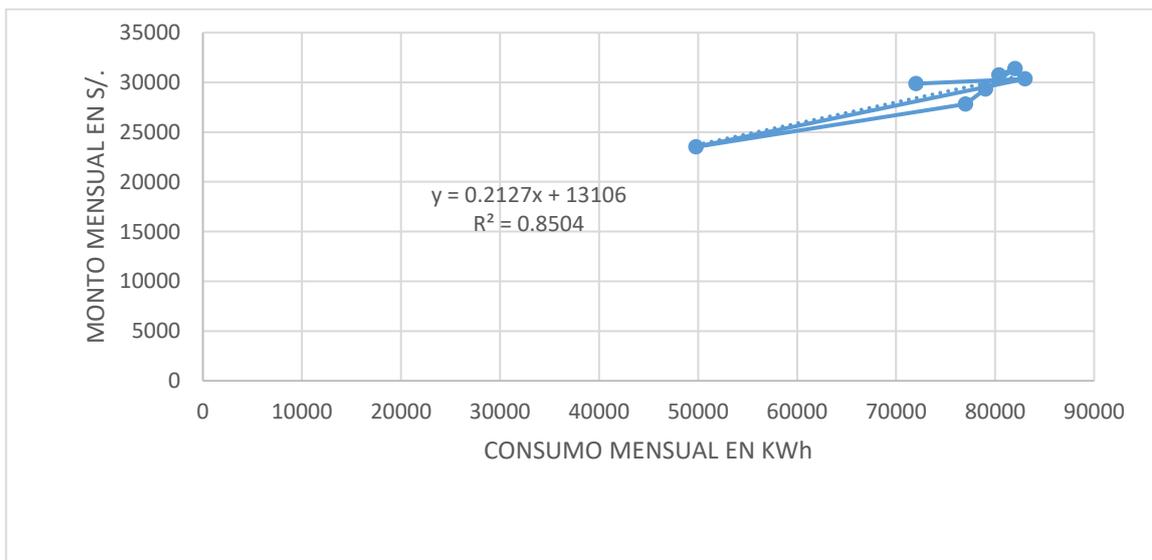
CONSUMO DE ENERGÍA DE SUBESTACIÓN 2

SUBESTACION N° 2-AÑO 2007		
MES	X	Y
FEB	72000	29885
MAR	83000	30366
ABR	49770	23515
MAY	77000	27827
JUN	79000	29319
JUL	82000	31395
AGO	80370	30732

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA 7 – CAPITULO IV

MONTO MENSUAL Y CONSUMO DE ENERGÍA



Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de la presente Tesis titulada “PLAN DE AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE ENERGÍA DE DOS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE 295KW Y 1000KW DE UN TERMINAL DE HIDROCARBUROS” se ha desarrollado utilizando las siguientes fases:

Desarrollo del plan de auditoría energética de una subestación eléctrica.

FASE 1. Recopilación de información sobre la subestación y planificación de la auditoría.

**DESARROLLO DE LA AUDITORÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA –
TERMINAL DE HIDROCARBUROS DEL CALLAO**

INFORME TÉCNICO

Objetivo

Presentar un informe ejecutivo con las conclusiones y recomendaciones del proyecto **“DESARROLLO DE LA AUDITORÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA”** ejecutado por la empresa TRESKO.

Referencia

Documentos de la Subestación N° 1

- RE-PE-017.056-120-NO1-TDP-000 - Reporte fotográfico
- RE-PE-017.056-120-NO1-TDP-001 - Reporte de adecuación del sistema eléctrico
- RE-PE-017.056-120-NO1-TDP-002 - Reporte de termografía
- RE-PE-017.056-120-NO1-TDP-003 - Reporte de análisis de consistencia
- DE-PE-017.056-120-NO1-TDP-001 – Diagrama Unifilar
- LI-PE-017.056-120-NO1-TDP-001 - Balance de cargas
- MC-PE-017.056-120-NO1-TDP-001 - Estudio de corto circuito
- MC-PE-017.056-120-NO1-TDP-002 - Estudio de flujo de cargas
- MC-PE-017.056-120-NO1-TDP-003 - Calculo de cables de fuerza
- MC-PE-017.056-120-NO1-TDP-005 - Coordinación y selectividad de la protección

- RE-PE-017.056-120-NO1-TDP-004 - Reporte de levantamiento de resistencia de malla y resistividad del suelo.
- MC-PE-017.056-120-NO1-TDP-004 - Reporte de validación de malla y resistividad de tierra.

Documentos de la Subestación N° 2

- RE-PE-017.056-120-NO2-TDP-000 - Reporte Fotográfico
- RE-PE-017.056-120-NO2-TDP-001 - Reporte De Adecuación Del Sistema Eléctrico
- RE-PE-017.056-120-NO2-TDP-002 - Reporte De Termografía
- RE-PE-017.056-120-NO2-TDP-003 - Reporte De Análisis De Consistencia
- DE-PE-017.056-120-NO2-TDP-001 - Diagrama Unifilar
- LI-PE-017.056-120-NO2-TDP-001 - Balance De Cargas
- MC-PE-017.056-120-NO2-TDP-001 - Estudio De Corto Circuito
- MC-PE-017.056-120-NO2-TDP-002 - Estudio De Flujo De Cargas
- MC-PE-017.056-120-NO2-TDP-003 - Calculo De Cables de Fuerza
- MC-PE-017.056-120-NO2-TDP-005 - Coordinación Y Selectividad de la Protección
- RE-PE-017.056-120-NO2-TDP-004 - Reporte De Levantamiento De Resistencia De Malla y Resistividad del Suelo
- MC-PE-017.056-120-NO2-TDP-004 - Reporte De Validación De Malla de Tierra

Documento de la S.S.E.E N° 1 Y N° 2

- RE-PE-017.056-310-NO12-TDP-001 - Reporte de auditoria energética SE N°1 y N°2.

FASE 2. Visita a la Subestaciones: Estado actual, Pruebas y Comprobaciones

Resumen de Proyectos de mejora eléctrica y energética propuestos por la empresa TRESCO.

Subestación N°1

- Adecuación de tableros a la norma NEMA ICS 18-2001/IEC60947-1/IEC 62271-200 S.S.E.E N° 1.
- Instalación de sistema de detección y combate a incendios en la S.S.E.E N° 1.
- Mejora del sistema de alumbrado normal y de emergencia de la S.S.E.E N° 1.
- Elaboración de documentos de ingeniería para cálculo de energía incidente para tableros tipo CCM y CDC adecuación de ropas y distancias de seguridad S.S.E.E N°1.
- Instalación de un sistema de multimedidores de energía e integración con un sistema de supervisión de consumo energético S.S.E.E N° 1.
- Adecuación de la malla de puesta a tierra para adecuación de tensiones de toque y paso y equipotencialización de equipos S.S.E.E N° 1.
- Instalación de un sistema de presurización positiva en la S.S.E.E N° 1.
- Adecuación de puertas y creación de una puerta como alternativa de fuga en caso de emergencia y otras acciones de seguridad S.S.E.E N° 1.
- Traslado del tanque de combustible para el exterior de la S.S.E.E
- Intercambio del Bushing de baja tensión del transformador de 135kVA S.S.E.E N°1.
- Adecuación del sistema de protección de la S.S.E.E N° 1.

Subestación N° 2

- Adecuación de tableros a la norma NEMA ICS 18-2001 o IEC60947-1 S.S.E.E N° 2.
- Instalación de sistema de detección y combate a incendios S.S.E.E N° 2.
- Mejora del sistema de alumbrado normal y de emergencia S.S.E.E N° 2.

- Elaboración de documentos de ingeniería para cálculo de energía incidente para tableros tipo CCM y CDC, adecuación de ropas y distancias de seguridad S.S.E.E N° 2.
- Instalación de un sistema de multimedidores de energía e integración con un sistema de supervisión de consumo energético S.S.E.E N° 2.
- Adecuación de la malla de puesta a tierra para adecuación de tensiones de toque y paso y equipotencialización de equipos S.S.E.E N° 2.
- Instalación de un sistema de presurización positiva en la S.S.E.E N° 2.
- Adecuación de puertas y creación de una puerta como alternativa de fuga en caso de emergencia y otras acciones de seguridad S.S.E.E N° 2.
- Instalación de variadores de frecuencia como parte del sistema de control de llenado de camiones-cisternas S.S.E.E N° 2.
- Alteración de la estructura de las paredes y techo de material asbesto y construcción de una nueva S.S.E.E N° 2.
- Adecuación de interruptor para adecuación del nivel de corto del tablero S.S.E.E N° 2.
- Adecuación de manija de tapa delante del tablero de compensación reactiva S.S.E.E N° 2.
- Adecuación de la ruta de salida de cables delante de la S.S.E.E N°2.
- Adecuación del sistema de protección de la S.S.E.E N° 2.

Subestación N° 1 y Subestación N° 2

- Instalación de sistema de control de presión / Flujo, en línea de despacho, con variador de velocidad.
- Implementación de un sistema de monitoreo y gestión energética
- Cambio de bombas por mejor modelo comercialmente disponible en el mercado según Psat.
- Implementación de buenas prácticas de operación
- Cambio de sistema de iluminación
- Control de consumo en hora punta en Subestación 1 (Control de factor de calificación).
- Compra de Energía como cliente libre

- Autogeneración Eléctrica con gas natural.
- Elaboración de documentos de ingeniería para cálculo de energía incidente para Tableros tipo CCM y CDC, adecuación de ropas y distancias de seguridad S.S.E.E N° 2.
- Instalación de un Sistema de Multimeditores de energía e integración con un sistema de supervisión de consumo energético S.S.E.E N° 2.
- Adecuación de la malla de puesta a tierra para adecuación de tensiones de toque y paso y equipotencialización de equipos S.S.E.E N° 2.
- Instalación de un sistema de presurización positiva en la S.S.E.E N° 2.
- Adecuación de puertas y creación de una puerta como alternativa de fuga en caso de emergencia y otras acciones de seguridad S.S.E.E N° 2.
- Instalación de variadores de frecuencia como parte del sistema de control de llenado de camiones-cisternas S.S.E.E N° 2.
- Alteración de la estructura de las paredes y techo de material asbesto y construcción de una nueva S.S.E.E N° 2.
- Adecuación de interruptor para adecuación del nivel de corto del tablero S.S.E.E N° 2.
- Adecuación de manija de tapa delante del tablero de compensación reactiva S.S.E.E N° 2.
- Adecuación de la ruta de salida de cables delante de la S.S.E.E N°2.
- Adecuación del sistema de protección de la S.S.E.E N° 2.

Conclusiones y Recomendaciones del PMC

- Generar criterio de diseño eléctrico general para los Terminales de Petroperú.
- Generar especificaciones eléctricas de equipos y cables eléctricos para los Terminales de Petroperú.
- Solicitar a los contratistas la actualización del unifilar general cada vez que realicen ampliaciones en el sistema eléctrico.
- Incluir en el plan maestro, la canalización eléctrica existente y proyectada para futuros análisis de flujo, cortocircuito y coordinación.

Anexo de Auditoría Eléctrica y Energética

A continuación, se muestra las conclusiones emitidas por la empresa TRESKO en los diferentes entregables realizados en la auditoría eléctrica y energética (SSEE N°1, SSEE N°2).

Anexo. Conclusiones y Recomendaciones de la auditoría a la S.S.E.E N° 1

Anexo N° 1

Anexo N° 2

Anexo N° 3

FASE 3. Documentación del Estudio y Análisis del comportamiento energético

- Introducción
- Documentos de referencia
- Resumen de principales resultados

Tipología de consumo energético

Indicadores de desempeño energético (IDE)

Proyectos de mejora

- Descripción de la Instalación

Descripción del terminal callao

Análisis de la producción

- Análisis consumo global de la planta
- Perfil Mensual

Análisis de consumo bruto mensual (2016-2017)

Análisis de la demanda máxima mensual (2016 – 2017)

Análisis del factor de calificación (2016 – 2017)

- Análisis perfil horario de consumo

Perfil horario total de planta: Sistema de medición interna utilizado para la auditoría

Tipología de consumo horario: Franja de consumo hora punta y franja normal

- Análisis consumo de planta por consumidor

Consumo horario principales cargas de la Subestación 1

Consumo horario principales cargas de la Subestación 2 Tablero General

Consumo horario principales cargas de la Subestación 2 Tablero Interconexión.

- Análisis de calidad de energía de la instalación

Análisis de voltaje

Análisis de corriente por fase

Análisis de desbalance de corriente

Análisis de factor de potencia

Análisis de distorsión de armónicos

- Indicadores de desempeño energético (IDE)

Indicadores de desempeño energético global de planta

- Histórico consumo global mensual
- Análisis Diagrama Consumo – Producción
- Histórico consumo global diario

Indicadores de desempeño energético por proceso consumidor

- Indicador de desempeño energético consumo de despacho de gasolina diario Vs Volumen despachado de gasolina diario
- Indicador de desempeño energético consumo de despacho de diésel diario Vs volumen despachado de diésel diario
- Indicador de desempeño energético consumo de despacho de GLP diario Vs volumen despachado de GLP diario
- Indicador de desempeño energético consumo de despacho de turbo a1 diario Vs volumen despachado de turbo A1 diario
- Indicador de consumo global de alumbrado exterior diario

Análisis de compra de energía

- Evolución de precios de energía
 - Precios históricos de energía activa
 - Precios históricos demanda máxima de generación
- Consumos y precios pagados por terminal de hidrocarburos
 - Parámetros de facturación en KWH y KW
 - Precios unitarios por parámetro de facturación
 - Montos facturados

- Proyectos de mejora

Proyecto 1: instalación de sistema de control depresión/flujo, en línea de despacho, con variador de velocidad

- Antecedentes
- Concepto de la mejora
- Cálculo del ahorro energético por instalación de sistema de control de presión / flujo, en línea de despacho, con variador de velocidad
- Cálculo de la inversión
- Análisis de recuperación de inversión

Proyecto 2: implementación de un sistema de monitoreo y gestión energética

- Concepto de la mejora
- Buenas prácticas operativas recomendadas
- Cálculo de ahorro energético por gestión energética
- Cálculo de la inversión
- Análisis de recuperación de inversión

Proyecto 3: Cambio de bombas por mejor modelo comercialmente disponible en el mercado según PSAT

- Concepto
- Cálculo del ahorro potencial por reemplazo de bombas actuales por mejor modelo comercialmente disponible en el mercado según PSAT
- Cálculo de la inversión
- Análisis de recuperación de inversión

Proyecto 4: implementación de buenas prácticas de operación

- Concepto
- Cálculo de ahorro energético
- Cálculo de la inversión
- Análisis de recuperación de inversión

Proyecto 5: Cambio de sistema de iluminación

- Inventario de Iluminación y Tipología
- Conceptos de mejoras
- Análisis de recuperación de la inversión
- Análisis de recuperación de inversión

Proyecto 6: Control de consumo en hora punta en subestación 1 (control de factor de calificación)

- Concepto
- Cálculo del ahorro energético
- Análisis de recuperación de inversión

Proyecto 7: Compra de energía como cliente libre

- Antecedentes
- Evaluación de compra para suministro 0143993
- Evaluación de compra para suministro 275090
- Comparación de detalle entre 2 mejores propuestas Enel y Termochilca

Proyecto 8: Autogeneración eléctrica con gas natural

- Concepto
- Cálculo de ahorro energético
- Cálculo de la inversión
- Análisis de recuperación de inversión

Listado de ilustraciones

- Ilustración 1 - Análisis de consumo bruto mensual HP-HFP Subestación 1 – Suministro 0275090 (2016-2017)
- Ilustración 2 - Montos aproximados totales últimos 7 meses: Subestación 1 – Suministro 0275090
- Ilustración 3 - Consumo horario total según franja horaria: Subestación 1 – Suministro 0275090
- Ilustración 4 - Consumo promedio horario principales cargas: Subestación 1 - Suministro 027509
- Ilustración 5 - Análisis de consumo bruto mensual HP-HFP Subestación 2 – Suministro 0143993 (2016-2017)
- Ilustración 6 - Montos aproximados totales últimos 7 Meses: Subestación 2 – Suministro 0143993
- Ilustración 7 - Consumo horario total según franja horaria: Subestación 2 - Suministro 0143993
- Ilustración 8 - Consumo promedio horario principales cargas: Subestación 2 Tablero general – Suministro 0143993

- Ilustración 9 - Consumo promedio horario principales cargas: Subestación 2 Tablero interconexión - Suministro 0143993
- Ilustración 10 - Esquema Planta Terminal de hidrocarburos
- Ilustración 11 - Volumen de despacho por cada producto
- Ilustración 12 - Volumen de despacho de principales productos
- Ilustración 13 - Análisis de consumo bruto mensual total: Subestación 1 – Suministro 0275090 (2016 - 2017)
- Ilustración 14 - Análisis de consumo bruto mensual HP (Hora Punta) – HFP (Hora Fuera de Punta). Subestación 1 – Suministro 0275090 (2016-2017) Ilustración 15 - Análisis de consumo bruto mensual total: Subestación 2 – Suministro 0143993 (2016 - 2017)
- Ilustración 16 - Análisis de consumo bruto mensual HP (Hora Punta) - HFP (Hora Fuera de Punta) Subestación 2 – Suministro 0143993 (2016-2017)
- Ilustración 17 - Análisis de la demanda máxima mensual: Subestación 1 – Suministro 0275090 (2016 – 2017)
- Ilustración 18 - Análisis de la demanda máxima mensual: Subestación 2 – Suministro 0143993 (2016 – 2017)
- Ilustración 19 - Análisis del factor de calificación: Subestación 1 – Suministro 0275090 (2016 – 2017)
- Ilustración 20 - Análisis del factor de calificación: Subestación 2 – Suministro 0143993 (2016 – 2017)
- Ilustración 21 - Consumo horario: Subestación 1 - Suministro 0275090
- Ilustración 22 - Consumo horario: Subestación 2 – Suministro 0143993
- Ilustración 23 - Consumo horario total según franja horaria: Subestación 1 – Suministro 0275090
- Ilustración 24 - Consumo horario total según franja horaria: Subestación 2 – Suministro 0143993
- Ilustración 25 - Consumo promedio horario principales cargas: Subestación 1 – Suministro 027509040
- Ilustración 26 - Superposición de consumos horarios: Subestación 1 – Suministro 0275090

- Ilustración 27 - Consumo promedio horario de las principales cargas: Subestación 2 Tablero general - Suministro 0143993
- Ilustración 28 - Superposición de consumos horarios: Subestación 2 Tablero General – Suministro 0143993
- Ilustración 29 - Consumo promedio horario principales cargas: Subestación 2. Tablero interconexión - Suministro 0143993
- Ilustración 30 - Superposición de consumos horarios: Subestación 2 Tablero interconexión – Suministro 0143993
- Ilustración 31 - Análisis de voltaje: Subestación 1 – Suministro 0275090 (Punto de análisis acometida)
- Ilustración 32 - Análisis de voltaje: Subestación 2 – Suministro 0143993 (Punto de análisis acometida 2)
- Ilustración - 33 Análisis de corriente por fase: Subestación 1 – Suministro 0275090 (Punto de análisis acometida)
- Ilustración - 34. Análisis de Corriente por Fase: Subestación 2 – Suministro 0143993 (Punto de análisis acometida 2)
- Ilustración 35 - Análisis de desbalance de corriente: Subestación 1 - Suministro 0275090 (Punto de análisis acometida)
- Ilustración 36 - Análisis de desbalance de corriente: Subestación 2 – Suministro 0143993 (Punto de análisis acometida 2)
- Ilustración 37 - Análisis de factor de potencia: Subestación 1 – Suministro 0275090 (Punto de análisis acometida)
- Ilustración 38 - Análisis de factor de potencia: Subestación 2 – Suministro 0143993 (Punto de análisis acometida 2)
- Ilustración 39 - Análisis de distorsión de armónicos total (%): Subestación 1 – Suministro 0275090. (Punto de análisis acometida)
- Ilustración 40 - Promedio de armónicos de corriente Subestación 1 - Suministro 0275090
- Ilustración 41 - Análisis de distorsión de armónicos total: Subestación 2 – Suministro 0143993 (Punto de análisis acometida 2)
- Ilustración 42 - Promedio de armónicos de corriente Subestación 2 - Suministro 0143993

- Ilustración 43 - Indicador de intensidad energética global (kWh/Bbls)
- Ilustración 44 - Gráfico de consumo mensual vs Consumo eléctrico
- Ilustración 45 - Gráfico de consumo mensual vs Consumo eléctrico (Mejorado)
- Ilustración 46 - Consumo activo y pasivo
- Ilustración 47 - Volumen de despacho Vs índice de desempeño global
- Ilustración 48 - Consumo Eléctrico de gasolina vs Volumen despachado de gasolina
- Ilustración 49 - Consumo Eléctrico de diésel vs Volumen despachado de diésel
- Ilustración 50 - Consumo Eléctrico de GLP vs Volumen despachado de GLP
- Ilustración 51 - Consumo Eléctrico de Turbo A1 vs Volumen despachado de Turbo A1
- Ilustración 52 - Consumo de energía eléctrica del Alumbrado exterior 230V
- Ilustración 53 - Precio Histórico de Energía Activa
- Ilustración 54 - Precio Histórico Demanda Máxima de Generación: Subestación 1 – Suministro 0275090
- Ilustración 55 - Precio Histórico Demanda Máxima de Generación: Subestación 2 – Suministro 0143993
- Ilustración 56 - Factor de Calificación Histórico terminal de hidrocarburos: Subestación 1 Suministro 0275090
- Ilustración 57 - Factor de Calificación Histórico terminal de hidrocarburos: Subestación 2 –Suministro 0143993
- Ilustración 58 - Montos Aproximados Totales Últimos 7 Meses: Subestación 1 – Suministro 0275090
- Ilustración 59 - Montos Aproximados Totales Últimos 7 Meses: Subestación 2 – Suministro 0143993.
- Ilustración 60 - Diagrama Sistema de Control de Despacho Actual
- Ilustración 61 - Diagrama Sistema de Control de Despacho Propuesto
- Ilustración 62 - Análisis Consumo B223 (18 de agosto)

- Ilustración 63 - Simulación Variador de Velocidad Control de Despacho Propuesto
- Ilustración 64 - Arquitectura básica del sistema de telemetría propuesto
- Ilustración 65 - Vista de un sistema de gestión energética corporativo
- Ilustración 66 - Gráfico de consumo mensual (Bbls) vs Consumo Eléctrico (kWh)
- Ilustración 67 - Especificaciones técnicas de la Bomba N° 223
- Ilustración 68 - Gráfico de consumo mensual (Bbls) vs Consumo Eléctrico (kWh)
- Ilustración 69 - Volumen disponible (marzo - junio 2017)
- Ilustración 70 - Factor de calificación terminal de hidrocarburos - Subestación 1
- Ilustración 71 - Consumo horario total (18 agosto 2017): Subestación 1 – Suministro 0275090
- Ilustración 72 - Factor calificación terminal de hidrocarburos: Subestación 1 – Suministro 0275090
- Ilustración 73 - Imagen Referencial Sistema de Autogeneración Eléctrica

Lista de Tablas

Tabla 1 - Resumen indicadores de desempeño energético

Tabla 2 - Propuestas de Proyectos de Ahorro Energético

Tabla 3 - Inversión y Análisis de Viabilidad Para Cada Propuesta de Ahorro Energético

Tabla 4 - Ahorro Total y Participación del Ahorro por Propuesta

Tabla 5 - Datos históricos volumen despachado, consumo eléctrico - Índice de desempeño energético global

Tabla 6 - Pliego Tarifario Enel agosto 2017

Tabla 7 - Parámetros de Facturación terminal de hidrocarburos Últimos 7 Meses: Subestación 1 – Suministro 0275090

Tabla 8 - Parámetros de Facturación terminal de hidrocarburos Últimos 7 Meses: Subestación 2 – Suministro 0143993

Tabla 9 - Precios Unitarios por Parámetro de Facturación Subestación 1 – Suministro 0275090

Tabla 10 - Precios Unitarios por Parámetro de Facturación Subestación 2 – Suministro 0143993

Tabla 11 - Montos Aproximados Facturados por Principales Parámetros de Facturación: Subestación – Suministro 75

Tabla 12 - Montos Aproximados Facturados por Principales Parámetros de Facturación: Subestación – Suministro 0143993

Tabla 13 - Inversión - Proyecto 1

Tabla 14 Análisis de recuperación de inversión - Proyecto 1

Tabla 15: Indicadores Medibles en el Sistema de Gestión Propuesto

Tabla 16 - Buenas prácticas operativas específicas sugeridas

Tabla 17 - Buenas prácticas operativas generales

Tabla 18 - Inversión - Proyecto 2

Tabla 19 - Análisis de recuperación de inversión - Proyecto 2

Tabla 20 - Datos del producto Combustible - Diésel

Tabla 21 - Datos de succión y bombeo

Análisis de consumo global de la Planta

En este ítem, serán analizados el comportamiento general de las cargas eléctricas y el conjunto de cargas por proceso. El análisis, aunque sea repetitivo, es necesario pues será utilizado como respaldo para las sugerencias de mejora para lograr ahorro energético a través de equipos, procesos y personas.

Perfil Mensual

- Análisis de consumo bruto mensual (2016-2017)

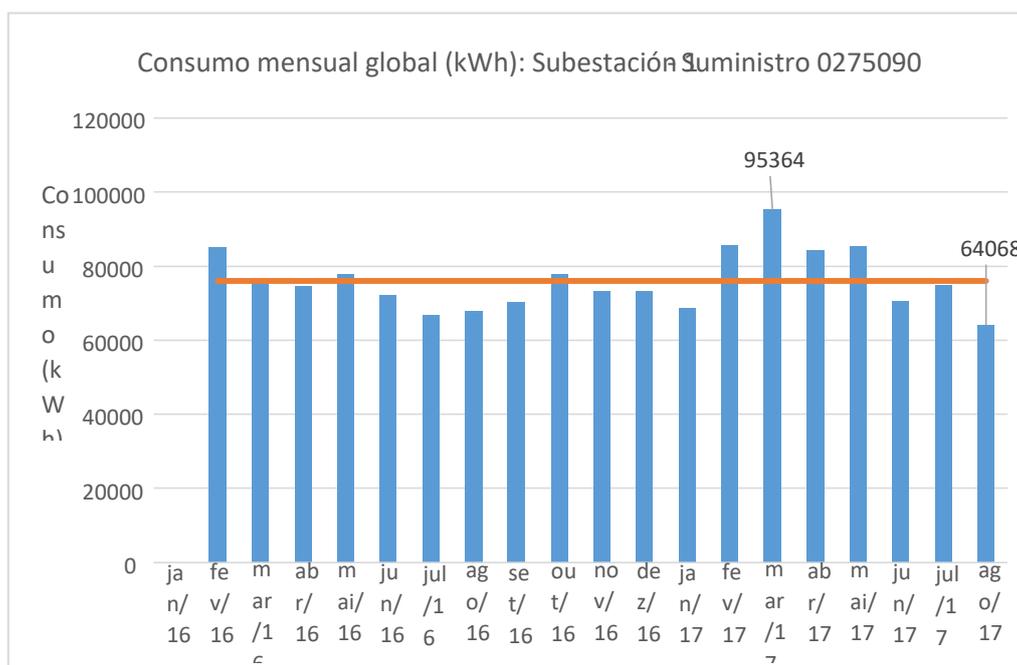
El análisis de consumo bruto mensual analiza el consumo total global de planta que se tiene por mes. En este sentido, terminal de hidrocarburos cuenta con 2 subestaciones y se realizará el análisis de cada una de estas.

- Análisis de consumo bruto mensual de la Subestación 1

GRÁFICA 8 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DE CONSUMO BRUTO MENSUAL TOTAL: SUBESTACIÓN 01 SUMINISTRO 0275090 (2016 - 2017)

En el gráfico 8. Análisis de consumo bruto mensual total: Subestación 1 –



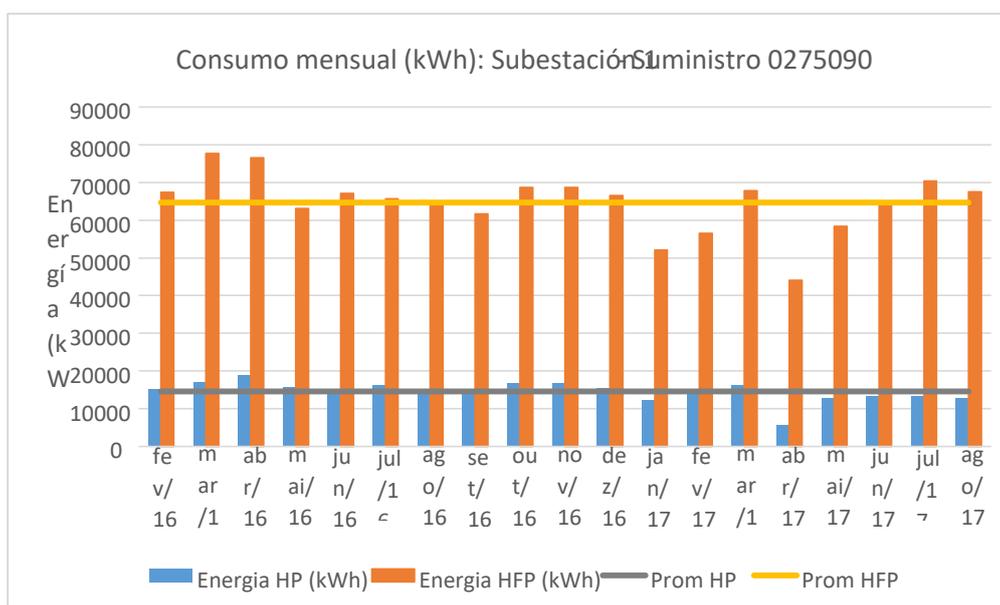
Fuente: Elaboración propia

Suministro 0275090 (2016 - 2017), muestra el consumo mensual global de la subestación 1. Los meses de mayor consumo fueron febrero, marzo y abril 2017, alcanzando un consumo pico de 95364 kWh. El menor consumo fue experimentado en julio 2016, con 66816 kWh.

Puede notarse que el consumo mensual tiene una tipología regular. El promedio de consumo mensual es de 75927 kWh (Línea naranja).

GRÁFICA 9 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DE CONSUMO BRUTO MENSUAL HP (HORA PUNTA)- HFP (HORA FUERA DE PUNTA) SUBESTACIÓN 1 – SUMINISTRO 0275090 (2016-2017)



Fuente: Elaboración propia

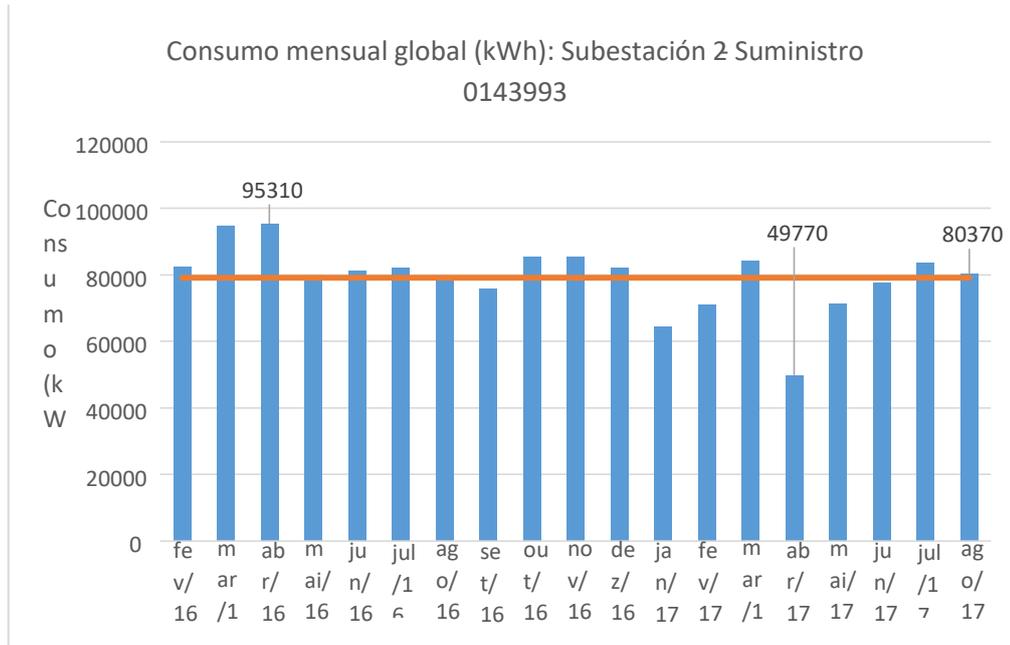
En el gráfico 9. Análisis de consumo bruto mensual HP (Hora Punta)- HFP (Hora Fuera de Punta) Subestación 1 – Suministro 0275090 (2016-2017), muestra el consumo mensual global de hora punta y en fuera de punta de la subestación 1. Puede notarse que los meses de mayor consumo son febrero, marzo y abril del 2016.

Puede notarse, además, que los consumos son normalmente estables, siguiendo una tendencia similar en cada mes (entre 55000 y 70000 kWh en HFP). El consumo en hora punta promedio es cercano a 14494 kWh, mientras que el consumo en hora fuera de punta es cercano a 64703 kWh.

- Análisis de consumo bruto mensual de la Subestación 2

GRÁFICA 10 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DE CONSUMO BRUTO MENSUAL TOTAL: SUBESTACIÓN 2

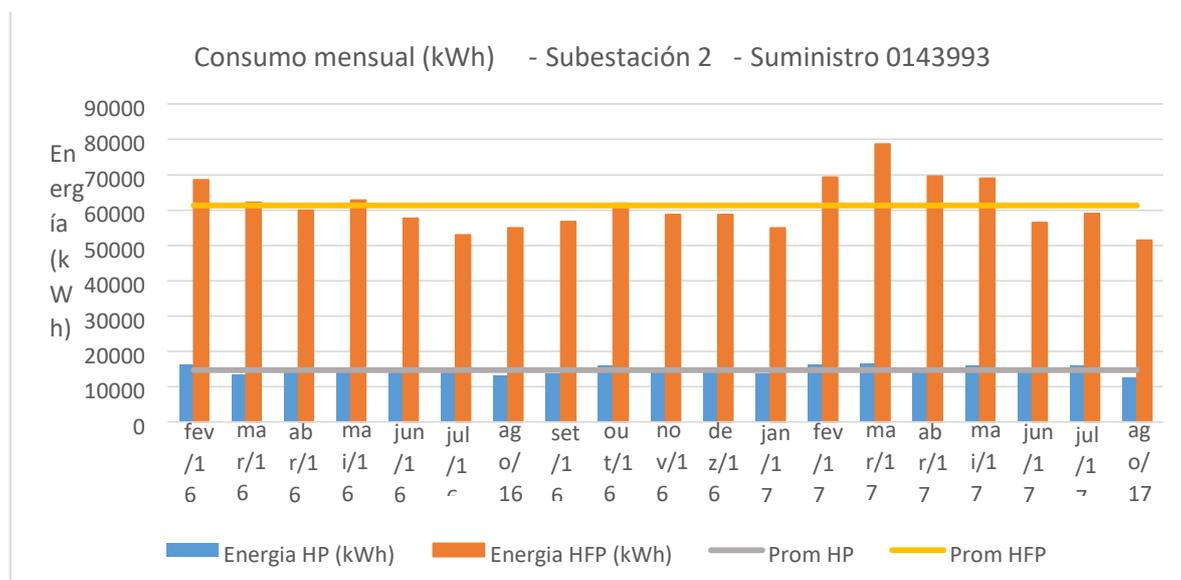


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 10. Análisis de consumo bruto mensual total: Subestación 2 – Suministro 0143993 (2016 - 2017), los meses de mayor consumo fueron marzo y abril 2016, puede notarse que el consumo mensual tiene una tipología regular, alcanzando un consumo pico de 95310 kWh. El menor consumo fue experimentado en abril 2017, con 49770 kWh y el promedio de consumo mensual es de 79197 kWh.

GRÁFICA 11 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DE CONSUMO BRUTO MENSUAL HP (HORA PUNTA) –HFP)



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 11. Análisis de consumo bruto mensual HP (Hora Punta) -HFP (Hora Fuera de Punta) Subestación 2 – Suministro 0143993 (2016-2017), muestra el consumo mensual global de hora punta y en fuera de punta de la subestación 2. Puede notarse que los meses de mayor consumo son marzo y abril del 2017.

Puede notarse además que los consumos son normalmente estables, siguiendo una misma tendencia. A excepción de agosto del 2017 que se observa un consumo bajo con respecto a los demás meses. El consumo en hora punta promedio es cercano a 14654 kWh, mientras que en hora fuera de punta es cercano a 61273 kWh.

- Análisis de la demanda máxima mensual (2016 – 2017)

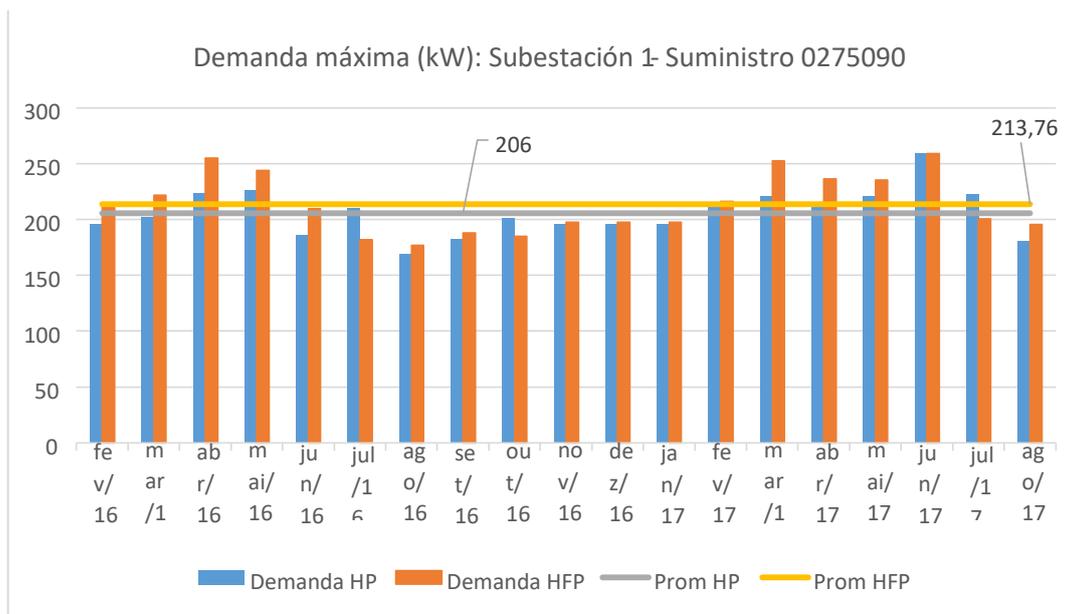
Además del consumo de energía activa, uno de los parámetros más importantes que deben tenerse en cuenta para describir la tipología de consumo, es el valor de demanda máxima.

La demanda máxima o maxímetro, es la lectura de las potencias de tiempo real, agrupadas en un promedio de 15 minutos. El máximo valor de demanda máxima que ocurre en el mes, es tomado en cuenta para la facturación mensual.

- Análisis de la demanda máxima mensual de la Subestación 1

GRÁFICA 12 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DE LA DEMANDA MÁXIMA MENSUAL: SUBESTACIÓN 1



Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra el gráfico 12. Análisis de la demanda máxima mensual: Subestación 1 – Suministro 0275090 (2016 – 2017), la demanda máxima de la subestación 1 tiene un patrón similar durante todo el año, siendo la demanda máxima de hora fuera de punta mayor a la demanda máxima de hora punta. Estas alcanzan valores promedio de 213.76 kW y 205.66 kW respectivamente. Es decir, la demanda máxima en hora punta es 4% menor respecto a la demanda máxima de horas fuera de punta.

Esto es importante acotar, debido a que, en el contrato actual de compra de energía, uno de los parámetros base para el cobro es la demanda máxima de hora punta.

$$\text{Calificación Tarifaria} = \frac{EA \text{ HPmes}}{M. D. \text{leída mes} \times \# \text{ HP mes}}$$

Ecuación 2: Calificación Tarifaria

Donde:

EA HP mes: Energía activa consumida en horas punta del mes

M.D. leída del mes: Máxima demanda leída del mes

HP mes: Número de horas punta del mes

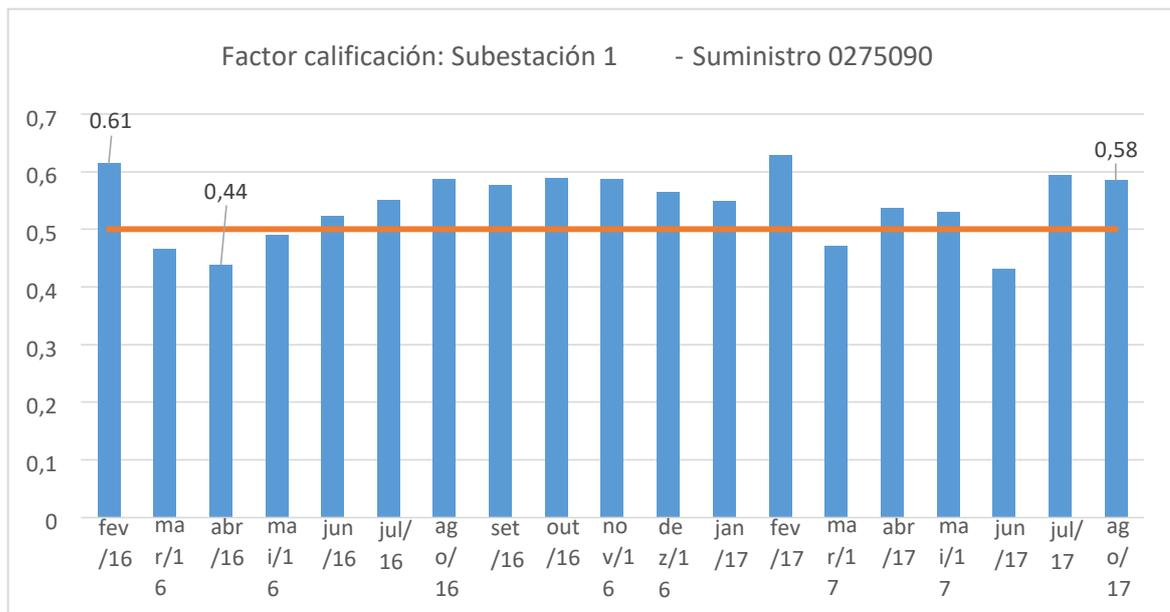
Fuente: Informe de Auditoria TRESKO

Si el factor de calificación es menor a 0.5, entonces el cliente es considerado CLIENTE FUERA DE PUNTA. Si el factor de calificación es igual o mayor a 0.5, el cliente es considerado como PRESENTE EN PUNTA. Esta clasificación aplica a tarifas eléctricas MT3, tal como lo que es usada actualmente en Terminal de hidrocarburos.

- Análisis del factor de calificación de la Subestación 1

GRÁFICA 13 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DEL FACTOR DE CALIFICACIÓN: SUBESTACIÓN 1



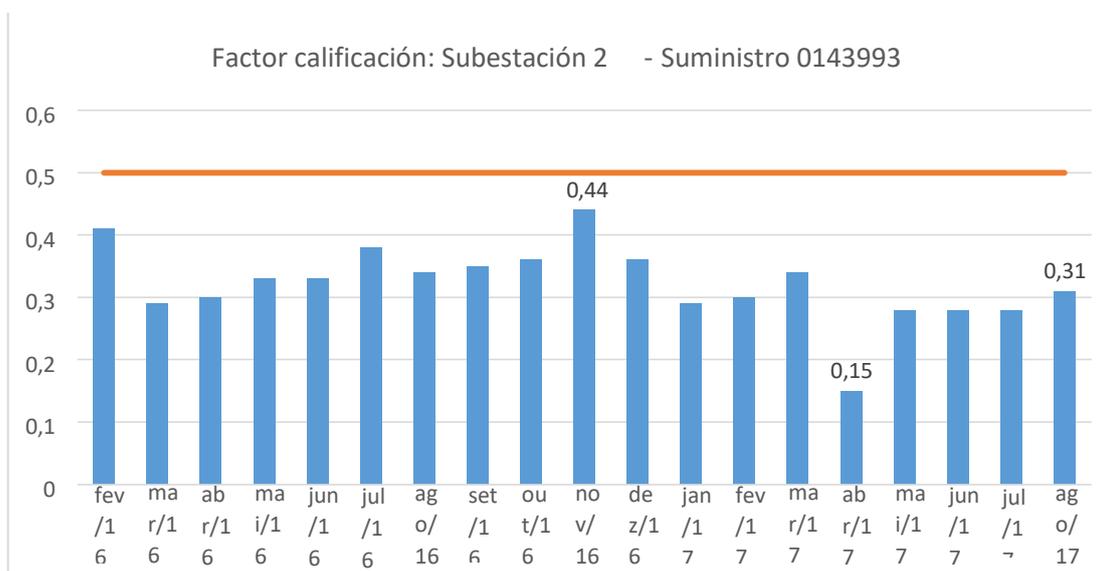
Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra en el gráfico 13. Análisis del Factor de calificación: Subestación 1 – Suministro 0275090 (2016 – 2017), se observan los meses desde febrero del 2016 hasta agosto del 2017, no se cuenta con data del mes de mayo del 2017. Vemos que existen meses que sobrepasan el límite del factor de calificación. La consecuencia de superar el límite del factor de calificación (0.5) es tener costos energéticos elevados. En febrero del 2017 se tuvo el mayor factor de calificación con 0.61. Esta subestación requiere de implementar acciones de gestión energética para poder manejar el factor de manera eficiente.

- Análisis del factor de calificación de la Subestación 2

GRÁFICA 14 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DEL FACTOR DE CALIFICACIÓN: SUBESTACIÓN 2



Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra el gráfico 14. Análisis del Factor de calificación: Subestación 2 – Suministro 0143993 (2016 – 2017), se observan los meses desde febrero del 2016 hasta agosto del 2017, el factor de calificación de la subestación 2, y vemos que ningún mes sobrepaso el 0.5. La principal ventaja de mantener el factor de calificación menor a 0.5 es el ahorro de los costos energéticos.

FASE 4

PROPUESTA DE PROYECTOS DE MEJORA

PROYECTO 1: Instalación de sistema de control de presión y flujo, en línea de despacho, con variador de velocidad.

Antecedentes

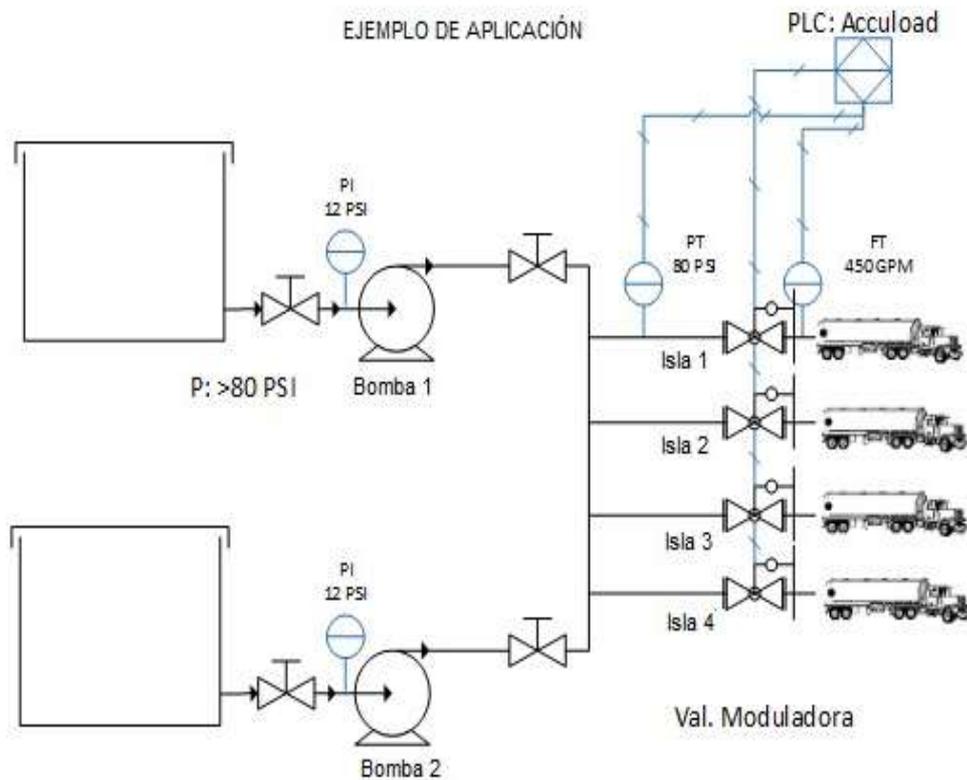
El presente proyecto busca reducir el consumo de energía de bombas de despacho haciendo uso de la tecnología de variadores de velocidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las visitas de campo, el despacho de cisternas se realiza en 6 islas de despacho. Cada isla puede realizar el despacho de determinados combustibles. El despacho se realiza a un flujo promedio de 350 GPM y una presión promedio de 80 PSI en la línea.

Las bombas de despacho, pueden tener una capacidad variable de hasta 90 GPM, lo que implica que tienen capacidad para abastecer hasta 2 islas de despacho. El sistema de despacho se encuentra gobernado por el sistema Accuload. Este sistema realiza 2 funciones principales: (1) Controla que el flujo de despacho se encuentre dentro de los valores establecidos (350 GPM en promedio), y (2) Asigna una secuencia de encendido y apagado de bombas.

FIGURA 12 – CAPITULO IV

DIAGRAMA SISTEMA DE CONTROL DE DESPACHO ACTUAL



Fuente: Elaboración propia

La función (1) control de flujo, se realiza utilizando un transmisor de caudal (FT).

Como se observa en la figura, el sistema cuenta con una válvula reguladora de flujo (VRF), que trabaja en función al transmisor de caudal (FT) o caudalímetro. En cuanto a la secuencia de encendidos y apagados, el sistema es programado para poder abastecer de manera óptima entre 1 y 4 despachos a la vez. Para esto se sigue una secuencia programada. Considerando el ejemplo de la figura anterior, si un sistema de despacho de combustible determinado cuenta con 2 tanques de combustible, cada uno con una bomba de despacho, y 4 posibles puntos de despacho final, el sistema podrá realizar la siguiente secuencia:

- Despacho solo isla 1: Enciende bomba 1
- Despacho isla 1 e isla 2: Enciende bomba 2

- Despacho isla 1, isla 2 e isla 3: Enciende bomba 1 y bomba 2
- Despacho isla 1, isla 2, isla 3 e isla 4: Enciende bomba 1 y bomba 2

Cuando se despacha en una sola isla de despacho, puede entenderse que el sistema, para alcanzar los 350 GPM (Galones por minuto), debe estrangular la válvula moduladora. De igual forma, en un despacho en 2 islas, es posible que exista aun algún tipo de modulación de la válvula, para atender el flujo constante. Esto permite inferir que la válvula moduladora, presenta un trabajo de estrangulamiento constante (a diferentes niveles) durante los procesos de despacho.

Concepto de la mejora

En muchas ocasiones es preciso trabajar durante mucho tiempo en condiciones de caudal inferiores al nominal; en esta situación se pueden realizar planteamientos que permitan ahorros energéticos considerables, implantando el sistema de regulación de caudal más apropiado.

Los métodos de regulación de caudal se obtienen mediante: modificación de la curva presión-caudal del sistema sobre el que trabaja la bomba; modificación de la curva presión-caudal de la bomba; modificación simultánea de ambas características (sistema y bomba); arranque o paro de la bomba.

Las bombas centrífugas se comportan de acuerdo a las leyes de afinidad, éstas nos indican que: el flujo tiene un comportamiento lineal con la velocidad; la presión tiene un comportamiento cuadrático con la velocidad; la potencia de entrada tiene un comportamiento cúbico con la velocidad.

Los variadores de velocidad permiten acelerar y desacelerar a voluntad, controlar la velocidad y mantener el factor de potencia. Esto conlleva a una regulación del caudal, sin un estrangulamiento de válvula, permitiendo un ahorro energético directo.

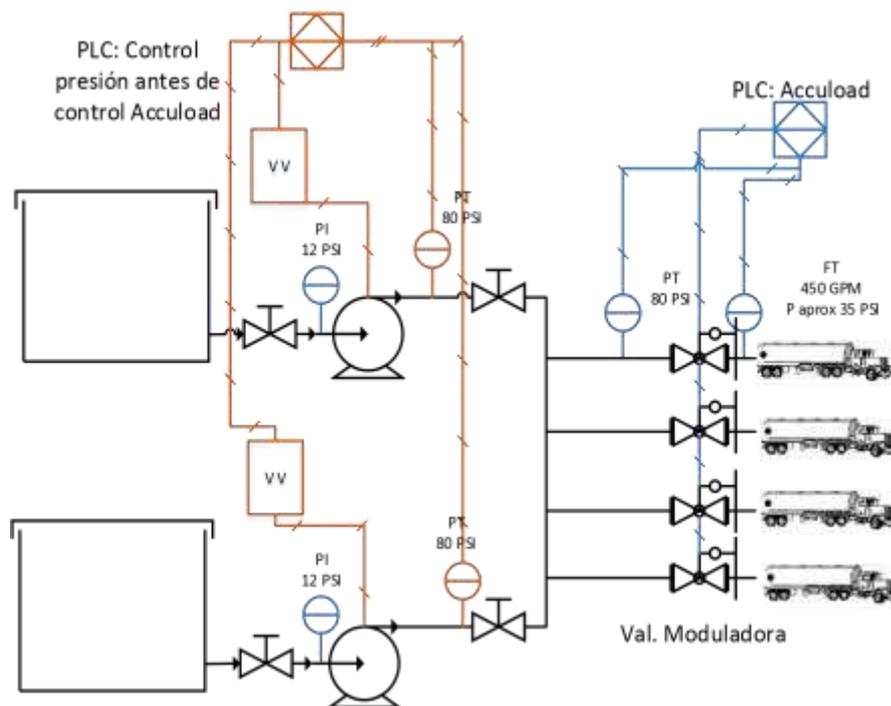
El uso de variadores presenta también otras ventajas. Ajustando el torque motor a la carga resistente logramos eliminar el choque hidráulico o golpe de ariete. Al acelerar suavemente el fluido en la tubería vacía, se va retirando lentamente y no golpea las válvulas de retención al abrir. Además, evitamos la cavitación del impulsor en el momento de arranque cuando el fluido está detenido. Al parar el motor suavemente reducimos muchísimo el golpe de ariete. Evitando golpes de ariete y demás, se aumenta la vida mecánica del motor.

La propuesta consiste en implementar un sistema de control de presión, aguas arriba de la válvula moduladora de flujo, enlazada al sistema Accuload.

Es decir, sin intervenir en la programación del sistema accuload, la idea es realizar una regulación “previa” de la presión de la línea, que permita modular la velocidad del motor de la bomba de acuerdo a los requerimientos específicos, según se despache en 1, 2 o más islas.

FIGURA 13 – CAPITULO IV

DIAGRAMA SISTEMA DE CONTROL DE DESPACHO PROPUESTO



Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra la figura, antes de la válvula moduladora existiría un transmisor de presión (PT), que se encuentra enlazado a la acción del variador de velocidad (VV). En caso, por ejemplo, donde exista una secuencia de despacho que exige a la válvula moduladora realizar un estrangulamiento de la línea, se asume que la presión aguas arriba tiende a aumentar.

Este aumento de presión es detectado por el transmisor, haciendo que el PLC disminuya la velocidad del motor, reduciendo la presión de esta parte de la línea a un valor cercano a la presión de despacho final de la línea (35 PSI). Esta reducción de la presión obligará al sistema accuload a aperturar la válvula de modulación, cerca de un 100%.

La idea busca, que la válvula de modulación quede trabajando en un valor de estrangulamiento cercano a cero, trasladando la función de regulación de flujo (de una forma secundaria) al variador de velocidad.

Este tipo de arquitectura de control trabaja el control de los variadores de una forma secundaria. Presenta como ventaja principal el evitar la necesidad de realizar cambios en el sistema Accuload, reduciendo de alguna manera el costo de ingeniería y riesgos tecnológicos. Alguna desventaja podría ser, que se requieren realizar pruebas de validación, para corroborar que no existe conflicto entre 2 lazos de control de trabajan de manera independiente (antes y después de válvula moduladora). Debido a esto último, se recomienda realizar pruebas de funcionamiento a nivel piloto.

Una variante de esta propuesta sería que el sistema de control de caudal se traslada directamente (de manera primaria) a los variadores de velocidad. En este caso, se podrían utilizar las señales de caudal proporcionadas por el sistema accuload, y enlazar las mismas a las variaciones de velocidad de los motores de las bombas, eliminando la válvula moduladora. Esta variante, podría reducir el riesgo de conflicto de 2 sistemas de control independientes, pero

requiere ampliar el alcance y envergadura del proyecto, ya que demandará el cambio del sistema de control vigente.

Cálculo del ahorro energético por instalación de sistema de control de presión / flujo, en línea de despacho, con variador de velocidad

Para calcular el ahorro energético, producto de la implementación de sistemas de variación de velocidad para control de despacho, se ha propuesto el análisis del funcionamiento de la bomba B-223 de despacho de diésel.

Partimos del supuesto que la bomba tiene una capacidad estimada de 900 GPM. Esto quiere decir, que para el abastecimiento de 2 líneas a 350 GPM, esta bomba es capaz de satisfacer este requerimiento. Sin embargo, durante los momentos donde se realiza el despacho en una sola línea, entraría a trabajar la válvula modulante.

Para el cálculo de ahorro energético producto del uso de variadores de velocidad, se tomará en cuenta el software ECO2, desarrollado por Schenider Electric, y que cuanta con el cálculo de ahorro, en base a estudios previos oficiales.

Para la simulación, identificamos los siguientes parámetros:

- Potencia del motor: 56 kW (75 HP)
- % de modulación de válvula: 50 % (Válvula que estrangula a la mitad la capacidad de bombeo).

Horas anuales de trabajo efectivo: 6646 horas (Se considera un trabajo durante todo el año, exceptuando domingos y feriados, y 2 horas de parada diaria (entre 11pm y 01 am) costo de ingeniería y riesgos tecnológicos.

Alguna desventaja podría ser, que se requieren realizar pruebas de validación, para corroborar que no existe conflicto entre 2 lazos de control de trabajan de manera independiente (antes y después de válvula moduladora). Debido a esto último, se recomienda realizar pruebas de funcionamiento a nivel piloto.

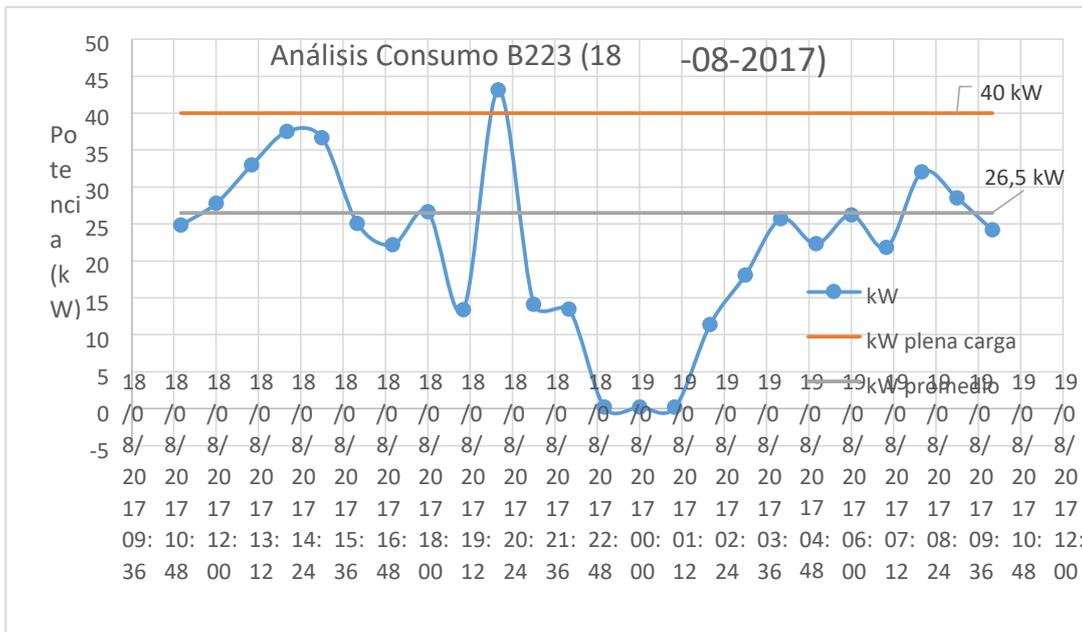
Una variante de esta propuesta, sería que el sistema de control de caudal, se traslade directamente (de manera primaria) a los variadores de velocidad. En

este caso, se podrían utilizar las señales de caudal proporcionadas por el sistema accuload, y enlazar las mismas a las variaciones de velocidad de los motores de las bombas, eliminando la válvula moduladora. Esta variante, podría reducir el riesgo de conflicto de 2 sistemas de control independientes, pero requiere ampliar el alcance y envergadura del proyecto, ya que demandará el cambio del sistema de control vigente.

- Factor de uso: Se considera un factor de 0.8. Quiere decir que, durante todo el tiempo efectivo, la bomba se usa un 80%. Según el gráfico de análisis de consumo bomba B-223, puede inferirse que el valor de 80% es un valor conservador. Esto arroja, 5157 horas de trabajo efectivo.
- Carga de bomba: Del tiempo de trabajo efectivo de la bomba, se calcula que un 50% del tiempo, el despacho se realiza con la válvula reguladora estrangulada a un 50%. (caso cuando trabaja una sola isla de despacho, o 3 islas de despacho con 2 bombas) Se asume que, durante la otra mitad del tiempo de trabajo efectivo, la bomba trabaja con la válvula reguladora sin estrangular. (caso cuando se realiza despacho con 2 islas con una sola bomba).

GRÁFICA 15 – CAPITULO IV

ANÁLISIS CONSUMO B223 (18 DE AGOSTO)



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 14 – CAPITULO IV

SIMULACIÓN VARIADOR DE VELOCIDAD CONTROL DE DESPACHO PROPUESTO



Fuente: Elaboración propia en base a ECO2-Schneider Electric

De acuerdo con los resultados de la simulación, en base a los supuestos establecidos anteriormente, existe un potencial de ahorro de 42294 kWh anuales. Este cálculo puede variar en función al cambio de los supuestos considerados para la simulación.

Cálculo de la inversión

TABLA 4 – CAPITULO IV

INVERSIÓN - PROYECTO 1

Equipo	Costo unitario (S/)	Cantidad	Costo Sub total (S/)
Variador de velocidad	6000	1	6000
Sensor de presión	1400	1	1400
Tablero y otros materiales eléctricos	1000	1	1000
Instalación	2500	1	2500
Total			10900

Fuente: Elaboración propia

Análisis de recuperación de inversión

Cálculo de precio unitario para cálculo de ahorro energético

Para el cálculo de precio unitario de energía deben tomarse en cuenta el consumo de energía activa (en hora punta y hora fuera de punta) y de demanda máxima, según la tarifa MT3. De acuerdo a los datos de recibos de compra de energía de agosto 2017, el precio promedio de energía activa es de S/. 0.2011 (prorratea el precio de consumo en hora punta y fuera de punta). Por otro lado, el precio por potencia (potencia de generación y distribución) es de S/. 0.1980 por cada kWh de consumo. Esto arroja un precio final de S/. 0.3991 soles/kWh. (No incluye precios fijos como alumbrado público y mantenimiento)

El ahorro energético producto de proyectos de eficiencia energética van a impactar directamente en ahorros por concepto de “consumo activo de energía” pero no necesariamente por concepto de “demanda máxima”. Por tanto, se aplicará un precio promedio entre consumo y demanda. Este precio promedio es de S/. 0.3001 (US\$ 0.094 aplicando un tipo de cambio de S/. 0.23 soles / US\$). Este último es considerado un precio conservador para calcular el retorno de los proyectos de eficiencia energética.

TABLA 5 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN - PROYECTO 1

Ítem	Valor
CAPEX	S/. -10.900,00
OPEX ANUAL	S/. -
BENEFICIO ECONOMICO ANUAL	S/. 3.975,64
PAYBACK TIME	3 años
VALOR ACTUAL NETO (14%)	S/. 8.629,30
TASA INTERNA DE RETORNO	35%
ANÁLISIS DEL PROYECTO	Viable

Fuente: Elaboración propia

Proyecto 2: Implementación de un sistema de monitoreo y gestión energética

Concepto de la mejora

En acuerdo a la norma ISO 50001, TRESKO propone que sea implementado un sistema de gestión de energía (SGE) basado en indicadores calculados a partir de data extraída de una red de medidores (monitoreo y sub-metering).

Con el objetivo de asegurar el cumplimiento de metas y dar los primeros pasos hacia el SGE, se recomienda la implementación de un sistema de medición y seguimiento de indicadores. Idealmente, dicha acción debe ser responsabilidad de un Energy Manager. Sus responsabilidades incluyen, además del

seguimiento de indicadores, la gestión de los recibos eléctricos, dictado de entrenamientos, preparación de informes periódicos acerca de la relación entre operación y consumo energético e implementación de acciones de percepción y concientización acerca de la existencia del sistema de gestión de energía, permitiendo que las partes interesadas puedan participar activamente.

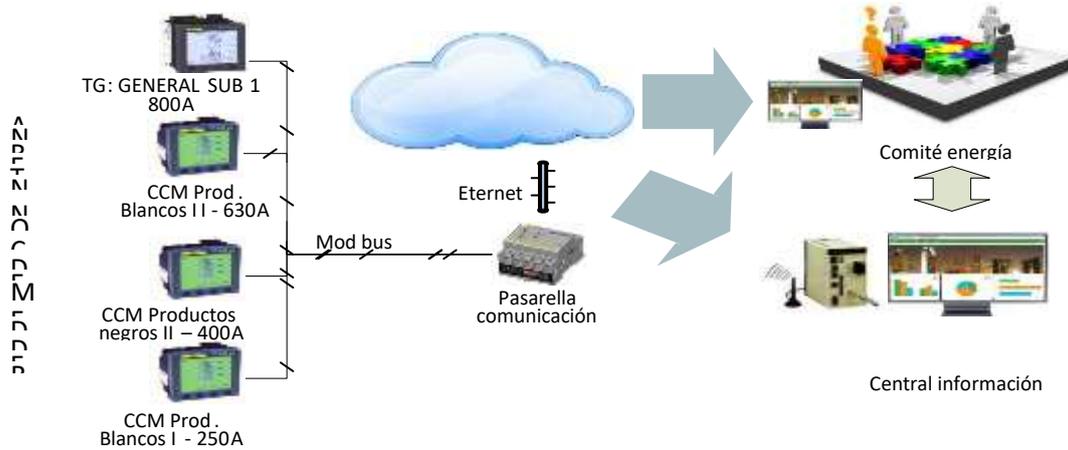
La gestión de energía debe empezar con la definición de una política energética, en donde el directorio se compromete a fijar y cumplir las metas establecidas, dando el apoyo necesario para la materialización del plan. En seguida, se establece las acciones de planeamiento energético que abarcan el análisis de datos históricos y proyección de consumo a futuro. Deben ser considerados, también, análisis de datos operacionales primarios y, si posible, variables físicas secundarias con el objetivo de establecer una relación entre el consumo y la operación a través de los Indicadores de Desempeño Energético (IDEs). Toda esa data puede ser obtenida a partir de los medidores. Periódicamente, deben ser generados reportes con los datos y conclusiones para que los datos sean llevados al conocimiento de todos los stakeholders y las decisiones tomadas con base en hechos.

El uso de un software de gestión energética permite dinamizar la formación del sistema de gestión energética, brindando las siguientes ventanas:

- Lectura de datos en tiempo real. Visualización y Navegabilidad
- Análisis estadístico automático para la data, facilitando enormemente labores de comparación, tendencias, detección de problemas etc.
- Envío automático de reportes que contienen data procesada a requerimiento del usuario, permitiendo acelerar la detección de problemas, y la toma de decisiones dentro de una filosofía de mejora continua.
- Programación de alertas que permiten identificar situaciones anormales en tiempo real
- Almacenamiento permanente de data energética relevante, para ser usada en análisis mensuales, anuales, predicciones futuras o incluso como evidencia ante situaciones de reclamo ante el concesionario eléctrico.

FIGURA 15 – CAPITULO IV

ARQUITECTURA BÁSICA DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA PROPUESTO



Fuente: Elaboración propia

TABLA 6 – CAPITULO IV

INDICADORES MEDIBLES EN EL SISTEMA DE GESTIÓN PROPUESTO

INDICADORES	FÓRMULA	DESCRIPCIÓN	Medible en la propuesta
IDE Global	kWh/Bbls	Consumo de despacho global vs volumen despachado global	SI
IDE Gasolina	kWh/Bbls	Consumo de despacho de gasolina vs volumen despachado de gasolina	SI
IDE Diesel	kWh/Bbls	Consumo de despacho de diésel vs volumen despachado de diésel	SI
IDE GLP	kWh/Bbls	Consumo de despacho de GLP vs volumen despachado de GLP	SI
IDE Turbo A1	kWh/Bbls	Consumo de despacho de Turbo A1 vs volumen despachado de Turbo A1	NO
IDE Alumbrado exterior	kWh	Consumo global de alumbrado exterior 230V	NO

Fuente: Elaboración propia

Otra ventaja de tener un SGE es que el sistema puede abarcar la gestión no solo local, sino, también, de las demás sucursales (plantas ubicadas en otras regiones), permitiendo realizar comparaciones de IDEs, intercambiando buenas prácticas de consumo de una hacia otra y evitando malas prácticas de consumo energético. El SGE debe considerar, también, la creación de una cultura de ahorro de energía que involucre desde el top management hasta los clientes, incluyendo funcionarios y personal tercerizado.

FIGURA 16 – CAPITULO IV



Fuente: Elaboración propia

Durante el desarrollo de la auditoría energética se verificó que los tableros generales no poseen multi-medidores de energía, equipos que permite sacar datos de consumo de datos del sistema eléctrico y, cruzando data con la operación, insights para la reducción del consumo sin pérdida de calidad en la operación.

Buenas prácticas operativas recomendadas

Algunas prácticas operacionales a ser implementadas y probadas en el sistema de gestión energética pueden ser:

TABLA 7 – CAPITULO IV

BUENAS PRÁCTICAS OPERATIVAS ESPECÍFICAS SUGERIDAS

Buenas prácticas específicas para operación de planta
Realizar seguimiento sistemático al cambio de filtros en las líneas de despacho. (Si los filtros permanecen sucios, aumentará los requerimientos de energía para bombeo)
Mantener los niveles de tanques de despacho, al más alto posible (A través de una estrategia de provisión y trasiegos)
Mantener un control de las operaciones de trasiego, previniendo que las bombas no se queden encendidas una vez que termino esta operación
Reducir el número de trasiegos al máximo posible durante la operación
Provisionar lo máximo posible los tanques que se encuentran más cercanos a sus islas de despacho (Buscar reducir la ocurrencia de despachos de largos tramos si existe opción de hacerlos con tanques más cercanos)

Fuente: Elaboración propia

También se tienen disponibles una seria de recomendaciones para buenas prácticas de operación, para gestión energética de plantas de bombeo, sugeridas por el ministerio de energía y minas, que puede adaptarse a las condiciones de terminal de hidrocarburos.

TABLA 8 – CAPITULO IV

BUENAS PRÁCTICAS OPERATIVAS GENERALES

Buenas prácticas de uso de bombas
Evitar utilizar las bombas a carga parcial, en condiciones distintas a las nominales.
Controlar las horas de operación, en particular durante horas punta.
Seleccionar una bomba eficiente y operarla cerca de su flujo de diseño.
Poner particular atención a las bombas en paralelo, adicionar más bombas puede hacer que el sistema total sea progresivamente menos eficiente.
Minimizar el número de cambios de dirección en la tubería.
Comprobar si la presión de la bomba es satisfactoria.
Programar el mantenimiento oportuno de la bomba.
En bombas de gran capacidad, es necesario un programa de monitoreo para calcular el tiempo óptimo de renovación.
Evaluar la reasignación de una bomba a otra ubicación en la planta en donde pueda operar a condiciones cercanas a las nominales.
Limpiar el polvo las lámparas.
Pintar de color claro las paredes y techos de las áreas de producción y oficinas administrativas.
Hacer programas para utilizar más luz natural.
Controlar las horas de operación, en particular en horas punta.
Apagar las lámparas innecesarias y reducir al mínimo imprescindible la iluminación en exteriores.
Separe los circuitos de iluminación para que su control no dependa de un solo interruptor y se ilumine solo sectores necesarios.
Buenas prácticas de uso del sistema eléctrico
Modulación de la carga, se controla la operación de equipos no imprescindibles en el proceso productivo dentro de las horas punta (18:00 a 23:00 horas).
Revisar en forma periódica el correcto funcionamiento de los bancos de compensación.
Controlar la máxima demanda en horas de punta o pico.
Evitar que los transformadores operen con baja carga o sobrecarga

Fuente: Adaptado de: Elaboración de proyectos de guías de orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético, plantas de saneamiento de agua, MINEM 2008.

Otras prácticas de gestión de operaciones que puede afectar el consumo energético y puede validarse a partir de un sistema de gestión energética.

- Se pueden realizar pruebas de campo para determinar o validar la tasa de flujo empleada para realizar el despacho de cisternas. (parte del supuesto que, para combustibles, existe una velocidad umbral, por encima de la cual, el gasto energético por galón bombeado se incrementa fuertemente). (Wu, et al, 2017)
- Setear alarmas de consumo máximo para cada una de las subunidades de medición. Por ejemplo, en tablero de gases, podemos saber cuál es el consumo máximo registrado en condiciones normales. Entonces, podemos setear una alarma de tal forma que identifiquemos consumos anormales producto de ensuciamiento de filtros, u otros factores que causan sobre exigencia del motor.

Cálculo de ahorro energético por gestión energética

La literatura actualmente disponible documenta ampliamente posibilidades de ahorro energético producto de mejoras en la gestión energética de edificios e industrias, considerando ahorros energéticos entre 5 y 30%. La experiencia de TRESKO indica que en plantas industriales que no desarrollaron auditoría energética previamente, la instalación de un sistema de gestión energética en base a software logrará un ahorro de 7% en el lapso de 2 meses.

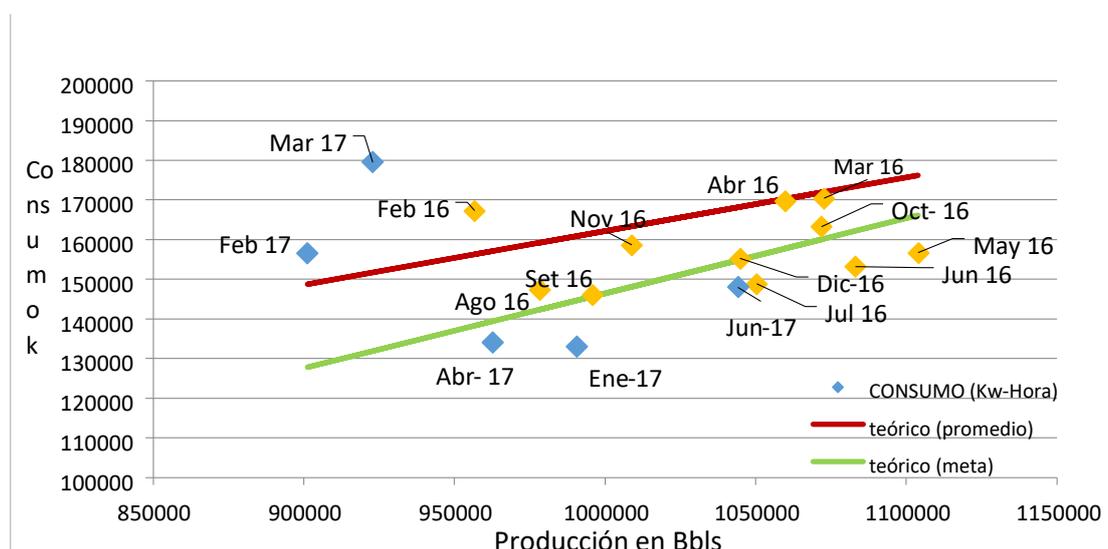
Este ahorro proviene de la implementación de buenas prácticas de operación que buscan impactar positivamente en el consumo de energía. (Estas prácticas son descritas en el apartado: Implementación de buenas prácticas operativas). La supervisión y gestión de información energética, permite aplicar prácticas de uso energético que pueden ser medibles y verificables, bajo el enfoque que no se puede mejorar lo que no se puede medir.

Por otro lado, el análisis de producción vs consumo (tal como se muestra en la siguiente gráfica) muestra que existe un potencial de ahorro energético

entre 10000 kWh y 20000 kWh, (diferencia entre la línea promedio roja, y la línea meta verde). Esto permite confirmar que existe un potencial de ahorro de 7%, a partir de la implementación de un sistema de gestión energética que permita la puesta en operación de buenas prácticas operativas.

GRÁFICA 16 – CAPITULO IV

CONSUMO MENSUAL (BbLS) VS CONSUMO ELÉCTRICO (KWH)



Fuente: Elaboración propia.

Un ahorro energético de 7%, representa aproximadamente un ahorro de 12000 kWh por mes, o 144 000 kWh por año. Si el precio de energía esta valorizado en US\$ 0.094 / kWh, entonces, el ahorro previsto estará valorizado en US\$ 13,536.00 dólares americanos.

Cálculo de la inversión

TABLA 9 – CAPITULO IV

INVERSIÓN - PROYECTO 2

Equipo	Costo unitario (US\$)	Cantidad	Costo Sub total (US\$)
Pasarela comunicación	1344	2	2688
Medidor principal	1193	3	3579
Medidores tableros TF TD	706	7	4942
Otros materiales	600	1	600
Servicio de instalación	2500	1	2500
Total			14309

Fuente: Elaboración propia

NOTA: No incluye valor del software ni valorización de actividades de gestión energética

Análisis de recuperación de inversión

TABLA 10 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN - PROYECTO 2

Ítem	Valor
CAPEX	\$ - 14.309,00
OPEX ANUAL	\$ -
BENEFICIO ECONOMICO ANUAL	\$ 13.536,00
Ítem	Valor
PAYBACK TIME	2 años
VALOR ACTUAL NETO	\$ 49.382,76
TASA INTERNA DE RETORNO	94%
ANÁLISIS DEL PROYECTO	Viable

Fuente: Elaboración propia

Proyecto 3: Cambio de bombas por mejor modelo

Comercialmente disponible en el Mercado según PSAT

Concepto

La presente propuesta busca evaluar el remplazo de ciertas bombas del sistema de despacho, por bombas de mayor eficiencia disponibles en el mercado. Se entiende que la empresa terminal de hidrocarburos, ya cuenta con una planificación de cambio de ciertas bombas. En tal sentido, el presente proyecto busca mostrar de manera referencial, la posibilidad de ahorro energético producto de bombas de mayor eficiencia.

Para este efecto, se presenta una simulación obtenida por el software PSAT. El software PSAT (Pumping System Assessment Tool (PSAT) ha sido producido por U.S. Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE) y se encuentra disponible en la misma página de EERE.

Debe aclararse que, para el presente estudio, no se hizo la medición individualizada para cada carga debido a la estrategia planteada de medición y debido a la imposibilidad de poder instalar analizadores de redes en tableros eléctricos de campo (áreas clasificadas). Sin embargo, se tiene disponible data asociada a la bomba B-223. En tal sentido, se presenta un análisis para el caso de la bomba B-223 que es análogo para el cálculo de ahorros energéticos producto del cambio de otras bombas del sistema.

Calculo del ahorro potencial por reemplazo de bombas actuales por mejor modelo comercialmente disponible en el mercado según PSAT

Calculo de la eficiencia de bombeo

Para este cálculo, se tendrá en cuenta información de especificaciones técnicas de la bomba:

TABLA 11 – CAPITULO IV

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BOMBA N° 223

BOMBA N° 223					
MOTOR			BOMBA		
MARCA	EMERSON		MARCA	FLOWSERVE	
N°	Y75P2C-P	PH:3 Class:1	IMPL DIA.	14,75	Mat. Const. DI/316SS
HP	75	AMP.85	GPM	900	CABEZA ' DIAM. SUCC. 6"
RPM	1780	VOLT. 460	RPM	1750	DIAM. DESC 5"
N° DE SERIE	M127693511-0001	TEMP AMB.40°C	N° DE SERIE	0808-1552-D	DIAM. DESC 5"
NOM.EFF	94.1% PF:87.6%	E. PROOF	MODELO	5LR-15D	175 PSI
Max. KVAR	12,9	MOD.07693511.100	POTENCIA	43,2 HP	
UBICACIÓN	ZONA 1 PATIO FRENTE A TK 3ª				

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, deben tomarse en cuenta los siguientes datos:

Datos del producto

TABLA 12 – CAPITULO IV

DATOS DEL PRODUCTO COMBUSTIBLE – DIESEL

Tipo de Fluido	Combustible - Diésel
Viscosidad Cinemática	4 cS (38 °C)
Gravedad específica	0,85

Fuente: Elaboración propia

Datos de succión y bombeo

TABLA 13 – CAPITULO IV

DATOS DE SUCCIÓN Y BOMBEO

Tanque	TK 1
Diámetro(m)	36,58
Altura (m)	12,07
altura no disponible (m)	0,95
Altura promedio (volumen disponible) (m)	6
Base sobre nivel del mar (m)	8 m.s.n.m.
Descarga sobre nivel del mar (m)	10 m.s.n.m.
Altura promedio m.s.n.m. (m)	14 m.s.n.m.
Presión de succión (PSI)	12
Presión de descarga (PSI) *	80
Diámetro tubería en succión (Pies)	6
Diámetro tubería en descarga (Pies)	5

(*) Asume descarga en válvula reguladora

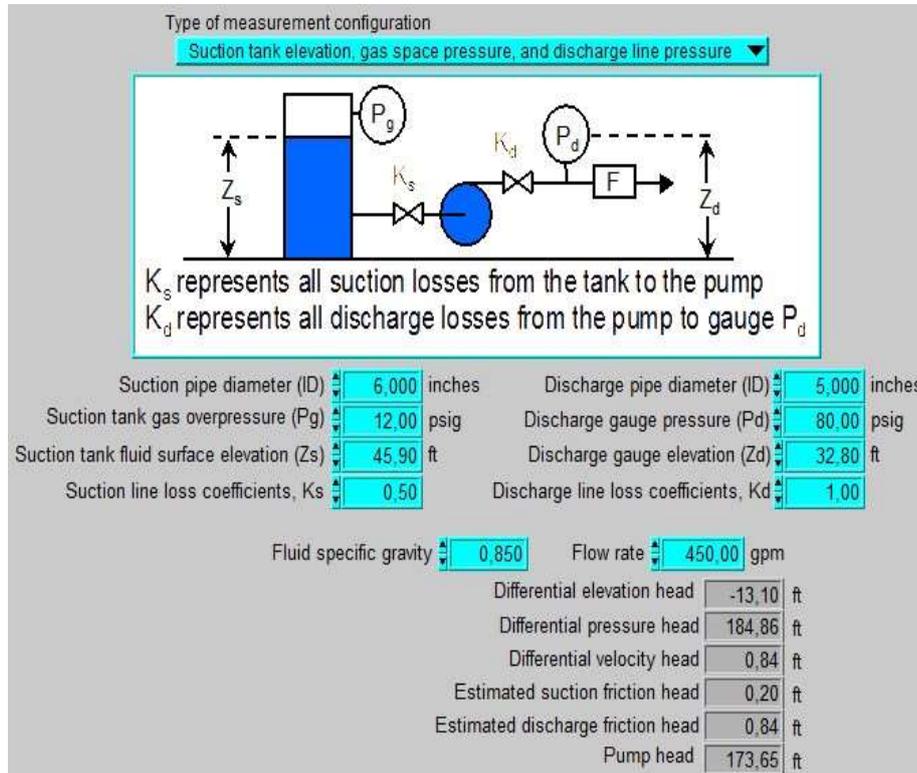
Fuente: Elaboración propia

Cálculo de presión de carga

Para el cálculo de presión de carga asumimos un nivel de tanque (combustible disponible para ser bombeado) de 6 metros (asumimos que el tanque se encuentra lleno en aproximadamente 50%). Es decir, si la base del tanque se encuentra ubicada a 8 m.s.n.m. entonces, la altura de succión del fluido será 14 m.s.n.m.

FIGURA 17 – CAPITULO IV

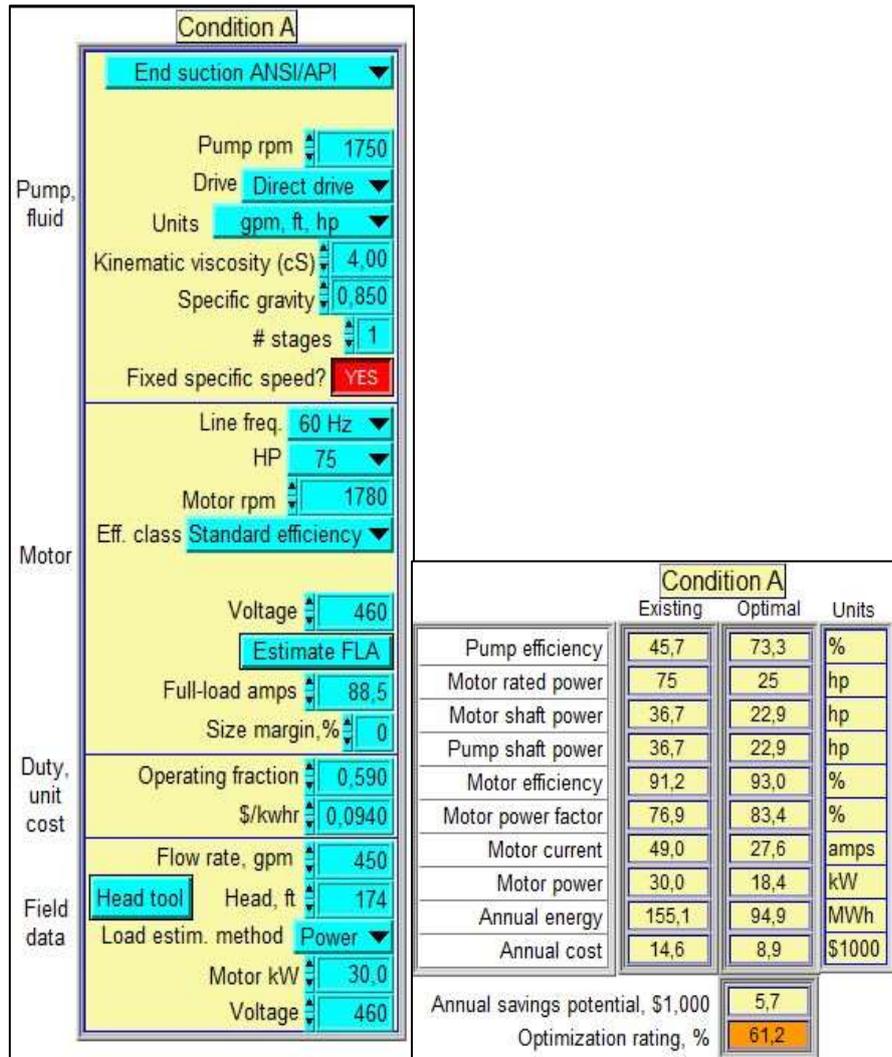
CÁLCULO DE PRESIÓN DE CARGA



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 18 – CAPITULO IV

CÁLCULO DE PRESIÓN DE CARGA. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de simulación, existe una oportunidad de mejora de eficiencia de 61%, con el remplazo de un mejor modelo comercialmente disponible en el mercado de acuerdo a PSAT.

En condiciones normales, el ahorro anual sería de 60.2 MWh, (60200 kWh) Equivalentes a US\$ 5658.80 dólares americanos.

NOTA: Debe considerarse el hecho de que la bomba opera una buena proporción del tiempo, a un 50% de su capacidad. Como se recordará la bomba tiene capacidad de 900 GPM, mientras que el caudal de despacho con una sola

bomba será de 450 GPM. Por diagrama de carga proporcionado por fabricante, debe considerarse una pérdida de eficiencia que podría estar entre un 10 a 20%.

Cálculo de la inversión

TABLA 14 – CAPITULO IV

DETALLE INVERSIÓN - PROYECTO 3

Equipo	Costo unitario (US\$)	Cantidad	Costo Sub total (US\$)
Bomba	24614	1	24614
Instalación	2000	1	2000
Total (US\$)			26614

Fuente: Elaboración propia

Análisis de recuperación de inversión

TABLA 15 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN - PROYECTO 3

Ítem	Valor
CAPEX	\$ -26,614.00
OPEX ANUAL	\$ -
BENEFICIO ECONOMICO ANUAL	\$ 5,659.00
PAYBACK TIME	4 años
VALOR ACTUAL NETO	\$ 2,547.37
TASA INTERNA DE RETORNO	17%
ANÁLISIS DEL PROYECTO	Viable

Fuente: Elaboración propia

Proyecto 4: Implementación de buenas prácticas de operación

Concepto

El concepto de la presente propuesta es el de mantener al más alto posible el nivel de succión, es decir, el nivel de llenado de tanques (volumen disponible para succión). Mientras más alto es el nivel de succión del tanque, mayor la presión hidrostática en el punto de succión de la bomba, y menor la altura total de carga de la bomba.

Para mantener los niveles de los tanques a los máximos posibles, debe preverse una estrategia de operación, que involucre frecuencias de trasiego y llenado de los tanques. (Trasiego aplicaría a Diésel)

Cálculo de ahorro energético

Para realizar el cálculo de ahorro por esta operación, se ha realizado una simulación del consumo de la bomba B-223, en dos situaciones: a) Cuando la altura de volumen disponible en el tanque es de 6 metros b) Cuando la altura de volumen disponible en tanque es de 4 metros.

Cálculo de altura total de carga para una altura de volumen disponible de 4 metros

FIGURA 19 – CAPITULO IV

CÁLCULO DE ALTURA TOTAL DE CARGA

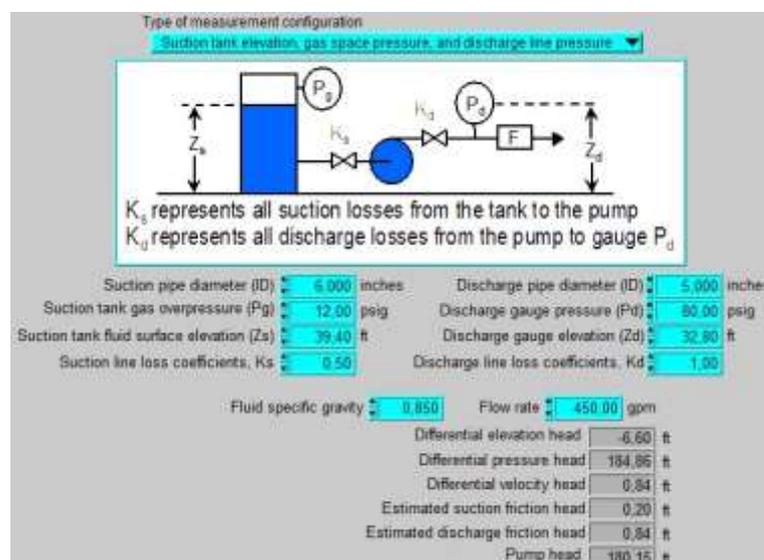
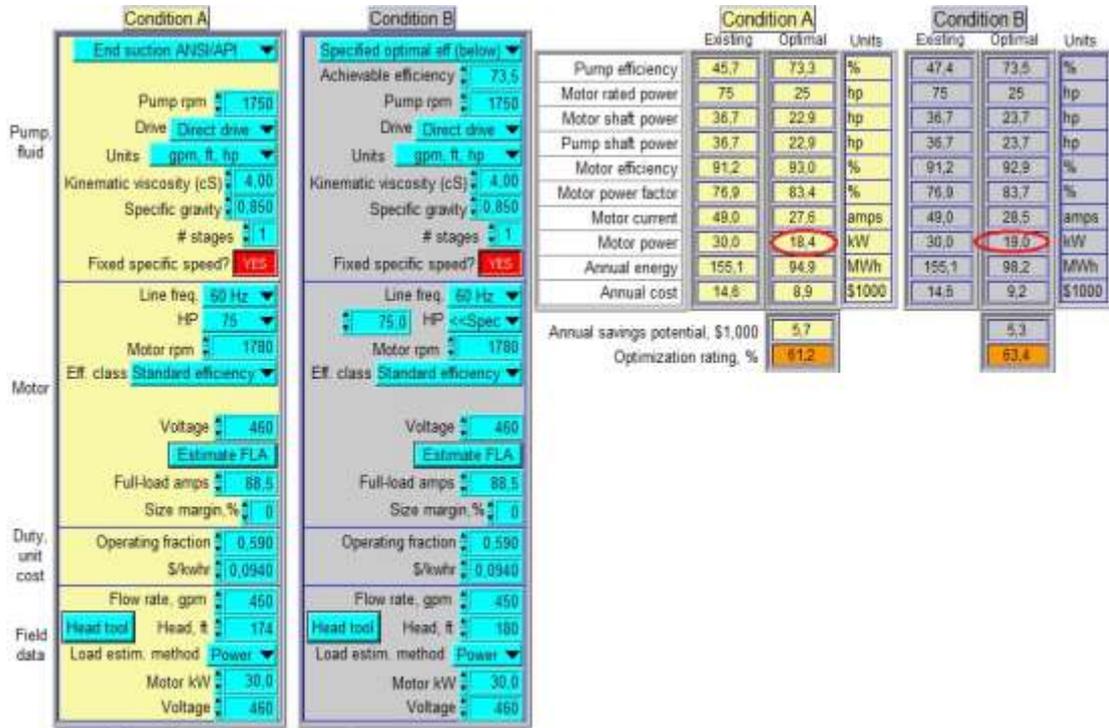


FIGURA 20 – CAPITULO IV

CÁLCULO DE ALTURA TOTAL DE CARGA. RESULTADOS DE LA



Fuente: Elaboración propia

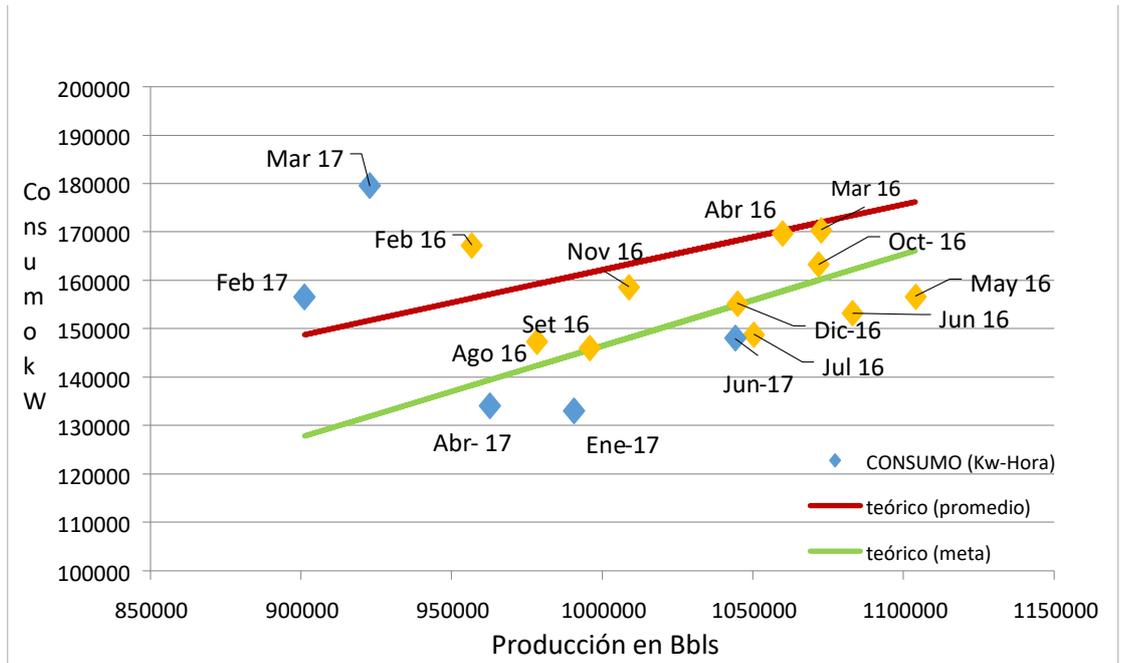
SIMULACIÓN

De acuerdo con la simulación efectuada, existe una diferencia de consumo de 0.6 kW para el bombeo de la bomba B-223 cuando existe una diferencia de 2 metros, en la altura de nivel de succión. Dado que, existe una operación de 5168 horas anuales, el ahorro esperado será de 3100 kWh por año. Si asumimos que esta condición se repite en 15 tanques adicionales, el ahorro esperado será de 46515 kWh por año. Este Ahorro energético está valorizado en US\$ 4372.41 dólares americanos.

Una manera de comprobación de este análisis puede realizarse comparando el desempeño energético del mes de marzo 2017 (mes de baja eficiencia) vs julio 2017 (mes de alta eficiencia). Como puede verse en la gráfica existe una diferencia aproximada de 30 000 kWh entre estos dos meses.

GRÁFICA 17 – CAPITULO IV

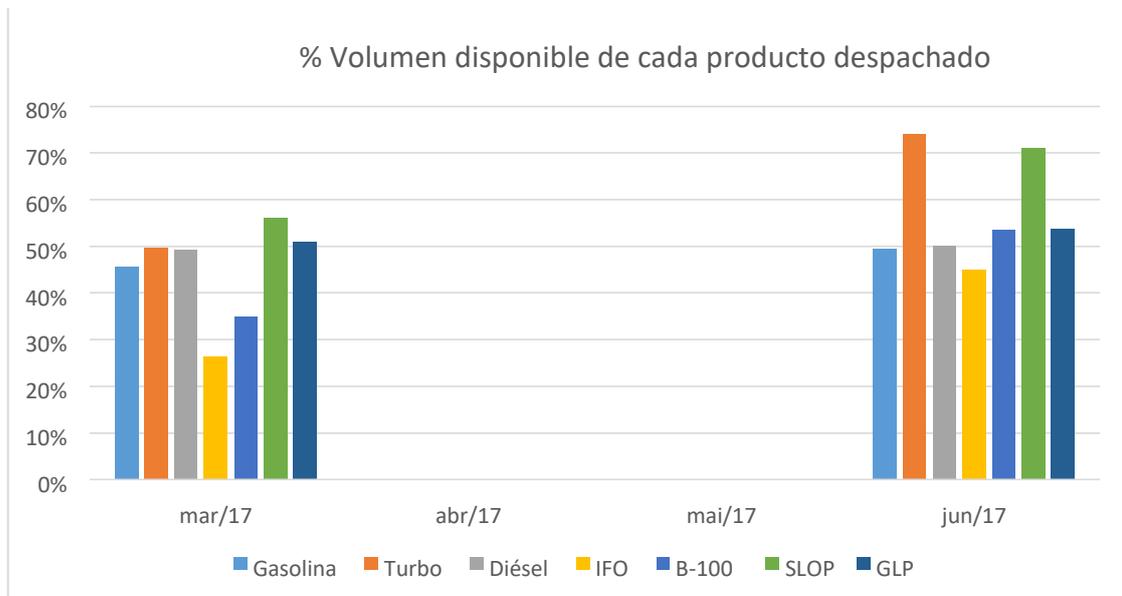
CONSUMO MENSUAL (BBLs) VS CONSUMO ELÉCTRICO (KWH)



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA 18 – CAPITULO IV

VOLUMEN DISPONIBLE (MARZO - JUNIO 2017)



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura anterior, si analizamos el % de volumen disponible (nivel de tanque de succión) para los meses de marzo 2017 y junio 2017, podemos observar que en promedio el volumen de los tanques utilizados en junio, es mayor al nivel observado de los tanques durante el mes de marzo. Este podría indicar de manera preliminar que existe una relación indirecta entre el volumen de los tanques y el consumo energético. Esta relación debe validarse con data futura.

Cálculo de la inversión

Dado que la presente mejora consiste en una buena práctica operacional, el nivel de inversión es considerado cero.

Análisis de recuperación de inversión

TABLA 16 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN - PROYECTO 4

Ítem	Valor
CAPEX	\$ -
OPEX ANUAL	\$ -
BENEFICIO ECONOMICO ANUAL	\$ 4.372,00
PAYBACK TIME	-
VALOR ACTUAL NETO	\$ 20.004,26
TASA INTERNA DE RETORNO	-
ANÁLISIS DEL PROYECTO	Viable

Fuente: Elaboración propia

Proyecto 5: Cambio de sistema de iluminación

Inventario de iluminación y tipología

Durante el trabajo de campo realizado para la presente auditoría energética se realizó un inventario aproximado de cargas del sistema de iluminación, donde se han delimitado 3 tipos de zonas, cada uno con un sistema de iluminación típico, y una tipología de consumo propia.

TABLA 17 – CAPITULO IV

INVENTARIOS CARGAS ILUMINACIÓN

Zona	Consumo	Tipo de iluminación	Cantidad	Potencia unitaria (W)	Potencia total (kW)
Exterior general	Nocturno	Poste reflector 400W	30	400	12
Exterior vías	Nocturno	Poste vapor de sodio 250w	220	250	55
Interior edificio y áreas administrativas	Nocturno	Fluorescentes 2x36w	250	72	18

Fuente: Elaboración propia

Para los consumos nocturnos, se comprobó que tienen lugar considerando el encendido del 100% de la carga durante 12 horas aproximadamente, entre las 18:00 y 6:00 horas.

Para el consumo de edificio, se estima también un consumo de 12 horas aproximadamente, básicamente durante la mañana y tarde.

Para efectos de reducir el tiempo de recuperación de la inversión, se sugerirá para este reporte, considerar el remplazo a LED del 60% de fluorescentes para el caso del interior del edificio. Esto asegurará un encendido de al menos 12 horas por día, lo que asegurará un correcto aprovechamiento de

la inversión. Las otras áreas administrativas se estima que tienen un consumo comparativamente menor.

Conceptos de mejoras

De acuerdo con la descripción anterior, se sugiere realizar cambios de todas las luminarias que sobrepasan un consumo de 12 horas diarias.

De acuerdo con esto, se sugiere el cambio del 100% de la iluminación exterior y 40% de la iluminación interior del edificio.

TABLA 18 – CAPITULO IV

CAMBIOS SUGERIDOS ILUMINACIÓN

Zona	Iluminación actual	Iluminación sugerida	Cantidad a cambiar
Exterior general	Poste reflector 400 W	Reflector LED 200 W	30
Exterior vías	Poste vapor de sodio 250W	Pastoral LED 120 W	220
Exterior planta	Fluorescentes 36W	Fluorescente LED 20 W	150

Fuente: Elaboración propia

TABLA 19 – CAPITULO IV

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN
SUGERIDOS**

Especificación	Fluorescentes LED	Reflector LED	Pastoral LED
Marca	CKTech	CKTech	CKTech
Código	T8-20W-2WF	CK-F200	CK-SA120- H
Nombre	T8 tubo LED	Reflector LED	Pastoral LED
Potencia	20W	200W	120W
CCT	2700-6500K	3000-6500 K	2700-6500K
Flujo luminoso	2000 lm	16000-17000 lm	12000 lm
CRI	>80	>80	>80
Dimensiones	1265x124x90	-	582x90x87
Precio unitario	\$ 20,00	\$145,00	\$205,00
Garantía	3 años	2 años	4 años

(*) Vida útil de 50000 horas.

Fuente: Elaboración propia

Análisis de recuperación de la inversión

Cálculo de ahorro anual de consumo expresado en kWh

TABLA 20 – CAPITULO IV

**CÁLCULO DE AHORRO ANUAL DE CONSUMO EXPRESADO EN
KWH POR CAMBIO DE ILUMINACIÓN**

	Potencia actual	Potencia sugerida (cambio)	Diferencia	Cantidad a cambiar	Ahorro (W)	Horas	Ahorro día (Wh)	Ahorro año (kWh)
Poste reflector 400W	400	200	200	30	6000	12	72000	26280
Poste vapor de sodio 250W	250	120	130	250	32500	12	390000	142350
Fluorescentes 36W	36	20	16	150	2400	12	28800	10512

Fuente: Elaboración propia

El ahorro de consumo por año total sería de: 179142 kWh.

Cálculo del ahorro anual en US\$ dólares americanos

TABLA 21 – CAPITULO IV

CÁLCULO DEL AHORRO ANUAL POR CAMBIO DE ILUMINACIÓN

	Cantidad a cambiar	Ahorro año (kWh)	Ahorro	Ahorro total anual
Poste reflector 400W	30	26280	\$ 2470.32	\$ 16 839.35
Poste vapor de sodio 250W	250	142350	\$ 13 380.9	
Fluorescentes 36W	150	10512	\$ 988.13	

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la inversión total de cambio de iluminación

TABLA 22 – CAPITULO IV

CÁLCULO DE LA INVERSIÓN TOTAL DE CAMBIO DE ILUMINACIÓN

Iluminación sugerida	Cantidad a cambiar	Costo unitario US\$	Costo subtotal US\$	Costo total (US\$)
Reflector LED 200 W	30	145	4350	58600
Pastoral LED 120 W	250	205	51250	
Fluorescente LED 20 W	150	20	3000	

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la inversión total del proyecto

TABLA 23 – CAPITULO IV

INVERSIÓN - PROYECTO 5

Concepto	Costo total (US\$)
Costo luminarias	58600
Costo de instalación	17580
Costo total	76180

Fuente: Elaboración propia

Análisis de recuperación de inversión

TABLA 24 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN - PROYECTO 5

Ítem	Valor
CAPEX	\$ -76.180,00
OPEX ANUAL	\$ -
BENEFICIO ECONOMICO ANUAL	\$ 16.839,00
PAYBACK TIME	5 años
VALOR ACTUAL NETO	\$ 10.222,96
TASA INTERNA DE RETORNO	18%
ANÁLISIS DEL PROYECTO	Viable

Fuente: Elaboración propia

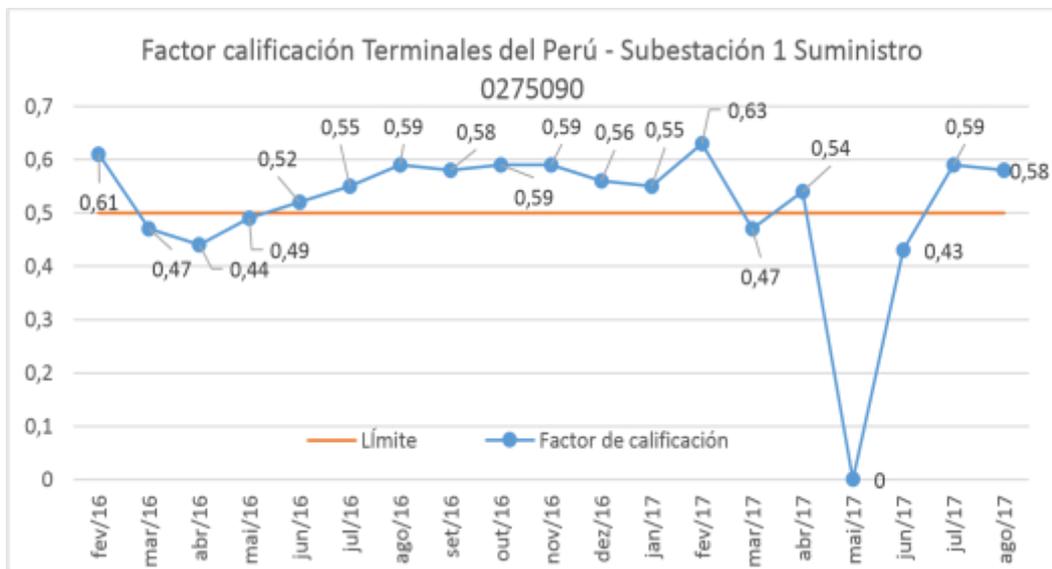
**Proyecto 6: Control de consumo en hora punta en Subestación 1
(Control de factor de calificación).**

Concepto

Tal como se mostró anteriormente, la subestación 1, registra una calificación “presente en punto”. Como se ve en la siguiente gráfica, el Factor de calificación (FC) tarifaria, se encuentra promediando valores por encima del valor umbral de 0.5 la mayor parte del año.

GRÁFICA 19 – CAPITULO IV

FACTOR DE CALIFICACIÓN TERMINAL DEL HIDROCARBUROS - SUBESTACIÓN 1



Fuente: Elaboración Propia

Como se indicó anteriormente, el FC se calcula con siguiente ecuación:

$$\text{Calificación Tarifaria} = \frac{EA \text{ HP mes}}{M. D. \text{leída mes} \times \# \text{ HP mes}}$$

Ecuación 2: Calificación Tarifaria

Donde:

EA HP mes: Energía activa consumida en horas punta del mes

M.D. leído del mes: Máxima demanda leída del mes

HP mes: Número de horas punta del mes

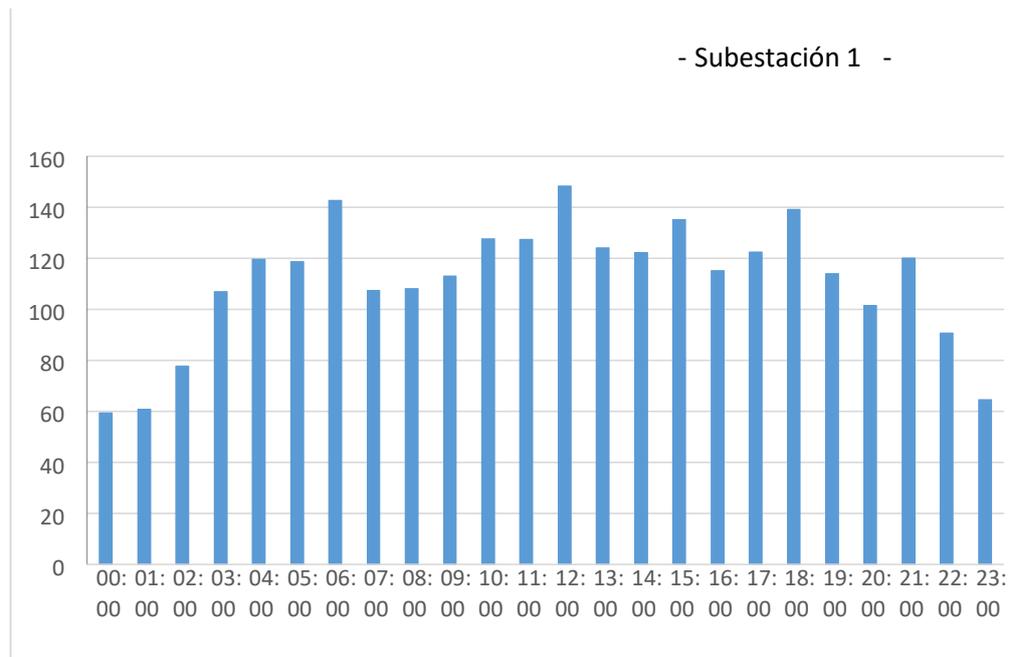
Fuente: Informe de Auditoria TRESKO

En tal sentido, la presente mejor sugiere reducir de manera mínima suficiente el consumo durante la hora punta, de tal manera que se logra obtener una calificación “Fuera de punta”. Esta reducción, se basa en implementar una política operacional, en que las 2 horas de parada diaria ya no se establezcan entre las 11:00 pm y 01:00 am, sino que sea entre las

9:00 y 11:00 pm, es decir, adelantar la parada diaria, para que sea durante la hora punta.

GRÁFICA 20 – CAPITULO IV

CONSUMO HORARIO TOTAL (18 AGOSTO 2017): SUBESTACIÓN 1

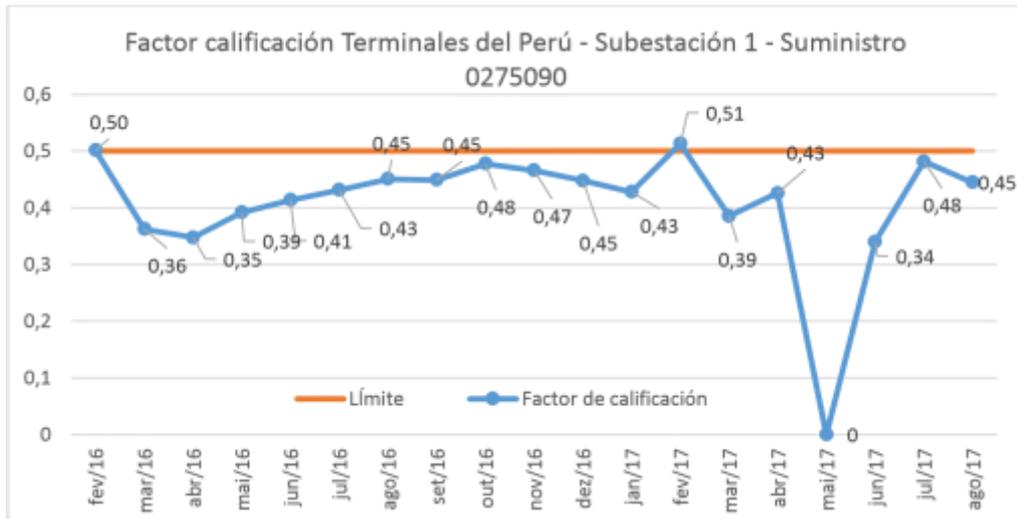


Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la gráfica 20, el consumo por hora arroja un valor promedio de 350 kWh. Si la parada se traslada durante la hora punta, se espera que exista una reducción aproximada del consumo de 3700 kWh mensualmente. Si tomamos en cuenta este escenario, un recalcu del factor de calificación arroja que podría llegarse a la calificación fuera de punta, en aproximadamente un 90 a 95% de las veces, tal como se muestra en la siguiente figura.

GRÁFICA 21 – CAPITULO IV

FACTOR CALIFICACIÓN TERMINAL DEL HIDROCARBUROS: SUBESTACIÓN 1



Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del ahorro energético

Anteriormente se observó que el costo energético asociado a la subestación 1, se encuentra en un promedio de S/. 25 000.00 soles (sin igv).

TABLA 25 – CAPITULO IV**MONTOS APROXIMADOS FACTURADOS POR PRINCIPALES
PARÁMETROS DE FACTURACIÓN: SUBESTACIÓN 1 – SUMINISTRO
0275090**

Concepto	FEB	MAR	ABR	JUN	JUL	AGO
EHP (kWh)	S/. 3,521.57	S/. 3,560.91	S/. 3,121.58	S/. 2,954.71	S/. 3,360.31	S/. 2,707.61
EFP (kWh)	S/. 12,468.77	S/. 14,006.42	S/. 12,390.38	S/. 9,853.73	S/. 10,350.76	S/. 9,196.47
DMG (kW)	S/. 10,142.82	S/. 8,153.93	S/. 11,198.27	S/. 7,737.30	S/. 9,834.47	S/. 8,865.16
DMD (kW)	S/. 2,202.28	S/. 2,485.92	S/. 2,581.92	S/. 2,796.99	S/. 2,781.63	S/. 2,785.29
Total	S/. 28,335.44	S/. 28,207.19	S/. 29,292.15	S/. 23,342.72	S/. 26,327.18	S/. 23,554.54

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a cálculos de factor de calificación, una clasificación de “fuera de punta” traerá una reducción aproximada de 15 % en la facturación mensual. Es decir, el nuevo costo energético sería de S/. 21 739 soles, es decir un ahorro de S/. 3260.80 soles mensuales o US\$ 1009.54 dólares americanos.

Análisis de recuperación de inversión

TABLA 26 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN - PROYECTO 6

Ítem	Valor
CAPEX	\$ -
OPEX ANUAL	\$ -
BENEFICIO ECONOMICO ANUAL	\$ 1.009,54
PAYBACK TIME	-
VALOR ACTUAL NETO	\$ 4.619,19
TASA INTERNA DE RETORNO	-
ANÁLISIS DEL PROYECTO	Viable

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto 7: Compra de energía como cliente libre

Antecedentes

Los precios por kWh pagados actualmente por el terminal de hidrocarburos pertenecen a la modalidad de compra de energía como clientes regulados. Entendiéndose que las condiciones de compra para el terminal de hidrocarburos, como cliente libre pueden negociarse de mejor manera, se sugiere evaluar alternativas de compra de energía que mejoren las condiciones actuales.

Para tal efecto se ha realizado un análisis de mejora de compra de energía, de la mano con propuestas de empresas generadoras que cumplen las especificaciones técnicas requeridas, las cuales han realizado

una propuesta a mano alzada para la mejora de condiciones de compra de energía para el terminal de hidrocarburos. Estas propuestas se ponen a disposición del terminal de hidrocarburos como alternativa revisada como parte del presente estudio de auditoría energética.

Evaluación de compra para Suministro 0143993

Para el suministro 0143993, se han analizado 4 alternativas de compra:

- Alternativa 1: Propuesta entregada por empresa TermoChilca
- Alternativa 2: Propuesta entregada por empresa Statkraft
- Alternativa 3: Estimación de precios para cliente Libre – ENEL
- Alternativa 4: Precios cliente regulado – ENEL

En las siguientes tablas, figuran los costos calculados para un mes típico fijado en noviembre 2017, para las 4 alternativas.

TABLA 27 – CAPITULO IV

**ALTERNATIVA 1, PROPUESTA ENTREGADA POR EMPRESA
TERMOCHILCA**

TERMOCHILCA NOV - 2017	Consumos a facturar	Precio unitario	Unidad	Importe (S/.)
CARGOS A FACTURAR				
Cargo fijo		13	S/. / cliente	13.00
Mantenimiento y Reposición		73	S/. / cliente	73.00
Energía activa en horas punta	13,521.00	0.0906	S/./kW-h	1,224.35
Energía activa en horas fuera de punta	62,284.00	0.0906	S/./kW-h	5,639.94
Peaje Secundario (Área de Demanda 6)	75,805.00	0.02	S/./kW-h	1,516.10
Potencia de generación en horas punta	246.00	21.34	S/./kW-mes	5,249.64
Peaje de Conexión al SPT	246.00	32.96	S/./kW-mes	8,108.16
Potencia por uso de redes de distribución en horas punta	333.00	9.55	S/./kW-mes	3,180.15
Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	53.00	10.73	S/./kW-mes	568.69
TOTAL (S/.)				25,573.03

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 28 – CAPITULO IV

**ALTERNATIVA 2, PROPUESTA ENTREGADA POR EMPRESA
STATKRAFT**

STATKRAFT NOV - 2017 (libre)	Consumos a facturar	Precio unitario	Unidad	Importe (S/.)
CARGOS A FACTURAR				
Cargo fijo		13	S/. / cliente	13.00
Mantenimiento y Reposición		73	S/. / cliente	73.00
Energía activa en horas punta	13,521.00	0.1099	S/./kW-h	1,485.82
Energía activa en horas fuera de punta	62,284.00	0.1099	S/./kW-h	6,844.39
Peaje Secundario (Área de Demanda 6)	75,805.00	0.02	S/./kW-h	1,516.10
Potencia de generación en horas punta	246.00	20.15	S/./kW-mes	4,956.90
Peaje de Conexión al SPT	246.00	32.96	S/./kW-mes	8,108.16
Potencia por uso de redes de distribución en horas punta	333.00	9.55	S/./kW-mes	3,180.15
Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	53.00	10.73	S/./kW-mes	568.69
TOTAL (S/.)				26,746.21

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 29 – CAPITULO IV

ALTERNATIVA 3, ESTIMACIÓN DE PRECIOS PARA CLIENTE LIBRE – ENEL

ENEL NOV - 2017 (libre)	Consumos a facturar	Precio unitario	Unidad	Importe (S/.)
CARGOS A FACTURAR				
Cargo fijo		13	S/. / cliente	13.00
Mantenimiento y Reposición		73	S/. / cliente	73.00
Energía activa en horas punta	13,521.00	0.0999	S/./kW-h	1,350.75
Energía activa en horas fuera de punta	62,284.00	0.0999	S/./kW-h	6,222.17
Peaje Secundario (Área de Demanda 6)	75,805.00	0.02	S/./kW-h	1,516.10
Potencia de generación en horas punta	246.00	20.84	S/./kW-mes	5,126.64
Peaje de Conexión al SPT	246.00	32.96	S/./kW-mes	8,108.16
Potencia por uso de redes de distribución en horas punta	333.00	9.55	S/./kW-mes	3,180.15
Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	53.00	10.73	S/./kW-mes	568.69
TOTAL (S/.)				26,158.66

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 30 – CAPITULO IV

ALTERNATIVA 4, PRECIOS CLIENTE REGULADO – ENEL

ENEL - REGULADO 2016 (REAL 2016)	Consumo s a facturar	Precio unitari o	Unidad	Importe (S/.)
CARGOS A FACTURAR				
Cargo fijo		3.16	S/. / cliente	3.16
Mantenimiento y Reposición		21.19	S/. / cliente	21.19
Energía activa en horas punta	13,521.00	0.2197	S/./kW-h	2,970.56
Energía activa en horas fuera de punta	62,284.00	0.1827	S/./kW-h	11,379.29
Potencia de generación	336.00	32.1326	S/./kW- mes	10,796.55
Potencia por uso de redes de distribución en horas punta	387.00	11.03	S/. /kW- mes	4,267.99
TOTAL (S/.)				29,438.74

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 31 – CAPITULO IV

RESUMEN DE MONTOS FACTURADOS SEGÚN ALTERNATIVA ANALIZADA

Concesionaria	Monto aproximado (S/.) - Mes promedio sub. 0143993
Termochilca - Libre	25,573.03
Enel - Libre	26,158.66
Statkraft - libre	26,746.21
Enel - Regulado	29,438.74

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla anterior, la mejor propuesta económica, ofrece un ahorro aproximado de 13% sobre el precio actual como cliente regulado.

Debe tomarse en cuenta, que la subestación 0143993 está calificada como cliente fuera de punta, por lo que la comparación con las alternativas de compra como cliente libre se considera menor que la comparación en caso de la subestación 0275090.

Evaluación de compra para Suministro 275090

Para el suministro 0275090, se han analizado 4 alternativas de compra:

- Alternativa 1: Propuesta entregada por empresa TermoChilca
- Alternativa 2: Propuesta entregada por empresa Statkraft
- Alternativa 3: Estimación de precios para cliente Libre – ENEL
- Alternativa 4: Precios cliente regulado – ENEL

En las siguientes tablas, figuran los costos calculados para un mes promedio, para las 4 alternativas.

TABLA 32 – CAPITULO IV

ALTERNATIVA 1, PROPUESTA ENTREGADA POR EMPRESA TERMOCHILCA

TERMOCHILCA NOV - 2017	Consumos	Precio	Unidad	Importe (S/.)
CARGOS A FACTURAR				
Cargo fijo		13	S/. / cliente	13.00
Mantenimiento y Reposición		73	S/. / cliente	73.00
Energía activa en horas punta	14,888.00	0.0906	S/./kW-h	1,348.14
Energía activa en horas fuera de punta	61,817.00	0.0906	S/./kW-h	5,597.65
Peaje Secundario (Área de Demanda 6)	76,705.00	0.02	S/./kW-h	1,534.10
Potencia de generación en horas punta	187.00	21.34	S/./kW-mes	3,990.58
Peaje de Conexión al SPT	187.00	32.96	S/./kW-mes	6,163.52
Potencia por uso de redes de distribución en horas punta	238.00	9.55	S/./kW-mes	2,272.90
Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	12.30	10.73	S/./kW-mes	131.98
TOTAL (S/.)				1,124.87

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 33 – CAPITULO IV

**ALTERNATIVA 2, PROPUESTA ENTREGADA POR EMPRESA
STATKRAFT**

STATKRAFT NOV - 2017 (libre)	Consumos a facturar	Precio unitario	Unidad	Importe (S/.)
CARGOS A FACTURAR				
Cargo fijo		13	S/. / cliente	13.00
Mantenimiento y Reposición		73	S/. / cliente	73.00
Energía activa en horas punta	14,888.00	0.1099	S/./kW-h	1,636.04
Energía activa en horas fuera de punta	61,817.00	0.1099	S/./kW-h	6,793.07
Peaje Secundario (Área de Demanda 6)	76,705.00	0.02	S/./kW-h	1,534.10
Potencia de generación en horas punta	187.00	20.15	S/./kW-mes	3,768.05
Peaje de Conexión al SPT	187.00	32.96	S/./kW-mes	6,163.52
Potencia por uso de redes de distribución en horas punta	238.00	9.55	S/./kW-mes	2,272.90
Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	12.30	10.73	S/./kW-mes	131.98
TOTAL (S/.)				22,385.66

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 34 – CAPITULO IV

ALTERNATIVA 3, ESTIMACIÓN DE PRECIOS PARA CLIENTE LIBRE – ENEL

ENEL NOV - 2017 (libre)	Consumos a facturar	Precio	Unidad	Importe (S/.)
CARGOS A FACTURAR				
Cargo fijo		13	S/. / cliente	13.00
Mantenimiento y Reposición		73	S/. / cliente	73.00
Energía activa en horas punta	14,888.00	0.0999	S/./kW-h	1,487.31
Energía activa en horas fuera de punta	61,817.00	0.0999	S/./kW-h	6,175.52
Peaje Secundario (Área de Demanda 6)	76,705.00	0.02	S/./kW-h	1,534.10
Potencia de generación en horas punta	187.00	20.84	S/./kW-mes	3,897.08
Peaje de Conexión al SPT	187.00	32.96	S/./kW-mes	6,163.52
Potencia por uso de redes de distribución en horas punta	238.00	9.55	S/./kW-mes	2,272.90
Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	12.30	10.73	S/./kW-mes	131.98
TOTAL (S/.)				21,748.41

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 35 – CAPITULO IV

ALTERNATIVA 4, PRECIOS CLIENTE REGULADO – ENEL

ENEL - REGULADO 2016 (REAL 2016)	Consumos a facturar	Precio unitario	Unidad	Importe (S/.)
CARGOS A FACTURAR				
Cargo fijo		3.16	S/. / cliente	3.16
Mantenimiento y Reposición		21.19	S/. / cliente	21.19
Energía activa en horas punta	14,888.00	0.2197	S/./kW-h	3,270.89
Energía activa en horas fuera de punta	61,817.00	0.1827	S/./kW-h	11,293.97
Potencia de generación	223.80	47.1484	S/./kW- mes	10,551.81
Potencia por uso de redes de distribución en horas punta	241.50	10.98	S/./kW- mes	2,650.51
TOTAL (S/.)				27,791.53

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 36 – CAPITULO IV

RESUMEN DE MONTOS FACTURADOS SEGÚN ALTERNATIVA ANALIZADA

Concesionaria	Monto aproximado (S/.) - Mes promedio sub. 0275090
Termochilca – Libre	21,124.87
Enel - Libre	21,748.41
Statkraft - libre	22,385.66
Enel - Regulado	27,791.53

Fuente: Elaboración Propia

Comparación de detalle entre 2 mejores propuestas Enel y Termochilca

Comparación de precios

TABLA 37 – CAPITULO IV

COMPARACIÓN PRECIOS ENEL VS TERMOCHILCA

Concesionaria	Sum. 143993	Sum. 275090	Total
ENEL	S/ 26,158.66	S/ 21,748.41	S/ 47,907.07
Termochilca	S/ 25,573.03	S/ 21,124.87	S/ 46,697.90
Diferencia mensual			S/ 1,209.16
Diferencia anual (aprox)			S/ 14,509.96

Fuente: Elaboración propia

Comparación de contrato

TABLA 38 – CAPITULO IV

COMPARACIÓN DE PROPUESTAS DE CONTRATO ENEL VS TERMOCHILCA

Concepto en contrato	Termochilca	Enel
Tiempo de contrato	3 años	3 años
Tolerancia para excesos de potencia contratada	0.2	0,0 %
Base para indexación del precio	Gas natural 100% (*)	50% gas natural + 50% Índice de precios EEUU
Calculo base para demanda coincidente	18:00 a 23:00 horas	Todo el día
Capacidad de respuesta ante emergencias	Media - Alta	Alta
(*) El proveedor puede cambiar esta cláusula a: 50% gas natural + 50% Índice de precios EEUU		

Fuente: Elaboración propia

La valorización de capacidad de respuesta para coordinaciones de corte de suministro por mantenimiento y emergencias se entiende como:

- a) Casos de coordinación directa para realizar cortes de suministro solicitados por terminal de hidrocarburos para mantenimientos, etc.
- b) Casos de emergencia de corte de suministro donde terminal de hidrocarburos requiere reposición inmediata.

En estos casos existe la probabilidad de que ENEL pueda dar un mejor servicio que implica menos tiempo de retraso, ya que ENEL cuenta con la infraestructura de soporte para la distribución. Si bien este hecho sería despreciable para clientes normales, puede ser importante para una planta que requiere una alta fiabilidad de operación.

Recomendación final

Vistas las comparaciones de precios, contratos propuestos, y análisis de costo beneficio, se recomienda optar por la propuesta de Enel.

Calculo de ahorros de la mejora

En resumen, el cambio de estrategia de compra de energía, como cliente libre, traerá un ahorro mensual aproximado de S/. 9323.00 soles. (aproximadamente S/. 111 878.00 anual)

Proyecto 8: Autogeneración eléctrica con gas natural

Concepto

El concepto de la presente propuesta es el de utilizar un grupo electrógeno a gas natural para autogenerar energía eléctrica y prescindir del suministro eléctrico de Enel. El objetivo del análisis es demostrar la conveniencia de la utilización de esta tecnología, para las condiciones operativas de terminal de hidrocarburos, y compararla respecto a otras oportunidades de ahorro energético.

La presente propuesta fue trabajada con la empresa Ferreyros. Se plantea el uso de un grupo electrógeno con las siguientes características:

FIGURA 21 – CAPITULO IV

IMAGEN REFERENCIAL SISTEMA DE AUTOGENERACIÓN ELÉCTRICA



Fuente: www.ferreyros.com.pe

TABLA 39 – CAPITULO IV

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

Equipo	CG132-12 - 600KW CONTINUO
Marca	CATERPILLAR
Modelo	CG132-12 - 600KW CONTINUO
Generador:	Marelli MJB 400 LA4
Tensión / Rango de tensión / cos Phi:	480 V / ± 10 / 1
Revoluciones / Frecuencia:	1800 / 60 [1/min] / [Hz]

Fuente: www.ferreyros.com.pe

TABLA 40 – CAPITULO IV
BALANCE ENERGÉTICO DEL EQUIPO

Balance energético		100	75	50
Carga:	[%]			
Potencia eléctrica COP conforme a ISO 8528-1:	[kW]	600	450	300
Energía del agua de refrigeración:	[kW ±8%]	301	242	191
Energía del intercambiador de calor BT:	[kW ±8%]	43	27	16
Energía del aceite de lubricación:	[kW ±8%]			
Energía de los gases de escape a temp.	[kW ±8%]	384	313	232
Temperatura de los gases de escape:	[°C ±25°C]	490	508	526
Caudal húmedo de los gases de escape:	[kg/h]	3393	2628	1856
Caudal de aire de combustión:	[kg/h]	3279	2540	1792
Radiación motor / generador:	[kW ±8%]	23 / 20	18 / 18	13 / 16
Consumo de combustible:	[kW+5%]	1459	1136	816
Eficiencia eléctrica / térmica:	[%]	41,1 / 46,9	39,6 / 48,9	36,8 / 51,8
Eficiencia total:	[%]	88,0	88,5	88,6

Fuente: www.ferreyros.com.pe

Cálculo de ahorro energético

Para el cálculo del ahorro energético de la mejora, se asume que la producción de electricidad del grupo electrógeno cubre el 100% de la energía requerida para las operaciones de terminal de hidrocarburos, en este caso, se prescinde del suministro realizado por la concesionaria eléctrica. En este sentido, el ahorro en costo de uso de energía eléctrica es equivalente a los montos facturados por la concesionaria eléctrica.

De acuerdo con esto último, se tomará en cuenta los montos facturados de la subestación 1 y 2 durante un semestre típico en la operación.

TABLA 41 – CAPITULO IV

**MONTOS APROXIMADOS FACTURADOS POR PRINCIPALES
PARÁMETROS DE FACTURACIÓN- SUBESTACIÓN 2**

Concepto	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
EHP (kWh)	S/. 3,118.32	S/. 3,485.22	S/. 1,220.37	S/. 2,724.48	S/. 2,771.23	S/. 2,809.79	S/. 2,745.08
EFP (kWh)	S/. 10,162.30	S/. 12,068.56	S/. 7,840.05	S/. 10,200.17	S/. 11,245.99	S/. 12,337.61	S/. 12,076.93
DMG (kW)	S/. 12,672.00	S/. 10,880.94	S/. 10,555.56	S/. 10,782.32	S/. 11,104.46	S/. 11,919.60	S/. 11,674.79
DMD (kW)	S/. 3,931.93	S/. 3,931.01	S/. 3,899.18	S/. 4,120.20	S/. 4,197.12	S/. 4,328.28	S/. 4,235.44
Total	S/. 29,884.55	S/. 30,365.73	S/. 23,515.16	S/. 27,827.17	S/. 29,318.79	S/. 31,395.29	S/. 30,732.25

Fuente: Elaboración propia

Para la subestación 1, los montos pagados a la concesionaria promedian S/. 26880 soles mensuales equivalentes a US\$ 8322.00.

Para la subestación 2, los montos pagados a la concesionaria promedian S/. 29005 soles mensuales equivalentes a US\$ 8980.00.

La suma de ambos equivale a un pago mensual de US\$ 17300.00 equivalentes a un pago anual de US\$ 207623.00 dólares americanos.

Cálculo de la inversión

Para el cálculo de la inversión se tomará en cuenta, el costo de inversión de equipos (CAPEX) y el costo operativo (OPEX)

Para el caso del costo de capital, de acuerdo con oferta económica presentada por Ferreyros, se tiene lo siguiente:

TABLA 42 – CAPITULO IV

COSTO DEL SISTEMA DE AUTOGENERACIÓN ELÉCTRICA

PRODUCTO	VALOR VENTA (USDS)
CG132-12 - 600KW CONTINUO	421,500.00
ENCAPSULADO TIPO CONTENEDOR CG132-12	112,200.00
LOSA+MALLA A TIERRA	42,900.00
INSTALACIÓN ELECTROMECC+CABLEADO	44,300.00
VALOR VENTA TOTAL	620,900.00

Fuente: www.ferreyros.com.pe

Para el caso del costo operativo, deben tomarse en cuenta los costos de combustible utilizado, así como costos de mantenimiento y repuestos.

TABLA 43 – CAPITULO IV

COSTO OPERATIVO DEL SISTEMA DE AUTOGENERACIÓN ELÉCTRICA

2. CAPITAL & OPERATIONAL EXPENSES SUMMARY (per GenSet & All)		Summary per GenSet		
		US\$	US\$/Hr*	US\$/MW.Hr*
Incluir CAPEX	Si	730,725	11.44	19.07
Costo Financiero y Seguros *	6.5%	730,725	11.44	19.07
% a Financiar	60%	1,938,491	30.33	50.55
Total Inversión Adicional Cliente *	87,200	1,297,881	20.33	33.88
Inversión Adicional Cliente *	-	1,297,881	20.33	33.88
Transformador 440 / 220 *	-	638,611	10.00	16.67
Loza de Concreto *	42,900	129,276	2.02	3.37
Instalación Encapsulado *	44,300	492,716	7.72	12.86
Prime + Cápsula	533,700	16,619	0.26	0.43
		2,667,217	41.77	69.62

* Valor proporcionado por el cliente

* GenSet Hours

Fuente: www.ferreyros.com.pe

De acuerdo con Ferreyros, el proyecto tiene una vida de operación de 63852 horas. Si estimamos que terminal de hidrocarburos realiza su operación durante 25 días al mes, durante 22 horas, acumularía 6600 horas

por año. El ciclo del proyecto de esta forma tendría una duración de 9.7 años.

Durante este periodo el costo operativo sería de US\$ 1 936 491 dólares americanos (costos de consumo de combustible y mantenimiento y repuestos).

Si el costo operativo por hora es de US\$ 30.33 dólares americanos, el costo mensual operativo sería de US\$ 200178.00 dólares americanos.

Análisis de recuperación de inversión

TABLA 44 – CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN

Ítem	Valor
CAPEX	\$ - 620,900.00
OPEX ANUAL	\$ - 200,178.00
BENEFICIO ECONOMICO ANUAL	\$ 12,434.61
PAYBACK TIME	-
VALOR ACTUAL NETO	\$ - 491,185.06
TASA INTERNA DE RETORNO	-
ANÁLISIS DEL PROYECTO	Inviabile

Fuente: Elaboración propia

FASE 5. Estudio de viabilidad económica

Análisis de compra de energía

Evolución de precios de energía

Para el presente análisis se hará un recuento histórico de los precios de energía de usuarios regulados. Estos usuarios están sujetos a regulación de precios unitarios de energía o potencia, los cuales son establecidos (regulados) por la Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria del OSINERGMIN.

Para los usuarios regulados se consideran 2 periodos tarifarios. Horas Punta (HP): periodo comprendido entre las 18:00 horas a 23:00 horas de cada día del año, excepto domingos y feriados. Horas Fuera de Punta (HFP): al resto de horas del día no comprendidas en las horas de punta (HP).

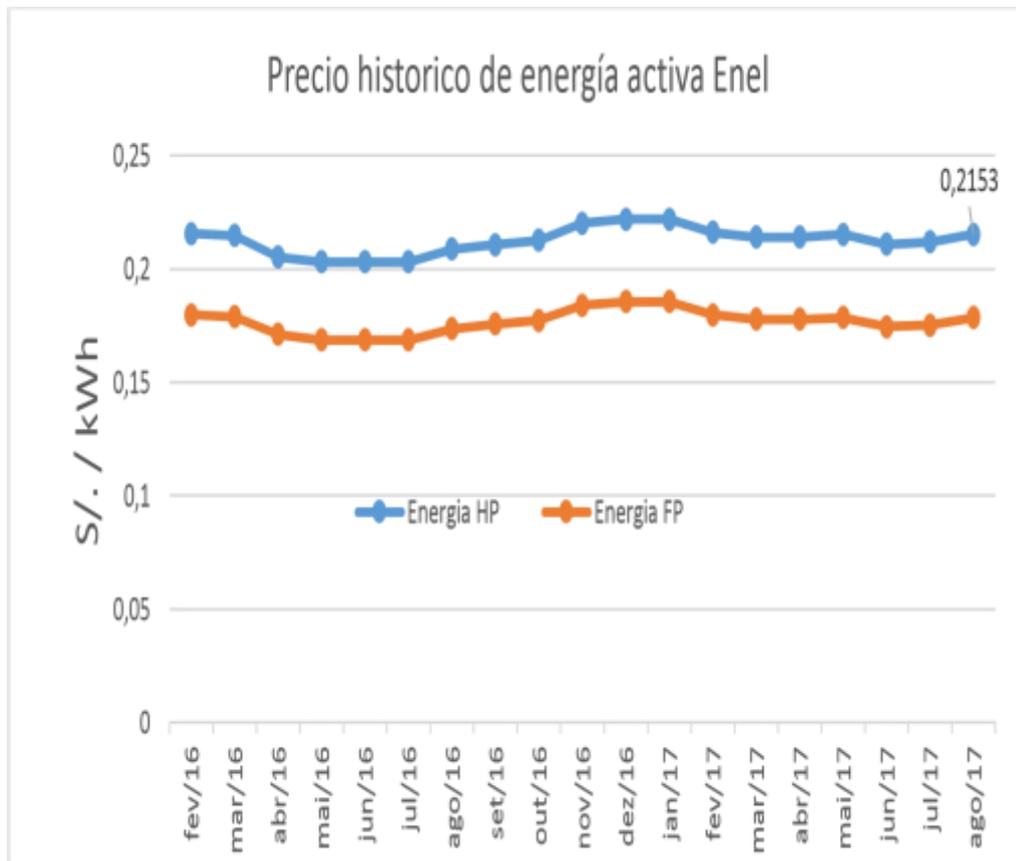
La facturación se realiza considerando principalmente los siguientes criterios:

- Consumo energía activa: Es la energía eléctrica utilizada medida en kW.h por el medidor
- 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.

Precios históricos de energía activa

GRÁFICA 22 – CAPITULO IV

PRECIO HISTÓRICO DE ENERGÍA ACTIVA



Fuente: Elaboración propia

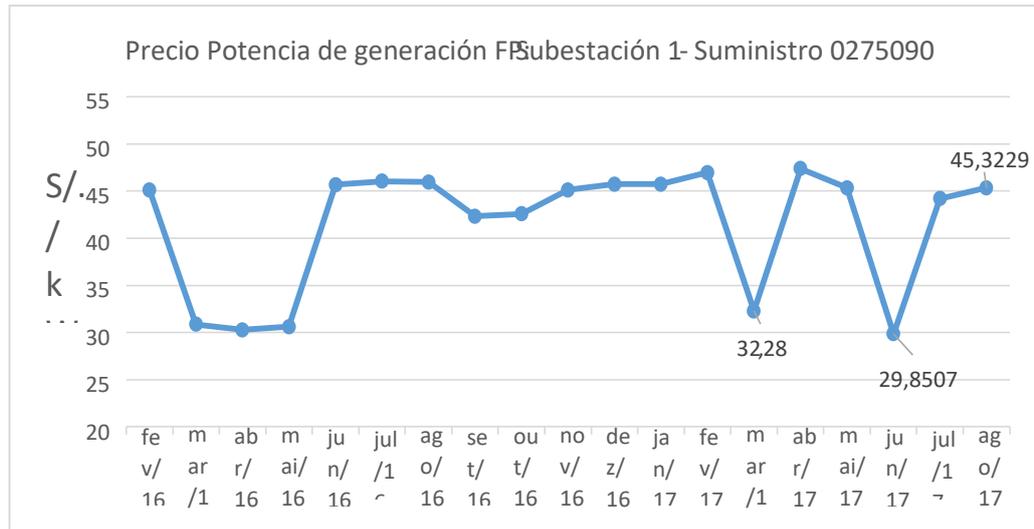
De acuerdo con el gráfico 22 precio histórico de energía activa, se puede observar cuales fueron los precios de la energía activa desde febrero 2016 hasta agosto 2017, se puede concluir con que los precios se han mantenido relativamente iguales, no se ve mayor diferencia en dicho precio.

Precios históricos demanda máxima de generación

Precios históricos demanda máxima de generación subestación 1

GRÁFICA 23 – CAPITULO IV

PRECIO HISTÓRICO DEMANDA MÁXIMA DE GENERACIÓN: SUBESTACIÓN 1 – SUMINISTRO 0275090



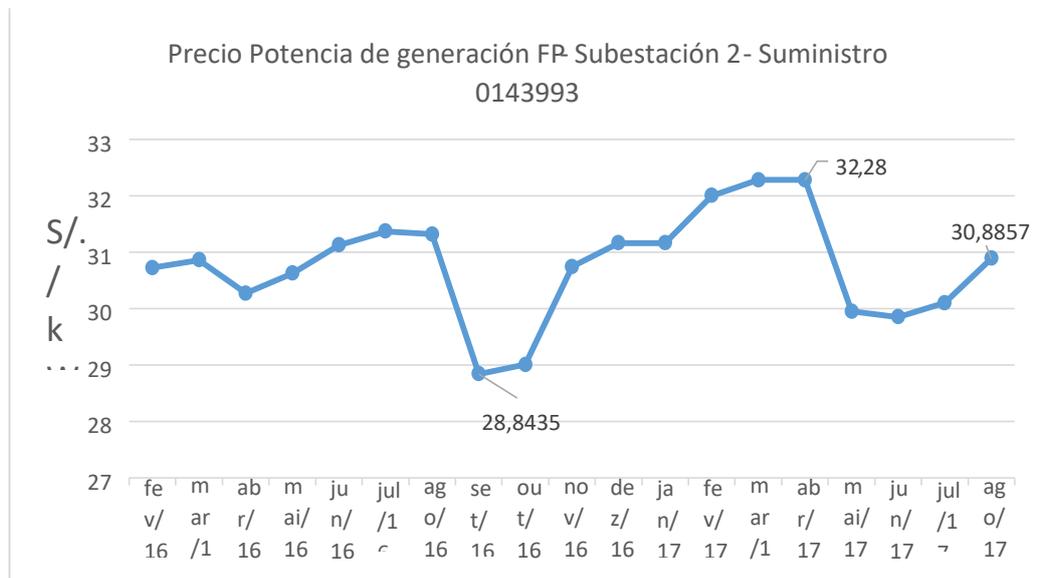
Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa el gráfico 23. Precio histórico demanda máxima de generación: Subestación 1 – Suministro 0275090, se ven los precios por potencia de generación desde febrero 2016 hasta agosto 2017, los cuales tienen un fuerte impacto en el consumo de energía. Se puede concluir con que los precios por potencia de generación se han mantenido relativamente iguales, no se ve mayor diferencia en dicho precio, sin embargo, se observa que tuvo una reducción del precio en marzo y junio del 2017.

Precios históricos demanda máxima de generación Subestación 2

GRÁFICA 24 – CAPITULO IV

PRECIO HISTÓRICO DEMANDA MÁXIMA DE GENERACIÓN: SUBESTACIÓN 2 – SUMINISTRO 0143993



Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en el gráfico 24. Precio histórico demanda máxima de generación: Subestación 2 – Suministro 0143993, se ven los precios por potencia de generación desde febrero 2016 hasta agosto 2017, los cuales tienen un fuerte impacto en el consumo de energía. Se puede concluir con que los precios por potencia de generación se han mantenido relativamente iguales, no se ve mayor diferencia en dicho precio.

Consumos y precios pagados por el terminal de hidrocarburos

Actualmente, El terminal de hidrocarburos, compra energía a ENEL DISTRIBUCIÓN PERÚ con un contrato de cliente regulado, utilizando la tarifa MT3. Esta tarifa, está diseñada para clientes que consumen fuertemente en hora fuera de punta, y que presentan cierto consumo en hora punta. Es decir, el consumo proporcional de hora fuera de punta debe ser mayor al consumo proporcional de hora punta.

Existe en esta tarifa la inclusión de un factor de calificación, que se utiliza para controlar el consumo proporcional de hora punta. Si en caso, el consumo proporcional de hora punta es similar o mayor al consumo proporcional de hora fuera de punta, entonces este factor de calificación modifica algunos valores de los parámetros de tarifación, elevando el costo energético considerablemente.

Esto puede notarse en Tabla 43 - Pliego Tarifario Enel agosto 2017, que muestra el pliego tarifario ENEL para tarifa MT3, en la fecha indicada.

TABLA 45 – CAPITULO IV
PLIEGO TARIFARIO EN EL AGOSTO 2017

Parámetro de Facturación	Unidad	Costo
Medición Doble de Energía Activa y Simple de Potencia Activa		
Cargo Fijo Mensual	S/. / cliente	3,17
Cargo por Energía Activa en Horas de Punta	S/. / kWh	0,22
Cargo por Energía Activa en Horas Fuera de Punta	S/. / kWh	0,18
Cargo por Potencia Activa de Generación		
Presente en Punta	S/. / kW	45,32
Presente Fuera de Punta	S/. / kW	30,89
Cargo por Potencia Activa de Distribución		
Presente en Punta	S/. / kW	10,88
Presente Fuera de Punta	S/. / kW	10,94

Fuente: www.osinergmin.gob.pe

De acuerdo con el pliego tarifario, los montos de demanda máxima aumentan si el cliente sobrepasa el valor umbral del factor de calificación (superior a 0.5), ya indicado en el ítem

El factor de calificación se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Calificación Tarifaria} = \frac{EA \text{ HPmes}}{M. D. \text{leída mes} \times \# \text{ HP mes}}$$

Ecuación 2: Calificación Tarifaria

Donde:

EA HP mes: Energía activa consumida en horas punta del mes

M.D. leída del mes: Máxima demanda leída del mes

HP mes: Número de horas punta del mes

Si el factor de calificación es menor a 0.5, entonces el cliente es considerado CLIENTE PRESENTE FUERA DE PUNTA. Si el factor de calificación es igual o mayor a 0.5, el cliente es considerado como PRESENTE EN PUNTA.

Parámetros de facturación en KWH y KW

Parámetros de facturación en KWH y KW Subestación 1

TABLA 46 – CAPITULO IV

**PARÁMETROS DE FACTURACIÓN TERMINAL DE HIDROCARBUROS
ÚLTIMOS 7 MESES: SUBESTACIÓN 1 – SUMINISTRO 0275090**

Parámetro	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
EHP (kWh)	16296	16632	14580	16086	14010	15858	12576
EFP (kWh)	69348	78732	69648	69084	56436	59046	51492
DMG (kW)	216	252.6	236.4	235.2	259.2	222.6	195.6
DMD (kW)	208.5	234.3	244.5	244.5	255.9	255.9	255.9

Fuente: Elaboración propia

Parámetros de facturación en KWH y KW Subestación 2

TABLA 47 – CAPITULO IV

**PARÁMETROS DE FACTURACIÓN TERMINAL DE HIDROCARBUROS
ÚLTIMOS 7 MESES: SUBESTACIÓN 2 – SUMINISTRO 0143993**

Parámetro	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
EHP (kWh)	14430	16278.49	5700	12900	13140	13260	12750
EFP (kWh)	56520	67839.02	44070	58320	64410	70380	67620
DMG (kW)	396	337.08	327	360	372	396	378
DMD (kW)	370.5	370.5	367.5	378	384	396	387

EHP: Consumo de Energía en Hora Punta

EFP: Consumo de Energía en Horas Fuera de Punta

DMG: Demanda Máxima de Generación

DMD: Demanda Máxima de Distribución

Fuente: Elaboración propia

Las Tabla 47. Parámetros de Facturación del terminal de hidrocarburos Últimos 7 Meses: Subestación 1 – Suministro 0275090 y Tabla 45 - Parámetros de Facturación del terminal de hidrocarburos Últimos 7 Meses: Subestación 2 – Suministro 0143993, muestran los parámetros de facturación más importantes. El Consumo de Energía en Hora Punta, es el que tiene lugar en los periodos de hora punta, estipulados entre las 18:00 y 23:00 horas, todos los días exceptuando domingos y feriados.

El Consumo de Energía en Horas Fuera de Punta, es el consumo durante todo el tiempo fuera de la hora punta.

La Demanda Máxima de Generación es el valor de potencia de tiempo real, promediado en intervalos de 15 minutos. La facturación se hace con el mayor valor de Demanda Máxima registrado durante el mes, sin importar el periodo tarifario.

La Demanda Máxima de Distribución, es el promedio aritmético de los dos valores más altos de Demanda Máxima Registrados en los últimos siete meses.

Precios unitarios por parámetro de facturación

Precios Unitarios por parámetro de facturación Subestación 1

TABLA 48 – CAPITULO IV

PRECIOS UNITARIOS POR PARÁMETRO DE FACTURACIÓN SUBESTACIÓN 1

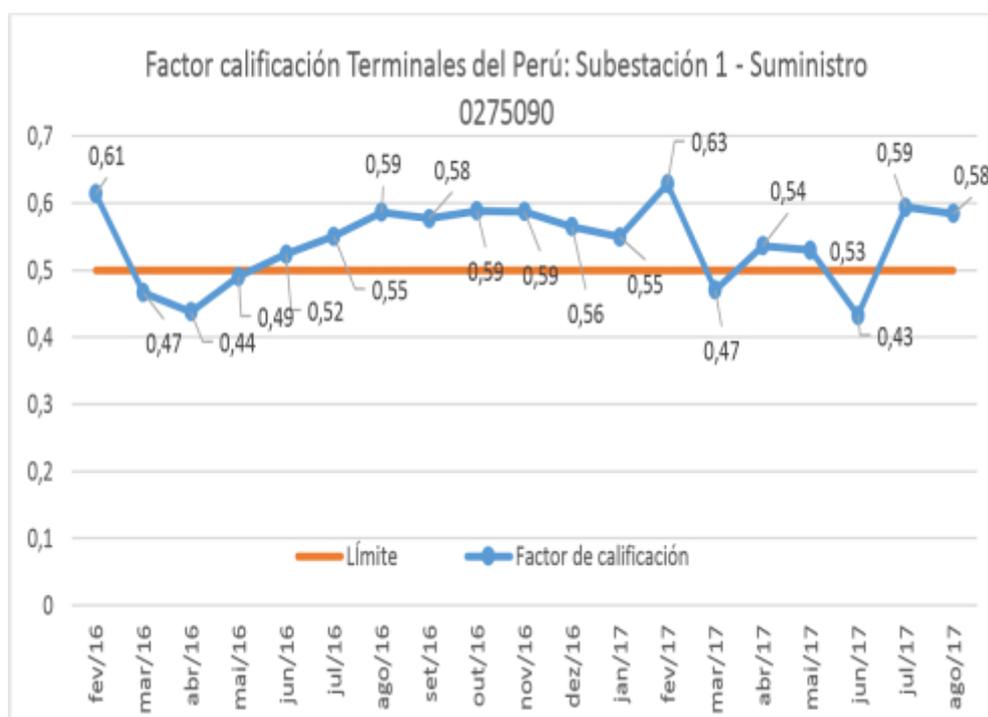
CONCEPTO	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
EHP (kWh)	S/. .22	S/. .21	S/. .21	S/. .22	S/. .21	S/. .21	S/. .22
EFP (kWh)	S/. 0.18	S/. .18	S/. .18	S/. .18	S/. .17	S/. .18	S/. .18
DMG (kW)	S/. 46.96	S/. 32.28	S/.47.37	S/.45.32	S/.29.85	S/. 4.18	S/.45.32
DMD (kW)	S/. 10.56	S/. 10.61	S/. 0.56	S/.10.88	S/.10.93	S/.10.87	S/.10.88

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 48. Precios Unitarios por Parámetro de Facturación Subestación 1 – Suministro 0275090, muestra los precios unitarios para cada concepto. Los meses donde la facturación excedió el límite para considerarse fuera de punta fueron febrero, abril, mayo, julio y agosto del 2017 (meses resaltados). Como se indicó anteriormente, la calificación de “presente en punta” para tarifa MT3 y MT4, causan un incremento automático del precio de demanda.

GRÁFICA 25 – CAPITULO IV

FACTOR DE CALIFICACIÓN HISTÓRICO TERMINAL DE HIDROCARBUROS: SUBESTACIÓN 1 – SUMINISTRO 0275090



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el gráfico 25. Factor de Calificación Históric terminal de hidrocarburos: Subestación 1 – Suministro 0275090, se observan los meses en que el factor de calificación obtenido superó el límite de 0,5, lo que produjo que la calificación tarifaria cambie a “Presente en Punta”.

Eventualmente se podría obtener una calificación como cliente “Fuera de punta” implementando un proyecto de control de consumo en hora punta tal como se plantea en el presente informe.

Precios unitarios por parámetro de facturación Subestación 2

TABLA 49 – CAPITULO IV

PRECIOS UNITARIOS POR PARÁMETRO DE FACTURACIÓN SUBESTACIÓN 2 – SUMINISTRO 0143993

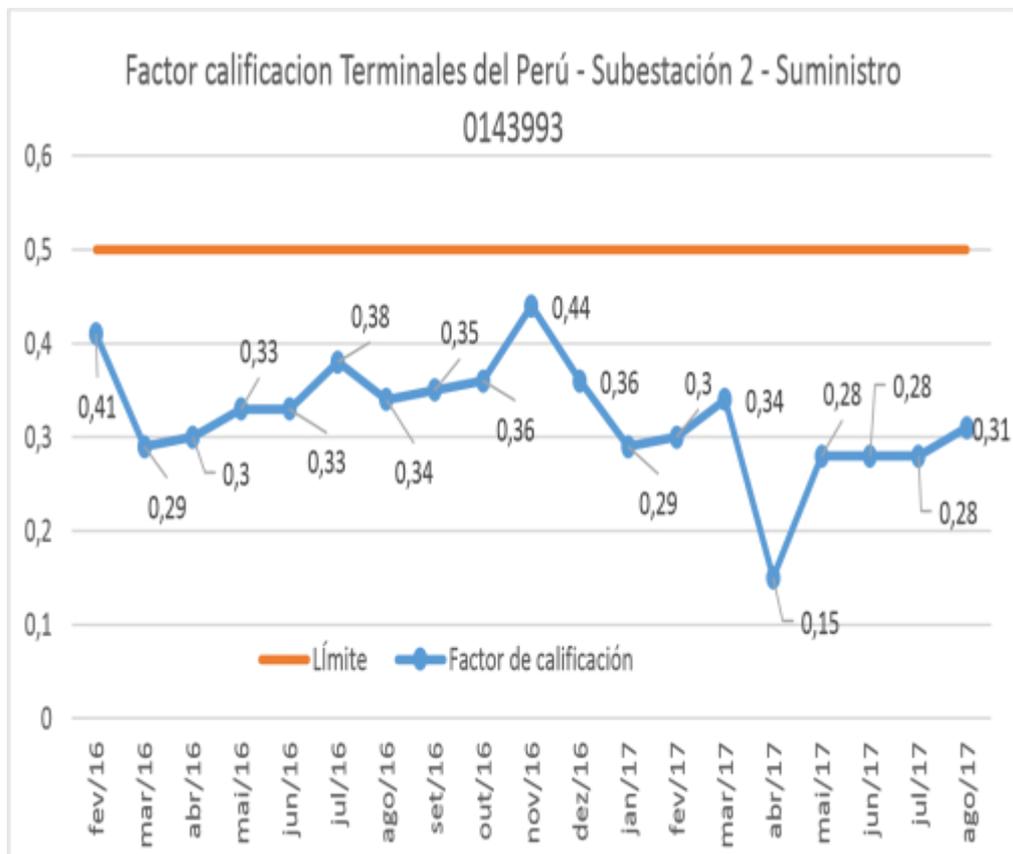
Concepto	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
EHP (kWh)	S/. 0.22	S/. 0.21	S/. 0.21	S/. 0.21	S/. 0.21	S/. 0.21	S/. 0.22
EFP (kWh)	S/. 0.18	S/. 0.18	S/. 0.18	S/. 0.17	S/. 0.17	S/. 0.18	S/. 0.18
DMG (kW)	S/. 32.00	S/.32.28	S/.32.28	S/.29.95	S/. 29.85	S/. 30.10	S/.30.89
DMD (kW)	S/. 10.61	S/.10.61	S/.10.61	S/.10.90	S/. 10.93	S/. 10.93	S/.10.94

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 49. Precios Unitarios por Parámetro de Facturación Subestación 2 – Suministro 0143993, muestra los precios unitarios para cada concepto. No existe ningún mes que excede el límite, es decir todos los meses se encuentran FUERA DE HORA PUNTA. Como se indicó anteriormente, la calificación de “presente en punta” para tarifa MT3 y MT4, causan un incremento automático del precio de demanda.

GRÁFICA 26 – CAPITULO IV

FACTOR DE CALIFICACIÓN HISTÓRICO TERMINAL DE HIDROCARBUROS: SUBESTACIÓN 2 – SUMINISTRO 0143993



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el gráfico 26. Factor de Calificación Histórica terminal de hidrocarburos: Subestación 2 – Suministro 0143993, no hay mes en que el factor de calificación obtenido superó el límite de 0,5, todos los meses la calificación tarifaria fue “Presente en Hora Fuera de Punta”.

Montos Facturados

Montos Facturados Subestación 1

TABLA 50 – CAPITULO IV

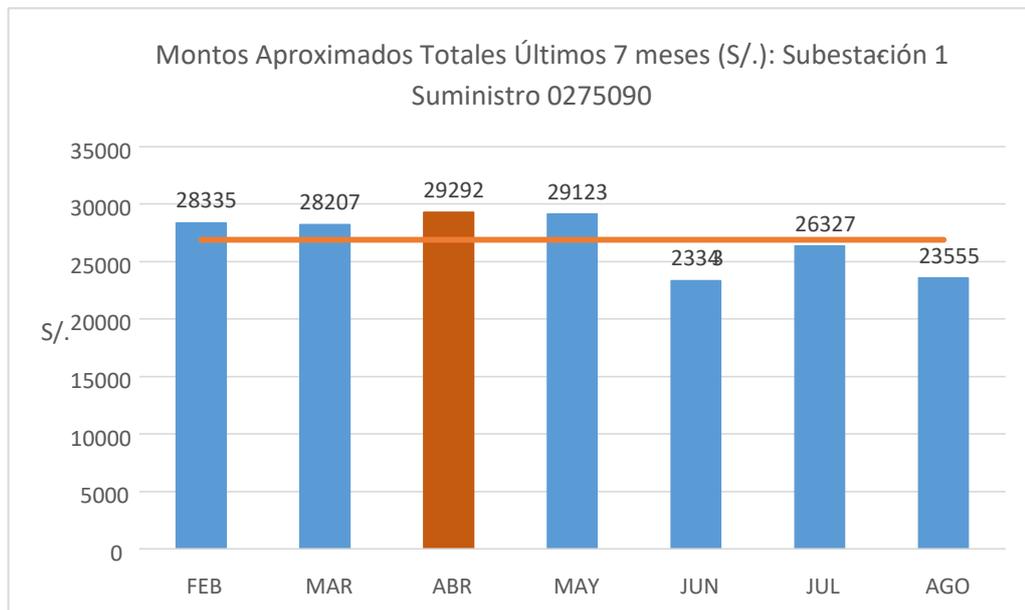
**MONTOS APROXIMADOS FACTURADOS POR PRINCIPALES
PARÁMETROS DE FACTURACIÓN: SUBESTACIÓN 1 – SUMINISTRO
0275090**

Concepto	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
EHP (kWh)	S/. 3,521.57	S/. 3,560.91	S/. 3,121.58	S/. 3,463.32	S/. 2,954.71	S/. 3,360.31	S/. 2,707.61
EFP (kWh)	S/. 12,468.77	S/. 14,006.42	S/. 12,390.38	S/. 12,338.40	S/. 9,853.73	S/. 10,350.76	S/. 9,196.47
DMG (kW)	S/. 10,142.82	S/. 8,153.93	S/. 11,198.27	S/. 10,659.95	S/. 7,737.30	S/. 9,834.47	S/. 8,865.16
DMD (kW)	S/. 2,202.28	S/. 2,485.92	S/. 2,581.92	S/. 2,661.21	S/. 2,796.99	S/. 2,781.63	S/. 2,785.29
Total	S/. 28,335.44	S/. 28,207.19	S/. 29,292.15	S/. 29,122.88	S/. 23,342.72	S/. 26,327.18	S/. 23,554.54

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA 27 – CAPITULO IV

MONTOS APROXIMADOS TOTALES ÚLTIMOS 7 MESES: SUBESTACIÓN 1



Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en el gráfico 27. Montos Aproximados Facturados por Principales Parámetros de Facturación: Subestación 1 – Suministro 0275090 y en el gráfico 40. Montos aproximados totales últimos 7 Meses: Subestación 1 – Suministro 0275090, en el mes de abril la facturación aumentó un 11% del monto promedio de facturación, por incremento de los precios de demanda al ser calificados como “Presente un Punta”.

Montos facturados Subestación 2

TABLA 51 – CAPITULO IV

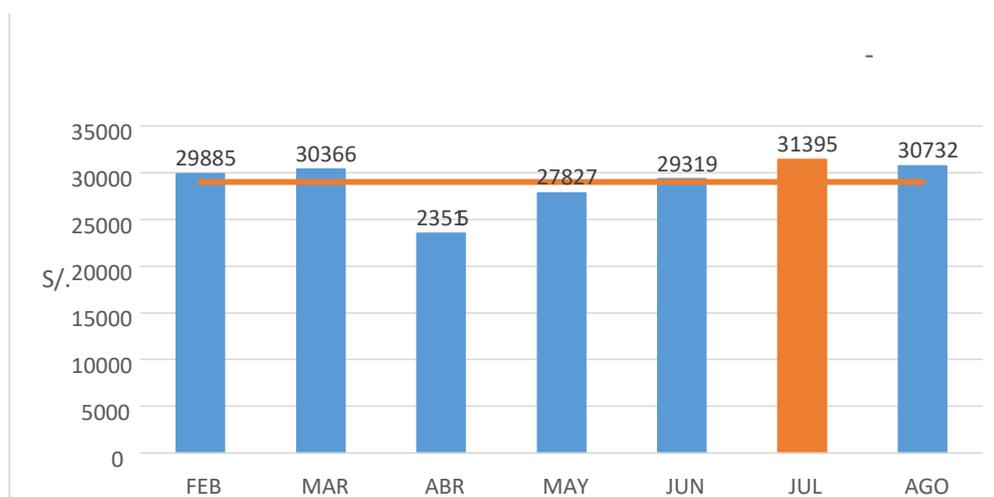
**MONTOS APROXIMADOS FACTURADOS POR PRINCIPALES
PARÁMETROS DE FACTURACIÓN: SUBESTACIÓN 2 – SUMINISTRO
0143993**

Concepto	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
EHP (kWh)	S/. 3,118.32	S/. 3,485.22	S/. 1,220.37	S/. 2,724.48	S/. 2,771.23	S/. 2,809.79	S/. 2,745.08
EFP (kWh)	S/. 10,162.30	S/. 12,068.56	S/. 7,840.05	S/. 10,200.17	S/. 11,245.99	S/. 12,337.61	S/. 12,076.93
DMG (kW)	S/. 12,672.00	S/. 10,880.94	S/. 10,555.56	S/. 10,782.32	S/. 11,104.46	S/. 11,919.60	S/. 11,674.79
DMD (kW)	S/. 3,931.93	S/. 3,931.01	S/. 3,899.18	S/. 4,120.20	S/. 4,197.12	S/. 4,328.28	S/. 4,235.44
Total	S/. 29,884.55	S/. 30,365.73	S/. 23,515.16	S/. 27,827.17	S/. 29,318.79	S/. 31,395.29	S/. 30,732.25

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA 28 – CAPITULO IV

**MONTOS APROXIMADOS TOTALES ÚLTIMOS 7 MESES:
SUBESTACIÓN 2.**



Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la tabla N° 51. Montos Aproximados Facturados por Principales Parámetros de Facturación: Subestación 2 – Suministro 0143993 y en el gráfico 2.21. Montos Aproximados Totales Últimos 7 Meses: Subestación 2 – Suministro 0143993. en el mes de julio la facturación aumentó un 7% del monto promedio de facturación.

Evaluación económica de proyectos de mejora

A fin de reducir el consumo de energía, se han planteado 7 propuestas de ahorro energético. El concepto de cada una de estas se muestra en la Tabla 52 - Propuestas de Proyectos de Ahorro Energético.

TABLA 52 – CAPITULO IV

PROPUESTAS DE PROYECTOS DE AHORRO ENERGÉTICO

Propuesta	Título	Concepto
P.1	Instalación del sistema de control de presión / flujo, en línea de despacho con variador de velocidad	Implementar un sistema de control de presión, aguas arriba de la válvula moduladora de flujo, enlazada al sistema Accuload. Es decir, sin intervenir en la programación del sistema Accuload, la idea es realizar una regulación “previa” de la presión de la línea, que permita modular la velocidad del motor de la bomba de acuerdo a los requerimientos específicos, según se despache en 1, 2 o más islas.
P.2	Implementación de un sistema de monitoreo y gestión energética	Instalar una red de monitoreo de energía y software para monitoreo y control en base a indicadores e implementación de buenas prácticas
P.3	Cambio de bombas por mejor modelo comercialmente disponible en el mercado según PSAT	Reemplazo de ciertas bombas del sistema de despacho, por bombas de mayor eficiencia disponibles en el mercado. En tal sentido, se busca mostrar de manera referencial, la posibilidad de ahorro energético producto de bombas de mayor eficiencia.
P.4	Implementación de buenas prácticas de operación (mantener nivel de succión al más alto posible)	Mantener al más alto posible el nivel de succión, es decir, el nivel de llenado de tanques (volumen disponible para succión). Mientras más alto es el nivel de succión del tanque, mayor la presión hidrostática en el punto de succión de la bomba, y menor la altura total de carga de la bomba.

P.5	Cambio de sistema de iluminación inventario de iluminación y tipología	Se sugiere realizar cambios de todas las luminarias que sobrepasan un consumo de 12 horas diarias. De acuerdo con esto, se sugiere el cambio del 100% de la iluminación exterior y 40% de la iluminación interior del edificio.
P.6	Control del consumo en hora punta en subestación 1 (Control del factor de calificación)	Reducir de manera mínima suficiente el consumo durante la hora punta, de tal manera que se logra obtener una calificación "Fuera de punta".
P.7	Compra de energía como cliente libre	Análisis de mejora de compra de energía, de la mano con propuestas de empresas generadoras que cumplen las especificaciones técnicas requeridas
P.8	Autogeneración eléctrica con gas natural	Utilizar un grupo electrógeno a gas natural para autogenerar energía eléctrica y prescindir del suministro eléctrico de Enel. El objetivo del análisis es demostrar la conveniencia de la utilización de esta tecnología, para las condiciones operativas de terminal de hidrocarburos, y compararla respecto a otras oportunidades de ahorro energético.

Fuente: Elaboración propia

El estudio ha realizado un análisis de inversión y viabilidad, el cual se muestra comparativamente en la Tabla 52 - Inversión y análisis de viabilidad para cada propuesta de ahorro energético.

TABLA 53 – CAPITULO IV

INVERSIÓN Y ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA CADA PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO

Propuesta	Inversión (US\$)	Ahorro anual (kWh)	Ahorro anual (US\$)	Tiempo de recuperación	VAN	TIR
Instalación del sistema de control de presión / flujo	\$ 10.900.00	42294		3 años	8.629,30	35%
Implementación de un sistema de monitoreo y gestión energética	\$ 14.309.00	144 000	13,536.00	2 años	49.382,76	94%
Cambio de bombas	\$ 26614.00	60200	\$ 5,658.80	4 años	2.547,37	17%
Implementación de buenas prácticas de operación	-	46515	\$ 4,372.41	0 años	20.004,26	-
Cambio de sistema de iluminación	\$ 76.180.00	179142	\$ 16,839.35	5 años	10.222,96	18%
Control del consumo en hora punta en subestación 1	-	-	\$ 1,009.54	0 años	4.619,19	-
Compra de energía de cliente libre	-	-	\$ 2,545.70	0 años	11.647,95	-
Autogeneración eléctrica con gas natural	\$ 620.900.00	2.000000	\$ 12,434.61	> 10 años	491,185.06	-

Fuente: Elaboración propia

TABLA 54 – CAPITULO IV

AHORRO TOTAL Y PARTICIPACIÓN DEL AHORRO POR PROPUESTA

Propuesta	Ahorro anual (kWh)	Ahorro mensual (kWh)	Viabilidad económica	% Participación del ahorro
Instalación del sistema de control de presión / flujo	42294	3524.5	Viable	9%
Implementación de un sistema de monitoreo y gestión energética	144 000	12000	Viable	30%
Cambio de bombas	60200	5016.7	Viable	13%
Implementación de buenas prácticas de operación	46515	3876.3	Viable	10%
Cambio de sistema de iluminación	179142	14928.5	Viable	38%
Control del consumo en hora punta en subestación 1	-	-	Viable	-
Compra de energía de cliente libre	-	-	Viable	-
Autogeneración eléctrica con gas natural	-	-	Inviabile	-
Total		39346		100%

Fuente: Elaboración propia

Como muestra la Tabla 54. Ahorro total y participación del ahorro por propuesta, el ahorro total alcanzable con la implementación de las siete propuestas es de 39345.9 kWh/mes. La participación de cada propuesta en el ahorro total también se muestra en dicha tabla.

FASE 6. Emisión del Informe

- a. Objetivos Perseguidos
- b. Tipo de Subestación y sus características técnicas y constructivas.
- c. Mediciones realizadas con los equipos de medidas y el resultado de las mediciones.
- d. Medidas correctoras propuestas para mejorar la eficiencia de energía de las subestaciones. Medidas técnicas y hábitos de usuarios.

V. RESULTADOS

- a. Para verificar el incremento de la eficiencia de la energía de las dos subestaciones de potencia activa nominal de 295KW y 1000 KW, usando las mediciones realizadas por de un terminal de hidrocarburos realizada por la empresa TRESKO se han procesado los datos con el EXCEL y se ha calculado la relación del monto mensual facturado en S/. en función del consumo de energía mensual en KWh y se obtuvieron los siguientes resultados para:

Subestación N° 1:

Sea R: índice de correlación; $y = 0.204x + 10528$; $R^2 = 0.7506$; $R = 0.8664$
 $R = 86.64\%$, luego el error será: $E = 1 - R$, $E = 0.1334$; $E = 13.36\% > 5\%$

Esto indica que los datos son confiables y que la relación entre consumo de energía y monto facturado no es aceptable.

Subestación N° 2:

Se obtuvo: $y = 0.2127x + 13106$;

$R^2 = 0.8504$; $R = 0.9222$

$R = 92.22\%$, luego el error será: $E = 1 - R$, $E = 0.0778$; $E = 7.78\% > 5\%$

También esto demuestra buen nivel de confiabilidad de datos y la relación entre las variables no es aceptable

- b. Estos resultados para las 2 subestaciones demuestran que el plan de auditoria para incrementar la eficiencia de la energía es adecuado, pues con la propuesta de mejora con los 7 proyectos viables se lograra un menor consumo de energía activa en KWh y por lo tanto se pagara menos por consumo de energía a la empresa ENEL y finalmente se lograra incrementar la eficiencia energética de las dos subestaciones eléctricas del terminal de hidrocarburos del Callao.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados

SUB ESTACIÓN N°1

Establecemos la hipótesis nula H_0 y la hipótesis alternativa H_1 :

$$H_0: R_1 = 0$$

$$H_1: R_1 \neq 0$$

R: Coeficiente de correlación

R^2 : Coeficiente de determinación

Elegimos un nivel de significación: nivel crítico para α o error tipo I:

$$\alpha = 5\% \rightarrow \alpha = 0.050$$

Con un índice de confiabilidad o región de aceptación: $IC = 95\% = 0.95$

Elegimos un estadístico de prueba o contraste que es la t student.

Sea σ^2 : Varianza muestral, y n : número de datos o mediciones

$$t_1 = \frac{Rc_1 - R_1}{\sigma_{c_1}} ; Rc_1 = 0.87$$

$$\sigma_{c_1}^2 = \frac{1 - Rc_1^2}{n} \rightarrow \sigma_{c_1}^2 = \frac{1 - 0.87^2}{7}$$

$$\sigma_{c_1}^2 = 0.034 \rightarrow \sigma_{c_1} = 0.19$$

$$\text{luego: } t_1 = \frac{0.87 - 0}{0.19} \rightarrow t_1 = 4.58$$

Análisis de la región crítica o de rechazo o α :

Considerando que es una distribución normal; usaremos la gráfica de distribución de probabilidad de 2 colas.

Cálculo de los grados de libertad (gl)

$$gl_1 = n-1 \rightarrow gl_1 = 7-1 \rightarrow gl_1 = 6$$

$$\alpha = 0.050 \rightarrow \alpha/2 = 0.025$$

Buscamos el valor de t en la tabla estadística de probabilidades de 2 colas:

$$t_1 \text{ tabla} = t_1(gl_1 ; \alpha) \rightarrow t_1 \text{ tabla} = t_1(6 ; 0.050)$$

$$t_1 \text{ tabla} = 2.45$$

$$\therefore t_1 \text{ tabla} = \pm 2.45$$

Conclusión:

$$\text{Como } t_1 \geq t_1 \text{ tabla} \vee -t_1 \leq -t_1 \text{ tabla}$$

$$\text{Pues: } 4.58 \geq 2.45 \vee -4.58 \leq -2.45$$

Ambos valores de t_1 caen en la región crítica o α . Se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 , por lo tanto la correlación entre la energía activa consumida y el monto de facturación en la SE N°1 es significativa.

SUBESTACION N°2

Aplicaremos la contrastación de hipótesis en forma similar a la S.E. N°1

$$H_0: R_2 = 0$$

$$H_1: R_2 \neq 0$$

$$\alpha = 0.050 \text{ y IC} = 0.950$$

Calculo del estadístico de prueba

$$t_2 = \frac{R_{C2} - R_2}{\sigma_{C2}} ; R_{C2} = 0.92$$

$$\sigma_{C2}^2 = \frac{1 - R_{C2}^2}{n} \rightarrow \sigma_{C2}^2 = \frac{1 - 0.92^2}{n} \rightarrow \sigma_{C2}^2 = 0.21$$

$$\sigma_{C2} = 0.15$$

$$\text{luego: } t_2 = \frac{R_{C2} - R_2}{\sigma_{C2}} \rightarrow t_2 = \frac{0.92 - 0}{0.15}$$

$$t_2 = 6.13$$

Ubicación de la región crítica o α :

$$gl_2 = n-1 \rightarrow gl_2 = 7-1 \rightarrow gl_2 = 6$$

$$\alpha = 0.050 \rightarrow \alpha/2 = 0.025$$

$$t_2 \text{ tabla} = t_2 (gl_2 ; \alpha) \rightarrow t_2 \text{ tabla} = 2.45$$

$$\therefore t_2 \text{ tabla} = \pm 2.45$$

Conclusión:

Como $t_2 \geq t_2 \text{ tabla}$ v $-t_2 \leq -t_2 \text{ tabla}$

Pues: $6.13 \geq 2.54$ v $-6.13 \leq -2.54$

Comprobamos que ambos valores caen en la región crítica o α .

Rechazamos la hipótesis nula H_0 y por lo tanto en la SE. N°2 la correlación entre la energía consumida y el monto de facturación correspondiente es significativa.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Contrastación de resultados de energías eléctricas consumidas mensualmente en kwh y los montos facturados mensualmente en soles de las subestaciones N°1 y N°2 del terminal del Callao con las Ventanilla, Chavarría y Santa Rosa de Callao y Lima y la subestación de SUNEDU-LIMA

SE N°1 Y SE N°2 del terminal del Callao

SUBESTACIONES	ENERGÍA PROMEDIO CONSUMIDA MENSUAL (kwh)	MONTO FACTURADO MENSUAL EN SOLES
SE. N°1	80 000	26 000
SE. N°2	66 000	27 000

Costo en BT (aprox.) = 0.37 soles/kwh

Subestaciones Ventanilla, Chavarría y Santa Rosa. Se obtuvo información del informe de suficiencia para optar el título profesional de Ingeniero Eléctrico del autor: Miguel Ángel Alba Luis, UNI, LIMA- PERU 2011.- Tema: Sistema de Balances de Energía en redes de distribución de BT para la reducción en pérdidas no técnicas.

Tabla con valores promedios:

SUBESTACION	ENERGIA CONSUMIDA MENSUAL (kwh)	ENERGIA PERDIDA MENSUAL (kwh)	ENERGIA A RECUPERAR MENSUAL (kwh)
Ventanilla	337 661	55 131 (16%)	34 871
Chavarría	1 642 799	200 164 (12%)	101 596
Santa Rosa	1 458 162	208 385 (14%)	120 895

Subestación SUNEDU – LIMA

Resultados de consumo de Energía Eléctrica Activa Mensual y Monto Total Mensual Facturado

Tipo de tarifa: BT3 ; Mes: Enero 2017

ENERGIA CONSUMIDA EN HP (kwh)	ENERGIA CONSUMIDA EN FP (kwh)	ENERGIA TOTAL CONSUMIDA (kwh)	MONTO TOTAL (S/.)
9 255	42 105	51 360	27 388

OSINERGMIN – Tarifa de usuario con precios para usuarios regulados, enero 2017 costo en Baja Tensión (BT) = 1.88 soles/kwh

6.2.1. Conclusiones de contrastación de resultados con otros estudios

De la contrastación de resultados de las SE N°1 y SE N°2 con los estudios de las SE. Ventanilla, Chavarría, Santa Rosa y SUNEDU-LIMA vemos que los costos en BT son menores en las SE N°1 y SE N°2.

Los consumos de energía eléctrica activa mensual son similares en las 6 subestaciones dependiendo de su potencia eléctrica activa nominal en kw; pero las energías perdidas en SE Ventanilla, Chavarría y Santa Rosa son aproximadamente del 14%; por lo tanto, su eficiencia energética es de 86%, pero con las energías eléctricas recuperadas que son cerca del 10% las pérdidas de energía serían del 4% y la eficiencia energética aumentaría a 96%.

Estos resultados son similares a los obtenidos en las SE N°1 y SE N°2 del terminal del Callao; pues con los proyectos a desarrollarse se disminuyen los costos de los montos facturados y se evitan pérdidas de energía y se logra aumentar la eficiencia energética de las subestaciones eléctricas.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

El presente informe de tesis estuvo basado en el estricto cumplimiento de los parámetros establecidos para el desarrollo del trabajo de investigación, cumpliendo con citar a los autores relacionados al tema en estudio y respetando la directiva que norma los protocolos.

CONCLUSIONES

En la elaboración de esta tesis y teniendo en cuenta las preguntas de investigación relacionadas a la formulación del problema y los principales objetivos, he llegado a las siguientes conclusiones:

Con respecto a la pregunta de investigación del problema general podemos concluir que la forma en que se desarrolló el plan de auditoria para incrementar la eficiencia de energía de dos subestaciones eléctricas de 295 KW y 1000 KW de un terminal de hidrocarburos se utilizó un esquema o estructura de un plan de auditoria de energía eléctrica de edificaciones de una fuente de información confiable que se adecuo en forma similar para subestaciones eléctricas y ha sido desarrollado en forma completa en 6 fases y esta propuesta de plan de auditoria energética puede ser útil para futuras mejoras de planes de auditoria energética.

En lo referente a las respuestas a las preguntas de investigación de los 6 problemas específicos he llegado a las siguientes conclusiones

a.- Los instrumentos de medición que se necesitaron para la recolección de la información de campo fueron los analizadores de redes eléctricas los cuales son de tecnología digital y luego de calibrarlos miden en tiempo real los principales parámetros eléctricos de operación y presentan gráficos en la pantalla de las mediciones en el tiempo de las dos subestaciones, pero también se utilizaron software eléctrico y de gestión con instrumentos de medición virtuales y digitales.

b.- Las mediciones y registros de los parámetros eléctricos se determinaron realizando mediciones eléctricas reales y simuladas de los principales parámetros eléctricos en diferentes puntos de la red eléctrica y en forma gráfica como la medición de voltajes trifásicos, intensidades de corriente

trifásica, medidas en redes eléctricas trifásicas de potencia activa, potencia reactiva, potencia total ,temperatura, presión, iluminación, aislamiento eléctrico, factor de potencia, armónicos de corriente, distorsión armónica total, consumo de energía eléctrica activa, precios unitarios de consumo de energía eléctrica activa mensual, consumo de energía activa en hora punta y en horas fuera de punta ,demanda máxima de generación, demanda máxima de distribución, factor de calificación tarifaria, principales montos facturados mensuales.

c.- Los cálculos de balance de energía eléctrica activa en KWh se realizaron tomando mediciones reales con los analizadores de redes tanto de la energía eléctrica activa entrante a la subestación eléctrica, la energía eléctrica activa retenida, la energía eléctrica activa perdida y la energía eléctrica de salida o consumida por las cargas eléctricas totales conectadas. Con estos datos del balance de energía se calculó la eficiencia energética de la subestación dividiendo la energía activa eléctrica de entrada a la subestación eléctrica entre la energía eléctrica de salida, de los resultados medidos concluimos que se hizo un correcto balance de energía eléctrica activa en KWh.

d.- Los puntos de mayor consumo eléctrico en las dos subestaciones se han identificado realizando mediciones e inspecciones de consumo de energía eléctrica activa en KWh en las diferentes cargas de las dos subestaciones eléctricas y se identificó en conclusión que los que tienen mayor consumo promedio horario en la SE N° 1 son el tablero de distribución de alumbrado exterior que es de 22.3 % con un consumo promedio de 22.13 KWh por 7 días de medición, el banco arrancador turbo que es de 22.1% y en la SE N° 2 son el banco de arrancadores de GLP que es de 37.6 % y su consumo promedio es de 20.26 KWh por 7 días de medición y el tablero soft starter 223 que es de 29.1%.

e.- Las áreas de oportunidad que ofrecieron potencial de ahorro de energía eléctrica se han identificado con la auditoría energética por lo cual se ha propuesto 7 proyectos de mejora energética siendo las siguientes:

- Proyecto 1: Instalación del sistema de control de presión y flujo en línea de despacho, con variador de velocidad.
- Proyecto 2: Implementación de un sistema de monitoreo y gestión energética.
- Proyecto 3: Cambio de bombas por mejor modelo comercialmente disponible en el mercado según el software PSAT.
- Proyecto 4: Implementación de buenas prácticas de operación.
- Proyecto 5: Cambio de sistema de iluminación.
- Proyecto 6: Control de consumo en hora punta de subestación N° 1 (control de factor de calificación).
- Proyecto 7: Compra de energía libre.

g.- Finalmente concluimos que para haber determinado y evaluado económicamente la capacidad de ahorro energético para ambas subestaciones hemos seguido la siguiente secuencia de análisis, cálculo y evaluación económica.

Primero se partió del objetivo de incrementar la eficiencia energética de las dos subestaciones para disminuir el consumo mensual de energía activa en KWh y disminuyendo los pagos de los montos mensuales facturados en S/. para lo cual hemos realizado un análisis en la situación actual sin proyectos de los precios históricos de energía activa consumida mensual tanto en las horas punta HP y fuera de punta FP que varían en valores cercanos a 0.2 S/./KWh y también los precios históricos de demanda máxima de generación de potencia activa que variaron en valores cercanos a 33 S/./KW en los años 2016 y 2017. Se verificó que estos pagos mensuales de consumo fueron disminuidos con los trabajos requeridos y la ejecución de los 7 proyectos de mejora para las dos subestaciones.

Luego se realizó la respectiva evaluación económica de la capacidad de ahorro energético que se indicó en los proyectos de mejora y que se mostraron en la tabla de inversión y análisis de viabilidad para cada propuesta de ahorro energético en la cual se determinó que el ahorro anual total económico en 7 proyectos viables en montos facturados fueron de US\$ 43961.80 y se calculó que dichos proyectos de mejora tuvieron un buen VAN positivo y una adecuada TIR, también en la tabla de ahorro total y participación del ahorro por propuesta, se determinó que el cambio de sistema de iluminación tuvo el mayor porcentaje de participación del ahorro que fue del 38 % y que el ahorro total mensual alcanzado es de 39346 KWh/mes, con lo cual demostramos y concluimos que el plan de auditoria energética permitió incrementar la eficiencia de energía de dos subestaciones eléctricas de 295 KW y 1000 KW de un terminal de hidrocarburos.

RECOMENDACIONES

Dentro de la elaboración de este proyecto de Tesis siempre se desea que se mejore continuamente, por lo tanto, se recomienda a futuros profesionales y estudiantes de ingeniería en energía que tengan interés en el desarrollo de planes de auditorías energéticas y mejorar la eficiencia de energía de diferentes subestaciones eléctricas lo siguiente:

- a) La complementación del desarrollo de un plan de auditoria energética con planes aplicados en países desarrollados y por empresas eléctricas líderes en el mundo y con normas y estándares internacionales establecidos por el Ministerio de Energía y Minas del Perú.
- b) Los planes de auditoria energética deben tener en cuenta el uso de energías renovables y aplicar el uso de energías saludables y no contaminantes con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas y desarrollar programas de educación en hábitos de uso de sistemas de energía en la sociedad y reemplazar motores a combustión por motores eléctricos y usar totalmente los reflectores leds por sus múltiples ventajas técnicas y económicas.
- c) También otra recomendación seria ampliar la información de las características técnicas de los elementos de las subestaciones dadas por los fabricantes eléctricos a fin de verificar sus valores operativos nominales con los cálculos, resultados de simulaciones con software eléctrico y energético y las medidas reales realizadas en campo, las cuales deben ser aproximadamente iguales.
- d) Se debe ampliar el uso de otros instrumentos de medición tanto virtuales como reales y también de software de diseño, fabricación, funcionamiento y simulación eléctrica y energética y realizar mayores

mediciones de energía eléctrica activa retenida y perdida a fin de realizar un mejor balance de energía y realizar las mejoras operativas para todas las cargas eléctricas conectadas y reducir al mínimo las pérdidas de energía eléctrica.

- e) Finalmente, las propuestas de nuevos proyectos para mejorar la eficiencia de energía de las subestaciones eléctricas como proyectos de inversión públicas y privadas deben desarrollarse con las nuevas normativas del sistema multianual de programación de inversiones del MEF en el sistema invierte Perú y el uso de fichas técnicas de perfil y factibilidad para su respectiva evaluación técnica y evaluación económica y financiera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIAS SÁNCHEZ. Auditoría energética del sistema de iluminación de una entidad bancaria. Informe de pasantía para el título de Ingeniero Electricista. Universidad Simón Bolívar, coordinación de Ingeniería Eléctrica. Marzo 2011.
- BERNAL TORRES, Cesar. Metodología de la Investigación. Colombia. Editorial Prentice Hall. Tercera Edición. 2010
- ESPINOZA MONTES. Metodología de la Investigación Tecnológica. Lima. Editorial. Soluciones gráficas S.A.C. Segunda edición 2014.
- GÓMEZ, LÓPEZ Y OTROS. Metodología para auditorías energéticas en edificios. Disponible en http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia_ure_mendoza_2012/09-metodologias-FRM.pdf. articulo web. Consultado el 13 de junio del 2017.
- GONZALES VARGAS. Diagnóstico energético para la elaboración del plan de ahorro de energía eléctrica en edificios públicos – Lima. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Mecánica – Energía. Setiembre 2014.
- NÚÑEZ SALGUERO. Auditoría Energética de la Escuela Politécnica del Ejército. Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de: Ingeniero de Ejecución en Electromecánica. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga. Facultad de Ingeniería de Ejecución en Electromecánica. Latacunga- ecuador. Noviembre – 2005.

- SALGADO MUÑOZ-NÁJAR. Propuesta de mejora en la gestión energética en una empresa del sector alimentos. Universidad Peruana.
- SÁNCHEZ, REYES. Metodología y Diseño en la Investigación Científica. Lima. Editorial Business Support Aneth SRL. Quinta edición 2015 de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería. Carrera de Ingeniería Industrial. Lima – Perú. 2014.
- VÁSQUEZ, FRANK. 2016. Auditoría Energética del Sistema Eléctrico de la Planta Procesadora Frutícola PROFRUSA, distrito de Olmos, Lambayeque, 2016. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Revista Electroindustria - CDC Y CCM DE LOGSTRUP
www.emb.cl/electroindustria/noti.mvc?nid=20100112x7&ni=cdc-y-ccm-de.
- Guía de Selección. GE. SOLUCIONES INDUSTRIALES.
apps.geindustrial.com/.../LAPL0057?.

ANEXOS

ANEXO 1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo desarrollar un plan de auditoría energética para incrementar la eficiencia de energía de dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW de un Terminal de Hidrocarburos?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Desarrollar un plan de auditoría energética para incrementar la eficiencia de energía de dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW de un Terminal de Hidrocarburos.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>El desarrollar un plan de auditoría energética en dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW de un Terminal de Hidrocarburos, permitirá incrementar la eficiencia de energía y la propuesta de un plan de reducción del consumo eléctrico.</p>	<p>Variable I:</p> <p>Plan de auditoría energética</p>	<p>Tipo de investigación: Tecnológica</p> <p>Nivel de investigación: Descriptiva simple</p>	<p>La población representa a las dos subestaciones eléctricas de 295KW y 1000KW de un Terminal de</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Qué instrumentos se necesitarán para la recolección de la información de campo?</p> <p>¿Cómo determinar las mediciones y registros de los parámetros eléctricos?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Elaborar un listado de equipos necesarios que nos permitan la recolección de la información de campo.</p> <p>Identificar los tipos de mediciones y registros de los parámetros</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>La elaboración de un listado de equipos necesarios nos permita obtener la información de campo.</p> <p>La identificación de los tipos de mediciones y registros de los parámetros eléctricos ayudaran</p>	<p>Variable II:</p> <p>Eficiencia de energética.</p>	<p>Diseño de investigación: No experimental Transversal</p>	<p>Hidrocarburos, así como también la muestra, ya que tiene las mismas características de la población.</p>

<p>¿Cómo realizar los cálculos de balances de energía?</p>	<p>eléctricos que se va a utilizar en la auditoria energética.</p>	<p>a la elaboración de datos que se va a utilizar en la auditoria energética.</p>			
<p>¿Cómo identificar los puntos de mayor consumo eléctrico en las dos subestaciones?</p>	<p>Realizar los cálculos de balances de energía. Identificar los puntos de mayor consumo eléctrico en las dos subestaciones.</p>	<p>El realizar los cálculos de balances de energía nos permitirá conocer la demanda actual de consumos de energía de las dos subestaciones.</p>			
<p>¿Cómo identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía?</p>	<p>Identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía.</p>	<p>La identificación de los puntos de mayor consumo eléctrico en las dos subestaciones nos permitirá realizar estudios de mejora energética.</p>			
<p>¿Cómo determinar y evaluar económicamente la capacidad de ahorro energético?</p>	<p>Determinar y evaluar económicamente la capacidad de ahorro energético.</p>	<p>La identificación de las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía nos ayudara en nuestra propuesta para el ahorro de energía.</p>			
		<p>El determinar y evaluar económicamente la capacidad de ahorro energético, permitirá la elaboración de la propuesta de ahorro energético.</p>			

ANEXO 2 – REPORTE FOTOGRÁFICOS

Fotos Subestación N° 1



Reconocimiento de las instalaciones al inicio de los trabajos – SE-1



Realización de análisis de termografía – SE-1 – Tablero de distribución 460V



Realización de análisis de termografía – SE-1 - Tablero de interconexión



Realización de análisis de termografía – SE-1 – Celda de 10kV/Transformador 500kVA



Realización de análisis de termografía
– SE-1 – Celda de 10kV



Instalación de analizadores de red –
SE-1 - Tablero de distribución 460V



Instalación de analizadores de red –
SE-1 – Tablero de alumbrado exterior
230V



Realización de recopilación de data e
identificación de puntos de mejora –
SE-1 – Celda 10kV



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Celda 10kV



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Tablero de interconexión



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Transformador 500kVA en Celda 10kV



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Tablero de interconexión

Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Tablero de interconexión



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Control automático de bombas de despacho



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Control automático de bombas de despacho



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora –

SE-1 – Tablero de distribución 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Tablero de distribución 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Tablero de transferencia automática



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora –

SE-1 – Autotrafo para arranque de
motores 100hp



Realización de recopilación de data e
identificación de puntos de mejora –
SE-1 – Autotrafo para arranque de
motores 100hp



Realización de recopilación de data e
identificación de puntos de mejora –
SE-1 – Tablero de compensación
reactiva de 207kVAr



Realización de recopilación de data e
identificación de puntos de mejora –

SE-1 – Tablero de compensación reactiva de 207kVAr



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – CCM Productos Blancos



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – CCM Productos Blancos



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – CCM Productos Blancos



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – CCM Productos Blancos I



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – CCM Productos Blancos I



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – CCM Arrancadores de Turbo



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – CCM Arrancadores de Turbo

SE-1 – Tablero de bombas de biodiesel



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Tablero de bombas de biodiesel



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – TD-SC y TD-SE1



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora –



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – TD-SC



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – TD-SE1



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Arrancadores de CCM III, Productos blancos II y productos negros II, Smart gasoholes



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Arrancadores de CCM III



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Productos blancos II



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora y medición con analizadores de red – SE-1 – Tablero de distribución N.1



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Tablero de aditivación



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-1 – Tablero de distribución N.2



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora –

SE-1 – Grupo electrógeno 405kVA
prime



Realización de recopilación de data e
identificación de puntos de mejora –
SE-1 – Tablero transferencia de
gasoholes pump Smart



Realización de recopilación de data e
identificación de puntos de mejora –
SE-1 – Transformador 135kVA



Realización de recopilación de data e
identificación de puntos de mejora –
SE-1 – Transformador 40kVA

SE-1 – Grupo electrógeno 405kVA
prime



Realización de recopilación de data e
identificación de puntos de mejora –
SE-1 – Tablero transferencia de
gasoholes pump Smart



Realización de recopilación de data e
identificación de puntos de mejora –
SE-1 – Transformador 135kVA



Realización de recopilación de data e
identificación de puntos de mejora –
SE-1 – Transformador 40kVA



Levantamiento de data en campo –
Arrancadores de turbo

Levantamiento de data en campo –
Arrancadores de turbo



Levantamiento de data en campo –
Arrancadores de turbo

Fotos Subestación N° 2



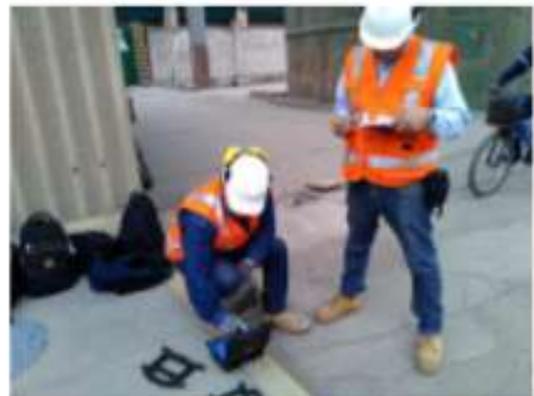
Reconocimiento de las instalaciones al inicio de los trabajos – SE-2



Realización de medición de malla de puesta a tierra – SE-2



Identificación de pozo de tierra – SE-2



Realización de medición de resistencia de malla de tierra – SE-2



Realización de análisis de termografía – SE-2 – CCM Bunker Diesel



Realización de análisis de termografía – SE-2 – Celda de 10kV



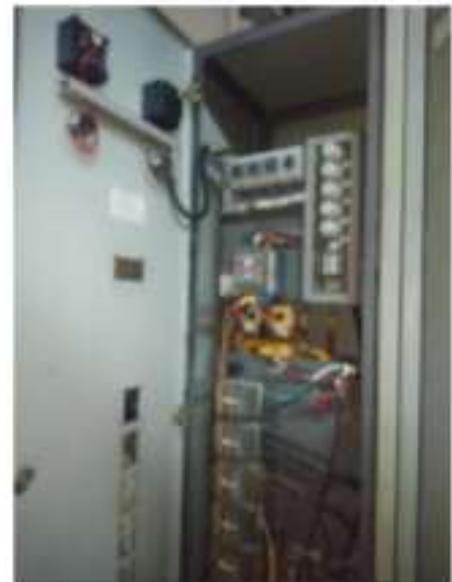
Instalación de analizadores de red – SE-2 – Tablero general de distribución 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero de alumbrado exterior 230V



Instalación de analizadores de red – SE-2 - Tablero de interconexión 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero de alumbrado exterior 230V



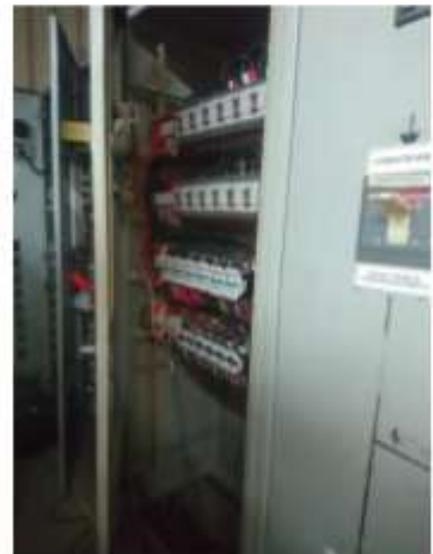
Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero de distribución N°2 230V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero compensación reactiva 300kVAR



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero de distribución N°2 230V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero compensación reactiva 300kVAR



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero general de distribución 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero de interconexión 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero general de distribución 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero de interconexión 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Celdas de 10kV



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero de transferencia automática 400kW



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Transformador de 500kVA/Celdas de 10kV



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero de transferencia automática 400kW



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero 11-TGD-001



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero CCM Bunker Diesel 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero CCM Bunker Diesel 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero Arrancadores CCM II



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero 11-TGD-001



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero CCM Bunker Diesel 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero CCM Bunker Diesel 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero Arranadores CCM II



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero 11-TGD-001



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero CCM Bunker Diesel 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero CCM Bunker Diesel 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero Arranadores CCM II



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Tablero Arrancador Suave B-224



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Grupo Electrónico 400kW



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Grupo Electrónico 400kW



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Transformador 160kVA



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Transformador 50kVA



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Campo – Banco Arrancadores de GLP 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Campo – Banco Arrancadores de GLP 460V



Realización de recopilación de data e identificación de puntos de mejora – SE-2 – Campo – Banco Arrancadores de GLP 460V

ANEXO 3

PLANO ELÉCTRICO UNIFILAR DE LA SUBESTACIÓN N° 1

